



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA LA
EDIFICACIÓN DE LAS PISCINAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA
TÉCNICO SALESIANO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: CESAR PATRICIO VIZHÑAY TUZA

TUTOR: ING. JOHN IGNACIO CALLE SIGUENCIA, PhD.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cesar Patricio Vizhñay Tuza con documento de identificación N° 0107515314 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 14 de febrero del 2024

Atentamente,



Cesar Patricio Vizhñay Tuza
0107515314

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Cesar Patricio Vizhñay Tuza, con documento de identificación N° 0107515314, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño de un sistema de ventilación mecánica para la edificación de las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Ciudad, 14 de febrero 2024

Atentamente,



Cesar Patricio Vizhñay Tuza
0107515314

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, John Ignacio Calle Sigüencia, con documento de identificación N° 0102118213, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA PARA LA EDIFICACIÓN DE LAS PISCINAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA TÉCNICO SALESIANO., realizado por Cesar Patricio Vizhñay Tuza con documento de identificación N° 0107515314, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Ciudad, 14 de febrero del 2024

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**JOHN IGNACIO CALLE
SIGÜENCIA**

Ing. John Ignacio Calle Sigüencia Ph.D
0102118213

Dedicatoria

Patricio Vizhñay

El presente proyecto de titulación está dedicado:

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza para llevar a cabo cada una de las metas que me he propuesto.

A mi apreciada tía Orfelina Vizhñay y a mi amada esposa Valeria, deseo expresar mi más sincero agradecimiento. La dedicación y cariño que ambas han brindado con paciencia incansable, esfuerzo constante y apoyo incondicional han sido fundamentales para que pueda alcanzar otro de los objetivos que me he propuesto. Valorando profundamente su papel, agradezco por ser el sólido pilar que siempre necesité. Gracias por inculcar en mí la constancia, valentía y esfuerzo que han sido la clave de este logro. Vuestra presencia en mi vida ha marcado una diferencia invaluable, y mi gratitud hacia ustedes es infinita.

Finalmente, dedico a las personas que formaron parte del proceso y me brindaron su apoyo de una u otra forma.

Agradecimientos

Patricio Vizhñay

Quiero agradecer de todo corazón a mi querida tía, cuyo amor incondicional y confianza fueron fundamentales para hacer realidad uno de mis sueños más preciados: convertirme en ingeniero. También agradezco a mi esposa, cuyas palabras de aliento y amor incondicional fueron un constante motivador y no permitieron que me rindiera en la consecución de mi objetivo.

Agradezco a mi padre por sus palabras de aliento y su presencia inquebrantable en los momentos más difíciles de mi vida. Sus consejos sabios fueron el impulso que necesitaba para levantarme y seguir adelante. A mi madre, le agradezco el cariño, el apoyo, la paciencia y la comprensión que me brindó. Sin su amor incondicional, no habría sido posible alcanzar esta meta en mi vida.

Expreso mi gratitud a la institución educativa Técnico Salesiano por permitirme realizar mi trabajo de titulación. Además, me gustaría reconocer el valioso aporte de mi Tutor de Proyecto de Titulación, el Ingeniero John Calle, a quien admiro profundamente. Su dedicación, orientación y paciencia fueron fundamentales para culminar este proyecto.

También deseo agradecer al Ingeniero Luis López, quien estuvo siempre dispuesto a resolver mis dudas y ofrecer sugerencias constructivas a lo largo de este proceso.

Este documento fue realizado enteramente en \LaTeX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XV
Abstract	XVI
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Entrevista	2
2.3. Problema General	3
2.4. Problemas Específicos	3
2.5. Importancia y alcances	3
2.6. Delimitación	3
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Marco Teórico	5
4.1. Principios fundamentales de la termodinámica.	5
4.1.1. Calor	5
4.1.2. Transferencia de calor por conducción	5
4.2. Calidad del aire	6
4.2.1. Calidad del aire ambiental.	6
4.2.2. Calidad del aire en espacios cerrados.	6

4.2.3.	Condiciones ambientales.	6
4.3.	Ventilación	7
4.3.1.	Ventilación mecánica.	7
4.3.2.	Ventiladores.	8
4.4.	Sistemas de ductos	9
4.4.1.	Conductos Rectangulares	9
4.4.2.	Conductos circulares	10
4.5.	Normativa para ventilación industrial	10
4.5.1.	Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC	10
4.5.1.1.	Condiciones de confort.	10
4.5.1.2.	Exigencia de calidad térmica del ambiente	10
4.5.1.3.	Nivel de filtración de aire (5.3.3)	11
4.5.2.	Normativa ASHRAE	11
4.5.2.1.	Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior	11
4.5.2.2.	Ventilación por extracción	12
4.5.3.	Volumen de aire	12
4.5.4.	Número de renovaciones	13
4.5.5.	Caudal de aire	14
4.5.6.	Sistema de filtrado	14
4.5.7.	Velocidad del aire en ductos	15
4.6.	Análisis de costos por precio unitario.	16
4.6.1.	Precio unitario	16
5.	Metodología	17
5.1.	Identificación de la necesidad	18
5.2.	Definición de Variables	21
5.2.1.	Selección del Sistema de ventilación	22
5.2.2.	Selección del ventilador	24
5.3.	Diseño de concepto	25
5.3.1.	Definición de subsistemas	27
5.4.	Cálculo y selección de componentes del sistema	27
5.4.1.	Sistema de suministro	34
5.4.2.	Sistema de extracción	60
5.5.	Modelado con software	68

6. Diseño del sistema Eléctrico y control	70
7. Diseño a detalle	72
8. Análisis técnico financiero	72
9. Análisis de Resultados	78
9.1. Resultados del diagnóstico actual	78
9.2. Resultado del diseño del sistema	80
9.3. Resultado de la simulación en el software Ansys Discovery	83
9.4. Análisis de costo - Precio unitario	83
10. Conclusiones	85
11. Recomendaciones	85
Referencias	88
ANEXOS	89
Anexo A: Selección de rejillas	90
Anexo B: Selección de accesorios para sujeción de ductos	92
Anexo C: Detalles de la Plancha galvanizada 0.7mm.	94
Anexo D: Tabla de datos y Curva característica de los ventiladores	95

Lista de Tablas

1.	Concentración de CO2 en los locales	11
2.	Clases de filtracion	11
3.	Ratas mínimas de extracción	12
4.	Número de renovaciones de aire por hora	13
5.	Clasificación de filtración	15
6.	Velocidad de aire en conductos de aire según la edificación	15
7.	Variables iniciales del recinto	21
8.	Variables para considerar bajo normativa	22
9.	Alternativas de sistemas de ventilación mecánica	23
10.	Selección del sistema de ventilación	23
11.	Alternativas del sistema de ventilación	24
12.	Tipos de ventiladores bajo aspectos específicos	25
13.	Elementos principales del recinto	26
14.	Sistemas y subsistemas	27
15.	Volumen primer techo	29
16.	Volumen del techo N°2	30
17.	Volumen de las oficinas y cuarto de máquinas	31
18.	Volumen del recinto sin el techo	31
19.	Dimensionamiento y perdida presión en el ducto de suministro N.º 1	49
20.	Dimensionamiento de ductos de suministro N°2	50
21.	Materiales para sujeción de ductos.	52
22.	Concentración de polvo en determinadas áreas.	53
23.	Tipo de polvo	53
24.	Selección de filtros	55
25.	Características de la rejilla	57
26.	Perdida de presión total de suministro N.º 2	57
27.	Características del ventilador BDB 630	58
28.	Datos de entrada para el cálculo analítico	63
29.	Resultados de extracción N°1	63
30.	Resultado extracción N°2	64
31.	Datos de entrada sujetadores	64
32.	Materiales para sujeción de ductos de extracción 1 y 2	65
33.	Datos de la rejilla seleccionada	65

34.	Perdida de presión total del sistema de suministro	66
35.	Características del ventilador BDB 630	67
36.	Componentes eléctricos	71
37.	Variables iniciales del recinto	78
38.	Caudal 30231.27 m ³ /h	80
39.	Caudal dividido entre dos	80
40.	Método analítico para ducto	81
41.	Método software Insta Win para ductos	81
42.	Rejillas	82

Lista de Figuras

1.	Ubicación del UETS	4
2.	Convección	5
3.	Temperatura promedio en cuenca	7
4.	Ventilación ambiental	8
5.	Ventilación localizada	8
6.	Ventilador Axial y Centrifugo	9
7.	Ductos rectangulares	9
8.	Ductos circulares	10
9.	Ejemplo de hoja precios unitarios	16
10.	Diagrama de proyecto de titulación	17
11.	Entrevista realizado al docente encargado	19
12.	Estado actual de la UETS	20
13.	Medidas de la edificación de la unidad educativa	20
14.	Variables para el diseño	22
15.	Esquema del sistema de suministro y extracción	26
16.	Vista lateral del recinto	27
17.	Recinto vista superior del recinto	28
18.	Diagrama del primer techo	29
19.	Detalle del segundo techo	29
20.	Vista superior de cuartos sin ventilación	30
21.	Volumen del recinto sin el techo	31
22.	Distribución de flujo del aire aplicado a 45°	33
23.	Distribución de sistema de suministro	33
24.	Sistema de distribución para suministro	35
25.	Distribución del sistema de suministro	35
26.	Software InstaWin	36
27.	Llenado de datos	36
28.	Inicio de proyecto	36
29.	Datos generales	37
30.	Bocas o rejillas	37
31.	Tramos	38
32.	Tramo o punto	38
33.	Último tramo	39

34.	Resumen del cálculo de ducto Suministro N°1	39
35.	Hoja de resultado del sistema de suministro N.º 1	40
36.	Medidas y tramos	41
37.	Datos generales	42
38.	Bocas, suministro N° 2	42
39.	Tramos suministro N.º 2	43
40.	Resumen suministro N.º2	43
41.	Hoja de datos suministro N.º 2	44
42.	Perdida de carga por rozamiento	45
43.	Diámetro equivalente de un ducto rectangular	47
44.	Dimensionamiento de ducto	48
45.	Utilización del software Duct Sizer	48
46.	Ducto sujetado con tensores	50
47.	Colocación de filtros en la caja de suministro	54
48.	Selección de rejilla N°1	56
49.	Ventilador BDB 360	59
50.	Sistema de extracción	60
51.	Medidas de sistema de extracción N.º 1.3	61
52.	Hoja de resultado de extracción N°1	61
53.	Sistema de extracción N°2	62
54.	Hoja de resultados N°2	62
55.	Ventilador Centrífugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados	67
56.	Ingreso de flujo	68
57.	Vista de flujo de aire en el eje x	68
58.	Vista de flujo de aire en el eje Y	69
59.	Vista de flujo de aire en el eje Z	69
60.	Vista de flujo de aire en todo el recinto	70
61.	Diagrama del circuito eléctrico	72
62.	Metodología de precio unitario	73
63.	Hoja de costo del sistema de suministro	74
64.	Hoja de costo del sistema de extracción	75
65.	Hoja de costo del sistema eléctrico	76
66.	Costo total	77
67.	Corrosión en pasamanos	79
68.	Condensación en el techo	79

69. Simulación Ansys Discovery 83
70. Costo total del sistema de ventiaccion 84

Resumen

En este proyecto de titulación se desarrolla el diseño de un sistema de ventilación mecánica para las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano. Actualmente, el medio de ventilación empleado son dos puertas de ingreso, lo cual resulta inadecuado y conduce a una alta condensación en todo el recinto, generando malestar entre los usuarios y daños a la infraestructura.

En primer lugar, se realiza un análisis exhaustivo de la situación actual del recinto, considerando el perímetro, la temperatura del ambiente, las dimensiones de la piscina, la capacidad de personas y las horas de funcionamiento. Este análisis permite establecer los requisitos para el diseño, siguiendo las normativas vigentes como las de ASHRAE y la NEC, con el fin de garantizar condiciones de confort adecuadas para el uso del establecimiento; posteriormente, se procede al diseño del sistema de ventilación mediante tablas de ponderación, se selecciona el tipo de sistema de ventilación mecánica en admisión y extracción, al igual que un tipo de ventilador centrífugo. Luego, se determina el volumen y el caudal para seleccionar un ventilador apropiado, seguido del dimensionamiento del ducto mediante cálculos analíticos y el uso de software especializado como Insta Win y Duct Zicer. Además, se realiza el vínculo de los accesorios necesarios para el sistema, como filtros, rejillas, sujetadores, base y caja del ventilador, así como el diseño del sistema eléctrico y de control.

Para diseñar y corroborar el correcto funcionamiento del sistema, se emplean herramientas como AutoCAD, SolidWorks y ANSYS para finalmente realizar un análisis técnico-financiero con precios unitarios para detallar los costos asociados a la implementación del sistema, proporcionando una visión completa de la viabilidad económica del proyecto.

Palabras clave: Sistema de ventilación, dimensionamiento de ductos, Unidad Educativa Técnico Salesiano, Ventilador, Condensación.

Abstract

In this degree project, the design of a mechanical ventilation system for the swimming pools of the Salesian Technical Educational Unit is developed. Currently, the means of ventilation used are two entrance doors, which is inadequate and leads to high condensation throughout the premises, generating discomfort among users and damage to the infrastructure.

Firstly, an exhaustive analysis of the current situation of the facility is carried out, considering the perimeter, the ambient temperature, the dimensions of the pool, the capacity of people and the hours of operation. This analysis allows establishing the requirements for the design, following current regulations such as those of ASHRAE and the NEC, in order to guarantee adequate comfort conditions for the use of the establishment; Subsequently, the ventilation system is designed using weighting tables, the type of mechanical ventilation system in intake and extraction is selected, as well as a type of centrifugal fan. Volume and flow rate are then determined to select an appropriate fan, followed by duct sizing through analytical calculations and the use of specialized software such as Insta Win and Duct Zicer. In addition, the necessary accessories for the system are linked, such as filters, grilles, fasteners, base and fan box, as well as the design of the electrical and control system.

To design and corroborate the correct functioning of the system, tools such as AutoCAD, SolidWorks and ANSYS are used to finally carry out a technical-financial analysis with unit prices to detail the costs associated with the implementation of the system, providing a complete view of the economic viability of the project.

Keywords: Ventilation system, duct sizing, Unidad Educativa Técnico Salesiano, Ventilator, Condensation.

1. Introducción

La vital importancia de la calidad del aire en espacios cerrados, especialmente en instalaciones con piscinas, despierta la necesidad de abordar de manera integral el diseño de sistemas de ventilación mecánica. Este estudio se concentra en la creación de un sistema que responde a las particularidades de la edificación que alberga las piscinas de la Unidad Educativa Fisco Misional Técnico Salesiano. En un entorno educativo donde la salud y el rendimiento académico se entrelazan, la optimización de las condiciones ambientales adquiere una relevancia significativa.

La exploración de los retos específicos de ventilación en este complejo educativo y recreativo es fundamental para concebir soluciones efectivas. Considerando las normativas actuales y las condiciones iniciales del espacio, nuestro proyecto busca trascender la mera corrección de problemas de ventilación para proponer un sistema que eleve la calidad del aire y, por ende, la calidad de vida de quienes lo ocupan.

Este enfoque no solo se orienta hacia la resolución de desafíos técnicos, sino que también se propone como un aporte significativo al bienestar de los usuarios y al óptimo desarrollo de las actividades educativas en el entorno acuático. A través de una combinación de innovación tecnológica, herramientas de ingeniería y cumplimiento normativo, aspiramos a crear un sistema de ventilación mecánica que no solo resuelva problemas inmediatos, sino que sienta las bases para un ambiente educativo y recreativo saludable y sostenible en el tiempo.

Título

Diseño de un sistema de ventilación mecánica para la edificación de las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.

2. Problema

2.1. Antecedentes

El 28 de mayo de 2019 marcó el inicio de la operatividad del complejo deportivo de piscinas semiolímpicas en la Unidad Educativa Técnico Salesiano. Este complejo, situado en la parte posterior de la institución, a orillas del río Turquí, presenta una estructura con cubierta de hierro y paredes de ladrillo y cemento. Dispone de dos piscinas: una principal de dimensiones generosas, 12.50 m por 25 m, y una más pequeña de 4 m por 8 m de longitud. Manteniendo una temperatura del agua que oscila entre los 24 °C y 30 °C, y con una capacidad aproximada

para albergar a 350 personas, se destaca como uno de los entornos más dinámicos para la enseñanza.

No obstante, en la actualidad, este destacado complejo deportivo adolece de la ausencia de un sistema de ventilación eficiente, ya que la única entrada de aire se limita a la puerta principal. Esta limitación no solo resulta en una ventilación mínima, sino que también es responsable de la disminución de la temperatura del agua. Por lo tanto, al no contar un sistema de ventilación a dado lugar a niveles elevados de humedad, acumulación de sustancias químicas y proliferación de microorganismos en el ambiente. Estas condiciones adversas incrementan el riesgo de problemas respiratorios y otros trastornos de salud tanto para los usuarios como para el personal que labora en el lugar. Además, la ventilación deficiente compromete la integridad estructural de las instalaciones acuáticas, propiciando corrosión y deterioro debido a la humedad excesiva.

De tal manera, la implementación de un sistema de ventilación eficiente no solo aseguraría un entorno saludable y confortable, sino que también contribuiría a la durabilidad y sostenibilidad a largo plazo de las instalaciones acuáticas.

2.2. Entrevista

Con el propósito de recopilar información precisa, se ha planificado una entrevista como método de obtención de datos. Este enfoque asegura la obtención de detalles específicos y contribuye a una recopilación precisa para respaldar el análisis y desarrollo del proyecto. Preguntas para la entrevista:

1. ¿Cuál es el área de las piscinas $a \times b \times c$?
2. ¿Cuál es el área del recinto de las piscinas $a \times b \times c_1 \times c_2$ (altura)?
3. ¿Cuántas personas usan la piscina en un día promedio?
4. ¿Cuántos espectadores puede albergar el recinto?
5. ¿Cuánto tiempo se utiliza la piscina en un día promedio?
6. ¿Cuál es la temperatura del agua de la piscina?
7. ¿Cuál es el nivel de humedad en el área donde se encuentra las piscinas?
8. ¿Cuál es la cantidad máxima de bañistas en el vaso por metro cuadrado?

9. ¿Cuál es el principal problema que tiene al momento en el que el entorno se encuentra con vapor?
10. ¿Cuáles son las principales preocupaciones que ha observado en cuanto a la ventilación en las piscinas?
11. ¿Hay alguna restricción arquitectónica o estructural que debamos tener en cuenta al diseñar el sistema de ventilación?
12. ¿Cómo afecta el problema de ventilación a las actividades educativas y recreativas que se llevan a cabo en las piscinas?

2.3. Problema General

¿Es posible diseñar un sistema de ventilación mecánica que, cumpliendo con las normativas NEC, ASHRAE y considerando las características del entorno de las piscinas en la unidad educativa Técnico Salesiano, elimine eficazmente la condensación generada, evitando así daños perjudiciales para docentes, estudiantes y la infraestructura presente?

2.4. Problemas Específicos

¿Es posible identificar variables mediante un estudio exhaustivo que luego sirvan de base para desarrollar un diseño de ventilación mecánica en la piscina, considerando el análisis detallado de las condiciones existentes en el establecimiento?

2.5. Importancia y alcances

La implementación de un sistema de ventilación en las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano tiene múltiples beneficios. Garantiza condiciones óptimas de calidad del aire, mejorando la comodidad de los usuarios y preservando la durabilidad de la estructura. La investigación puede abordar el diseño técnico y aspectos como eficiencia energética, costos e impacto ambiental. El éxito de este sistema no solo beneficia a la institución, sino que también puede servir como modelo para mejorar condiciones en instalaciones similares.

2.6. Delimitación

La investigación se desarrollará en la ciudad Cuenca, provincia del Azuay, en la Unidad Educativa Técnico Salesiano, ubicado en la Av. Don Bosco 2-47 y Felipe II, como se indica

en la Figura 1. La investigación se desarrollará durante el periodo académico 64, que se está comprendido entre los meses de septiembre del 2023 y febrero del 2024. El trabajo de titulación se enmarca dentro del sector educativo, a base de diversos métodos de enseñanza, unos de ellos el aprendizaje de natación.

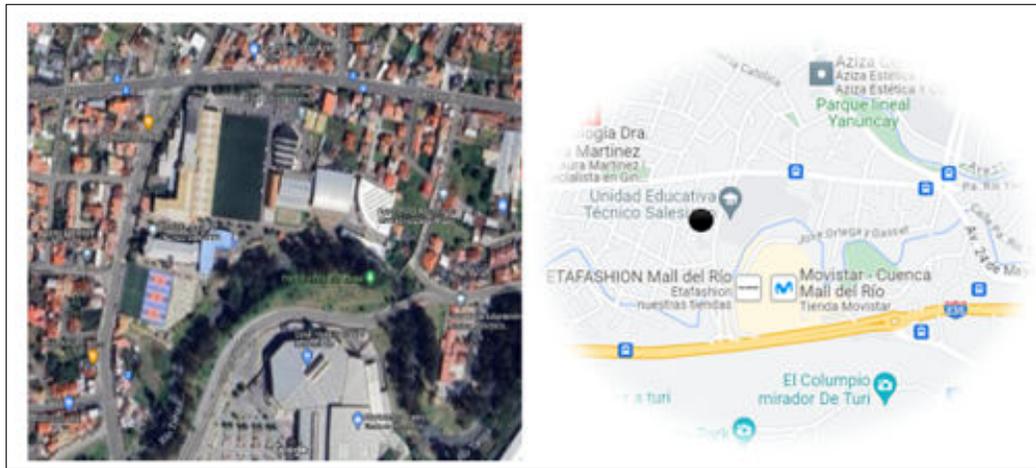


Figura 1. *Ubicación de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.* [1]

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de ventilación mecánica para la edificación de las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la normativa NEC, ASHRAE y preservar tanto la salud de los usuarios como la integridad de la infraestructura.

3.2. Objetivos Específicos

- Definir variables partiendo de un análisis de la normativa NEC, ASHRAE y de las condiciones actuales en la que se encuentra la edificación que alberga las piscinas semiolímpicas.
- Diseñar un sistema de ventilación mecánica que cumpla con la normativa NEC, ASHRAE y se adapte a las condiciones existentes en la edificación que alberga las piscinas, este

diseño incluye la utilización de software de ingeniería para modelar eficazmente la propuesta de implementación.

- Establecer precios unitarios con el fin de precisar los costos asociados a la implementación del sistema propuesto.

4. Marco Teórico

En primer lugar, se explorará una breve definición de conceptos principales de la termodinámica, a continuación, se definirá la circulación del aire en dos entornos distintos. Luego, se examinará un sistema de ventilación, incluyendo ventiladores y conductos comunes, en relación con el diseño propuesto. Finalmente, se abordará la normativa pertinente, enfocada especialmente en las regulaciones para edificios con piscinas.

4.1. Principios fundamentales de la termodinámica.

4.1.1. Calor

Los científicos describen el calor como la forma de energía térmica que se transfiere cuando dos sistemas con temperaturas distintas entran en contacto entre sí [2].

4.1.2. Transferencia de calor por conducción

La conducción térmica se refiere al proceso mediante el cual el calor se transfiere entre dos objetos que están en contacto directo, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos; esta transferencia de calor ocurre cuando hay una disparidad en las temperaturas de los objetos involucrados, y se debe al movimiento de las partículas desde el objeto más caliente hacia el más frío [3, 4].

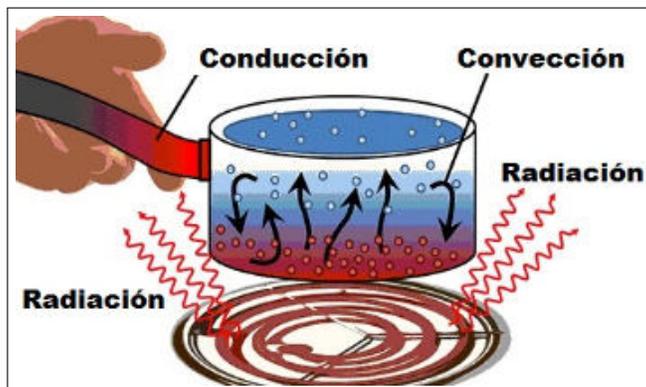


Figura 2. Convección. [5]

4.2. Calidad del aire

4.2.1. Calidad del aire ambiental.

La degradación de la calidad del aire suele originarse por la presencia de materiales o elementos que generan energía con implicaciones de riesgo, daño o malestar real tanto para la humanidad como para los animales en su entorno natural, estos factores pueden causar daños a diferentes materiales, reducir la visibilidad o dar origen a olores y enfermedades desagradables, por otro lado, el índice de calidad del aire (ICA) se refiere a valores proporcionados por expertos en una región urbana y refleja las cantidades de sustancias tóxicas que se presentan en el análisis, cuando se afirma que la calidad es óptima con niveles bajos de toxinas, los residentes pueden respirar con tranquilidad sin que ello afecte negativamente su salud [6].

4.2.2. Calidad del aire en espacios cerrados.

La expresión “calidad del aire” se relaciona principalmente con ambientes al aire libre, sin embargo, es igualmente crucial abordar la calidad en entornos interiores (como lugares de labor) debido a su impacto en el bienestar individual y el rendimiento de los empleados, influenciado por la presencia elevada de dióxido de carbono o formaldehído [7].

4.2.3. Condiciones ambientales.

En la ciudad de Cuenca el período cálido abarca 3,6 meses, desde el 15 de enero hasta el 3 de mayo, con una temperatura máxima diaria promedio superior a 16 °C. marzo destaca como el mes más cálido, con máximas promedio de 17 °C y mínimas de 10 °C; La temporada fresca se extiende por 2,6 meses, del 16 de junio al 4 de septiembre, caracterizada por una temperatura máxima diaria promedio inferior a 13 °C, el mes más frío en Cuenca es julio, registrando mínimas promedio de 7 °C y máximas de 12 °C. En la siguiente figura 15 se puede apreciar las temperaturas máximas de 17 °C y una mínima de 7 °C [8].

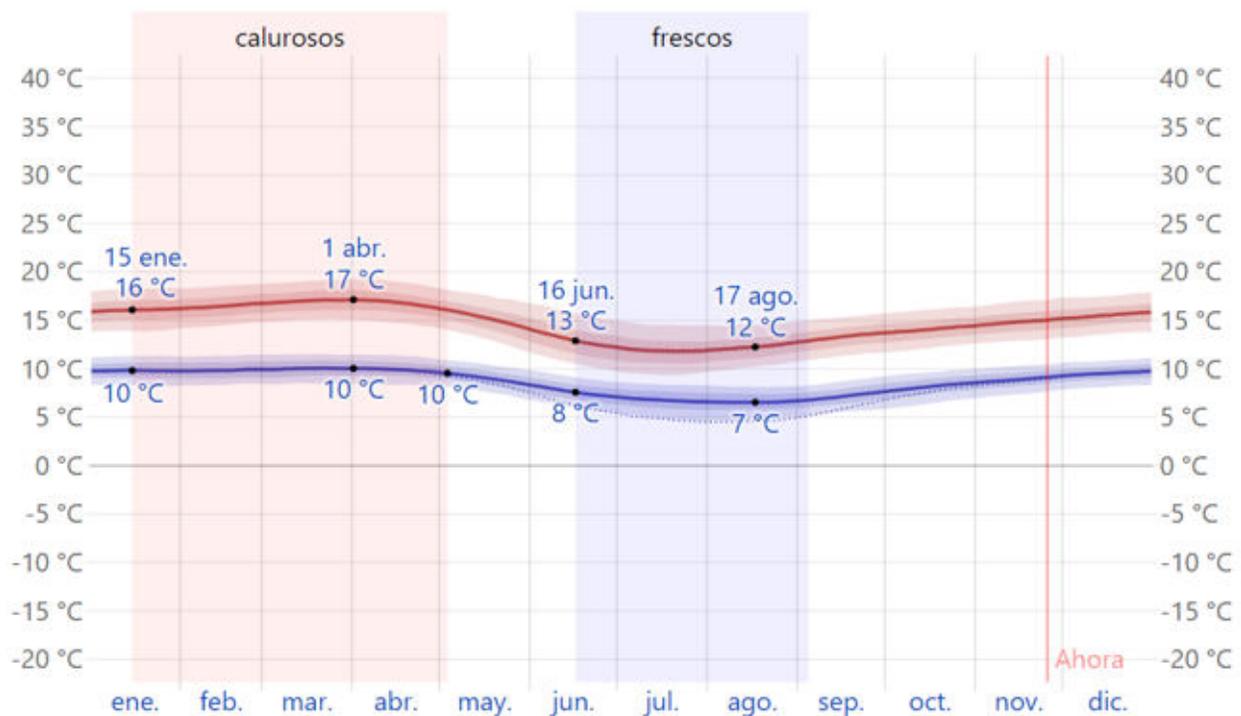


Figura 3. *Temperatura promedio.* [8]

4.3. Ventilación

La ventilación implica la introducción o extracción de aire en un espacio específico con el propósito de regular la presencia de contaminantes, humedad o temperatura. Además, esta práctica contribuye a optimizar el confort de los ocupantes y a mantener la calidad de los productos finales, en la composición del aire se encuentran diversos elementos, siendo los principales el nitrógeno, el oxígeno y el hidrógeno [9, 10].

4.3.1. Ventilación mecánica.

La ventilación dinámica, esta modalidad se logra mediante el desplazamiento del aire por ventiladores impulsados por un motor, dependiendo de cómo se renueva el aire, se subdivide en las siguientes categorías [10, 11], como se indica a continuación:



Figura 4. *Ventilación ambiental.* [11]

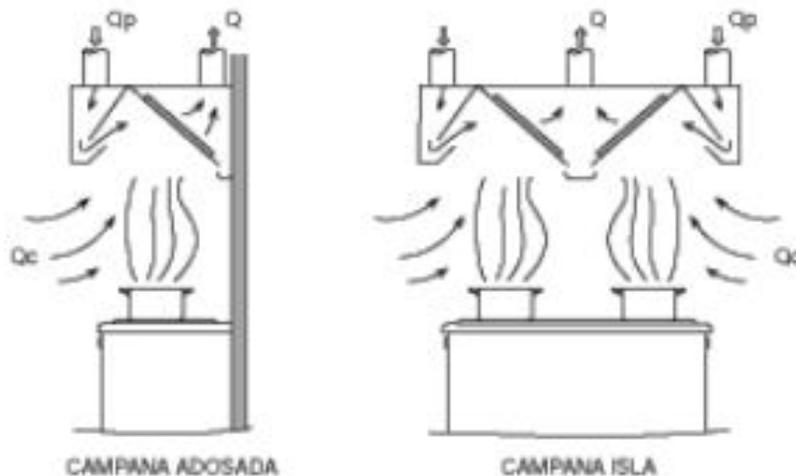


Figura 5. *Ventilación localizada.* [11]

4.3.2. Ventiladores.

Los ventiladores se clasifican como dispositivos rotativos que tienen la capacidad de desplazar un flujo específico de aire; estos generan la presión necesaria para superar las pérdidas de energía que ocurren durante el movimiento a través de conductos, por lo general, un ventilador puede generar una presión de hasta alrededor de 1.5 psi, mientras que aquellos que exceden este rango hasta 10 psi se conocen como sopladores, cuando se manejan presiones más altas, se les denomina compresores, en términos generales, los ventiladores se pueden dividir en dos categorías principales [12], indica en la figura 6.

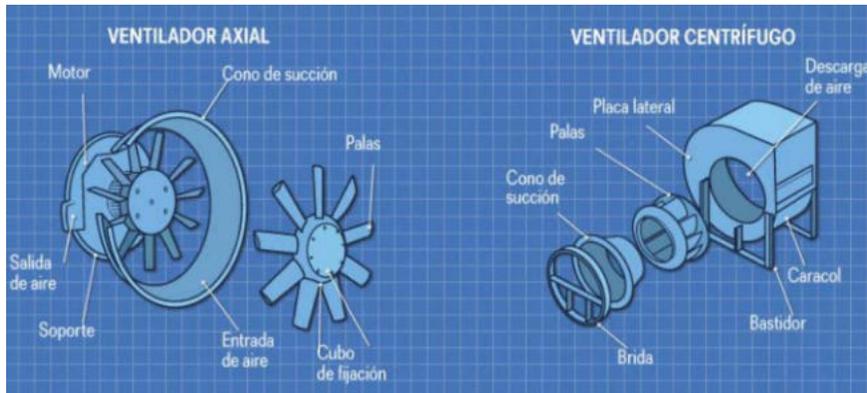


Figura 6. Ventilador Axial y Centrifugo. [13]

4.4. Sistemas de ductos

Los conductos son empleados para conducir el aire o climatización, desde el interior, asía el exterior o viceversa, generalmente se lo fabrica de metal galvanizado o fibra de vidrio, pueden ser de sección circular o rectangular [14, 15].

4.4.1. Conductos Rectangulares

Estos suelen ser destinados para extracción y ventilación, especialmente para lugares con problemas de espacio donde se necesita mover grandes cantidades de aire, este utiliza un refuerzo, ya sea de forma punta de diamante u ondulación transversal embutida en la chapa [15, 16].



Figura 7. Ductos rectangulares. [17]

4.4.2. Conductos circulares

Gracias a la forma geométrica, de fácil montaje y gran variedad de tamaño, el conducto circular se puede utilizar prácticamente en cualquier sitio, por su gran demanda se posiciona como el conducto ideal para evitar pérdidas de carga, estos conductos pueden ser fabricados en chapa de acero galvanizado o aluminio [15, 18].



Figura 8. *Ductos circulares.* [19]

4.5. Normativa para ventilación industrial

4.5.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC

El desarrollo urbano y vivienda, Norma Ecuatoriana de la Construcción, climatización estable varias normas a considerar [20].

4.5.1.1. Condiciones de confort.

La normativa NEC, establece la temperatura ambiente, se recomienda estar de 2 °C a 3 °C por encima de la temperatura del agua, y se considera que la temperatura óptima más alta es de 29 °C; En cuanto a la humedad relativa, se aconseja que esté en el rango del 55 por ciento al 70 por ciento [20].

4.5.1.2. Exigencia de calidad térmica del ambiente

En espacios con una alta generación de contaminantes, como piscinas, restaurantes, cafeterías, bares y ciertos tipos de tiendas, se pueden utilizar los datos de la Tabla 1, que se

presenta a continuación [21].

Tabla 1. *Concentración de CO2 en los locales.* [22]

Categoría	ppm (*)
CAI 1	350
CAI 2	500
CAI 3	800
CAI 4	1 200

4.5.1.3. Nivel de filtración de aire (5.3.3)

Las clases de filtración mínimas que deben utilizarse dependen de la calidad del aire exterior (CAE) y de la calidad del aire interior deseada (CAI). Estas clases se especifican en la Tabla 6, que detalla las Clases de Filtración [23].

Tabla 2. *Clases de filtración.* [23]

	CAI 1 EEG (MERV)	CAI 2 EEG (MERV)	CAI 3 EEG (MERV)	CAI 4 EEG (MERV)
CAE 1	F9(16)	F8(14)	F7(13)	F5(10)
CAE 2	F7+F9 (13+16)	F6+F8 (11+14)	F5+F7 (10+13)	F5+F6 (10+11)
CAE 3	F7+GF*+F9 (13+GF*+16)	F7+GF*+F9 (13+GF*+16)	F5+F7 (10+13)	F5+F6 (10+11)
EEG (European Efficiency Guide) MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) (GF) situado entre las dos etapas de filtración (*) Se debe prever la instalación de un filtro de gas o un filtro químico				

4.5.2. Normativa ASHRAE

4.5.2.1. Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y aire acondicionado (ASHRAE) (2007), este estándar está diseñado para su aplicación en la mejora de la calidad del aire en espacios interiores de edificaciones que ya han sido construidas [24].

4.5.2.2. Ventilación por extracción

El volumen de aire extraído debe cumplir con las especificaciones detalladas en la Tabla 3, la extracción del aire de reposición puede ser una mezcla que incluya aire exterior, aire recirculado y aire transferido [25].

Tabla 3. *Ratas mínimas de extracción.* [25]

TABLA 6-4 Ratas mínimas de extracción

Categoría de ocupación	Rata de extracción, cfm/unidad	Rata de extracción, cfm/pie ²	Notas	Rata de extracción, L/s-unidad	Rata de extracción, L/s-m ²	Aire clase
Arenas	—	0.50	B	—	—	1
Salón de clase de arte	—	0.70		—	3.5	2
Salones de reparación de automóviles	—	1.50	A	—	7.5	2
Peluquerías, barberías	—	0.50		—	2.5	2
Salones de belleza y de corte de uñas	—	0.60		—	3.0	2
Celdas con sanitario	—	1.00		—	5.0	2
Cuartos de copiado e impresión	—	0.50		—	2.5	2
Cuartos de revelado	—	1.00		—	5.0	2
Laboratorios de ciencia para educación	—	1.00		—	5.0	2
Cuartos de aseó, basuras y reciclaje	—	1.00		—	5.0	3
Cocinetas	—	0.30		—	1.5	2
Cocinas comerciales	—	0.70		—	3.5	2
Cuartos de vestieres	—	0.25		—	1.25	2
Cuartos de armarios	—	0.50		—	2.5	2
Cabinas de pintura por atomización	—	—	F	—	—	4
Garajes de parqueo	—	0.75	C	—	3.7	2
Tienda de mascotas (area de animales)	—	0.90		—	4.5	2
Cuartos de maquinaria de refrigeración	—	—	F	—	—	3
Cocinas residenciales	50/100	—	G	25/50	—	2
Cuartos de almacenamiento de ropa	—	1.00	F	—	5.0	3
Cuartos de almacén de químicos	—	1.50	F	—	7.5	4
Baños—privados	25/50	—	E	12.5/25	—	2
Baños—públicos	50/70	—	D	25/35	—	2
Taller de carpintería / salón de clase	—	0.50		—	2.5	2

A Espacios donde los motores operan deben tener sistemas de extracción conectados directamente al desfogue del motor y prevenir fugas de humos.

B Cuando el equipo de combustión está previsto para ser usado en la superficie de trabajo, se debe proveer ventilación por dilución adicional y/o control en la fuente.

C No se requiere extracción si dos o más paredes cuentan con un 50% de área abierta al exterior.

D Rata por inodoro u orinal. Sumínistrese la rata mayor en periodos de alto uso donde se espere que ello ocurra. Por ejemplo, baños de teatros, colegios, áreas de deporte. De lo contrario se pueden mantener las ratas mínimas.

E La rata es para un cuarto de baño ocupado por una persona a la vez. Para operación de sistemas continuos durante horas normales de uso, la rata más baja puede ser usada. De lo contrario se puede emplear la rata mayor.

F Véanse otros estándares aplicables para ratas de extracción.

G Para sistemas de operación continuos, la rata más baja puede ser usada. De lo contrario úsese la rata mayor.

4.5.3. Volumen de aire

Por otro lado, la velocidad de ventilación indica con qué frecuencia se introduce aire fresco en la habitación por hora. Para calcular esto, es esencial conocer las dimensiones del espacio.[26]

$$V = b \cdot h \cdot L \quad (1)$$

Donde:

- b = Base en metros.
- h = Altura en metros.
- l = Largo en metros.

4.5.4. Número de renovaciones

El cálculo del flujo mínimo necesario de aire fresco exterior se realiza de inmediato utilizando la información de las renovaciones por hora proporcionada por la siguiente figura [27, 28].

Tabla 4. *Número de renovaciones.* [28]

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES DE AIRE POR HORA	SECTOR
Auditorios	6-8	TERCIARIO
Aulas	5-7	
Bibliotecas	4-5	
Cámaras blindadas	3-6	
Casinos	8-12	
Cocinas profesionales	15-30	
Despachos de reuniones	6-8	
Discotecas	10-12	
Garages	5 aprox.	
Gimnasios	4-6	
Habitaciones hotel	3-8	
Inodoro terciario	8-15	
Lavanderías	10-20	
Oficinas	4-8	
Piscinas	3-4	
Restaurantes	8-12	
Salas de conferencias	6-8	
Salas de espera	4-6	
Salas de reuniones	5-10	
Teatros y cines	5-8	
Tiendas	4-8	
Vestuarios	6-8	

En efecto, N es el número de renovaciones por hora obtenida de la tabla 4, según el uso específico del lugar o edificio.

4.5.5. Caudal de aire

Existen diversas formas de calcular el caudal del aire, una de ellas es en función del volumen del recinto y el número de renovaciones por hora como lo indica la tabla 4, por consiguiente se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V \cdot n \quad (2)$$

Donde:

- Q : Flujo volumétrico en m^3/h .
- V : Volumen en m^3 .
- n : Número de renovaciones de aire.

4.5.6. Sistema de filtrado

Según las pautas proporcionadas por ASHRAE 52-2, se definen los criterios esenciales para la evaluación de los filtros de aire. Estos criterios tienen como objetivo la eliminación de partículas de la corriente de aire, clasificadas por tamaño.

A continuación, en la tabla 5, se presentan los requisitos sugeridos para lograr una filtración eficiente, que abarcan aspectos como el retorno de aire, la recirculación de aire y la transferencia de aire [24].

Tabla 5. *Clasificación de filtración.* [13]

Clasificación	Requisitos de eficiencia en filtración	Equivalente ASHRAE 52.1. Eficiencia part. de polvo
CLASE 1	Mínimo: 60 % en 3,0 micrones	
	Donde el diseño del sistema puede alojar niveles de eficiencia más altos (por ej. Resistencia), se recomienda mayor a 65% en 1,0-0,3 micrones.	25-30%
	Donde hubiera concentraciones potencialmente grandes de partículas respirables, se recomienda mayor a 65% en 0,3 micrones.	70%
	Excepción: Para equipos de aire unitario o individuales con marco de filtro incapaz de alojar filtros que se aproximen a los requisitos de eficiencia especificados para filtros de la Clase 1, los requisitos de eficiencia de esta sección no se aplican a unidades fabricadas hasta 2 años después de la publicación de este standard. Por lo tanto, después de 2 años deben, o bien alcanzarse los requisitos de eficiencia de clase 1, o el equipo debe ser rediseñado para poder ajustarse a filtros que cumplan con estos requisitos de eficiencia.	95%
CLASE 2	80% sobre 1.0 - 3.0 micrones	85%
	Aire extraído de cuartos de impresión y copiado, se requiere 65% sobre 0,3 micrones. Además, el aire de Clase 2 debe limpiarse con filtros de absorción en fase gaseosa, tal como el carbón activado para eliminar olores.	95%
CLASE 3	Solo puede recircularse, si se hallan los requisitos de eficiencia de Clase 1. Donde está permitido fumar, deben alcanzarse los requisitos de filtrado de clase 2.	
CLASE 4	No puede recircularse, si se hallan los requisitos de eficiencia de Clase 1.	
CLASE 5	No puede ser recirculado. Debe ser disipado directamente a la atmósfera.	

4.5.7. Velocidad del aire en ductos

La velocidad del aire en ductos de aire acondicionado debe estar entre los valores comprendidos que se indican en la Tabla 1. Velocidad del aire en ductos de aire acondicionado [29].

Tabla 6. *Velocidad de aire en conductos de aire según la edificación.* [29]

Ducto	Residencias	Edif. públicos (pie/min)	Fábricas
	m/s (FPM)	m/s (FPM)	m/s (FPM)
Principal	3,5 a 6 (689 a 1 181)	5 a 8 (984 a 1 574)	6 a 11 (1 181 a 2 165)
Derivación	3 a 5 (590 a 984)	3 a 6,5 (590 a 1 279)	4 a 9 (787 a 1 771)

La normativa ASHRAE y SMACNA establece una serie de normas para el diseño de conductos, como el proceso de construcción, unión de ductos, simbologías para el dibujo técnico, refuerzo, etc. [29, 30]

4.6. Análisis de costos por precio unitario.

4.6.1. Precio unitario

Este proceso implica establecer el precio unitario de una actividad u partida en la estructura de costos de una obra. Es esencial al preparar propuestas para concursar o licitar proyectos. Se deben definir unidades de medida y precios unitarios, considerando no solo materiales, mano de obra y equipos, sino también aspectos específicos del proyecto (administración, utilidad, I.V.A., financiamiento, bonos, etc.). Esta evaluación exhaustiva de la estructura de costos asegura un análisis profundo, evitando plagio mediante un enfoque original en la determinación de precios unitarios, [31, 32].

UBICACION: Los Samanes.						
EMPRESA: Ensambla Ensico S.A.						
CONCRETO PREMEZCLADO 150 KG/CM2 CONSTRUCCION ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXCLUYE ACERO						
525351	REFUERZO.					
	Unidad	M3				
	Cantidad	53,50 M3				
	Rendimiento	15,67 M3/DIA				
MATERIALES						
Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Desp %	Precio	Total
AC0126	CURADOR CONCRETO CURACRET BLANCO 5 GL/LATA	0,030	GALON	1,00	5.337	162
AEO055	PREMEZCLADO RC28=150 KG/CM2 ASENT=5° BOMBLEAR,10%	1,000	M3	5,00	2.603	2.733
CB0001	CUARTON PINO, 5 x 10 CM	0,051	M3	5,00	8.000	428
CB0003	TABLA P/ENCOFRADO PINO MACHIHEMRADO	0,018	M3	5,00	37.580	710
DC0001	ALAMBRE LISO GALV. CAL.18, 102.04 M/KG KILIADO	0,930	KG	5,00	129	126
DD0002	CLAVOS 3.1/2" x 10, CAJA 25 KG	2,300	KG	8,00	73	181
C10094	MATERIALES ENCOFRADO DE MADERA	3,620	M2	0,00	110	400
					Total Materiales	4.741
					Costo Unitario	4.741
EQUIPOS						
Código	Descripción	Cantidad	Unidad	C.C.día	Precio	Total
YA0049	GRUA HIDRAULICA P&H CN 122D 22 TON	0,50	DIA	1,000	226.766	113.383
YC0005	BOMBA DE CONCRETO SCHWING SP-1000	0,50	UNIDAD	0,003	4.900.000	7.350
YZ0001	ANDAMIO TUBULAR 1.50 x 1.70 x 1.15 M + TABLA	20,00	DIA	1,000	75	1.500
C30035	EQUIPO CONCRETO / ENCOFRADO TIPO 1	1,00	EQ.DIA	0,000	2.073	2.073
					Total Equipos	124.306
					Costo Unitario	7.933
MANO DE OBRA						
Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Jornal	Total	
ZAD032	MAQUINISTA DE CONCRETO DE 1RA.	0,50	HM.DIA	197	98	
ZAD061	OPERADOR GRUA DE 1RA.	0,50	HM.DIA	229	115	
C40052	CUADRILLA CONCRETO TIPO 1	1,00	CD.DIA	5.001	5.001	
Son: Diez y seis mil setecientos noventa y ocho Unidades Monetarias.					Subtotal Mano de Obra	5.214
					100%Costos Asociados al Salario	5.214
					Total Mano de Obra	10.428
					Costo Unitario	665
					Costo Directo, Subtotal A	13.339
Firma Contratante:					Administración y Gastos	
					10%Generales	1.334
					Subtotal B	14.673
Firma Contratista					30%Imprevistos y Utilidad	4.402
					Precio Unitario	19.075

Figura 9. Ejemplo de hoja precios unitarios. [33]

5. Metodología

La investigación se orienta hacia un enfoque cuantitativo, basándose en el análisis de datos numéricos que incluyen variables como el volumen de la piscina, el área del recinto, la temperatura del agua y la temperatura ambiente, entre otros. Esta elección se motiva por la necesidad de obtener resultados medibles y precisos. Es importante destacar que la investigación se clasifica como aplicada, ya que se concentra en abordar la realidad específica del entorno presente en la piscina de la unidad educativa Técnico Salesiano. Este enfoque busca proporcionar soluciones prácticas y directamente aplicables a las condiciones que enfrentan tanto los estudiantes como los docentes en dicha institución. Finalmente, el alcance de la investigación se define como descriptivo, implicando la aplicación de teorías y conceptos relacionados con la transferencia de calor, la mecánica de fluidos y la ingeniería estructural. Estas disciplinas se utilizarán de manera integral para abordar y resolver de manera efectiva un problema puntual identificado en el contexto de la piscina mencionada. La figura 10 exhibirá el procedimiento a seguir en el transcurso del desarrollo del trabajo de titulación, abarcando desde los parámetros iniciales hasta la evaluación de los aspectos financieros.



Figura 10. Diagrama de proyecto de titulación

5.1. Identificación de la necesidad

Con el propósito de determinar la pertinencia de implementar un sistema de ventilación que asegure un entorno confortable en las instalaciones, se realizó una entrevista clave con el instructor docente, con el objetivo de realizar un análisis específico de las necesidades e identificar posibles problemas; esto se realizó preguntas detalladas. Para obtener información precisa y relevante que orientará la evaluación de la viabilidad y la eficacia de un sistema de ventilación en el espacio en cuestión figura 11. Una vez realizada la entrevista, se evidenció la gran problemática que conlleva el no contar con un sistema de ventilación en el recinto, de esta manera se identificó la condensación excesiva en el medio, provocando malestar en los usuarios y deterioró de la mampostería y estructura. Así, se presenta una tabla de datos obtenidos gracias a la entrevista, la cual resulta de vital importancia para el proceso de diseño.

Entrevista

La meta de la entrevista es establecer las condiciones iniciales de las piscinas en la unidad educativa Técnico Salesiano y considerar diversas variables cruciales para el desarrollo del sistema que se propondrá.

Lic. Francisco Astudillo		
Nº	Preguntas	Respuestas
1.	¿Cuál es el área de las piscinas a x b x c?	La piscina semiolímpica mide 25m de largo, 12.50 m de ancho y de profundidad 160m en una esquina mientras que en la otra es de 180m. Mientras que la pequeña tiene 8m de largo, 4m de ancho y 1m de profundidad.
2.	¿Cuál es el área del recinto de las piscinas a x b x c1 x c2 (altura)?	El área del recinto donde se encuentra exclusivamente las piscinas tiene un área de 40m por 40m perpendicularmente a su vez con un radio de 40m.
3.	¿Cuántas personas usan la piscina en un día promedio?	En un día habitual, el uso de las piscinas alcanza un promedio de 160 personas. Esta cifra incluye aproximadamente 26 estudiantes y un docente, conformando el grupo de usuarios recurrentes.
4.	¿Cuántos espectadores puede albergar el recinto?	Tiene la capacidad de albergar 350 personas que son distribuidas en dos secciones que se entran en los extremos de la piscina semiolímpica.
5.	¿Cuál es la temperatura del agua de la piscina?	En la piscina grande se entra en 27°C mientras que la pequeña a 30°C.
6.	¿Cuál es el nivel de humedad en el área donde se encuentra las piscinas?	La humedad depende de que si se deja descubierta la piscina existe niveles grandes de condensación y a la vez si se deja cubierta la condensación es mínima.
7.	¿Cuál es el principal problema que tiene al momento en el que el entorno se encuentra con vapor?	El piso suele encontrarse mojado, del techo cae gotas de agua, para mitigar un poco este problema se procede a abrir las puertas.
8.	¿Cuáles son las principales preocupaciones que ha observado en cuanto a la ventilación en las piscinas?	La falta de ventilación provoca que el entorno sea muy caliente, llegando a tal punto que se podría definir como un sauna.
9.	¿Cómo afecta el problema de ventilación a las actividades educativas y recreativas que se llevan a cabo en las piscinas?	Es notoria más en los docentes, ya que como los que nos encontramos básicamente toda la jornada laboral que es de 7:00 am a 16:00pm, provocando cansancio exhaustivo.
10.	¿Hay alguna restricción arquitectónica o estructural que debemos tener en cuenta al diseñar el sistema de ventilación?	Al ser una edificación recién que tiene 4 años, con certeza a mi punto de vista no existe inconvenientes ya que la infraestructura se ve intacta a pesar de sufrir de condensación.

Figura 11. Entrevista al docente encargado

A continuación, se presenta una esquematización de la situación actual del recinto donde se llevará el desarrollo del proyecto.

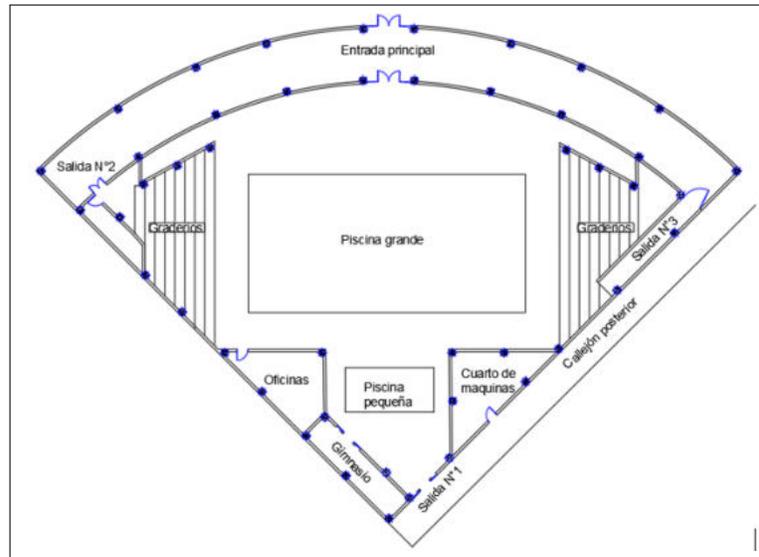


Figura 12. Estado actual de la unidad educativa Técnico Salesiano

Con la finalidad de obtener un correcto dimensionamiento y posterior diseño, para ello se ha puntualizado las dimensiones del recinto y de las piscinas semiolímpicas.

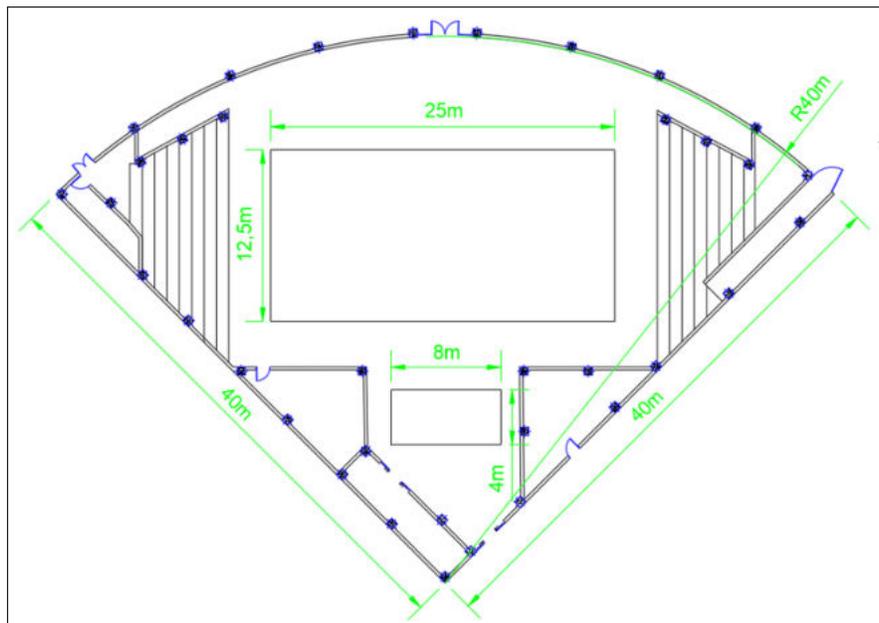


Figura 13. Medidas de la edificación de la unidad educativa

5.2. Definición de Variables

Una vez obtenido los problemas mediante el trabajo de campo, se identifican las variables cualitativas que constituirán la base para el diseño del sistema de ventilación. Estas variables no solo serán determinantes en la configuración del sistema, sino que también definirán las condiciones de confort que se buscarán alcanzar en el recinto. Tras una minuciosa recopilación de datos provenientes de la institución educativa, se ha conseguido definir las condiciones del recinto, así como se indica en la tabla 7.

Tabla 7. *Variables iniciales del recinto*

Variables iniciales.		
Dimensiones de la edificación	Área del recinto	40m x 40m
	Altura	1.60m en una esquina y 1.80m en la otra
Dimensiones de las piscinas	Piscina pequeña	8m x 4m
	Profundidad	1m
	Piscina grande	25m x 12,5m
	Profundidad	160m x 180m
Temperatura.	Piscina pequeña	28°C – 30°C
	Piscina grande	26°C – 28°C
Periodo de uso	Mañana y tarde.	7:00am a 12am y 13:00pm a 16:00pm
Nº de personas	Graderíos	350 personas
	Piscinas	En la grande 26 y en la pequeña 10
Humedad actual	Recinto	80%
Tipos de ventilación	Puertas	4

Tabla 8. Variables para considerar bajo normativa

Variables para considerar.	
ASHRAE y NEC.	Descripción
Flujo de aire	Sistemas de ventilación. Extracción y suministro
Número de renovaciones	3 renovaciones de aire por hora
Temperatura optima	25°C – 29°C
Ratas mínimas de ventilación	0.48 cfm/pie ²

Variables de ponderación A continuación, detallamos todas las condiciones para la posterior ponderación que serán estudiados para la selección.

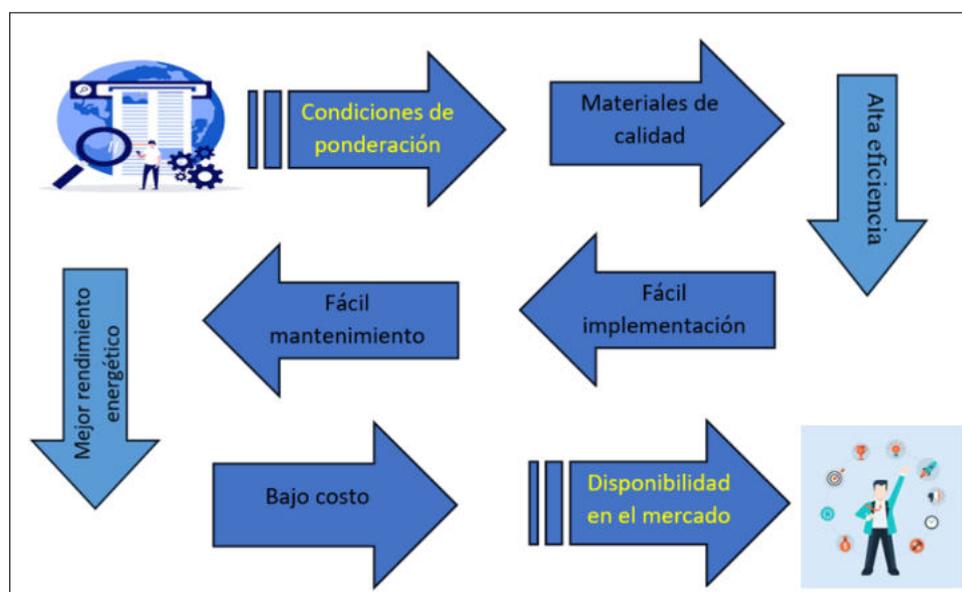


Figura 14. Variables para el diseño

5.2.1. Selección del Sistema de ventilación

Tras realizar un minucioso estudio, se han identificado condiciones que facilitarán la elección de adecuados componentes para el sistema de ventilación. Este proceso implica considerar los utilizados comúnmente en las grandes industrias, con condiciones que exista en el mercado nacional o internacional, alta eficiencia y menor consumo energético. De esta

manera, se han considerado dos tipos de sistemas de ventilación, como se detalla en la tabla 9. Asimismo, se lleva a cabo una ponderación exhaustiva en la tabla 10, donde se define un tipo de sistema para el posterior análisis de diseño.

Tabla 9. *Alternativas de sistemas de ventilación mecánica*

Alternativas	
1. Ventilación mecánica en admisión y extracción	
2. Ventilación mecánica en admisión y extracción de doble flujo con renovación de aire.	

La correcta selección del sistema de ventilación será de vital importancia porque de esto dependerá varios factores como son: costos y eficiencia, por ello se realizará una tabla de ponderación para la correcta selección del sistema detallado a continuación.

Tabla 10. *Selección del sistema de ventilación*

Aspectos	Ponderación	Ventilación mecánica en admisión y extracción de doble flujo con renovación de aire		Ventilación mecánica en admisión y extracción	
		$V_A C_A$	Clasificación C_A	$V_B C_B$	Clasificación C_B
Materiales de calidad.	40	38	4	40	5
Alta eficiencia	35	32	4.5	34	5
Fácil implementación	25	20	3	24	3.5
Fácil mantenimiento	30	25	4	28	5
Mejor rendimiento energético	30	27	3	26	3
Bajo costo	30	23	3	28	3.5
Disponibilidad en el mercado	10	7	3	10	4
Total	200	172		190	

Por lo tanto, se concluye que el Ventilador Mecánico de Admisión y Extracción es el más eficiente en cuanto a costos y disponibilidad en el mercado.

5.2.2. Selección del ventilador

El principal componente para el funcionamiento del sistema es un ventilador, por lo tanto, tiene que cumplir con la disponibilidad tecnológica tanto en los mercados ecuatorianos como en los internacionales. A través de una evaluación cuidadosa de diversas opciones de tipos de ventiladores, y reconociendo la diversidad disponible, se determinan que aspectos como el dimensionamiento, la frecuencia de renovaciones y el caudal del recinto son de suma importancia. Como resultado, se procedió a descartar la mayoría de los sistemas, llegando a definir tres alternativas viables para selección de ventiladores detallada en la 11, posteriormente se procede a la selección de un solo ventilador mediante la tabla 12.

Tabla 11. *Alternativas de sistemas de ventiladores*

Alternativas	
1. Ventiladores centrífugos	
1. Ventilador axial	
2. Ventilador tangencial	

La selección apropiada del ventilador es esencial para el sistema que se pretende implementar, ya que de ello dependerá la obtención de un ambiente de confort óptimo y una eficiente capacidad de ventilación. Mediante la siguiente tabla de discriminación, se elige el ventilador

más adecuado para cumplir con estos requisitos.

Tabla 12. *Tipos de ventiladores bajo aspectos específicos*

Aspectos	Ponderación	Ventilador axial		Ventilador centrifugo		Ventilador tangencial	
		$V_A C_A$	Clasificación C_A	$V_B C_B$	Clasificación C_B	$V_C C_C$	Clasificación C_C
Materiales de calidad.	30	25	4	30	5	25	4
Alta eficiencia	40	30	3	40	5	32	3.5
Fácil implementación	20	18	3.5	20	4	18	3
Fácil mantenimiento	20	18	3.5	20	4	18	3
Mejor rendimiento energético	30	20	3	26	4	23	3
Bajo costo	20	17	3	19	3.5	18	3.5
Disponibilidad en el mercado	20	17	3.5	20	5	16	3
Total	180	145		175		150	

Una vez realizado la correspondiente ponderación se define al ventilador centrifugó, ya que cumple con un excelente puntaje, superior a los otros.

5.3. Diseño de concepto

Para el diseño se propone la ubicación de los sistemas de suministro y extracción en la estructura de la cubierta, donde se colocarán los conductos y posteriormente los ventiladores en la parte externa de la cubierta, para ello se propone realizar una estructura como base. En la figura 14, se presenta un bosquejo del diseño propuesto, cumpliendo con la correcta distribución de los conductos y base para los ventiladores. Este cuenta con dos sistemas de suministro y dos de extracción.

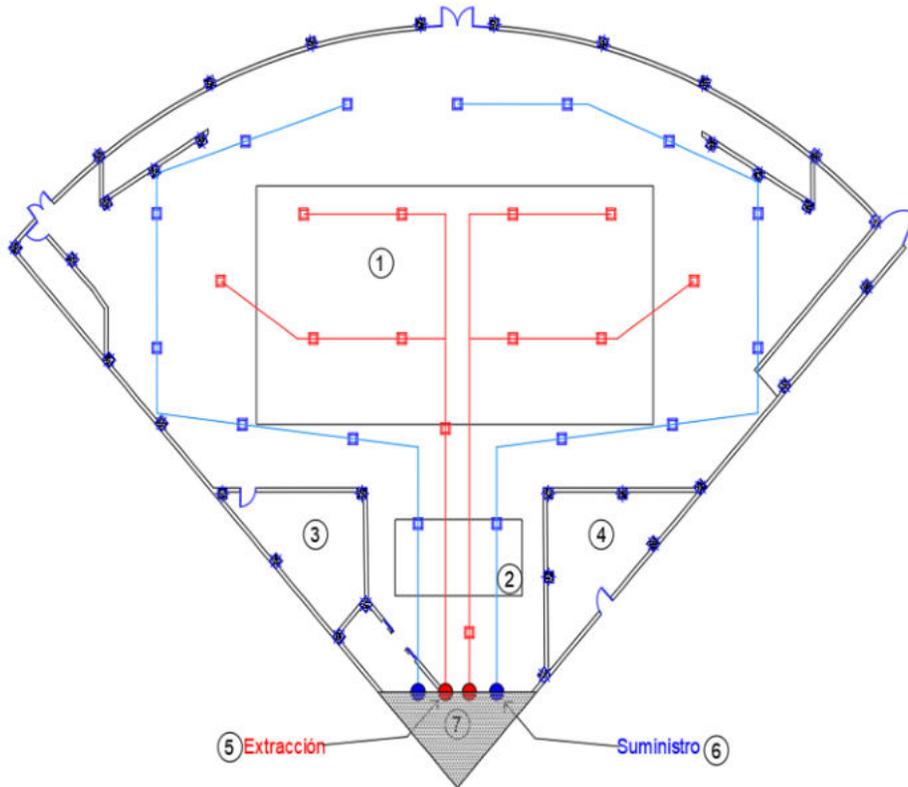


Figura 15. Esquema del sistema de suministro y extracción

En consecuencia, se presenta en la Tabla 13 y se enumera en la Figura 15 una recopilación de las principales partes que conforman el recinto, junto con el sistema de ventilación.

Tabla 13. Elementos principales del recinto

Nº	Elementos
1	Piscina grande
2	Piscina pequeña
3	Oficinas
4	Cuarto de bombas
5	Sistema de extracción
6	Sistemas suministro
7	Bese para ventiladores.

5.3.1. Definición de subsistemas

Sistema y subsistemas Una vez establecido el diseño del sistema, se presenta un esquema de solución definida figura 15. A continuación, se presenta en la tabla 14 un resumen del procedimiento a analizar, para ello se ha considerado la implementación de subsistemas para el diseño de un sistema de ventilación mecánica.

Tabla 14. *Sistemas y subsistemas*

Sistema	Subsistema	Elementos.
Mecánico	1. Sistema de suministro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ductos ➤ Rejillas ➤ Filtro ➤ Ventilador ➤ Caja de ventilador ➤ Caja de filtro ➤ Soporte y accesorios
	2. Sistema de extracción.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ductos ➤ Rejillas ➤ Ventilador ➤ Caja de ventilador ➤ Soporte y accesorios
	3. Eléctrico y control.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Breker ➤ Contactores ➤ Protectores térmicos ➤ Timer ➤ Caja para cada sistema

5.4. Cálculo y selección de componentes del sistema

Determinación del volumen del recinto

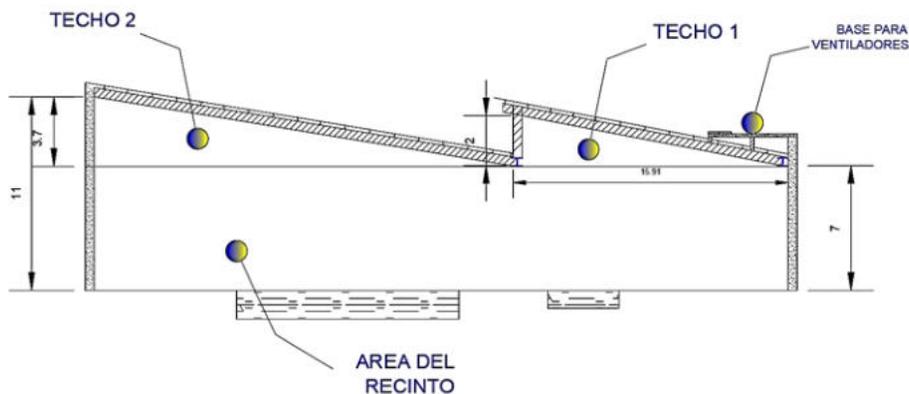


Figura 16. *Vista lateral del recinto*

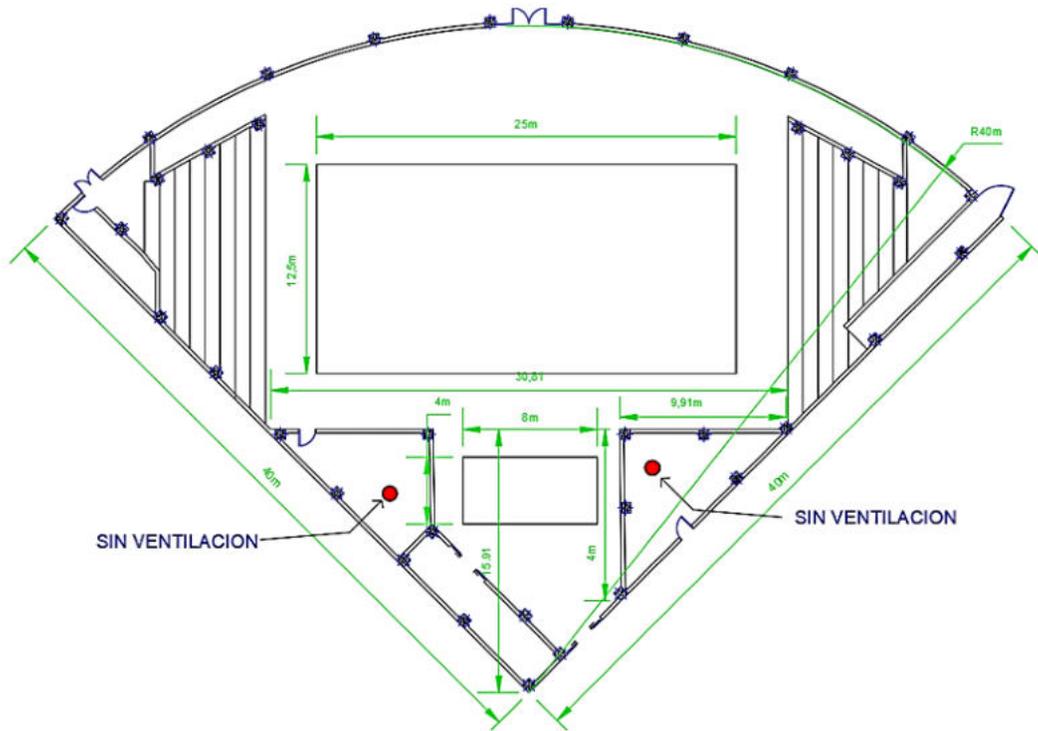


Figura 17. *Recinto vista superior*

Para el cálculo del volumen implica el procedimiento matemático para determinar la cantidad tridimensional del espacio ocupado por el área específica, considerando las variables, como la longitud, ancho y altura.

Ecuación para el cálculo del área de un 1/4 de circunferencia.

$$A = \frac{\pi r^2}{4} \quad (3)$$

Primer techo

Se Considera que el recinto tiene la forma de un cuarto de una circunferencia, figura 16, un techo con dos niveles de caída, figura 17 y además tiene una sección interior que comprende oficinas y un cuarto de máquinas.

Para este caso la restricción se tiene en el área de oficinas y cuarto de máquinas, los cuales no serán ventilados, por tal razón se procede a restar al área global del primer techo por estas dos áreas, obteniendo los siguientes resultados detallados a continuación en la siguiente tabla 15.

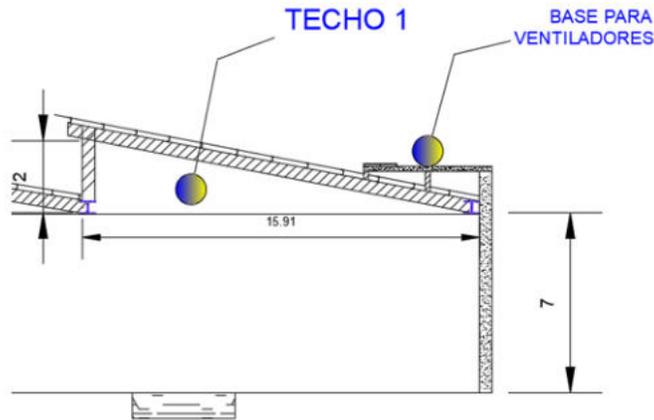


Figura 18. Primer techo

Tabla 15. Volumen primer techo

Volumen del techo 1					
	ANCHO	ALTURA	LARGO	AREA	VOLUMEN
	m	m	m	m ²	m ³
Ventilado	31.82	15.91	2	253.1281	506.2562
Oficina	14.2	7.3	2	51.83	103.66
Cuarto de maquinas	14.2	7.3	2	51.83	103.66
Resultado ventilado				149.4681	149.4681

Techo 2

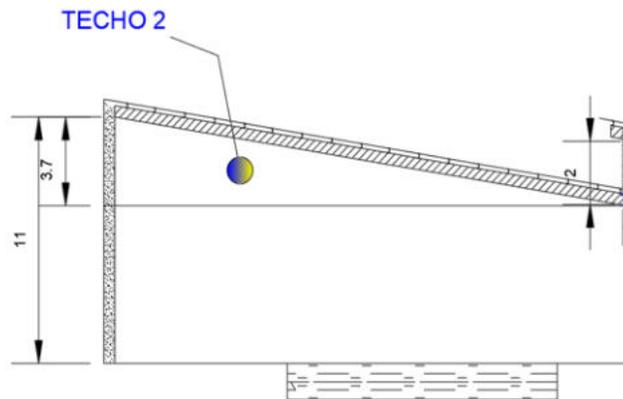


Figura 19. Detalle segundo techo

Tabla 16. Volumen del techo N.º 2

Volumen del techo 2					
Sección	Ancho	Altura	Largo	Área	Volumen
	m	m	m	m ²	m ³
1	40	40	3.7	1256.63704	3712.98308
Techo 1				253.1281	
Resultado				1003.50894	1856.49154

$$V_{\text{Total Techo}} = 2005.956 \text{ m}^3$$

Volumen del recinto sin el techo.

Se determina el aire del recinto, sin contar con el techo ni con los cuartos de máquinas y oficinas. Se determina el aire del recinto, sin contar con el techo ni con los cuartos de máquinas y oficinas.

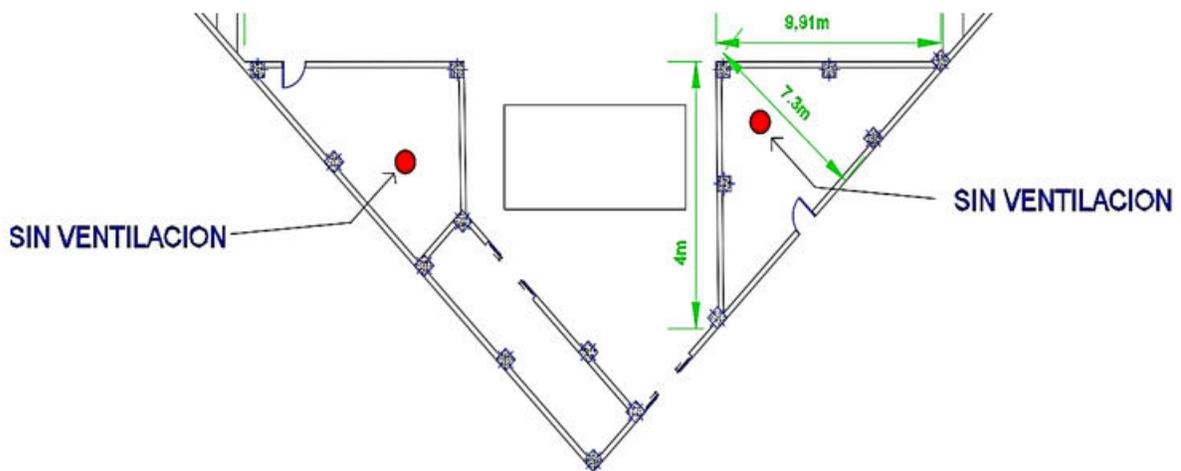


Figura 20. Vista superior de cuartos sin ventilación.

Tabla 17. *Volumen de las oficinas y cuarto de máquinas*

Volumen del recinto interno no ventilado					
Sección	Ancho	Altura	Largo	Área	Volumen
	m	m	m	m ²	m ³
Oficina	14.2	7.3	7	51.83	362.81
Cuarto de maquinas	14.2	7.3	7	51.83	362.81
Resultado				103.66	725.62

Para concluir se calcula el volumen del recinto como se indica a continuación en la figura 21.

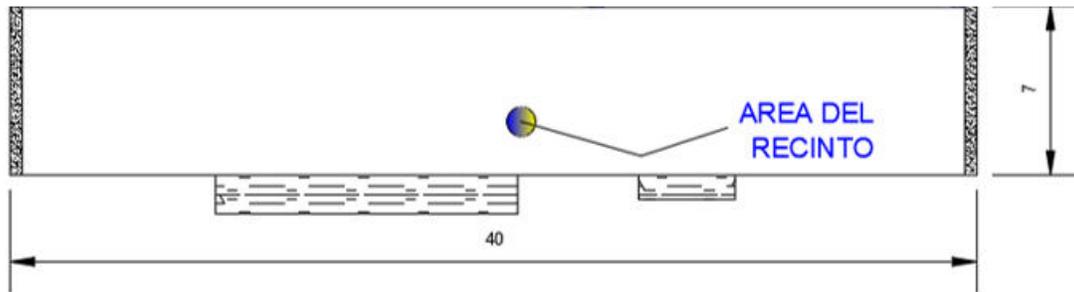


Figura 21. *Volumen del recinto sin el techo.*

Tabla 18. *Área del recinto sin el techo*

Volumen del recinto interno					
Sección	Ancho	Altura	Largo	Área	Volumen
	m	m	m	m ²	m ³
v. interno	40	40	7	1256.63704	8796.45928
v. recinto no ventilado				103.66	725.62
resultado				1152.97704	8070.83928

Volumen total del recinto.

Finalmente, se sumará el resultado del volumen total del techo más el volumen total del recinto interno, obteniendo como resultado lo siguiente.

$$V_{\text{Total Techo}} = 2005.956 \text{ m}^3 \quad (4)$$

Caudal

Para el sistema de extracción y suministro, es esencial calcular el caudal de acuerdo con las normativas vigentes. Conforme a lo establecido en las normativas aplicables mencionadas previamente, se determina que, según el tipo de entorno, como es el caso de las piscinas, se debe seleccionar un factor N que representa el número de renovaciones de aire por hora tabla 4. Luego, se procederá a multiplicar dicho factor por el volumen del recinto, obteniendo así el caudal para el diseño.

$$Q = V \cdot N \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad (5)$$

$$Q = 10077.09 \text{ m}^3 \cdot \frac{3}{\text{h}}$$

$$Q = 30231.27 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 17793.45 \text{ cfm}$$

Ruido

En este contexto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que un nivel de ruido de 55 dB sería el máximo deseable al aire libre, sin tener en cuenta el tiempo de exposición. Asimismo, se sugiere que el volumen recomendado, considerando la duración de la exposición, debe mantenerse por debajo de los 85 dB, con un límite de ocho horas al día para cualquier sonido [34]. En este caso, porque la institución educativa labora 8 horas diarias, aplicaría máximo de ruido los 85 dB.

Esquemas de distribución de rejillas y conducto

A continuación, realizamos una distribución de rejillas en el recinto, para ello se procederá

a determinar el área de suministro de flujo que este brindará por el catálogo visualizado en el Anexo D. Aplicando los grados de inclinación para la rejilla, es conveniente utilizar de 45°, ya que esta acapara un diámetro de flujo de aire de 7 m y con referente al piso de 7.50 m, aplicado bajo el criterio que se observa en la figura 22, siendo este óptimo, eficiente y cumpliendo con el nivel de ruido siendo este de 57 dB.

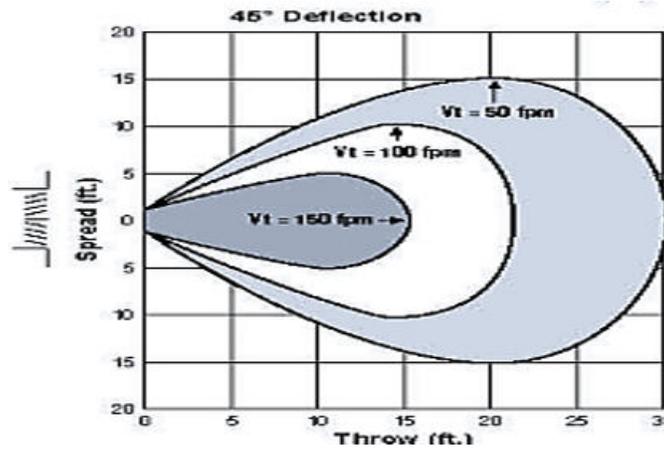


Figura 22. Distribución de flujo del aire aplicado a 45°

A continuación, en la figura 23 se aprecia el sistema de distribución de las rejillas, los círculos indican el diámetro de flujo, mientras que las líneas indican la trayectoria de los ductos de suministro y extracción.

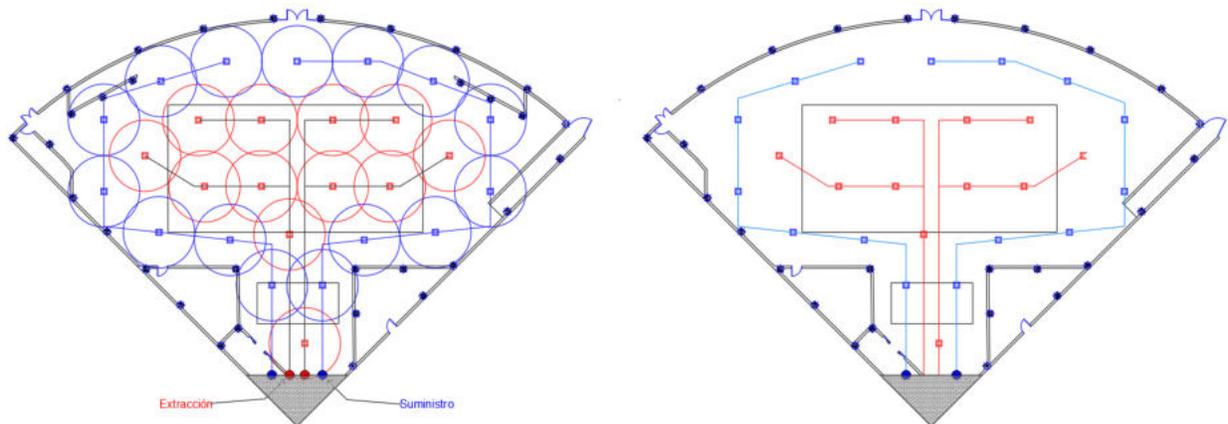


Figura 23. Distribución de sistema de ventilacion.

5.4.1. Sistema de suministro

Una vez que se ha configurado el sistema de suministro mediante el análisis previamente mencionado, se determina el número de rejillas y la longitud de los ductos. Sin embargo, al constatar que la cantidad de aire necesario requiere un ventilador de dimensiones considerablemente grandes, surge la preocupación de que las dimensiones de los ductos resulten demasiado extensas, lo que podría complicar su construcción y afectar la estética del recinto.

Por lo tanto, se establece dividir el sistema de suministro en dos, lo cual ayudaría a mitigar los desafíos asociados con las grandes dimensiones. Esta estrategia no solo facilitaría la construcción de los ductos, sino que también contribuiría a preservar la armonía visual y estética del entorno.

$$Q = \frac{30231.27 \text{ m}^3/h}{2}$$

$$Q = 15115.6 \text{ m}^3/h$$

$$Q = 8896.7 \text{ cfm}$$

Una vez obtenido el caudal, se consultará el catálogo de ventiladores de Soler Palao para determinar un caudal aproximado acorde a las especificaciones requeridas, obteniendo el siguiente resultado de caudal.

$$Q = 15209 \text{ m}^3/h$$

$$Q = 8952 \text{ cfm}$$

Cálculo del ducto de suministro

Se segmenta por tramos que se identificarán con letras y se numerarán cada una de las secciones. Esto se hace con el propósito de establecer parámetros que serán útiles para cálculos posteriores.

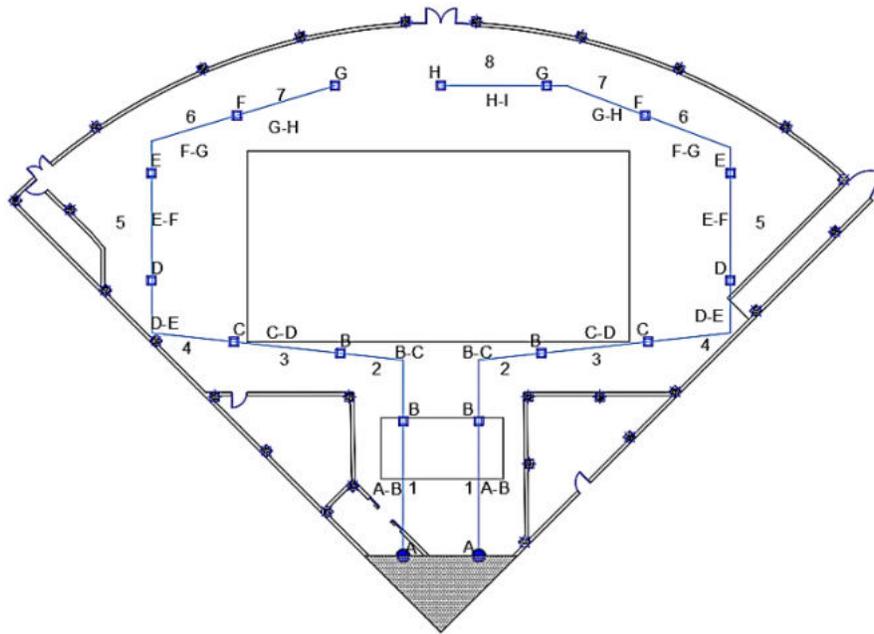


Figura 24. Sistema de distribución para suministro

Cálculo de ductos por Software “Insta Win”.

Suministró N°1

Para el cálculo y dimensionamiento de ductos se considera la utilización del Software Insta Win, el cual usa el método de pérdida de cargas constantes. A continuación, se procede a esquematizar el sistema de ducto de suministro N°1.

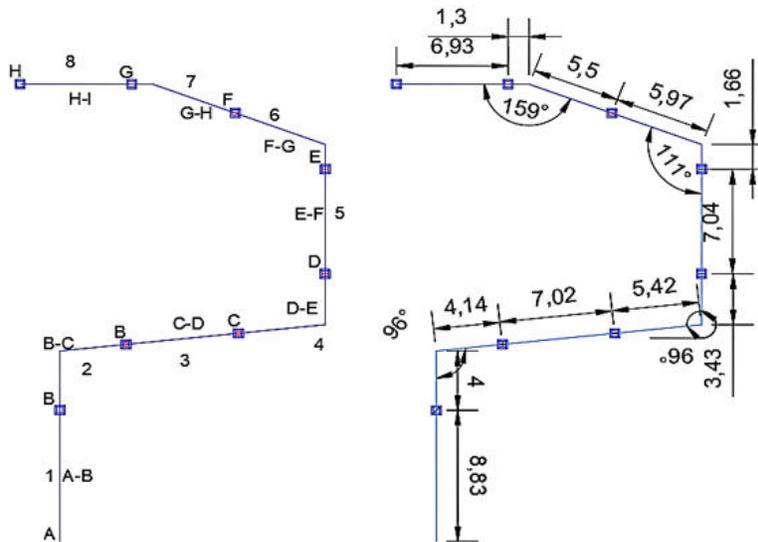


Figura 25. Distribución del sistema de suministro

Para ello se procede a ingresar la cuenta y clave, adquirida una vez comprado el producto.



Figura 26. *InstaWin*

Luego de ingresar, navegará hacia la sección “Mi cuenta”. En este apartado, completará los datos personales del creador del proyecto. Esta acción posibilitará que, al finalizar el proyecto, los datos sean visibles en la hoja de resultados.

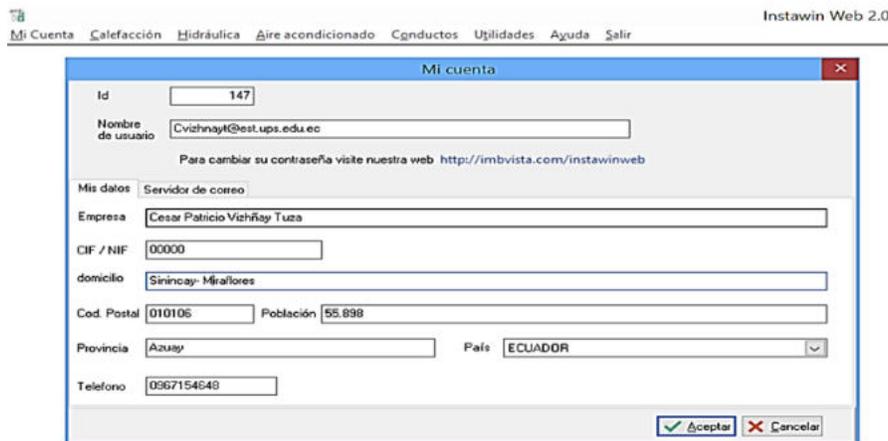


Figura 27. *Llenado de datos*

Para iniciar con el proyecto, se procederá a ingresar en el apartado Ductos – Proyectos.

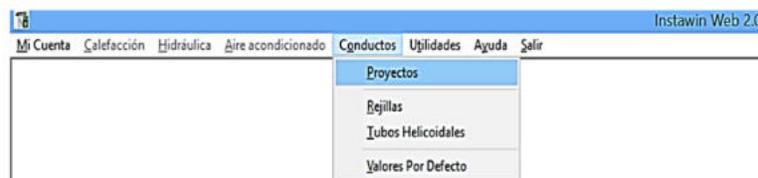


Figura 28. *Inicio de proyecto*

A continuación, se procederá a seleccionar “Añadir”, lo que abrirá una ventana donde se ingresarán los datos, siguiendo las indicaciones a continuación.

The screenshot shows the 'Datos generales' window in the Instawin Web 2.0 software. The window title is 'Proyecto de Conductos'. It contains the following fields and values:

- Proyecto nº: 5
- Fecha: 13/01/2024
- Referencia: (empty)
- Descripción: SUMINISTRO-1
- Uso: Extracción o Ventilación
- Tipo de Conducto: Chapa Galvanizada
- Marca del tubo Helicoidal: INTERMEDIO
- Marca de las Rejillas: KODLAIR
- Velocidad del Aire en m/s: 10.00
- Caudal Total a Impulsar o Extraer (m³/h): 15209.00
- Pérdida de carga máxima en bocas (mm): 3
- Numero total de Curvas: 6
- Acorar Tramos a la Altura de (cm): 60.00
- Porcentaje de desperdicio de Material: 15
- Rendimiento del Ventilador centrifugo (%): 45
- Margen de seguridad del Ventilador (%): 30

Buttons at the bottom: Imprimir, Aceptar, Cancelar.

Figura 29. Datos generales

Después de ingresar los datos en cada casilla, avanzamos al apartado “Bocas”, donde se registrarán las rejillas, con sus respectivos caudales de salida. En la sección de Longitud, se mantendrá como ‘cero’, ya que ninguna rejilla se desplazará del conducto principal. En el campo de Caudal, ingresaremos 1889.45, manteniendo este valor constante para todas las rejillas. Para concluir, procederemos a aceptar, finalizando así la sección de Bocas.

The screenshot shows the 'Bocas' section in the Instawin Web 2.0 software. It features a table with the following data:

Nombre	Caudal	Longitud
B1	1889.45	0.00
B2	1889.45	0.00
B3	1889.45	0.00
B4	1889.45	0.00
B5	1889.45	0.00
B6	1889.45	0.00
B7	1889.45	0.00
B8	1889.45	0.00

A modal window titled 'Proyecto de Conductos - Bocas de Extraccion' is open, showing the following fields:

- Nombre o Identificador: B8
- Caudal (m³/h): 1889.45
- Distancia a Tramo / Nudo (m): 0.00

Buttons at the bottom: Imprimir, Aceptar, Cancelar.

Figura 30. Bocas o rejillas

A continuación, procederemos con el ingreso de los Tramos con sus respectivas longitudes, Para ello, nos basaremos en la figura 25, se ingresarán cada uno de los tramos desde A-0 a H-I.

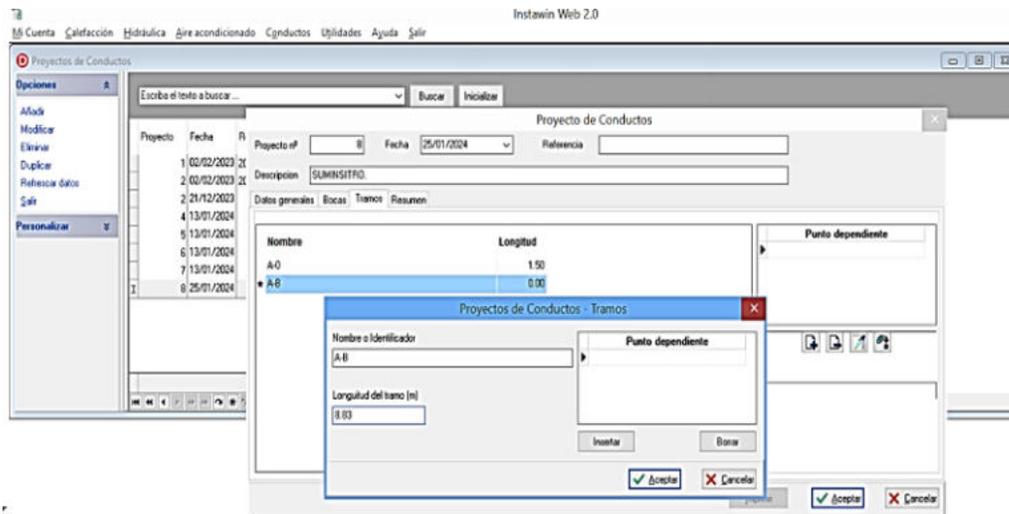


Figura 31. *Tramos*

Una vez que se hayan establecido estos datos, se reintroducirán en cada uno de los tramos especificados. En este caso, se procede a ingresar desde el último tramo H-I, accediendo al apartado “Insertar”, se selecciona el número de tramos o punto de consumo de pendiente, para H-I será como punto de consumo B8 porque es la finalización del tramo.

Mientras que para el tramo G-H, se aplica el número de tramos y punto de consumo, H-I y B7.

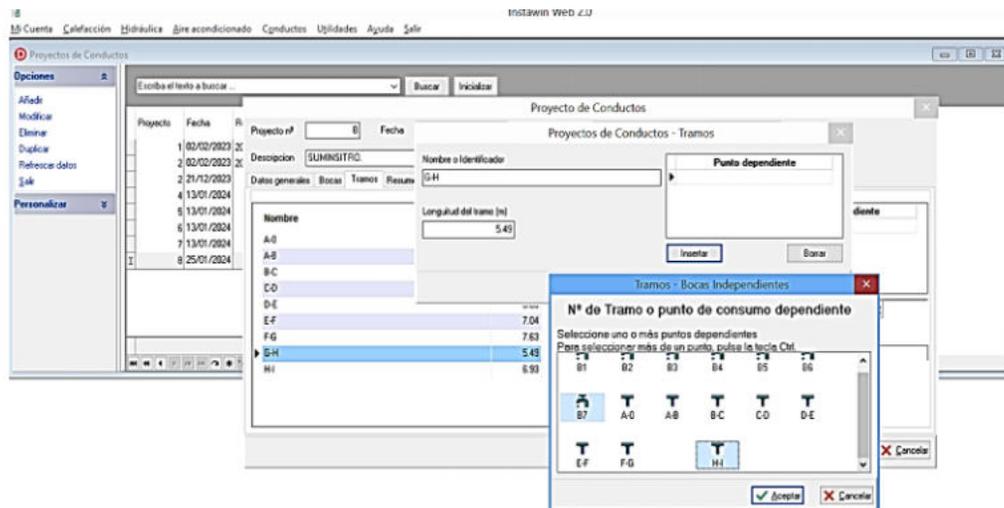


Figura 32. *Tramo o punto*

Para concluir en el tramo A-0 se procede a ingresar solo al tramo A-B porque este es el inicio del ducto y a su vez va unido con el tramo A-B.

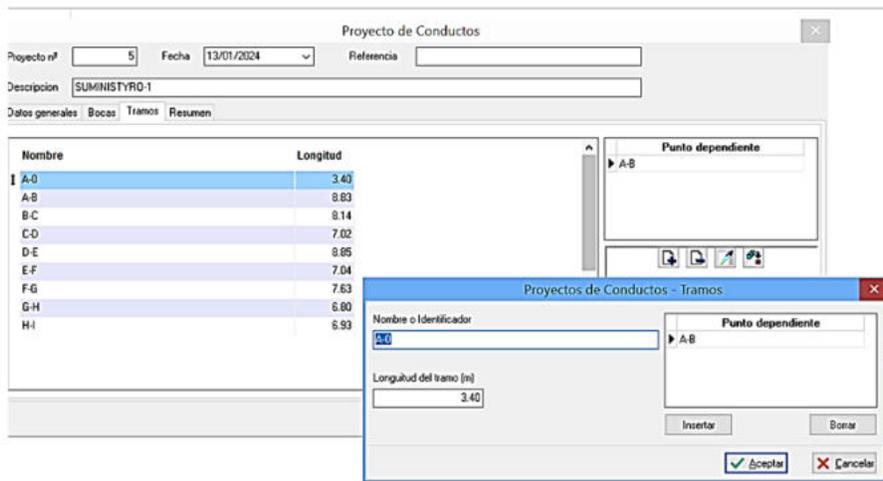


Figura 33. Último tramo

Y finalmente se seleccionará el apartado Resumen, este se encarga de calcular las dimensiones del ducto rectangular, pérdida de presión, potencia requerida del ventilador, entre más características esenciales para la selección de un ventilador.

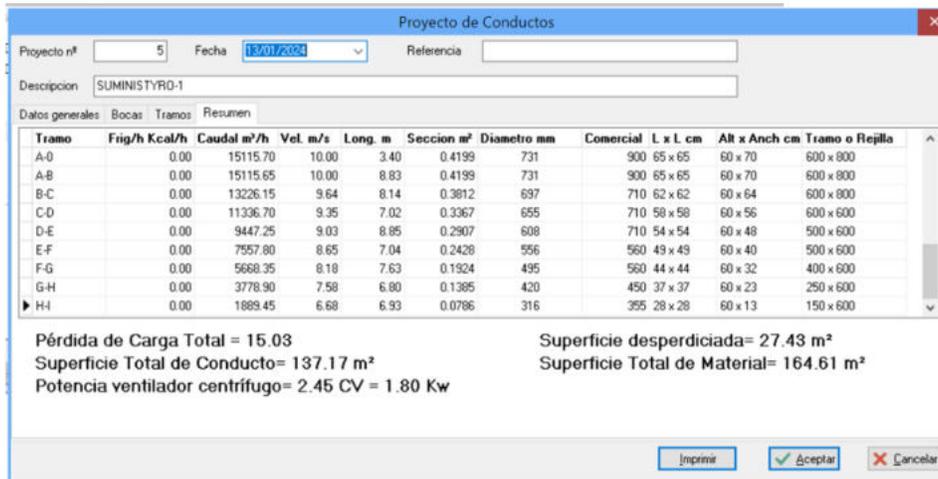


Figura 34. Resumen

Para concluir el análisis, se procede a imprimir una hoja detallada, que presenta los requisitos esenciales para el diseño del dimensionamiento de los ductos del sistema de suministro. La información se presenta de manera clara y accesible, ofreciendo una visión completa de los elementos cruciales para la implementación exitosa del sistema.

Conductos

Proyecto: SUMINISTYRO-1
Conducto: Chapa Galvanizada
Marca: KOOLAIR
Tipo: INTERMEDIO
Velocidad (m/s): 10.00
Altura Acotada (cm): 60.00
Superficie desperdiciada: 27.43 m²
Superficie Total de Material: 164.61 m²

Referencia:
Fecha: 13/01/2024

Caudal (m³/h): 15209.00
Nº de Curvas: 6
Perdida de Carga Total: 15.03 m.m.c.a
Superficie Total de Conducto: 137.17 m²
Potencia ventilador centrifugo: 2.45 CV = 1.80 Kw

Conducto	Carga	Caudal m ³ /h	Velocidad m/s	Longitud m	Seccion m ²	Diametro mm	Diametro Comercial	L x L	Alt x Anch	Rejilla
B1	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B2	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B3	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B4	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B5	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B6	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B7	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
B8	0.00	1889.45	5.41	0.00	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	300 x 600
A-0	0.00	15115.70	10.00	3.40	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
A-B	0.00	15115.65	10.00	8.83	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
B-C	0.00	13226.15	9.64	8.14	0.3812	697	710	62 x 62	60 x 64	600 x 800
C-D	0.00	11336.70	9.35	7.02	0.3367	655	710	58 x 58	60 x 56	600 x 600
D-E	0.00	9447.25	9.03	8.85	0.2907	608	710	54 x 54	60 x 48	500 x 600
E-F	0.00	7557.80	8.65	7.04	0.2428	556	560	49 x 49	60 x 40	500 x 600
F-G	0.00	5668.35	8.18	7.63	0.1924	495	560	44 x 44	60 x 32	400 x 600
G-H	0.00	3778.90	7.58	6.80	0.1385	420	450	37 x 37	60 x 23	250 x 600
H-I	0.00	1889.45	6.68	6.93	0.0786	316	355	28 x 28	60 x 13	150 x 600

Figura 35. Hoja de resultado del sistema de suministro N°1

Suministro N° 2

Se procede a realizar una esquematización del sistema.

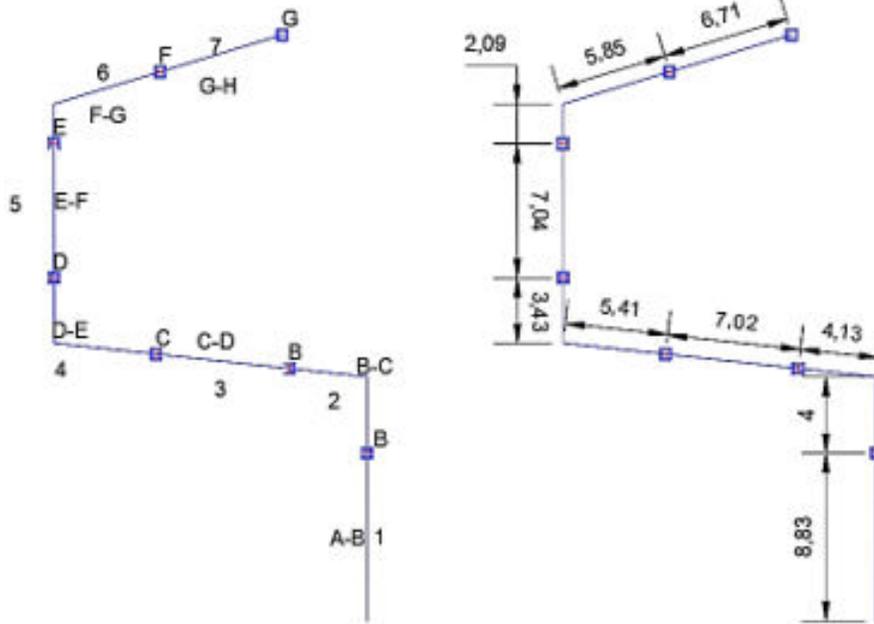


Figura 36. Medidas y tramos.

La determinación de este sistema de suministro, designado como N° 2, sigue el mismo procedimiento que el suministro N° 1 mencionado anteriormente. La diferencia radica en que este sistema incluye 7 rejillas, como se muestra en la siguiente figura 36.

Posteriormente, ingresamos los datos iniciales de manera similar a como se realizó en el suministro N.º 1, incluyendo la velocidad, caudal, material y altura de los ductos. La diferencia radica en que el número de curvas se reduce a 5, como se puede visualizar en la figura 36. En esta, se observa que hay 3 codos que se producen en el sistema, además de los 2 codos que se generan al salir del ventilador e ingresar al recinto.

Proyecto de Conductos

Proyecto nº: 6 Fecha: 13/01/2024 Referencia:

Descripción: SUMINISTRO-2

Datos generales: **Bocas** Tramos Resumen

Uso: Extracción o Ventilación
 Tipo de Conducto: Chapa Galvanizada
 Marca del tubo Helicoidal: INTERMEDIO
 Marca de las Rejillas: KOOLAIR

Velocidad del Aire en m/s: 10.00
 Caudal Total a Impulsar o Extraer (m³/h): 15209.00
 Pérdida de carga máxima en bocas (mm): 3
 Número total de Curvas: 5
 Acotar Tramos a la Altura de (cm): 60.00
 Porcentaje de desperdicio de Material: 20
 Rendimiento del Ventilador centrífugo (%): 45
 Margen de seguridad del Ventilador (%): 30

Impresión Aceptar Cancelar

Figura 37. Datos generales

Se ingresa en la sección bocas, un total de B7, siendo estos el número de rejillas, mientras que el caudal será de 2159.38

Proyecto de Conductos

Proyecto nº: 6 Fecha: 13/01/2024 Referencia:

Descripción: SUMINISTRO-2

Datos generales: **Bocas** Tramos Resumen

Nombre	Caudal	Longitud
B1	2159.38	0.00
B2	2159.38	0.00
B3	2159.38	0.00
B4	2159.38	0.00
B5	2159.38	0.00
B6	2159.38	0.00
B7	2159.38	0.00

Importar de Aire Acondicionado

Impresión Aceptar Cancelar

Figura 38. Bocas, suministro 2

En la sección tramos ingresa los siguientes parámetros.

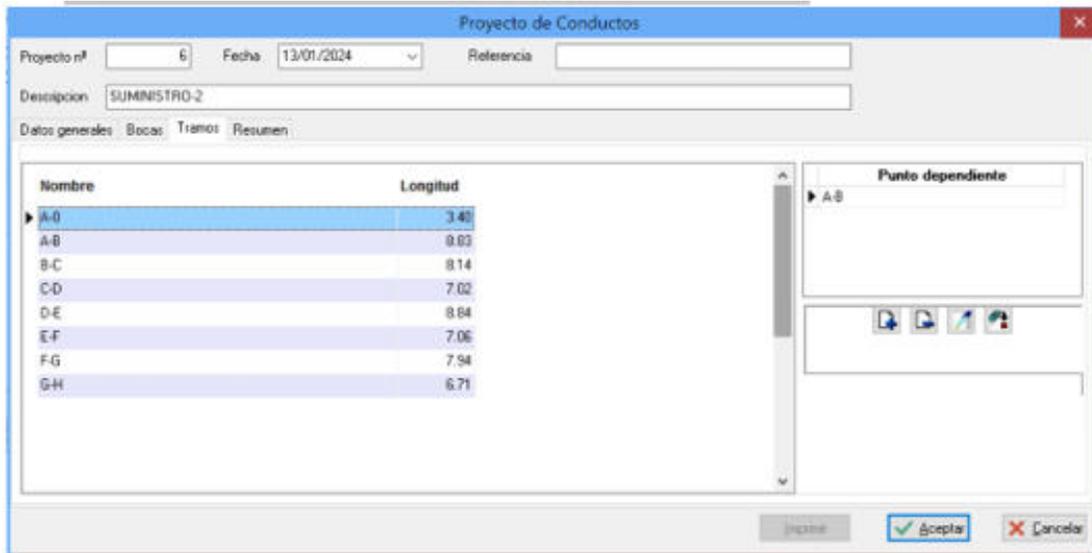


Figura 39. *Tramos suministro 2*

Y finalmente, se seleccionará la sección resumen donde se obtendrá el resultado final, tal y como se muestra en las figuras 40 y 41.

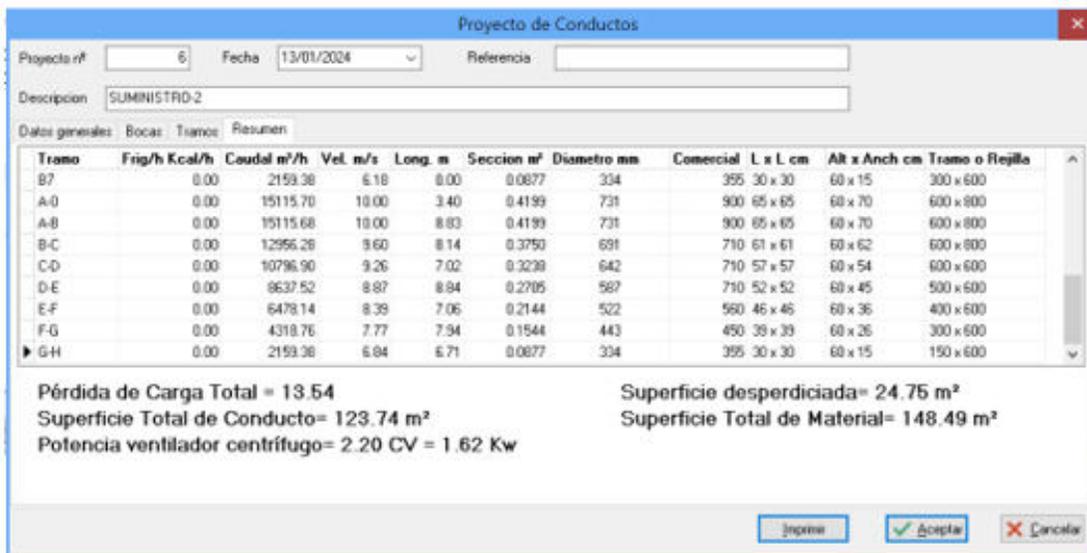


Figura 40. *Resumen suministro 2*

Conductos

Proyecto: SUMINISTRO-2
Conducto: Chapa Galvanizada
Marca: KOOLAIR
Tipo: INTERMEDIO
Velocidad (m/s): 10.00
Altura Acotada (cm): 60.00
Superficie desperdiciada: 24.75 m²
Superficie Total de Material: 148.49 m²

Referencia:
Fecha: 13/01/2024

Caudal (m³/h): 15209.00
Nº de Curvas: 5
Perdida de Carga Total: 13.54 m.m.c.a
Superficie Total de Conducto: 123.74 m²
Potencia ventilador centrifugo: 2.20 CV = 1.62 Kw

Conducto	Carga	Caudal m ³ /h	Velocidad m/s	Longitud m	Seccion m ²	Diametro mm	Diametro Comercial	L x L	Alt x Anch	Rejilla
B1	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B2	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B3	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B4	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B5	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B6	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B7	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
A-0	0.00	15115.70	10.00	3.40	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
A-B	0.00	15115.68	10.00	8.83	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
B-C	0.00	12956.28	9.60	8.14	0.3750	691	710	61 x 61	60 x 62	600 x 800
C-D	0.00	10796.90	9.26	7.02	0.3238	642	710	57 x 57	60 x 54	600 x 600
D-E	0.00	8637.52	8.87	8.84	0.2705	587	710	52 x 52	60 x 45	500 x 600
E-F	0.00	6478.14	8.39	7.06	0.2144	522	560	46 x 46	60 x 36	400 x 600
F-G	0.00	4318.76	7.77	7.94	0.1544	443	450	39 x 39	60 x 26	300 x 600
G-H	0.00	2159.38	6.84	6.71	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	150 x 600

Figura 41. Hoja de datos suministro 2

Cálculo analítico de ductos

Para dimensionar el conducto para el sistema de suministro se emplea el método de ‘Pérdida de Carga Constante’, para ello se utilizará los siguientes datos antes determinados:

$$\text{Caudal} = Q = 15209 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Velocidad} = V = 10 \text{ m/s} = 3.6 \times 10^4 \text{ m/h}$$

Mediante la siguiente figura 42, se posicionará en el eje horizontal el caudal y de manera diagonal la velocidad, obteniendo así la pérdida de presión por rozamiento, obtiene una pérdida aproximadamente 1.22 mmca.

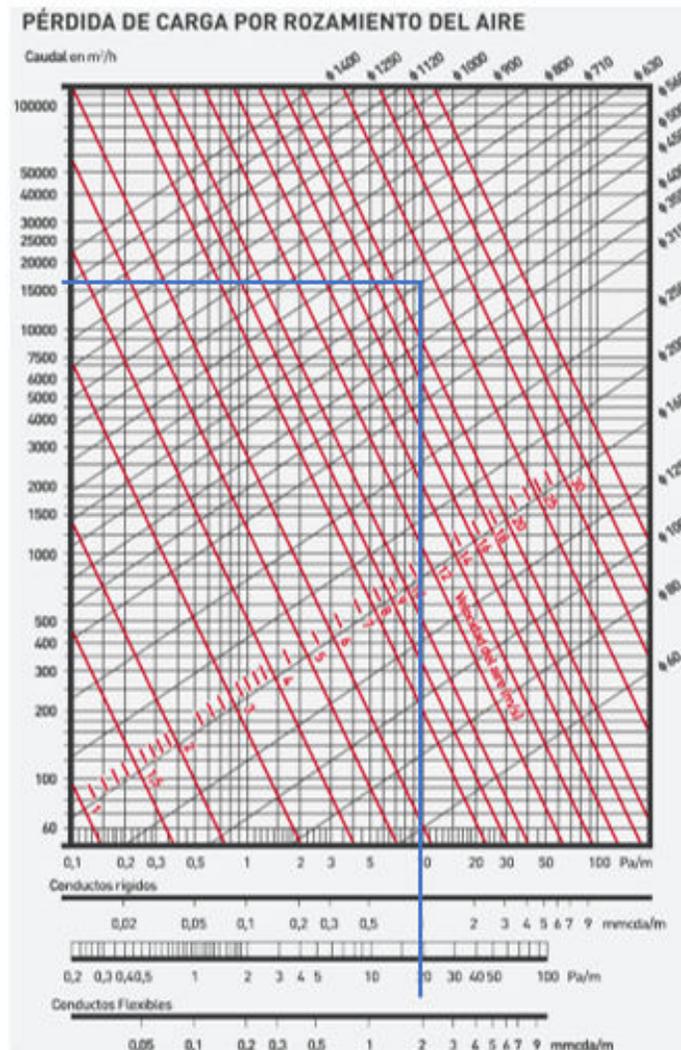


Figura 42. Pérdida de carga por rozamiento

Por consiguiente, se emplea la fórmula que proporciona el diámetro equivalente para cada sección o tramo.

$$D_{\text{conducto}} = \sqrt{\frac{4(Q_{\text{Rejilla}})}{\pi(V)}} \quad (6)$$

Donde:

- D_{conducto} = Diámetro del conducto.
- Q_{Rejilla} = Caudal de salida por rejilla.
- V = Velocidad de aire.

Para este cálculo se procede a restar, con el caudal de salida por cada rejilla, este resultado se reemplazará en la ecuación de diámetro equivalente.

Caudal obtenido por el ventilador.

$$Q_{\text{caudal}} = 8952 \text{ cfm} = 15209 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal por cada rejilla.

$$Q_{\text{caudal}} = \frac{15209 \text{ m}^3/\text{h}}{8}$$

$$Q_{\text{caudal}} = 1901.125 \text{ m}^3/\text{h} = 1118.5 \text{ cfm}$$

Diámetro equivalente.

Es importante mencionar que una vez analizado el tramo inicial, se realizará la resta del caudal total menos el caudal de salida de la rejilla ubicado en cada tramo.

De esta manera, una vez que los datos estén establecidos, se procede a ingresar únicamente el caudal en la ecuación, ya que este representa el inicio del tramo, obteniendo así el siguiente resultado.

$$D_{\text{equi}} = \sqrt{\frac{4(15209 \text{ m}^3/\text{h})}{\pi \times (3.6 \times 10^4 \text{ m}/\text{h})}}$$

$$D_{\text{equi}} = 0.733 \text{ m} = 73.3 \text{ cm}$$

Una vez que se ha calculado el diámetro equivalente, el siguiente paso es localizar este valor en la tabla correspondiente. En la tabla, el alto del rectángulo se encuentra en el eje

vertical, mientras que la base se ubica en el eje horizontal. Esto se ilustra claramente en la figura 43. Este proceso nos permite determinar las dimensiones del conducto adecuado en función del diámetro equivalente obtenido.

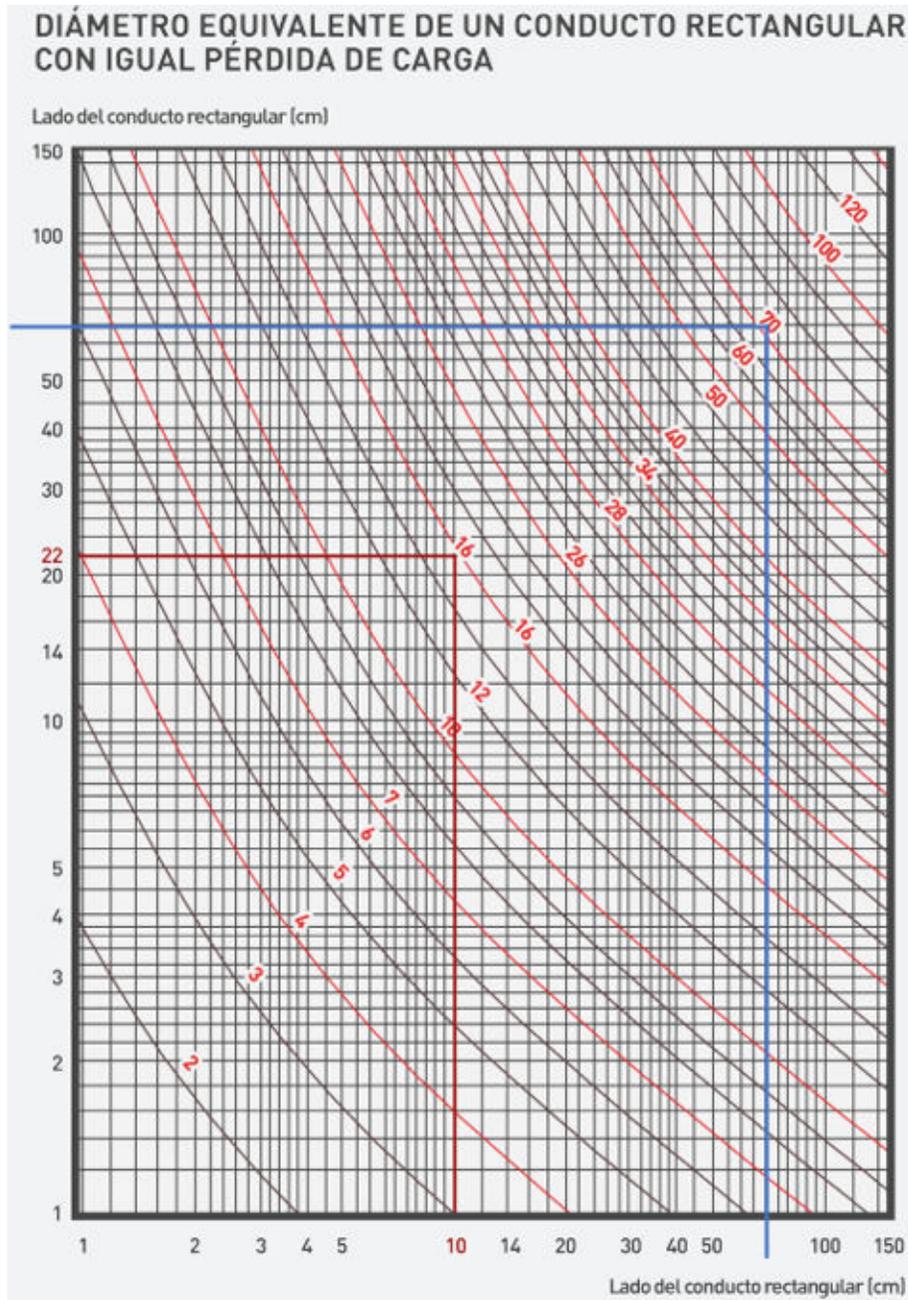


Figura 43. *Diámetro equivalente de un ducto rectangular*

Obteniendo el siguiente resultado. En el eje de las ordenadas se tiene un aproximado de 60 cm, mientras que en el eje de las abscisas entre 75 cm.

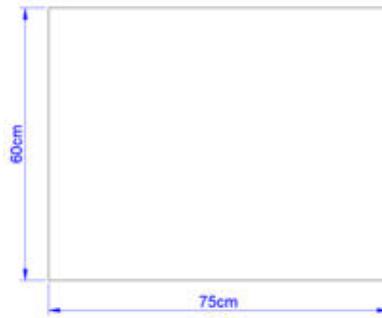


Figura 44. Dimensionamiento rectangular de ducto

Para acelerar y para obtener datos exactos se procede a utilizar el software Duct Sizer, el cual facilita la obtención de medidas para ductos rectangulares.

En la utilización del software, se presentan 4 alternativas para ingresar datos, sin embargo, solo 2 de ellas son aplicables. Como se mencionó anteriormente, para determinar los ductos se utilizará la pérdida de carga constante. Esta pérdida se obtiene ingresando el caudal y la velocidad, lo que resulta en una pérdida específica tal y como se indica en la figura 45.

De esta manera, la pérdida de carga se mantiene constante para el análisis de todo el sistema de ductos, mientras que el caudal varía, ya que se verá afectado por el caudal de cada rejilla presente en el sistema.

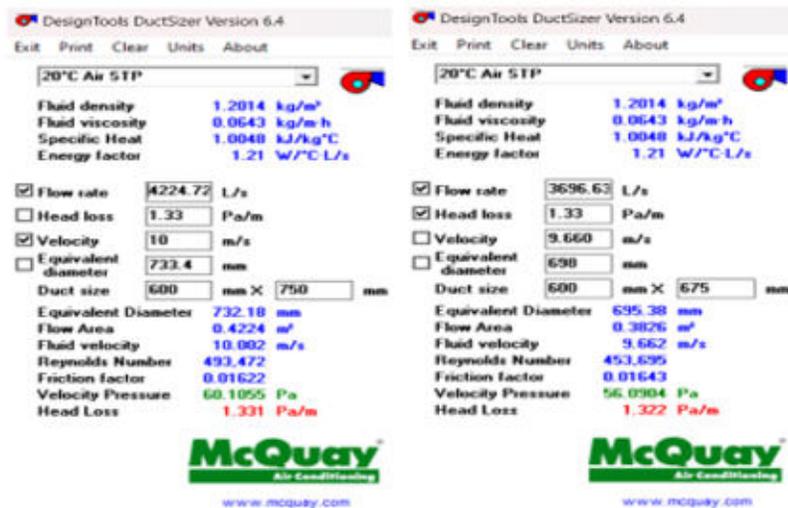


Figura 45. Utilización del software Duct Sizer

De esta manera se procede a realizar una tabla de Excel donde se introducirá los valores obtenidos del software Duct Sizer. A su vez se procede a obtener la perdida de carga que este es producido por la fricción del aire entre los ductos, para ello se ha de multiplicar la distancia

por un factor de pérdida por rozamiento de 1.5 obtenidos así la longitud efectiva, esta será multiplicado por la pérdida adquirida por el software, en este caso 1.33 Pa y finalmente se sumará, obtenido así la pérdida total del sistema de ventilación.

Tabla 19. Dimensionamiento y pérdida presión en el ducto de suministro 1

SISTEMA DE SUMINISTRO- 1													
Tramo Principal	Distancia	Longitud efectiva	Caudal		Rejilla	Ducto		Pérdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente	
	m	m	m ³ /h	L/s	m ³ /h	Alto mm	Ancho mm	Pa	PA* Le	mmcda	m/s	mm	
A1-0	3.4	5.1	15209	4224.722	0	750	600	1.33	6.783	0.691674	10	732	
A-B	8.83	13.245	15209	4224.722	1901.125	750	600	1.33	17.6159	1.796317	10	732	
B-C	8.14	12.21	13307.88	3696.632	1901.125	675	600	1.33	16.2393	1.655948	9.815	695	
C-D	7.02	10.53	11406.75	3168.542	1901.125	600	600	1.33	14.0049	1.428102	9.3	655.9	
D-E	8.85	13.275	9505.625	2640.451	1901.125	525	600	1.33	17.6558	1.800385	8.9	613	
E-F	7.04	10.56	7604.5	2112.361	1901.125	45	600	1.33	14.0448	1.432171	8.5	566.5	
F-G	7.63	11.445	5703.375	1584.271	1901.125	38	600	1.33	15.2219	1.552197	7.8	515	Perdida
G-H	5.49	8.235	3802.25	1056.181	1901.125	28	600	1.33	10.9526	1.116849	7	436	por codo
H-I	6.93	10.395	1901.125	528.0903	1901.125	18	600	1.33	13.8254	1.409793	6	338	6
Total, de pérdida de presión								11.97	126.343	15.88344			3

Mientras que para el suministro 2 se aplicará el mismo procedimiento antes mencionado, a diferencia que se deberá tener en cuenta que son 7 rejillas, por lo tanto, el caudal de salida por rejilla será de 2172.7 m³/h, obteniendo así las siguientes dimensiones para el ducto y su pérdida de presión total, tal y como indica la siguiente tabla.

Tabla 20. Dimensionamiento de ductos de suministro N.º 2

SISTEMA DE SUMINISTRO-2												
Tramo Principal	Distancia	Longitud efectiva	Caudal		Rejilla	Ducto		Perdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente
	m	m	m³/h	L/s	m³/h	Alto mm	Ancho mm	Pa	PA* Le	mmcda	m/s	mm
A1-0	3.4	5.1	15209	4224.722	0	750	600	1.33	6.783	0.691674	10	732
A-B	8.83	13.245	15209	4224.722	2172.714	750	600	1.33	17.6159	1.796317	10	732
B-C	8.14	12.21	13036.29	3621.191	2172.714	675	600	1.33	16.2393	1.655948	9.815	695
C-D	7.02	10.53	10863.57	3017.659	2172.714	575	600	1.33	14.0049	1.428102	9.3	642
D-E	8.85	13.275	8690.858	2414.127	2172.714	500	600	1.33	17.6558	1.800385	8.9	598
E-F	7.04	10.56	6518.144	1810.596	2172.714	400	600	1.33	14.0448	1.432171	8.5	533
F-G	7.94	11.91	4345.43	1207.064	2172.714	300	600	1.33	15.8403	1.615261	7.8	457
G-H	6.71	10.065	2172.716	603.5322	2172.714	175	600	1.33	13.3865	1.365038	7	339
Total, de perdida de presión								10.64	115.57	14.2849		2.5

Sujetadores de ductos.

A continuación, se seleccionará el sistema de sujeción acorde a la necesidad que el área presente. Para este caso se considera el uso de cables tensores. Estos cables son distribuidos como mínimo de 5 a 10 metros de longitud con respecto a cada tramo. [23] Para este caso colocando los tensores cada 5 metros nos da un total de 27 cables que serán distribuidas en todo el techo para el sistema de suministro N.º 1 y mientras que en el sistema N.º 2 serán 25.



Figura 46. Ducto sujetado con tensores

A continuación, se presenta el cálculo y una tabla con las características generales de los cables y accesorios que serán utilizados para la sujeción de los ductos de suministro exhibido el anexo B.

$$V = A \times t \quad (7)$$

$$V = 132.22\text{m}^2 \times 0.00077\text{m}$$

$$V = 0.1018\text{m}^3$$

Donde:

- A : Área total del ducto.
- t : Espesor (plancha).
- V : Volumen.

Calculó del peso del sistema de ductos de suministro

Una vez obtenido se dividirá por 7, valor que se obtiene una vez distribuido los tensores cada 5 m y posteriormente se dividirá para 2 por los tensores que van a cada lado del ducto, así como se indica en la figura 46, obteniendo así el siguiente resultado.

$$d = \frac{m}{V} \quad (8)$$

$$m = d \times V$$

$$m = 7850\text{kg/m}^3 \times 0.1018\text{m}^3$$

$$m = \frac{799.13\text{kg}}{12}$$

$$m = \frac{66.59\text{kg}}{2}$$

$$m = 34\text{kg}$$

Donde:

- d : Densidad del acero galvanizado.
- m : Masa.

Peso del ducto.

$$W = m \times g \quad (9)$$

$$W = 799.13 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 7839.47 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 7839.47 \text{ N}$$

Donde:

- W : Peso.
- g : Gravedad.

Tabla 21. *Materiales para sujeción de ductos.*

Sujeción de ductos de suministro N°1 y N°2				
Material	Dimensiones	Fuerza nominal de ruptura	Cantidad	Precio por unidad \$
Cable 1 X 19 Super Gx Galvanizado	1/8" (3.8mm) 305m	1275kg	3	375.83
Sujetador	GCA-1/8 1/8"		28	1.60

Selección de filtros para el sistema de suministro.

Para la selección de filtros deberá tomar en cuenta disminuir el contenido de polvo y partículas en suspensión presentes en el aire. Para ello, Soler y Palao, (SyP) 22 y 23, brinda una tabla que, según el ambiente, considera la concentración del polvo.

Tabla 22. *Concentración de polvo en determinadas áreas. rm[35]*

Ambiente	Concentración polvo mg/m ³
-Rural	0,04 a 0,045
-Barrio periférico	0,05 a 1
-Ciudad, general	0,5 a 2
-Zona industrial	0,5 a 5
-Calle ciudad	1 a 3
-Fábricas	0,5 a 9
-Fabrill o de minas con mucho polvo	9 a 900

Ya que la unidad educativa se encuentra ubicado en el sector de Barrio periférico, la concentración de polvo según la tabla 17 es de:

Tabla 23. *Tipo de polvo. [35]*

-Polvo de la calle	0,5
-Polvo de voladuras	1,4
-Polvo de fundición	1 ÷ 200
-Corte de granito	1,4
-Neblina	1 ÷ 40
-Cenizas volantes	3 ÷ 70
-Carbón pulverizado	10 ÷ 400

$$\text{Pol} = 1.4 \mu\text{m} + 0.5 \mu\text{m}$$

$$\text{Pol} = 1.9 \mu\text{m}$$

Una vez que se han identificado los niveles de contaminantes en el aire, se procede a seleccionar dos filtros que se colocarán en la entrada de la caja del ventilador del sistema de suministro, tal y como se detalla en la figura 47. Esto se hace con el propósito de garantizar que el aire proporcionado sea cálido y saludable para los usuarios del establecimiento.

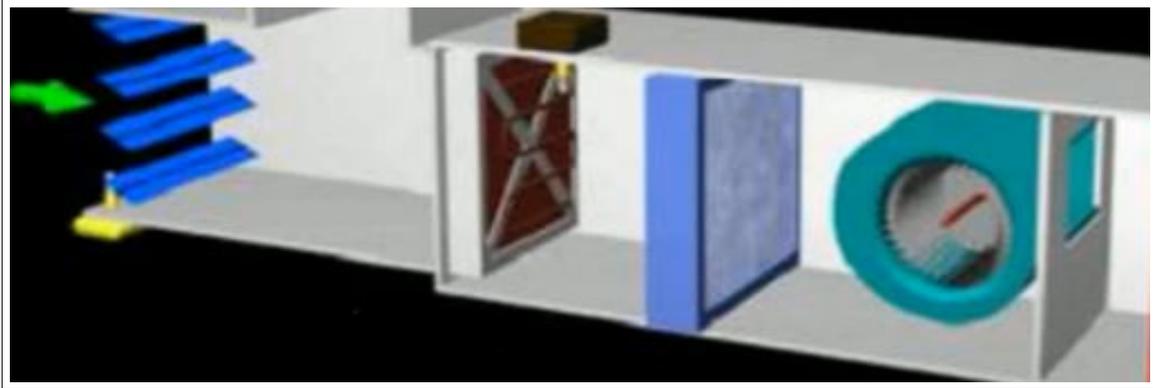


Figura 47. Colocación de filtros en la caja de suministro. [36]

En primer lugar, se emplea un pre-filtro corrugado clasificado como MERV 3, diseñado para retener partículas como insectos y polvo generado por actividades de voladuras y fundición. Además, se utiliza un filtro sintético MERV 7, destinado a capturar partículas como esporas de moho, productos de aerosoles, polvo de cemento y ácaros, así como algunos de sus desechos. Estos filtros son seleccionados específicamente para cumplir con las necesidades de filtración del aire [23], tal y como se detalla a continuación:

Tabla 24. Selección de filtro

Selección de filtros					
Descripción	Cantidad	Perdida de presión	Medidas	Precio por unidad	Modelo
		<i>mmcda</i>	<i>in</i>	<i>\$</i>	
Prefiltros– Filtro corrugado MERV-3	2	25.49	24" x 24" x 2"	45	
Filtro de fibra Sintético Desechable MERV-7	2	45.88	24" x 24" x 2"	50	

Selección de rejillas de suministro.

Para la selección de la rejilla del sistema de suministro, se procede a elegir mediante el catálogo de Air Guzide, que se detalla en la figura 48. Por otro lado, para el segundo sistema de suministro, se hace referencia al anexo A, donde se realiza la selección basándose en el caudal y el nivel de ruido. Es importante destacar que las dimensiones de las rejillas serán adecuadas para cada ducto correspondiente. Obtenido el siguiente resultado en la tabla 25:

Performance Data

Supply Grilles and Registers

MODELS: V, VOB, H, HOB, VME, VMEOB, HME, HMEOB, VH, VHOB, VHME, VHMEOB, HV, HVOB, HVME, HVMEOB, VML, VMLME, HML, HMLME

Listed Duct Size (inches)	Alternate Size (inches)	Core Area (sq. ft.)	Ak Factor	Core Velocity VP	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	
					.006	.010	.016	.022	.031	.040	.062	.090	.122	
14 x 14	16 x 12 20 x 10 24 x 8 34 x 6	1.24	.84 .73 .64	CFM	372	496	620	744	868	992	1240	1488	1736	
				NC	—	10	17	22	27	31	37	43	48	
				T	0°	11-18-33	16-25-39	20-29-42	24-33-47	27-36-51	31-39-54	35-42-60	39-47-66	41-51-71
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-23-34	19-26-38	22-29-41	25-31-43	28-34-48	31-38-53	33-41-57	
18 x 12	16 x 14 22 x 10 28 x 8 38 x 6	1.37	.93 .81 .71	CFM	411	548	685	822	959	1096	1370	1644	1918	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	11-18-33	16-25-39	20-30-43	24-33-47	28-36-51	32-39-54	35-43-61	39-47-67	41-51-72
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-24-34	19-26-38	22-29-41	26-31-43	28-34-49	31-38-54	33-41-58	
24 x 10	20 x 12 30 x 8	1.52	1.03 .90 .78	CFM	456	608	760	912	1064	1216	1520	1824	2128	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-19-35	16-25-41	21-32-45	25-35-50	29-38-53	34-41-57	37-45-64	41-50-70	43-53-76
				22 1/2°	10-15-28	13-20-33	17-26-36	20-28-40	23-30-42	27-33-46	30-36-51	33-40-56	34-42-61	
16 x 16	18 x 14 22 x 12 30 x 8	1.64	1.12 .97 .84	CFM	492	656	820	984	1148	1312	1640	1968	2296	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-20-37	17-26-42	22-32-47	26-37-51	31-40-56	35-42-59	39-47-67	42-51-73	46-56-79
				22 1/2°	10-16-30	14-21-34	18-26-38	21-30-41	25-32-45	28-34-47	31-38-54	34-41-58	37-45-63	
24 x 12	18 x 16 20 x 14 30 x 10 36 x 8	1.85	1.26 1.09 .95	CFM	555	740	925	1110	1295	1480	1850	2220	2590	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	12-20-38	18-27-44	22-33-48	27-38-54	32-40-58	36-44-62	40-48-69	44-54-76	48-58-82
				22 1/2°	10-16-30	14-22-35	18-26-38	22-30-43	26-32-46	29-35-50	32-38-55	35-43-61	38-46-66	
18 x 18	20 x 16 24 x 14 28 x 12 32 x 10	2.10	1.43 1.24 1.08	CFM	630	840	1050	1260	1470	1680	2100	2520	2940	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	13-21-40	19-29-47	24-36-52	29-40-57	33-43-62	38-47-66	42-52-74	47-57-81	50-62-87
				22 1/2°	10-17-32	15-23-38	19-29-42	23-32-46	26-34-50	30-38-53	34-42-59	38-46-65	40-50-70	
30 x 12	20 x 18 22 x 16 26 x 14 36 x 10	2.32	1.58 1.37 1.19	CFM	696	928	1160	1392	1624	1856	2320	2784	3248	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-23-43	21-31-50	26-39-56	31-43-61	36-47-67	41-50-71	46-56-79	50-61-86	54-67-94
				22 1/2°	11-18-34	17-25-40	21-31-45	25-34-49	29-38-54	33-40-57	32-45-63	40-49-69	43-54-75	
30 x 12	20 x 18 22 x 16 26 x 14 36 x 10	2.32	1.58 1.37 1.19	CFM	696	928	1160	1392	1624	1856	2320	2784	3248	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-23-43	21-31-50	26-39-56	31-43-61	36-47-67	41-50-71	46-56-79	50-61-86	54-67-94
				22 1/2°	11-18-34	17-25-40	21-31-45	25-34-49	29-38-54	33-40-57	32-45-63	40-49-69	43-54-75	

Figura 48. Selección de rejilla N°1. [37]

Tabla 25. *Características de la rejilla*

Características de rejilla – Suministro							
Sistema de ventilación	Marca	Medidas	Caudal	Ruido	Perdida de presión		Pérdida total del sistema
		in	CFM	NC	w. g	mmcda	mmcda
Suministro N°1	Air	20x18	1160	20	.072	1.826	14.608
	Guide	22x16					
		26x14					
		36x10					
Suministro N°2	Air	20x20	1279	22	.072	1.826	12.74
	Guide	20x18					

Selección de ventilador de suministro

Perdida de presión

Para la correcta selección de un ventilador se procede a obtener la pérdida de presión, que no es más que la suma de las pérdidas de presión por accesorios del sistema de ventilación, tal y como se detalla a continuación en la tabla 26.

Tabla 26. *Perdida de presión total de suministro*

Perdida de presión.		
Sistema	Suministro N°1	Suministro N°2
Medida	Mmcda	mmcda
Ductos y codos	15.03	13.5
Rejilla.	14.6	12.74
Filtro.	71.37	71.37
Total.	101	97.6

Una vez que se tiene el caudal y la pérdida de presión, se procede a buscar en el catálogo

de (SyP) seleccionando principalmente por la pérdida. El valor seleccionado debe ser igual o mayor que la pérdida obtenida.

Finalmente, estos datos se establecerán en la curva característica, donde el eje de las abscisas representa el caudal de 15209 m³/h y el eje de las ordenadas representa 101.6 mmcda. De esta manera, se obtiene un ventilador con las siguientes características:

$$\text{Clase} = 1$$

$$\text{BHP} = 7.47$$

$$\text{Eficiencia energética} = 79\%$$

En este caso se selecciona el Ventilador Centrífugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados, descrito en el anexo D, este ventilador sin duda alguna se aproxima al caudal y pérdida de presión antes analizado.

Tabla 27. Características del ventilador BDB 630.

Ventilador Centrífugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados	
Caudal	15209 m ³ /h
Medidas	1157mm x 998mm x 900mm
Pérdida de presión	1001.6 mmcda
Ruido	76.05 dBA
Peso	183 kg
Área de salida	0.640m ²
Clase	1
BHP	8.5
RPM	1274

Este ventilador será utilizado en el sistema de suministro 1 y 2 porque la diferencia de pérdida de presión es mínima. A continuación, se visualiza, mediante las figuras 49, el ventilador seleccionado para el sistema de ventilación de suministro.

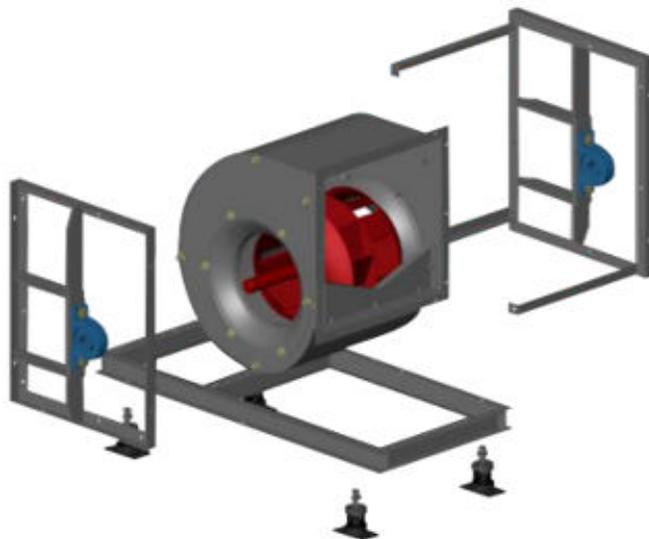
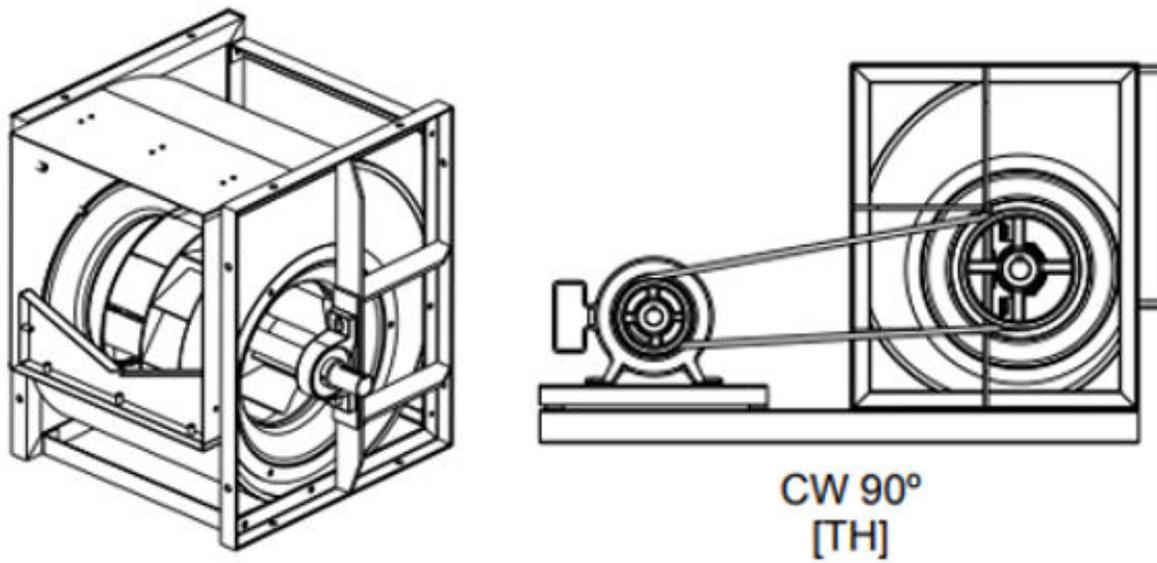


Figura 49. Ventilador BDB 360. [38]

Base para el ventilador y filtro.

La propuesta de diseño, se emplea un ángulo de L25x3 mm. Con este material, se construye un sólido marco con las respectivas dimensiones y detalles que se indica en el anexo “Diseño a detalle”.

5.4.2. Sistema de extracción

Para el desarrollo del sistema de extracción, se toman en cuenta los mismos datos que fueron determinados durante el análisis del sistema de suministro, como el caudal y velocidad.

Esquemas de distribución de rejillas y conducto

A continuación, en la figura 50 se puede apreciar el sistema de distribución de rejillas acorde a la inclinación de salida de 45° , el diámetro que este acoge y su respectiva distribución de ductos.

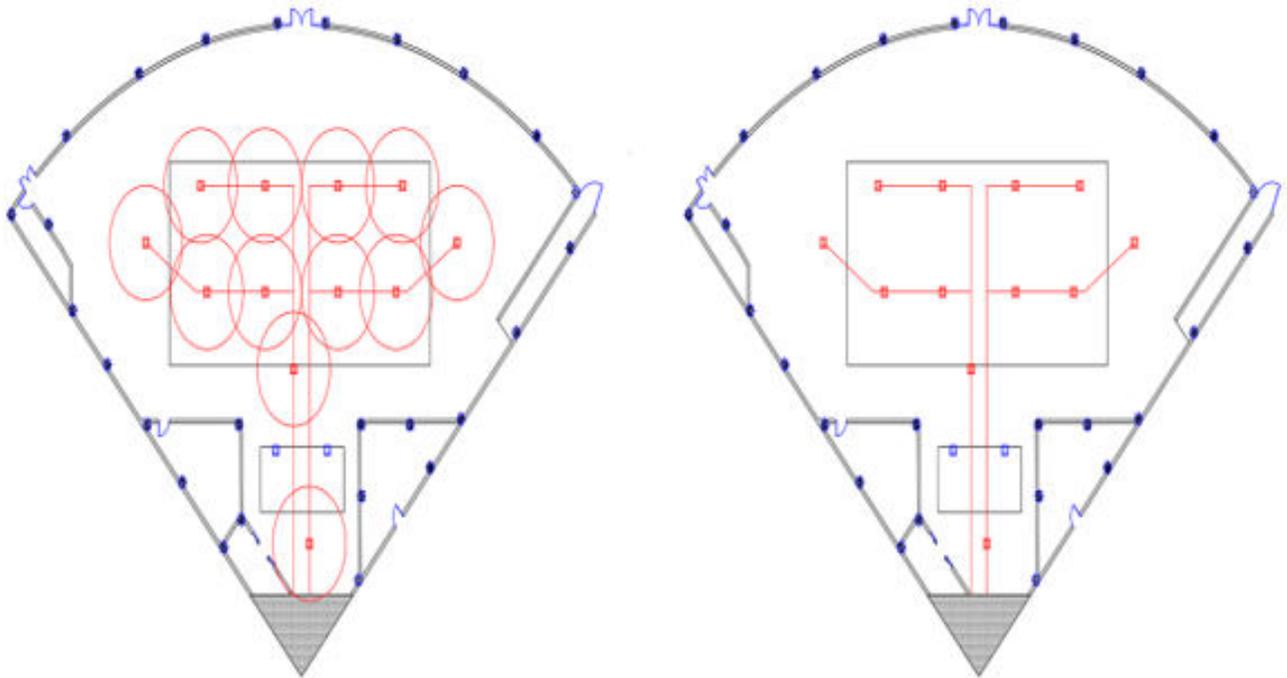


Figura 50. *Sistema de extracción*

Cálculo de ductos de extracción N° 1.

Cálculo de ductos por Software “Insta Win”.

Como ya se describió en el apartado sistemas de suministro, se llevará el mismo procedimiento para todo el análisis de ductos de extracción N°1 y N°2, claro que se tendrá que considerar los siguientes parámetros del sistema detallados en la figura 51.

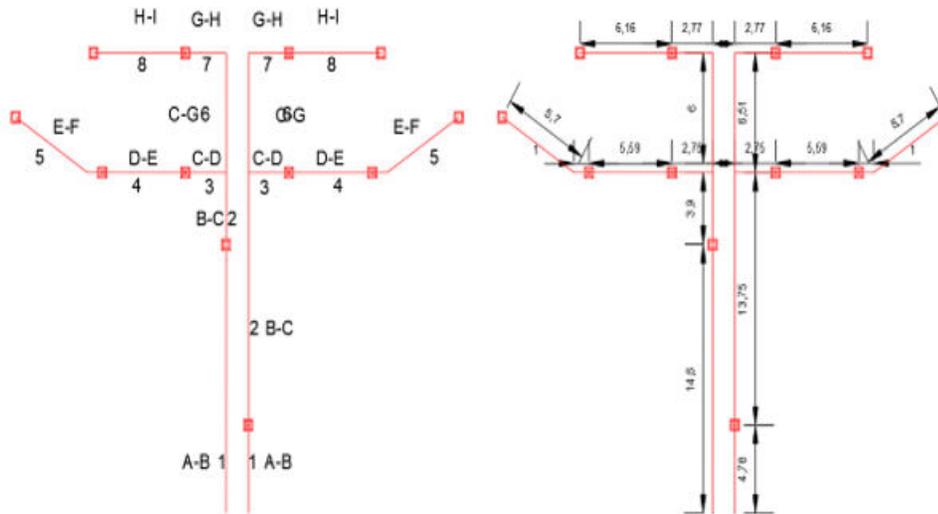


Figura 51. Sistema de extracción N°1

A continuación se visualiza la hoja de resultados del sistema de extracción N°1.

Proyecto: EXTRACCION-1 Conducto: Chapa Galvanizada Marca: KOOLAIR Tipo: INTERMEDIO Velocidad (m/s): 10.00 Altura Acotada (cm): 60.00 Superficie desperdiciada: 21.18 m ² Superficie Total de Material: 127.09 m ²		Referencia: Fecha: 13/01/2024								
		Caudal (m³/h): 15209.00 Nº de Curvas: 5 Perdida de Carga Total: 10.95 m.m.c.a Superficie Total de Conducto: 105.91 m ² Potencia ventilador centrifugo: 1.78 CV = 1.31 Kw								
Conducto	Carga	Caudal m ³ /h	Velocidad m/s	Longitud m	Seccion m ²	Diametro mm	Diametro Comercial	L x L	Alt x Anch	Rejilla
B1	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B2	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B3	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B4	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B5	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B6	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
A-0	0.00	15115.60	10.00	3.40	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
A-B	0.00	15115.57	10.00	4.78	0.4199	731	900	65 x 65	60 x 70	600 x 800
B-C	0.00	12596.35	9.55	13.75	0.3666	683	710	61 x 61	60 x 61	600 x 800
C-D	0.00	5038.54	8.00	2.75	0.1749	472	560	42 x 42	60 x 29	300 x 600
D-E	0.00	5038.54	8.00	5.59	0.1749	472	560	42 x 42	60 x 29	300 x 600
E-F	0.00	2519.27	7.03	6.69	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	200 x 600
C-G	0.00	5038.54	8.00	6.51	0.1749	472	560	42 x 42	60 x 29	300 x 600
G-H	0.00	5038.54	8.00	2.77	0.1749	472	560	42 x 42	60 x 29	300 x 600
H-I	0.00	2519.27	7.03	6.16	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	200 x 600

Figura 52. Hoja de resultado de extracción N°1

Extracción 2.

Se procede a realizar una esquematización del sistema N°2.

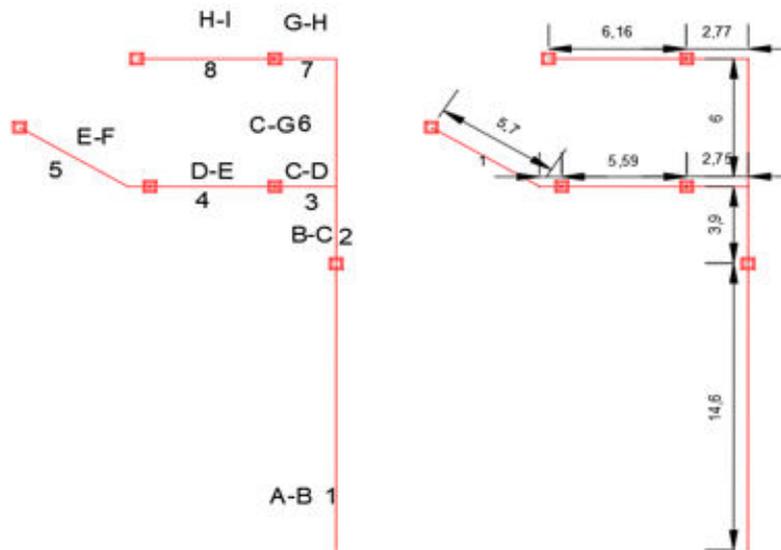


Figura 53. Sistema de extracción N°2

La determinación de este sistema es igual al sistema de suministro N°1 antes mencionado, a diferencia que en este sistema se cuenta con una de las rejillas B-C 2 desplazadas, como lo indica las siguientes figura 53.

Visualización de la hoja de resultados del sistema de extracción 2.

Conductos

Conducto	Carga	Caudal m³/h	Velocidad m/s	Longitud m	Sección m²	Diámetro mm	Diámetro Comercial	L x L	Alt x Anch	Rejilla
B1	0.00	2519.27	7.03	0.00	0.0995	356	450	32 x 32	60 x 17	
B2	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B3	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B4	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B5	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
B6	0.00	2159.38	6.18	0.00	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	300 x 600
A-0	0.00	13316.20	9.65	3.40	0.3833	699	710	62 x 62	60 x 64	600 x 800
A-B	0.00	13316.17	9.65	14.60	0.3833	699	710	62 x 62	60 x 64	600 x 800
B-C	0.00	10796.90	9.26	3.93	0.3238	642	710	57 x 57	60 x 54	600 x 600
C-D	0.00	4318.76	7.77	2.75	0.1544	443	450	39 x 39	60 x 26	300 x 600
D-E	0.00	4318.76	7.77	5.59	0.1544	443	450	39 x 39	60 x 26	300 x 600
E-F	0.00	2159.38	6.84	6.69	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	150 x 600
C-G	0.00	4318.76	7.77	6.51	0.1544	443	450	39 x 39	60 x 26	300 x 600
G-H	0.00	4318.76	7.77	2.77	0.1544	443	450	39 x 39	60 x 26	300 x 600
H-I	0.00	2159.38	6.84	6.16	0.0877	334	355	30 x 30	60 x 15	150 x 600

Figura 54. Hoja de resultados N°2

Cálculo analítico de ductos.

Para realizar este cálculo, se procede al mismo procedimiento utilizado en el sistema de suministro, obteniendo de esta manera los resultados correspondientes.

Tabla 28. Datos de entrada

Datos del sistema de extracción.	
Caudal obtenido por el ventilador.	$15209 \frac{m^3}{h} = 8952cfm$
Caudal por cada rejilla.	$2534.833 \frac{m^3}{h} = 1491.946 cfm$
Velocidad	$10 \frac{m}{s} = 3.6 \times 10^4 \frac{m}{h}$

Una vez establecido los datos se procede a ingresar en la ecuación antes mencionada para determinar el diámetro equivalente. Y posteriormente utilizar el software Duct Sizer. Obteniendo los siguientes resultados tanto para el sistema de extracción N°1 y N°2 detallados por la tabla 29 y 30.

Tabla 29. Resultados de extracción N°1

SISTEMA DE EXTRACCION- Tramo principal													
Tramo Principal	Distancia	Longitud efectiva	Caudal		Rejilla		Ducto		Perdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente
	m	m	m³/h	L/s	m³/h	Alto mm	Ancho mm	Pa/m	Pa*Le	mmcda	m/s	mm	
A1-O	3.4	5.1	15209	4224.7222	0	750	600	1.33	6.783	0.69167351	10	732.18	
A-B	4.78	7.17	15209	4224.7222	2534.8	750	600	1.33	9.5361	0.97241158	10	732.18	
B-C	13.75	20.625	12674.2	3520.6111	2534.8	650	600	1.33	27.43125	2.79720904	9.5	682.54	
C-G	6.51	9.765	10139.4	2816.5	2534.8	550	600	1.33	12.98745	1.32435133	9	627	
Total, de perdida de presión								5.32	56.7378	5.78564545			
											Perdida de total (Pa*Le)	Perdida de presión en total (mmcda)	
											104.538	11.1004675	
SISTEMA DE EXTRACCION- Tramo secundario													
Tramo Secundario	Distancia	longitud efectiva	Caudal		Ducto		Perdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente		
	m	m	m³/h	L/s	Alto mm	Ancho mm	Pa/m	Pa*Le	mmcda	m/s	mm	Perdida por codo	
C-D	2.75	4.125	2534.8	704.11111	200	600	1.33	5.48625	0.55944181	6.5	365.31	5	
D-E	5.59	8.385	2534.8	704.11111	200	600	1.33	11.1521	1.13719262	6.5	365.31	1	
E-F	6.69	10.035	2534.8	704.11111	200	600	1.33	13.3466	1.36096934	6.5	365.31		
G-H	2.77	4.155	2534.8	704.11111	200	600	1.33	5.52615	0.56351048	6.5	365.31		
H-I	6.16	9.24	2534.8	704.11111	200	600	1.33	12.2892	1.25314965	6.5	365.31		
Total, de perdida de presión							6.65	47.8002	4.31482209				

Mientras que para la extracción N°2 se aplicará el mismo procedimiento de extracción N°1 antes mencionado, dado que los sistemas son simétricos.

Tabla 30. Resultado de extracción N°2

SISTEMA DE EXTRACCION 2- Tramo principal													
Tramo Principal	Distancia	Longitud efectiva	Caudal		Rejilla	Ducto		Perdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente	
	m	m	m³/h	L/s	m³/h	Alto mm	Ancho mm	Pa	Pa*Le	mmcda	m/s	mm	
A1-O	3.4	5.1	15209	4224.7222	0	750	600	1.33	6.783	0.69167351	10	732.18	
A-B	14.6	21.9	15209	4224.7222	2534.8	750	600	1.33	29.127	2.97012741	10	732.18	
B-C	3.93	5.895	12674.2	3520.6111	2534.8	650	600	1.33	7.84035	0.7994932	9.5	682.54	
C-G	6.51	9.765	10139.4	2816.5	2534.8	550	600	1.33	12.98745	1.32435133	9	627	
Total, de perdida de presión								5.32	56.7378	5.78564545			
											Perdida de presión total (Pa*Le)	Perdida de presión total (mmcda)	
											104.538	11.1004675	

SISTEMA DE EXTRACCION 2- Tramo secundario												
Tramo Secundario	Distancia	longitud efectiva	Caudal		Ducto		Perdida de presión			Velocidad	Diámetro equivalente	
	m	m	m³/h	L/s	Alto mm	Ancho mm	Pa	Pa*Le	mmcda	m/s	mm	
C-D	2.75	4.125	2558.8	710.77778	200	600	1.33	5.48625	0.55944181	6.5	365.31	
D-E	5.59	8.385	2558.8	710.77778	200	600	1.33	11.1521	1.13719262	6.5	365.31	
E-F	6.69	10.035	2558.8	710.77778	200	600	1.33	13.3466	1.36096934	6.5	365.31	
G-H	2.77	4.155	2558.8	710.77778	200	600	1.33	5.52615	0.56351048	6.5	365.31	
H-I	6.16	9.24	2558.8	710.77778	200	600	1.33	12.2892	1.25314965	6.5	365.31	
Total, de perdida de presión								6.65	47.8002	5.31482209		
											Perdida por codo	5
												1

Sujetadores de ductos.

El sistema para la sujeción del sistema más eficiente para techos muy altos son el uso de los cables tensores debido a que son fáciles de ajustar y fijar los ductos.

Tabla 31. Datos de entrada sujetadores

Datos para la determinación del sistema de tensión	
Ducto	Resultado.
Volumen	$V = 0.114m^3$
Masa del sistema	$m = 895kg$
	$m/7=127/2kg=64kg$
Peso.	$w = 7839.47N$
Ruido	85 dB

A continuación, se presenta una tabla de datos establecidos de acuerdo con su distribución en el sistema de extracción.

Tabla 32. *Materiales para sujeción de ductos de extracción 1 y 2*

Sujeción de ductos de extracción N°1 y N°2				
Material	Dimensiones	Fuerza nominal de ruptura	Cantidad	Precio por unidad \$
Cable 1 X 19 Super Gx Galvanizado	1/8" (3.8mm) 305m	1275kg	3	375.83
Tensor de gancho y ojo (tipo comercial)	1/4"x 3''	100kg	32	4.30
Guardacabos o dedales estándar para cables	GCA-1/8 1/8''		32	1.60
Perros tráfico liviano (maleables din 741)	GMD-1/8 1/8''		64	1.80

Selección de Rejilla.

De manera similar al sistema de suministro sección rejilla, se sigue el mismo procedimiento para la extracción del sistema. Se seleccionan las rejillas utilizando el catálogo Air Guide, tal y como se detalla en el anexo A, manteniendo coherencia con el caudal y número de ruido, como se detalla en el apartado correspondiente.

Tabla 33. *Datos de la rejilla*

Características de rejilla – extracción							
Sistema de ventilación	Marca	Medidas	Caudal	Ruido	Perdida de Presión		Pérdida total del sistema
		in	CFM	NC	w. g	mmca	mmca
Suministro N°1	Air Guide	24x16 32x12	1500	25	.103	2.6	15.6
Suministro N°2	Air Guide	24x16 32x12	1500	25	.103	2.6	15.6

Selección del ventilador de extracción

Perdida de presión.

La pérdida de presión se encuentra presente en todo el sistema de ventilación tanto en accesorios como en el direccionamiento de ductos detallados a continuación.

Tabla 34. *Perdida de presión*

Sistema	Perdida de presión	
	Secciónes Nº1	Secciónes Nº2
Módulo	sección	sección
Revoluciones	26.55	26.55
Rugosidad	15.0	15.0
Total	26.55	26.55

Selección de ventilador

Al tener el caudal y la pérdida de presión, se procede a la selección del ventilador mediante el catálogo (SyP) y finalmente se establecerá estos datos en la curva característica detallada en el anexo B, orientado en el eje de las abscisas con un caudal de 15209 m³/h y en el eje de las ordenadas 26.55 mmcda, obteniendo así:

$$\text{Clase} = 1$$

$$\text{BHP} = 7.47$$

$$\text{Eficiencia energética} = 76\%$$

En este caso se selecciona el Ventilador Centrífugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados, descrito en el anexo D, este ventilador sin duda alguna se aproxima al caudal y pérdida de presión antes analizado.

Tabla 35. Características del ventilador BDB 630.

Ventilador Centrifugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados	
Caudal	15209 m^3/h
Medidas	1157mm x 998mm x 900mm
Perdida de presión	1001.6 mmca
Ruido	76.05 dBA
Peso	183 kg
Área de salida	0.640 m^2
Clase	1
BHP	8.5
RPM	1274

Este ventilador será utilizado en el sistema de extracción 1 y 2 debido a que tiene la misma pérdida de presión. A continuación, se visualiza mediante la figura 55 el ventilador seleccionado para el sistema de ventilación de extracción.

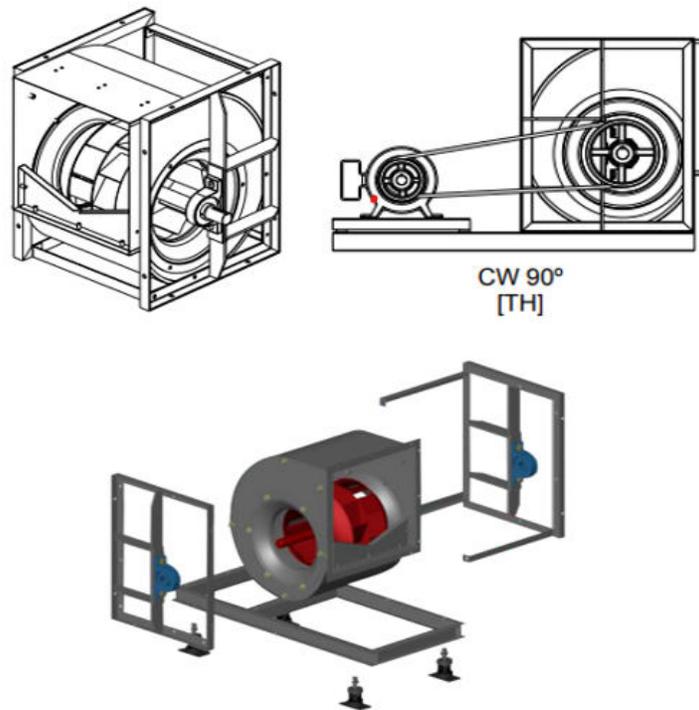


Figura 55. Ventilador Centrifugo de Doble Aspiración Alabes Atrasados. [38]

5.5. Modelado con software

Utilizando el software ANSYS Discovery, ingresamos datos para configurar tanto el sistema de suministro como el de extracción. En este proceso, establecemos la presión, que debe ser uniforme en los 4 sistemas, ya que no se tienen en cuenta los filtros en este caso. Esta etapa nos permite visualizar cómo el flujo de aire se distribuye adecuadamente por todo el recinto, alcanzando incluso las esquinas más alejadas.

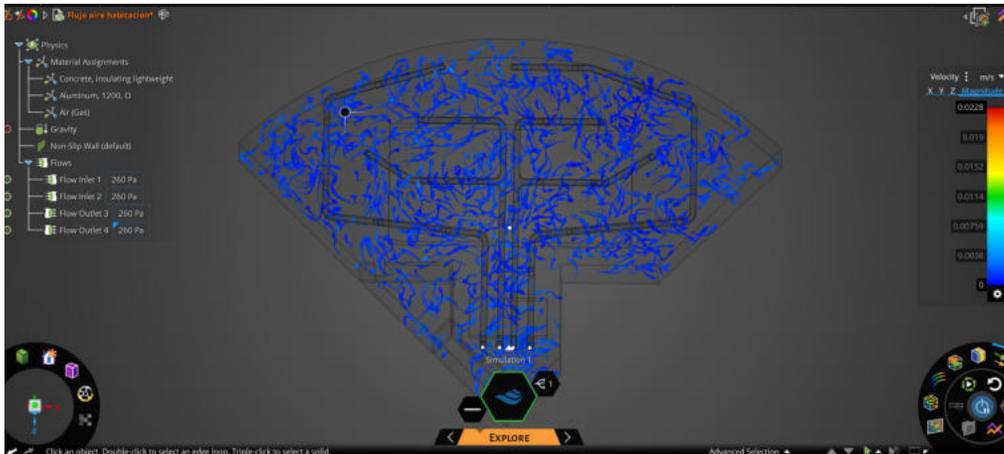


Figura 56. Ingreso de flujo

En este apartado se aprecia la presión ingresada, siendo en este caso 27.56 mmcd, este valor será transformado a pascales obteniendo un valor de 260 Pa. También se aprecia la velocidad que este tiene en todo el sistema, pero en dirección x, donde una vez estabilizada se obtiene una velocidad de 0.0132 m/s siendo este muy favorable en el recinto.

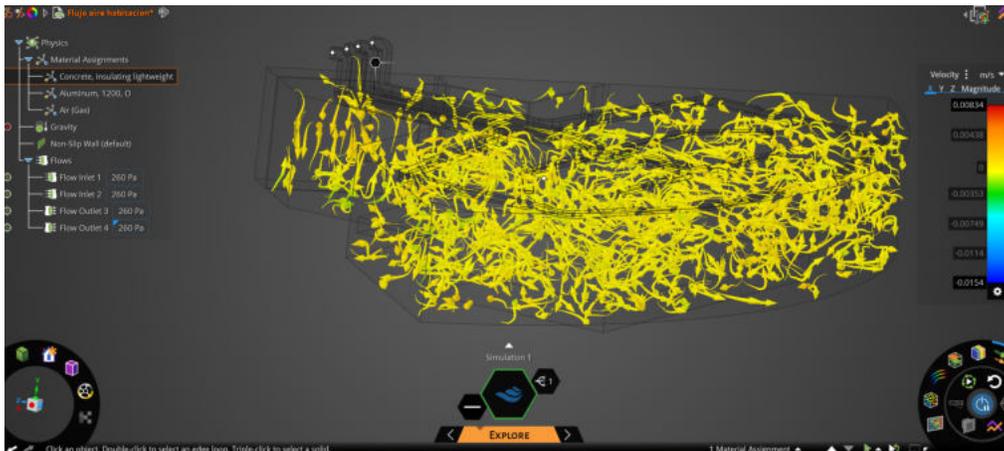


Figura 57. Vista de flujo de aire en el eje x

De la misma forma obtenemos la siguiente velocidad con respecto al eje “Y”, con una velocidad de 0.0136 m/s, tal y como se indica en la figura.

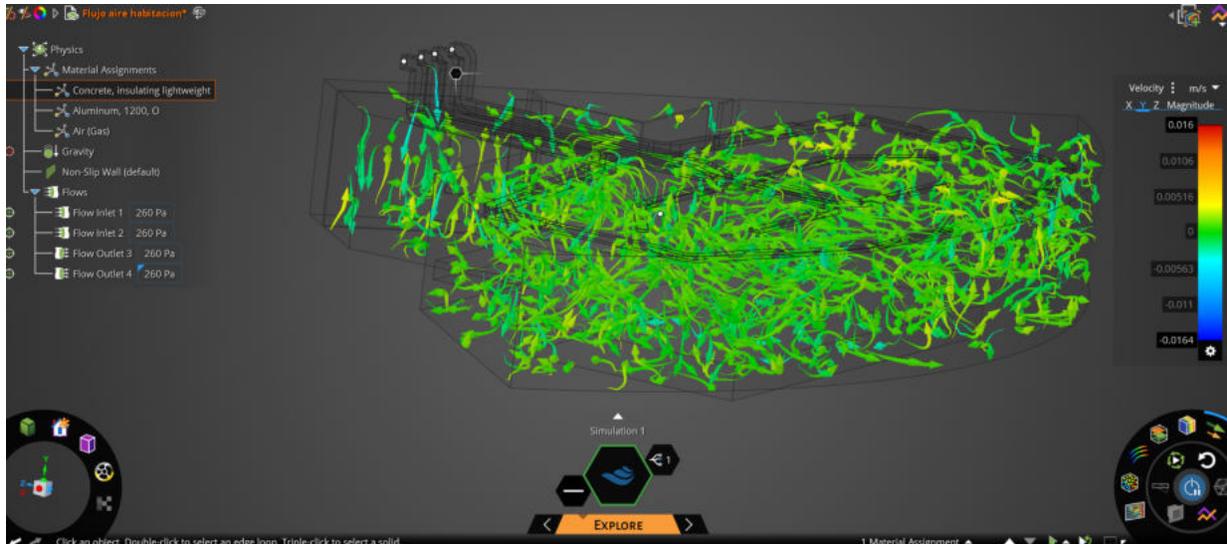


Figura 58. Vista de flujo de aire en el eje Y

Por último se procede a determinar en el eje “Z”, la velocidad es de 0.0161 m/s siendo esto un aire en el entorno muy impercible y a la vez cálido.

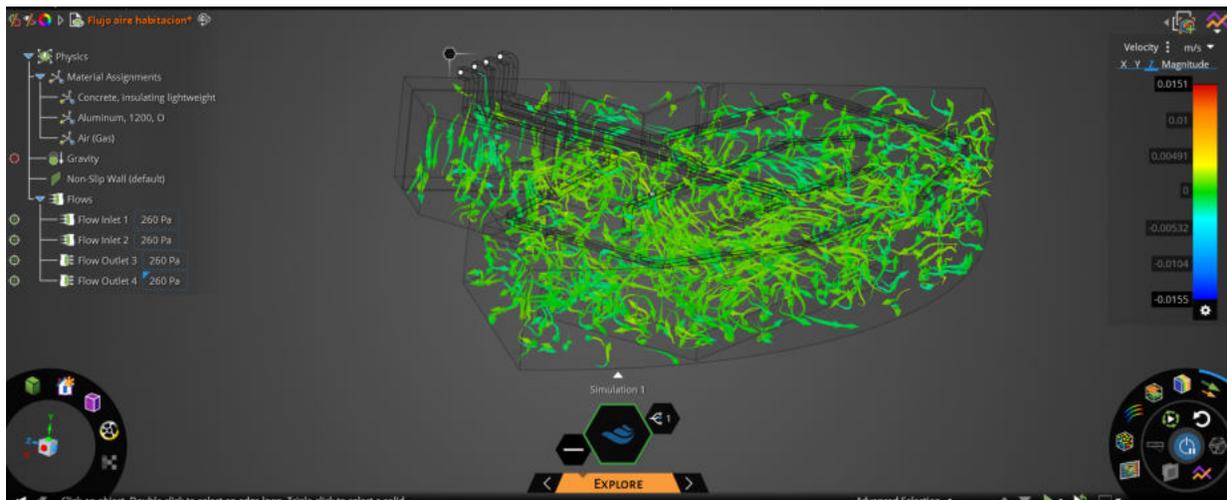


Figura 59. Vista de flujo de aire en el eje Z

Para finalizar se observa que el caudal de aire se encuentra cubriendo en todo el recinto de manera laminar y a su vez este recirculando con dirección así el centro, siendo este extraído por el sistema.

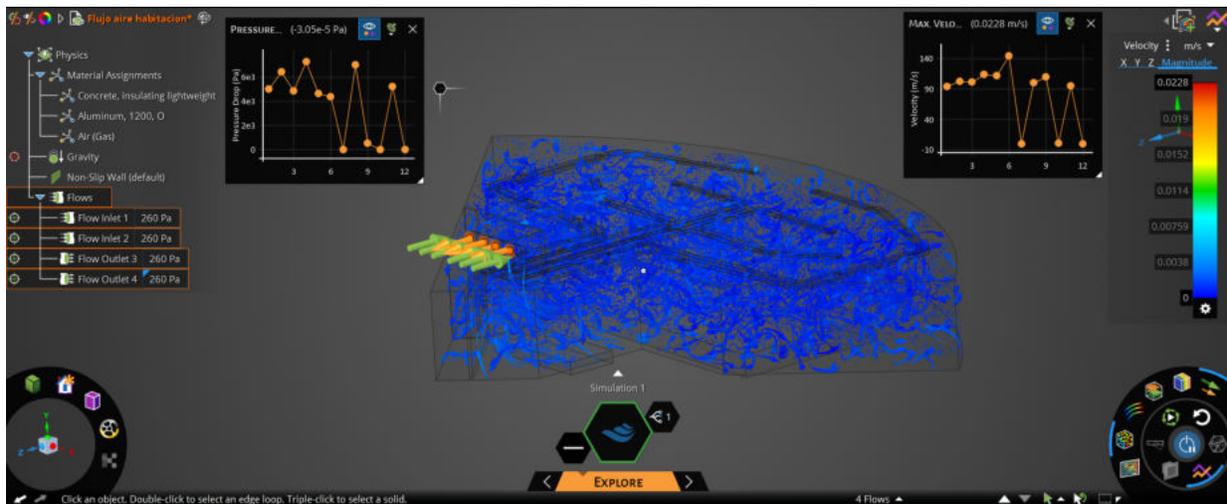


Figura 60. Vista de flujo de aire en todo el recinto

6. Diseño del sistema Eléctrico y control

Para el sistema de control, se establecen dos modos de encendido y apagado. Uno de ellos es automático, con una activación programada cada 3 veces por hora para este análisis. Además, se considera la posibilidad de encender y apagar el sistema manualmente mediante breker, lo que permite un control más directo del sistema según sea necesario.

A continuación, se detallan los componentes eléctricos necesarios para el sistema de fuerza, entre los que se incluyen protectores o interruptores automáticos, guardamotores y relés térmicos. Mientras que para el sistema de mando, se requiere un contactor, breker, y para cumplir con un ciclo cíclico específico, se ha incorporado un temporizador.

Tabla 36. *Componentes eléctricos*

Componentes eléctricos			
	Descripción	Cantidad	Precio unidad \$
Breker	Interruptor circuito de 3 polos Merlin Gerin K32a Multi9 32A 400V	4	29.4
Guarda motor	GV2ME32 24-32A Motor Disyuntor Serie GV2M	4	38.99
Relés térmicos			
Contactador	Contactador Siemens Schütz 3TF2001-0AP0 CA 230V/277V 50Hz/60Hz 3 polos	4	30
Temporizador	Timer Temporizador Programable Digital 110v Salida Tipo Relé	2	20
Cable #10	Cable Flexible THHN Cablec Rollo Rojo #10 AWG - 100m	2	85.50
Cable #12	Cable Flexible THHN Cablec Calibre 12AWG 100m Blanco	2	51.50

Considerando una carga de 9 kW para el motor a diferentes niveles, mediante el software Cade Simu se diseñó el circuito eléctrico de fuerza y control para asegurar que los elementos seleccionados sean capaces de soportar esta demanda.

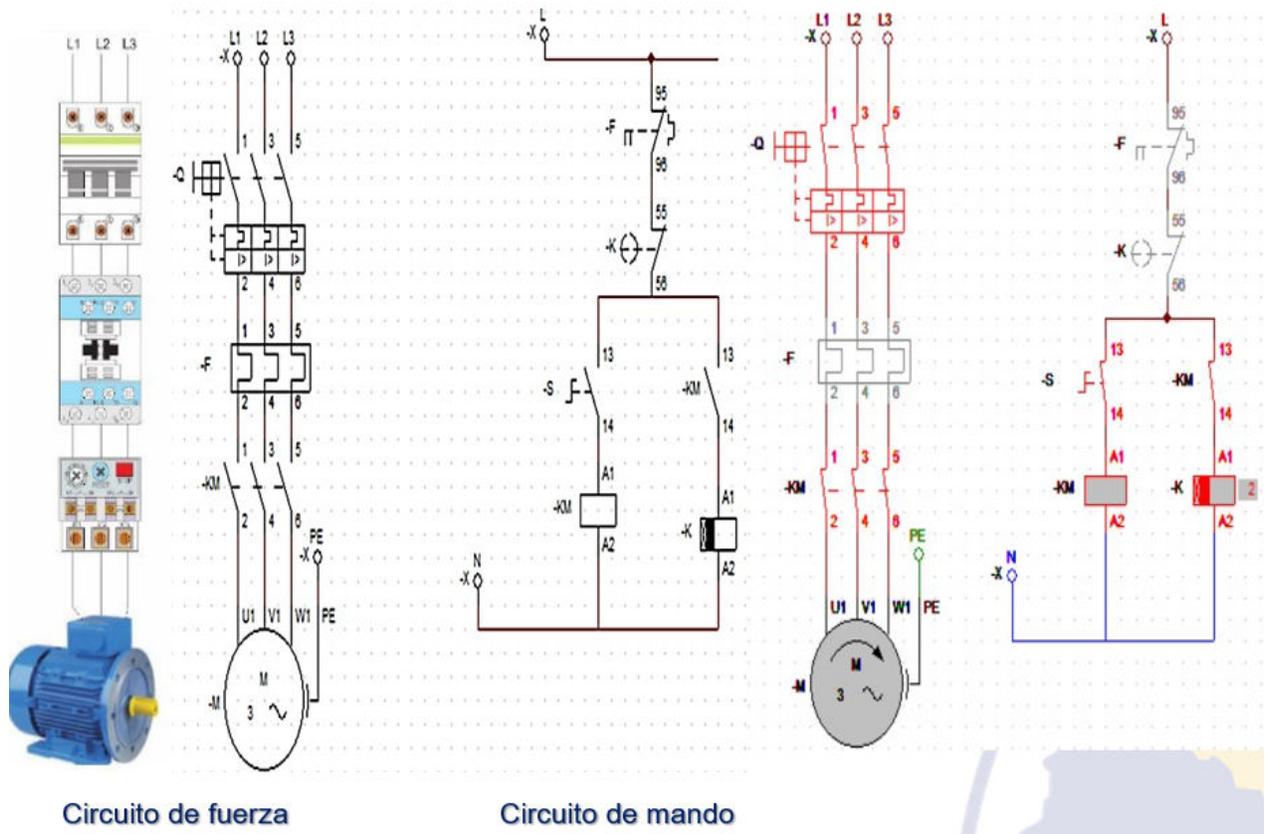


Figura 61. Diagrama del circuito eléctrico

7. Diseño a detalle

En esta sección se presenta una descripción detallada del sistema de ventilación mecánica, tanto de extracción como de suministro, a través de un dibujo técnico exhaustivo. Se destacan los principales componentes del sistema, los cuales se encuentran detallados en el anexo F: “Diseño a detalle”.

8. Análisis técnico financiero

El análisis de precios unitarios abarca la siguiente metodología detallado a continuación.



Figura 62. Metodología de precios unitarios

Después de obtener las dimensiones exactas y materiales para cada componente del sistema propuesto, se procederá en la elaboración de un detallado diagrama de proceso, que se encuentra detallado en el Anexo E “Diagrama de consistencia financiero”. Este diagrama abarca todos los aspectos del sistema de ventilación, proporcionando una representación gráfica y detallada de cómo se integran y funcionan los diferentes elementos del sistema. Esto permitirá una comprensión completa y visual del diseño, lo que facilita la implementación y la identificación de posibles mejoras o ajustes necesarios en el sistema de ventilación.

Este análisis exhaustivo se centra en tres subsistemas clave: suministro, extracción y control eléctrico en un sistema de ventilación. En el subsistema de suministro, se seleccionan cuidadosamente materiales como el ventilador, filtros, rejillas, accesorios de sujeción y ductos. El sistema de extracción sigue un proceso similar, pero sin la elección de filtros. El tercer subsistema aborda la instalación eléctrica, desde los motores hasta el tablero de control. En esta fase del proyecto, también se tienen en cuenta las horas dedicadas al diseño, que incluyen la creación de planos y la preparación de la documentación técnica. Este aspecto subraya la importancia de no solo desarrollar el concepto del sistema de ventilación, sino también de documentar y formalizar el diseño a través de planos detallados y documentación técnica exhaustiva. El tiempo invertido en esta tarea contribuye a la claridad y comprensión del diseño, facilitando la implementación y proporcionando una base sólida para futuras fases del proyecto.

De este modo obtenemos un precio por cada subsistema, así como se detalla a continuación mediante las siguientes figuras.

PROYECTO: Diseño de un sistema de ventilacion mecanica para la edificacion de las piscinas de la unidad educativa Tecnico Salesiano.
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: Cesar Patricio Vizñay Tuza

PROYECTO: Diseño de un sistema de ventilacion mecanica para la edificacion de las piscinas de la unidad educativa Tecnico Salesiano.

ITEM: 1

DESCRIPCION: Sistema de suministro

UNIDAD: u

EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)	3%MO			28,77
Mancarga	1	25,00	40	1000,00
Tecla	1	1,25	80	100,00
				0,00
			PARCIAL M	1028,77

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO U	COSTO TOTAL C=A*B
Ducto de tcol galvanizada 0.7mm din aislamiento con soporte y aditamientos	kg	1570,00	6,25	9812,50
Cable 1/8- 1 X 19 Super Gx Galvanizado- rollo de 300m	u	2,00	375,83	751,66
Brida (Perro) – tráfico liviano GMD-1/8	u	80,00	1,8	144,00
Ventilador centrifujo de doble aspiracion BDB- 630	u	2,00	3067,88	6135,76
FILTROS				
Filtros M6 de 24" x 24" x 2"	u	2,00	45	90,00
Filtros M7 de 24" x 24" x 2"	u	2,00	50	100,00
Rejillas				
Rejilla Air Guide 20" x 18"	u	8,00	19,75	158,00
Rejilla Air Guide 20" x 20"	u	7,00	22	154,00
				0,00
				0,00
			PARCIAL N	17345,92

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Camion Translado de ductos	u	1	200,00	1	200,00
					0,00
				PARCIAL O	200,00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Ayudante mecanico 1	1	3,22	80	257,60
Ingeniero Mecanico	1	4,67	80	373,60
Ayudante mecanico 1	1	3,22	80	257,60
Ingeniero Mecanico	1	4,67	15	70,05
			PARCIAL P	958,85

TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				19533,54
INDIRECTOS Y UTILIDAD			15,00%	2930,03
COSTO TOTAL DEL RUBRO				
VALOR PROPUESTO				22463,57

Figura 63. Hoja de costo del sistema de suministro

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE:

Patricio Vizñay

PROYECTO: Diseño de un sistema de ventilación mecánica para la edificación de las piscinas de la unidad educativa Técnico Salesiano.

ITEM:

2

DESCRIPCION:

Sistema de extraccion.

UNIDAD:

u

EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc)	3%MO			28,77
			PARCIAL M	28,77

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIU	COSTO TOTAL C=A*B
Ducto de tool galvanizada 0.7mm din aislamiento con soporte y aditamentos	kg	1790	6,25	11187,50
Cable 1 X 19 Super Gx Galvanizado	u	2,00	375,85	751,70
Brida (Perro) – tráfico liviano GMD-1/8	u	32,00	1,6	51,20
Ventilador centrífugo de doble aspiracion BDB- 630	u	2,00	3067,88	6135,76
Rjilla Air Guide 24" x 116"	u	12,00	25	300,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
			PARCIAL N	18426,16

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0,00
				PARCIAL O	0,00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Ayudante mecanico 1	1	3,22	80	257,60
Ayudante mecanico 1	1	3,22	80	257,60
Ingeniero Mecanico	1	4,67	80	373,60
Ingeniero Mecanico- Diseño	1	4,67	15	70,05
			PARCIAL P	958,85

TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				19413,78
INDIRECTOS Y UTILIDAD			20,00%	3882,76
COSTO TOTAL DEL RUBRO				
VALOR PROPUESTO				23296,53

Figura 64. Hoja de costo del sistema de extracción

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: **Patricio Vizhñay**
 Tecnico Salesiano.
ITEM: **3**
DESCRIPCION: **Sistema electrico**
UNIDAD:

EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)	3%MO			0,00
			PARCIAL M	0,00

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO U	COSTO TOTAL C=A*B
Interruptor circuito de 3 polos Merlin Gerin K32a Multi9 32A 400V		1	4,00	29,4
GV2ME32 24-32A Motor Disyuntor Serie GV2M		1	4,00	38,99
Contacto Siemens Schütz 3TF2001-0AP0 CA 230V/277V 50Hz/60Hz 3 polos		1	4,00	30
Timer Temporizador Programable Digital 110v Salida Tipo Relé		1	2,00	20
Cable Flexible THHN Cablec Rollo Rojo #10 AWG - 100m		1	2,00	85,5
Tablero electrico		1	4,00	60
Cable Flexible THHN Cablec Calibre 12AWG 100m Blanco		1	2,00	51,5
			PARCIAL N	947,56

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0,00
				PARCIAL O	0,00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Ingeniero Mecanico				0,00
Ayudante mecanico 1				0,00
				0,00
			PARCIAL P	0,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)				947,56
INDIRECTOS Y UTILIDAD			15,00%	142,13
COSTO TOTAL DEL RUBRO				
VALOR PROPUESTO				1089,69

Figura 65. Hoja de costo del sistema eléctrico

Finalmente, se establece un precio total del diseño e implantación del sistema de ventilación mecánica para la edificación de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.

ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES					
PROYECTO: Diseño de un sistema de ventilacion mecanica para la edificacion de las piscinas de la unidad educativa Tecnico Salesiano.					
Fecha:					
N°	Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Sistema de suministro	u	1	22463,57	22463,57
2	Sistema de extraccion.	u	1	23296,53	23296,53
3	Sistema electrico	u	1	1089,69	1089,69
4		0,00 u		0,00	0,00
TOTAL					46849,79



.....
Responsable: Patricio Vizhñay

Figura 66. Costo total del sistema de ventilación

9. Análisis de Resultados

9.1. Resultados del diagnóstico actual

El análisis de la situación inicial del interior del recinto de las piscinas se pudo identificar que el sistema de ventilación que se tiene actualmente es deficiente, teniendo como única ventilación dos puertas, lo que provoca que tenga un alto índice de condensación, afectando la salud de los usuarios y causando corrección y deterioramiento de la infraestructura, todo esto presenta la siguiente tabla 37.

Tabla 37. *Variables iniciales*

Variables iniciales.		
Temperatura.	Piscina pequeña	28°C – 30°C
	Piscina grande	26°C – 28°C
Periodo de uso	Mañana y tarde.	7:00am a 12am y 13:00pm a 16:00pm
N° de personas	Graderíos	350 personas
	Piscinas	En la grande 26 y en la pequeña 10
Humedad actual	Recinto	80%
Tipos de ventilación	Puertas	4
Temperatura actual	Todo el recinto	Entre 22°C a 24°C

A continuación, se observa el gran deterioramiento de la infraestructura y el complejo mantenimiento que se lleva a cabo. La evidencia contundente de una condensación excesiva ha ocasionado la corrosión en los pasamanos, a pesar de su composición de acero galvanizado. Este fenómeno subraya claramente la problemática existente en el recinto.



Figura 67. *Corrosión en pasamanos.*

La acumulación de condensación ha ocasionado la corrosión en las planchas del techo, generando un flujo de agua que desciende por la infraestructura y afecta las paredes, comprometiendo la integridad de la mampostería.



Figura 68. *Condensación en el techo y mampostería.*

9.2. Resultado del diseño del sistema

Caudal

Además, es crucial considerar el elevado índice de mantenimiento requerido para todo el recinto, abarcando desde la limpieza de los pasamanos y la pintura de la infraestructura y mampostería, hasta el desmontaje de las planchas del techo. Este aspecto subraya la importancia de abordar la condensación y la corrosión de manera integral para reducir la carga de trabajo y garantizar la seguridad a largo plazo. Finalmente, el caudal para sistema de ventilación es de 30231.27 m³/h dicho valor será dividido para dos tanto para el sistema de suministro y de extracción, por el motivo que al momento de seleccionar el ventilador será de dimensiones muy grandes y su peso será muy elevado, también el dimensionamiento de ductos será muy grande dificultando su construcción y montaje de este.

Tabla 38. Selección del sistema por el caudal, 30231.27 m³/h

Caudal a 30231.27m ³ /h		
	Peso	Medidas (mm)
Ventilador centrífugo en línea transmisión polea-banda, CLT-42	330 kg (725 Lb)	1473 x 1368 x 1473
Dimensionamiento de ducto	Material	1500 x 1000
	Plancha galvanizada 1 mm	

Una vez dividido dicho valor, se obtiene que el caudal es de 15209 m³/h, disminuyendo así notablemente el peso y dimensionamiento de ductos.

Tabla 39. Caudal dividido entre dos

Caudal a 15209m ³ /h		
	Peso	Medidas (mm)
Ventilador centrífugo de doble aspiración álabes atrasados, BDB-630	183 kg (403 Lbs)	1157 x 998x 1902
Dimensionamiento de ducto	Material	750x600
	Plancha galvanizada 0.70mm	

Distribución de ductos

Aplicando dos métodos de análisis para ductos: de forma analítica y mediante el software Insta Win, se determinó que las diferencias en los valores obtenidos, como la pérdida de presión, el diámetro equivalente, la velocidad y las dimensiones de los ductos, son muy similares, con una variación de aproximadamente el 1 por ciento. Mediante el análisis analítico se determinó los siguientes, tomando como dato el primer tramo del sistema, así como lo indica la tabla 40

Tabla 40. *Método analítico para ductos.*

Método analítico					
	Pérdida de presión mmca	Velocidad m/s	Diámetro equivalente	Dimensión ducto mm	
				Inicio	Final
Suministro 1	15.88	10	732.10	600 x 750	600 x 180
Suministró 2	14.28	10	732.14	600 x 750	600 x 170
Extracción 1	11.10	10	732.18	600 x 750	600 x 200
Extracción 2	11.10	10	732.18	600 x 750	600 x 200

Del software Insta Win, obtenemos los siguientes datos del primer tramo del sistema de ventilación, como se indica a continuación:

Tabla 41. *Método software Insta Win para ductos*

Software Insta Win					
	Pérdida de presión mmca	Velocidad m/s	Diámetro equivalente	Dimensión ducto mm	
				Inicio	Final
Suministro 1	15.03	10	731	600 x 700	600 x 130
Suministró 2	13.54	10	731	600 x 700	600 x 150
Extracción 1	10.95	10	739	600 x 700	600 x 170
Extracción 2	10.95	10	699	600 x 700	600 x 150

Selección de sujetadores para ducto

Tras analizar los distintos métodos de sujeción de ductos, se optó por emplear sujetadores. Estos serán instalados cada 5 metros en los conductos. Tras determinar con precisión que el peso del conducto es de 34 kg por cada 5 metros, se eligió el cable de 1/8" (3.8 mm) de 305 m debido a su capacidad nominal de ruptura de 100 kg, junto con sujetadores de la misma medida.

Nivel de ruido

Se consideran las pautas de la OMS sobre el ruido: máximo de 55 dB al aire libre y 85 dB con un límite de 8 horas diarias. Por lo tanto, la institución educativa debe mantenerse dentro de este límite.

Selección de filtro

Se utilizarán dos categorías de filtros: un prefiltro corrugado MERV 4 para retener partículas como insectos y polvo grueso, y un filtro sintético MERV 7 para capturar partículas más finas como polvo, ácaros y sus desechos.

Selección de rejillas

Mediante el catálogo AIR GUIDE se selecciona las rejillas según su caudal de salida y nivel de ruido, siendo estas las más óptimas y eficientes para cada sistema de extracción y suministro, tal y como se indica a continuación:

Tabla 42. Rejillas

Características de rejilla – Suministro							
Sistema de ventilación	Marca	Medidas	Caudal	Ruido	Pérdida de presión		Pérdida total del sistema
		in	CFM	NC	w. g	mmcda	mmcda
Suministro N°1	Air Guide	20x18	1160	20	.072	1.826	14.608
Suministro N°2	Air Guide	20x20	1279	22	.072	1.826	12.74

Características de rejilla – extracción							
Sistema de ventilación	Marca	Medidas	Caudal	Ruido	Pérdida de Presión		Pérdida total del sistema
		in	CFM	NC	w. g	mmcda	mmcda
Suministro N°1	Air Guide	24x16	1500	25	.103	2.6	15.6
Suministro N°2	Air Guide	24x16	1500	25	.103	2.6	15.6

Selección del ventilador

El cálculo preciso de la pérdida de presión y el caudal total es fundamental al elegir un ventilador adecuado. Al notar un caudal significativo, se sugiere dividirlo en dos para reducir el tamaño del ventilador y los ductos, facilitando su implementación. Se selecciona un ventilador que cumpla con el caudal determinado, manteniéndolo constante para todos los sistemas, variando solo por la presión. Además, se elige un solo modelo de ventilador para cada sistema, dado que la variación de presión es mínima para el suministro y equivalente para la extracción.

9.3. Resultado de la simulación en el software Ansys Discovery

Se determinó y seleccionó que el diseño integral del sistema de ventilación se realizará utilizando el software Insta Win, reconocido por su capacidad para proporcionar datos precisos y confiables. La simulación realizada mediante el software ANSYS Discovery ha confirmado la funcionalidad y eficiencia del sistema de ventilación mecánica. Al ingresar la presión, el software simula un caudal de entrada que, al salir por las rejillas, se dispersa en el recinto en forma de flujo turbulento. Sin embargo, en cuestión de segundos, este flujo se estabiliza y se convierte en un flujo laminar constante. La velocidad de recorrido en todo el recinto se mantiene constante en 0.0208 m/s. Esta velocidad se considera como una brisa imprescindible, pero significativa para garantizar un ambiente adecuadamente ventilado, tal y como se indica en la siguiente figura 69.

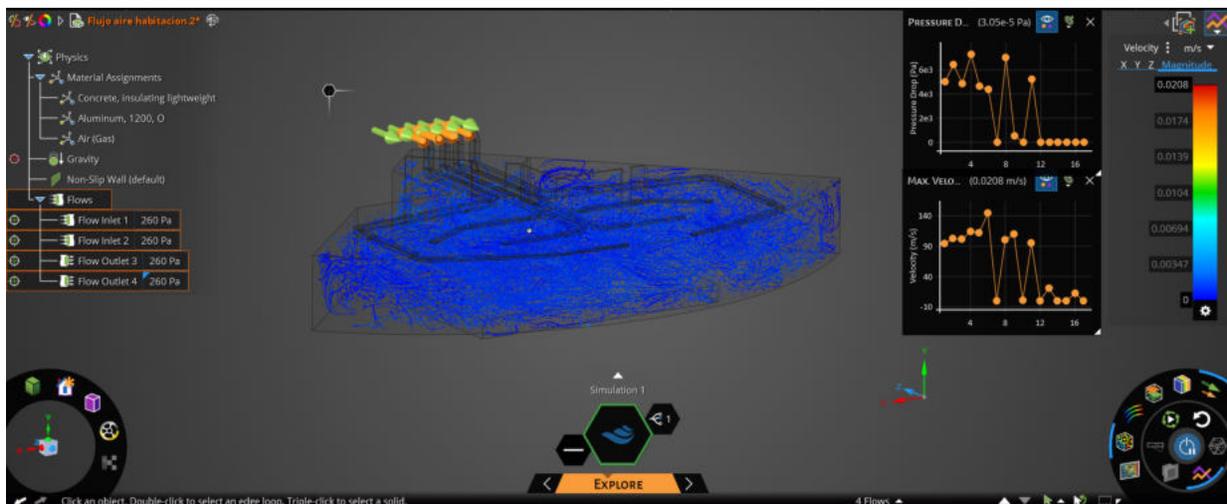


Figura 69. Simulación Ansys Discovery

9.4. Análisis de costo - Precio unitario

En el análisis de costos, se ha definido que la aplicación del método de precios unitarios para desglosar y cuantificar los costos asociados a la implementación se considera altamente eficaz. Este método ha facilitado la obtención de un costo preciso para el diseño e implementación

del sistema.

Este costo se determinó mediante cada uno de los 3 subsistemas: extracción, suministro y eléctrico y control. De este modo mediante cada subsistema se a considerado la mano de obra, herramientas, material, transporte y una utilidad, obteniendo así una estimación precisa del costo total a la implementación del proyecto de ventilación mecánica para la edificación de las piscinas de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.

ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES					
PROYECTO: Diseño de un sistema de ventilacion mecanica para la edificacion de las piscinas de la unidad educativa Tecnico Salesiano.					
Fecha:					
N°	Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Sistema de suministro	u	1	22463,57	22463,57
2	Sistema de extraccion.	u	1	23296,53	23296,53
3	Sistema electrico	u	1	1089,69	1089,69
4		0,00 u		0,00	0,00
TOTAL					46849,79



Responsable: Patricio Vizñay

Figura 70. Costo total

En este análisis de resultados, se destaca que, aunque los sistemas de ventilación mecánica pueden implicar un costo inicialmente elevado, su adopción es crucial. Estos sistemas no solo protegen la salud y bienestar del personal, sino que también previenen daños a la infraestructura. Por lo tanto, la inversión se justifica como una compensación valiosa a largo plazo, asegurando la seguridad y preservación de los recursos humanos y la infraestructura.

10. Conclusiones

- El sistema de ventilación actual permite condensación del vapor de agua, siendo este perjudicial para el personal y causa corrosión y deterioro en la infraestructura.
- Es factible lograr un ambiente cálido y confortable mediante un sistema de ventilación forzada. Este éxito se fundamenta en considerar el caudal integral del recinto, la elección precisa de rejillas de 20in x 20in, así como la implementación de filtros MERV 3 y 7. La utilización de dos ventiladores centrífugos de doble aspiración alavés atrasados, para el sistema de suministro y extracción, demuestra ser una estrategia eficaz. Además, el respaldo de herramientas como Instawin y Ductor Zicer para llevar a cabo los cálculos contribuye a la eficiencia y precisión del sistema.
- En este punto del proceso, los sistemas pueden presentar un costo aparentemente elevado. Sin embargo, es crucial destacar que estos no solo protegen la salud y bienestar del personal que trabaja en el recinto, sino que también previenen posibles daños significativos en la infraestructura. En este sentido, la inversión en un sistema de ventilación mecánica no solo se justifica, sino que tranquilamente se convierte en una compensación valiosa a largo plazo. La seguridad y preservación de los recursos humanos y la infraestructura justifican de manera contundente la adopción de este sistema.

11. Recomendaciones

- Para un diseño adecuado, es crucial analizar las condiciones iniciales del sistema de forma estructural con la finalidad de garantizar la robustez y eficiencia del diseño, proporcionando una base sólida para su implementación y funcionamiento óptimo a largo plazo.
- Es esencial identificar los valores comerciales tras los cálculos realizados, asegurando así que el sistema pueda ser instalado eficientemente. Esta etapa garantiza la viabilidad económica del proyecto y facilita su implementación en la práctica.
- Durante la instalación, es crucial asegurar que el sistema se instale conforme al diseño y modelado previamente establecidos, garantizando así que las características planificadas se mantengan intactas. Esto asegura la eficacia y el rendimiento óptimo del sistema.

Referencias

- [1] Google Maps, *Ubicación del Instituto Técnico Salesiano*. Disponible en: [https:// uets.edu.ec/ mapas- de-ubicacion/](https://uets.edu.ec/mapas-de-ubicacion/) ; Accedido el: 8 de febrero del 2024, 2024.
- [2] Khan Academy, *El calor en la termodinámica*. Disponible en: [https://es.khanacademy.org/ science/ ap-chemistry/ thermodynamics-ap/ internal-energy- tutorial- ap/ a/heat](https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/thermodynamics-ap/internal-energy-tutorial-ap/a/heat) ; Accedido el: 5 de enero del 2024, 2024.
- [3] WikipediaLa, *Transferencia de calor por convección*. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/> ; Accedido el: 30 de enero del 2024, 2024.
- [4] Camaraza, Yanan, *Transferencia de calor por conducción*. Disponible en: [https://www.eae-publishing.com/catalog/details //store /es /book /978-620-2-12655-7/transferencia -de -calor -por -conducci%C3%B3n](https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/es/book/978-620-2-12655-7/transferencia-de-calor-por-conduccion) ; Accedido el: 24 de diciembre del 2023, 2018.
- [5] Constumatica, *Mecanismos de Transmisión de Calor*. Disponible en: <https://www.construmatica.com/blog/mecanismos-de-transmision-de-calor/> ; Accedido el: 8 de febrero del 2024, 2024.
- [6] Organización Panamericana de la Salud, *Calidad del aire*. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.
- [7] López, Fernando, *Observatorio de políticas ambientales*. Disponible en: [https://www.actualidadjuridicaambiental .com /wp-content /uploads /2010/06/2019- OPAM- on- line.pdf](https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2010/06/2019-OPAM-online.pdf) ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2019.
- [8] Weather Spark, *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cuenca*. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/19348> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2023.
- [9] E. Sáez, “Análisis de la calidad del aire interior en función de la tipología de ventilación,” 2017.
- [10] SATI (Sociedad Argentina de Terapia Intensiva), *Ventilación Mecánica – Libro del Comité de Neumonología Crítica de la SATI*. Disponible en: [https://edimeinter.com/catalogo/novedad/ventilacion-mecanica-libro-del-comite- neumonologia-critica-la-sati/](https://edimeinter.com/catalogo/novedad/ventilacion-mecanica-libro-del-comite-neumonologia-critica-la-sati/) ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2018.
- [11] Soler Palao, *Ventilación ambiental I*. Disponible en: [https://www.solerpalau.com/es- es/hojas-tecnicas-ventilacion-ambiental/](https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-ventilacion-ambiental/) ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2024.
- [12] Cando, Enrique, *Diseño de un sistema para ventilación con control automático en bodega de almacenamiento de productos balanceados*. Disponible en: [file:///C:/Users /USER/ Downloads/.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/.pdf) ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2015.
- [13] Andira, *Cómo funcionan los ventiladores*. Disponible en: <https://www.andira.org.mx/2018/07/20/como-funcionan-los-ventiladores/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.

- [14] Tomás, Carlos, *Sistema de Tuberías y Sistema de Ductos Marinos*. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/505200635/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2018.
- [15] Álvares, Joel, *Ductos de aire*. Disponible en: <https://www.academia.edu/6805908/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.
- [16] Alvarado Perales, Ruiz Pedro, y otros, *Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Hotel Santa María ubicado en la ciudad de Ica*. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle> ; Accedido él: 15 de diciembre del 2023, 2022.
- [17] Pocbeht, *Producción de conductos de aire*. Disponible en: <https://rosvent.ru/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.
- [18] SCHAKO KG, *Sistema de conductos circulares RR-COMLETE*. Disponible en: https://schako.com/wp-content/uploads/rr-complete_e.s.pdf; Accedido él : 15 dediciembredel2023,2022.
- [19] Xxeleos, *Excelencia en la cadena de suministro a través de inteligencia de datos profunda*. Disponible en:<https://xeleos.com/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.
- [20] Norma Ecuatoriana de la Construcción, *Energías Renovables, Sistemas Solares Térmicos para agua Caliente Sanitaria (ACS)- Aplicaciones menores a 100°C*. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2024.
- [21] Fluidra, *Control de temperatura del agua: consejos de optimización según el tipo de piscina*. Disponible en:<https://www.fluidra.com/projects/es/control-de-temperatura-del-agua/>; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2022.
- [22] RITE, *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios*. Disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2014/06/8-RD1027-07-CONSOLID-9092013.pdf> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2013.
- [23] Soler y Palao, *Clasificación de filtros según la UNE-EN 13779*. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/clasificacion-filtros-une-en-13779/> ; Accedido el: 9 febrero del 2024, 2013.
- [24] Norma ASHRAE 52.2, *Calidad Aceptable de Aire Interior*. Disponible en: https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2013-08-31_05-18-45ashrae.pdf ; Accedido él: 25 de noviembre del 2023, 2013.
- [25] Ashrae, *Ventilacion para una Calidad Aceptable de Aire Interior*. https://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0120ASHRAE-62.1-2007-sp-Ventil-p-CAAI.pdf ; Accedido él: 12 de diciembre del 2023, 2023.
- [26] kinenergy, *Cómo calcular el volumen de extracción de aire en un inmueble*. Disponible en: <https://www.kin.energy/blogs/post>; Accedido él: 09 de febrero del 2024, 2024.

- [27] Ingemecanica, *Ventilación y Renovación de Aire Interior en los Edificios*. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn251.html> ; Accedido él: 8 de febrero del 2024, 2024.
- [28] Sodeca, *Cálculo y Diseño de Sistemas de Ventilación*. Disponible en: https://www.sodeca.com/Content/img/InformacioTecnica_02.pdf ; Accedido él: 6 de noviembre del 2023, 2023.
- [29] ASHRAE , *HVAC Duct Construction Standards SMACNA*. Disponible en: file:///C:/Users/USER/Downloads/document.pdf ; Accedido él: 23 de noviembre del 2023, 2023.
- [30] SMAVNA, *Asociación Nacional de Contratistas de Chapa Metálica y Aire Acondicionado*. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/smacna.duct.1995.html> ; Accedido él: 23 de noviembre del 2023, 1998.
- [31] Villegas, Luisa, *Análisis de Precios*. Disponible en: file:///C:/Users/anthoq_xkpn_b8/Downloads/GUIA
- [32] Salazar, Jesús, *Costos y presupuestos en obras*. Disponible en: <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Costos-y-Presupuestos-en-Edificacion-CAPECO.pdf> ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2019.
- [33] Tinocota, Miguel, *Análisis de Precios Unitarios*. Disponible en: <https://es.slideshare.net/MiguelTicona13/63-analisis-de-precios-unitariospdf> ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2022.
- [34] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, *Regulación de ruido ambiental*. Disponible en: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/> ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2022.
- [35] Soler Palao, *Depuración del aire. Filtros I*. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-depuracion-del-aire-filtros/> ; Accedido él: 4 de febrero del 2024, 2024.
- [36] HVAC World, *Working and operation of AHU in Hindi | AHU Part-1| HVAC System*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=1bhPqleGb8w> ; Accedido él: 16 de febrero del 2024, 2021.
- [37] AIR GUIDE, *Performance Notes for Supply Grilles and Registers*. Disponible en: <https://www.airguidemfg.com/pdf> ; Accedido él: 16 de febrero del 2024, 2024.
- [38] Catálogo SyP, *SP soler Palau catálogo extractores ventiladores industriales*. Disponible en: <https://fricaval89.com/descargas/pdf/ventiladores-industriales/SP/SP-soler-Palau-catalogo-extractores-ventiladores-industriales.pdf> ; Accedido él: 1 de diciembre del 2023, 2023.

ANEXOS

Anexo A: Selección de rejillas

Selección de rejilla del sistema de suministro N°2



Performance Data

Supply Grilles and Registers

MODELS: V, VOB, H, HOB, VME, VMEOB, HME, HMEOB, VH, VHOB, VHME, VHMEOB, HV, HVOB, HVME, HVMEOB, VML, VMLME, HML, HMLME

Listed Duct Size (inches)	Alternate Size (inches)	Core Area (sq. ft.)	Ak Factor	Core Velocity VP	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	
					.006	.010	.016	.022	.031	.040	.062	.090	.122	
					0°	.015	.026	.041	.059	.081	.106	.165	.238	.324
14 x 14	16 x 12 20 x 10 24 x 8 34 x 6	1.24		CFM	372	496	620	744	868	992	1240	1498	1736	
				NC	—	10	17	22	27	31	37	43	48	
				T	0°	11-18-33	16-25-39	20-29-42	24-33-47	27-36-51	31-39-54	35-42-60	39-47-66	41-51-71
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-23-34	19-26-38	22-29-41	25-31-43	28-34-48	31-38-53	33-41-57	
18 x 12	16 x 14 22 x 10 28 x 8 38 x 6	1.37		CFM	411	548	685	822	959	1096	1370	1644	1918	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	11-18-33	16-25-29	20-30-43	24-33-47	28-36-51	32-39-54	35-43-61	39-47-67	41-51-72
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-24-34	19-26-38	22-29-41	26-31-43	28-34-49	31-38-54	33-41-58	
24 x 10	20 x 12 30 x 8	1.52		CFM	456	608	760	912	1064	1216	1520	1824	2128	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-19-35	16-25-41	21-32-45	25-35-58	29-38-53	34-41-57	37-45-64	41-50-70	43-53-76
				22 1/2°	10-15-28	13-20-33	17-26-36	20-28-40	23-30-42	27-33-46	30-36-51	33-40-56	34-42-61	
16 x 16	18 x 14 22 x 12 30 x 8	1.64		CFM	492	656	820	984	1148	1312	1640	1968	2296	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-20-37	17-26-42	22-32-47	26-37-51	31-40-56	35-42-59	39-47-67	42-51-73	46-56-79
				22 1/2°	10-16-30	14-21-34	18-26-38	21-30-41	25-32-45	29-34-47	31-38-54	34-41-58	37-45-63	
24 x 12	18 x 16 20 x 14 30 x 10 36 x 8	1.85		CFM	555	740	925	1110	1295	1480	1850	2220	2590	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	12-20-38	18-27-44	22-33-48	27-38-54	32-40-58	36-44-62	40-48-69	44-54-76	48-58-82
				22 1/2°	10-16-30	14-22-35	18-26-38	22-30-43	26-32-46	29-35-50	32-38-55	35-43-61	38-46-66	
18 x 18	20 x 16 24 x 14 28 x 12 32 x 10	2.10		CFM	630	840	1050	1260	1470	1680	2100	2520	2940	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	13-21-40	19-29-47	24-36-52	29-40-57	33-43-62	38-47-68	42-52-74	47-57-81	50-62-87
				22 1/2°	10-17-32	15-23-38	19-29-42	23-32-46	26-34-50	30-38-53	34-42-59	38-46-65	40-50-70	
30 x 12	20 x 18 22 x 16 26 x 14 36 x 10	2.32		CFM	696	928	1160	1392	1624	1856	2320	2784	3248	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-23-43	21-31-50	26-39-56	31-43-61	36-47-67	41-50-71	46-56-79	50-61-80	54-67-94
				22 1/2°	11-18-34	17-25-40	21-31-45	25-34-49	29-38-54	33-40-57	37-43-63	40-49-69	43-54-75	
24 x 16	32 x 12	2.50		CFM	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-24-45	22-32-52	27-40-58	32-45-64	37-49-68	43-52-74	48-58-82	52-64-90	56-68-97
				22 1/2°	11-19-36	18-26-42	22-32-46	26-36-51	30-39-54	34-42-59	38-46-66	42-51-72	45-54-78	
20 x 20	22 x 18	2.61		CFM	783	1044	1305	1566	1827	2088	2610	3132	3654	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	15-24-46	22-32-53	27-41-59	32-46-65	36-50-70	41-53-75	46-59-84	50-65-92	54-70-99
				22 1/2°	12-19-37	18-26-42	22-33-47	26-37-52	30-40-56	35-42-60	39-47-67	42-52-74	46-54-79	

Selección de rejilla del sistema de extracción N°1 y N°2



Performance Data

Supply Grilles and Registers

MODELS: V, VOB, H, HOB, VME, VMEOB, HME, HMEOB, VH, VHOB, VHME, VHMEOB, HV, HVOB, HVME, HVMEOB, VML, VMLME, HML, HMLME

Listed Duct Size (inches)	Alternate Size (inches)	Core Area (sq. ft.)	Ak Factor	Core Velocity VP	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	
					.006	.010	.016	.022	.031	.040	.062	.090	.122	
14 x 14	16 x 12 20 x 10 24 x 8 34 x 6	1.24		CFM	372	496	620	744	868	992	1240	1488	1736	
				NC	—	10	17	22	27	31	37	43	49	
				T	0°	11-18-33	16-25-39	29-29-42	24-33-47	27-36-51	31-39-54	35-42-60	39-47-66	41-51-71
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-23-34	19-26-38	22-29-41	25-31-43	28-34-48	31-38-53	33-41-57	
18 x 12	16 x 14 22 x 10 28 x 8 38 x 6	1.37		CFM	411	548	695	822	959	1096	1370	1644	1918	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	11-18-33	16-25-39	29-30-43	24-33-47	28-36-51	32-39-54	35-43-61	39-47-67	41-51-72
				22 1/2°	9-14-26	13-20-31	16-34-34	19-26-38	22-29-41	26-31-43	28-34-49	31-38-54	33-41-58	
24 x 10	20 x 12 30 x 8	1.52		CFM	456	608	760	912	1064	1216	1520	1824	2128	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-19-35	16-25-41	21-32-45	25-35-50	29-38-53	34-41-57	37-45-64	41-50-70	43-53-75
				22 1/2°	10-15-28	13-20-33	17-26-36	20-28-40	23-30-42	27-33-46	30-36-51	33-40-56	34-42-61	
16 x 16	18 x 14 22 x 12 30 x 8	1.64		CFM	492	656	820	984	1148	1312	1640	1968	2296	
				NC	—	11	18	23	28	32	38	44	49	
				T	0°	12-20-37	17-26-42	22-32-47	26-37-51	31-40-56	35-42-59	39-47-67	42-51-73	46-56-79
				22 1/2°	10-16-30	14-21-34	18-26-38	21-30-41	25-32-45	28-34-47	31-38-54	34-41-58	37-45-63	
24 x 12	18 x 16 20 x 14 30 x 10 36 x 8	1.85		CFM	555	740	925	1110	1295	1480	1850	2220	2590	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	12-20-38	18-27-44	22-32-48	27-38-54	32-40-58	36-44-62	40-48-69	44-54-76	48-58-82
				22 1/2°	10-16-30	14-22-35	18-26-38	22-30-43	26-32-46	29-35-50	32-38-55	35-43-61	38-46-66	
18 x 18	20 x 16 24 x 14 28 x 12 32 x 10	2.10		CFM	630	840	1050	1260	1470	1680	2100	2520	2940	
				NC	—	12	19	24	29	33	39	45	50	
				T	0°	13-21-40	19-28-47	24-36-52	29-40-57	33-43-62	38-47-66	43-52-74	47-57-81	50-62-87
				22 1/2°	10-17-32	15-23-38	19-29-42	23-32-46	26-34-50	29-38-53	34-42-59	38-46-65	40-50-70	
30 x 12	20 X 18 22 x 16 26 x 14 36 X 10	2.32		CFM	696	928	1160	1392	1624	1856	2320	2784	3248	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-23-43	21-31-50	26-39-56	31-43-61	36-47-67	41-50-71	46-56-79	50-61-86	54-67-94
				22 1/2°	11-18-34	17-25-40	21-31-45	25-34-49	29-38-54	33-40-57	37-43-63	40-49-69	43-54-75	
24 x 16	32 x 12	2.50		CFM	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	
				NC	—	13	20	25	30	34	40	46	51	
				T	0°	14-24-45	22-32-52	27-40-58	32-45-64	37-49-68	43-52-74	48-58-82	52-64-90	56-69-97
				22 1/2°	11-19-36	18-26-42	22-32-46	26-36-51	30-39-54	34-42-59	38-48-66	42-51-72	45-54-78	

Anexo B: Selección de accesorios para sujeción de ductos

Cable en acero galvanizado 1/8"

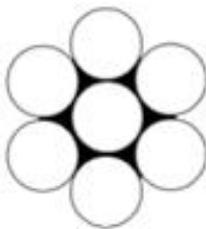


Cables De Acero • Reatas • Accesorios Industriales

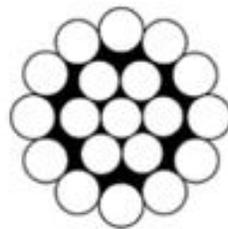
CABLES 1/8" (3.2 mm) EN ACERO

CABLE 1/8" ACERO GALVANIZADO

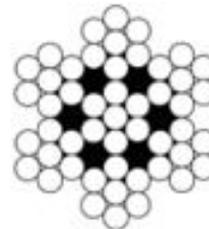
REF. NAVCAR	RESIST. Kg/F	DESCRIPCIÓN
000040	969	Cable 1/8" 1 X7 Super Gx Galvanizado
000013	1.275	Cable 1/8" 1 X19 Alma de Acero Galvanizado
000035	704	Cable 1/8" 7 X7 Alma de Acero Galvanizado
001150	694	Cable 1/8" 6 X7 Alma de Yute Galvanizado



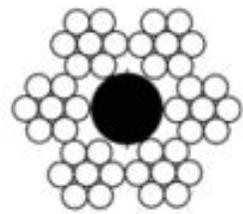
1x7 Super Gx Galvanizado



1x19 Alma de Acero Galvanizado



7x7 Alma de Acero Galvanizado



6x7 Alma de Yute Galvanizado

Sujetador 1/8"

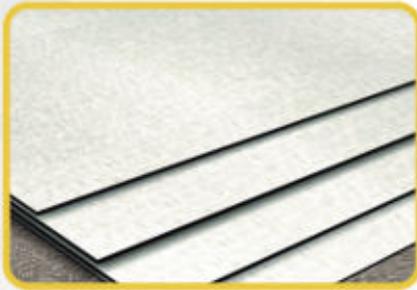
PERROS - TRÁFICO LIVIANO (MALEABLES DIN 741)



REF. NAVCAR	TAMAÑO (Pulg.)	DESCRIPCIÓN
GMD-1/16	1/16"	Perro Liviano 1/16"
GMD-1/8	1/8"	Perro Liviano 1/8"
GMD-3/16	3/16"	Perro Liviano 3/16"
GMD-1/4	1/4"	Perro Liviano 1/4"
GMD-5/16	5/16"	Perro Liviano 5/16"
GMD-3/8	3/8"	Perro Liviano 3/8"
GMD-1/2	1/2"	Perro Liviano 1/2"
GMD-5/8	5/8"	Perro Liviano 5/8"
GMD-3/4	3/4"	Perro Liviano 3/4"
GMD-7/8	7/8"	Perro Liviano 7/8"
GMD-1	1"	Perro Liviano 1"
GMD-1-3/8	1.3/8"	Perro Liviano 1.3/8"
GMD-1-1/2	1.1/2"	Perro Liviano 1.1/2"

Anexo C: Detalles de la Plancha galvanizada 0.7mm.

PLANCHAS GALVALUME



Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2221
Calidad:	A51M A792
Espesores:	0,25mm a 1,00mm
Rollos:	X 914mm, 920mm, 1000mm, 1220mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales

Producto / Mercado	Comercial, Construcción y Edificios	Industrial	Linea Blanca	Automotriz
Lámina Galvalume	Techos y paredes, periferia, accesorios para construcción, estructuras y soportes, bodegas y minibodegas.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, cajas, bisagras, binas, etc.	Resaldo de refrigeradores, estufas, y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquinas y accesorios de fijación y otras partes no expuestas, etc.	Uniones, soportes y otras partes no expuestas.

Recubrimiento	
oz / pie ²	gr / m ²
AZ 50	AZ 150
AZ 55	AZ 165

Tratamiento superficial:

- Fosfado
- Acrílico antifingerprint

www.dipacmanta.com

PLANCHAS

Anexo D: Curva característica de los ventiladores

Características del ventilador de suministro y extracción



BDB 630

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de rodete: 640 mm (25 3/16 inch)
 Diámetro del eje: Clase I 44.5 mm (1 3/4 inch)
 Clase II 50.8 mm (2 inch)

Área de salida: 0.640 m² (6.886 ft²)
 BHP máximos: Clase I 18.8, Clase II 40.5

Armazón máx. de motor: Clase I 256T, Clase II 324T
 RPM máximas: Clase I 1500, Clase II 2000
 Peso del equipo: 183 Kg (403 Lbs)

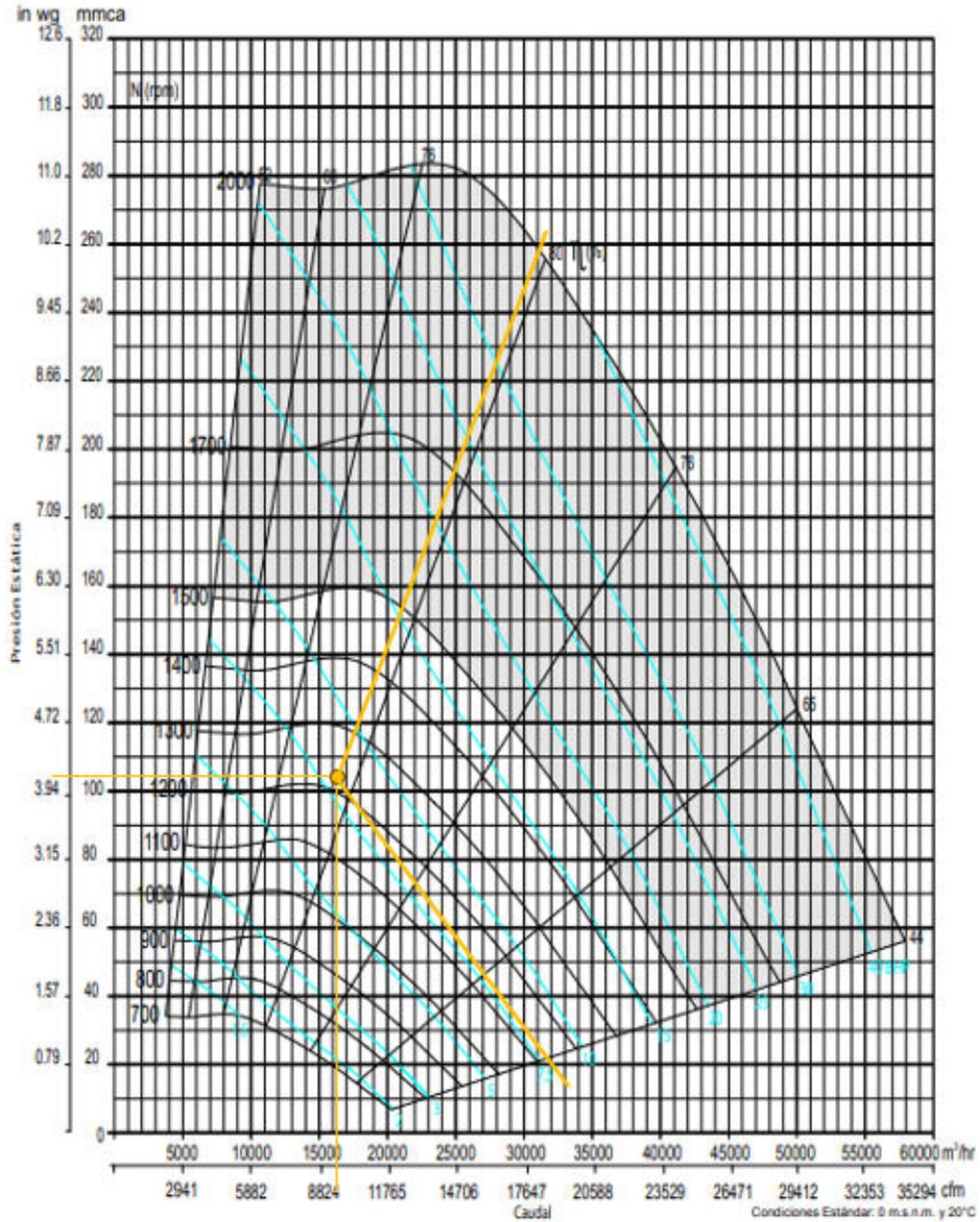
CFM m ³ /hr	Vel. salida PPM	PRESION ESTÁTICA mmca - inwg.																							
		12.7mm/0.5"		25.4mm/1.0"		38.1mm/1.5"		50.8mm/2.0"		63.5mm/2.5"		76.2mm/3.0"		88.9mm/3.5"		101.6mm/4.0"		114.3mm/4.5"		127mm/5.0"		139.7mm/5.5"		152.4mm/6.0"	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
6198	900	512	0.71	640	1.29	747	1.92	850	2.59	951	3.30	1047	4.05	1134	4.83	1213	5.67	1287	6.56	1357	7.47	1423	8.44	1485	9.43
10530		66	69	73	76	79	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
7575	1100	562	0.97	683	1.64	783	2.37	873	3.14	957	3.93	1041	4.76	1124	5.61	1205	6.50	1282	7.42	1354	8.37	1422	9.37	1486	10.4
12870		70	72	75	77	79	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
8952	1300	616	1.27	730	2.07	825	2.88	911	3.74	988	4.64	1061	5.55	1132	6.50	1203	7.47	1274	8.48	1344	9.49	1413	10.5	1479	11.6
15209		73	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119
10330	1500	675	1.69	781	2.56	872	3.49	953	4.43	1028	5.42	1097	6.44	1162	7.48	1225	8.54	1287	9.63	1348	10.7	1410	11.9	1471	13.0
17551		76	78	80	81	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
11707	1700	737	2.24	834	3.14	921	4.18	999	5.22	1071	6.29	1137	7.40	1201	8.56	1261	9.72	1318	10.9	1373	12.1	1428	13.3	1482	14.5
19890		79	81	82	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
13084	1900	802	2.91	889	3.82	973	4.96	1048	6.13	1117	7.30	1181	8.49	1242	9.72	1300	10.9	1356	12.3	1409	13.6	1461	14.9	1511	16.2
22230		82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
13773	2000	835	3.29	918	4.22	999	5.39	1073	6.62	1141	7.84	1204	9.08	1264	10.3	1321	11.6	1376	12.9	1429	14.3	1479	15.7	1528	17.1
23400		84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
14461	2100	868	3.70	948	4.68	1026	5.85	1099	7.13	1166	8.42	1228	9.71	1287	11.0	1343	12.3	1397	13.7	1449	15.1	1499	16.6	1547	18.0
24569		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
15150	2200	902	4.16	979	5.18	1053	6.33	1125	7.67	1191	9.03	1252	10.4	1310	11.7	1365	13.1	1418	14.5	1470	15.9	1519	17.4	1567	18.9
25740		86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
15839	2300	1010	5.71	1081	6.87	1151	8.23	1216	9.67	1277	11.1	1334	12.5	1388	13.9	1441	15.4	1491	16.8	1540	18.4	1587	19.9	1633	21.4
26910		88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
16527	2400	1041	6.30	1110	7.46	1178	8.84	1242	10.3	1302	11.8	1358	13.2	1412	14.7	1463	16.2	1513	17.8	1561	19.3	1608	20.9	1654	22.4
28079		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
17905	2600	1106	7.80	1170	8.80	1233	10.1	1294	11.7	1353	13.3	1408	14.9	1460	16.5	1511	18.1	1559	19.7	1606	21.3	1651	23.0	1696	24.6
30421		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
19282	2800	1171	9.08	1231	10.4	1290	11.7	1349	13.3	1405	14.9	1459	16.7	1511	18.4	1560	20.1	1607	21.9	1652	23.6	1696	25.3	1740	27.0
32760		93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
20659	3000	1295	12.1	1350	13.5	1405	15.1	1459	16.8	1511	18.6	1562	20.5	1610	22.3	1656	24.2	1701	26.0	1744	27.8	1786	29.6	1828	31.4
35100		95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
22036	3200	1359	14.1	1412	15.6	1463	17.1	1514	18.8	1565	20.7	1614	22.7	1661	24.7	1707	26.6	1750	28.6	1793	30.5	1835	32.4	1876	34.3
37439		96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
23414	3400	1425	16.3	1475	17.9	1523	19.5	1572	21.2	1620	23.0	1667	25.1	1713	27.1	1758	29.3	1801	31.4	1843	33.4	1884	35.4	1925	37.4
39780		98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
24791	3600	1491	18.8	1539	20.4	1585	22.1	1631	23.8	1677	25.7	1722	27.7	1767	29.8	1810	32.0	1853	34.3	1894	36.5	1935	38.7	1976	40.9
42120		99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
25480	3700	1525	20.1	1571	21.8	1617	23.5	1661	25.2	1706	27.1	1750	29.1	1794	31.2	1837	33.5	1879	35.8	1919	38.1	1959	40.4	1999	42.7
43291		100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123

Curva característica del ventilador de suministro y su eficiencia



BDB 630

CURVA CARACTERÍSTICA



Curva característica del ventilador de extracción y su eficiencia



BDB 630

CURVA CARACTERÍSTICA

