



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN LÍNEA COMO SOPORTE PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

FRANKLIN JAVIER CORAIZACA NIEVES  
franklin.coraizaca@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. CARLOS ANDRÉS NARANJO MENDOZA, PhD.  
carlos.naranjo@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. MIGUEL DARÍO ORTEGA LÓPEZ, MSc.  
miguel.ortega@epn.edu.ec

Febrero, 2022

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Franklin Javier Coraizaca Nieves**, bajo nuestra supervisión.



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS ANDRÉS  
NARANJO MENDOZA**

---

**Ing. Carlos Andrés Naranjo Mendoza, Ph.D.**  
DIRECTOR DE PROYECTO

**MIGUEL  
DARIO  
ORTEGA  
LOPEZ**

Firmado digitalmente por MIGUEL DARIO ORTEGA LOPEZ  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, serialNumber=1709931396, sn=ORTEGA LOPEZ, cn=MIGUEL DARIO ORTEGA LOPEZ, 1.3.6.1.4.1.37442.10.4=1709931396, ou=Certificado de Clase 2 de Persona Fisica EC (FIRMA), givenName=MIGUEL DARIO, email=migueldarioortega@hotmail.com, 2.5.4.13=Certificado para Persona Natural, st=PICHINCHA, s=QUITO  
Fecha: 2022.04.19 08:45:45 -05'00'

---

**Ing. Miguel Darío Ortega López, MSc.**  
CODIRECTOR DE PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo, **Franklin Javier Coraizaca Nieves**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Franklin Javier Coraizaca Nieves

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a la memoria de mi madre, quien supo inculcarme el valor del esfuerzo para cumplir las metas y los propósitos propuestos en la vida.

A mi familia quien me apoyó durante el trayecto de mi vida profesional y personal.

A las personas quienes durante el trayecto de mi carrera profesional hicieron posible que avance hasta cumplir esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre quien me brindó el apoyo y supo incentivar me para continuar con mis estudios.

A mis tutores por guiarme en el transcurso del desarrollo de este proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional donde me formé no solo como profesional sino como persona adquiriendo conocimiento y experiencias únicas.

# ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Calidad de aire .....	6
1.2 Ventilación.....	8
1.3 Selección de ventiladores .....	9
1.4 Diseño de ductos.....	11
1.5 Aplicaciones en línea .....	15
2. METODOLOGÍA.....	18
3. DESARROLLO .....	20
3.1 Obtención de información .....	20
3.2 Diagrama de flujo .....	20
3.3 Dimensionamiento de los ductos. ....	22
3.4 Interfaz gráfica.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Caso de estudio .....	36
4.2 Resolución del caso de estudio por calculo manual. ....	40
4.3 Resolución del caso de estudio con la ayuda de la aplicación. ....	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
5.1 CONCLUSIONES.....	57
5.2 RECOMENDACIONES .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Métodos de transmisión del SARS CoV-2.....	7
Figura 1.2 Ventilación natural.....	8
Figura 1.3 Ventilación mecánica.....	9
Figura 1.4 Curvas características de los diferentes tipos de ventiladores.....	10
Figura 1.5 Figura punto de operación del ventilador .....	11
Figura 1.6 Transferencia de información .....	15
Figura 1.7 Frameworks más populares a nivel mundial .....	15
Figura 1.8 Diagrama de colaboración MVC.....	17
Figura 2.1 Metodología para el desarrollo del plan de trabajo. ....	19
Figura 3.1 Diagrama de flujo .....	21
Figura 3.2 Pantalla inicial.....	28
Figura 3.3 Pantalla de ingreso de datos de la aplicación web.....	29
Figura 3.4 Ejemplo de un sistema de ventilación mecánica.....	30
Figura 3.5 Pantalla de base de datos. ....	31
Figura 3.6 Pantalla editar.....	32
Figura 3.7 Pantalla eliminar. ....	32
Figura 3.8 Pantalla de ingreso de velocidad para el conducto principal.....	33
Figura 3.9 resultados de los parámetros del sistema de ventilación. ....	33
Figura 3.10 Datos obtenidos para cada tramo. ....	34
Figura 3.11 Datos de la ruta critica.....	34
Figura 3.12 Dimensiones de los ductos de cada tramo.....	35
Figura 3.13 Pantalla cargar. ....	35
Figura 3.14 Pantalla de guardar. ....	36
Figura 4.1 Distribución de áreas planta baja Hospital Metropolitano Quito. ....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Velocidades recomendadas .....	12
Tabla 1.2 Factores de rugosidad del conducto.....	13
Tabla 3.1 Accesorios más comunes en sistemas de ventilación.....	26
Tabla 3.2 Pérdidas de presión para codos. ....	27
Tabla 3.3 Pérdidas para contracciones. ....	27
Tabla 4.1 Datos recintos Comerciales destinadas a ventilar.....	38
Tabla 4.2 Datos para los recintos de atención médica destinadas a ventilar.....	39
Tabla 4.3 Flujo requerido para cada recinto para las instalaciones hospitalarias. ....	40
Tabla 4.4 Flujo requerido para cada recinto para las instalaciones hospitalarias. ....	41
Tabla 4.5 Tramos del conducto principal.....	46
Tabla 4.6 Recuperación estática en el sistema .....	47
Tabla 4.7 Pérdidas por accesorios .....	48
Tabla 4.8 Resultados obtenidos por el método de cálculo manual. ....	49
Tabla 4.9 resultados obtenidos para cada tramo del sistema de ventilación. ....	50
Tabla 4.10 resultados obtenidos para el conducto principal.....	53
Tabla 4.11 resultados de pérdida de accesorios para el conducto principal .....	54
Tabla 4.12 resultados finales obtenidos con la ayuda de la aplicación web .....	55
Tabla 4.13 Comparación de resultados tanto para la aplicación web y la resolución del cálculo manual.....	56



## RESUMEN

En el presente proyecto se ha desarrollado la aplicación web *HelpVenti* que permite dar soporte al dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica. *HelpVenti* está basado en el paquete de programación Python, juntamente con el framework Django. También se utiliza el paquete de programación HTML para la realización de la interfaz gráfica. El proceso de cálculo de los sistemas de ventilación mecánica se basa en la norma de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), la cual brinda información para el procedimiento de la obtención del flujo de aire requerido para los diferentes tipos de espacios a ventilar. Seguidamente se utiliza el método de pérdida de carga constante para el dimensionamiento de ductos. Todo el desarrollo y la estructura de la aplicación se encuentra detallada en el diagrama de flujo, donde al ingresar la velocidad del aire se puede determinar la caída de presión total, el dimensionamiento de los ductos y el flujo total requerido para el sistema de ventilación mecánica. Para la validación de *HelpVenti* se utiliza un caso práctico de un sistema de ventilación mecánica, para una sección de la planta baja del Hospital Metropolitano de Quito que tiene un área de 937.56 metros cuadrados. Aquí se comparan los resultados por el método de cálculo manual y los resultados de la aplicación web, obteniendo un error del 3.9% considerando al cálculo manual como el resultado real.

**Palabras claves:** ventilación, calidad de aire, aplicación web.

## ABSTRACT

In this project, the web application *HelpVenti* has been developed for giving support to the sizing of mechanical ventilation systems. *HelpVenti* is based on the Python programming package, together with the Django framework, the HTML programming package is also used for the realization of the graphical interface. In addition, the ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standard is used, which guides through the process for obtaining the required air flow for each space to be ventilated. For the ducts sizing, the constant load loss method is used. All the development and structure of the application is detailed in the flow diagram, whereby entering the air velocity the total pressure drop, the sizing of the ducts and the total flow required for the mechanical ventilation system can be determined. For the validation, a mechanical ventilation system was manually designed for a 938 square meters Hospital building in Quito and the results were compared with those of *HelpVenti*. A relative error of 3.9% in the total pressure losses was determined.

**Keywords:** ventilation, air quality, web application.

# **DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN LÍNEA COMO SOPORTE PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA**

## **INTRODUCCIÓN**

Cuando se habla de mala ventilación en edificaciones, se asocia generalmente a problemas de calidad de aire interior. Por ejemplo, cuando existen espacios cerrados sin la adecuada renovación de aire, se produce una alta concentración de contaminantes que pueden perjudicar a la salud y provocar malestar a sus ocupantes (Borraz, 2012). Por ejemplo, se ha demostrado que en los estacionamientos cerrados existe una acumulación de plomo y cadmio que son emitidos por los automóviles. Estos gases son altamente peligrosos para la salud (María López González et al., 2010). Por otro lado, en los hospitales es de vital importancia la protección de los pacientes, por lo que un sistema de ventilación deficiente aumenta el riesgo de que los pacientes padezcan de graves infecciones. Asimismo, se ha comprobado en el sistema educativo que estudiantes de varias escuelas sufren de baja concentración y absentismo debido al malestar ocasionado por la mala ventilación en las aulas (Hoz, 2011).

Según estudios realizados, la contaminación en el aire de la ciudad de Quito refleja un alto contenido de  $CO_2$ , esto se refleja en el interior de las aulas, dado que varios estudiantes tienen déficit en la concentración debido a la mala calidad del aire (Puertas de la Cruz, 2019). Si bien es cierto que este tipo de problemas son comunes en varias escuelas de la ciudad. En Quito, los problemas respiratorios son la tercera causa de muerte, pero en la actualidad esto ha aumentado aún más, debido a que, los problemas respiratorios son de tipo viral, con alto potencial de riesgo de muerte. Este riesgo se ve incrementado en lugares cerrados y mal ventilados (Espinel, 2018).

La Organización Mundial de la Salud OMS define que el síndrome del edificio enfermo consiste en un grupo de molestias y enfermedades originadas o provocadas por una mala ventilación del edificio (Quoc et al., 2020). En el Ecuador, se ha evidenciado que este síndrome puede causar dolencias y molestias a quienes habitan en estos tipos de edificios (Lema, 2010). Igualmente, es importante tener en cuenta los síntomas que padecen los ocupantes, ya que se puede confundir con síntomas de gripe. Sin embargo, si varios empleados sufren de manera continua los mismos síntomas se puede confirmar que la edificación tiene el síndrome del edificio enfermo.

Existen tres métodos de ventilación en interiores: ventilación mecánica, ventilación natural y ventilación híbrida. Si bien la ventilación natural es una de las más económicas, pero, a la vez la menos eficiente debido a que no se puede determinar la forma de circulación del aire en el interior del edificio, por lo cual se generan corrientes no deseadas. Por otro lado, existe la ventilación híbrida que utiliza, tanto la ventilación mecánica como la natural. Sin embargo, para que este método funcione de manera eficiente y económica, es necesario tomar en cuenta el diseño de la edificación y la orientación de este para poder utilizar la corriente del viento generado en el ambiente como un sistema de ventilación (Vilches, 2020)

proceso complejo que requiere de tiempo para realizar los cálculos necesarios. En algunos casos se requieren de cálculos iterativos para el equilibrio de tasas de flujo. Además, se requiere la selección de ductos adecuados que sean de bajo costo. A su vez, la geometría de los ductos es un parámetro crítico de diseño tanto por la ubicación de la ductería como los costos de esta. Finalmente, encontrar el punto óptimo de trabajo de un ventilador, es de esencial importancia desde el punto de vista técnico y económico ya que este definirá los costos de operación (Parisuaña Zea & Lupaca Valeriano, 2018). Todos estos procesos de diseño pueden generar errores de cálculo que pueden perjudicar al rendimiento del sistema de ventilación, aumentar el costo e incrementar el consumo de energía. Adicional a ello, cuando se opta por un software de apoyo para el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica, la mayoría son complejos de utilizar y tienen licencias costosas. Esto implica que el costo total del proyecto aumente. Por tal razón, surge la necesidad de tener una herramienta de soporte, de fácil uso y que sea de acceso libre en el diseño de sistemas de ventilación mecánica con el fin de reducir los costos de los proyectos.

## JUSTIFICACIÓN

La ventilación de los espacios de trabajo es de mucha importancia, debido a que permite controlar la toxicidad de los ambientes, proporcionar condiciones de confort, además de garantizar en muchos casos la salud de los ocupantes (Soler & Palau, 1997). También se ha demostrado que mejorando la calidad de aire interior en edificios educativos mejora los niveles de concentración, rendimiento, comportamientos y actitudes de los estudiantes. Asimismo, la OMS afirma que, para mejorar la calidad de aire interior, uno de los mecanismos necesarios es tener un sistema de ventilación controlada. En este sentido, la ventilación mecánica es la que puede ser controlada de mejor manera y permite regular de manera eficiente el consumo energético. Además, la ventilación mecánica es una de las opciones principales que se debe tomar en cuenta a la hora de garantizar la calidad de aire interior de los edificios (Soler & Palau, 2018).

Hoy en día la utilización de software se realiza en casi todas las ramas de la ingeniería. Además, el desarrollo de software ha dinamizado la economía de varios sectores comerciales y ha disminuido el tiempo de trabajo (Abdel-Salam & Simonson, 2014). En cuanto a Ecuador, el sector de la industria dedicado al desarrollo de software ha evolucionado significativamente, de tal manera que más programas informáticos son adquiridos por las empresas para mejorar su productividad y reducir costos. Por tal razón, el desarrollo de software es una de las prioridades del Estado ecuatoriano para la transformación y crecimiento de la matriz productiva (Parisuaña Zea & Lupaca Valeriano, 2018). A su vez, el crecimiento de la interactividad de los usuarios con plataformas web ha reducido significativamente los tiempos que conlleva realizar actividades cotidianas. En este sentido surge la idea de realizar una plataforma web para disminuir tiempos de diseño de sistemas de ventilación mecánica y que esté accesible para todos los usuarios. Python se ha convertido en uno de los lenguajes de programación más destacados en el mundo para el desarrollo de aplicaciones web, ya que trabaja con varias librerías "Frameworks" facilitando el desarrollo de códigos compatibles en HTML. Una de las librerías se llama Django, siendo una de las mejores librerías que tiene Python para la implementación y desarrollo de sistemas web. De igual manera, en un estudio comparativo de varias librerías "Frameworks" se destacó Django en productividad y desarrollo ágil de aplicaciones web (Baglivo et al., 2020).

Una de las metodologías utilizadas para desarrollar programas, es la realización de diagramas de flujo que muestra toda la secuencia de pasos ordenados que se llevarán a cabo para cumplir los objetivos planteados. Para el desarrollo del proyecto se utilizará el software de programación Python. Como se ha mencionado este es uno de los

mejores programas para el desarrollo de aplicaciones web y al mismo tiempo se utilizará como lenguaje de apoyo HTML para el desarrollo de la interfaz. Por otro lado, para determinar los requerimientos mínimos de ventilación que minimice los efectos negativos sobre la salud, se utilizará las normas ANSI/ASHRAE 62.1. y NEC-HS-CL: Climatización. Asimismo, se emplearán los estándares y guías de varias empresas y entidades dedicadas al dimensionamiento de ductos para ventilación mecánica (Hoz, 2011).

Este proyecto está dirigido con el objetivo de ayudar a ingenieros, arquitectos y profesionales de áreas similares en el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica. Con la ayuda de la aplicación web se determinarán caudales de aire, velocidades, diámetros de los ductos, la selección del ventilador. De esta manera se permitirá disminuir el tiempo de diseño y errores de cálculo (Asilian Mahabady et al., 2007). Además, se podrá descargar un archivo con la información de los datos calculados lo que facilitará al momento de desarrollar informes, estos aspectos reducirán el tiempo de diseño. Es importante mencionar que, al ser una plataforma web libre, los usuarios podrán acceder de manera gratuita sin necesidad de descargar e instalar el programa, el cual ayudará a reducir el tiempo de diseño del proyecto.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una aplicación en línea como soporte para el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir los requerimientos de calidad de aire interior para diferentes recintos o edificaciones no industriales.
- Realizar un diagrama de flujo simplificado para el diseño de sistemas de ventilación mecánica que pueda ser descrito como código de programación.
- Desarrollar una página web en línea con la ayuda del programa Python y HTML, que permita calcular los diámetros de la tubería y seleccionar entre los existentes en el mercado, así como la caída de presión del sistema y la selección del ventilador.
- Evaluar los resultados obtenidos de la plataforma web aplicados en un caso de estudio.
- Realizar un formato de especificaciones de diseño dentro de la plataforma en línea que servirá como guía para el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Calidad de aire

La calidad de aire puede definirse como un aire libre de contaminantes y enfermedades que puede causar a los ocupantes. En general, las personas adultas pasan más del 90% del tiempo dentro de alguna edificación, por lo que hablar de calidad de aire interior es de suma importancia. Esto ha generado que muchas organizaciones alrededor del mundo se preocupen de la calidad de aire que respiramos. Hoy en día todos los edificios deben cumplir una serie de requerimientos que implican la funcionalidad, seguridad y habitabilidad, en esta última se menciona sobre la salud, debido a las enfermedades relacionadas a la calidad de aire interior pueden transmitir infecciones respiratorias agudas (Martínez, 2021).

En la actualidad, la pandemia ocasionada por coronavirus SARS-CoV-2 ha causado alrededor de 5 millones de decesos en todo el mundo (Europa, 2021). El confinamiento recomendado por la OMS tiene por objetivo reducir el número de contagiados y la tasa de fallecimiento. Sin embargo, producto del confinamiento la crisis económica mundial aumenta significativamente. En todo el mundo varios locales, negocios, empresas entre otros se ven afectados en su economía, sin llegar a solventarse por el confinamiento, ocasionando que algunas de las entidades mencionadas vayan a la quiebra.

Los gobernantes alrededor del mundo anuncian la reactivación económica como una medida para frenar la crisis económica, esto implica la apertura de todos los negocios con aforo restringido, además la desinfección total de las personas al ingreso de cualquier local y aplicar el distanciamiento social. Por otro lado el personal de salud pública expresa preocupación por la reapertura de los negocios y locales comerciales, según científicos afirman la existencia de acumulación del virus por estancamiento en espacios cerrados provocando un alto riesgo de contagio, igualmente el reinicio de actividades recreativas como las piscinas, en donde el agua es un buen conductor para la transmisión del virus, esto puede provocar el aumento de contagios y la saturación de pacientes en los centros médicos (García, 2020).

Está demostrado que el COVID-19 puede transmitirse por 3 vías principales, las cuales son:

**Trasmisión combinada por aire y gotas.** Esto se da cuando las gotas producidas al hablar, toser, gritar y respirar caen cerca de la boca de la persona vulnerable que se encuentra en una región de contacto de uno a dos metros de distancia.



**Transmisión aérea.** Esto se basa en aerosoles cuando las gotas tienen un diámetro de cinco micras, haciendo que permanezcan suspendidas en el aire por un tiempo prolongado y llegando a largas distancias mayores a dos metros.

**Transmisión por contacto de superficie.** Este caso el contagio se da a través de contacto mano-mano o superficie-mano.

En la figura 1.1 se visualiza los métodos de transmisión del virus.

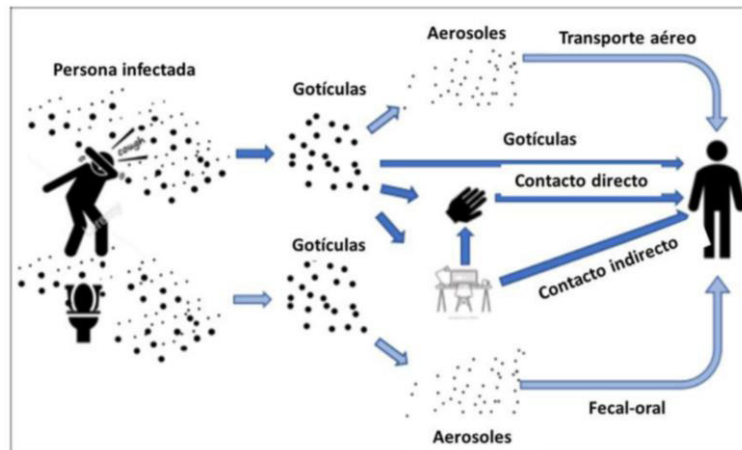


Figura 1.1. Métodos de transmisión del SARS CoV-2.

Fuente:(Crespí-Rotger et al., 2020)

Debido a que se reconoce que un método de transmisión del virus puede ser por vía aérea, varias sociedades dedicadas a la ventilación, calefacción, refrigeración alrededor del mundo muestran interés y preocupación, por lo que han decidido realizar algunos cambios en los sistemas de ventilación para poder combatir esta enfermedad. Los grandes referentes del sector de la climatización como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y la Federación Europea de Asociaciones de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (REHVA) reconocen que se debe realizar mejoras en sus normas de climatización referente a la limpieza de filtros y potencia de ventilación. Asimismo, recomiendan la utilización de sistemas de ventilación 100% mecánicos para evitar corrientes de aires indeseados provocando que el virus pueda llegar a infectar (Cuerdo-Vilches, 2020).

## 1.2 Ventilación

La ventilación no es más que el cambio de aire contaminado o indeseable por aire más limpio o puro. Además, la ventilación proporciona condiciones de conformidad para todas las personas que ocupen dichos espacios, mejorando el rendimiento en sus actividades cotidianas. Los requerimientos de ventilación de una estancia dependen de la actividad que se lleva a cabo en el interior (Soler & Palau, 1997).

### Ventilación natural

Ventilación natural es el ingreso de aire a través de las aperturas que tienen los edificios, estas pueden ser puertas, ventanas o persianas y no necesitan de ningún elemento mecánico (figura 1.2). Además, este tipo de ventilación puede ser considerada como la más económica debido a que no implica ningún gasto de energía. La desventaja de la ventilación natural es que es difícil controlar y determinar los caudales que entran y salen de un espacio. Además, cuando se tiene una apertura que está en contacto con el exterior, no solo ingresará aire si no también ruido indeseable alterando la conformidad de las personas (Soler & Palau, 1997).



Figura 1.2 Ventilación natural.  
(Fuente: *Siber*, 2016)

## Ventilación mecánica

Cuando se utiliza la ventilación mecánica o forzada, esta permite controlar la toxicidad de los espacios de manera eficiente. Además, se puede determinar la dirección del flujo en el interior de los diferentes espacios, de esta manera se evita que no existan espacios sin ventilar (figura 1.3). Aparentemente, la ventilación mecánica puede ser costosa pero estos sistemas pueden ser automatizados y controlados reduciendo así sus costos de energía.

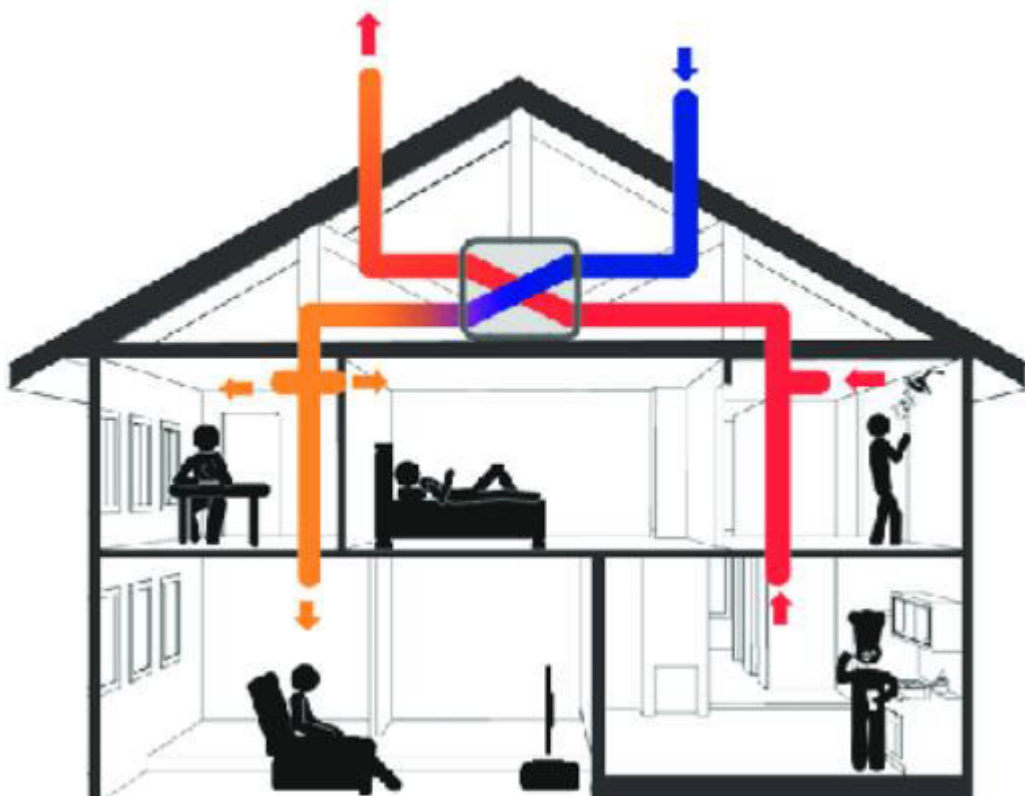


Figura 1.3 Ventilación mecánica  
(Fuente: (Maureen Trebilcock, 2014))

### 1.3 Selección de ventiladores

Un ventilador es una turbomáquina que pone en movimiento el aire por una diferencia de presión debido a la rotación de sus álabes (Soler & Palau, 1997). Los ventiladores pueden clasificarse según el diseño de su rodete en: Ventiladores axiales, este tipo de ventiladores proporciona elevados caudales y pérdidas de carga pequeña; Ventiladores centrífugos, esos proporcionar mayores presiones y con altos caudales; Ventiladores helicentrífugos, el flujo entra al rodete de forma axial y sale de forma radial.

En la figura 1.4 se puede observar la diferencia entre los tipos de ventiladores en relación con el caudal y la presión.

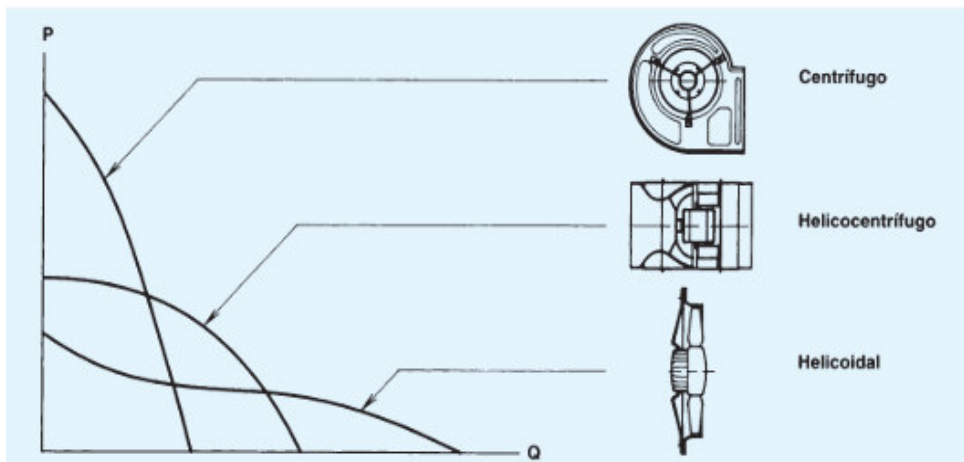


Figura 1.4 Curvas características de los diferentes tipos de ventiladores.  
(Fuente: (Soler & Palau, 1997).

En la mayoría de las instalaciones de los edificios, la conducción de aire por medio de los ductos representa más del 25% del consumo de energía, debido a que los ventiladores suelen estar funcionando varias horas del día (ATECYR, 2013).

### **Criterios de selección de ventiladores**

Para seleccionar el ventilador más adecuado capaz de satisfacer los requerimientos que necesita un sistema de ventilación, se debe tomar en cuenta los siguientes requerimientos (ATECYR, 2013).

- Caudal y presión estática nominal
- Características del motor
- Regulación de velocidad
- Ruido
- Configuración de la instalación
- Fluido a transportar

### **Curvas características**

Una curva características muestra la dependencia de la presión estática, presión total, potencia eléctrica y rendimiento. Estas curvas solo existen si el ventilador funciona a distintas velocidades de rotación. Las pruebas para la obtención de las curvas se lo realizan según la norma ANSI/AMCA STANDARD 210-85 (ATECYR, 2013).

## Punto de trabajo

Para conocer específicamente las condiciones de funcionamiento del ventilador se debe conocer las curvas de trabajo del sistema de la instalación. Para obtener las curvas de trabajo del sistema basta con obtener la pérdida total del sistema y el caudal de trabajo, y aplicar la Ecuación 1.1 (Soler & Palau, 1997).

$$P_2 = P_1 \left[ \frac{Q_2}{Q_1} \right]^2$$

Ecuación 1.1

En la figura 1.5 se indica un ejemplo de curvas características del ventilador, del sistema y del punto de trabajo óptimo.

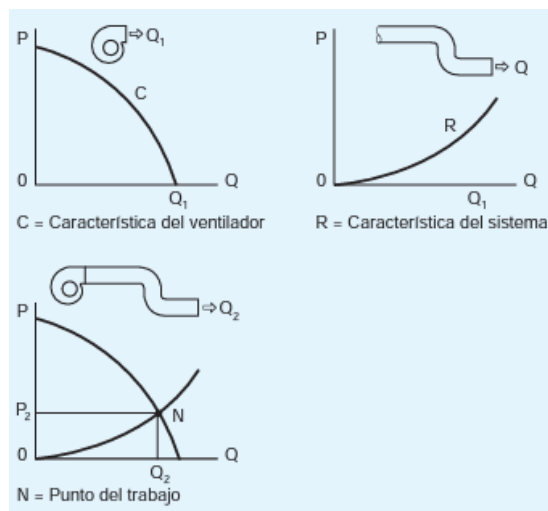


Figura 1.5 Figura punto de operación del ventilador  
Fuente:(Soler & Palau, 1997)

## 1.4 Diseño de ductos

Los ductos de distribución de aire están diseñados para transportar un caudal determinado de aire, desde el ventilador a cada uno de los diferentes espacios a ventilar sin perder su eficiencia en todo su trayecto. Además, los diseños de ductos deben ser silenciosos para minimizar el consumo excesivo de energía. Las pérdidas por rozamiento, velocidad, nivel sonoro, altura máxima de los conductos y material de los ductos son las principales limitaciones que se deben tener en cuenta al momento de realizar un diseño de ductos. Asimismo, la selección de equipo es un parámetro importante para minimizar los costos (Carrier, 1980),(ASHRAE, 2016<sup>a</sup>).

## Clasificación de ductos

Los diseños de ductos de inyección y extracción pueden clasificarse según la velocidad y presión del aire dentro del ducto.

### Velocidad

- Baja velocidad: hasta 12 m/s
- Alta velocidad: más 12 m/s

Algunas velocidades recomendadas se pueden observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Velocidades recomendadas

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL – ROZAMIENTO EN CONJUNTO			
		Conductos Principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios de hotel Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos de directores Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercio de categoría media Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales Industriales	12,5	15	9	11	7,5

(Fuente: Soler & Palau, 1997)

### Presión

- Baja presión, o clase I: 0 hasta 882 Pa
- Media presión, o clases II: desde 882 Pa hasta 1.764 kPa

- Alta presión, o clases III: desde 1.764 kPa hasta 2940 kPa

Las presiones indicadas son presiones totales que incluyen pérdidas de carga de los ductos, pérdidas del equipo, pérdidas en accesorios y pérdidas de difusores, rejillas de inyección y extracción respectivamente (Carrier, 1980).

### **Pérdidas de presión en sistemas de ductos**

Las pérdidas de presión en los ductos se deben a la forma, tamaño y principalmente a su rugosidad que puede tener un impacto significativo en las pérdidas de presión del sistema, la rugosidad depende del material en cual es fabricado los ductos, en la tabla 1.2 se pueden observar las rugosidades de los materiales más comunes que se utilizan para la fabricación de ductos (ASHRAE, 2016<sup>a</sup>).

Tabla 1.2 Factores de rugosidad del conducto

<b>Ductos tipo de material</b>	<b>Rugosidad absoluta [mm]</b>
<b>Polietileno (P.E.)</b>	0,0000066
<b>Cloruro de polivinilo (PVC)</b>	0,00006
<b>Tuberías estiradas, latón, cobre, plomo</b>	0,000005-0,00003
<b>Tubería de aluminio</b>	0,00005-0,0002
<b>Acero con buena galvanización</b>	0,00023-0,00032
<b>Acero con galvanización ordinaria</b>	0,00033-0,0005

(Fuente: ASHRAE, 2016)

Unos de los parámetros más importantes para poder seleccionar el ventilador es calcular las pérdidas totales del sistema de ventilación. Para determinar la caída de presión hay que identificar el conducto principal que contenga las mayores pérdidas de presión, en muchas ocasiones el conducto principal tiende hacer el conducto más largo desde el ventilador hasta el recinto a ventilar más lejano, sin embargo, es aconsejable trabajar con las pérdidas totales por cada tramo y determinar el ducto con mayores pérdidas (Pita, 1999).

### **Dimensionamiento de ductos**

Los ductos para los sistemas de ventilación pueden tener diferentes secciones y pueden ser circulares o rectangulares, pero la mayoría de las ocasiones se suele utilizar los de sección rectangular.

Para determinar la sección adecuada con el objetivo de reducir las pérdidas de fricción y los costos de fabricación, se utilizan dos métodos de diseños que son: Métodos de igual fricción y método reducción de velocidad

### **Método de igual fricción**

Este método es ideal para diseñar ductos de inyección, retorno y extracción de aire, y se calcula de tal modo que todos los ductos tengan la misma caída de presión por unidad de longitud. Sin embargo, la desventaja de este método es equilibrar la caída de presión en las distintas ramas, por lo cual se recomienda el siguiente procedimiento:

Primero, se determina una velocidad inicial en el primer tramo del conducto principal. Esta velocidad se puede deducir de la tabla 1.1 de velocidades recomendadas. Luego de tener la velocidad, el caudal y con la ayuda de la gráfica del Anexo IV, se encuentra la caída de presión por longitud. Partiendo de este valor constante se determinarán todos los diámetros equivalentes con su respectivo caudal. Por último, si se desea diseñar ductos rectangulares, se debe buscar el diámetro equivalente de la tabla de ductos rectangulares del Anexo IIX, y determinar el lado mayor y menor. De esta manera la velocidad se reducirá automáticamente en el sentido de la corriente del conducto principal, un ves determinada la caída de presión por cada tramo se debe determinar la caída de presión por todos los accesorios que pertenecen al conducto principal de esta manera se obtendrá la caída de presión total del sistema (Carrier, 1980),(Pita, 1999).

### **Método de reducción de velocidad**

Este método no es aconsejable utilizar debido a que es necesario tener mucha experiencia en el cálculo de conductos, por lo que únicamente se debe aplicar este método para sistemas muy elementales.

El procedimiento de cálculo consiste en seleccionar una velocidad de salida para cada tramo, esta velocidad no debe exceder de los valores de la tabla de velocidades recomendadas. Una vez obtenidas todas las velocidades y el caudal, se puede determinar el diámetro equivalente, así como la caída de presión por unidad de longitud con la ayuda de la gráfica del Anexo IV, luego se determinan las pérdidas en los accesorios que pertenecen al conducto principal para así obtener la caída de presión total que servirá para seleccionar el ventilador (Carrier, 1980)



## 1.5 Aplicaciones en línea

La aplicación en línea es una plataforma web en la cual los usuarios acceden mediante una conexión con un servidor por una determinada red de internet, también se puede describir como un programa informático que se puede ejecutar en un navegador.

La comunicación que se da entre los servidores y los usuarios se realiza mediante protocolo HTTP, este protocolo permite la transferencia de información en la World Wide Web (WWW). Las peticiones se lo realiza mediante los URLs (Mateu, 2004). En la figura 1.6 se puede observar cómo se realiza la comunicación entre el usuario y el servidor.

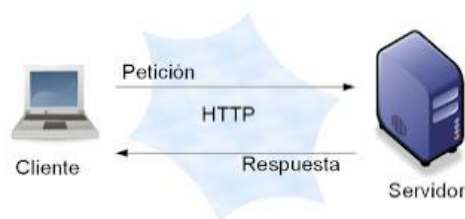


Figura 1.6 Transferencia de información  
Fuente: (Scampos, 2012)

## Frameworks para el desarrollo de aplicaciones web

Un Framework es una agrupación de varios componentes que son de ayuda para el desarrollo de aplicaciones web, y este a su vez es editable, es decir que se puede configurar nuevas funcionalidades para satisfacer las necesidades que debe tener la aplicación, por lo que se convierte en una herramienta muy útil para el desarrollo web ya que se reduce el tiempo de programación (Ríos et al., 2016).

En la figura 1.8 se pueden observar los Framework más populares.



Figura 1.7 Frameworks más populares a nivel mundial  
Fuente:(Data, 2021)

Para el desarrollo de la aplicación web HelpVenti se utilizó el segundo Frameworks más popular que es Django.

## **Django**

Es una aplicación desarrollada en 2003 por Python. Es un framework que permite crear páginas web de una manera fácil sin perder la programación de alta calidad. Una de las ventajas de esta aplicación es que hoy en día cuenta con una comunidad de programadores grande y sólida, por lo que existe abundante información sobre el desarrollo de aplicaciones web, la cual permite ahorrar mucho tiempo al momento de programar, así también su interface es amigable, incluso para programadores principiantes (Holovaty, A.Janu, 2008).

Características de Django:

- Permite dividir las aplicaciones en diferentes funciones, el cual permite utilizar estas funciones pequeñas en varias aplicaciones.
- Tiene a Python como su lenguaje principal.
- Genera información ordenada automáticamente.
- Interfaz robusta en cuanto se refiere a base de datos.
- Un sistema de vistas genéricas.
- Documentación fácil de comprender para cualquier programador.
- Permite importar Bootstrap para las apariencias de Django

## **Modelo patrón modelo -vista- controlador**

El MVC, patrón Modelo-Vista-Controlador, este modelo utiliza el frameworks Django, se denomina un patrón de diseño y tiene como objetivo principal separar el código de programación con los datos, para poder presentar al usuario una aplicación amigable y de fácil manejo. Además se puede separar distintos trabajos de forma independiente, facilitando el mantenimiento del código (Web, 2020).

### **Modelo**

El modelo es el núcleo de la aplicación web, es donde se encuentra los formularios y su funcionalidad, es aquí donde se trabaja el almacenamiento de los datos.

### **Vistas**

Es la encargada de mostrar el modelo en una presentación amigable para los usuarios.

## Controlador

Sirve principalmente para enlazar las vistas con los modelos y poder lograr las peticiones realizadas por el usuario. Además, es aquí en donde se realiza la secuencia y manipulación de datos.

En la siguiente figura 1.8 se puede observar como el modelo, la vista y el controlador interactúan con el usuario.

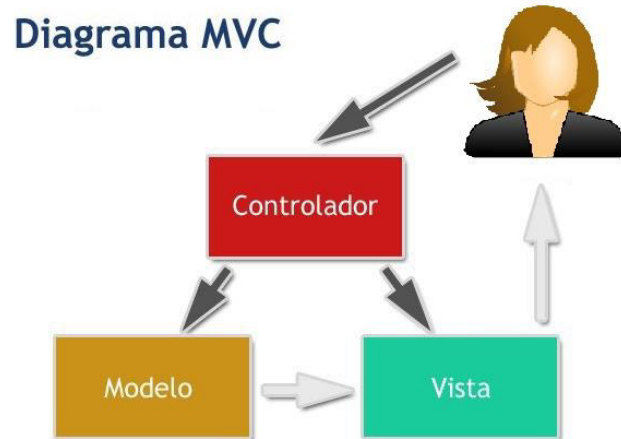


Figura 1.8 Diagrama de colaboración MVC  
(Fuente: Ramírez, 2017)

## Bootstrap

Bootstrap es un framework desarrollado en CSS y JavaScript, esta herramienta es compatible con Django y permite esa interactividad entre el usuario y la aplicación web mediante la asignación de menús, colores, imágenes, etc. Mejorando el entorno de la aplicación web.

Al ser una herramienta de código abierto se puede descargar el código fuente y agregar a cualquier proyecto desarrollado con Django para luego utilizarlos como clases en el código de programación.

## **2. METODOLOGÍA**

En este capítulo se detalla la metodología que se va a seguir para cumplir con todos los objetivos propuestos. Además, se detallan los parámetros necesarios para que la aplicación funcione correctamente.

La metodología que se va a utilizar se encuentra dividida por bloques: el primero se trata de conseguir información confiable en donde se detallan las tasas mínimas requeridas para los diferentes recintos a ventilar. Además, las tasas requeridas deben tener relación con el bienestar y la salud de sus ocupantes. Del mismo modo se tomará un método de cálculo adecuado para la selección de los ductos rectangulares. Luego se desarrolla el diagrama de flujo, el cual consta una secuencia lógica, que con la ayuda de la información recopilada y el método adecuado permita determinar los ductos rectangulares normalizados, así como la caída de presión del sistema. Después se diseñará una interfaz que sea amigable y agradable con el usuario, que le permita ingresar los datos de una manera clara y ordenada.

Para la validación del programa se hará uso de un caso práctico de estudio en donde se diseñará paso a paso con el método de cálculo manual. Una vez validado del programa se realizará una guía para el uso de la plataforma con el objetivo de que el usuario tenga mayor conocimiento sobre el ingreso de datos, así como la interpretación de los resultados. Finalmente, la aplicación se subirá a una página web para que el usuario pueda acceder de forma libre.

En la figura 2.1 se puede observar la metodología descrita en los párrafos precedentes.

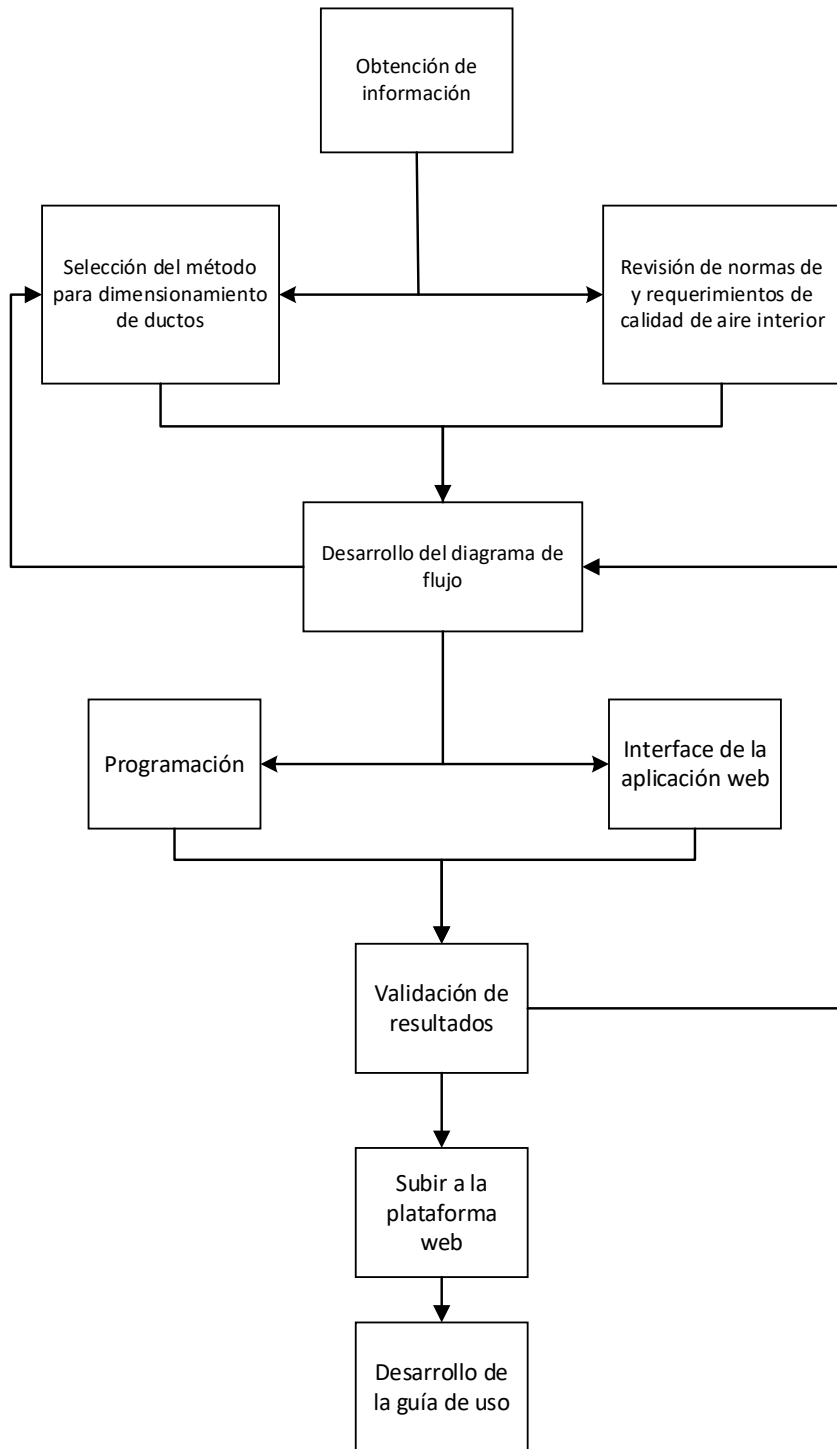


Figura 2.1 Metodología para el desarrollo del plan de trabajo.

(Fuente: Propia)

## **3. DESARROLLO**

### **3.1 Obtención de información**

Para el desarrollo de la Aplicación se utiliza la norma ASHRAE 62.1-2017 “Ventilación para una Calidad Adecuada del Aire Interior” (ASHRAE, 2016b), Aquí se detallan los requerimientos mínimos para asegurar la calidad del aire en el interior de las edificaciones, así también reduce los efectos negativos que podrían causar los contaminantes que se encuentran en el aire, en la salud de los ocupantes. Esta norma utiliza las áreas de los recintos a ventilar, así como las personas estimadas a ocupar dicho espacio para determinar la tasa requerida. Los requerimientos mínimos de la norma se pueden observar en el Anexo VI.

Del mismo modo se utiliza las normas ANSI/ASHRAE Estándar 170-2013 “Ventilación de instalaciones de atención médica. En esta norma se encuentran los requerimientos mínimos para garantizar la calidad de aire interior para todo el sector de hospitalización, así como de atención médica. Además, esta norma se basa en las renovaciones necesaria de aire por cada recinto. De la misma manera los requerimientos se pueden observar en el Anexo VII (ASHRAE, 2013).

Para el dimensionamiento de ductos se utiliza la norma ASHRAE 2009 Handbook Fundamentals, en donde se encuentran las dimensiones de los ductos rectangulares normalizados y los que son más comerciales, la tabla de las dimensiones de los ductos normalizados se encuentra en el Anexo IIX (ASHRAE, 2009).

Por último, el método de cálculo para determinar el dimensionamiento de los ductos será el de pérdidas de presión constante, debido a su gran aplicación en los diferentes tipos de espacios y su uso tanto en inyección como en extracción de aire.

### **3.2 Diagrama de flujo**

En la figura 3.1 se encuentra el diagrama de flujo desarrollado para la realización de la aplicación que ayudará a calcular sistemas de ventilación mecánica.

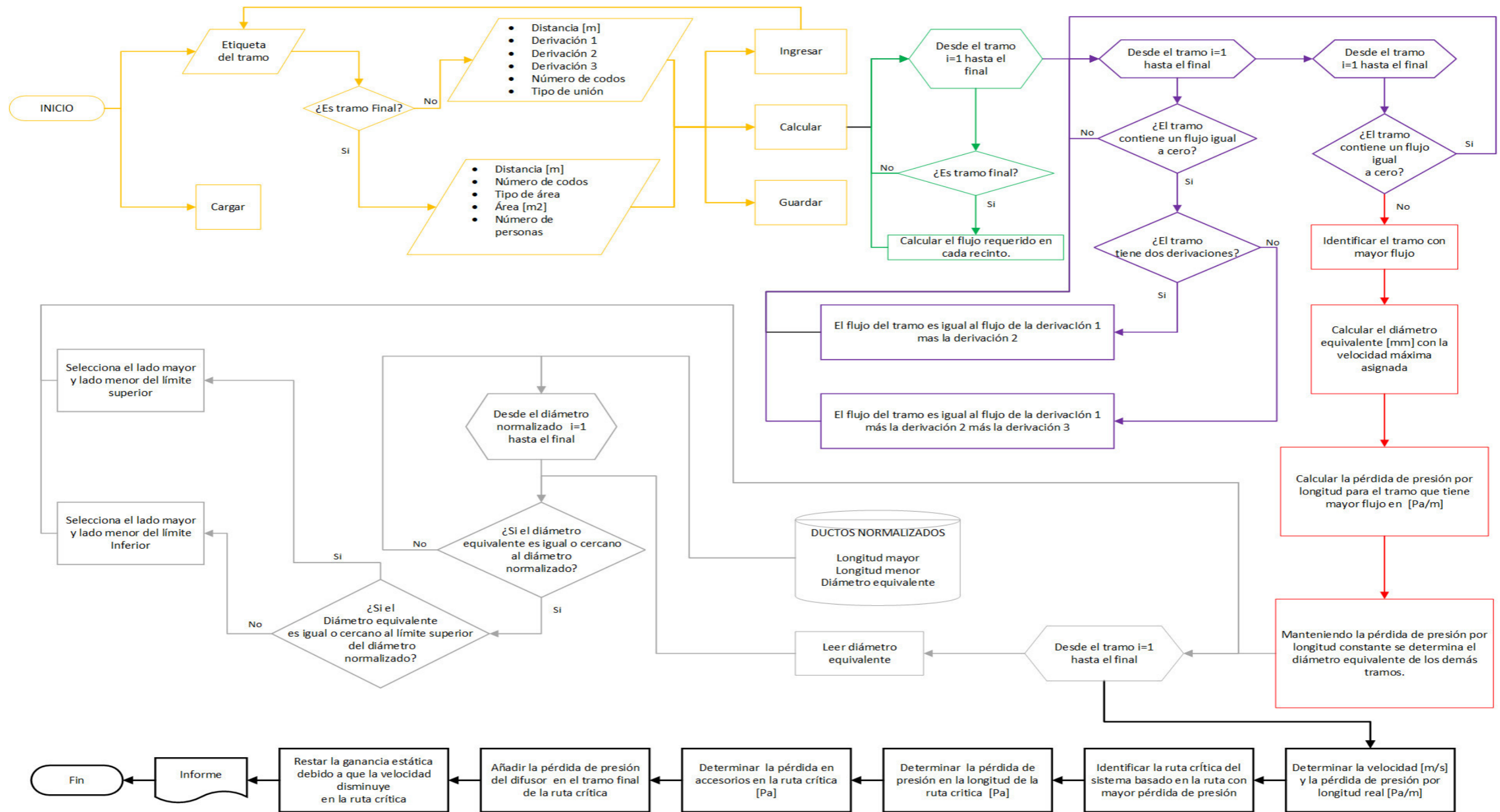


Figura 3.1 Diagrama de flujo  
(Fuente: Propio)

Bloque 1 ■: Esta sección abarca el ingreso de todos los datos necesarios para el funcionamiento del programa.

Bloque 2 ■: En esta sección se determina la tasa mínima por cada espacio para garantizar la calidad del aire interior.

Bloque 3 ■: En esta sección se calcula el flujo que atravesará por cada tramo del sistema de ventilación mecánica.

Bloque 4 ■: En esta sección se determinará la velocidad máxima del aire que atravesará por el tramo de mayor flujo, de la misma manera se calculará el diámetro equivalente y la pérdida de presión por longitud. Además, obtenida la pérdida de presión por longitud constante, se determinarán los diámetros equivalentes de todos los tramos del sistema de ventilación mecánica.

Bloque 5 ■: En esta sección se seleccionará, para cada tramo, un ducto rectangular con dimensiones normalizadas.

Bloque 6 ■: En esta sección se determinan las pérdidas de presión por longitud, pérdidas por accesorios y pérdidas en las bocas de inyección o extracción de aire, obteniendo finalmente la pérdida total del sistema de ventilación.

### 3.3 Dimensionamiento de los ductos.

Para el dimensionamiento de los ductos rectangulares es necesario primero determinar la tasa mínima requerida que garantice la calidad del aire interior, estas ecuaciones se obtienen de la norma ASHARE.

$$V_{bz} = R_p P_z + R_a A_z$$

Ecuación 3.1. Fuente: (ASHRAE, 2016b)

$V_{bz}$  = Flujo necesario por cada área.

$R_p$  = Razón de litros por segundo por personas.

$P_z$  = Ocupantes estimados por área.

$R_a$  = Razón de litros por segundo por área.

$A_z$  = Área en  $[m^2]$ .

La ecuación 3.1 determina la tasa requerida para todos los diferentes espacios excepto las secciones hospitalarias y las industriales.



$$V_{bz} = R * h * Az$$

Ecuación 3.2. Fuente:(ASHRAE, 2013)

$V_{bz}$  = Flujo necesario por cada área.

R = Renovaciones mínimas necesarias.

H = Altura del recinto a ventilar

$A_z$  = Área en  $m^2$ .

La ecuación 3.2 determina la tasa requerida para todos los espacios de atención de pacientes y las instalaciones de atención médica.

Para el dimensionamiento de ductos, se parte de una velocidad máxima que circule por el conducto principal, dicha velocidad debe causar el menor ruido posible dependiendo para cada área, las velocidades recomendadas se pueden ver en la tabla 1.1. Además, se debe tener en cuenta que la velocidad máxima es de 10 m/s y la velocidad mínima es de 5 m/s para el conducto principal (Soler & Palau, 1997).

Para los sistemas de ventilación mecánica, los ductos más utilizados son de forma rectangular por los que es necesario determinar el diámetro equivalente respectivo, esto se puede calcular con la ecuación 3.3 de Huebscher.

$$D_{e=1.3} = \sqrt[8]{\frac{(H * W)^5}{(H + W)^2}}$$

Ecuación 3.3: Fuente: (Cengel, 2006))

H= Altura del ducto

W=Ancho del ducto

### **Número de Reynolds.**

El número de Reynolds determina el comportamiento del aire en el interior de los ductos. Para los sistemas de ventilación mecánica es común encontrar fluidos de tipo turbulento. Para calcular el número de Reynolds se utiliza la ecuación 3.4.

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

Ecuación 3.4. Fuente:(Cengel, 2006)

Para el desarrollo de la aplicación la densidad del aire se tomará en cuenta el valor de  $\rho = 1.2 \frac{kg}{m^3}$  y la viscosidad dinámica  $\mu = 1.8 \times 10^{-5} Pa \times s$  que son las condiciones de presión atmosféricas.

## Rugosidad en los materiales

La rugosidad es un parámetro muy importante para el dimensionamiento de ductos debido a que las propiedades de los materiales impiden un flujo continuo a través de toda la tubería ocasionando que la presión de salida siempre sea menor que la entrada. Para el desarrollo de este proyecto se utilizará como material el acero galvanizado de la tabla 1.2 que es el más utilizado para la realización de ductos de ventilación, este posee una rugosidad de 0.01219 mm.

## Factor de fricción

Para obtener el factor de fricción se hace uso de la ecuación de Colebrook debido a su gran aproximación a los resultados del diagrama de Moody. Así también esta ecuación tiene una gran utilidad cuando se trata de fluidos con flujos turbulentos.

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

Ecuación 3.5.

Fuente: (Cengel, 2006)

Despejando la ecuación se obtiene el factor de fricción.

$$f = \left( \frac{1}{-2 \log \left( \frac{\varepsilon_r}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)} \right)^2$$

Ecuación 3.6

La ecuación 3.6, permite resolver por el método de iteraciones de una manera más eficiente.

En donde:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D_e}$$

$\varepsilon_r$  = Rugosidad relativa

$D_e$  = Diámetro equivalente

Para determinar la caída de presión a través de los ductos rectangulares, se calcula por medio de la ecuación de Darcy.

$$h = \frac{f * \rho * V^2}{2D_e} \frac{Pa}{m}$$

Ecuación 3.7

Fuente:(Carrier, 1980)

$f$ = Coeficiente de fricción

$\rho$ = Densidad

$V$ = Velocidad

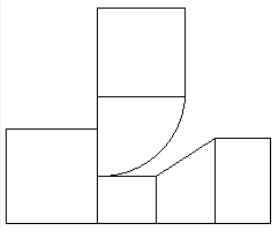
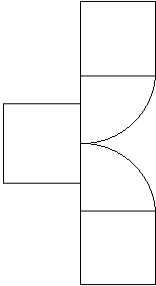
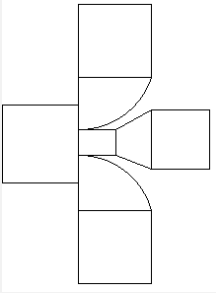
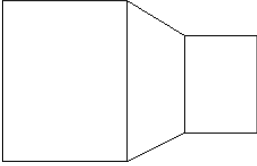
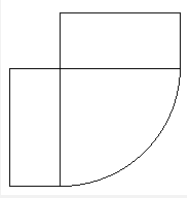
$D_e$ = Diámetro equivalente

### **Pérdidas por accesorios**

Los accesorios permiten dividir el flujo de aire y llevar a cada recinto el flujo necesario para mantener la calidad de aire en el interior.

En la tabla 3.1 se encuentran los nombres más comunes para los diferentes tipos de accesorios que se tiene en un sistema de ventilación.

Tabla 3.1 Accesorios más comunes en sistemas de ventilación

Nombre	Gráfico
Bifurcación	
Derivación	
Cruz	
Contracción	
Codo	

Fuente: Propio

**Cálculo para pérdidas por accesorios.**

Los accesorios de tipo codo y derivación se calculan de la misma manera debido a que el accesorio de tipo derivación es la unión de dos codos. Además, se toman las siguientes consideraciones:

La relación R/D es de 1.25

La relación W/D es de 1

Tomando en cuenta estas consideraciones y con la ayuda de la tabla 3.2 se toma la relación L/D = 7

Tabla 3.2 Pérdidas de presión para codos.

W/D	R/D				
	0,5	0,75	1	1,25	1,5
	Relación L/D				
<b>0,5</b>	33	14	9	5	4
<b>1</b>	45	18	11	7	4
<b>3</b>	80	30	14	8	5
<b>6</b>	125	40	18	12	7

Fuentes:(Carrier, 1980)

Para los accesorios de tipo cruz y contracción se calcula de la misma manera debido a que en los accesorios tipo cruz generalmente la ruta crítica atraviesa por la contracción del accesorio, para calcular se toma la siguiente consideración:

El ángulo de contracción es igual a 30 °

Tomando esta consideración y con la ayuda de la tabla 3.3 se obtiene como factor

n= 0.311

Tabla 3.3 Pérdidas para contracciones.

<b>A</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>n</b>	0,311	0,317	0,326

Fuente:(Carrier, 1980)

Aplicando la ecuación 3.8 se puede determinar las perdidas en los accesorios de tipo contracción.

$$P_a = 0.311 * \left[ \left( \frac{v_2}{4} \right)^2 - \left( \frac{v_1}{4} \right)^2 \right] * 9.81 \text{ Pa}$$

Ecuación 3.8

## Recuperación estática

A la medida que avanza el aire a través de la ruta crítica existe una caída en la velocidad de aire, lo que provoca una ganancia estática y que se calcula con la ecuación 3.9. Para determinar la ganancia estática, se toma en cuenta la velocidad máxima y mínima del conducto principal.

$$P_a = 0.75 * \left[ \left( \frac{V_2}{242.4} \right)^2 - \left( \frac{V_1}{242.4} \right)^2 \right] * 9.81 \text{ Pa}$$

Ecuación 3.9

## Difusores y rejillas

Debido a que los difusores y las rejillas tienen una caída de presión considerable, es necesario tomar en cuenta dichas caídas para el dimensionamiento del ventilador. Con la ayuda de la tabla del Anexo V se seleccionarán aquellos que tengan un nivel de ruido de 24 db que son los recomendables para residencias y hospitales, el cual se tiene una caída de presión de 9 Pa.

## 3.4 Interfaz gráfica.

### Pantalla inicial

La pantalla inicial consta con la presentación y la bienvenida a la aplicación web HelpVenti, y con el botón Get Started para el iniciar la aplicación, como se indica en la figura 3.2



Figura 3.2 Pantalla inicial.

(Fuente: Propio)

## Pantalla de ingreso de datos

La pantalla ingreso de datos consta de un formulario en donde el usuario puede ingresar los datos necesarios para el dimensionamiento del sistema de ventilación. Dentro de los datos de ingreso se especifica cada tramo, sus respectivas derivaciones o si se trata de un tramo final, la longitud del tramo, si tiene derivaciones especificar con qué tipo de unión se encuentra, el área del recinto a ventilar, las personas estimadas que ocuparan dicho recinto, por último, se especificara si en el tramo se encuentran codos o no.

La pantalla de ingreso de datos se encuentra representada en la figura 3.3.

The screenshot shows a web application interface for 'Escuela Politécnica Nacional' titled 'Aplicación para sistemas de ventilación mecánica'. The form contains the following fields and controls:

- Tramo:** Text input field with placeholder 'Ingrese el Tramo'.
- Derivación final:** Radio button.
- Derivación 1:** Text input field with placeholder 'Ingrese la derivación 1'.
- Derivación 2:** Text input field with placeholder 'Ingrese la derivación 2'.
- Derivación 3:** Text input field with placeholder 'Ingrese la Derivación 3'.
- Distancia del Tramo:** Text input field with placeholder 'Ingrese la distancia en [m]'.
- Número de codos por tramo:** Text input field.
- Número de codos por tramo:** Text input field.
- Tipo de Área:** Dropdown menu with placeholder '.....'.
- Código del Área:** Text input field.
- Área[m2]:** Text input field with placeholder 'Ingrese el Área [m2]'.
- Número de personas por área:** Text input field.
- Tipo de unión:** Dropdown menu with placeholder '.....'.

At the bottom of the form are three buttons: 'Agregar' (blue), 'Datos' (teal), and 'Calcular' (yellow). Below the buttons is a blue footer bar with the text 'Escuela Politécnica Nacional'.

Figura 3.3 Pantalla de ingreso de datos de la aplicación web.  
(Fuente: Propio)

**Nodo:** se considera a un punto donde existe un accesorio, una salida o entrada de aire.

**Tramo:** se considera a la nomenclatura del trayecto que existe entre dos nodos continuos del ducto de aire, por ejemplo, en la figura 3.4 se pueden encontrar los tramos: E-002, E-003, E-004, E-005, E-006.

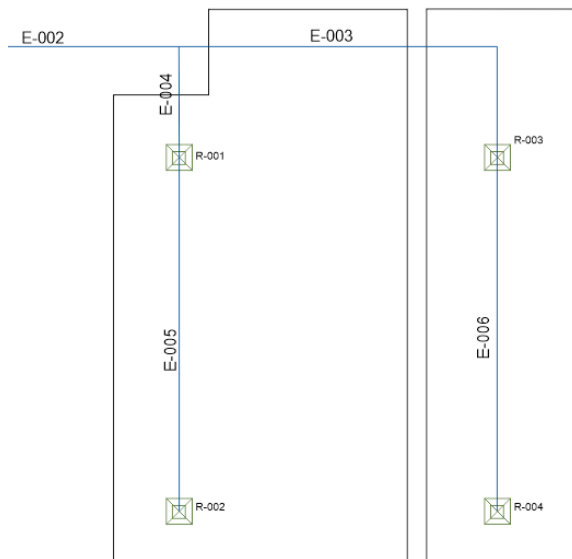


Figura 3.4 Ejemplo de un sistema de ventilación mecánica.  
(Fuente: Propia)

**Derivación final:** un tramo se considera derivación final si y solo si el nodo final es una salida o entrada de aire y no existe ningún tramo a continuación de este, por ejemplo, en la figura 3.4 Se puede encontrar el E-005 y el E-006 que son derivaciones finales.

**Derivación 1, Derivación 2, Derivación 3:** dependiendo el número de derivaciones existentes se llena los campos adecuados, por ejemplo, en la figura 3.4 el E-002 posee dos derivaciones, la Derivación 1 será el E-004 y la Derivación 2 será E-003.

**Distancia del tramo:** como el nombre mismo lo indica aquí se ingresa la distancia longitudinal del tramo en metros.

**Número de codos:** se ingresa la cantidad de codos existentes dentro del tramo, por ejemplo, en la figura 3.4 en el tramo E-003 existe un codo.

**Tipo de área:** se refiere al tipo de recinto, los recintos existentes dentro de la aplicación se encuentran en el Anexo VI y el Anexo VII.

**Código del área:** es una codificación independiente que puede ingresar el usuario de una manera libre, esto ayudará a identificar los resultados.

**Área:** se ingresa la cantidad de superficie en metros cuadrados del recinto a ventilar.



**Número de personas:** se ingresa la cantidad de personas existentes que ocupan dicho recinto.

**Tipo de unión:** se refiere al accesorio que unirá los diferentes tramos si existen las derivaciones.

### Pantalla base de datos.

Cuando el usuario ingresa todos los datos respectivos para un tramo en la pantalla de inicio y se presiona el botón AGREGAR, esta se guarda en la base de datos, una vez terminado el ingreso de datos se puede presionar el botón DATOS. En la figura 3.5 se muestra la pantalla de datos, la cual indica todos los ítems de la pantalla de ingreso de datos. Además, posee una columna de acciones que tiene dos botones EDITAR y ELIMINAR.

Tramo	Derivación final	Derivación 1	Derivación 2	Derivación 3	Distancia del tramo	Número de codos por tramo	Tipo de área	Código de área	Área[m2]	Unión	Número de personas
E53	True				1,4	None	Salón de conferencias-3.8	PB-012	17,82	None	5

Figura 3.5 Pantalla de base de datos.  
(Fuente: Propio)

### Pantalla editar.

EDITAR: cuando se presiona este botón se redirecciona a la pantalla de inicio, como se indica en la figura 3.6, aquí se puede cambiar cualquier dato de los diferentes ítems, una vez realizado los respectivos cambios se presiona el botón CAMBIAR y los cambios serán guardados correctamente.

**Escuela Politécnica Nacional**  
 Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

---

Tramo

---

Derivación final

---

Derivación 1

---

Derivación 2

---

Derivación 3

---

Distancia del Tramo

---

Número de codos por tramo

---

Tipo de Área

---

Código del Área

---

Área[m2]

---

Número de personas por área

---

Tipo de unión

Cambiar
Datos

**Escuela Politécnica Nacional**

Figura 3.6 Pantalla editar.  
(Fuente: Propia)

### Pantalla eliminar.

ELIMINAR: cuando se presiona el botón se direcciona a una pantalla de confirmación, como se muestra en la figura 3.7 en donde indica confirmar si desea eliminar los datos del tramo, si presiona SI, ELIMINAR, el dato queda completamente eliminado, si presiona CANCELAR desistirá esta acción y se regresa al listado de los datos.

**Escuela Politécnica Nacional**  
 Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

---

**Desea eliminar este registro**

---

**Escuela Politécnica Nacional**

Figura 3.7 Pantalla eliminar.  
(Fuente: Propia)

## Pantalla de ingreso de velocidad.

Para realizar los cálculos respectivos en cualquiera de las dos pantallas ya mencionadas, se encuentra el botón CALCULAR que redirecciona a una nueva pantalla en donde se debe seleccionar una velocidad máxima para el conducto principal, esta velocidad debe encontrarse entre 5 m/s y 10 m/s, como se indica en la siguiente figura 3.8.

Escuela Politécnica Nacional  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Datos

Velocidad máxima en el conducto principal

Calcular

Figura 3.8 Pantalla de ingreso de velocidad para el conducto principal.  
(Fuente: Propia)

Una vez ingresada la velocidad se presiona el botón CALCULAR. Esta redirecciona a una nueva pantalla, en donde se muestra los parámetros del sistema de ventilación como es la caída de presión total del flujo requerido, las pérdidas por longitud, la caída de presión por parte del difusor y la recuperación estática, como se observa en la figura 3.8.

## Pantalla de parámetros del sistema de ventilación.

Escuela Politécnica Nacional  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Borrar datos Datos Ingreso

Parámetros del sistema Resultados de ductos Ruta crítica Ductos Datos ASHRAE

Parámetros del sistema de ventilación

	Caída de presión del sistema de ventilación [Pa]	Flujo de aire requerido [l/s]	Pérdidas por longitud [Pa]	Pérdidas por accesorios [Pa]	Caída de presión por el difusor [Pa]	Recuperación estática [Pa]
0	59.97	2667.49	62.08	6.51	9.0	17.62

Figura 3.9 Resultados de los parámetros del sistema de ventilación.  
(Fuente: Propia)

Dentro de la pantalla de resultados en la figura 3.8 se pueden observar cuatro botones más que son los siguientes:

**Resultados de ductos:** aquí se visualizan todos los tramos que pertenecen al sistema de ventilación juntamente con las dimensiones de los ductos, la velocidad de aire que atraviesa por cada tramo, el flujo de aire por cada tramo y las pérdidas por cada tramo, como se indica en la figura 3.9.



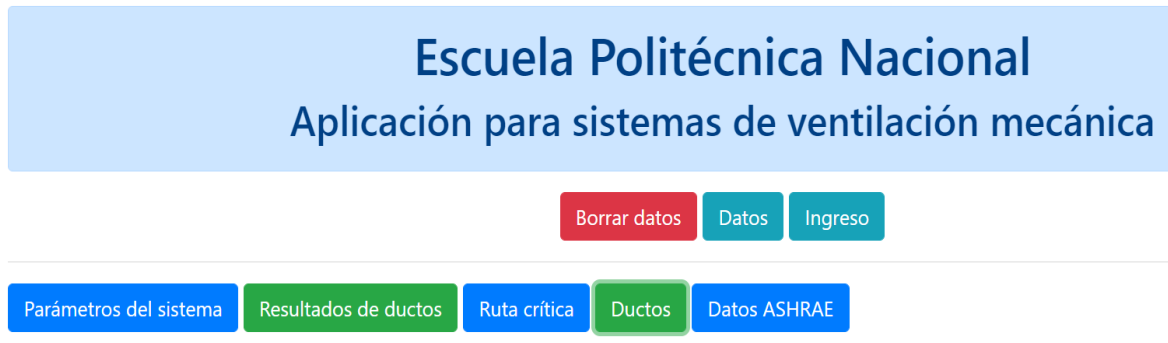
Figura 3.10 Datos obtenidos para cada tramo.  
(Fuente: Propia)

**Ruta crítica:** aquí se encuentra identificado los tramos que pertenecen a la ruta crítica del sistema de ventilación juntamente con la velocidad y las pérdidas por longitud, como se indica en la figura 3.10.



Figura 3.11 Datos de la ruta crítica  
(Fuente: Propia)

**Ductos:** Aquí se encuentra las dimensiones de los ductos para cada tramo del sistema de ventilación. Como se indica en la figura 3.11



### Dimensiones de los ductos

	Tramo	Lado Mayor [mm]	Lado Menor [mm]
0	E53	150	100
1	E54	500	500

Figura 3.12 Dimensiones de los ductos de cada tramo.  
(Fuente: Propia)

### Pantalla cargar.

En esta pantalla se puede cargar proyectos previamente guardados anteriormente por la misma aplicación, para cargar los proyectos se debe seleccionar el archivo, este archivo deber ser Excel, una vez seleccionado presionamos el botón guardar y se cargara automáticamente todo el proyecto en donde se puede visualizar con el botón datos, como se muestra en la siguiente figura 3.13



Figura 3.13 Pantalla cargar.  
(Fuente: Propia)

## Pantalla guardar

En esta pantalla nos permite guardar los proyectos en formato Excel, solo se coloca el nombre del archivo con que se desea guardar el proyecto y presionamos el botón guardar y se descarga automáticamente.



Escuela Politécnica Nacional  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Nombre del archivo

Guardar

Figura 3.14 Pantalla de guardar.

(Fuente: Propia)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caso de estudio

El caso de estudio para el diseño de un sistema de ventilación mecánica se ha realizado en la ciudad de Quito, en una sección de la planta baja del Hospital Metropolitano, ubicado en la Av. Occidental y Mariana de Jesús. La sección para ventilar se observa en los planos del Anexo I. Además, esta sección tiene una altura entre el piso y el tumbado de 3.5 metros, cuenta con una superficie total de 937.56 metros cuadrados, la cual se encuentran divididas por los siguientes recintos.

- Baños
- Bodegas
- Vestidores
- Recepción
- Área religiosa
- Caja de bancos
- Conferencia/reuniones
- Recuperación
- Endoscopia
- Espacio de oficinas
- Limpieza de endoscopios
- Registro y espera
- Salón multiusos

Las diferentes áreas se encuentran distribuidas como se indican en la figura 4.1

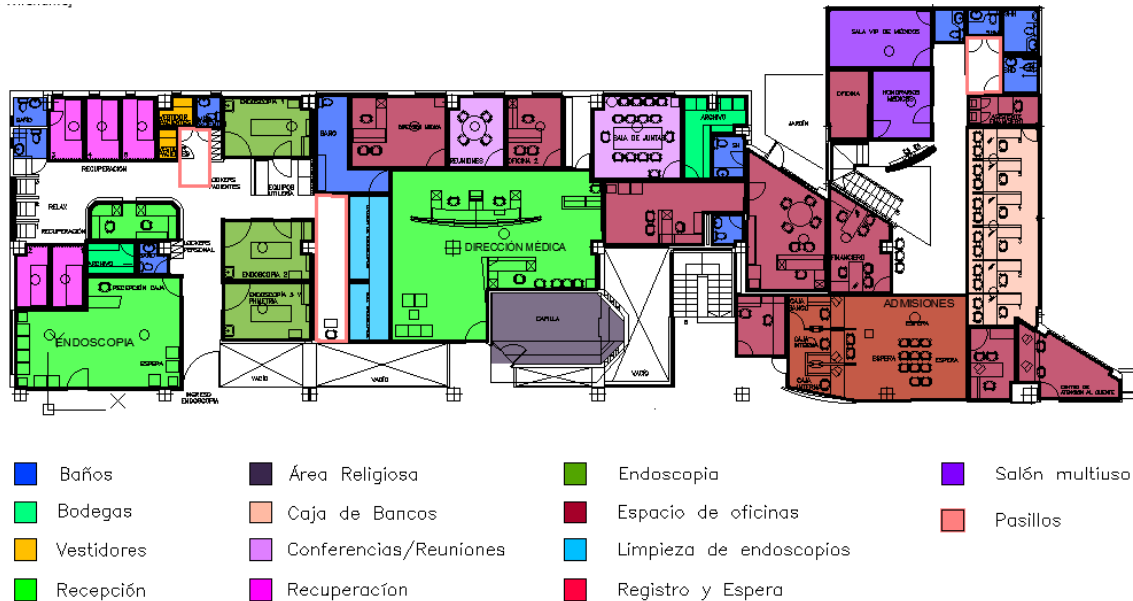


Figura 4.1 Distribución de áreas planta baja Hospital Metropolitano Quito.

(Fuente: Propia)

## Estudio de los diferentes recintos a ventilar

Para garantizar la calidad del aire interior se ha tomado como referencia la norma ASHRAE 62.1-2016, para lo cual, es necesario la obtención de la superficie y el número estimado de personas que van a ocupar dichos recintos, esto se lo puede observar en la tabla 4.1. Además, las áreas que pertenecen a alguna instalación hospitalaria se han basado en la norma ASHRAE de “Ventilación de instalaciones de atención médica”, para lo que, es necesario obtener el volumen de cada recinto. Esto se lo puede observar en la tabla 4.2. Para obtener las áreas de cada recinto se calculó con la ayuda del software AutoCAD. Además, la codificación de cada recinto de encuentra en el Anexo II.

Tabla 4.1 Datos recintos Comerciales destinadas a ventilar

Código	Descripción	Área m2	Personas estimadas
PB-006	Vestidores	3	2
PB-007	Vestidores	2.8	2
PB-011	Espacio de oficinas	31.12	5
PB-012	Conferencia/Reuniones	17.82	5
PB-013	Espacio de oficinas	18.43	3
PB-014	Conferencia/Reuniones	33.82	15
PB-015	Bodegas	15.52	
PB-016	Espacio de oficinas	13.18	2
PB-017	Salón Multiusos	27.55	3
PB-018	Salón Multiusos	19.02	3
PB-023	Espacio de oficinas	10.02	2
PB-024	Cajas de bancos	65.24	17
PB-025	Espacio de oficinas	22.8	2
PB-026	Espacio de oficinas	14.98	3
PB-027	Registro y espera	85.7	11
PB-028	Espacio de oficinas	13.69	5
PB-029	Espacio de oficinas	24.01	6
PB-030	Espacio de oficinas	41.93	7
PB-033	Espacio de oficinas	35.37	3
PB-034	Recepción	138.1	7
PB-035	Área religiosa	52.73	5
PB-039	Recepción	15.11	2
PB-040	Bodegas	7.26	
PB-042	Recepción	74.32	11

(Fuente: Propio)



Tabla 4.2 Datos para los recintos de atención médica destinadas a ventilar.

<b>Instalaciones hospitalarias</b>				
Código	Descripción	Área m2	Altura m	Volumen m3
PB-001	Baño	4.4	3.5	15.4
PB-002	Baño	4.4	3.5	15.4
PB-003	Recuperación	9.7	3.5	33.95
PB-004	Recuperación	9.9	3.5	34.65
PB-005	Recuperación	9.96	3.5	34.86
PB-008	Baño	4.08	3.5	14.28
PB-009	Endoscopía	23.48	3.5	82.18
PB-010	Baño	19.16	3.5	67.06
PB-019	Baño	4.66	3.5	16.31
PB-020	Baño	3.95	3.5	13.825
PB-021	Baño	7.32	3.5	25.62
PB-022	Baño	6.02	3.5	21.07
PB-031	Baño	6.32	3.5	22.12
PB-032	Baño	4.2	3.5	14.7
PB-036	Limpieza de endoscopios	27.42	3.5	95.97
PB-037	Endoscopía	23.78	3.5	83.23
PB-038	Endoscopía	22.54	3.5	78.89
PB-041	Baño	3.88	3.5	13.58
PB-043	Recuperación	9.75	3.5	34.125
PB-044	Recuperación	9.26	3.5	32.41

(Fuente: Propio).

### **Diseño del diagrama unifilar**

Se realiza el diagrama unifilar para conocer la trayectoria de los ductos hacia las diferentes áreas para la inyección y extracción de aire, así como la ubicación de los difusores, rejillas y la unidad de ventilación. Además, el diagrama unifilar proporcionará datos como: el nombre de cada tramo, la distancia de cada tramo, accesorios utilizados, así mismo, con la ayuda del diagrama unifilar se puede determinar el caudal que atraviesa por cada tramo del sistema de ventilación, el diagrama unifilar se encuentra en el Anexo II.

Para determinar los caudales que atraviesan por cada tramo se suman los caudales de los diferentes recintos dependiendo de la trayectoria de los ductos. Por ejemplo, si el tramo I-1 se deriva en tramo I-2 y tramo I-3, entonces para determinar el caudal del tramo I-1 se sumarán los caudales del Tramo I-3 y Tramo I-2. Los resultados se pueden observar en la columna B el Anexo III para el sistema de extracción.

## 4.2 Resolución del caso de estudio por cálculo manual.

### Requerimientos mínimos de caudal de aire exterior

Para determinar los caudales mínimos que garanticen la calidad de aire interior, en las instalaciones hospitalarias se ha tomado como referencia tabla 7.1 de la norma ASHRAE de “Ventilación de instalaciones de atención médica”, en la que se detalla las renovaciones mínimas necesarias, esto se puede observar en la tabla 4.3.

Para obtener el caudal requerido por cada recinto basta con multiplicar el volumen por las renovaciones requeridas los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Flujo requerido para cada recinto para las instalaciones hospitalarias.

Instalaciones hospitalarias						
Código	Descripción	Área m2	Altura m	Volumen m3	Renovaciones por hora	Flujo Requerido l/s
PB-001	Baño	4.4	3.5	15.4	10	42.78
PB-002	Baño	4.4	3.5	15.4	10	42.78
PB-003	Recuperación	9.7	3.5	33.95	6	56.58
PB-004	Recuperación	9.9	3.5	34.65	6	57.75
PB-005	Recuperación	9.96	3.5	34.86	6	58.10
PB-008	Baño	4.08	3.5	14.28	10	39.67
PB-009	Endoscopía	23.48	3.5	82.18	6	136.97
PB-010	Baño	19.16	3.5	67.06	10	186.28
PB-019	Baño	4.66	3.5	16.31	10	45.31
PB-020	Baño	3.95	3.5	13.825	10	38.40
PB-021	Baño	7.32	3.5	25.62	10	71.17
PB-022	Baño	6.02	3.5	21.07	10	58.53
PB-031	Baño	6.32	3.5	22.12	10	61.44

PB-032	Baño	4.2	3.5	14.7	10	40.83
PB-036	Limpieza de endoscopios	27.42	3.5	95.97	10	266.58
PB-037	Endoscopía	23.78	3.5	83.23	6	138.72
PB-038	Endoscopía	22.54	3.5	78.89	6	131.48
PB-041	Baño	3.88	3.5	13.58	10	37.72
PB-043	Recuperación	9.75	3.5	34.125	6	56.88
PB-044	Recuperación	9.26	3.5	32.41	6	54.02

(Fuente:Propio)

De la misma manera, las áreas que no pertenecen a instalaciones hospitalarias se basan en la tabla 6.1 de las normas ASHRAE 62.1-2016, en donde se especifican los litros por segundo para áreas y litros por segundo por cada persona mínimas necesarias. Además, se hará uso de la ecuación 3.1, recomendada por la misma norma para determinar el caudal requerido.

Para el área que tiene de código PB-012 se toman los siguientes datos:

$$P_z = 5$$

$$A_z = 17.82 \text{ m}^2.$$

De la tabla 6.1 de las normas ASHRAE 62.1-2016 se toma lo siguientes datos:

$$R_p = 2.5$$

$$R_a = 0.3$$

$$V_{bz} = (2.5 * 5) + (0.3 * 17.8) = 17.84 \frac{l}{s}$$

Los resultados se detallan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Flujo requerido para cada recinto para las instalaciones hospitalarias.

Zonas destinadas a ventilar						
Código	Descripción	Área m2	Personas estimadas	$\frac{L}{S \times m}$	$\frac{L}{s \times Personas}$	Flujo Requerido
PB-006	Vestidores	3	2	0.3	2.5	5.9
PB-007	Vestidores	2.8	2	0.3	2.5	5.8
PB-011	Espacio de oficinas	31.12	5	0.3	2.5	21.8
PB-012	Conferencia/Reuniones	17.82	5	0.3	2.5	17.8

PB-013	Espacio de oficinas	18.43	3	0.3	2.5	13.0
PB-014	Conferencia/Reuniones	33.82	15	0.3	2.5	47.6
PB-015	Bodegas	15.52		0.3		4.7
PB-016	Espacio de oficinas	13.18	2	0.3	2.5	9.0
PB-017	Salón Multiusos	27.55	3	0.3	3.8	19.7
PB-018	Salón Multiusos	19.02	3	0.3	3.8	17.1
PB-023	Espacio de oficinas	10.02	2	0.3	2.5	8.0
PB-024	Cajas de bancos	65.24	17	0.3	2.5	62.1
PB-025	Espacio de oficinas	22.8	2	0.3	2.5	11.8
PB-026	Espacio de oficinas	14.98	3	0.3	2.5	12.0
PB-027	Registro y espera	85.7	11	0.3	3.8	67.5
PB-028	Espacio de oficinas	13.69	5	0.3	2.5	16.6
PB-029	Espacio de oficinas	24.01	6	0.3	2.5	22.2
PB-030	Espacio de oficinas	41.93	7	0.3	2.5	30.1
PB-033	Espacio de oficinas	35.37	3	0.3	2.5	18.1
PB-034	Recepción	138.1	7	0.3	2.5	58.9
PB-035	Área religiosa	52.73	5	0.3	2.5	28.3
PB-039	Recepción	15.11	2	0.3	2.5	9.5
PB-040	Bodegas	7.26		0.3		2.2
PB-042	Recepción	74.32	11	0.3	2.5	49.8

(Fuente: Propio)

### Dimensionamiento de ductos para sistema de extracción

Para dimensionar los ductos del sistema de extracción del caso práctico, se utilizará el método de igual fricción. Para este método se escoge la velocidad recomendada de la tabla 1.1. como se trata de un ducto principal se elige una velocidad de  $6 \frac{m}{s}$ , y se calcula el área, así como su diámetro equivalente.

Flujo del primer tramo principal es de  $2667.49 \frac{l}{s} \rightarrow 2.667 \frac{m^3}{s}$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{2667.4 \frac{l}{s}}{6 \frac{m}{s} * 1000 \frac{l}{m^3}} = 0.444 m^2$$

### Diámetro equivalente

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * 0.444}{\pi}} = 0.751 m$$

Una vez obtenido el flujo del tramo principal que es  $2667.4 \frac{l}{s}$  y el diámetro equivalente de  $751 mm$  se encuentra la intersección de estas dos líneas con la ayuda de la gráfica del Anexo IV. Esto da como resultado una caída de presión igual a  $0.5 \frac{Pa}{m}$ .

Así se procede a obtener los diámetros equivalentes para cada tramo, tomando como referencia la gráfica del Anexo IV con la caída de presión constante de  $0.5 \frac{Pa}{m}$  y el caudal por cada tramo. Los resultados para el sistema de extracción se lo pueden observar en la columna F del Anexo III.

### Ductos rectangulares

Una vez obtenido el diámetro equivalente y con la ayuda del Anexo IIX se procede a seleccionar las dimensiones de los ductos rectangulares normalizados. Los resultados se pueden observar en la columna g y h para el lado mayor y menor respectivamente del Anexo III.

Una vez obtenidas las medidas del conducto rectangular se calcula el nuevo diámetro equivalente con la fórmula de Huebscher.

Por ejemplo

H=  $750 mm$

W= $650 mm$

$$D_{e=1.3} = \sqrt[1.3]{\frac{(750 * 650)^5}{(750 + 650)^2}} = 762.77 mm$$

Los resultados se pueden observar en la columna I del Anexo III.

Una vez obtenido el diámetro equivalente se puede calcular la velocidad real con la que atraviesa el aire por cada conducto del sistema de ventilación.

$$A = \frac{\pi * D_e^2}{4}$$
$$A = \frac{\pi * 0.76277^2}{4} = 0.456 \text{ m}^2$$
$$V = \frac{Q}{A}$$
$$V = \frac{2.667}{0.456} = 5.84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Los resultados se pueden observar en la columna J del Anexo III.

### Reynolds

Se calcula el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo que atraviesa cada tramo del sistema de ventilación.

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

Tomamos como datos condiciones ambientales.

$$\rho = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D = 0.763 \text{ m}$$

$$V = 5.83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\mu = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$R_e = \frac{1.2 * 0.763 * 5.83}{1.8 \times 10^{-5}} = 296851$$

Los resultados obtenidos del número de Reynolds por cada tramo se encuentran en la columna K del Anexo III.

Para determinar el coeficiente de fricción por cada tramo es necesario obtener la rugosidad relativa por cada tramo y se lo calcula de la siguiente manera.

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D_e}$$

Se toman como datos la rugosidad del material obtenidos de la figura 1.6, que para el material galvanizado se tiene  $\varepsilon = 0.0004 [ft] \rightarrow 0.1219 \text{ mm}$  que será constante para todos los ductos del sistema de ventilación. Además, se toman los diámetros equivalentes por cada tramo, para el primer tramo del conducto principal se toma  $D_e = 763 \text{ mm}$ .

$$\varepsilon_r = \frac{0.1219}{763} = 0.000159$$

Los datos obtenidos se encuentran en la columna L del anexo III.

Luego con la ayuda de la Ecuación de Colebrook-White se encuentra el coeficiente de rugosidad por cada tramo.

$$f = \left( \frac{1}{-2 \log \left( \frac{\varepsilon_r}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)} \right)^2$$

Para poder resolver la ecuación utilizaremos el método de iteración, por lo que se partirá con un  $f=0.05$  obteniendo como resultado  $f=0.0161$

Los resultados del coeficiente de fricción de cada tramo se observan en la columna M del Anexo III.

Después de esto se determina la caída de presión real por cada tramo con la ayuda de la ecuación de Darcy.

$$h = \frac{f * \rho * V^2}{2 D}$$

$$h = \frac{0.0161 * 1.2 * 5.838^2}{2 * 0.763} = 0.426$$

Los resultados se pueden observar en la columna D del anexo III.

Para determinar la caída de presión del sistema, es necesario identificar los tramos que pertenecen al conducto principal, esto se lo puede determinar conociendo que tramo tiene las mayores pérdidas.

Los tramos que pertenecen al ducto principal, junto con su pérdida de presión por longitud se los puede observar en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Tramos del conducto principal.

	Distancia [m]	Velocidad real [m/s]	Factor de pérdida	Pérdida total [Pa]
<b>E-001</b>	5,8	5,84	0,43	2,45
<b>E-008</b>	5,7	5,56	0,39	2,22
<b>E-013</b>	9,4	5,75	0,43	4,05
<b>E-016</b>	2,6	5,62	0,41	1,08
<b>E-019</b>	2,3	5,90	0,47	1,07
<b>E-022</b>	2,2	5,75	0,45	1,00
<b>E-025</b>	2,2	5,71	0,44	0,98
<b>E-028</b>	5,0	5,61	0,43	2,17
<b>E-042</b>	3,1	5,68	0,51	1,58
<b>E-050</b>	6,1	5,77	0,66	4,04
<b>E-052</b>	4,8	5,67	0,64	3,05
<b>E-054</b>	4,1	5,55	0,62	2,55
<b>E-056</b>	3,6	5,49	0,60	2,16
<b>E-058</b>	8,3	5,17	0,54	4,49
<b>E-072</b>	7,1	3,02	0,25	1,75
<b>E-084</b>	4,1	2,66	0,31	1,27
<b>E-089</b>	12,6	3,00	0,50	6,28
<b>E-090</b>	6,3	2,88	0,53	3,32
<b>E-091</b>	3,4	2,80	0,60	2,03
<b>E-092</b>	1,1	2,37	0,44	0,50
<b>E-093</b>	6,6	3,00	0,88	5,79

Fuente:(Propio)



## Recuperación estática

La ganancia o la pérdida de presión en cada tramo se debe al cambio de velocidad que se da en el interior de ducto, por lo que es importante tomar en cuenta para balancear la presión en cada tramo y así garantizar que el flujo de aire requerido llegue a todos los recintos a ventilar.

Para determinar la recuperación estática, debido a que la velocidad desciende cada vez que pasa un tramo, es necesario utilizar la velocidad más alta con la velocidad más baja del tramo principal, aplicando la siguiente ecuación.

$$Ganancia = 0.75 \left[ \left( \frac{V_f}{1.278} \right)^2 - \left( \frac{V_d}{1.278} \right)^2 \right]$$

Por ejemplo:

$$V_d = 5.838 \frac{m}{s}$$

$$V_f = 3 \frac{m}{s}$$

$$Ganancia = 0.75 \left[ \left( \frac{5.838}{1.278} \right)^2 - \left( \frac{3}{1.278} \right)^2 \right] = 11.51 Pa$$

Los resultados se observan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Recuperación estática en el sistema

Ganancia estática [Pa]
11.51

(Fuente: Propia)

Las pérdidas ocasionadas por los accesorios en conducto principal se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Pérdidas por accesorios

Tramo	Lado mayor	Lado menor	Velocidad real [m/s]	m <sup>3</sup> /h	Pérdidas por longitud [Pa/m]	Pérdidas en reducciones [m]	Pérdidas en codos [Pa]	Pérdidas totales [Pa]
E-001	700	650	5,84	10395	0,43	0	0,000	0,00
E-008	650	650	5,56	9595	0,39	0	0,000	0,00
E-013	650	650	5,75	9195	0,43	4,07	0,000	1,75
E-016	650	650	5,62	8875	0,41	0	0,000	0,00
E-019	650	650	5,90	8556	0,47	0	0,000	0,00
E-022	650	650	5,75	8236	0,45	0	0,000	0,00
E-025	650	650	5,71	8136	0,44	0	0,000	0,00
E-028	650	650	5,61	7936	0,43	0	0,000	0,00
E-042	600	550	5,68	5847	0,51	0	0,000	0,00
E-050	500	450	5,77	3748	0,66	0	0,000	0,00
E-052	500	450	5,67	3648	0,64	0	0,000	0,00
E-054	500	450	5,55	3568	0,62	0	0,000	0,00
E-056	500	450	5,49	3507	0,60	0	0,000	0,00
E-058	500	450	5,17	3307	0,54	0	0,000	0,00
E-072	400	400	3,02	2327	0,25	2,66	0,000	0,66
E-084	300	250	2,66	1020	0,31	1,176	0,000	0,37
E-089	250	250	3,00	600	0,50	1,47	0,000	0,73
E-090	250	200	2,88	440	0,53	0	0,138	0,14
E-091	200	200	2,80	280	0,60	0	0,091	0,09
E-092	200	200	2,37	220	0,44	0	0,430	0,43
E-093	200	150	3,00	160	0,88	2,04	0,000	1,80

Fuente: Propio)

Además, es importante conocer las pérdidas que tiene los difusores para determinar la caída de presión del sistema. Para este caso se ha tomado la rejilla de  $150 \frac{m^3}{h}$  del Anexo V y de  $200 \times 150$  que tiene una caída de presión 9 Pa.

Finalmente se suma la caída de presión total se puede observar en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Resultados obtenidos por el método de cálculo manual.

<b>Pérdidas Total en el conducto principal [Pa]</b>	53.82
<b>Pérdidas en accesorios [Pa]</b>	5.96
<b>Recuperación estática [Pa]</b>	11.52
<b>Pérdidas en el difusor [Pa]</b>	9

(Fuente: Propio)

Se determina la pérdida total del sistema.

$$53.82 + 5.96 + 9 - 11.52 = 57.66 Pa$$

En donde se obtiene una caída de presión total de 57.66 Pa

### 4.3 Resolución del caso de estudio con la ayuda de la aplicación.

Para el ingreso de datos dentro de la aplicación se realizó con los siguientes parámetros.

- Tramo
- Derivación final
- Derivación 1
- Derivación 2
- Derivación 3
- Distancia del tramo
- Número de codos por tramo
- Tipo de área
- Código de área
- Área

- Número de personas por área
- Tipo de unión

Los datos ingresados para la resolución de caso de estudio se encuentran en el Anexo IX. Además, se utilizó una velocidad máxima para en conducto principal de 7 m/s. Los datos obtenidos para cada tramo se encuentran en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Resultados obtenidos para cada tramo del sistema de ventilación.

Tramo	Distancia [m]	Flujo [L/s]	Lado Mayor [mm]	Lado Menor [mm]	Velocidad [m/s]	Diámetro [mm]	Factor de pérdida	Pérdidas por longitud [Pa]
E53	1,4	24,3	150	100	1,76	133,00	0,44	0,61
E54	4,1	1171,7	500	500	4,99	546,60	0,50	2,04
E56	3,6	1158,6	500	450	5,49	518,40	0,63	2,28
E57	2,8	67,1	200	150	2,40	188,90	0,49	1,87
E2	1,4	127,7	250	200	2,73	244,10	0,44	0,62
E59	2,4	35,5	175	100	2,22	143,00	0,60	1,44
E58	8,3	1091,5	500	450	5,17	518,40	0,57	4,71
E3	3,3	73,7	200	150	2,63	188,90	0,57	2,50
E60	2,9	637,7	400	400	4,25	437,30	0,48	1,41
E6	2,8	45,6	200	100	2,50	152,30	0,69	1,92
E5	2,8	27,0	150	100	1,96	133,00	0,53	1,47
E4	0,8	54,0	200	100	2,97	152,30	0,93	0,75
E8	5,7	2539,8	650	650	6,41	710,60	0,58	3,28
E11	1,2	64,2	200	150	2,29	188,90	0,45	0,54
E10	1	42,8	200	100	2,35	152,30	0,61	0,61
E13	9,4	2454,2	650	650	6,19	710,60	0,54	5,07
E15	2,7	28,3	150	100	2,05	133,00	0,57	1,54
E16	2,6	2397,6	650	650	6,05	710,60	0,52	1,34
E17	0,9	57,8	200	150	2,06	188,90	0,37	0,33
E18	2,7	28,9	150	100	2,09	133,00	0,59	1,60
E14	0,9	56,6	200	150	2,02	188,90	0,36	0,32
E21	2,7	29,1	150	100	2,11	133,00	0,60	1,61
E22	2,2	2281,8	650	600	6,24	682,50	0,57	1,26
E23	0,8	16,9	150	100	1,23	133,00	0,23	0,18

E24	3,2	8,4	150	100	0,61	133,00	0,07	0,27
E7	1,6	17,4	150	100	1,26	133,00	0,24	0,39
E25	2,2	2264,8	650	600	6,19	682,50	0,57	1,25
E27	1,2	19,8	150	100	1,44	133,00	0,30	0,36
E28	5	2225,5	650	600	6,08	682,50	0,55	2,74
E29	0,8	466,1	350	350	4,05	382,60	0,52	0,42
E30	2,5	397,6	350	300	4,04	354,00	0,57	1,43
E31	5,8	329,1	300	300	3,90	327,90	0,59	3,43
E32	1,2	259,8	300	250	3,70	299,10	0,60	0,72
E33	10	65,2	200	150	2,33	188,90	0,46	4,60
E34	1,1	18,9	150	100	1,37	133,00	0,28	0,31
E35	1	36,8	175	100	2,30	143,00	0,64	0,64
E37	2,9	17,4	150	100	1,26	133,00	0,24	0,70
E36	1,1	19,3	150	100	1,40	133,00	0,29	0,32
E38	1,3	194,6	250	250	3,32	273,30	0,55	0,71
E40	2,5	64,9	200	150	2,32	188,90	0,46	1,14
E39	1,2	129,7	250	200	2,77	244,10	0,46	0,55
E26	0,4	39,3	200	100	2,16	152,30	0,53	0,21
E43	1	541,6	400	350	4,13	408,80	0,50	0,50
E44	3,6	479,5	350	350	4,17	382,60	0,55	1,99
E45	3,2	417,5	350	300	4,24	354,00	0,63	3,32
E46	3	355,4	350	300	3,61	354,00	0,47	2,38
E47	3,4	266,6	300	250	3,80	299,10	0,63	2,14
E48	2,4	177,7	250	250	3,03	273,30	0,47	1,12
E49	2,5	88,9	200	150	3,17	188,90	0,80	2,01
E50	6,1	1217,9	500	500	5,19	546,60	0,54	3,26
E51	1,9	21,8	150	100	1,58	133,00	0,36	0,68
E52	4,8	1196,0	500	500	5,10	546,60	0,52	2,48
E61	1,1	617,3	400	350	4,71	408,80	0,64	0,70
E62	0,9	596,9	400	350	4,55	408,80	0,60	0,54
E63	1,5	576,5	400	350	4,39	408,80	0,56	0,84
E64	3	110,4	200	200	2,94	218,60	0,58	1,75
E66	9,2	61,6	200	150	2,20	188,90	0,41	3,82

E65	6,9	92,3	200	200	2,46	218,60	0,42	2,92
E67	4,3	30,8	150	100	2,23	133,00	0,67	3,33
E68	5,3	15,4	150	100	1,12	133,00	0,20	1,03
E69	1,8	57,4	200	150	2,05	188,90	0,37	0,66
E70	1	37,0	175	100	2,31	143,00	0,65	0,65
E72	7,1	453,8	350	350	3,95	382,60	0,50	3,54
E84	4,1	186,6	250	250	3,18	273,30	0,51	2,09
E85	3,8	46,1	200	100	2,53	152,30	0,70	2,66
E87	2,2	32,6	175	100	2,04	143,00	0,51	1,49
E88	3,8	16,3	150	100	1,18	133,00	0,21	0,82
E89	12,6	140,6	250	200	3,00	244,10	0,53	7,40
E90	6,3	108,3	200	200	2,89	218,60	0,56	3,56
E92	1,1	66,5	200	150	2,37	188,90	0,48	0,52
E94	2,3	11,8	150	100	0,86	133,00	0,12	0,28
E71	10	16,6	150	100	1,20	133,00	0,22	2,53
E9	1,2	21,4	150	100	1,55	133,00	0,35	0,42
E91	3,4	78,5	200	150	2,80	188,90	0,64	2,18
E19	2,3	2339,9	650	600	6,40	682,50	0,60	1,39
E20	0,9	58,1	200	150	2,08	188,90	0,37	0,34
E12	3,4	85,6	200	150	3,06	188,90	0,75	3,34
E41	2,9	9,5	150	100	0,69	133,00	0,08	0,30
E1	5,8	2667,5	700	650	6,25	737,30	0,53	3,05
E86	1	13,5	150	100	0,98	133,00	0,15	0,15
E42	3,1	1759,4	600	550	5,68	627,80	0,54	1,66
E73	11,6	267,1	300	250	3,81	299,10	0,63	8,44
E95	1,9	45,7	200	100	2,51	152,30	0,69	1,31
E74	2,9	26,1	150	100	1,89	133,00	0,49	1,43
E75	6	9,0	150	100	0,65	133,00	0,08	0,51
E96	1,2	221,4	250	250	3,77	273,30	0,70	0,83
E76	1,4	45,3	200	100	2,49	152,30	0,68	0,95
E77	2,5	176,1	250	250	3,00	273,30	0,46	1,15
E78	1,1	38,4	200	100	2,11	152,30	0,51	0,56
E79	4	137,7	250	200	2,94	244,10	0,51	2,75
E80	1,3	102,1	200	200	2,72	218,60	0,51	0,66
E81	1,47	66,5	200	150	2,38	188,90	0,48	0,70

<b>E83</b>	1,2	8,0	150	100	0,58	133,00	0,06	0,08
<b>E55</b>	1,4	13,0	150	100	0,94	133,00	0,15	0,20
<b>E82</b>	1,4	37,3	175	100	2,33	143,00	0,65	0,92
<b>E93</b>	6,6	54,7	200	100	3,00	152,30	0,95	6,96

(Fuente: Propia)

Asimismo, en la tabla 4.10 se muestra los tramos pertenecientes al conducto principal juntos con su velocidad y pérdidas por longitud.

Tabla 4.10 Resultados obtenidos para el conducto principal.

<b>Tramo</b>	<b>Lado Mayor [mm]</b>	<b>Lado Menor [mm]</b>	<b>Distancia [m]</b>	<b>Velocidad [m/s]</b>	<b>Factor de pérdida</b>	<b>Pérdidas por longitud [Pa]</b>
<b>E1</b>	700	650	5,8	6,25	0,53	3,05
<b>E8</b>	650	650	5,7	6,41	0,58	3,28
<b>E13</b>	650	650	9,4	6,19	0,54	5,07
<b>E16</b>	650	650	2,6	6,05	0,52	1,34
<b>E19</b>	650	600	2,3	6,40	0,60	1,39
<b>E22</b>	650	600	2,2	6,24	0,57	1,26
<b>E25</b>	650	600	2,2	6,19	0,57	1,25
<b>E28</b>	650	600	5	6,08	0,55	2,74
<b>E42</b>	600	550	3,1	5,68	0,54	1,66
<b>E50</b>	500	500	6,1	5,19	0,54	3,26
<b>E52</b>	500	500	4,8	5,10	0,52	2,48
<b>E54</b>	500	500	4,1	4,99	0,50	2,04
<b>E56</b>	500	450	3,6	5,49	0,63	2,28
<b>E58</b>	500	450	8,3	5,17	0,57	4,71
<b>E72</b>	350	350	7,1	3,95	0,50	3,54
<b>E84</b>	250	250	4,1	3,18	0,51	2,09
<b>E89</b>	250	200	12,6	3,00	0,53	7,40
<b>E90</b>	200	200	6,3	2,89	0,56	3,56

<b>E91</b>	200	150	3,4	2,80	0,64	2,18
<b>E92</b>	200	150	1,1	2,37	0,48	0,52
<b>E93</b>	200	100	6,6	3,00	0,95	6,96

(Fuente: Propia)

De la misma manera los datos obtenidos con la ayuda de la aplicación sobre las pérdidas en accesorios para el conducto principal se pueden observar en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Resultados de pérdida de accesorios para el conducto principal

<b>Tramo</b>	<b>Lado Mayor [mm]</b>	<b>Lado Menor [mm]</b>	<b>Velocidad [m/s]</b>	<b>Pérdidas en accesorios [Pa]</b>
<b>E1</b>	700	650	6,25	0,38
<b>E8</b>	650	650	6,41	0,00
<b>E13</b>	650	650	6,19	0,00
<b>E16</b>	650	650	6,05	0,00
<b>E19</b>	650	600	6,40	0,00
<b>E22</b>	650	600	6,24	0,00
<b>E25</b>	650	600	6,19	0,00
<b>E28</b>	650	600	6,08	0,90
<b>E42</b>	600	550	5,68	1,02
<b>E50</b>	500	500	5,19	0,00
<b>E52</b>	500	500	5,10	0,00
<b>E54</b>	500	500	4,99	0,00
<b>E56</b>	500	450	5,49	0,00
<b>E58</b>	500	450	5,17	2,13
<b>E72</b>	350	350	3,95	1,37
<b>E84</b>	250	250	3,18	0,00
<b>E89</b>	250	200	3,00	0,13
<b>E90</b>	200	200	2,89	0,00



<b>E91</b>	200	150	2,80	0,00
<b>E92</b>	200	150	2,37	0,59
<b>E93</b>	200	100	3,00	0,00

(Fuentes: Propio)

En la tabla 4.12 se muestra los resultados para el sistema de ventilación resuelto con la aplicación web.

Tabla 4.12 Resultados finales obtenidos con la ayuda de la aplicación web

<b>Pérdidas totales en el conducto principal [Pa]</b>	62.06
<b>Pérdidas en accesorios [Pa]</b>	6.52
<b>Recuperación estática [Pa]</b>	17.62
<b>Pérdidas en el difusor [Pa]</b>	9

(Fuente: Propio)

Finalmente se obtiene la pérdida de presión total del sistema de ventilación mecánica.

$$62.06 + 6.52 + 9 - 17.62 = 59.96 \text{ Pa}$$

Para la validación de resultados se realiza la comparación del caso de estudio resuelto de forma analítica y con la ayuda de la aplicación en donde se puede observar en la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Comparación de resultados tanto para la aplicación web y la resolución del cálculo manual

	Aplicación web	Forma manual	Error absoluto	Error relativo
<b>Flujo máximo</b>	2667,49	2667,49	0	0%
<b>Pérdidas totales en el conducto principal [Pa]</b>	62,06	53,82	8.24	15,3%
<b>Pérdidas en accesorios [Pa]</b>	6,52	6,36	0.16	2.5%
<b>Recuperación estática [Pa]</b>	17,62	11,52	6.1	53%
<b>Total</b>	59,96	57,66	2.3	4%

(Fuente: Propia)

En la tabla 4.13 se puede observar que el flujo requerido para el sistema de ventilación para el cálculo manual y para la aplicación web es de  $2667.49 \frac{l}{s}$ . Esto se debe a que para ambos casos se utilizaron las normas ASHRAE y que los datos de entrada para cada tramo son las mismas. Además, las pérdidas del conducto principal del cálculo manual y de la aplicación existe una diferencia de  $8.24 Pa$  teniendo como mayor pérdida el de la aplicación web de  $62.06 Pa$ , esto se debe que las pérdidas en los ducto depende de la velocidad que atraviesa por cada tramo, la forma de cálculo manual se puede cambiar las dimensiones de los ductos a conveniencia, modificando la velocidad y obteniendo las menores pérdidas que sea posible, en la aplicación las dimensiones de los ductos se determina de forma más cuadrada posible, por lo que existe esta diferencia de presión en el conducto principal, del mismo modo para la recuperación estática se tiene que de la aplicación da un resultado mayor que del cálculo manual, esto se debe a la diferencia que existe entre velocidades del primer tramo y el último tramo del conducto principal que para la resolución con la aplicación web es de  $3.25 \frac{m}{s}$ , mientras que para la resolución por cálculo manual la diferencia de velocidades se tiene de  $2.84 \frac{m}{s}$ . Por último, las pérdidas por accesorios para ambas formas de resolución son similares, estos se deben a que el diseño inicial es el mismo para ambos casos por lo que coincide en la forma de los accesorios y la cantidad.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló una aplicación en línea, *HelpVenti*, como soporte para el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica, con ayuda de los paquetes de programación PYTHON y HTML, *HelpVenti*, requiere el ingreso de datos por medio de un formulario. Además, la aplicación permite cargar datos de los proyectos anterior guardados por la misma aplicación. Es necesario tener un diagrama unifilar o preliminar de un sistema de ventilación mecánica, en donde se especifica la trayectoria de los ductos, el área, los tramos y tipo de espacio a ventilar.
- A partir de las normas ASHRAE 62.1-2017 y ASHRAE Estándar 170-2013, se ocupa las tablas en donde se establecen los requerimientos mínimos de calidad de aire interior para edificaciones y para espacios de atención médica y hospitalaria respectivamente, que están integradas en la aplicación web Helpventi.
- Los resultados obtenidos de la aplicación web del caso de estudio se basaron en una sección aproximada de  $938 \text{ m}^2$  de la planta baja del Hospital Metropolitano de Quito, obteniendo un error en la pérdida de presión total del 3.99% y en la pérdida de presión en la ruta crítica del 15.31%, esto se debe a que las dimensiones de los ductos son diferentes tanto en la aplicación web como en el cálculo manual. Cabe indicar que la aplicación HelpVenti trabaja con formas y secciones optimizadas, mientras que el cálculo manual se basa en la selección directa por medio de tablas. Sin embargo, como se mencionó el error de la pérdida de presión total es bajo, asegurando la fiabilidad de la aplicación para el dimensionamiento rápido de sistemas de ventilación mecánica.
- En el caso de estudio se resolvió por el método de cálculo manual, en donde se evidenció que, para dimensionar sistemas de ventilación mecánica, el proceso es complejo y conlleva mucho tiempo de diseño, pues al tratarse de un sistema de gran dimensión se tiene que seleccionar el diámetro equivalente con la ayuda de gráficas como las que se indica en el Anexo IV para cada uno de los tramos. Además, las gráficas no siempre se encuentran con las especificaciones requeridas a las medidas de los ductos, por lo que es necesario aproximar a una dimensión estándar. Estas y otras dificultades hacen que el método de cálculo

manual requiera de mucho tiempo para realizar el dimensionamiento de un sistema de ventilación mecánica.

- En el formato de especificaciones de diseño, se tienen los parámetros necesarios para el dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica, concretamente la selección del ventilador. Estos parámetros de selección del ventilador son resultados preliminares entre los que se encuentran: caída de presión total, flujo requerido de aire, pérdidas por longitud, pérdidas por accesorios y la recuperación estática. Para obtener estos resultados se utilizó como parámetro inicial la velocidad máxima en el conducto principal.
- Python y Django demostraron ser una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de aplicaciones web, gracias a su versatilidad se realizaron los formularios de una manera rápida y ordenada, sin embargo, fue también necesario el uso de la librería pandas para el procesamiento de datos en donde se pudieron elaborar las tablas de resultados de una manera mucho más sencilla, además las tablas conocidas como Dataframe son compatibles con HTML, esto facilitó la visualización de los datos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

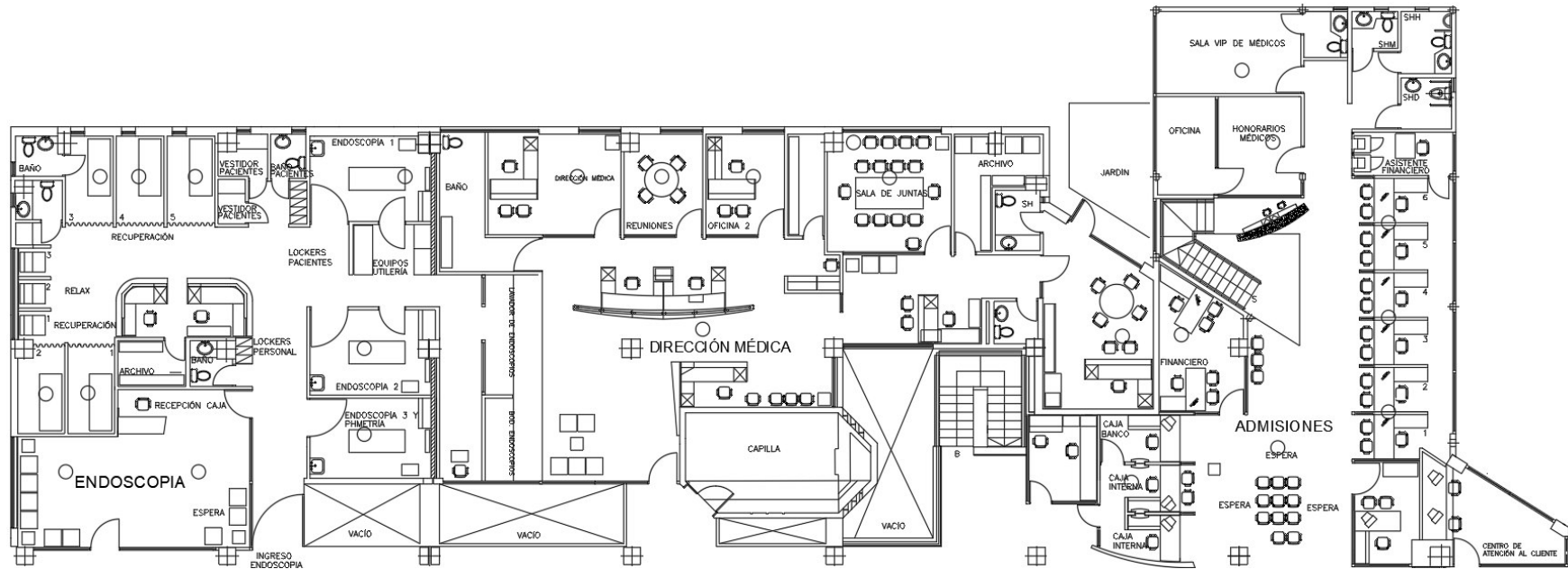
- Se recomienda leer detenidamente el manual de usuario HELPVENTI que se encuentra en el Anexo X, antes de utilizar la aplicación web para diseño de sistemas de ventilación mecánica, ya que este indica no solo el proceso de uso sino también la interpretación de los resultados obtenidos.
- Se recomienda que los profesionales, estudiantes o usuarios en general tengan conocimientos sólidos en el diseño de sistemas de ventilación mecánica para poder hacer un uso adecuado de la aplicación web.
- En el caso de obtener resultados de pérdidas muy altas en la aplicación es recomendable disminuir ligeramente la velocidad máxima del aire en el conducto principal, esto permitirá que la aplicación pueda elegir dimensiones menores para los ductos, haciendo que se reduzcan las pérdidas totales.
- Para aumentar la versatilidad de la aplicación HelpVenti, se puede pensar en dar acceso a los usuarios que puedan manipular los resultados obtenidos en los dimensionamientos de los ductos, debido a que en los proyectos ciertas zonas no se puede colocar los ductos con las dimensiones obtenidas por la aplicación por lo que es necesario cambiar las dimensiones a las necesidades de la zona.


## Referencias bibliográficas

- Abdel-Salam, A. H., & Simonson, C. J. (2014). Annual evaluation of energy, environmental and economic performances of a membrane liquid desiccant air conditioning system with/without ERV. *Applied Energy*, 116, 134–148. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.047>
- ASHRAE. (2009). Handbook HVAC fundamentals. In *Ashrae* (Vol. 30329, Issue 404).
- ASHRAE. (2013). *Ventilación de instalaciones de atención médica. 8400.*
- ASHRAE. (2016a). Design guide for duct systems. In *Ashrae* (Mark S. Ow, pp. 1–186).
- ASHRAE. (2016b). Ventilación para una Calidad Adecuada del Aire Interior. *Ventilación Calidad Adecuada Para Una Del Aire Interior, 2016.*
- Asilian Mahabady, H., Omidvar, M., Rezaee, A., Khavanin, A., & Mortazavi, S. B. (2007). A NEW EXHAUST VENTILATION SYSTEM DESIGN SOFTWARE. In *J. Environ. Health. Sci. Eng* (Vol. 4, Issue 4). IRANIAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCE AND ENGINEERING (IJEHSE). [www.SID.ir](http://www.SID.ir)
- ATECYR. (2013). Guía técnica de selección de equipos de transporte de fluidos. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Baglivo, C., D'agostino, D., & Congedo, P. M. (2020). Design of a Ventilation System Coupled with a Horizontal Air-Ground Heat Exchanger (HAGHE) for a Residential Building in a Warm Climate. *Mdpi.Com*. <https://doi.org/10.3390/en11082122>
- Borraz, L. (2012). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL EDIFICIO "COMPARTAMOS BANCO."* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14775.27049>
- Carrier. (1980). *Manual de aire acondicionado* (Marcombo (Ed.); primera).
- Cengel, Y. A. (2006). *Mecánica de Fluidos* (M. G. Hill (Ed.); 1ra Edición).
- Crespí-Rotger, S., Crespí-Rotger, S., & Ordóñez-Iriarte, J. M. (2020). COVID-19 Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas. *Revista de Salud Ambiental*, 20(1), 21–29. <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1064>
- Cuerdo-Vilches, T. (2020). *El aire acondicionado y la COVID-19 en espacios interiores: recomendaciones para generar entornos más seguros.* <https://digital.csic.es/handle/10261/216993>
- Data, S. and. (2021). *Most Popular Backend Frameworks – 2012/2021 - New Update.* <https://statisticsanddata.org/data/most-popular-backend-frameworks-2012-2021/>
- Espinel, M. (2018). *Determinación de carga de enfermedad de Influenza y otros virus causantes de enfermedades Respiratorias Agudas Graves a través de la Vigilancia Centinela IRAG en las parroquias urbanas del Distrito Metropolitano De Quito.*
- Europa. (2021). *Pandemia de coronavirus deja ya más de 5 millones de muertos en el mundo.* El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/mundo/pandemia-coronavirus-millones-muertos-mundo-contagios.html>
- García, D. M. (2020). *DEL COVID-19 (SARS-CoV-2) Y SU RELACIÓN CON LA VENTILACIÓN Y LA CLIMATIZACIÓN EN EDIFICACIÓN.*
- Holovaty, A. Janu, J. K.-M.-D. at a glance. (2008). Django. *Moreware.Org*. <https://www.moreware.org/books/The Definitive Guide to Django.pdf>
- Hoz, M. V. de la. (2011). *Calidad del aire interior (IAQ) en las edificaciones hospitalarias.* <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/836>

- Lema, A. (2010). *El síndrome del edificio enfermo es una realidad - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/construir/sindrome-del-edificio-enfermo-realidad.html>
- María López González, L., María López Ochoa, L., & Tejada Ocejo Fernando Tejada Ocejo, J. (2010). *LA VENTILACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN EL VIGENTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE): SISTEMAS MECÁNICOS E HÍBRIDOS*. <http://dSPACE.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2028>
- Martínez, L. A. (2021). Calidad del aire interior en viviendas. Un asesino silencioso. *52.209.105.119*. <http://52.209.105.119/handle/20.500.12251/1816>
- Mateu, C. (2004). Software libre. In FUOC (Ed.), *VullSaber* (Primera, Vol. 112).
- Maureen Trebilcock. (2014). *Manual de Hermeticidad al Aire de las Edificaciones*. [https://www.researchgate.net/figure/Figura-912-Esquema-de-ventilacion-con-recuperador-de-calor\\_fig17\\_270591621](https://www.researchgate.net/figure/Figura-912-Esquema-de-ventilacion-con-recuperador-de-calor_fig17_270591621)
- Parisuaña Zea, M. P., & Lupaca Valeriano, G. H. (2018). *Determinación experimental del punto óptimo de funcionamiento de un ventilador centrífugo o radial de 500 W de potencia en la ciudad de Puno*.
- Pita, E. . (1999). *Acondicionamiento de aire. Principios y sistemas* (CECSA (Ed.); Segunda).
- Puertas de la Cruz, C. C. (2019). *Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos*. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/16945>
- Quoc, C. H., Huong, G. V., & Duc, H. N. (2020). Working conditions and sick building syndrome among health care workers in vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph17103635>
- Ramírez, P. (2017). *Modelo Vista Controlador MVC: ¿Qué es y para qué sirve? - ITSoftware*. <https://itsoftware.com.co/content/modelo-vista-controlador-mvc-sirve/>
- Ríos, J., Mora, N., ... M. O.-... de I., & 2016, undefined. (2016). Evaluación de los Frameworks en el Desarrollo de Aplicaciones Web con Python. *Revistas.Unla.Edu.Ar*, *4*(4), 201–207. <http://revistas.unla.edu.ar/software/article/view/1149>
- Scampos. (2012). *Fundamentos de redes.: Protocolo, HTTP, HTTPS, FTP, WWW, WWW2 y web 2.0*. <http://scampos94.blogspot.com/2012/08/protocolo-http-https-ftp-www-www2-y-web.html>
- Siber. (2016). <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/ventilacion-natural/>
- Soler & Palau. (1997). Manual práctico de Ventilación. *Real Farmacopea Española I Tomo. Madrid;*, *1*, 347. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Sistemas+de+Ventilaci?n#8>
- Soler & Palau. (2018). *Ventilación mecánica controlada y la eficiencia energética - S&P*. S&P. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventilacion-mecanica/>
- Vilches, M. T. C. (2020). *COVID-19: La ventilación en centros educativos, una asignatura pendiente*. <https://theconversation.com/covid-19-la-ventilacion-en-centros-educativos-una-asignatura-pendiente-145417>
- Web, D. (2020). *Qué es MVC*. <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-mvc.html>

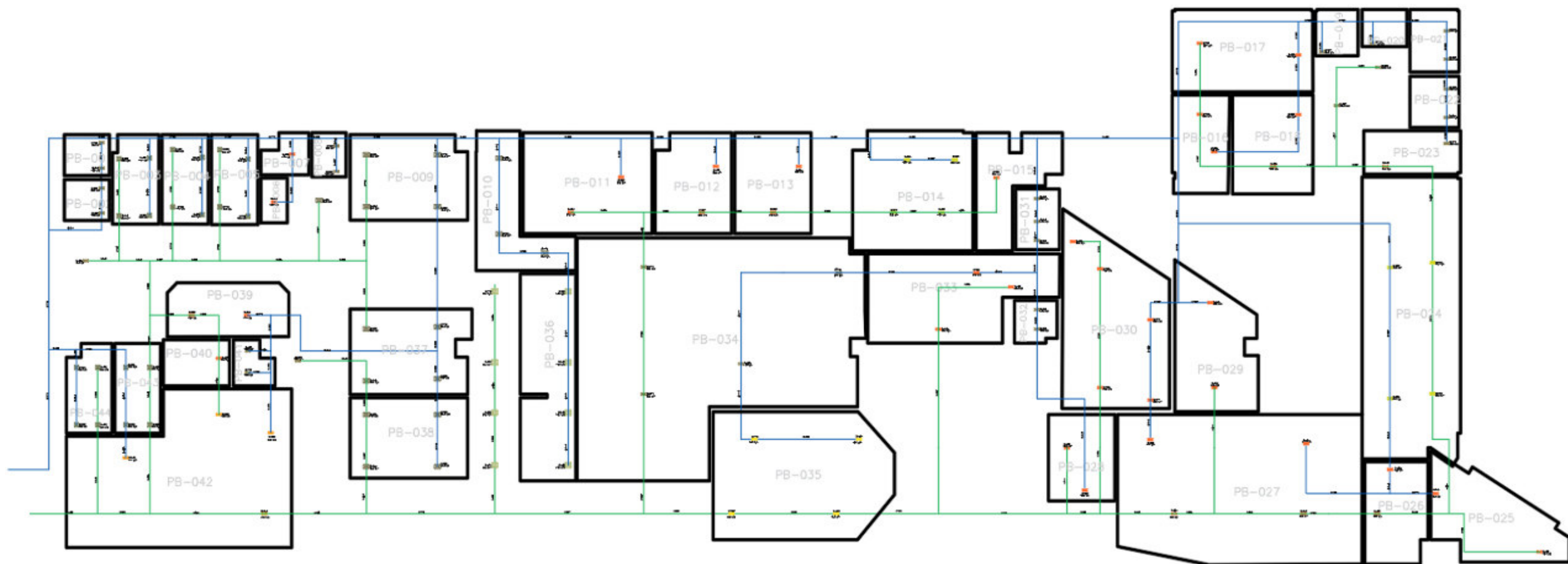
**ANEXO I**  
**PLANO PLANTA BAJA HOSPITAL METROPOLITANO DE QUITO**



	<b>ESCUELA NACIONAL</b>	<b>POLITÉCNICA</b>	<b>ELABORADO POR: FRANKLIN CORAIZACA</b>	
	<b>PLANOS METROPOLITANO</b>	<b>HOSPITAL</b>	<b>REVISADO POR: ING. CARLOS NARANJO</b>	
	<b>PROYECTO INTEGRADOR</b>		<b>28-08-2021</b>	<b>N° D1</b>



**ANEXO II**  
**DIAGRAMA UNIFILAR PLANTA BAJA HOSPITAL METROPOLITANO**  
**DE QUITO**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**Diagrama unifilar del sistema de ventilación**

**PROYECTO INTEGRADOR**

**ELABORADO POR:**  
FRANKLIN CORAIZACA

**REVISADO POR:**  
ING. CARLOS NARANJO

**28-08-2021**

**N° D2**

## **ANEXO III**

### **TABLA DE RESULTADOS PARA EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE LA PLANTA BAJA DEL HOSPITAL METROPOLITANO DE QUITO**

	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	D
	Distancia [m]	Caudal [L/s]	m3/h	Caída de presión [Pa/m]	Diámetro [mm]	Lado mayo r	Lado menor	Diámetro nuevo [mm]	Velocidad real [m/s]	Reynolds	rugosidad relativa	Coefficiente de fricción	Pérdida por longitud
E-001	5,8	2887,4	10394	0,7	724	700	650	737	6,76	332446	0,000165	0,0157	0,42
E-002	1,4	222	799,2	0,7	285	300	250	299	3,16	63011	0,000408	0,0208	0,30
E-003	3,3	133,2	479,52	0,7	225	250	200	244	2,85	46328	0,000499	0,0226	0,32
E-004	0,8	88,8	319,68	0,7	200	200	200	219	2,37	34477	0,000558	0,0240	0,26
E-005	2,8	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43
E-006	2,8	88,8	319,68	0,7	200	200	150	189	3,17	39913	0,000645	0,0236	0,54
E-007	1,6	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43
E-008	5,7	2665,4	9595,4	0,7	700	650	650	711	6,72	318416	0,000172	0,0158	0,43
E-009	1,2	27,8	100,08	0,7	125	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
E-010	1,0	55,6	200,16	0,7	160	200	100	152	3,05	30981	0,000800	0,0249	0,65
E-011	1,2	83,4	300,24	0,7	180	200	150	189	2,98	37486	0,000645	0,0238	0,48
E-012	3,4	111,2	400,32	0,7	225	10	200	200	3,54	47196	0,000610	0,0229	0,62
E-013	9,4	2554,2	9195,1	0,7	700	650	650	711	6,44	305132	0,000172	0,0159	0,40
E-014	0,9	88,8	319,68	0,7	200	200	200	219	2,37	34477	0,000558	0,0240	0,26
E-015	2,7	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43
E-016	2,6	2465,4	8875,4	0,7	700	650	650	711	6,22	294523	0,000172	0,0160	0,37
E-017	0,9	88,8	319,68	0,7	200	200	150	189	3,17	39913	0,000645	0,0236	0,54
E-018	2,7	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43
E-019	2,3	2376,6	8555,7	0,7	630	650	650	711	5,99	283915	0,000172	0,0161	0,35
E-020	0,9	88,8	319,68	0,7	200	200	150	189	3,17	39913	0,000645	0,0236	0,54
E-021	2,7	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43

<b>E-022</b>	2,2	2287,8	8236,0	0,7	630	650	650	711	5,77	273307	0,000172	0,0161	0,32
<b>E-023</b>	0,8	27,8	100,08	0,7	125	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
<b>E-024</b>	3,2	13,9	50,04	0,7	100	200	100	152	0,76	7745	0,000800	0,0329	0,05
<b>E-025</b>	2,2	2260	8136	0,7	630	650	650	711	5,70	269986	0,000172	0,0162	0,32
<b>E-026</b>	0,4	55,6	200,16	0,7	160	200	100	152	3,05	30981	0,000800	0,0249	0,65
<b>E-027</b>	1,2	27,8	100,08	0,7	125	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
<b>E-028</b>	5,0	2204,4	7935,8	0,7	630	650	650	711	5,56	263344	0,000172	0,0162	0,30
<b>E-029</b>	0,8	580,3	2089,0	0,7	400	400	350	409	4,42	120497	0,000298	0,0188	0,39
<b>E-030</b>	2,5	510,9	1839,2	0,7	370	350	350	383	4,44	113348	0,000319	0,0190	0,42
<b>E-031</b>	5,8	441,5	1589,4	0,7	320	300	300	328	5,23	114276	0,000372	0,0193	0,69
<b>E-032</b>	1,2	358,2	1289,5	0,7	320	300	300	328	4,24	92715	0,000372	0,0198	0,47
<b>E-033</b>	10,0	108,3	389,88	0,7	200	200	200	219	2,88	42048	0,000558	0,0232	0,38
<b>E-034</b>	1,1	25	90	0,7	125	200	100	152	1,37	13930	0,000800	0,0289	0,15
<b>E-035</b>	1,0	69,4	249,84	0,7	180	200	100	152	3,81	38671	0,000800	0,0241	0,98
<b>E-036</b>	1,1	25	90	0,7	125	200	100	152	1,37	13930	0,000800	0,0289	0,15
<b>E-037</b>	2,9	44,4	159,84	0,7	142	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,43
<b>E-038</b>	1,3	249,9	899,64	0,7	282	300	250	299	3,56	70930	0,000408	0,0209	0,38
<b>E-039</b>	1,2	166,6	599,76	0,7	250	250	200	244	3,56	57944	0,000499	0,0218	0,49
<b>E-040</b>	2,5	83,3	299,88	0,7	200	200	200	219	2,22	32342	0,000558	0,0243	0,23
<b>E-041</b>	2,9	94,4	339,84	0,7	200	200	200	219	2,51	36651	0,000558	0,0237	0,29
<b>E-042</b>	3,1	1624,1	5846,7	0,7	565	600	550	628	5,25	219586	0,000194	0,0168	0,32
<b>E-043</b>	1,0	583,1	2099,1	0,7	400	400	350	409	4,44	121078	0,000298	0,0188	0,39
<b>E-044</b>	3,6	499,8	1799,2	0,7	373	350	350	383	4,35	110885	0,000319	0,0191	0,41
<b>E-045</b>	3,2	416,5	1499,4	0,7	320	300	300	328	4,93	107805	0,000372	0,0194	0,62
<b>E-046</b>	3,0	333,2	1199,5	0,7	320	300	300	328	3,94	86244	0,000372	0,0201	0,41
<b>E-047</b>	3,4	249,9	899,64	0,7	282	250	250	273	4,26	77620	0,000446	0,0207	0,59

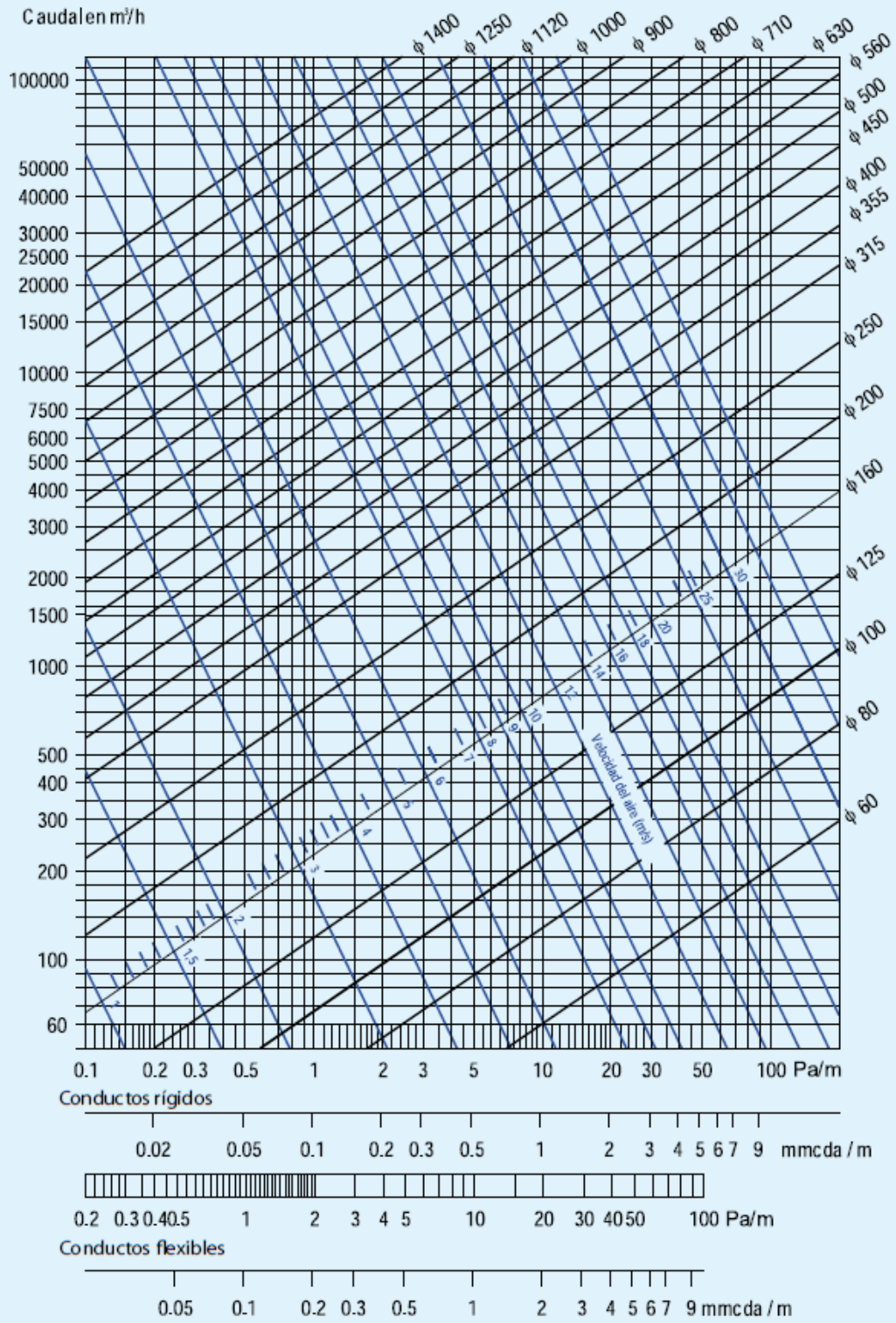
E-048	2,4	166,6	599,76	0,7	250	250	200	244	3,56	57944	0,000499	0,0218	0,49
E-049	2,5	83,3	299,88	0,7	200	200	200	219	2,22	32342	0,000558	0,0243	0,23
E-050	6,1	1041	3747,6	0,7	490	500	450	518	4,93	170473	0,000235	0,0176	0,36
E-051	1,9	27,8	100,08	0,7	125	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
E-052	4,8	1013,2	3647,5	0,7	490	500	450	518	4,80	165921	0,000235	0,0177	0,34
E-053	1,4	22,2	79,92	0,7	125	200	100	152	1,22	12370	0,000800	0,0297	0,12
E-054	4,1	991	3567,6	0,7	490	500	450	518	4,70	162285	0,000235	0,0177	0,32
E-055	1,4	16,7	60,12	0,7	100	200	100	152	0,92	9306	0,000800	0,0316	0,07
E-056	3,6	974,3	3507,4	0,7	490	500	450	518	4,62	159550	0,000235	0,0177	0,31
E-057	2,8	55,6	200,16	0,7	160	200	100	152	3,05	30981	0,000800	0,0249	0,65
E-058	8,3	918,7	3307,3	0,7	480	500	450	518	4,35	150445	0,000235	0,0179	0,28
E-059	2,4	27,8	100,08	0,7	125	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
E-060	2,9	272,4	980,64	0,7	300	300	250	299	3,88	77317	0,000408	0,0205	0,44
E-061	1,1	244,6	880,56	0,7	282	250	250	273	4,17	75974	0,000446	0,0207	0,57
E-062	0,9	216,8	780,48	0,7	260	250	200	244	4,63	75404	0,000499	0,0210	0,79
E-063	1,5	189	680,4	0,7	250	250	200	244	4,04	65735	0,000499	0,0214	0,61
E-064	3,0	111,2	400,32	0,7	220	200	200	219	2,96	43174	0,000558	0,0231	0,40
E-065	6,9	89	320,4	0,7	200	200	200	219	2,37	34555	0,000558	0,0240	0,26
E-066	9,2	61,2	220,32	0,7	170	200	100	152	3,36	34102	0,000800	0,0245	0,78
E-067	4,3	33,4	120,24	0,7	125	200	100	152	1,83	18611	0,000800	0,0273	0,26
E-068	5,3	16,7	60,12	0,7	100	200	100	152	0,92	9306	0,000800	0,0316	0,07
E-069	1,8	77,8	280,08	0,7	190	200	150	189	2,78	34969	0,000645	0,0241	0,42
E-070	1,0	50	180	0,7	160	200	100	152	2,74	27861	0,000800	0,0254	0,54
E-071	10,1	22,2	79,92	0,7	125	200	100	152	1,22	12370	0,000800	0,0296	0,12
E-072	7,1	646,3	2326,6	0,7	400	400	400	437	4,30	125464	0,000279	0,0186	0,34
E-073	11,6	363,1	1307,1	0,7	315	300	250	299	5,17	103060	0,000408	0,0197	0,76

<b>E-074</b>	2,9	36,1	129,96	0,7	125	200	100	152	1,98	20116	0,000800	0,0269	0,30
<b>E-075</b>	6,0	13,9	50,04	0,7	100	200	100	152	0,76	7745	0,000800	0,0329	0,05
<b>E-076</b>	1,4	55,6	200,16	0,7	160	200	100	152	3,05	30981	0,000800	0,0249	0,65
<b>E-077</b>	2,5	247,1	889,56	0,7	282	250	250	273	4,21	76750	0,000446	0,0207	0,58
<b>E-078</b>	1,1	55,6	200,16	0,7	160,00	200	100	152	3,05	30981	0,000800	0,0249	0,65
<b>E-079</b>	4,0	191,5	689,4	0,7	250,00	250	200	244	4,09	66605	0,000499	0,0213	0,63
<b>E-080</b>	1,3	147,1	529,56	0,7	225,00	200	200	219	3,92	57112	0,000558	0,0220	0,67
<b>E-081</b>	1,4	102,7	369,72	0,7	220,00	200	200	219	2,74	39874	0,000558	0,0234	0,34
<b>E-082</b>	1,4	58,3	209,88	0,7	160,00	200	100	152	3,20	32486	0,000800	0,0246	0,71
<b>E-083</b>	1,2	13,9	50,04	0,7	100,00	200	100	152	0,76	7745	0,000800	0,0329	0,05
<b>E-084</b>	4,1	283,2	1019,5	0,7	300,00	300	250	299	4,03	80382	0,000408	0,0204	0,48
<b>E-085</b>	3,8	116,6	419,76	0,7	220,00	250	150	210	3,37	47134	0,000581	0,0228	0,53
<b>E-086</b>	1,6	27,8	100,08	0,7	125,00	200	100	152	1,53	15491	0,000800	0,0283	0,19
<b>E-087</b>	2,2	88,8	319,68	0,7	190,00	200	150	189	3,17	39913	0,000645	0,0236	0,54
<b>E-088</b>	3,8	66,6	239,76	0,7	180,00	200	150	189	2,38	29935	0,000645	0,0248	0,32
<b>E-089</b>	12,6	166,6	599,76	0,7	250,00	250	250	273	2,84	51746	0,000446	0,0220	0,28
<b>E-090</b>	6,3	122,2	439,92	0,7	225,00	250	200	244	2,61	42502	0,000499	0,0230	0,28
<b>E-091</b>	3,4	77,8	280,08	0,7	190,00	200	200	219	2,07	30206	0,000558	0,0246	0,21
<b>E-092</b>	1,1	61,1	219,96	0,7	170,00	200	200	219	1,63	23722	0,000558	0,0257	0,13
<b>E-093</b>	6,6	44,4	159,84	0,7	142,50	200	150	189	1,59	19957	0,000645	0,0267	0,15
<b>E-094</b>	2,3	16,7	60,12	0,7	100,00	200	100	152	0,92	9306	0,000800	0,0316	0,0748
<b>E-095</b>	1,9	44,4	159,84	0,7	142,50	200	100	152	2,44	24740	0,000800	0,0259	0,4338
<b>E-096</b>	1,2	302,7	1089,7	0,7	315,00	300	300	328	3,58	78350	0,000372	0,0204	0,3430
<b>E-097</b>	1,6	61,1	219,96	0,7	170,00	200	100	152	3,35	34046	0,000800	0,0244	0,7749
<b>E-098</b>	1,2	13,9	50,04	0,7	100,00	200	100	152	0,76	7745	0,000800	0,0329	0,0541

**ANEXO IV**  
**GRÁFICA PARA LA SELECCIÓN DE DUCTOS**



## CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE



**ANEXO V**  
**CATÁLOGO DE REJILLAS PARA SISTEMAS DE VENTILACIÓN**

**Tabla de selección (de toma de aire exterior ó expulsión de aire)**

Q		D mm	200 x 100	250 x 100	300 x 100 200 x 150	400 x 100 200 x 200	500 x 100 350 x 150 250 x 200	600 x 100 400 x 150 300 x 200	800 x 150 400 x 200 300 x 250	600 x 150 450 x 200 350 x 250	300 x 300	500 x 150	600 x 200 500 x 250 400 x 300	800 x 200 600 x 250 500 x 300	1000 x 200 800 x 250 600 x 300	1000 x 300 750 x 400	900 x 400 700 x 500 600 x 600	1000 x 600					
m <sup>3</sup> /h	l/s	A <sub>e</sub>	0,0051	0,0065	0,0079	0,0108	0,0133	0,0215	0,0272	0,0321	0,0402	0,0473	0,0479	0,0664	0,0809	0,1365	0,1758	0,3002					
90	13,9	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	2,7 12,0 25	2,1 7,4 20	1,8 5,0 16	1,3 2,7 9	1,0 1,8 5																
60	16,7	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	3,3 17,3 30	2,8 10,7 28	2,1 7,2 21	1,5 3,9 14	1,3 2,5 10	0,8 1,0 -1															
70	19,4	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	3,8 23,5 34	3,0 14,5 28	2,5 9,8 24	1,8 5,3 18	1,5 3,5 13	0,9 1,3 3															
80	22,2	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	4,4 30,8 37	3,4 18,9 32	2,8 12,8 28	2,1 6,9 21	1,7 4,5 17	1,0 1,7 6															
90	25,0	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	4,9 38,9 40	3,8 24,0 35	3,2 15,2 31	2,3 8,7 24	1,9 5,7 20	1,2 2,2 9	0,9 1,4 4														
100	27,8	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR	5,4 48,1 43	4,3 29,6 37	3,5 20,0 33	2,6 10,7 27	2,1 7,1 22	1,3 2,7 12	1,0 1,7 7														
160	44,4	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR		5,8 75,7 49	5,0 51,3 45	4,1 27,4 38	3,3 18,1 34	2,1 6,9 24	1,6 4,3 19	1,4 3,1 15	1,1 2,0 10												
200	55,6	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR			7,0 80,1 50	5,1 42,9 44	4,2 28,3 38	2,6 10,8 29	2,0 6,8 24	1,7 4,9 21	1,4 3,1 16												
250	68,4	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR				6,4 67,0 49	5,2 44,2 46	3,2 16,9 35	2,6 10,6 30	2,2 7,6 26	1,7 4,8 21	1,5 3,5 18	1,4 3,4 18	1,0 1,8 11									
300	83,3	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR					6,3 63,6 48	3,9 15,2 39	3,1 12,2 34	2,6 10,9 31	2,1 7,0 26	1,8 5,0 22	1,7 4,9 22	1,3 2,6 15	1,0 1,7 11								
400	111,1	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR						5,2 43,3 46	4,1 27,0 41	3,5 19,4 38	2,8 12,4 33	2,3 8,9 30	2,3 8,7 28	1,7 4,5 22	1,4 3,1 16	0,8 1,1 7							
500	138,9	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR						6,5 67,6 52	5,1 42,2 47	4,3 30,3 43	3,5 19,3 39	2,9 14,0 35	2,9 13,6 35	2,1 7,1 28	1,7 4,8 24	1,0 1,7 13							
600	166,7	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR							6,1 60,0 51	5,2 43,7 48	4,1 27,6 43	3,5 21,1 40	3,5 19,6 38	2,5 10,2 32	2,1 6,9 28	1,2 2,4 17	0,8 1,5 12						
700	194,4	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR							7,1 62,0 55	6,1 49,4 52	4,8 37,9 47	4,1 27,4 43	4,1 26,7 43	2,9 13,9 38	2,4 9,4 32	1,4 3,3 21	1,1 2,0 15	0,8 0,7 4					
800	222,2	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR								6,9 77,6 56	5,5 49,5 50	4,7 36,8 47	4,6 34,9 46	3,3 18,1 38	2,7 12,2 38	1,6 4,3 24	1,3 2,6 19	0,7 0,9 7					
900	250,0	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR									6,2 62,7 53	5,3 45,3 50	5,2 44,1 49	3,8 23,0 42	3,1 15,5 38	1,8 5,4 27	1,4 3,3 22	0,8 1,1 10					
1000	277,8	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR									6,9 77,3 56	5,9 55,9 52	5,5 54,5 52	4,2 28,4 45	3,4 19,1 41	2,0 6,7 30	1,6 4,0 24	0,9 1,4 13					
1600	444,4	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR													6,7 72,6 57	5,5 48,9 52	3,3 17,2 41	2,5 10,4 36	1,5 3,6 26				
2000	555,6	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR														6,9 76,4 58	4,1 26,8 47	3,2 16,2 41	1,9 5,5 30				
3000	833,3	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR															6,1 60,4 57	4,7 36,4 51	2,6 12,5 40				
3500	972,2	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR																	5,5 49,5 55	3,2 17,0 44			
4000	1111,1	V <sub>e</sub> P <sub>e</sub> NR																		6,3 64,7 59	3,7 22,2 47		

NR ≤ 20

NR ≤ 40

NR &gt; 40

**Simbología:**  
 V<sub>e</sub> = Velocidad efectiva en m/s  
 P<sub>e</sub> = Presión estática en Pa  
 A<sub>e</sub> = Área efectiva en m<sup>2</sup>

**NOTA:**  
 - Esta tabla de selección está basada en ensayos reales de laboratorio de acuerdo a las normas ISO 5219 (UNE 100.710) e ISO 5135 y 3741.

Tipos: 25-H, 25-V, 25-H-O, 25-V-O

**ANEXO VI**  
**NORMA ASHRAE 62.1 2017, REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE**  
**AIRE PARA EDIFICACIONES**

**TABLA 6-1 RATAS MINIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACIÓN**  
(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

Categoría de ocupación	Rata de aire exterior para personas $R_p$		Rata de aire exterior del área $R_a$		Notas	Valores por defecto		Clase de aire	
	cfm/ persona	L/s/ persona	cfm/ pie <sup>2</sup>	L/s/ m <sup>2</sup>		Densidad de ocupación (Ver Nota 4)	Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5)		
						#/1000 pie <sup>2</sup> or #/100 m <sup>2</sup>	cfm/ persona		L/s/ persona
<b>Centros correccionales</b>									
Celdas	5	2.5	0.12	0.6		25	10	4.9	2
Cuartos de día	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Estaciones de vigilancia	5	2.5	0.06	0.3		15	9	4.5	1
Registro /Espera	7.5	3.8	0.06	0.3		50	9	4.4	2
<b>Centros educativos</b>									
Preñantes (hasta los 4 años)	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Preñantes cuartos de enfermos	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	3
Salones de clase (edad 5-8)	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Salones de clase (edad 9 +)	10	5	0.12	0.6		35	13	6.7	1
Salón de clase de conferencias	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8	4.3	1
Auditorio de conferencias (Sillas fijas)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
Salón de clase de arte	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Laboratorios de ciencias	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Laboratorios universidades/ colegios	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Taller Madera / metal	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Laboratorio de computadoras	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Centro de media	10	5	0.12	0.6	A	25	15	7.4	1
Música/teatro/danza	10	5	0.06	0.3		35	12	5.9	1
Salón multi-usos	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
<b>Servicios de comidas y bebidas</b>									
Salones de comida de restaurantes	7.5	3.8	0.18	0.9		70	10	5.1	2
Salones de cafetería/comidas rápidas	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
Bares, y salones de coctel	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
<b>General</b>									
Zonas de acceso	5	2.5	0.06	0.3		25	10	5.1	1
Estaciones de café	5	2.5	0.06	0.3		20	11	5.5	1
Conferencias/reuniones	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Corredores	—	—	0.06	0.3		—			1
Salones de almacenamiento	—	—	0.12	0.6	B	—			1
<b>Hotels, Moteles, Condominios y dormitorios</b>									
Alcoba/salon de estar	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Áreas de dormitorio, barracas	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4.0	1
Áreas de lavandería central	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	2
Cuartos de lavandería con unidades compartidas	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Vestibulo / pasillo de antesala	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1
Asambleas multi -propósito	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1

**TABLA 6-1 RATAS MINIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACION (Continuación)**

(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

Categoría de ocupación	Rata de aire exterior para personas $R_p$		Rata de aire exterior del área $R_a$		Notas	Valores por defecto		Clase de aire	
	cfm/ persona	L/s/ persona	cfm/ pie <sup>2</sup>	L/ s·m <sup>2</sup>		Densidad de ocupación (Ver Nota 4)	Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5)		
						#/1000 ft <sup>2</sup> or #/100 m <sup>2</sup>	cfm/ persona      L/s/ persona		
<b>Edificios de oficinas</b>									
Espacios de oficinas	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Áreas de recepción	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Teléfonos/datos de entrada	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Vestibulos de entrada principal	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
<b>Espacios diversos</b>									
Cajas de bancos / cajas de depósitos	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	2
Computador (sin impresión)	5	2.5	0.06	0.3		4	20	10.0	1
Cuartos de equipo eléctrico	—	—	0.06	0.3	B	—			1
Cuartos de ascensores mecánicos	—	—	0.12	0.6	B	—			1
Droguería (área de preparación)	5	2.5	0.18	0.9		10	23	11.5	2
Estudios fotográficos	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Despacho/Recepción	—	—	0.12	0.6	B	—			1
Cabina de teléfonos	—	—	0.00	0.0		—			1
Espera de transporte	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Bodegas	—	—	0.06	0.3	B	—			2
<b>Espacios públicos de asamblea</b>									
Auditorio—área de sillas	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Sitios de adoración religiosa	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1
Salas de corte	5	2.5	0.06	0.3		70	6	2.9	1
Cámaras legislativas	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Biblioteca	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Vestibulos	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Museos (niños)	7.5	3.8	0.12	0.6		40	11	5.3	1
Museos/galerías	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
<b>Residencial</b>									
Unidad comunitaria	5	2.5	0.06	0.3	F,G	F			1
Corredores comunes	—	—	0.06	0.3					1
<b>Almacenes</b>									
Ventas (excepto lo indicado abajo)	7.5	3.8	0.12	0.6		15	16	7.8	2
Áreas comunes de centros comerciales	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Barbería	7.5	3.8	0.06	0.3		25	10	5.0	2
Salones de belleza y corte de uñas	20	10	0.12	0.6		25	25	12.4	2
Almacenes de mascotas (áreas de animales)	7.5	3.8	0.18	0.9		10	26	12.8	2
Supermercados	7.5	3.8	0.06	0.3		8	15	7.6	1
Lavadoras de monedas	7.5	3.8	0.06	0.3		20	11	5.3	2

**TABLA 6-1 RATAS MINIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACION (Continuación)**

(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

Categoría de ocupación	Rata de aire exterior para personas $R_p$		Rata de aire exterior del área $R_a$		Notas	Valores por defecto			Clase de aire
						Densidad de ocupación (Ver Nota 4)	Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5)		
	cfm/persona	L/s/persona	cfm/pie <sup>2</sup>	L/s-m <sup>2</sup>		#/1000 ft <sup>2</sup> or #/100 m <sup>2</sup>	cfm/persona	L/s/persona	
<b>Deportes y entretenimiento</b>									
Arena de deportes (area de deportes)	—	—	0.30	1.5	E	—			1
Gimnasio estadio (area de deportes)	—	—	0.30	1.5		30			2
Area de espectadores	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
Natación (piscina, alberca)	—	—	0.48	2.4	C	—			2
Espacios de baile y disco	20	10	0.06	0.3		100	21	10.3	1
Cuartos de aeróbicos, clubes de gimnasia	20	10	0.06	0.3		40	22	10.8	2
Gimnasios /cuartos de pesas	20	10	0.06	0.3		10	26	13.0	2
Cancha de bolos (sentados)	10	5	0.12	0.6		40	13	6.5	1
Casinos de juegos	7.5	3.8	0.18	0.9		120	9	4.6	1
Espacios de juegos	7.5	3.8	0.18	0.9		20	17	8.3	1
Escenarios, estudios	10	5	0.06	0.3	D	70	11	5.4	1

**NOTAS GENERALES PARA LA TABLA 6-1**

- Requerimientos redondeados:** Las ratas en esta tabla están basadas en otros requerimientos aplicables de este estándar.
- Fumadores:** Esta tabla aplica a áreas de no fumadores para espacios. Las ratas para espacios de fumadores deben ser determinadas usando otros métodos. Véase la sección 6.2.9 para requerimientos de ventilación en áreas de fumadores.
- Densidad del aire:** La rata de flujo volumétrico de aire esta basada en una densidad de laire de 0.075 lb<sub>m</sub>/ft<sup>3</sup> (1.2 kg<sub>m</sub>/m<sup>3</sup>), que corresponde a aire seco a una presión barométrica de 1 atm (101.3 kPa) y una temperatura de aire de 70 °F (21 °C). Esta rata puede ser ajustada para la densidad actual, pero este ajuste no es requerido para cumplir con este estándar.
- Densidad de ocupación convencional:** La densidad de ocupación convencional será usada cuando la ocupación real no sea conocida.
- Rata de aire exterior combinada convencional (por persona):** Esta rata esta basada en la densidad de ocupación convencional.
- Niveles de ocupación no listados:** Si la categoría de ocupación para un espacio o zona propuesta no está listada, deben usarse los requerimientos para la categoría de ocupación propuesta para espacios con niveles similares de densidad de ocupación, actividades y construcción del edificio.
- Centros de cuidado de salud:** Las ratas serán determinadas de acuerdo con el anexo E.

**NOTAS ESPECIFICAS PARA ALGUNOS REGLONES DE LA TABLA 6-1**

- Para bibliotecas de colegios y universidades, se usa el valor mostrado en Espacios de asamblea públicos – Bibliotecas.
- Esta rata puede no ser suficiente cuando el material almacenado incluye elementos con emisiones potencialmente peligrosas.
- Esta rata no permite control de humedad. Ventilación o Deshumectación adicional puede ser requerida para remover la humedad.
- Esta rata no incluye extracción especial para efectos de etapas. Por ejemplo, vapores de aire seco, humo.
- Cuando el equipo de combustión está intencionalmente dispuesto en la superficie de juego, ventilación adicional por dilución y/o control en la fuente deberá ser suministrada.
- La ocupación convencional para unidades compartidas será de dos personas por estudio y una en unidades de habitaciones para cada dormitorio adicional.
- Aire para cada unidad residencial compartida no será recirculado o transferida a otros espacios fuera del conjunto.

**ANEXO VII**  
**NORMA ASHRAE ANSI/ASHRAE Estándar 170-2013,**  
**REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE AIRE PARA CENTROS**  
**HOSPITALARIOS Y DE ATENCIÓN MEDICA**



**TABLA 7.1 Parámetros de diseño**

Función del espacio	Relación de presión con las áreas contiguas (n)	Cambios de aire exterior por hora (Air Changes per Hour, ach)	Ach mínimos totales	Todo el aire de la sala con escape directamente hacia el exterior (j)	Aire recirculado por medio de las unidades de las salas (a)	Humedad relativa del diseño (k), %	Temperatura del diseño (l), °F/°C
<b>CIRUGÍA Y CUIDADOS CRÍTICOS</b>							
Quirófano (clase B y C) (m), (n), (o)	Positiva	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Quirófanos/salas de cistoscopia quirúrgica, (m), (n) (o)	Positiva	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Sala de parto (cesárea) (m), (n), (o)	Positiva	4	20	NR	No	20–60	68–75/20–24
Área de servicios subestéril	NR	2	6	NR	No	NR	NR
Sala de recuperación	NR	2	6	NR	No	20–60	70–75/21–24
Cuidados críticos e intensivos	NR	2	6	NR	No	30–60	70–75/21–24
Cuidados intermedios (s)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Cuidados intensivos de heridas (unidad de quemados)	NR	2	6	NR	No	40–60	70–75/21–24
Cuidados intensivos de recién nacidos	Positiva	2	6	NR	No	30–60	72–78/22–26
Sala de tratamientos (p)	NR	2	6	NR	NR	20–60	70–75/21–24
Salas de traumatismos (crisis o conmoción) (c)	Positiva	3	15	NR	No	20–60	70–75/21–24
Almacenamiento de gases médicos o anestésicos (r)	Negativa	NR	8	Sí	NR	NR	NR
Sala oftalmológica láser	Positiva	3	15	NR	No	20–60	70–75/21–24
Salas de espera de emergencias	Negativa	2	12	Sí (q)	NR	65 máx.	70–75/21–24
Triage	Negativa	2	12	Sí (q)	NR	60 máx.	70–75/21–24
Descontaminación de la sala de emergencias	Negativa	2	12	Sí	No	NR	NR

Salas de espera de radiología	Negativa	2	12	Sí (q), (w)	NR	60 máx.	NR
Sala de procedimientos (cirugía de case A) (o), (d)	Positiva	3	15	NR	No	20-60	70-75/21-24
Sala de examen/tratamiento del departamento de emergencias (p)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70-75/21-24
<b>ENFERMERÍA DE PACIENTES INTERNADOS</b>							
Sala de pacientes	NR	2	4 (y)	NR	NR	60 máx.	70-75/21-24
Área o sala de alimentación	NR	NR	2	NR	NR	NR	NR
Sanitario	Negativa	NR	10	Sí	No	NR	NR

**TABLA 7.1 Parámetros de diseño (Continuo)**

Función del espacio	Relación de presión con las áreas contiguas (n)	Cambios de aire exterior por hora (Air Changes per Hour, ach)	Ach mínimos totales	Todo el aire de la sala con escape directamente hacia el exterior (j)	Aire recirculado por medio de las unidades de las salas (a)	Humedad relativa del diseño (k), %	Temperatura del diseño (l), °F/°C
Sala de cuidado de recién nacidos	NR	2	6	NR	No	30–60	72–78/22–26
Sala de atmósfera protectora (t)	Positiva	2	12	NR	No	60 máx.	70–75/21–24
Sala de AII (u)	Negativa	2	12	Sí	No	60 máx.	70–75/21–24
Sala de AII y PE combinada	Positiva	2	12	Sí	No	60 máx.	70–75/21–24
Antesala de AII (u)	(e)	NR	10	Sí	No	NR	NR
Antesala de PE (t)	(e)	NR	10	NR	No	NR	NR
Antesala de AII y PE combinada	(e)	NR	10	Sí	No	NR	NR
Trabajo de parto/parto/recuperación/posparto (Labor/delivery/recovery/postpartum, LDRP) (s)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Trabajo de parto/parto/recuperación (Labor/delivery/recovery, LDR) (s)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Corredor de pacientes	NR	NR	2	NR	NR	NR	NR

---

**INSTALACIONES DE ENFERMERÍA**

Sala de residentes	NR	2	2	NR	NR	NR	70-75/21-24
Reuniones/actividades/alimentación de residentes	NR	4	4	NR	NR	NR	70-75/21-24
Corredor de la unidad de residentes	NR	NR	4	NR	NR	NR	NR
Fisioterapia	Negativa	2	6	NR	NR	NR	70-75/21-24
Terapia ocupacional	NR	2	6	NR	NR	NR	70-75/21-24
Sala de baño	Negativa	NR	10	Si	No	NR	70-75/21-24

---

**RADIOLOGÍA (v)**

Rayos X (diagnóstico y tratamiento)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	72-78/22-26
Rayos X (cirugía/atención crítica y cateterismo)	Positiva	3	15	NR	No	60 máx.	70-75/21-24
Cuarto oscuro (g)	Negativa	2	10	Si	No	NR	NR

---

**DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO**

Broncoscopia, recolección de esputo y administración de pentamidina (n)	Negativa	2	12	Si	No	NR	68-73/20-23
---	----------	---	----	----	----	----	-------------

---

**TABLA 7.1 Parámetros de diseño (Continuo)**

Función del espacio	Relación de presión con las áreas contiguas (n)	Cambios de aire exterior por hora (Air Changes per Hour, ach)	Ach mínimos totales	Todo el aire de la sala con escape directamente hacia el exterior (j)	Aire recirculado por medio de las unidades de las salas (a)	Humedad relativa del diseño (k), %	Temperatura del diseño (l), °F/°C
Laboratorio, general (v)	Negativa	2	6	NR	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, bacteriología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, bioquímica (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, citología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, lavado de materiales de vidrio	Negativa	2	10	Si	NR	NR	NR
Laboratorio, histología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, microbiología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, medicina nuclear (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, patología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, serología (v)	Negativa	2	6	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, esterilización	Negativa	2	10	Si	NR	NR	70–75/21–24
Laboratorio, transferencia de medios (v)	Positiva	2	4	NR	NR	NR	70–75/21–24
Sala de retención de cuerpos no refrigerada (h)	Negativa	NR	10	Si	No	NR	70–75/21–24
Sala de autopsias (n)	Negativa	2	12	Si	No	NR	68–75/20–24
Farmacia (b)	Positiva	2	4	NR	NR	NR	NR
Sala de examen	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Sala de medicaciones	NR	2	4	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal (x)	NR	2	6	NR	No	20–60	68–73/20–23

Limpieza de endoscopios	Negativa	2	10	Sí	No	NR	NR
Sala de tratamientos (x)	NR	2	6	NR	NR	60 máx.	70–75/21–24
Hidroterapia	Negativa	2	6	NR	NR	NR	72–80/22–27
Fisioterapia	Negativa	2	6	NR	NR	65 máx.	72–80/22–27
Área de tratamientos de diálisis	NR	2	6	NR	NR	NR	72–78/22–26
Sala de reprocesamiento de dializadores	Negativa	NR	10	Sí	No	NR	NR

**TABLA 7.1 Parámetros de diseño (Continuo)**

<b>Función del espacio</b>	<b>Relación de presión con las áreas contiguas (n)</b>	<b>Cambios de aire exterior por hora (Air Changes per Hour, ach)</b>	<b>Ach mínimos totales</b>	<b>Todo el aire de la sala con escape directamente hacia el exterior (j)</b>	<b>Aire recirculado por medio de las unidades de las salas (a)</b>	<b>Humedad relativa del diseño (k), %</b>	<b>Temperatura del diseño (l), °F/°C</b>
Laboratorio radioactivo de medicina nuclear	Negativa	NR	6	Sí	No	NR	70–75/21–24
Sala de tratamientos de medicina nuclear	Negativa	2	6	Sí	NR	NR	70–75/21–24
<b>ESTERILIZACIÓN</b>							
Sala de equipos de esterilización	Negativa	NR	10	Sí	No	NR	NR
<b>SUMINISTROS MÉDICOS Y QUIRÚRGICOS PRINCIPALES</b>							
Sala de ropa sucia o de descontaminación	Negativa	2	6	Sí	No	NR	72–78/22–26
Sala de trabajo limpia	Positiva	2	4	NR	No	60 máx.	72–78/22–26
Almacenamiento estéril	Positiva	2	4	NR	NR	60 máx.	72–78/22–26

---

**SERVICIO**

Centro de preparación de alimentos (i)	NR	2	10	NR	No	NR	72-78/22-26
Lavado de vajilla	Negativa	NR	10	Si	No	NR	NR
Almacenamiento de alimentos	NR	NR	2	NR	No	NR	72-78/22-26
Lavandería, general	Negativa	2	10	Si	No	NR	NR
Clasificación y almacenamiento de ropa de cama sucia	Negativa	NR	10	Si	No	NR	NR
Almacenamiento de ropa de cama limpia	Positiva	NR	2	NR	NR	NR	72-78/22-26
Sala de vertedero de ropa de cama y residuos	Negativa	NR	10	Si	No	NR	NR
Sala de orinales	Negativa	NR	10	Si	No	NR	NR
Baño	Negativa	NR	10	Si	No	NR	72-78/22-26
Armario del portero	Negativa	NR	10	Si	No	NR	NR

---

**ESPACIO DE APOYO**

Sala de trabajo o retención sucias	Negativa	2	10	Si	No	NR	NR
Sala de trabajo o retención limpias	Positiva	2	4	NR	NR	NR	NR
Almacenamiento de materiales peligrosos	Negativa	2	10	Si	No	NR	NR

---

Nota: NR = no se requiere

**ANEXO IIX**  
**ASHRAE 2009 HANDBOOK FUNDAMENTS, TABLA DE**  
**DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS RECTANGULARES**



**Table 2 Circular Equivalents of Rectangular Duct for Equal Friction and Capacity<sup>a</sup>**

Lgth Adj. <sup>b</sup>	Length of One Side of Rectangular Duct <i>a</i> , mm																			
	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900
	Circular Duct Diameter, mm																			
100	109																			
125	122	137																		
150	133	150	164																	
175	143	161	177	191																
200	152	172	189	204	219															
225	161	181	200	216	232	246														
250	169	190	210	228	244	259	273													
275	176	199	220	238	256	272	287	301												
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328											
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383										
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437									
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492								
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547							
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601						
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656					
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711				
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765			
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820		
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696

**ANEXO IX**  
**DATOS INGRESADOS A LA APLICACIÓN PARA EL CASO DE**  
**ESTUDIO**

Tramo	Derivación final	Derivación 1	Derivación 2	Derivación 3	Distancia del tramo	Número de codos por tramo	Tipo de área	Codigo de area	Área[m2]	Unión	Número de personas
<b>E53</b>	True				1,4	None	Salón de conferencias-3.8	PB-012	17,82	None	5
<b>E54</b>	False	E55	E56		4,1	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E56</b>	False	E57	E58		3,6	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E57</b>	False	E59			2,8	1	Salón de conferencias-3.8	PB-014	16,91	Contracción	7
<b>E2</b>	False	E3	E4		1,4	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E59</b>	True				2,4	None	Salón de conferencias-3.8	PB-014	16,91	None	8
<b>E58</b>	False	E60	E72		8,3	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E3</b>	False	E6			3,3	1	Sala de recuperación-0.0	PB-043	4,825	Contracción	6

<b>E60</b>	False	E61			2,9	None	Baño-0.0	PB-031	2,1	Contracción	2
<b>E6</b>	False	E7			2,8	None	Sala de recuperación-0.0	PB-043	4,825	Contracción	6
<b>E5</b>	True				2,8	None	Sala de recuperación-0.0	PB-044	4,63	None	6
<b>E4</b>	False	E5			0,8	None	Sala de recuperación-0.0	PB-044	4,63	Contracción	6
<b>E8</b>	False	E12	E13		5,7	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E11</b>	False	E10			1,2	None	Baño-0.0	PB-002	2,2	Contracción	2
<b>E10</b>	False	E9			1,0	0	Baño-0.0	PB-001	2,2	Contracción	2
<b>E13</b>	False	E14	E16		9,4	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E15</b>	True				2,7	None	Sala de recuperación-0.0	PB-003	4,85	None	5
<b>E16</b>	False	E17	E19		2,6	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E17</b>	False	E18			0,9	None	Sala de recuperación-0.0	PB-004	4,95	Contracción	5
<b>E18</b>	True				2,7	None	Sala de	PB-004	4,95	None	5

							recuperación-0.0				
<b>E14</b>	False	E15			0,9	None	Sala de recuperación-0.0	PB-003	4,85	Contracción	5
<b>E21</b>	True				2,7	None	Sala de recuperación-0.0	PB-005	4,98	None	6
<b>E22</b>	False	E23	E25		2,2	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E23</b>	False	E24			0,8	None	Vestibulos-3.8	PB-007	3,0	Contracción	2
<b>E24</b>	True				3,2	1	Vestibulos-3.8	PB-006	2,8	None	2
<b>E7</b>	True				1,6	None	Recepción-2.5	PB-042	24,77	None	4
<b>E25</b>	False	E26	E28		2,2	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E27</b>	True				1,2	0	Baño-0.0	PB-008	2,04	None	2
<b>E28</b>	False	E29	E42		5,0	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E29</b>	False	E30			0,8	None	sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0	PB-009	11,74	Contracción	4
<b>E30</b>	False	E31			2,5	None	sala de	PB-009	11,74	Contracción	2

							procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0				
<b>E31</b>	False	E32			5,8	None	sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0	PB-037	11,89	Contracción	4
<b>E32</b>	False	E33	E38		1,2	None	None		None	Derivación	None
<b>E33</b>	False	E41	E34	E35	10,0	None	None		None	Cruz	None
<b>E34</b>	True				1,1	None	Baño-0.0	PB-041	1,94	None	2
<b>E35</b>	False	E36	E37		1,0	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E37</b>	True				2,9	None	Recepción-2.5	PB-042	24,77	None	4
<b>E36</b>	True				1,1	None	Baño-0.0	PB-041	1,99	None	2
<b>E38</b>	False	E39			1,3	None	sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0	PB-037	11,12	Contracción	2

<b>E40</b>	True				2,5	None	sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0	PB-037	11,12	None	2
<b>E39</b>	False	E40			1,2	None	sala de procedimientos de endoscopia gastrointestinal-0.0	PB-037	11,12	Contracción	2
<b>E26</b>	False	E27			0,4	0	Baño-0.0	PB-008	2,0	Contracción	5
<b>E42</b>	False	E43	E50		3,0	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E43</b>	False	E44			1,0	None	Baño-0.0	PB-010	6,3866	Contracción	2
<b>E44</b>	False	E45			3,6	None	Baño-0.0	PB-010	6,38	Contracción	2
<b>E45</b>	False	E46			3,2	1	Baño-0.0	PB-010	6,38	Contracción	2
<b>E46</b>	False	E47			3,0	1	Limpieza de endoscopios-0.0	PB-036	9,14	Contracción	6
<b>E47</b>	False	E48			3,4	None	Limpieza de endoscopios-0.0	PB-036	9,14	Contracción	6

<b>E48</b>	False	E49			2,4	None	Limpieza de endoscopios-0.0	PB-036	9,14	Contracción	6
<b>E49</b>	True				2,5	None	Limpieza de endoscopios-0.0	PB-036	9,14	None	6
<b>E50</b>	False	E52	E51		6,1	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E51</b>	True				1,9	None	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-011	31,12	None	5
<b>E52</b>	False	E53	E54		4,8	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E61</b>	False	E62			1,1	None	Baño-0.0	PB-031	2,1	Contracción	2
<b>E62</b>	False	E63			0,9	None	Baño-0.0	PB-031	2,1	Contracción	2
<b>E63</b>	False	E64	E29		1,5	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E64</b>	False	E65			3,0	None	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-033	35,37	Contracción	3
<b>E66</b>	False	E67			9,2	None	Recepción-2.5	PB-034	69,05	Contracción	4
<b>E65</b>	False	E66			6,9	None	Recepción-2.5	PB-034	69,05	Contracción	4



<b>E67</b>	False	E68			4,3	1	Iglesias / sitios de adoración religiosa-2.5	PB-035	26,4	Contracción	3
<b>E68</b>	True				5,3	None	Iglesias / sitios de adoración religiosa-2.5	PB-035	26,4	None	3
<b>E69</b>	False	E70			1,8	None	Baño-0.0	PB-032	2,1	Contracción	2
<b>E70</b>	False	E71			1,0	None	Baño-0.0	PB-032	2,1	Contracción	2
<b>E72</b>	False	E73	E84		7,1	None	None		None	Derivación	None
<b>E84</b>	False	E85	E89		4,1	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E85</b>	False	E86	E87		3,8	None	None		None	Derivación	None
<b>E86</b>	True				1,6	None	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-029	24,01	None	6
<b>E87</b>	False	E88			2,2	1	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-030	20,96	Contracción	4
<b>E88</b>	True				3,8	None	Espacio de oficinas/oficinas-	PB-030	20,96	None	4

							2.5				
<b>E89</b>	False	E90			12,6	1	Cajeros / caja de bancos / depósitos-2.5	PB-024	32,62	Contracción	9
<b>E90</b>	False	E91			6,3	None	Cajeros / caja de bancos / depósitos-2.5	PB-024	32,62	Contracción	8
<b>E92</b>	False	E94	E93		1,1	None	None		None	Derivación	None
<b>E94</b>	True				2,3	None	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-025	22,8	None	2
<b>E71</b>	True				10,0	2	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-028	13,69	None	5
<b>E9</b>	True				1,2	None	Baño-0.0	PB-001	2,2	None	2
<b>E91</b>	False	E92			3,4	None	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-026	14,98	Contracción	3
<b>E19</b>	False	E20	E22		2,3	None	None		0,0	Bifurcación	0

<b>E20</b>	False	E21			0,9	None	Sala de recuperación-0.0	PB-005	4,98	Contracción	8
<b>E12</b>	False	E11			3,4	1	Baño-0.0	PB-002	2,2	Contracción	3
<b>E41</b>	True				2,9	1	Recepción-2.5	PB-039	15,11	None	2
<b>E1</b>	False	E2	E8		5,8	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E93</b>	True				6,6	1	Registro/Espera (Cárceles)-3.8	PB-027	85,7	None	11
<b>E73</b>	False	E96	E95		11,6	1	None		None	Bifurcación	None
<b>E95</b>	False	E74			1,9	None	Salón multi-usos-3.8	PB-017	27,55	Contracción	3
<b>E74</b>	False	E75			2,9	None	Salón multi-usos-3.8	PB-018	19,02	Contracción	3
<b>E75</b>	True				6,0	1	Espacio de oficinas/oficinas-2.5	PB-016	13,18	None	2
<b>E96</b>	False	E77	E76		1,2	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E76</b>	True				1,4	None	Baño-0.0	PB-019	4,66	None	2

<b>E77</b>	False	E78	E79		2,5	None	None		None	Bifurcación	None
<b>E78</b>	True				1,1	None	Baño-0.0	PB-020	3,95	None	2
<b>E79</b>	False	E80			4,0	1	Baño-0.0	PB-021	3,66	Contracción	2
<b>E80</b>	False	E81			1,3	None	Baño-0.0	PB-021	3,66	Contracción	2
<b>E81</b>	False	E82			1,47	None	Baño-0.0	PB-022	3,01	Contracción	2
<b>E83</b>	True				1,2	None	Espacio de oficinas/oficinas- 2.5	PB-023	10,02	None	2
<b>E55</b>	True				1,4	None	Espacio de oficinas/oficinas- 2.5	PB-013	18,43	None	3
<b>E82</b>	False	E83			1,4	None	Baño-0.0	PB-022	3,01	Contracción	2

**Anexo X**  
**Manual de Usuario**



## Manual de uso de la aplicación web HELPVENTI

**Autores:**

Dirigido por: Ing. Carlos Andrés Naranjo Mendoza, Ph.D.

Ing. Miguel Darío Ortega López, Msc.

Elaborado por: Franklin Javier Coraizaca Nieves

**Contactos:**

E-mail: [franklinxavier20@gmail.com](mailto:franklinxavier20@gmail.com)

Celular: 0983595060.

**Versión del documento:**

1.0

Fecha: 18/03/2022



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
Facultad de ingeniería Mecánica

## Introducción

La aplicación web "HELPVENTI" está diseñada para brindar ayuda a distintos profesionales que se dedican al diseño y dimensionamiento de sistemas de ventilación mecánica en edificaciones y espacios de atención médica y hospitalaria, misma que es necesaria para mantener la calidad de aire y confort de espacios interiores.

**Nota:** Al ser una aplicación web no es necesario tener requerimientos mínimos de los equipos, ya que bastaría con solo tener acceso a internet.

Link de explicación del código:

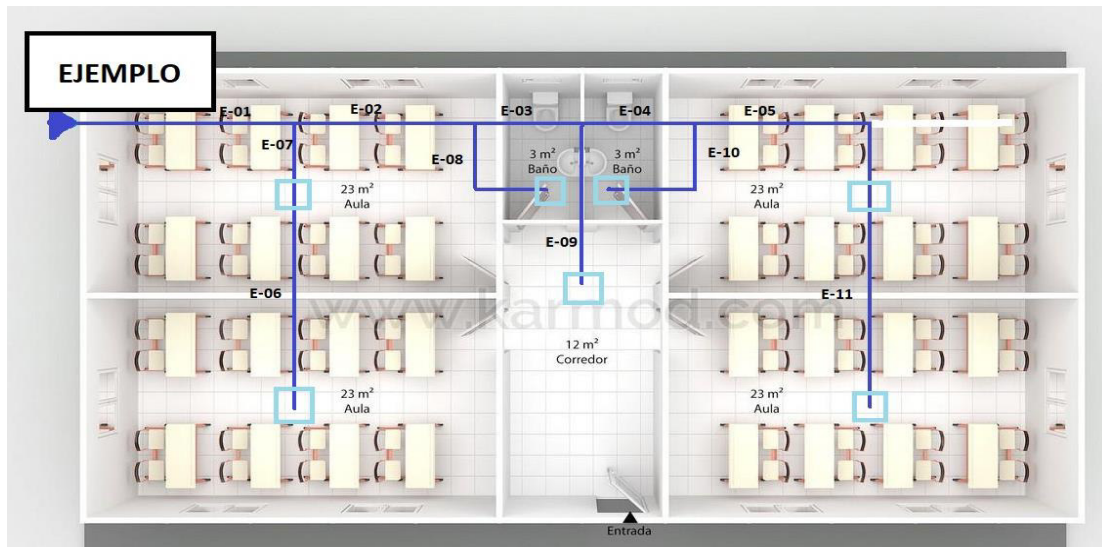
<https://youtu.be/ZwbCQjUUB7s>

Link de tutorial de manejo de la aplicación HelpVenti:

[https://www.youtube.com/watch?v=UPqgaeQg\\_MY](https://www.youtube.com/watch?v=UPqgaeQg_MY)

## Uso

Para poder hacer uso de la aplicación web es necesario tener un diagrama preliminar o diagrama unifilar del sistema de ventilación mecánica, en donde debe constar: los tramos, la distancia de los tramos, los accesorios, el área del espacio a ventilar, el número de personas estimadas por cada espacio y el tipo de espacio a ventilar. Como por ejemplo se puede observar en la siguiente figura de ejemplo.



Una vez que se tiene el diagrama preliminar del sistema de ventilación, se ingresa a la aplicación web "HELPVENTI", en donde se muestra un formulario con todos los parámetros para el ingreso de los datos respectivos como se muestra en la siguiente figura.



**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Tramo

Derivación final

Derivación 1

Derivación 2

Derivación 3

Distancia del Tramo

Número de codos por tramo

Número de codos por tramo

Tipo de Área

Código del Área

Área[m2]

Número de personas por área

Tipo de unión

Agregar Datos Calcular

**Escuela Politécnica Nacional**

Para ingresar los datos, primero hay que identificar el primer tramo donde va a ingresar el aire, e identificar si se trata de un tramo final o no para poder llenar el segundo ítem. Si se presiona el check de tramo final la aplicación elimina automáticamente los ítems que no deben ser llenado como se muestra en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Tramo

Derivación final

Distancia del tramo

Número de codos por tramo

Tipo de área

Código del área

Área[m2]

Número de personas por área

Agregar Datos Calcular

**Escuela Politécnica Nacional**

Como se observa en la figura anterior los ítems de Derivación 1, Derivación 2, Derivación 3 y tipo de unión, se ocultan, debido a que al ser un tramo final no tiene derivaciones adyacentes ni uniones al tramo por lo que estos ítems no deben ser llenados.

Sin embargo, los ítems de tipo de área, código de área, ,área, número de personas por área deben ser llenados cuando se trate de una derivación final, también deben ser llenado si y solos si el tipo de unión es una contracción, esto se debe a que al tratarse de una contracción se especifica que tiene una salida de aire, pero a su vez el tramo continua una trayectoria esto se puede observar en la figura de ejemplo de diagrama unificar, en donde el tramo E-07 y E-06 están unidos por el accesorio de contracción.

Una vez ingresados todos los ítems correspondientes para cada tramo, en la parte inferior de la aplicación se encuentra tres botones, uno de ellos con el nombre de AGREGAR, que al presionar todos los ítems quedaran guardados en la base de datos del servidor.

Cuando se ha ingresado completamente todos los datos o se requiera verificar o cambiar o eliminar algún dato ingresado, en la parte inferior encuentra el botón DATOS, que al presionar se redirige a otra pantalla como se muestra en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Borrar registro Calcular Ingreso Guardar Cargar

Tramo	Derivación final	Derivación 1	Derivación 2	Derivación 3	Distancia del tramo	Número de codos por tramo	Tipo de área	Código de área	Área[m2]	Unión	Número de personas	Acciones
E53	True				1,4	None	Salón de conferencias-3.8	P8-012	17,82	None	5	<span>editar</span> <span>eliminar</span>
E54	False	E55	E56		4,1	None	None		None	Bifurcación	None	<span>editar</span> <span>eliminar</span>

En la figura anterior en la parte superior se muestra cinco botones:

**Borrar registro:** este botón se presiona si y solo si se desea eliminar todos los datos que se encuentran en la base de datos, se recomienda presionar cuando se haya terminado de trabajar en el proyecto o se requiera trabajar en un nuevo proyecto.

**Calcular:** este botón se presiona cuando se desea empezar a realizar los cálculos respectivos, este apartado se verá más adelante.

**Ingreso:** este botón redirecciona a la pantalla inicial para ingresar los datos.

**Guardar:** este botón permitirá guardar los datos ingresados en un archivo Excel, este apartado se verá más adelante.

**Cargar:** este botón permitirá subir los datos guardados y continuar trabajando en proyectos anteriores, este apartado se verá más adelante.

Además, en la figura anterior se puede ver una columna de acciones en donde se encuentra dos botones más:

**Editar:** este botón permite realizar un cambio o corregir algún dato mal ingresado, como se indica en la siguiente figura, en donde se detalla todos los datos ingresados, una vez que se realiza los respectivos cambios, en la parte inferior se encuentra un botón CAMBIAR, que al presionar los cambios quedan guardados correctamente.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Tramo	<input type="text" value="E54"/>
Derivación final	<input type="checkbox"/>
Derivación 1	<input type="text" value="E55"/>
Derivación 2	<input type="text" value="E56"/>
Derivación 3	<input type="text" value="Ingrese la Derivación 3"/>
Distancia del Tramo	<input type="text" value="4.1"/>
Número de codos por tramo	<input type="text"/>
Número de personas por área	<input type="text"/>
Tipo de unión	<input type="text" value="Bifurcación"/>

Cambiar Datos

**Escuela Politécnica Nacional**

**Eliminar:** este botón permite eliminar solo un dato de todos los datos ingresados, que al presionar redirige a una ventada de confirmación como se indica en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

**Desea eliminar este registro**

**Escuela Politécnica Nacional**

## Botón calcular

Como se mencionó anteriormente tanto en la pantalla de ingreso de datos y la pantalla de datos existe este botón CALCULAR, que al presionar redirige a una nueva pantalla para ingresar la velocidad como se indica la siguiente figura.

The screenshot shows the application interface for the 'Escuela Politécnica Nacional' application for mechanical ventilation systems. At the top, there is a blue header with the text 'Escuela Politécnica Nacional' and 'Aplicación para sistemas de ventilación mecánica'. Below the header, there is a green button labeled 'Datos'. Underneath, there is a label 'Velocidad máxima en el conducto principal' followed by a text input field with the placeholder text 'Ingrese la velocidad entre 5 m/s y 10 m/s'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Calcular'.

La velocidad que se deben ingresar es entre 5 y 10 m/s que son valores recomendados para la ruta crítica, cabe recalcar que dependiendo de la velocidad se selecciona las dimensiones de los ductos las pérdidas que tendrá el sistema de ventilación, es decir cuando un flujo determinado y la velocidad es pequeña se tendrá una dimensión grande, mientras que para una velocidad grande se tendrá dimensiones pequeñas, esto es importante tener en cuenta para diseñar los sistemas de ventilación para poder variar la velocidad hasta obtener los requerimientos mínimos y minimizando el costo económico del proyecto.

Una vez ingresada la velocidad se presiona el botón calcular, el cual redirecciona a la pantalla de resultados como se indica en la siguiente figura.

## Escuela Politécnica Nacional

### Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Borrar datos
Datos
Ingreso

Parámetros del sistema
Resultados de ductos
Ruta crítica
Ductos
Datos ASHRAE

#### Parámetros del sistema de ventilación

	Caída de presión del sistema de ventilación [Pa]	Flujo de aire requerido [l/s]	Pérdidas por longitud [Pa]	Pérdidas por accesorios [Pa]	Caída de presión por el difusor [Pa]	Recuperación estática [Pa]
<b>0</b>	59.97	2667.49	62.08	6.51	9.0	17.62

Como se observa en la figura anterior se muestra los resultados generales del sistema de ventilación mecánica, estos resultados son:

- La caída de presión del sistema de ventilación en pascales.
- El flujo de aire requerido en litros por segundo.
- Las pérdidas por longitud existentes en la ruta crítica en pascales.
- Las pérdidas por accesorios en pascales.
- La caída de presión por el difusor.
- La recuperación estática en pascales.

Además de los resultados generales se tiene tres botones más:

**Resultados de ductos:** Aquí se encuentra los resultados de velocidad, flujo y pérdidas por longitud por cada tramo que pertenece al sistema de ventilación como se indica en la siguiente figura.

## Escuela Politécnica Nacional

### Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Borrar datos
Datos
Ingreso

Parámetros del sistema
Resultados de ductos
Ruta crítica
Ductos
Datos ASHRAE

#### Datos Calculados

	Tramo	Derivación 1	Derivación 2	Derivación 3	Distancia [m]	Flujo [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérdidas por longitud [Pa]
<b>0</b>	E53				1.40	24.35	1.76	0.611
<b>1</b>	E54	E55	E56		4.10	1171.67	4.99	2.043
<b>2</b>	E56	E57	E58		3.60	1158.65	5.49	2.280

**Ruta crítica:** Aquí se detalla todos los tramos que pertenecen a la ruta crítica del sistema de ventilación, como se indica en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

[Borrar datos](#) [Datos](#) [Ingreso](#)

[Parámetros del sistema](#) [Resultados de ductos](#) [Ruta crítica](#) [Ductos](#) [Datos ASHRAE](#)

**Datos del conducto principal**

	Tramo	Distancia [m]	Lado Mayor [mm]	Lado Menor [mm]	Velocidad [m/s]	Pérdidas en accesorios [Pa]
0	E1	5.8	700.0	650.0	6.25	0.378
1	E8	5.7	650.0	650.0	6.41	0.000
2	E13	9.4	650.0	650.0	6.19	0.000
3	E16	2.6	650.0	650.0	6.05	0.000

**Ductos:** aquí se detalla las dimensiones de todos los ductos pertenecientes a cada tramo.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

[Borrar datos](#) [Datos](#) [Ingreso](#)

[Parámetros del sistema](#) [Resultados de ductos](#) [Ruta crítica](#) [Ductos](#) [Datos ASHRAE](#)

**Dimensiones de los ductos**

	Tramo	Lado Mayor [mm]	Lado Menor [mm]
0	E53	150	100
1	E54	500	500

## Botón guardar

Como se mencionó anteriormente este botón se encuentra en la pantalla de datos que al ser presionado redirecciona a una pantalla de guardado como se indica en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

Nombre del archivo

[Guardar](#)

En esta pantalla se debe ingresar el nombre del archivo como va a ser guardado.

## Botón cargar

Este botón permitirá cargar un archivo Excel para poder continuar con el proyecto, como se indica en la siguiente figura.

**Escuela Politécnica Nacional**  
Aplicación para sistemas de ventilación mecánica

---

Nombre del archivo Seleccionar archivo Ningún archi... seleccionado

---

