

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de un sistema de climatización eficiente y sustentable para
reformular un centro educativo en consultorio clínico”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Ricardo Xavier Morales Vinces

Yanara Yuleysi Romero Calle

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres Brenda Calle y Noé Romero por su apoyo incondicional, por su comprensión, su amor y el esfuerzo conjunto que me han impulsado a culminar con éxito esta etapa.

A mis hermanas y a mis grandes amistades por acompañarme en cada paso de mi trayectoria estudiantil.

Yanara Romero Calle

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia y amigos que han formado parte de este proceso académico, y de forma especial, quiero dedicar este logro a mis padres, mi madre María Vinces y mi padre Luis Morales por ser mi guía, apoyo y pilar fundamental a lo largo de mi vida.

Ricardo Morales Vinces

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a los docentes que han guiado y motivado mi estudio durante mi estancia en esta prestigiosa institución y especialmente a mi tutora la Ing. Andrea Boero por su acompañamiento y apoyo en la realización del presente proyecto.

Yanara Romero Calle

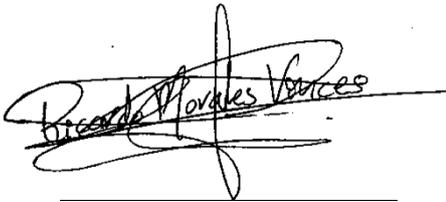
AGRADECIMIENTOS

Mediante la presente declaro mi más sincero agradecimiento a todos los profesores y personas que han servido de base para la realización de este proyecto, y de forma especial, a mi tutora la Ing. Andrea Boero por su guía y apoyo incondicional en la elaboración del presente proyecto.

Ricardo Morales Vincés

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Ricardo Xavier Morales Vincés* y *Yanara Yuleysi Romero Calle* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Ricardo Xavier Morales
Vincés



Yanara Yuleysi Romero
Calle

EVALUADORES

Ing. Andrea Boero

PROFESOR DE LA MATERIA

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El sector educativo privado se vio fuertemente afectado frente a la crisis sanitaria suscitada por el Covid-19. Esta situación se reflejó en la Unidad Educativa “Ciudad de Cuenca”, donde se registró un 45% menos de estudiantes en el periodo lectivo 2020-2021. Por tal razón, el propietario del establecimiento pretende reformar la institución educativa en un centro de salud. Donde, se requiere diseñar un sistema de climatización que garantice confort térmico, sanidad y bioseguridad en pacientes y trabajadores, aplicando medidas de eficiencia y sostenibilidad.

Se inició por recopilar información pertinente al edificio y se estableció los parámetros internos de acuerdo con los estándares 170 y 62.1 de ASHRAE. Con el uso de diversas aplicaciones de Cype Ingenieros S.A; se realizó el análisis de cargas térmicas del recinto, se diseñó el sistema de distribución de aire por ductos y se diseñó el sistema de ventilación mecánica. Se empleó el software EDGE para la simulación energética del consultorio clínico y se elaboró una tabla de costos de inversión y costos operativos del proyecto.

Como resultado, la carga simultánea de refrigeración se redujo un 16.75% debido a las modificaciones en la envolvente del edificio. Se seleccionó un sistema de climatización de volumen de refrigerante variable compuesto por 2 condensadores y 4 evaporadores, junto con un sistema de ventilación mecánica con recuperadores de calor. Finalmente, el diseño establecido y las modificaciones permitieron obtener un 35.05% en ahorro de energía y 75.95% en ahorro de energía incorporada en materiales, asegurando también la factibilidad del proyecto.

Palabras clave: Carga térmica, Consultorio, Climatización, Diseño, Envolvente.

ABSTRACT

The private education sector was strongly affected by the health crisis caused by Covid-19. This situation was reflected in the school "Ciudad de Cuenca", where 45% fewer students were registered for the 2020-2021 school year. For this reason, the owner of the establishment intends to reform the educational institution into a health center. It is necessary to design an air conditioning system that guarantees thermal comfort, health and biosafety for patients and workers, applying efficiency and sustainability measures.

The first step was to gather information relevant to the building and establish internal parameters in accordance with ASHRAE standards 170 and 62.1. With the use of various applications of Cype Ingenieros S.A., the thermal load analysis of the building was performed, the air distribution and mechanical ventilation system were designed. EDGE software was used for the energy simulation of the clinical office and a table of investment and operating costs of the project were prepared.

As a result, the simultaneous cooling load was reduced by 16.75% due to the building envelope modifications. A variable refrigerant flow air conditioning system consisting of 2 condensers and 4 evaporators was selected, along with a mechanical ventilation system with heat recuperators. Finally, the established design and modifications resulted in 35.05% in energy savings and 75.95% in embodied energy savings in materials, also ensuring the feasibility of the project.

Key words: *Thermal load, Clinic, Air conditioning, Design, Envelope.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Definición del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Climatización o Acondicionamiento de aire	4
1.4.2 Propiedades del aire.....	5
1.4.3 Procesos de acondicionamiento de aire	6
1.4.4 Carta psicrométrica	6
1.4.5 Cálculo de carga térmica de refrigeración	7
1.4.6 Sistemas de climatización	7
1.4.7 Equipos y accesorios en sistemas climatizados	10
CAPÍTULO 2.....	12

2.	Metodología.....	12
2.1	Alternativas de solución	12
2.2	Matriz de decisión	12
2.3	Metodología de diseño del sistema de climatización	14
2.3.1	Recopilación de información.....	15
2.3.2	Modelo arquitectónico y modificaciones en el diseño estructural	15
2.3.3	Condiciones externas e internas de diseño	17
2.3.4	Cálculo de cargas térmicas	18
2.3.5	Modificaciones en la envolvente del edificio	19
2.3.6	Diseño del sistema de distribución de aire por ductos.	19
2.3.7	Dimensionamiento de ductos y rejillas.....	20
2.3.8	Diseño para sistema de ventilación mecánica	22
2.3.9	Diseño para sistema de recuperación de calor	22
2.3.10	Selección de equipos	23
2.3.11	Simulación energética	23
2.3.12	Cotización del proyecto	24
	CAPÍTULO 3	25
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	25
3.1	Carga térmica y modificaciones bioclimáticas	25
3.2	Selección de Equipos.....	27
3.3	Simulación Energética	30
3.4	Análisis de Costos.....	33
3.4.1	Consumo eléctrico del sistema de climatización.....	34
3.4.2	Costos de Mantenimiento de los equipos	35
	CAPÍTULO 4	37

4.	Conclusiones y Recomendaciones	37
4.1	Conclusiones	37
4.2	Recomendaciones	38

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
INEC	Instituto Nacional Ecuatoriano de Censo
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ACCESS	Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud de Medicina Prepagada.
ANSI	American National Standards Institute
HVAC	Heating – Ventilation - Air conditioning
VRV	Volumen de refrigerante variable
UMA	Unidad Manejadora de aire
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
SMACNA	Sheet Metal & Air Conditioning Contractors National Association
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
EDGE	Excellence in Design For Greater Efficiencies

SIMBOLOGÍA

A	Área
Q	Caudal de aire
C	Celsius
Cm	Centímetro
CO_2e	Dióxido de carbono equivalente
HP	Horsepower
K	Kelvin
kJ	Kilojoule
kg	Kilogramos
KPa	Kilo Pascales
kWh	kilovatio hora
Lb	Libras
m	Metro
mm	Milímetro
min	Minutos
P	Perímetro
Psi	Libra fuerza por pulgada cuadrada
Ft	Pies
CFM	Pie cúbico por minuto
FPM	Pie por minute
in	Pulgadas
BTU/h	Unidad Térmica Británica por hora
TNr	Tonelada de Refrigeración
W	Watts

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de propiedades del aire.	5
Figura 1.2 Zona de confort térmico en la carta psicométrica.	6
Figura 2.1 Breve descripción de las alternativas de sistemas HVAC.	12
Figura 2.2 Diagrama de flujo de proceso de diseño	14
Figura 2.3 Sección planta alta de la edificación.	15
Figura 2.4 Distribución de áreas de la planta alta.	16
Figura 2.5 Vista 3D de la edificación.	16
Figura 2.6 Flujo de trabajo en la plataforma EDGE.	24
Figura 3.1 Porcentaje de carga máxima de refrigeración por recintos.	25
Figura 3.2 Gráfica comparativa de Ahorro de Energía.	32
Figura 3.3 Gráfica comparativa de compensación de Carbono.	32
Figura 3.4 Gráfica comparativa de Ahorro de energía en materiales.	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Datos de los estados del diagrama psicrométrico.....	7
Tabla 2.1 Criterios de diseño y su respectivo peso.	13
Tabla 2.2 Matriz de decisión.....	14
Tabla 2.3 Coordenadas geográficas: Unidad Educativa “Ciudad de Cuenca”	17
Tabla 2.4 Parámetros internos de diseño	17
Tabla 2.5 Velocidades recomendadas para Ductos y ventiladores.....	20
Tabla 2.6 Zonificación del edificio.....	20
Tabla 2.7 Datos de carga máxima de refrigeración para sala de espera	21
Tabla 2.8 Velocidades recomendados para rejillas.	21
Tabla 3.1 Datos de la carga de refrigeración sin modificaciones bioclimáticas	25
Tabla 3.2 Características de los materiales para modificación bioclimática	26
Tabla 3.3 Datos de la carga de refrigeración con modificaciones bioclimáticas.....	26
Tabla 3.4 Datos de la carga máxima de refrigeración por recintos.	27
Tabla 3.5 Características de los equipos de acondicionamiento de aire.....	29
Tabla 3.6 Detalle de los recuperadores de calor y extractores centrífugos.....	30
Tabla 3.7 Resultados del análisis de eficiencia en la plataforma EDGE.	31
Tabla 3.8 Tabla de costos preoperativo y operativos del proyecto.	33
Tabla 3.9 Costo anual del consumo de energía del sistema de climatización.	34
Tabla 3.10 Tabla de costos del mantenimiento preventivo de equipos.....	35
Tabla 3.11 Costos de mantenimiento preventivo de ductos, rejillas y tuberías.	36

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO A	Unidad Educativa “Ciudad de Cuenca”
PLANO B	Dimensionamiento de ductos y rejillas
PLANO C	Equipos VRV y Dimensionamiento de tuberías

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Muchos sectores de la economía se vieron gravemente afectados debido a la crisis sanitaria suscitada por el COVID-19 y el consecuente confinamiento impuesto a la población entera. El cierre de locales públicos y privados, y el cese de las actividades comerciales provocó un aumento en la tasa de desempleo del 8% en el área urbana en septiembre del 2020 (INEC, 2021). Esto ocasionó, efectos negativos también en el sector educativo, principalmente en el régimen costa que, de acuerdo con el Ministerio de Educación, se registraron 121.300 traslados de estudiantes de instituciones educativas privadas a públicas para el año lectivo 2020-2021, donde el 21% casos corresponde a la ciudad de Guayaquil (Santos, 2021).

Frente a esta realidad muchos centros educativos particulares se encontraron en la necesidad de recortar personal y en algunos casos cerrar parcialmente su institución (EL UNIVERSO, 2020). Por lo cual, no resulta económicamente viable sustentar un establecimiento de este tipo. Esta situación se refleja en la Unidad Educativa Particular “Ciudad de Cuenca”, ubicada en la ciudad de Guayaquil, donde la inscripción de estudiantes se redujo en un 45% en el año lectivo 2020-2021 que, junto a la inestabilidad financiera de los padres de familia, generaron un declive en los ingresos de la institución. Por tal razón el propietario del establecimiento se proyecta en reformar el centro educativo en un centro de salud de primer nivel de atención médica.

1.1 Definición del Problema

La edificación actualmente carece de un sistema de acondicionamiento de aire, que es un recurso clave para el funcionamiento de un centro de prestaciones de servicios de salud ambulatorios. Por tal razón, se solicita el diseño de un sistema de climatización a ser desarrollado bajo las normativas y estándares exigidos para los establecimientos de este tipo.

La institución educativa se compone de dos plantas y se destinará la segunda planta de la edificación para la ubicación del centro de salud tipo A cuya

distribución de áreas se realizó conforme el Reglamento para establecer la tipología de los establecimientos de salud (2020). Por consiguiente, esta planta abarcará una sala de espera con su sección de sanitarios, una farmacia, un consultorio de medicina general, un consultorio de obstetricia, un consultorio de pediatría, un consultorio de odontología general, un consultorio de psicología y un laboratorio de análisis clínico de baja complejidad (LAC-1) con su respectivo puesto de toma de muestras. Esta distribución de las áreas deberá ser considerada en el diseño del sistema de climatización de modo que se cumpla con las condiciones ambientales óptimas.

Dentro de las especificaciones de diseño, se necesita que el sistema de climatización genere, en lo posible, un bajo consumo energético. Por esto se prevé la aplicación de estrategias bioclimáticas, incluyendo modificaciones en el diseño o dimensionamiento de la edificación, en caso de ser necesario.

A continuación, se establece requerimientos y especificaciones de diseño en los siguientes ámbitos:

1. **Salud pública y privada:** El sistema de climatización en consultorios clínicos debe garantizar condiciones de confort, saneamiento y seguridad a pacientes y profesionales cumpliendo con las normativas de la *American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) y los requerimientos de la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACCESS).
2. **Aspectos Ambientales:** Se analizará el consumo energético del sistema de climatización y los requerimientos necesarios para obtener la certificación *Excellence In Design for Greater Efficiencies* (EDGE).
3. **Aspectos Económicos:** Se busca un balance entre el costo de implementación del proyecto y la eficiencia del sistema. Se considera también, el costo de inversión del proyecto y los costos operativos.
4. **Aspectos técnicos:** Se emplean normativas para el diseño del sistema de climatización considerando la emergencia sanitaria por covid-19, la calidad del aire interior, humedad relativa, entre otras especificaciones

de diseño. Tales como los estándares 170 y 62.1 de ASHRAE, el Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado para Hospitales, entre otros.

1.2 Justificación del proyecto

Los establecimientos que brindan servicios de salud son edificaciones que están sujetas a diversas circunstancias que las hace diferentes de otros tipos de edificaciones, como oficinas o residencias. Circunstancias que implican requisitos ambientales específicos. Estos edificios presentan gran concentración de personas en riesgosas condiciones de salud, están en constante limpieza y desinfección, se encuentran expuestos a gases debido a ciertas funciones o procedimientos médicos, tienen tránsito permanente de personas, cuentan con equipos que emiten calor, por lo que un sistema de climatización es imprescindible para el apoyo en el proceso del cuidado de la salud.

Este sistema de climatización debe procurar condiciones de confort, que es fundamental para el bienestar general de los ocupantes del edificio y la productividad del personal; lo que implica una adecuada ventilación del espacio interior, el control de temperatura y humedad relativa. Otro aspecto importante de los sistemas de climatización es el control de infecciones, para evitar el riesgo de transmisión de agentes patógenos, aspecto sumamente importante en la situación actual del Covid-19 y sus variantes.

Según ASHRAE (2013) el sistema de climatización incluso podría contribuir con la curación de determinadas patologías. Además, que una correcta interacción del sistema con la envolvente arquitectónica del edificio evita la entrada de contaminantes exteriores, aire no acondicionado, polvo, microorganismos y humedad.

Por tal razón, el diseño de un sistema de climatización eficiente y la adecuada selección y dimensionamiento de los equipos garantizará la calidad del servicio de salud, la bioseguridad y el confort de los pacientes, personal médico y administrativo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de climatización eficiente para transformar las aulas de un establecimiento educativo en un consultorio médico cumpliendo las normativas y estándares exigidos para su funcionamiento.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los requerimientos técnicos y de normativas para el diseño de un sistema de climatización para un consultorio médico.
- Elaborar el diseño del sistema de climatización para cada una de las áreas que componen el centro de salud tipo A.
- Proponer medidas de eficiencia energética y de diseño bioclimático a fin de reducir el consumo energético del sistema, manteniendo las condiciones de confort.
- Evaluar la factibilidad técnico-económica del diseño propuesto.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Climatización o Acondicionamiento de aire

La función principal del acondicionamiento de aire, según Carrier (2017) “es de mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación”.

Para poder lograr estas condiciones de confort se debe instalar los equipos adecuados de acondicionamiento y al mismo tiempo llevar el control durante su uso.

Existen varios requerimientos básicos que deben cumplir los sistemas de climatización para poner a disposición el confort y las condiciones óptimas para la salud de las personas, los cuales son los siguientes:

- Climatizar o acondicionar debidamente la distribución del aire a través de todo el lugar ya sea para purificar, depurar, deshumidificar, refrigerar, calentar, entre otros.
- Atenuar los sonidos producidos por los equipos de refrigeración.
- Proveer de la energía requerida ya sea para refrigerar o calentar.
- Llevar el debido control de los distintos parámetros ambientales y que los mismos se sustenten en el tiempo. Estos parámetros ambientales tales como: humedad relativa, temperatura del aire, calidad del aire, niveles de ruido, entre otros.

Se entiende que las condiciones de confort se modifican según las funciones ocupacionales del área en el cual se dará el abastecimiento de climatización

1.4.2 Propiedades del aire

Para un correcto diseño de sistema de climatización es necesario conocer las propiedades del aire, mostradas en la Figura 1.1, debido a que es importante tener un adecuado control y regulación de sus condiciones.

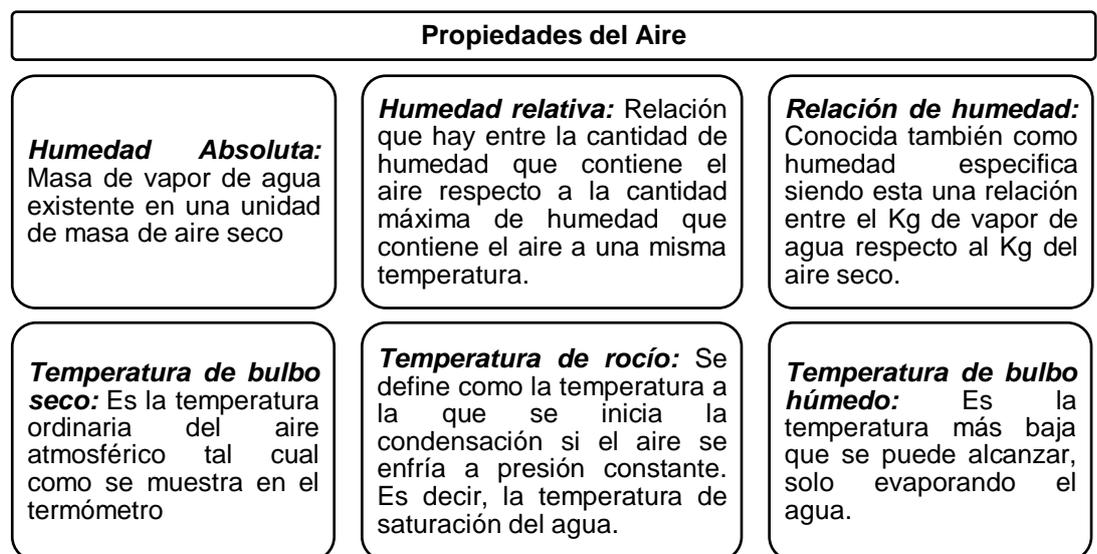


Figura 1.1 Esquema de propiedades del aire (Cengel, 2012)

1.4.3 Procesos de acondicionamiento de aire

Para alcanzar la temperatura y humedad deseadas, es necesario realizar dos o más de los procesos de acondicionamiento de aire (Cengel, 2012). Los procesos dependen de las condiciones climatológicas del lugar y de las condiciones internas requeridas:

- **Calentamiento simple:** Aumenta la temperatura del lugar.
- **Enfriamiento simple:** Consiste en disminuir la temperatura.
- **Humidificación:** Proceso en el cual se adiciona humedad.
- **Deshumidificación:** Proceso en el cual se elimina la humedad.

1.4.4 Carta psicrométrica

La carta psicrométrica es una representación gráfica de las propiedades y de los procesos de acondicionamiento del aire requeridos para alcanzar las condiciones de confort deseadas (Cengel, 2012).

En la Figura 1.2 se visualizan los estados de un sistema de aire acondicionado que trabaja en las condiciones de la ciudad de Guayaquil para alcanzar el confort térmico y en la Tabla 1.1 se presentan los datos de los estados representados en el diagrama psicrométrico.

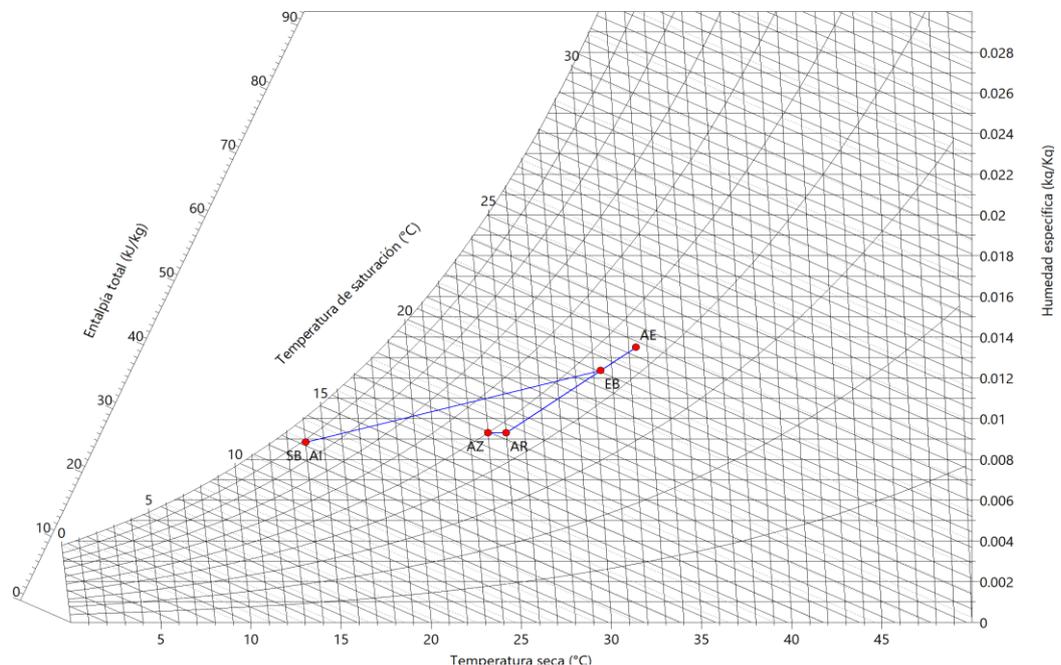


Figura 1.2 Zona de confort térmico en la carta psicrométrica.
(BIMserver.center©, 2020)

Tabla 1.1 Datos de los estados del diagrama psicrométrico
(BIMserver.center©, 2020)

Psicrométrico, puntos de estado				
	t_{BS} (°C)	t_{BH} (°C)	HR (%)	h_T (kJ/kg)
AE	32.4	22.8	44.2	67.2
AZ	24.0	16.8	50.0	48.9
AR	25.0	17.2	47.1	48.9
EB	30.4	21.1	45.4	62.2
SB	14.0	12.8	88.8	36.4
AI	14.0	12.8	88.8	36.4

Nota. AE = Aire exterior. AZ = Aire zona (confort térmico dentro del lugar). AR = Aire de retorno. EB = Aire de entrada a la batería. SB = Aire de salida de la batería

1.4.5 Cálculo de carga térmica de refrigeración

La energía almacenada como calor en un lugar es denominado carga térmica, y la carga térmica de refrigeración se refiere a la cantidad de calor o energía que debe ser retirada del lugar a refrigerar para obtener las condiciones térmicas del diseño, por la cual resulta imprescindible realizar el cálculo para el diseño del sistema de climatización (Quadri, 2001).

1.4.6 Sistemas de climatización

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) son utilizados para el confort de las personas a través de regular y controlar diferentes parámetros como la humedad, pureza y velocidad del aire, la temperatura, entre otros. Así también como nivelar la magnitud del ruido e inclusive algunos permiten la renovación y tratamiento del aire para garantizar condiciones de salubridad (Quadri, 2001).

Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sistemas todo refrigerante
- Sistema todo-agua
- Sistema todo-aire
- Sistema aire-agua

A continuación, se describen los sistemas considerados más eficientes y convenientes para el desarrollo del presente proyecto.

Sistemas todo refrigerante

Los sistemas todo refrigerante consisten en un fluido refrigerante que es transportado a través de tuberías hasta llegar al evaporador, que estará ubicado directamente en el espacio a climatizar para calentar o enfriar el aire del recinto. Estos sistemas se dividen en:

Sistema Split simple

El sistema split simple se divide en dos equipos, uno para interior, el evaporador, y el condensador para el exterior. Se entrelazan a través de tuberías de cobre para la debida conducción del refrigerante. (Quadri, 2001)

Se aplica para viviendas, condominios, oficinas, entre otros. Dentro de sus principales ventajas se encuentra que es de fácil instalación, su costo inicial es bajo, tiene un alto nivel estético gracias a sus unidades interiores y cuenta con acondicionamiento individualizado.

Dentro de sus desventajas se puede mencionar que no aportan aire de renovación, no se puede expandir en más locales, el costo de mantenimiento y operación son relativamente altos. (Lopez, Daza, & Guzmán, 2011)

Sistema Multi-Split

El sistema Multi-Split es la suma de varios Split-simple, pero con la diferencia que solo se necesita una unidad exterior o condensador, y puede llegar a funcionar de 2 hasta 8 unidades interiores o evaporadores. Lo que supone un ahorro de energía dado que el condensador se encuentra en la capacidad de enfriar todo el local o locales en el cual se instalen los evaporadores. (Quadri, 2001)

Estos sistemas se aplican para centros comerciales pequeños o medianos, oficinas, condominios, entre otros. Las ventajas de este sistema es su bajo costo de operación, fácil instalación y bajo costo de mantenimiento. Al usar un solo equipo exterior su estética tendría menos impacto,

acondicionamiento individualizado y puede climatizar varias áreas al mismo tiempo y con un mayor ahorro de energía.

Entre sus desventajas se tiene su elevado costo inicial y debido a que son varios equipos interiores las tuberías de cobre serán susceptibles a fugas del refrigerante. (Lopez, Daza, & Guzmán, 2011)

Sistemas de refrigerante variable (VRV)

Los sistemas de Volumen de Refrigerante variable más conocido como sistemas VRV es una opción para obtener distintas configuraciones de sistemas de refrigeración y son muy utilizados en edificios, hospitales, clínicas, centros educativos, entre otros. La ventaja principal de este sistema puede alcanzar distancias muchas más lejanas a través de un sistema de ductos y un mejor control de los parámetros de los equipos a través de termistores. (Quadri, 2001)

Sistema todo-agua

Este sistema posee unidades terminales llamadas *fan-coil* donde va a circular agua fría o caliente, según se requiera enfriar o calentar, a través de serpentines permitiendo el intercambio de calor con el aire circundante y mediante ventiladores disipar el aire tratado en el lugar que se necesite climatizar. (Quadri, 2001)

Se tiene un debido control de temperatura, humedad y renovación del aire en el lugar a través de equipos como *Fan-coil* o UMA (Unidades Manejadoras de Aire), entre otros. A través de bombas y cañerías se distribuye el agua que va a venir desde la enfriadora de agua, la cual va a estar ubicado en los exteriores del recinto a climatizar. Estos sistemas de todo-agua son muy utilizados en hospitales, hoteles, centros clínicos, condominios.

Los beneficios de este sistema es que las tuberías donde circula el agua son de pequeño dimensionamiento lo que resulta conveniente y se utilizan ductos para transportar el aire acondicionado. Cuenta con renovación de

aire, un factor muy importante para hospitales o clínicas donde hay concentraciones de microorganismos.

Algunas de las desventajas de estos equipos es su elevado costo de mantenimiento debido a los múltiples equipos, tuberías y ductos que se utilizan, además que el control de la humedad cuenta con ciertas limitaciones. (Carrier, 2017)

1.4.7 Equipos y accesorios en sistemas climatizados

Rejillas de suministro

A través de estas rejillas circula el aire ya climatizado para brindar el confort térmico a cada una de las habitaciones en donde este anexado. Las rejillas están conectadas al sistema de suministro de aire a través de ductos estos pueden ser rectangulares o circulares.

Rejillas de extracción

Elementos a través de los cuales se recolecta el aire que necesita ser retirado de las habitaciones, para volver a ser climatizado y purificado en las unidades manejadores de aire y en los filtros, respectivamente. Generalmente, las rejillas van conectadas al sistema de retorno y extracción de aire viciado. (Lopez, Daza, & Guzmán, 2011)

Ductos de aire

Desde sistemas VRV hasta sistemas tipo aire-agua que son los más complejos y completos para climatización se utiliza un sistema de ductos por el cual va a circular el aire ya sea para suministrar o retorno de aire. Los ductos pueden ser circulares, rectangulares o flexibles y están unidos entre sí, mediante diferentes tipos de conexiones (Yes, transiciones, tes, codos, etc.). Los materiales más usados generalmente son los siguientes:

- Lámina de acero galvanizado
- Fibra de vidrio
- Acero inoxidable, cobre y aluminio

Ventiladores

Los ventiladores son equipos empleados para producir o proporcionar un flujo o corriente de aire que se la utiliza como energía para la distribución de aire en todo el sistema de ventilación y extracción. Existen 2 grupos generales de ventiladores:

- Axiales: Proporcionan una corriente de aire axialmente a través del rodete.
- Centrífugos: Este tipo de ventilador son los más comunes para extracción de aire para sanitarios, oficinas o departamentos. Son de bajo costo y de fácil instalación. La diversidad de extractores permite trabajar con diferentes caudales de aire. (Quadri, 2001)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Uno de los requisitos para el funcionamiento de un centro de salud es proveer de un ambiente cómodo, de calidad y seguro, por lo cual se debe diseñar un sistema de climatización con la capacidad adecuada para suplir tales demandas. El sistema se implementará en la segunda planta de una edificación que actualmente funciona como una institución educativa. Esta se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil en el sector Guasmo sur, Coop. Unión de Bananeros.

2.1 Alternativas de solución

Para esta primera fase del proyecto se ha propuesto 3 alternativas de sistemas de acondicionamiento de aire presentadas en la Figura 2.1. Mediante una búsqueda inicial de información, se consideraron las más adecuadas y cercanas a la necesidad planteada.

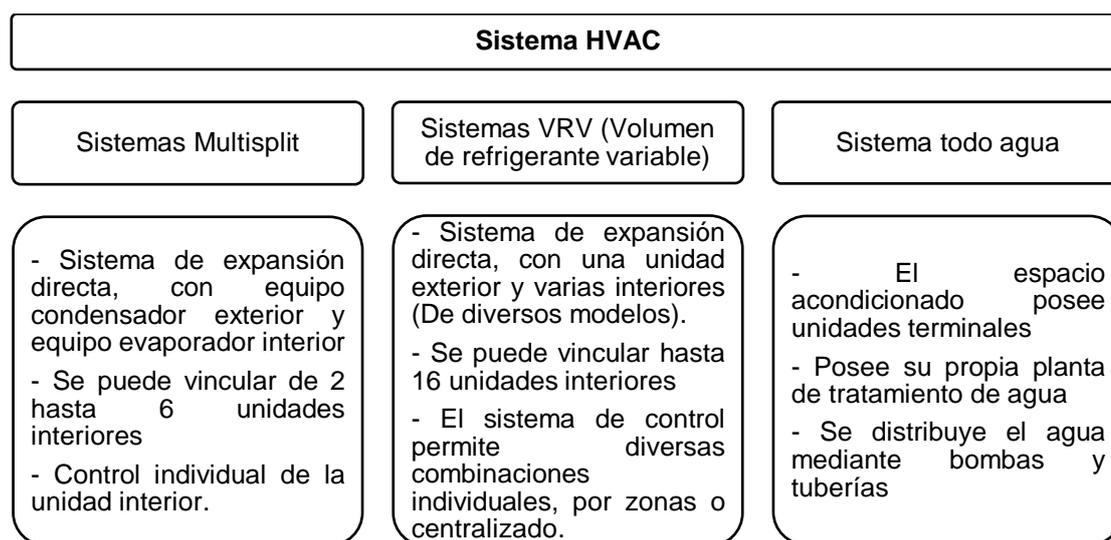


Figura 2.1 Breve descripción de las alternativas de sistemas HVAC. (Quadri, 2001)

2.2 Matriz de decisión

Para la selección de la mejor alternativa se dispuso de una matriz de decisión con los siguientes criterios de diseño:

- ✓ **Eficiencia:** Se busca un sistema que provea de las mejores condiciones de funcionamiento con el mínimo uso de recursos posible.

- ✓ **Costo de instalación:** Para la puesta en marcha del proyecto, este debe considerar el menor costo posible, de modo que sea viable su realización.
- ✓ **Capacidad de ampliación:** Este criterio resulta fundamental, dado que el cliente desea ampliar sus instalaciones a futuro.
- ✓ **Factibilidad de mantenimiento:** El sistema empleado debe permitir el fácil acceso al mantenimiento de los equipos con el menor costo posible, considerando también, la disponibilidad de repuestos en el mercado.
- ✓ **Control de parámetros:** El sistema debe disponer del correcto control de parámetros, tales como temperatura y humedad, para mantener las condiciones ambientales requeridas.
- ✓ **Nivel sonoro:** Para los establecimientos de servicios de salud es importante no sobrepasar el límite establecido de nivel sonoro que garantice la comodidad de los pacientes.

El peso de cada uno de los criterios de diseño presentados en la Tabla 2.1 se establecieron mediante una evaluación entre pares aplicando el proceso de análisis jerárquico decisional desarrollado por Saaty T. (Ver Apéndice A).

Tabla 2.1 Criterios de diseño y su respectivo peso. (Elaboración propia)

Peso de los criterios de diseño	
Eficiencia	24%
Costo de instalación	22%
Capacidad de ampliación	19%
Factibilidad de mantenimiento	16%
Control de parámetros	11%
Nivel sonoro	8%

A continuación, en la Tabla 2.2 se visualiza la matriz de decisión con cada una de las alternativas propuestas; este método de evaluación consiste en otorgar un puntaje a cada alternativa por cada criterio de diseño. El rango de puntuación va del 1 al 10, donde 1 significa que la alternativa no cumple con el criterio y 10 donde la alternativa cumple totalmente con el criterio.

Tabla 2.2 Matriz de decisión (Elaboración propia)

Criterio		Alternativas de diseño					
		Sist. Multi-Split		Sist. VRV		Sist. todo-agua	
		Ptje.	Resultado	Ptje.	Resultado	Ptje.	Resultado
Eficiencia	24%	5	12.00%	7	16.80%	7	16.80%
Costo de instalación	22%	7	15.40%	6	13.20%	4	8.80%
Capacidad de ampliación	19%	2	3.80%	7	13.30%	8	15.20%
Factibilidad de mantenimiento	16%	7	11.20%	6	9.60%	5	8.00%
Control de parámetros	11%	5	5.50%	7	7.70%	8	8.80%
Nivel sonoro	8%	7	5.60%	6	4.80%	5	4.00%
TOTAL	100%	53.50%		65.40%		61.60%	

Nota. Se emplea Sist. Como abreviatura de sistema y Ptje. como abreviatura de Puntaje

Los resultados obtenidos de la matriz de decisión nos indican que la mejor alternativa frente a esta problemática es el sistema VRV (volumen de refrigerante variable).

2.3 Metodología de diseño del sistema de climatización

En la figura 2.2 se muestra un esquema del proceso de diseño para el sistema de climatización.

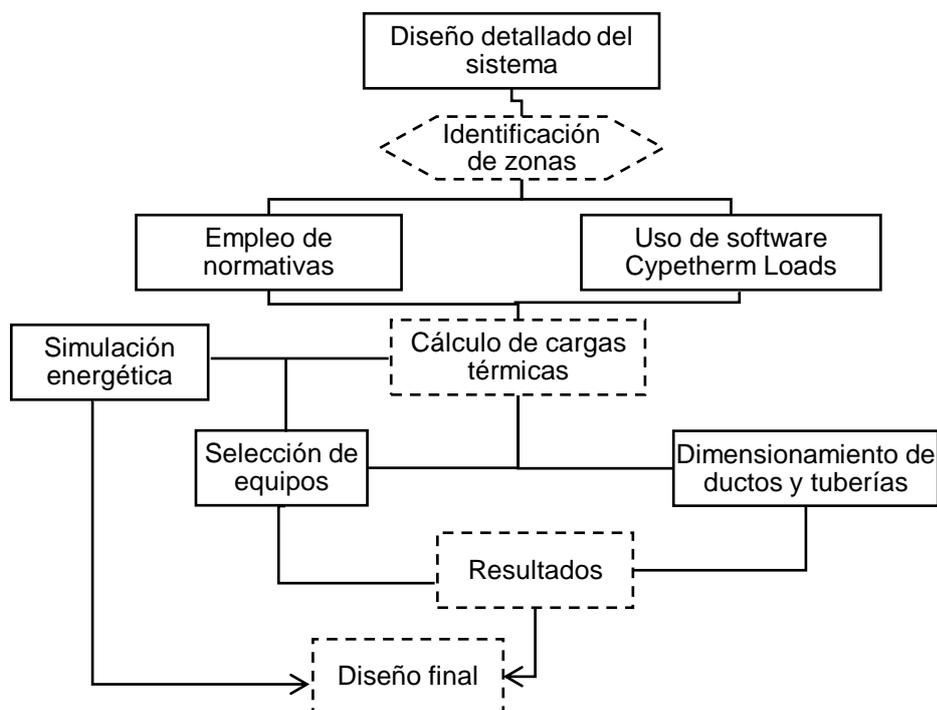


Figura 2.2 Diagrama de flujo de proceso de diseño (Elaboración propia)

Una vez obtenido el sistema a emplear se procedió con la segunda fase del proyecto. Esta fase se divide en una serie de pasos descritos a continuación:

2.3.1 Recopilación de información

Esta etapa consistió en recopilar información referente a la estructura de la planta alta, esto implica las dimensiones de cada área, el material de construcción, tipo y grosor y dimensiones de las paredes, techo, piso, puertas y ventanas. Así como una estimación del número de ocupantes, el nivel y horario de actividad de la edificación, entre otros aspectos. En la figura 2.3 se visualiza el plano actual de la planta alta de la institución y el plano detallado del mismo se observa en la sección de planos (*Ver Plano A*).

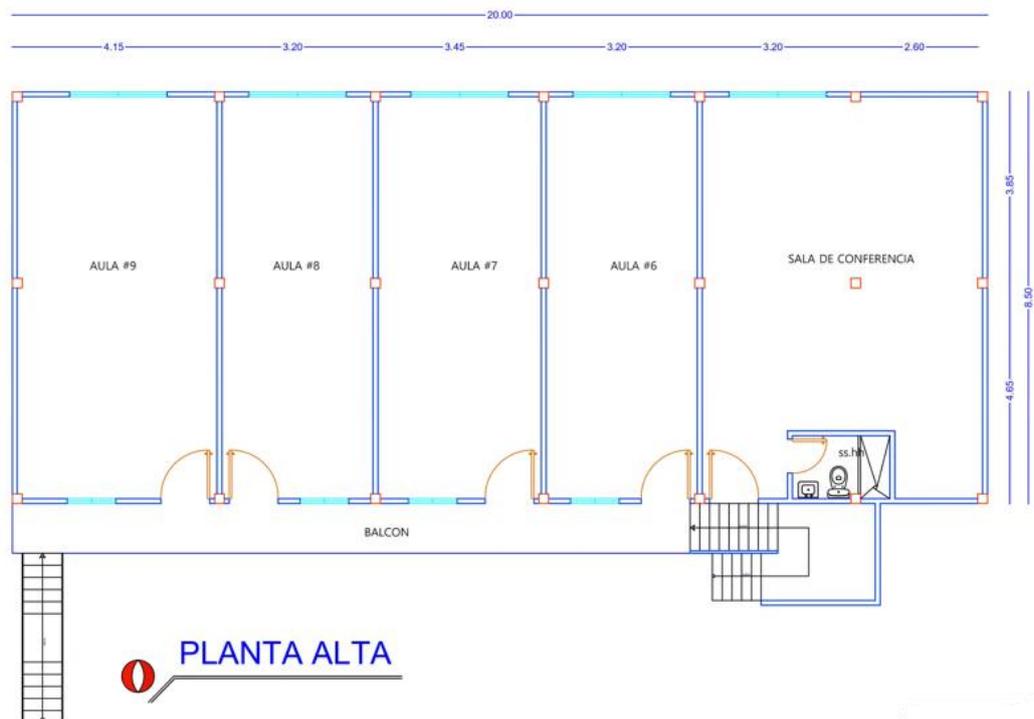


Figura 2.3 Sección planta alta de la edificación. (Elaboración propia)

2.3.2 Modelo arquitectónico y modificaciones en el diseño estructural

Parte de la información recopilada en el paso anterior se utilizó para desarrollar el modelo arquitectónico de la edificación, este modelo mantiene las dimensiones originales de la edificación, sin embargo, dado que el propósito del cliente es destinar esta área para su uso como un centro de salud, se realizó una redistribución del área a ocupar y por consiguiente ciertas modificaciones estructurales.

La redistribución del área consistió en dividir las aulas en dos secciones, para ser ocupadas como consultorios u otras áreas específicas. Como modificación estructural se añadió un pasillo interno para acceder a los consultorios ubicados en ese espacio.

Se empleó la herramienta IFC Builder para el desarrollo del modelo arquitectónico, una aplicación gratuita de CYPE Ingenieros S.A. En las Figuras 2.4 y 2.5 se muestran el plano del centro de salud y el modelo 3D de la edificación, respectivamente.

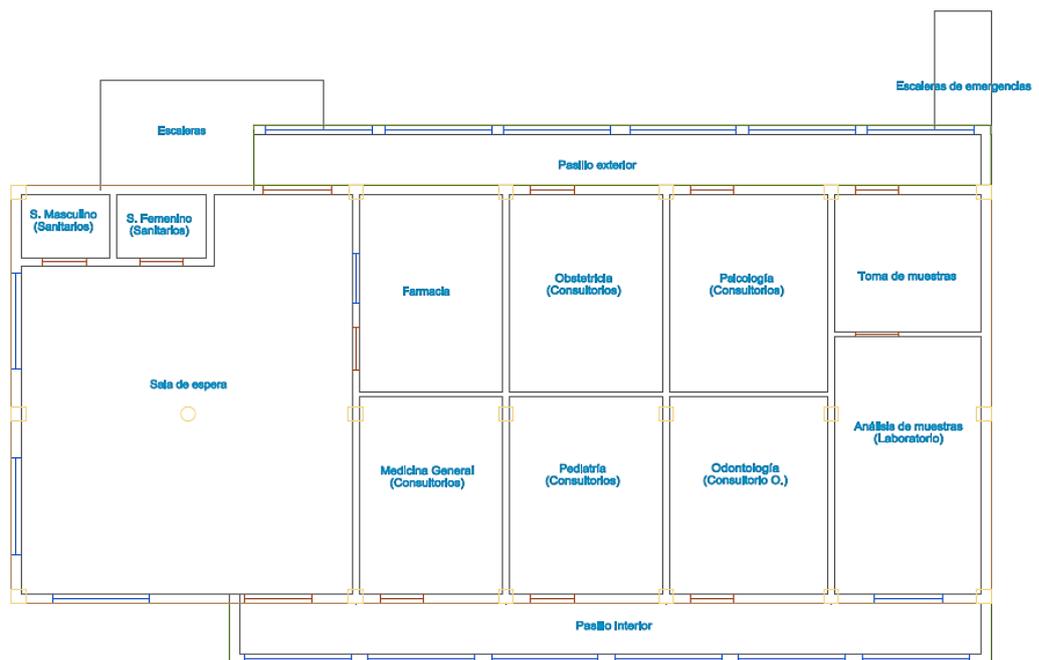


Figura 2.4 Distribución de áreas de la planta alta. (Elaboración propia)

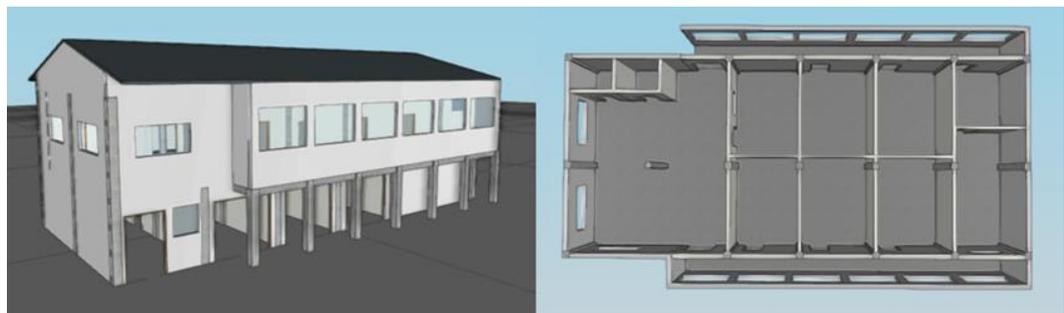


Figura 2.5 Vista 3D de la edificación. (Elaboración propia)

En esta nueva distribución el pasillo exterior e interior poseen ventilación natural dado su diseño, por lo que no serán climatizados.

2.3.3 Condiciones externas e internas de diseño

El sector donde se encuentra ubicado la edificación posee determinadas características climatológicas, esto es lo que se conoce como condiciones externas de diseño, que varían con respecto a su ubicación y región. Para el presente proyecto, el cual se sitúa en la ciudad de Guayaquil, se tomó de guía los datos proporcionados por el sitio web Data Access Viewer, que posee datos solares y meteorológicos de cualquier ubicación geográfica (NASA, 2021). En la Tabla 2.3 se muestra la ubicación geográfica de la edificación y su orientación.

Tabla 2.3 Coordenadas geográficas: Unidad Educativa “Ciudad de Cuenca” (Google Maps, 2021)

Latitud	2° 16' 20.6832" S
Longitud	79° 53' 10.9176" W

Por otra parte, las condiciones interiores de diseño corresponden a los requerimientos mínimos aceptables para ventilación y climatización en centros de salud. Por lo cual se trabajó con los estándares 170 “*Ventilation of Health Care Facilities*” de ASHRAE (2021) y 62.1 “*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*” de ASHRAE (2019). Para la zona de laboratorio de análisis clínico se consideró la guía “Aplicación de condiciones ambientales en los laboratorios clínicos” del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (2017). En la tabla 2.4 se ubican los parámetros de diseño para cada área.

Tabla 2.4 Parámetros internos de diseño (ASHRAE, 2021)

Áreas	Relación de presión con zonas adyacentes	Ventilación	Humedad relativa %	Temperatura °C
Sala de espera	No requiere	2.5 (l/s)/persona	40 – 60	21 - 24
Consultorios (Consulta externa)	No requiere	3.8 (l/s)/persona	40 – 60	21 - 24

Áreas	Relación de presión con zonas adyacentes	Ventilación	Humedad relativa %	Temperatura °C
Consultorio odontológico	No requiere	5 <i>(l/s)/persona</i>	40 - 60	21 - 24
Farmacia	Positivo	4 <i>ach</i>	40 - 60	21 - 24
Toma de muestras	No requiere	3.8 <i>(l/s)/persona</i>	40 - 60	21 - 24
Laboratorio	Negativo	6 <i>ach</i>	35 - 55	18 - 20
Sanitarios	Negativo	10 <i>ach</i>	40 - 60	21 - 24
Pasillo interior	No requiere	0.55 <i>(l/s) × m²</i>	40 - 60	21 - 24

2.3.4 Cálculo de cargas térmicas

Con la información recopilada de los ítems anteriores, se procedió a realizar el cálculo de las cargas térmicas, para este propósito se utilizó el software gratuito CYPETHERM LOADS que también pertenece a la gama de aplicaciones de CYPE Ingenieros S.A. Este programa emplea el Método de las Series Temporales Radiantes (RTSM) recomendado por la ASHRAE, donde se analizaron las cargas debido a la ventilación/infiltración, la ganancia interna de calor que depende de la iluminación, ocupación y equipamiento interno, la carga debido a conducción y convección de elementos verticales y horizontales, carga térmica debido a huecos acristalados y finalmente debido a puentes térmicos lineales.

Una ventaja visible en el uso de esta aplicación es que permite cargar toda la información del modelo arquitectónico realizado en *IFC Builder*. La aplicación se divide en dos secciones, en la primera denominada edificio se ingresaron los datos respecto a la envolvente del edificio y las condiciones internas de diseño. En la segunda sección denominada cargas térmicas se seleccionaron las condiciones exteriores de diseño y los meses de actividad, esto permitió realizar un análisis anual de las cargas térmicas y determinar el valor de la carga máxima simultánea de refrigeración y la carga máxima de refrigeración por recintos. La carga máxima se produce

en un día y hora determinado del año y no siempre coincide el día de mayor carga por recinto con el día de mayor carga simultánea.

Es importante mencionar que esta aplicación cuenta con una extensa base de datos que se empleó para el ingreso de las variables. Para el cálculo del caudal de infiltración se utilizó la tabla 41 “Infiltraciones por puertas y ventanas en verano” del Manual de Aire acondicionado de Carrier (2017) y los valores de transmitancia térmica para puertas y ventanas fueron obtenidos del capítulo 15 del *Handbook Fundamentals de ASHRAE* (2017).

2.3.5 Modificaciones en la envolvente del edificio

La envolvente térmica del edificio es parte fundamental en la determinación de la carga de refrigeración, por tal razón como un método para disminuir la carga térmica se procedió a realizar ciertas modificaciones en el diseño de la envolvente, lo que resultó en un proceso iterativo en la aplicación CYPETHERM LOADS. Finalmente se modificó el material del tejado, incluyendo un cielo falso y el tipo de ventanas en ciertos recintos.

2.3.6 Diseño del sistema de distribución de aire por ductos.

Para la selección del sistema de distribución de aire acondicionado por ductos y/o ventilación mecánica se tiene dos referencias principales: *Sheet Metal & Air Conditioning Contractors National Association* (SMACNA, 2021) que son normativas para la construcción de ductos flexibles y de metal, y el *Handbook Fundamentals de ASHRAE* (2017), aplicada en el proyecto y se basa en el diseño del sistema de distribución de aire y la correcta construcción de conductos y tuberías.

Ambas referencias tratan sobre los diferentes métodos de construcción de ductos y tuberías así también como las debidas velocidades que deben suministrarse a través de todo el sistema de ductos. En la Tabla 2.5 se presentan los valores de las velocidades recomendadas por la ASHRAE (2021).

**Tabla 2.5 Velocidades recomendadas para Ductos y ventiladores
(ASHRAE, 2021)**

<i>Velocidades Recomendadas FPM "pies sobre minuto" (m/s)</i>			
Designación	Residencias	Escuelas, Teatros, Edificios Públicos	Edificios Industriales
Tomas de Aire fresco	500 (2.54)	500 (2.54)	500 (2.54)
Filtros	250 (1.27)	300 (1.52)	350 (1.78)
Ventilador	1000 – 1600 (5.08 – 8.13)	1300 – 2000 (6.60 – 10.16)	1600 – 2400 (8.13 – 12.19)
Ductos Principales	700 – 900 (3.56 – 4.57)	1000 – 1300 (5.08 – 6.60)	1200 – 1800 (6.1 – 9.14)
Ductos Secundarios	600 (3.05)	600 – 900 (3.05 – 4.57)	800 – 1000 (4.06 – 5.08)

Los materiales más utilizados para la distribución del aire son acero galvanizado, aluminio, PVC y fibra de vidrio.

2.3.7 Dimensionamiento de ductos y rejillas

Para realizar el dimensionamiento de ductos se utilizó el software gratuito CYPEHVAC DUCTWORK, perteneciente a la gama de aplicaciones de CYPE Ingenieros S.A. Los métodos de cálculo de este software están basados en los estándares de ASHRAE. Para una mejor comprensión se procedió a subdividir todo el recinto por zonas detalladas en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Zonificación del edificio (Elaboración propia)

ZONAS	Lugares	Área (m²)
ZONA 1	Sala de espera	50.8
	Baños de hombres	2.4
	Baños de mujeres	2.4
ZONA 2	Farmacia	12.1
	Medicina general	12.1
	Obstetricia	12.9
	Pediatría	12.9
ZONA 3	Psicología	13.3
	Odontología	13.3
	Toma de muestras	8.6
ZONA 4	Análisis de muestras	16.2
	Pasillo interno	16.1

Con ayuda del programa se procedió a realizar el correspondiente dimensionamiento de ductos. Se empezó dimensionando para la zona 1 la cual incluye la Sala de espera. En la Tabla 2.7 se muestra la superficie útil a climatizar así también como las condiciones de diseño.

Tabla 2.7 Datos de carga máxima de refrigeración para sala de espera (BIMserver.center©, 2020)

Carga máxima de refrigeración	
Recinto: Sala de espera	Zona: Zona 1
Superficie útil = 50.8 m ²	Volumen neto = 162.51 m ³
Condiciones de diseño	
<u>Interiores:</u>	<u>Exteriores:</u>
Temperatura del aire = 21.0 °C Humedad relativa = 50.00%	Temperatura seca = 30.1 °C Temperatura húmeda = 24.0 °C

Condiciones Interiores de Diseño

Las condiciones interiores de diseño de acuerdo a la normativa 62.1 de ASHRAE (2019), prescribe los siguientes valores de velocidades en rejillas de impulsión y retorno admisibles para la debida calidad del aire interior. En la Tabla 2.8 se detallan las condiciones interiores de diseño seleccionadas para su uso en el consultorio clínico.

Tabla 2.8 Velocidades recomendados para rejillas (ASHRAE, 2019)

Condiciones interiores de diseño	
Designación	Velocidades recomendadas FPM
Velocidad en rejillas de impulsión	450 - 550
Velocidad en rejillas de retorno	450 - 500

Nota. Las velocidades pueden variar entre ± 75 [FPM] para ductos y ± 35 [FPM] en difusores o rejillas.

Es muy importante no sobrepasar estos límites y estar siempre entre las velocidades recomendadas ya que si son velocidades muy altas podría ocasionar ruidos, eliminando la zona de confort de los usuarios. Por el contrario, si las velocidades son muy bajas es muy probable que no se logre climatizar de manera eficiente.

Con las cargas máximas de refrigeración totales de la zona 1 se procede a realizar el dimensionamiento y dar los valores de caudal (en CFM, pies cúbicos por minuto) a través de una correcta y eficiente distribución de ductos dentro de todo el perímetro de la zona 1. Añadiendo un margen de seguridad de entre 10 al 15% al valor de las cargas máximas de refrigeración por si ocurre una sobredemanda de usuarios. Por último, se procede a realizar el dimensionado de todas las rejillas de impulsión, de retorno y de extracción.

2.3.8 Diseño para sistema de ventilación mecánica

El diseño del sistema de ventilación mecánica se lo realizó a través del software CYPEHVAC DUCTWORK. Se empezó diseñando el sistema de ventilación de extracción para los baños, este debe retirar la cantidad de volumen de aire viciado para así poder otorgar las debidas renovaciones de aire requeridas mostradas en la Tabla 2.4 siendo estas entre 8 a 10 renovaciones de aire por hora según las normativas 62.1 y 170 de la ASHRAE (2021).

2.3.9 Diseño para sistema de recuperación de calor

El diseño del sistema de recuperación se lo simula a través del programa CYPEHVAC DUCTWORK que cuenta con intercambiadores de calor entre sus equipos. Los recuperadores de calor estarán ubicados en la Sala de espera, consultorios, farmacia y laboratorio.

Para el diseño se empleó el método de recuperación de calor del sistema "*Energy recovery ventilation*" ERV, ya que este sistema cuenta con un intercambiador de calor el cual podrá recuperar energía mientras hace la remoción de bacterias y contaminantes del ambiente climatizado. Para acondicionar el aire y dar las debidas renovaciones de aire según cada zona este sistema recupera hasta un 70% de la energía que necesita.

2.3.10 Selección de equipos

Luego de haber realizado los dimensionamientos de ductos, rejillas y haber diseñado los sistemas de ventilación mecánica y de recuperación de calor; se procede a escoger los equipos con las características óptimas para el correcto funcionamiento de todo el sistema de climatización. Los equipos seleccionados tendrán que, en lo posible, reducir el consumo energético asegurando su eficiencia.

2.3.11 Simulación energética

La simulación energética del proyecto se realizó en el programa EDGE, una aplicación en línea de la Corporación Internacional Financiera (2021) para el diseño de edificios verdes. La aplicación se divide en varias secciones, la primera corresponde a la sección de diseño, donde se ingresó información respecto al edificio. Las secciones siguientes corresponden a las medidas de eficiencia en energía, agua y energía incorporada en materiales, que posee la plataforma para disminuir el consumo de recursos y las emisiones de carbono. La aplicación habilita las medidas de eficiencia en función de la tipología del edificio y su ubicación.

En la figura 2.5 se presenta un esquema del flujo de trabajo en la plataforma EDGE junto con las medidas de eficiencia que fueron aplicadas, las cuales corresponden a los cambios realizados en la envolvente del edificio y el sistema de climatización diseñado.

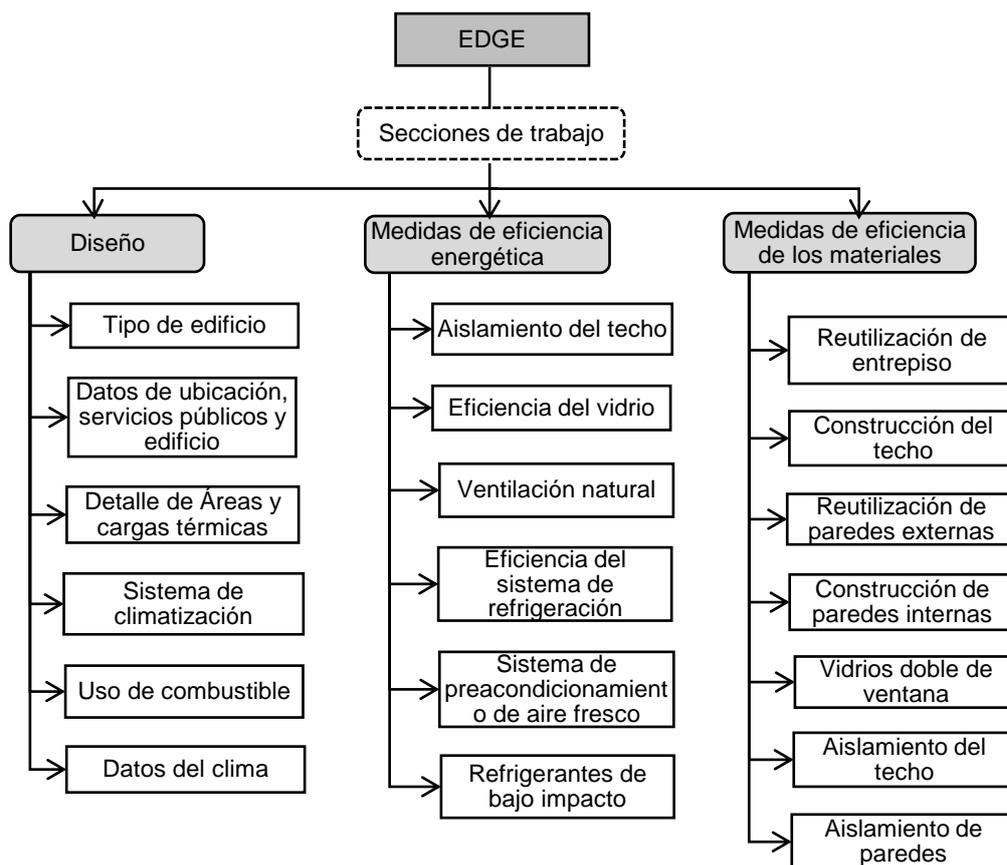


Figura 2.6 Flujo de trabajo en la plataforma EDGE (EDGE, 2018)

El programa cuantifica el porcentaje de ahorro comparándolo con una línea base definida de acuerdo con las prácticas de consumo habituales y las construcciones tradicionales de la zona (Corporación Financiera Internacional EDGE, 2018).

Dado el alcance del proyecto, no se incluyeron medidas de eficiencia en agua.

2.3.12 Cotización del proyecto

Como último paso se realizó la cotización del proyecto, esto incluye la redistribución del área para consultorios, la adición del pasillo interior, las modificaciones en los materiales de construcción y los equipos de acondicionamiento de aire, adicional la proyección de los gastos operativos del proyecto.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Carga térmica y modificaciones bioclimáticas

El primer análisis de carga térmica contemplaba la edificación con techo de zinc, ventanas con vidrio simple y falta de cielo raso, que corresponde a la situación actual de la edificación. El zinc es un buen conductor térmico y las ventanas de vidrio simple poseen un alto valor de transmitancia térmica, convirtiéndolos en elementos que propician un aumento de carga térmica en el área a climatizar. Esta configuración, presentada en la Tabla 3.1, dio como resultado una carga máxima simultánea de refrigeración mayor a 42 000 W.

Tabla 3.1 Datos de la carga de refrigeración sin modificaciones bioclimáticas (Elaboración propia)

Día-hora	Carga simultánea de refrigeración	Área
21 de marzo a las 16 horas	42487 W	173.2 m ²

La figura 3.1 presenta el porcentaje de carga de refrigeración que aporta cada área del recinto a la carga máxima simultánea.



Figura 3.1 Porcentaje de carga máxima de refrigeración por recintos (Elaboración propia)

Como se observa las áreas que aportan con mayor carga térmica son la sala de espera, el laboratorio y el pasillo interior. En el caso de la sala de espera el alto porcentaje se debe a que este espacio tiene mayor área, mayor número de ocupantes y posee ventanas amplias de vidrio simple, que como se mencionó, propician el aumento de temperatura en el interior debido a la radiación y

conducción/convección. En el caso del laboratorio, el alto porcentaje se debe a las condiciones interiores de diseño establecidas en la Tabla 2.4 que resultan más demandantes que las demás y a la carga de refrigeración extra debido a los equipos para análisis de muestras.

La carga térmica en el pasillo interior se debe a las infiltraciones por el gran número de ventanas amplias que a su vez propician un aumento de carga térmica por conducción/convección debido a la baja capacidad aislante del vidrio simple, sin embargo, la transferencia de calor por radiación es mínima dado que el pasillo se orienta hacia el sureste.

En la Tabla 3.2 se describe el diseño bioclimático propuesto para disminuir la carga térmica de toda la zona y en la Tabla 3.3 se presenta la carga máxima simultánea obtenida a partir de esta modificación.

Tabla 3.2 Características de los materiales para modificación bioclimática
(Elaboración propia)

Material de modificación	Transmitancia térmica	Reducción de carga de refrigeración	Porcentaje
Techo tipo sándwich: - Lámina de aluminio - Poliestireno expandido - Lámina de aluminio	0.41 W/m^2K	3730 W	9.01 %
Cielo falso: - Poliestireno expandido - Gypsum	0.33 W/m^2K	2385 W	5.85 %
Vidrio doble -Ventana 4/12/4	2.96 W/m^2K	702 W	1.89 %
Reducción total de carga de refrigeración		6817	16.75 %

Tabla 3.3 Datos de la carga de refrigeración con modificaciones bioclimáticas
(Elaboración propia)

Día-hora	Carga simultánea de refrigeración	Área
21 de marzo a las 16 horas	35670 W	173.2 m^2

El techo tipo sándwich y el cielo falso será aplicado en toda la zona lo que disminuirá la carga térmica simultánea, mientras que el vidrio doble será aplicado en las áreas de sala de espera y pasillos para disminuir la carga

térmica en estos recintos, razón por la cual solo representa el 1.89% de la reducción de carga simultánea.

El análisis de la carga térmica realizado en el área del pasillo interno permite ilustrar el efecto de los elementos constructivos y del diseño bioclimático. Sin embargo, tanto el pasillo exterior como el interior operaran con ventilación natural con el fin de favorecer la renovación de aire en el local y principalmente en los consultorios.

Las cargas máximas de refrigeración por recinto obtenidas a partir de las modificaciones bioclimáticas se presentan en la Tabla 3.4. Consulte el desglose de los resultados en el *Apéndice B*.

**Tabla 3.4 Datos de la carga máxima de refrigeración por recintos
(Elaboración propia)**

Recinto	Área m^2	Carga Latente W	Carga Sensible W	Carga de refrigeración W
Sala de espera	51	6193	5425	11618
Laboratorio	16	3011	3957	6969
Toma de muestras	9	2608	1841	4450
Farmacia	12	1343	1601	2943
Odontología	13	745	987	1732
Obstetricia	13	549	1007	1555
Psicología	13	549	994	1543
Pediatría	13	549	894	1442
Medicina General	12	549	863	1412
Sanitarios Masculinos	2	299	550	849
Sanitarios Femeninos	2	302	445	747

3.2 Selección de Equipos

Una vez obtenidas las cargas máximas de refrigeración por recinto con las debidas modificaciones estructurales y bioclimáticas se realizó el correcto dimensionamiento de ductos, rejillas, tuberías y el diseño del sistema de ventilación mecánica y recuperación de calor; para finalmente seleccionar los

equipos que cumplen con todos los requerimientos de climatización en cada zona del recinto.

El dimensionamiento de ductos, rejillas, tuberías y los sistemas de recuperación de calor y ventilación mecánica se encuentran en los *Planos B y C*. Medidas del sistema de conductos, rejillas y material de cada uno se encuentra en el *Apéndice C*. Para la selección de equipos se establecieron las siguientes consideraciones:

- I. Para la zona 1 (sala de espera) cuenta con un valor de carga máxima de refrigeración de 11618 W (39665 BTU/h), aplicando un factor de seguridad de 10% se obtuvo un valor de 12780 W (43631 BTU/h), y según el dimensionamiento de ductos y de los diferentes caudales que entrega cada rejilla de impulsión de la zona 1, se escogió un *fancoil* de 14059 W (48000 BTU/h) para realizar el trabajo de climatizar toda esa zona.
- II. Para la zona 2 (farmacia, consultorios de Medicina general, Obstetricia y Pediatría) posee un valor de carga máxima de refrigeración de 7322 W (25101 BTU/h). Se le agregó un factor de seguridad del 15% dado que los consultorios de Medicina general, Obstetricia y Pediatría son los más frecuentados y comúnmente cuentan con el acompañamiento de 1 o 2 parientes del paciente a atender; resultando un valor de aproximadamente de 8420 W (29000 BTU/h). Considerando también el dimensionamiento de ductos y los caudales que atraviesan cada rejilla de impulsión hacia la zona 2, se escogió un *fancoil* de 10544 W (36000 BTU/h).
- III. Para la zona 3 (área de toma de muestras, consultorios de Psicología y Odontología) posee una carga máxima de refrigeración de 7725 W (26375 BTU/h), con un factor de seguridad del 15% dado que en el consultorio de Odontología se ocupa más equipos los cuales liberan calor al ambiente; dando así como resultado 8884 W (30331 BTU/h), y según el dimensionamiento de ductos y los diferentes CFM que entrega cada rejilla de impulsión en la zona 3 se escogió un *fancoil* de 10544 W (36000 BTU/h) para climatizar la zona.

IV. En la zona 4, solo considerando el laboratorio, se obtuvo un valor de carga máxima de refrigeración de 11859 W (40488 BTU/h) debido que al momento de realizar las cargas térmicas del laboratorio se consideró todos los equipos básicos el cual hizo que la carga térmica sea alta; sin embargo, los equipos no están en funcionamiento durante todo el tiempo de atención del consultorio médico. Con un factor de seguridad de 10%, se obtuvo un valor de 13045 W (44537 BTU/h) y según el dimensionamiento de ductos y los diferentes CFM que entrega cada rejilla de impulsión en la zona 4, se seleccionó un *fancoil* de 14059 W (48000 BTU/h) para realizar el trabajo de climatizar toda esa zona.

En la Tabla 3.5 se muestran las características de los equipos de acondicionamiento de aire seleccionados según los resultados obtenidos por cada zona.

Tabla 3.5 Características de los equipos de acondicionamiento de aire (Elaboración propia)

Descripción		Modelo	Cant	Ambiente/Ubicación
Unidad Exterior	Condensadora 96000 BTU/h COP: 3.94	38VF010C11B016	1	Parte externa de la edificación.
	Condensadora 76000 BTU/h COP: 4.27	38VF008C11B016	1	
Unidad Interior	Evaporadora 48000 BTU/h	42VD048H115011016	1	Zona 1: Sala de espera
	Evaporadora 36000 BTU/h	42VD036H115003016	2	Zona 2: Farmacia, Consultorios: Medicina general, Obstetricia y Pediatría. Zona 3: Toma de muestras, Consultorios: Psicología y Odontología.
	Evaporadora 28000 BTU/h	42VD028H115003016	1	Zona 4: Laboratorio

Las unidades condensadoras se ubicaron estratégicamente para disminuir los metros de tuberías de cobre que transfieren el refrigerante a los 2 evaporadores conectados. Así mismo, en el dimensionamiento de ductos se destinaron las ubicaciones de las diferentes rejillas de suministro de aire y las de retorno para

lograr la máxima eficiencia de trabajo y alcanzar el confort térmico en todas las áreas de la edificación (*Ver Planos B y C*).

Se seleccionaron las medidas de alto y ancho de los ductos rectangulares que daban el menor perímetro, de modo que se redujeran los costos por aislamiento de ductos.

Renovación del aire

La renovación del aire es extremadamente importante en los establecimientos de salud por lo que se procedió a utilizar intercambiadores de calor. Al momento de extraer el aire desde el interior se va llevando bacterias, contaminantes y demás, hace una extracción del aire viciado para renovarlo con aire del exterior y así mantener dentro del recinto un ambiente renovado y limpio.

Se seleccionaron 6 Intercambiadores de calor por sistema ERV 12300 BTU/h los cuales fueron distribuidos estratégicamente para mantener una renovación de aire de acuerdo con lo estipulado en las normativas internacionales de la ASHRAE (2021). En la Tabla 3.6 se detallan las características de los intercambiadoras de calor y los extractores de aire.

Tabla 3.6 Detalle de los recuperadores de calor y extractores centrífugos (Elaboración propia)

Descripción	Modelo	Cant	Ambiente/Ubicación
Intercambiador de calor por sistema ERV 12300 BTU/h	AM050FNKDEH/EU	6	Distribuidas en las 4 zonas de la edificación
Extractor centrífugo	-	2	Zona 1: Sanitarios de hombres y mujeres
Refrigerante	R410A	8 [Kg]	-

3.3 Simulación Energética

En la tabla 3.7 se presentan los detalles de las medidas de eficiencia que fueron seleccionadas dado el diseño bioclimático propuesto y el sistema de climatización y su comparación con la línea base.

**Tabla 3.7 Resultados del análisis de eficiencia en la plataforma EDGE.
(Elaboración propia)**

Medidas de eficiencia energética		Medidas de eficiencia de los materiales	
Línea Base	Diseño Propuesto	Línea Base	Diseño Propuesto
Aislamiento del techo: Transmitancia térmica U		Construcción de entrepiso	
$U = 1.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0.44 \text{ W/m}^2\text{K}$	Material: Losa de hormigón 100 mm	-91.5 % Reutilización del forjado existente -8.5 % Losa de hormigón 220 mm
Eficiencia del vidrio: Transmitancia térmica U		Construcción del techo	
$U = 5.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 2.96 \text{ W/m}^2\text{K}$	Losa de concreto 300 mm	Techo tipo sándwich revestido de aluminio y aislante de EPS
Ventilación natural: Abertura de la fachada		Paredes externas	
0 %	Pasillos ventilados naturalmente	Pared de ladrillos macizo	Reutilización del muro existente
Eficiencia del sistema de refrigeración		Paredes internas	
Sistema Split refrigerado por aire COP: 2.96	Sistema VRV refrigerado por aire COP: 3.94	Pared de ladrillos macizos	-62% pared de ladrillos de concreto -38% Pared de paneles de yeso y aislante EPS
Sistema de preacondicionamiento de aire fresco		Vidrios de ventana	
Sin aire fresco preacondicionado	Recuperadores de calor Eficiencia: 70%	Vidrio simple 8 mm	-25% Vidrio simple 6 mm -75% Doble vidrio
Refrigerantes de bajo impacto		Aislamiento del techo	
HCFC-22	R-410a	Sin aislamiento	Aislamiento con tablero de poliestireno EPS

Las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4 exponen el ahorro de energía y emisiones carbono que se obtienen de implementar las medidas de eficiencia, las mismas que son generadas debido al diseño propuesto.



Figura 3.2 Gráfica comparativa de Ahorro de Energía (Elaboración propia)

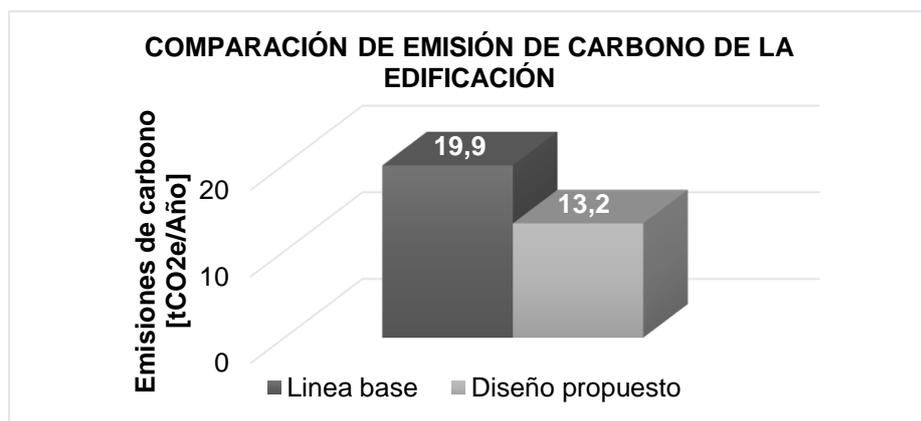


Figura 3.3 Gráfica comparativa de compensación de Carbono (Elaboración propia)

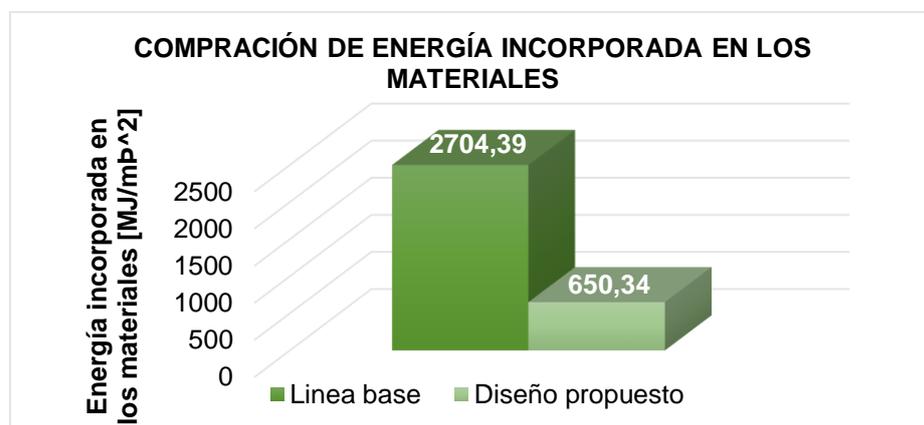


Figura 3.4 Gráfica comparativa de Ahorro de energía en materiales (Elaboración propia)

Obteniendo un ahorro de 35.05% en medidas de eficiencia energética y un 75.95% en medidas de eficiencia de los materiales, de modo que se cumple 2 de los tres requisitos para la certificación EDGE. Además, se reduce 6.7 toneladas de CO₂e al año.

3.4 Análisis de Costos

En la Tabla 3.8 se presentan los costos del proyecto dividido en dos secciones, costos preoperativos que corresponde a la inversión que se debe realizar para poder implementar el proyecto, esto se refiere a todas las modificaciones y adiciones para que el establecimiento cuente con la debida infraestructura y condiciones de confort necesarias para su funcionamiento. La segunda sección referente a los costos operativos del proyecto enfocados en el sistema de climatización.

**Tabla 3.8 Tabla de costos preoperativo y operativos del proyecto
(Elaboración propia)**

COSTOS PRE-OPERATIVOS	
Modificación estructural y diseño bioclimático	
Pasillo interior	
Materiales	\$ 1.956,70
Costos indirectos	\$ 225,63
Mano de obra	\$ 2.490,44
IVA 12%	\$ 234,80
Total	\$ 4.907,57
Paredes interiores (Redistribución de áreas)	
Materiales	\$ 359,96
Mano de obra	\$ 457,13
IVA 12 %	\$ 43,20
Total	\$ 860,29
Cubierta y cielo falso	
Materiales	\$ 8.531,66
Mano de obra	\$ 1.349,39
IVA 12 %	\$ 1.023,80
Total	\$ 10.904,85
Puertas de consultorio y ventanas doble vidrio	
Materiales	\$ 1.120,85
Mano de obra	\$ 2.560,29
IVA 12 %	\$ 134,50
Total	\$ 3.815,64
Equipo de acondicionamiento de aire	
Costos de equipos (Incluye IVA)	\$ 13.808,23
Costos de materiales (Incluye IVA)	\$ 1.900,00
Costos de instalación	\$ 1.600,00

Total	\$17.308,23
COSTOS PRE-OPERATIVOS	
TOTAL	\$ 37.796,58
COSTOS OPERATIVOS	
Costo anual de energía	\$ 2.941,23
Costos de mantenimiento preventivo anual de los equipos de climatización	\$ 2.260,00
Costos de mantenimiento preventivo anual de ductos, rejillas y tuberías	\$ 430,00
TOTAL	\$ 5.631,25

*El Iva del 12% solo se aplica a los materiales.

Como se observa en la Tabla 3.8 los costos de cubierta y cielo falso son superiores incluso a los costos de la remodelación estructural por la adición del pasillo interior, sin embargo, su precio va acorde al beneficio que nos entrega; disminuir la carga de refrigeración en un 14.86 %. El desglose de los costos de la modificación y diseño bioclimático se encuentran en el *Apéndice D*.

Los costos preoperativos nos indican que la inversión monetaria necesaria para la implementación del proyecto es alrededor de los \$ 38.000,00 dólares, sin embargo, este valor puede aumentar al considerarse costos indirectos como gastos administrativos, de transporte o de servicios básicos.

3.4.1 Consumo eléctrico del sistema de climatización

En la Tabla 3.9 se muestra el costo anual de energía eléctrica requerida por el sistema de climatización en condiciones de operación máxima, es decir si los equipos operaran a su máxima capacidad todo el año.

Tabla 3.9 Costo anual del consumo de energía del sistema de climatización (Elaboración propia)

Equipo de acondicionamiento de aire	Potencia [kW]	Cantidad	Potencia Total [kW]
Condensador	7.10	1	7.10
Condensador	5.25	1	5.25
Evaporador 48 000 BTU	0.25	1	0.25
Evaporador 36 000 BTU	0.20	2	0.40
Evaporador 28 000 BTU	0.11	1	0.11
TOTAL			13.11

Horas de uso anual	2736
Consumo eléctrico anual [kWh]	35869
Tarifa	\$ 0,082
Costo Anual de la energía	\$ 2.941,25

Nota. La tarifa se situó en la categoría General-de bajo voltaje-con demanda

De la Tabla 3.9 se infiere que el consumo mensual de energía eléctrica es de 2989 kWh/mes, en comparación con el resultado de la simulación en la plataforma EDGE donde se obtiene un consumo mensual de 2649 kWh/mes. Esto nos indica que las condiciones climatológicas anuales no requerirán del uso de los equipos en su máxima capacidad para alcanzar las condiciones interiores deseadas.

3.4.2 Costos de Mantenimiento de los equipos

Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo trimestral de los equipos de climatización tanto como las unidades condensadoras, las evaporadoras y los recuperadores de calor. En la tabla 3.10 se desglosa los costos del mantenimiento de los equipos por trimestre.

**Tabla 3.10 Tabla de costos del mantenimiento preventivo de equipos
(Elaboración propia)**

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Mano de obra de siguientes equipos:				
Mantenimiento Preventivo Condensadora vertical tipo VRF capacidad:10 HP modelo: 38VF010C11B016	<i>Unid.</i>	1	\$ 110	\$ 110
Mantenimiento Preventivo Condensadora vertical tipo VRF capacidad:8 HP modelo: 38VF008C11B016	<i>Unid.</i>	1	\$ 95	\$ 95
Mantenimiento Preventivo Evaporadora tipo fan coil capacidad 48000 BTU/h modelo: 42VD048H115011016	<i>Unid.</i>	1	\$ 80	\$ 80
Mantenimiento Preventivo Evaporadora tipo fan coil capacidad 36000 BTU/h modelo: 42VD036H113003016	<i>Unid.</i>	2	\$ 60	\$ 120

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Mantenimiento Preventivo Evaporadora tipo fan coil capacidad 28000 BTU/h modelo: 42VD028H115003016	<i>Unid.</i>	1	\$ 40	\$ 40
Mantenimiento Preventivo Intercambiador de calor por sistema ERV capacidad 12300 BTU/h	<i>Unid.</i>	6	\$ 20	\$ 120
Total				\$ 565

Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo semestral de ductos, rejillas y tuberías. Realizar también la debida inspección de todo el sistema. En la tabla 3.11 se desglosa los costos de cada mantenimiento.

Tabla 3.11 Costos de mantenimiento preventivo de ductos, rejillas y tuberías (Elaboración propia)

Descripción	Mano de obra
Mantenimiento de ductos y rejillas	\$ 140
Mantenimiento en tuberías: Para detención de fugas	\$ 75
Total	\$ 215

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El establecimiento en su condición actual carece de las condiciones óptimas para el funcionamiento de un centro de salud, razón por la cual resulta pertinente su modificación estructural y bioclimática permitiendo aprovechar oportunamente el espacio destinado a su uso.
- El diseño bioclimático propuesto reduce la carga de refrigeración de la planta alta en un 16.75% con respecto a su condición actual, por lo tanto, se requiere de un sistema de climatización de menor capacidad, lo que se traduce en un menor consumo de energía y por ende se disminuyen costos de operación y el uso de recursos.
- El sistema de acondicionamiento de aire que incluye equipos, ductos, rejillas y equipos de ventilación mecánica, se diseñó conforme las normativas de ASHRAE y SMACNA, por lo tanto, cumple con los requerimientos internacionales establecidos proporcionando a pacientes y trabajadores confort térmico, condiciones de sanidad y bioseguridad.
- El diseño del sistema de recuperación de calor va a reponer gran parte de la energía a través del método ERV "*Energy recovery ventilation*" el cual recupera hasta un 70% de la energía necesaria y al mismo tiempo cumple con la función de remoción de bacterias y contaminantes del ambiente climatizado, proporcionando así las debidas renovaciones de aire dentro del consultorio clínico.
- Se seleccionaron equipos de acondicionamiento de aire con un factor de seguridad de 10% a 15%, en caso de enfrentar escenarios que generen una mayor carga de refrigeración el sistema está en la capacidad de alcanzar las condiciones internas requeridas.
- El diseño bioclimático propuesto y el diseño del sistema de climatización, de acuerdo con la plataforma EDGE, genera un ahorro de energía del 35.05%, un ahorro de energía de materiales del 75.95% y una reducción de emisión

de carbono de 6.7 toneladas en comparación con la línea base, lo que indica un gran avance en términos de sostenibilidad.

- El proyecto resulta factible dado que los materiales y equipos necesarios para la realización del proyecto se encuentran disponibles en el mercado ecuatoriano y se cuenta con la disponibilidad de recursos para el mantenimiento del sistema de climatización lo que garantiza su funcionamiento en óptimas condiciones.

4.2 Recomendaciones

- Antes de instalar las líneas de comunicación o las canalizaciones eléctricas se debe instalar el sistema de ductos para evitar posibles encuentros o colisiones.
- Se recomienda que cuando se realice la simulación en el software de CYPEHVAC Ductwork se empiece dando las respectivas condiciones exteriores del proyecto; ya que es fundamental para el correcto dimensionamiento de ductos y la disminución de posibles errores.
- Llevar el debido control de las instalaciones de las unidades exteriores o condensadoras ya que, si no se las instalan según los lineamientos predichos en los manuales de la marca del equipo en cuestión se podría llegar a obtener algún fenómeno físico por las condiciones climáticas del exterior siendo una de ellas como la corrosión.
- Dentro de las medidas de eficiencia energética que propone la plataforma EDGE se encuentran las medidas de techo y paredes exteriores reflectantes, las cuales se producen por la aplicación de pintura reflectante en dichos elementos. Estas medidas resultan relativamente económicas y de fácil aplicación para cualquier tipo de establecimiento lo que las hace una buena opción en la selección de medidas para el diseño de edificios verdes.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCONEL. (2019, 23 de diciembre). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución*. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/2-Pliego-Tarifario-SPEE-2020.pdf>
- ASHRAE. (2013). *Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado para Hospitales y Clínicas* (Segunda ed.). Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. (2017). *Handbook Fundamentals*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. (2019). *Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ASHRAE.
- ASHRAE. (2021). *Standard 170: Ventilation of Health Care Facilities*. ASHRAE.
- BIMserver.center©. (2020). CYPEHVAC Ductwork.
- BIMserver.center©. (2020). CYPETHERM LOADS.
- Carrier. (2017). *Handbook Of Air Conditioning system design*. Madrid: ALFAOMEGA MARCOMBO.
- Cengel, B. (2012). *Termodinámica*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Corporación Financiera Internacional. (2021). *Excelencia en diseño para mayores eficiencias*. Obtenido de <https://edgebuildings.com/?lang=es>
- Corporación Financiera Internacional EDGE. (19 de Diciembre de 2018). Guía del usuario de EDGE. Obtenido de <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/10/190515-EDGE-UG-Spanish.pdf>
- EL UNIVERSO. (20 de octubre de 2020). Nueve planteles privados cerraron por pandemia en la zona 8, según el Ministerio de Educación. *EL UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/10/19/nota/8020129/escuelas-colegios-cerrados-crisis-covid19-guayaquil-duran/>
- Google Maps. (2021). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/>
- Guillermo Real. (2019). Análisis Jerárquico de Decisión [Video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=CVujmCCFv_k&t=610s
- INEC. (2021). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2021/Septiembre-2021/202109_Mercado_Laboral.pdf

- Lopez, C., Daza, P., & Guzmán, M. (2011). *MANUAL BÁSICO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO*. Antigua Cuscatlán.
- Ministerio de Salud Pública. (2020, 17 de julio). *Reglamento para establecer la tipología de los establecimientos de salud del Sistema Nacional de Salud*. Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada. Obtenido de <http://www.calidadsalud.gob.ec/normativa/>
- NASA. (2021). *The Power Project*. Obtenido de Data Access Viewer: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Quadri, N. (2001). *Sistemas de aire acondicionado*. Buenos Aires: LIBRERÍA Y EDITORIAL ALSINA.
- Santos, L. (4 de Enero de 2021). De privado a público: un vistazo a la migración escolar en Ecuador. *Plan V*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/privado-publico-un-vistazo-la-migracion-escolar-ecuador>
- Servicio de Acreditación Ecuatoriano. (2017). *Aplicación de condiciones ambientales en los laboratorios clínicos*.
- SMACNA. (2021). *Normas de Construcción de Ductos HVAC*. SMACNA.

APÉNDICES

APÉNDICE A: MÉTODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL PESO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO

Para establecer el peso de los criterios de diseño se emplea el análisis jerárquico de decisión planteado por el profesor Thomas L. Saaty. Este análisis emplea la siguiente métrica de evaluación:

- 1: Si a posee la misma importancia que b
- 3: Si a posee algo más importancia que b
- 5: Si a posee más importancia que b
- 7: Si a posee mucha más importancia que b
- 9: Si a posee total importancia antes que b

Para la evaluación entre pares primero se determina cuál de los dos criterios es más importante, a continuación, se sitúa en la casilla correspondiente a este criterio. A esta casilla se le otorga un valor de la métrica considerando que tan importante es el criterio en comparación al otro criterio. Por consiguiente, la casilla contraria obtendrá el inverso del valor anterior, una vez realizada esta operación por cada par de criterios se realiza una suma por columnas. Para el presente proyecto se obtiene la siguiente matriz:

	Eficiencia	Nivel Sonoro	Costo de Instalación	Control de Parámetros	Factibilidad de mantenimiento	Capacidad de ampliación
Eficiencia	1	3	0.5	2	3	2
Nivel Sonoro	0.33	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Costo de Instalación	2	2	1	2	2	0.5
Control de parámetros	0.5	2	0.5	1	0.5	0.5
Factibilidad de mantenimiento	0.33	2	0.5	2	1	2
Capacidad de ampliación	0.5	2	2	2	0.5	1
SUMA	4.66	12	5	9.5	7.5	6.5

A continuación, se debe establecer la representatividad por criterios, que consiste en dividir cada valor por la suma total de su respectiva columna. Obteniéndose la siguiente matriz:

0.215	0.250	0.1	0.211	0.4	0.308
0.071	0.083	0.1	0.053	0.067	0.077
0.429	0.167	0.1	0.211	0.267	0.077
0.107	0.167	0.1	0.105	0.067	0.077
0.071	0.167	0.1	0.211	0.133	0.308
0.107	0.167	0.1	0.211	0.067	0.154

Finalmente, por cada fila, las cuales representan cada uno de los criterios, se realiza un promedio ponderado, dando como resultado el peso correspondiente al criterio:

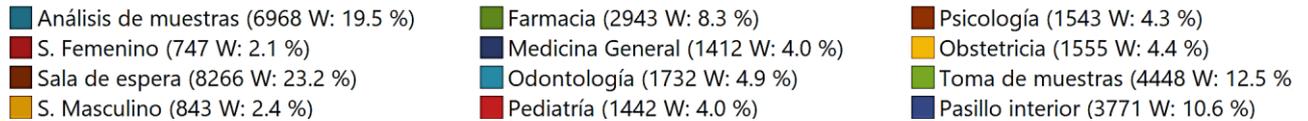
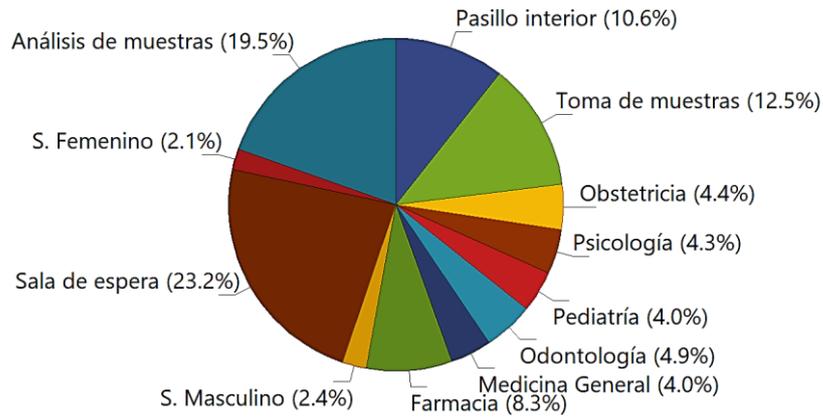
Ponderación	Peso	Criterio
0.247	24%	Eficiencia
0.077	8%	Nivel Sonoro
0.225	22%	Costo de Instalación
0.104	11%	Control de parámetros
0.165	16%	Factibilidad de mantenimiento
0.184	19%	Capacidad de ampliación

APÉNDICE B: RESULTADOS DE LAS CARGAS DE REFRIGERACIÓN

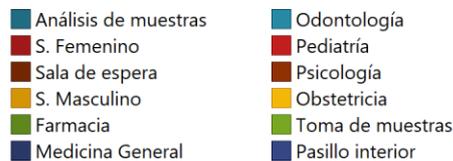
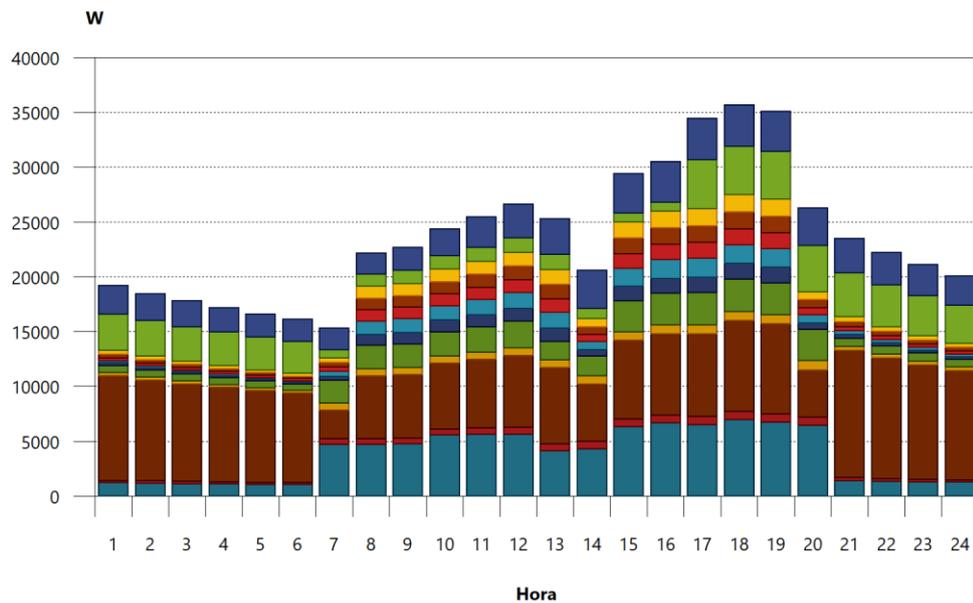
Tabla de resultados:

	Externas					Internas		Ventilación			Totales			
	A (m ²)	Conducción (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de refrigeración por recinto														
Análisis de muestras	16	1159	0	0	0	90	1198	86	2778	1412	3011	3957	431	6968
S. Femenino	2	181	0	0	0	60	134	9	228	109	302	445	305	747
Sala de espera	51	1971	196	5898	2501	0	499	0	0	0	6193	5425	229	11618
S. Masculino	2	283	0	0	0	60	133	9	225	107	299	550	351	849
Farmacia	12	345	0	0	0	140	626	43	1139	553	1343	1601	243	2943
Medicina General	12	259	0	0	0	120	368	15	402	195	549	863	117	1412
Odontología	13	210	0	0	0	180	473	20	530	257	745	987	130	1732
Pediatría	13	278	0	0	0	120	377	15	402	195	549	894	112	1442
Psicología	13	370	0	0	0	120	382	15	402	195	549	994	116	1543
Obstetricia	13	386	0	0	0	120	377	15	402	195	549	1007	120	1555
Toma de muestras	9	486	0	2484	1208	0	60	0	0	0	2608	1841	516	4450
Pasillo interior	16	1647	2743	0	0	0	5	9	168	95	176	4714	304	4890
Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Marzo a las 17h (16 hora solar aparente)														
Zona 1	173.2							299			13277	22393	205.96	35670
Abreviaturas														
A	Superficie													
Conducción	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción													
Solar	Cargas debidas a las ganancias de calor por radiación solar													
Inf. lat.	Infiltración latente													
Inf. sens.	Infiltración sensible													
Lat.	Latente													
Sens.	Sensible													

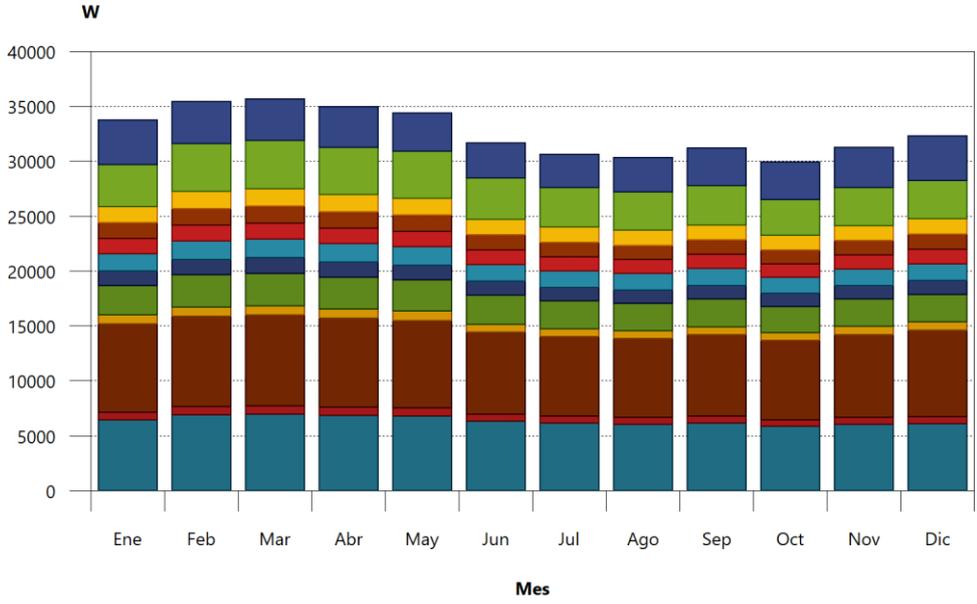
Gráficas estadísticas



Evolución horaria de la carga máxima simultánea de refrigeración (21 de Marzo)



Evolución anual de la carga máxima simultánea de refrigeración



- Análisis de muestras
- Odontología
- S. Femenino
- Pediatría
- Sala de espera
- Psicología
- S. Masculino
- Obstetricia
- Farmacia
- Toma de muestras
- Medicina General
- Pasillo interior

APÉNDICE C: RESULTADOS DE DUCTOS DE VENTILACIÓN Y REJILLAS

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 5											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-
2	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
3	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	6	-
4	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
5	Rejilla de extracción	40	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 9											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	13	-
6	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
7	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	13	-
8	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	13	Chapa galvanizada
9	Rejilla de impulsión	40	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 13											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-
10	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
11	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	6	-
12	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
13	Rejilla de extracción	40	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 17											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	13	-
14	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
15	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	13	-
16	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	13	Chapa galvanizada
17	Rejilla de impulsión	40	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 21											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-
18	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
19	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	6	-
20	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
21	Rejilla de extracción	40	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 25											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	13	-
22	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
23	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	13	-
24	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	13	Chapa galvanizada
25	Rejilla de impulsión	40	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: - 30											
	Fan-coil	500	-	-	-	-	-	-	-	7	-
26	Conducto	500	343.33	400.00	250.00	5.00	1.08	0.94	1	7	Chapa galvanizada
27	Nudo de enlace	500	-	-	-	-	-	-	-	6	-
28	Conducto	250	266.41	300.00	200.00	4.17	2.00	0.92	2	6	Chapa galvanizada
29	Conducto	250	315.00	-	-	3.21	0.86	0.69	1	4	Conducto flexible
30	Rejilla de retorno	250	-	-	-	-	-	-	3	3	-
Tramo de conducto: 27 - 32											
27	Nudo de enlace	500	-	-	-	-	-	-	-	6	-
31	Conducto	250	315.00	-	-	3.21	0.86	0.69	1	4	Conducto flexible
32	Rejilla de retorno	250	-	-	-	-	-	-	3	3	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: - 39											
	Fan-coil	600	-	-	-	-	-	-	-	17	-
33	Conducto	420	322.23	350.00	250.00	4.80	1.43	0.94	1	17	Chapa galvanizada
34	Elemento con pérdida de presión localizada	420	-	-	-	-	-	-	2	16	-
35	Conducto	420	322.23	350.00	250.00	4.80	1.54	0.94	1	14	Chapa galvanizada
36	Elemento con pérdida de presión localizada	420	-	-	-	-	-	-	4	12	-
37	Conducto	140	216.49	225.00	175.00	3.56	2.00	0.89	2	8	Chapa galvanizada
38	Conducto	140	250.00	-	-	2.85	0.86	0.73	1	7	Conducto flexible
39	Rejilla de impulsión	140	-	-	-	-	-	-	6	6	-
Tramo de conducto: 36 - 42											
36	Elemento con pérdida de presión localizada	420	-	-	-	-	-	-	4	12	-
40	Conducto	140	216.49	225.00	175.00	3.56	2.00	0.89	2	8	Chapa galvanizada
41	Conducto	140	250.00	-	-	2.85	0.86	0.73	1	7	Conducto flexible
42	Rejilla de impulsión	140	-	-	-	-	-	-	6	6	-
Tramo de conducto: 36 - 44											
36	Elemento con pérdida de presión localizada	420	-	-	-	-	-	-	4	12	-
43	Conducto	140	250.00	-	-	2.85	0.86	0.73	1	7	Conducto flexible
44	Rejilla de impulsión	140	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 1 - 48											
Recuperador de calor 1	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-
45	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
46	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	6	-
47	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
48	Rejilla de extracción	40	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 1 - 52											
Recuperador de calor 1	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	13	-
49	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
50	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	13	-
51	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	13	Chapa galvanizada
52	Rejilla de impulsión	40	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 2 - 56											
Recuperador de calor 2	Recuperador de calor	63	-	-	-	-	-	-	-	7	-
53	Conducto	63	161.11	175.00	125.00	2.86	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
54	Elemento con pérdida de presión localizada	63	-	-	-	-	-	-	0	6	-
55	Conducto	63	161.11	175.00	125.00	2.86	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
56	Rejilla de extracción	63	-	-	-	-	-	-	5	5	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 2 - 60											
Recuperador de calor 2	Recuperador de calor	63	-	-	-	-	-	-	-	13	-
57	Conducto	63	161.11	175.00	125.00	2.86	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
58	Elemento con pérdida de presión localizada	63	-	-	-	-	-	-	0	13	-
59	Conducto	63	161.11	175.00	125.00	2.86	0.86	0.87	1	12	Chapa galvanizada
60	Rejilla de impulsión	63	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 64											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-
61	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	7	Chapa galvanizada
62	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	6	-
63	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	6	Chapa galvanizada
64	Rejilla de extracción	40	-	-	-	-	-	-	6	6	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: Recuperador de calor 4 - 68											
Recuperador de calor 4	Recuperador de calor	40	-	-	-	-	-	-	-	13	-
65	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.66	0.87	1	13	Chapa galvanizada
66	Elemento con pérdida de presión localizada	40	-	-	-	-	-	-	0	13	-
67	Conducto	40	136.65	125.00	125.00	2.56	0.86	0.87	1	13	Chapa galvanizada
68	Rejilla de impulsión	40	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Anchura						
100	Conducto	113	199.81	225.00	150.00	3.35	2.00	0.89	2	14	Chapa galvanizada
101	Conducto	113	224.00	-	-	2.87	0.86	0.85	1	13	Conducto flexible
102	Rejilla de impulsión	113	-	-	-	-	-	-	12	12	-
Tramo de conducto: 99 - 104											
99	Nudo de enlace	226	-	-	-	-	-	-	-	14	-
103	Conducto	113	224.00	-	-	2.87	0.86	0.85	1	13	Conducto flexible
104	Rejilla de impulsión	113	-	-	-	-	-	-	12	12	-
Tramo de conducto: 97 - 106											
97	Nudo de enlace	339	-	-	-	-	-	-	-	16	-
105	Conducto	113	224.00	-	-	2.87	0.86	0.85	1	13	Conducto flexible
106	Rejilla de impulsión	113	-	-	-	-	-	-	12	12	-
Tramo de conducto: 95 - 108											
95	Nudo de enlace	452	-	-	-	-	-	-	-	18	-
107	Conducto	113	224.00	-	-	2.87	0.86	0.85	1	13	Conducto flexible
108	Rejilla de impulsión	113	-	-	-	-	-	-	12	12	-
Tramo de conducto: 90 - 111											
90	Elemento con pérdida de presión localizada	565	-	-	-	-	-	-	7	29	-
109	Conducto	113	199.81	225.00	150.00	3.35	0.90	0.89	1	13	Chapa galvanizada
110	Conducto	113	224.00	-	-	2.87	0.86	0.85	1	13	Conducto flexible
111	Rejilla de impulsión	113	-	-	-	-	-	-	12	12	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: - 124											
	Unidad de tratamiento de aire	500	-	-	-	-	-	-	-	30	-
112	Conducto	520	353.96	350.00	300.00	4.95	1.27	0.87	1	30	Chapa galvanizada
113	Elemento con pérdida de presión localizada	520	-	-	-	-	-	-	3	29	-
114	Conducto	520	353.96	350.00	300.00	4.95	0.40	0.87	0	26	Chapa galvanizada
115	Elemento con pérdida de presión localizada	520	-	-	-	-	-	-	3	25	-
116	Conducto	520	353.96	350.00	300.00	4.95	2.40	0.87	2	22	Chapa galvanizada
117	Elemento con pérdida de presión localizada	520	-	-	-	-	-	-	6	20	-
118	Conducto	260	271.58	275.00	225.00	4.20	2.38	0.90	2	14	Chapa galvanizada
119	Elemento con pérdida de presión localizada	260	-	-	-	-	-	-	1	12	-
120	Conducto	260	271.58	275.00	225.00	4.20	1.08	0.90	1	11	Chapa galvanizada
121	Nudo de enlace	260	-	-	-	-	-	-	-	10	-
122	Conducto	130	209.99	250.00	150.00	3.47	2.99	0.90	3	10	Chapa galvanizada
123	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.40	0.63	0	7	Conducto flexible
124	Rejilla de retorno	130	-	-	-	-	-	-	7	7	-
Tramo de conducto: 121 - 126											
121	Nudo de enlace	260	-	-	-	-	-	-	-	10	-
125	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.40	0.63	0	7	Conducto flexible

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
154	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
155	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 144 - 157											
144	Nudo de enlace	376	-	-	-	-	-	-	-	14	-
156	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
157	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 139 - 168											
139	Elemento con pérdida de presión localizada	752	-	-	-	-	-	-	13	30	-
158	Conducto	376	313.91	300.00	275.00	4.56	1.56	0.87	1	18	Chapa galvanizada
159	Elemento con pérdida de presión localizada	376	-	-	-	-	-	-	2	17	-
160	Conducto	376	313.91	300.00	275.00	4.56	0.50	0.87	0	15	Chapa galvanizada
161	Nudo de enlace	376	-	-	-	-	-	-	-	14	-
162	Conducto	282	283.28	300.00	225.00	4.18	2.00	0.85	2	14	Chapa galvanizada
163	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	13	-
164	Conducto	188	238.30	275.00	175.00	3.91	2.00	0.95	2	13	Chapa galvanizada
165	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	11	-
166	Conducto	94	188.85	200.00	150.00	3.13	2.00	0.84	2	11	Chapa galvanizada
167	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
168	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 165 - 170											
165	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	11	-
169	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
170	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 163 - 172											
163	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	13	-
171	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
172	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 161 - 174											
161	Nudo de enlace	376	-	-	-	-	-	-	-	14	-
173	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
174	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: - 185											
	Unidad de tratamiento de aire	520	-	-	-	-	-	-	-	20	-
175	Conducto	520	353.96	350.00	300.00	4.95	4.28	0.87	4	20	Chapa galvanizada
176	Elemento con pérdida de presión localizada	520	-	-	-	-	-	-	3	17	-
177	Conducto	520	353.96	350.00	300.00	4.95	0.50	0.87	0	13	Chapa galvanizada
178	Nudo de enlace	520	-	-	-	-	-	-	-	13	-
179	Conducto	390	313.91	300.00	275.00	4.73	2.00	0.93	2	13	Chapa galvanizada

180	Nudo de enlace	390	-	-	-	-	-	-	-	11	-
Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
181	Conducto	260	271.58	275.00	225.00	4.20	2.00	0.90	2	11	Chapa galvanizada
182	Nudo de enlace	260	-	-	-	-	-	-	-	9	-
183	Conducto	130	209.99	250.00	150.00	3.47	2.00	0.90	2	9	Chapa galvanizada
184	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.86	0.63	1	7	Conducto flexible
185	Rejilla de retorno	130	-	-	-	-	-	-	7	7	-
Tramo de conducto: 182 - 187											
182	Nudo de enlace	260	-	-	-	-	-	-	-	9	-
186	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.86	0.63	1	7	Conducto flexible
187	Rejilla de retorno	130	-	-	-	-	-	-	7	7	-
Tramo de conducto: 180 - 189											
180	Nudo de enlace	390	-	-	-	-	-	-	-	11	-
188	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.86	0.63	1	7	Conducto flexible
189	Rejilla de retorno	130	-	-	-	-	-	-	7	7	-
Tramo de conducto: 178 - 191											
178	Nudo de enlace	520	-	-	-	-	-	-	-	13	-
190	Conducto	130	250.00	-	-	2.65	0.86	0.63	1	7	Conducto flexible
191	Rejilla de retorno	130	-	-	-	-	-	-	7	7	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: - 204											
	Unidad de tratamiento de aire	754	-	-	-	-	-	-	-	39	-
192	Conducto	754	399.61	450.00	300.00	5.59	1.16	0.95	1	39	Chapa galvanizada
193	Elemento con pérdida de presión localizada	752	-	-	-	-	-	-	7	38	-
194	Conducto	754	399.61	450.00	300.00	5.59	1.96	0.95	2	31	Chapa galvanizada
195	Elemento con pérdida de presión localizada	752	-	-	-	-	-	-	13	29	-
196	Conducto	376	313.91	300.00	275.00	4.56	1.77	0.87	2	17	Chapa galvanizada
197	Elemento con pérdida de presión localizada	376	-	-	-	-	-	-	3	15	-
198	Conducto	282	283.28	300.00	225.00	4.18	0.25	0.85	0	12	Chapa galvanizada
199	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	12	-
200	Conducto	188	238.30	275.00	175.00	3.91	1.50	0.95	1	12	Chapa galvanizada
201	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	10	-
202	Conducto	94	188.85	200.00	150.00	3.13	1.50	0.84	1	10	Chapa galvanizada
203	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
204	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 201 - 206											
201	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	10	-
205	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
206	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 199 - 208											

199	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	12	-
Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
207	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
208	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 197 - 211											
197	Elemento con pérdida de presión localizada	376	-	-	-	-	-	-	3	15	-
209	Conducto	94	188.85	200.00	150.00	3.13	1.25	0.84	1	10	Chapa galvanizada
210	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
211	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 195 - 220											
195	Elemento con pérdida de presión localizada	752	-	-	-	-	-	-	13	29	-
212	Conducto	376	313.91	300.00	275.00	4.56	1.77	0.87	2	13	Chapa galvanizada
213	Nudo de enlace	376	-	-	-	-	-	-	-	12	-
214	Conducto	282	283.28	300.00	225.00	4.18	0.25	0.85	0	12	Chapa galvanizada
215	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	12	-
216	Conducto	188	238.30	275.00	175.00	3.91	1.50	0.95	1	12	Chapa galvanizada
217	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	10	-
218	Conducto	94	188.85	200.00	150.00	3.13	1.50	0.84	1	10	Chapa galvanizada
219	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
220	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 217 - 222											
217	Nudo de enlace	188	-	-	-	-	-	-	-	10	-
221	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
222	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 215 - 224											
215	Nudo de enlace	282	-	-	-	-	-	-	-	12	-
223	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
224	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-
Tramo de conducto: 213 - 227											
213	Nudo de enlace	376	-	-	-	-	-	-	-	12	-
225	Conducto	94	188.85	200.00	150.00	3.13	1.25	0.84	1	10	Chapa galvanizada
226	Conducto	94	224.00	-	-	2.39	0.86	0.59	1	9	Conducto flexible
227	Rejilla de impulsión	94	-	-	-	-	-	-	9	9	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: 1 - 231											
1	Ventilador	25	-	-	-	-	-	-	-	4	-
228	Conducto	25	120.25	110.00	110.00	2.07	0.88	0.87	1	4	PVC
229	Elemento con pérdida de presión localizada	25	-	-	-	-	-	-	0	3	-
230	Conducto	25	120.25	110.00	110.00	2.07	0.86	0.87	1	3	PVC
231	Rejilla de extracción	25	-	-	-	-	-	-	2	2	-

Referencia	Tipo	Caudal [l/s]	Diámetro equivalente [mm]	Dimensiones [mm]		Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Pérdida de presión lineal [Pa/m]	Pérdida de presión total [Pa]	Pérdida de presión acumulada [Pa]	Material
				Anchura	Altura						
Tramo de conducto: 1 - 235											
1	Ventilador	25	-	-	-	-	-	-	-	4	-
232	Conducto	25	120.25	110.00	110.00	2.07	0.88	0.87	1	4	PVC
233	Elemento con pérdida de presión localizada	25	-	-	-	-	-	-	0	3	-
234	Conducto	25	120.25	110.00	110.00	2.07	0.86	0.87	1	3	PVC
235	Rejilla de extracción	25	-	-	-	-	-	-	2	2	-

APÉNDICE D: TABLA DE COSTOS DETALLADA

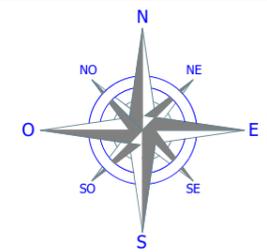
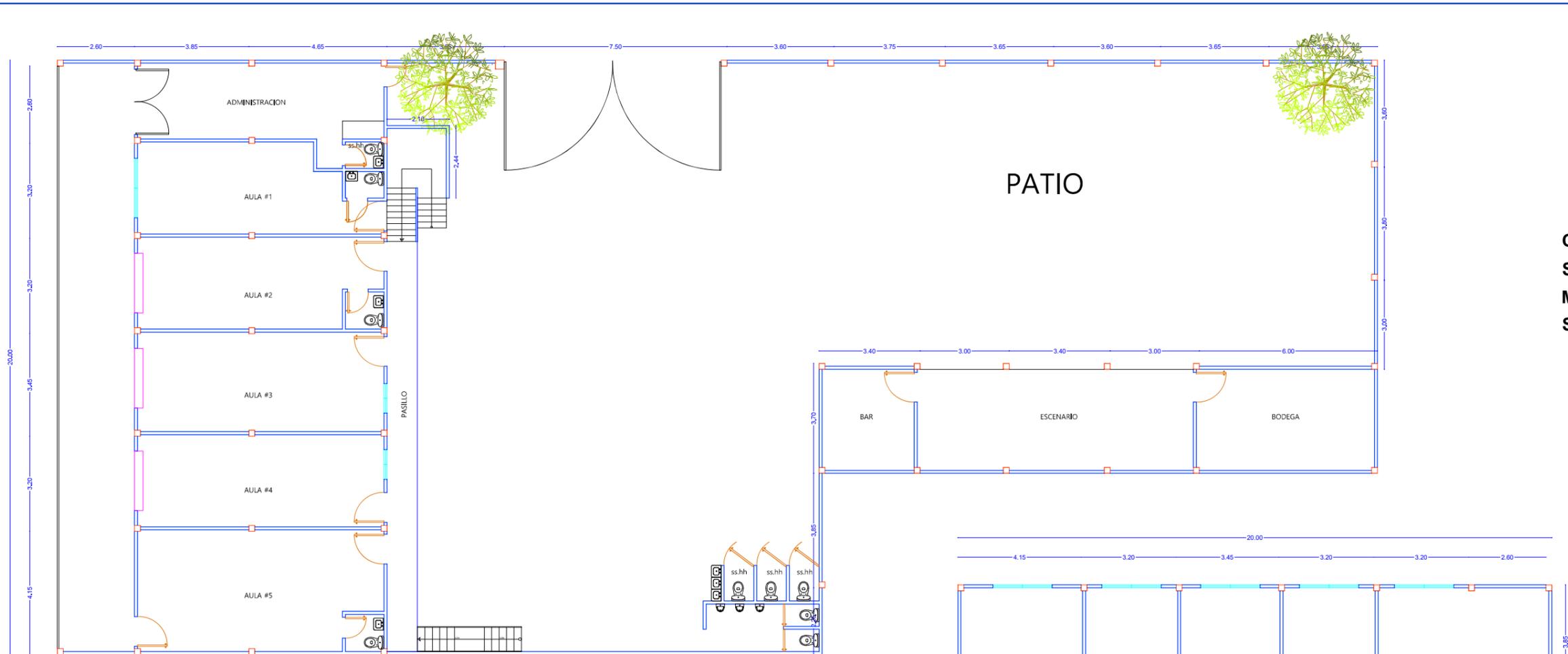
	Materiales de construcción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Pasillo interior y columnas	Saco de cemento	<i>u</i>	\$ 7,86	126	\$ 990,36
	Carretilla de arena fina	<i>u</i>	\$ 2,00	18	\$ 36,00
	Ripio 6 m ³	<i>m³</i>	\$ 82,5	1	\$ 82,50
	Varilla corrugada $\phi = 14 \text{ mm}$ 6 m	<i>m</i>	\$ 0,92	77	\$ 70,84
	Varilla figurada 8 mm A42 doblada	<i>u</i>	\$ 1,18	226	\$ 266,68
	Rollo de alambre recocido # 18	<i>u</i>	\$ 37,71	1	\$ 37,71
	Cerámica 30x30 cm	<i>m²</i>	\$ 8,9	16.1	\$ 143,29
	Emporador de cerámica	<i>u</i>	\$ 2,64	3	\$ 7,92
	Bloque de 20x20x40	<i>u</i>	\$ 0,38	564	\$ 214,32
	Empaste interior 10 <i>kg</i>	<i>kg</i>	\$ 7,22	3	\$ 21,66
	Empaste exterior 10 <i>kg</i>	<i>kg</i>	\$ 13,37	3	\$ 40,11
	Pintura base esmalte (interiores y exteriores)	<i>gal</i>	\$ 22,82	2	\$ 45,64
	Total				\$ 1.956,70
	Montaje para la obra (Alquiler mensual)				
	Encofrado para losa	<i>m²</i>	\$ 3,09	19.7	\$ 60,87
	Base de anclaje	<i>u</i>	\$ 0,46	6	\$ 2,76
	Tablero de columna	<i>u</i>	\$ 16,8	6	\$ 100,80
	Molde para columna	<i>u</i>	\$ 10,2	6	\$ 61,20
	Total				\$ 225,63
	Mano de obra				
Riostra	<i>m³</i>	\$ 144,64	5.2	\$ 752,13	
Losa de piso	<i>m³</i>	\$ 136,76	4.73	\$ 646,60	

	Materiales de construcción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
	Columna de planta baja	<i>m</i> ³	\$ 171,71	1.62	\$ 278,17
	Enlucido de piso	<i>m</i> ²	\$ 3,66	16.76	\$ 61,40
	Enlucido interior	<i>m</i> ²	\$ 3,21	25.45	\$ 81,70
	Enlucido exterior	<i>m</i> ²	\$ 4,89	27.35	\$ 133,74
	Piso de cerámica	<i>m</i> ²	\$ 8,47	16.1	\$ 136,37
	Paredes de bloque	<i>m</i> ²	\$ 8,38	25.45	\$ 213,27
	Pintura interior	<i>m</i> ²	\$ 3,03	25.45	\$ 77,11
	Pintura exterior	<i>m</i> ²	\$ 4,02	27.35	\$ 109,95
	Total				\$ 2.490,44
Paredes interiores	Materiales de construcción				
	Perfil de aluminio 1x3/4" 6.4 m	<i>m</i>	\$ 3,23	17	\$ 54,91
	Planchas de yeso 1x0.5 m	<i>u</i>	\$ 0,4	78	\$ 31,20
	Poliestireno expandido 40x40x15 cm	<i>u</i>	\$ 1,32	127	\$ 167,64
	Yeso 5 kg	<i>kg</i>	\$ 2,81	1	\$ 2,81
	Empaste para interiores 10 kg	<i>kg</i>	\$ 7,22	8	\$ 57,76
	Pintura para interiores galón	<i>gal</i>	\$ 22,82	2	\$ 45,64
	Total				\$ 359,96
	Mano de obra (Instalación)				
	Mampostería para paredes interiores	<i>m</i> ²	\$ 11,48	39.82	\$ 457,13
	Total				\$ 457,13
	Materiales de construcción				
	Perfil de aluminio 1x3/4" 6.4 m	<i>m</i>	\$ 3,23	85	\$ 274,55
	Poliestireno expandido 40x40x15 cm	<i>u</i>	\$ 1,32	588	\$ 776,16
	Gypsum	<i>m</i> ²	\$ 8,05	188.2	\$ 1.515,01

	Materiales de construcción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Cubierta y cielo falso	Techo tipo sanduche EPS	<i>m²</i>	\$ 31,7	188.2	\$ 5.965,94
	Total				\$ 8.531,66
	Mano de obra				
	Tumbado de yeso gypsum	<i>m²</i>	\$ 4,1	188.2	\$ 771,62
	Cubierta	<i>m²</i>	\$ 3,07	188.2	\$ 577,77
	Total				\$ 1.349,39
	Puertas y ventanas	Materiales			
Puertas de madera		<i>u</i>	\$ 43,6	11	\$ 479,6
Vidrio simple		<i>u</i>	\$ 25,65	3	\$ 76,95
Vidrio doble		<i>u</i>	\$ 51,3	11	\$ 564,30
Total					\$ 1.120,85
Mano de obra					
Puertas (Trabajo de carpintería)		<i>u</i>	\$ 61,29	11	\$ 674,19
Puertas de vidrio		<i>m²</i>	\$ 88,7	6.16	\$ 546,39
Ventanas de aluminio y vidrio		<i>m²</i>	\$ 48,47	27.64	\$ 1.339,71
Total					\$ 2.560,29

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Condensadora vertical tipo VRF capacidad 10 HP modelo: 38VF010C11B016	<i>Unid.</i>	1	\$ 3.995,00	\$ 3.995,00
Condensadora vertical tipo VRF capacidad 8 HP modelo: 38VF008C11B016	<i>Unid.</i>	1	\$ 2.900,00	\$ 2.900,00
Evaporadora VRF tipo FAN COIL Capacidad: 48000 BTU/h modelo: 42VD048H115011016	<i>Unid.</i>	1	\$ 1.363,64	\$ 1.363,64
Evaporadora VRF tipo FAN COIL Capacidad: 36000 BTU/h modelo: 42VD036H115003016	<i>Unid.</i>	2	\$ 935,07	\$ 1.870,14
Evaporadora VRF tipo FAN COIL Capacidad: 28000 BTU/h modelo: 42VD028H115003016	<i>Unid.</i>	1	\$ 640,00	\$ 640,00
Intercambiador de calor por sistema ERV 12300 BTU/h modelo: AM050FNKDEH/EU	<i>Unid.</i>	6	\$ 260,00	\$ 1.560,00
NOTA: NO SE INCLUYE TRABAJOS DE OBRA CIVIL NO SE INCLUYE INSTALACIONES ELECTRICAS			SUBTOTAL	\$ 12.328,78
			IVA 12%	\$ 1.479,45
			TOTAL	\$ 13.808,23

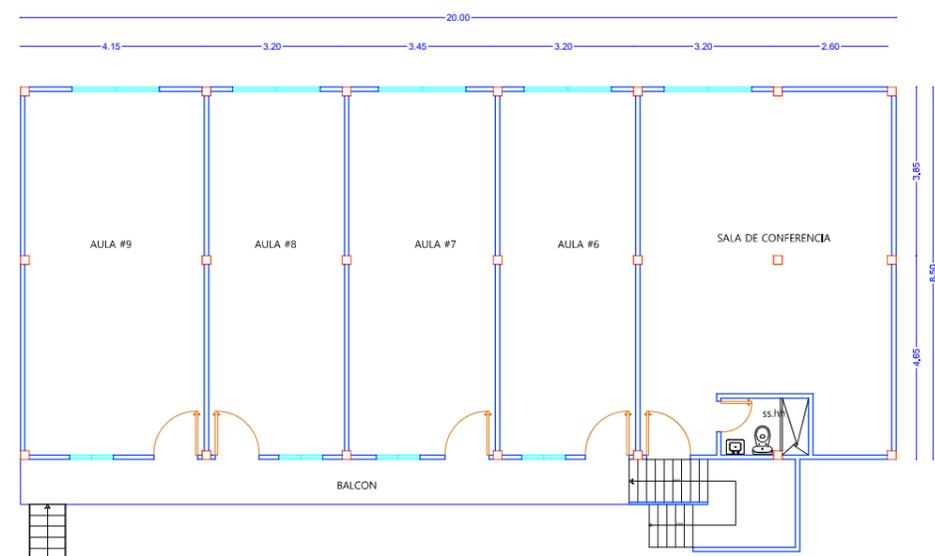
PLANOS



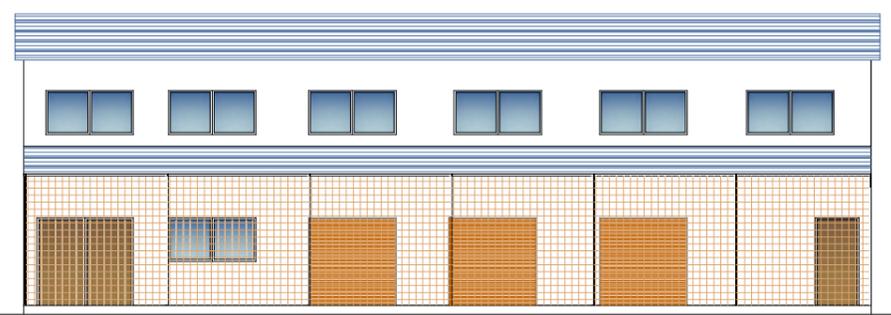
UBICACION

CANTON: GUAYAQUIL
SITIO: UNION DE BANANEROS
MZ: 2459
SOLAR: 9

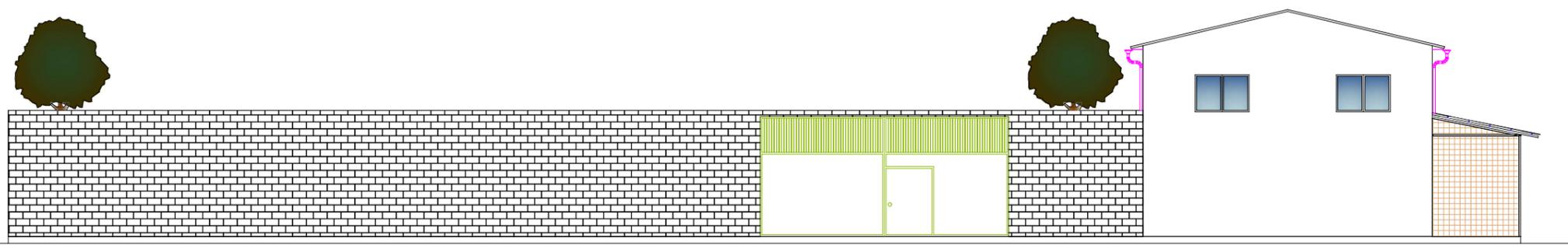
PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

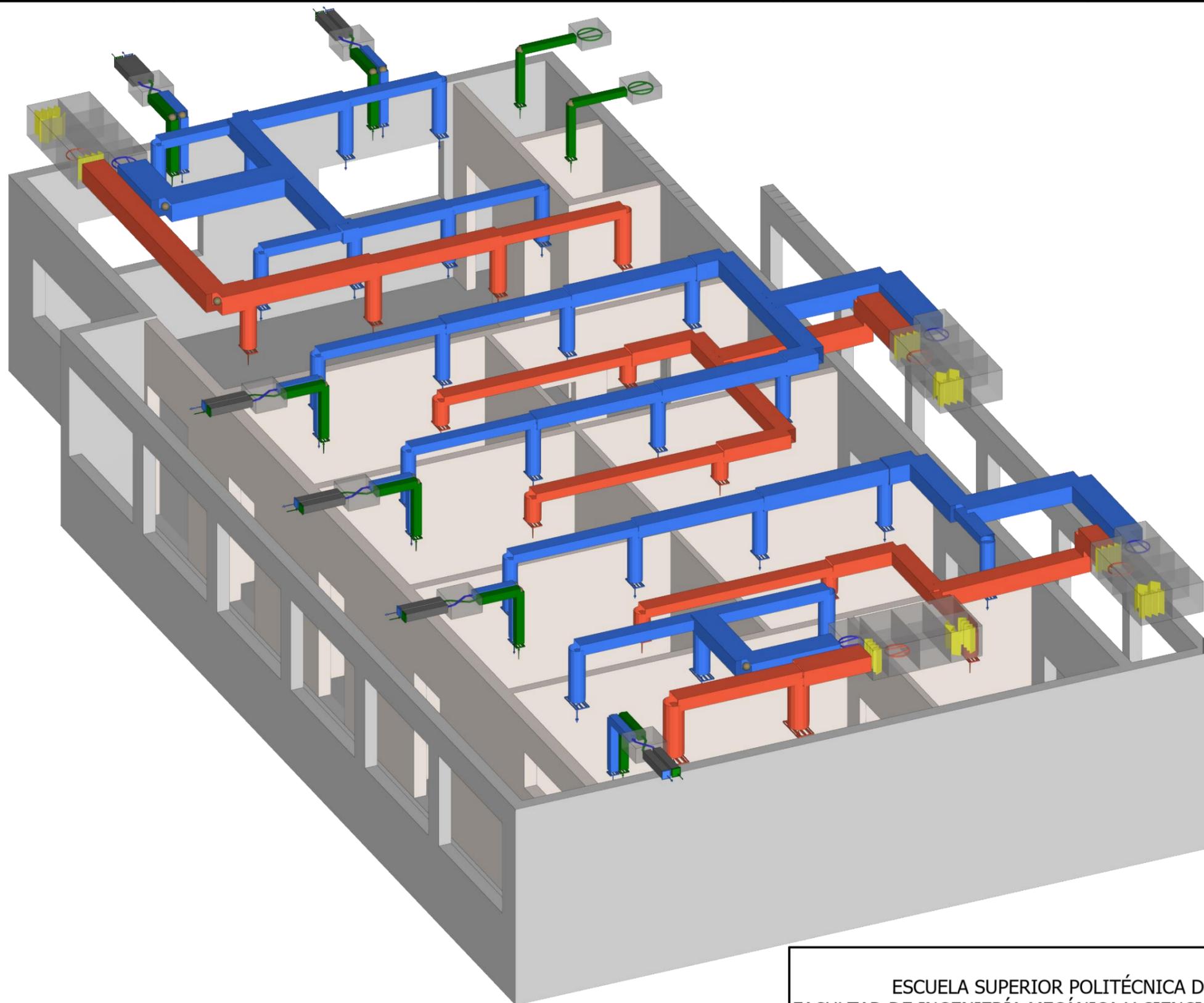


FACHADA PRINCIPAL



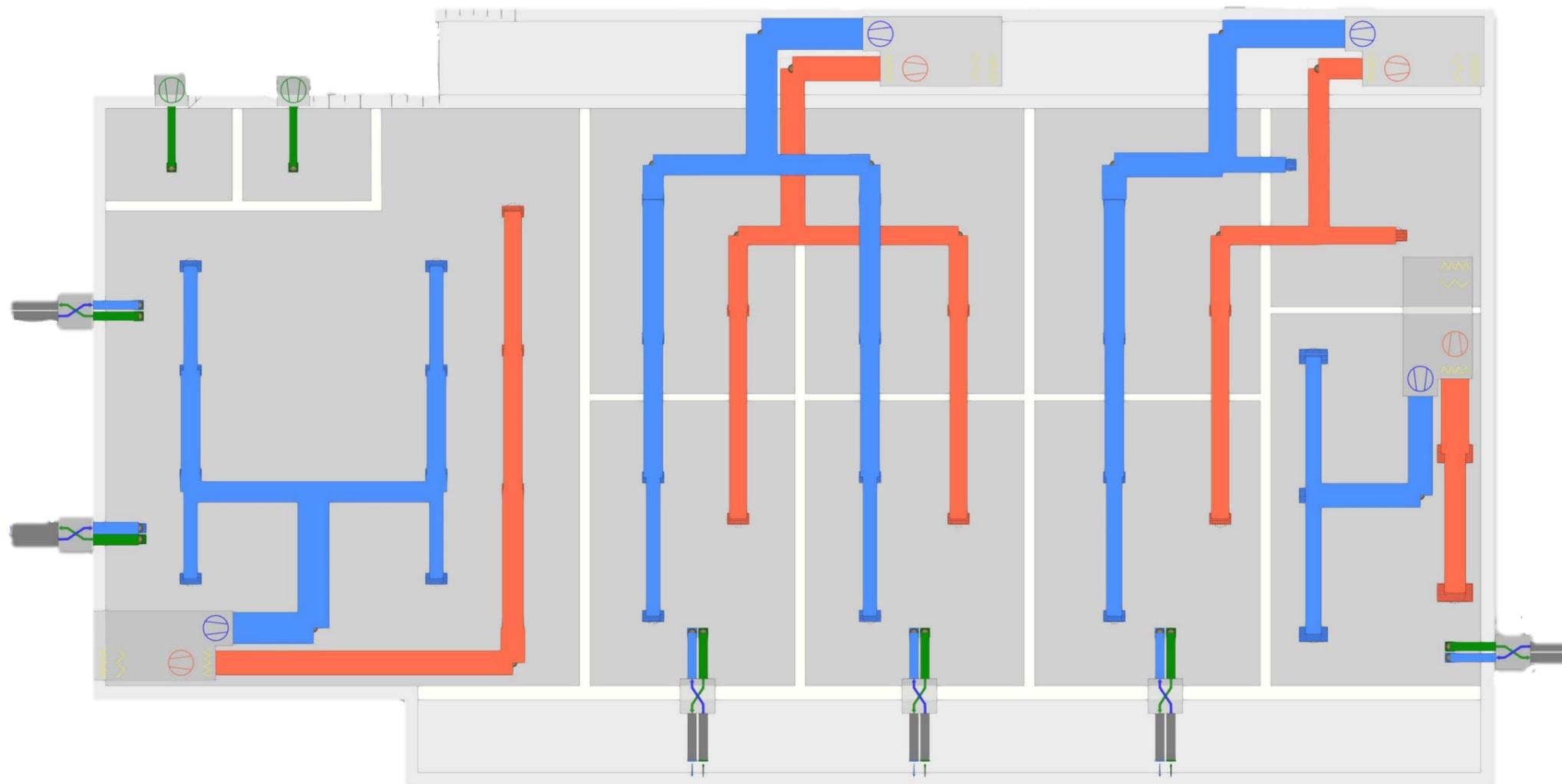
FACHADA LATERAL

OBRA: UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR CIUDAD DE CUENCA	
CONTIENE: ARQUITECTONICOS	
DISEÑADO POR: ARQ. CESAR NAVAS REG PROF. G-939	LAMINA: A1
PROPIETARIO:	FECHA: SEPT - 2021
	ESCALA: 1:50

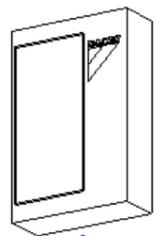


- Conductos de suministro
- Conductos de retorno
- Conductos de extracción

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		PROFESOR:	Ing. Andrea Boero
		LÁMINA:	L02
		FECHA:	10/01/2022
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN		ESCALA:	N/A
MATERIA INTEGRADORA DE INGENIERIA MECÁNICA		VISTA:	3D
TEMA:	DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS Y REJILLAS		
AUTOR:	MORALES RICARDO - ROMERO YANARA		
2021-2T	MATERIAL: Chapa galvanizada, PVC y Fibra de vidrio		PLANO B



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		PROFESOR:	Ing. Andrea Boero
		LÁMINA:	L03
		FECHA:	10/01/2022
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN		ESCALA:	N/A
MATERIA INTEGRADORA DE INGENIERIA MECÁNICA		VISTA:	SUPERIOR
TEMA: DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS Y REJILLAS			PLANO B
AUTOR: MORALES RICARDO - ROMEROYANARA			
2021-2T	MATERIAL: Chapa galvanizada, PVC y Fibra de vidrio		

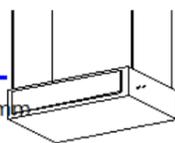


Tipo: Bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Standard/Large Phase III
 Pnom: 22400/25000 W
 Pcorr: 20673/25653 W

KHRQ22M29T9

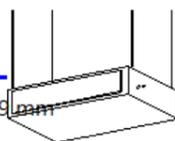
Diámetro(Ø): 9.5 / 19.1 mm
 Longitud: 9.65 m

Diámetro(Ø): 9.5 / 15.9 mm
 Longitud: 2.04 m

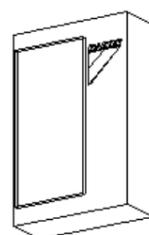


Tipo: Con distribución por conductos, tipo Estándar
 Referencia: Zona 1
 14000/12168 W
 10200/9238 W
 16000/16000 W

Diámetro(Ø): 9.5 / 15.9 mm
 Longitud: 8.13 m



Tipo: Con distribución por conductos, tipo Estándar
 Referencia: Zona 2
 9000/9000 W
 6500/6500 W
 10000/12500 W

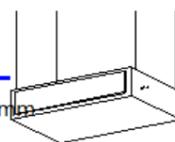


Tipo: Bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Standard/Large Phase III
 Pnom: 22400/25000 W
 Pcorr: 18431/22525 W

KHRQ22M29T9

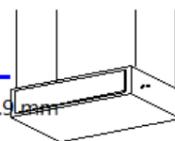
Diámetro(Ø): 9.5 / 19.1 mm
 Longitud: 8.34 m

Diámetro(Ø): 9.5 / 15.9 mm
 Longitud: 3.47 m

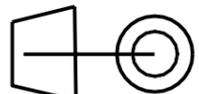


Tipo: Con distribución por conductos, tipo Estándar
 Referencia: Zona 4
 9000/7779 W
 6500/6038 W
 10000/12500 W

Diámetro(Ø): 9.5 / 15.9 mm
 Longitud: 0.85 m



Tipo: Con distribución por conductos, tipo Estándar
 Referencia: Zona 3
 11200/11200 W
 8300/8300 W
 12500/12500 W

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		PROFESOR:	Ing. Andrea Boero
		LÁMINA:	L04
		FECHA:	16/01/2022
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN		ESCALA:	N/A
MATERIA INTEGRADORA DE INGENIERIA MECÁNICA TEMA: EQUIPOS VRV Y DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS AUTOR: MORALES RICARDO - ROMERO YANARA	UNIDADES:		m-mm-W
			PLANO C
			MATERIAL: Tuberías de cobre
2021-2T			