

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA INGELEC S.A.S. COMO  
PRACTICANTE DE INGENIERÍA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
VENTILACIÓN Y DE AIRE ACONDICIONADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL  
HOSPITAL JOSÉ MARÍA HERNÁNDEZ DEL MUNICIPIO DE MOCOA  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

AUTOR:  
CRISTIAN EDUARDO CAICEDO LEGARDA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2022

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA INGELEC S.A.S

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA INGELEC S.A.S. COMO  
PRACTICANTE DE INGENIERÍA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
VENTILACIÓN Y DE AIRE ACONDICIONADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL  
HOSPITAL JOSÉ MARÍA HERNÁNDEZ DEL MUNICIPIO DE MOCOA  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL PARA OPTAR A  
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

CRISTIAN EDUARDO CAICEDO LEGARDA

DIRECTOR:

PROF. DIEGO LUIS FRANCO JÁCOME ING. MEC. MSC. PHD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2022

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2 MARCO DE REFERENCIA. ....	17
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	17
2.2 MARCO CONTEXTUAL.....	20
2.2.1 Construcción del Hospital de Segundo Nivel con servicios complementarios de Tercer Nivel de la E.S.E José María Hernández del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo, Fase 2. ....	21
2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL. ....	23
2.3.1 Redes de ventilación mecánica y aire acondicionado Hospital José María Hernández.....	23
2.3.2 Confort térmico. ....	32
2.3.3 Calidad del aire en Hospitales y Clínicas. ....	32
2.3.4 Caudales en los sistemas de climatización. ....	33
2.3.5 Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. ....	34

2.3.6	Sistemas HVAC en centros de atención médica.....	35
2.3.7	Equipos y accesorios del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado .....	36
2.4	TÉRMINOS TÉCNICOS.....	44
2.5	MARCO DE REFERENCIA LEGAL .....	46
3	Implementación del sistema de ventilación y de aire acondicionado durante la construcción del Hospital José María Hernández del municipio de Mocoa departamento del Putumayo.....	47
3.1	Planeación y ejecución de actividades en obra. ....	47
3.2	Verificación del sistema de ventilación mecánica en obra. ....	52
3.3	Ejecución y ajustes sobre el presupuesto en obra. ....	64
3.4	Seguimiento del uso de implementos y cumplimiento de las normas de seguridad industrial del personal a cargo en obra .....	67
4	CONCLUSIONES.....	70
5	BIBLIOGRAFÍA.....	72
6	ANEXOS. ....	74

## FIGURAS

Figura 1: Localización del Municipio de Mocoa a nivel Departamental y Nacional. Fuente: (Colombia-SA) .....	22
Figura 2. Ubicación de proyecto dentro del casco urbano.....	22
Figura 3. Proyección del Hospital José María Hernández.....	23
Figura 4 Áreas pertenecientes a Fase I y Fase II del Hospital.....	24
Figura 5 Proyección bloque de consulta externa.....	25
Figura 6 Vista 3D Red de conductos Piso I. (Perez, Isometrico General 1er Nivel).....	26
Figura 7 Vista de planta Red de conductos y de agua helada Piso I. (Perez, Planta consulta externa 1er nivel) (Perez, PLANTA RED HIDRAULICA 1ER NIVEL) .....	27
Figura 8 Vista 3D Red de conductos Piso II. (Perez, ISOMETRICO GENERAL 2DO NIVEL) .....	28
Figura 9 Vista de planta Red de conductos y de agua helada Piso II. (Perez, PLANTA CONSULTA EXTERNA 2DO NIVEL) (Perez, PLANTA RED HIDRAULICA 2DO NIVEL) .....	29
Figura 10 Proyección Auditorio y cafetería.....	30
Figura 11 Proyección piso 4 de hospitalización.....	31
Figura 12 Proyección Sótano.....	31
Figura 13 Representación gráfica de los caudales en un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Fuente:.....	34
Figura 14 Esquema general de funcionamiento de un chiller. Fuente: (Tu Aire acondicionado).....	37
Figura 15 Esquema básico de una UMA. Fuente: (Valdemar, 2022).....	38
Figura 16 Fan coil. Fuente (TECAM, 2022).....	43
Figura 17 Personal del Frente 1 desarrollando actividades de a) fabricación b) instalación de ductos. ....	48
Figura 18 Personal del Frente 2 realizando actividades de a) desmonte y b) instalación de tubería pre-aislada .....	49

Figura 19: Traslado y movimiento de equipos de aire acondicionado con a) montacargas y b) grúa mecánica.....	49
Figura 20 Fundición de apoyos en concreto para posicionamiento de equipos.....	50
Figura 21 Posicionamiento y acople de equipos de aire acondicionado .....	50
Figura 22 Ubicación final de equipos de aire acondicionado .....	51
Figura 23 Conexión de a) tubería pre-aislada y b) ductería para unidades de manejadoras de consulta externa piso 1 y piso 2 .....	51
Figura 24 Actividades instalación realizadas por el personal de cada frente: a) Conexión de ductos en lámina calibre 26 a unidad manejadora de consulta externa piso 1 b) Instalación de tubería de 10" de diámetro y accesorios (Codos y Tes). .....	52
Figura 25 Vista isométrica de la Unidad Manejadora de Aire TECAM S.A.S.....	56
Figura 26 Instalación de la Unidad Manejadora de Aire reubicada en el piso quinto del bloque de hospitalización .....	56
Figura 27 Plano y ubicación inicial de la Unidad Manejadora de Aire del area de Medicina Interna ubicada en el cuarto piso en el bloque de Hospitalización.....	58
Figura 28 a) Localización de unidad manejadora de medicina interna en plano de 5to piso hospitalización; b) ubicación final de la Unidad Manejadora de Medicina Interna.....	59
Figura 29 Vista isométrica chiller tipo tornillo. ....	60
Figura 30 Descarga de chiller tipo tornillo en Hospital José María Hernández. ....	61
Figura 31 Plano inicial de Central de frío 1 de la red de agua helada y conexión a chiller tipo tornillo. ....	61
Figura 32 Plano modificado de Central de frío 1 de la red de agua helada y conexión a chiller tipo tornillo. ....	62
Figura 33 Ubicación final en obra de Chiller tipo tornillo marca MIDEA. ....	63
Figura 34 Instalación de tubería pre-aislada de 6" del Chiller tipo tornillo.....	63
Figura 35 a) Frente 2 realizando la Ubicación y acople de equipos, b) Frente 1 realizando la fabricación de ductos de PIR.ALU. ....	67
Figura 36 Trabajo en altura realizado por el Frente 1, actividad de subida de ductos del piso 2 a piso 3 de consulta externa. ....	68

Figura 37 Fabricación de conductos de poli-isocianurato, uso de tapabocas debido al polvo que se encontraba en el área de trabajo.....68

## TABLAS

Tabla 1 Clasificación de difusores para centros hospitalarios. Fuente: (ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017) .....	39
Tabla 2 Clasificación de los difusores según la ASHRAE. Fuente: (ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017).....	40
Tabla 3 Eficiencia de filtros en instalaciones hospitalarias dadas por ANSI/ASHRAE 52. Fuente: (ASHRAE, Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size (ANSI Approved). ASHRAE STANDARD 52.2, 55. 1, 2007).....	41
Tabla 4 Nomenclaturas de las normas comerciales en cuanto a eficiencia de filtros. Fuente: (AFEC, 2022) (ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017) (Atecyr, 2017) .....	42
Tabla 5 Distribución de equipos para el sistema de aire acondicionado del Hospital José María Hernández .....	54
Tabla 6 Cotización de accesorios para agua helada. ....	65
Tabla 7 Análisis de precio unitario para Fan Coil de Agua Helada tipo Cassette de 800 CFM.....	66

## RESUMEN

**TÍTULO:** PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA INGELEC S.A.S. COMO PRACTICANTE DE INGENIERÍA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y DE AIRE ACONDICIONADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL JOSÉ MARÍA HERNÁNDEZ DEL MUNICIPIO DE MOCOA DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**AUTOR:** CRISTIAN EDUARDO CAICEDO LEGARDA

**PALABRAS CLAVE:** VENTILACIÓN MECÁNICA, HOSPITALES, AIRE ACONDICIONADO, REFRIGERACIÓN.

### **DESCRIPCIÓN:**

El trabajo de este proyecto se centra en la ejecución de la práctica empresarial en la empresa INGELEC S.A.S. como practicante de ingeniería en la implementación del sistema de ventilación y de aire acondicionado durante la construcción del Hospital José María Hernández del municipio de Mocoa departamento del Putumayo. Tuvo como objetivo principal realizar el seguimiento de los procesos de instalación y ejecución del sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado durante la Fase II de la construcción del Hospital José María Hernández del municipio de Mocoa departamento del Putumayo.

Las funciones efectuadas durante la práctica incluyen actividades en obra de carácter técnico como: verificar que los equipos representados en los planos de diseño puedan ser instalados en los espacios indicados (con espacio suficiente para acceso a mantenimiento), buscar minimizar la posibilidad de interrupciones de servicio no planificadas durante el proyecto de construcción, supervisar al personal a su cargo durante los procesos de instalación de las redes que componen al sistema de ventilación

mecánica, evaluar los procesos más adecuados para el funcionamiento del sistema dentro del hospital, etc. Así mismo se realizaron actividades administrativas como: elaboración de informes periódicos, ajustes de cantidades y presupuesto de obra, cotizaciones de material y/o equipos dentro del cronograma de trabajo, demostrando que el sistema opere de acuerdo a los requerimientos del hospital y del diseñador.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** BUSINESS PRACTICE IN THE COMPANY INGELEC S.A.S. AS AN ENGINEERING INTERNSHIP IN THE IMPLEMENTATION OF THE VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEM DURING THE CONSTRUCTION OF THE JOSÉ MARÍA HERNÁNDEZ HOSPITAL IN THE MUNICIPALITY OF MOCOA, DEPARTMENT OF PUTUMAYO

**AUTHOR:** CRISTIAN EDUARDO CAICEDO LEGARDA

**KEY WORDS:** MECHANICAL VENTILATION, HOSPITALS, AIR CONDITIONING, REFRIGERATION.

### **DESCRIPTION:**

The work of this project focuses on the execution of the business practice in the company INGELEC S.A.S. as an engineering practitioner in the implementation of the ventilation and air conditioning system during the construction of the José María Hernández Hospital in the municipality of Mocoa, department of Putumayo. Its main objective was to monitor the installation and execution processes of the mechanical ventilation and air conditioning system during Phase II of the construction of the José María Hernández Hospital in the municipality of Mocoa, department of Putumayo.

The functions carried out during the practice include on-site activities of a technical nature such as: verifying that the equipment represented in the design plans can be installed in the indicated spaces (with sufficient space for access to maintenance), seeking to minimize the possibility of service interruptions unplanned during the construction project, supervise the personnel under their charge during the installation processes of the networks that make up the mechanical ventilation system, evaluate the most appropriate processes for the operation of the system within the hospital, etc. Likewise, administrative

activities were carried out such as: preparation of periodic reports, adjustments of quantities and work budget, quotes for material and/or equipment within the work schedule, demonstrating that the system operates according to the requirements of the hospital and the designer.

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del departamento del Putumayo, desde el 09 de septiembre de 2019 la empresa de ingeniería INGELEC S.A.S como parte del Consorcio Alianza INGESUR Fase II viene desarrollando el proceso de construcción del Hospital José María Hernández en el municipio de Mocoa. Actualmente, en la ejecución de las actividades contractuales de esta Fase II del proyecto, se tiene en cuenta el desarrollo de la infraestructura civil, el sistema eléctrico, las redes de comunicaciones, el sistema hidráulico y el sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica.

En apoyo al proceso de construcción del hospital y del cuidado de la salud, el sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado está encargado de garantizar unas condiciones de confort en el interior del hospital, libre de patógenos que puedan representar un peligro a la salud de los pacientes y del personal. Para ello es necesario implementar un correcto montaje de los conductos de extracción, suministro y retorno de aire, así como de la instalación de redes para el transporte de agua helada. Estas redes permiten conectar los diversos dispositivos que garantizan el acondicionamiento del aire como: unidades manejadoras de aire, chillers, fan coil, ventiladores, serpentines, sistemas de control, entre otros.

Siendo así, durante la práctica empresarial con la empresa INGELEC S.A.S, se realizarán diferentes funciones asociadas al proyecto de construcción del Hospital José María Hernández en Mocoa. Estas actividades pueden ser de carácter técnico o administrativo, y están asociadas principalmente a la coordinación de los procesos de instalación y puesta en marcha del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado.

## **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Teniendo en cuenta la problemática presentada a nivel local acerca de los servicios de salud, el proyecto de construcción del Hospital José María Hernández viene desarrollándose desde el año 2019 hasta la actualidad con el fin de solventar estas necesidades a la población del departamento del Putumayo.

Hoy en día, INGELEC S.A.S como parte del consorcio Alianza INGESUR Fase II está encargado de ejecutar la Fase II de construcción de la unidad hospitalaria, abarcando las áreas de sótano, consulta externa, 4to piso de hospitalización y auditorio, cada una de estas zonas comprende principalmente una construcción de infraestructura, conexiones de redes eléctricas, sistemas de emergencia y sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado.

El sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado es un componente relevante para cada espacio del hospital, cuenta con redes de conductos y de agua helada por los cuales fluye el aire y agua respectivamente en función de cada equipo, de igual manera contiene una serie de requisitos y lineamientos establecidos en normativas para una correcta instalación y funcionamiento.

Con el objetivo de brindar apoyo para el seguimiento y ejecución de actividades del componente de ventilación mecánica y aire acondicionado en la obra, la empresa INGELEC S.A.S vincula al estudiante como practicante con el fin de que aplique los conocimientos adquiridos durante su carrera, aprenda y ayude en la coordinación de los procesos de instalación y ejecución de este componente.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La construcción del Hospital José María Hernández en el municipio de Mocoa se realiza en respuesta a una serie de necesidades presentadas a nivel territorial que se fundamentan con estudios de distinta índole (geográficos, socioeconómicos, epidemiológicos, etc.). Las instalaciones para el cuidado de la salud varían ampliamente en la naturaleza y complejidad de servicios que ellos proveen y el grado relativo de enfermedad o heridas de los pacientes tratados – desde una oficina de médico general del barrio a una gran regional o centros médicos universitarios y hospitales de especialidades. Las instalaciones en la categoría del cuidado de la salud pueden incluir, además de las oficinas del médico, clínicas de barrio, centros de bienestar mental, centros de parto, instalaciones de imagen, cuidados de hospicio y cuidados de enfermería a largo plazo, entre otros (ASHRAE, ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities, 2013)

Este proyecto comprende la aplicación en conjunto de ingeniería mecánica, ingeniería civil, ingeniería de control, arquitectura, ingeniería eléctrica, entre otras, en donde cada frente se encarga de llevar a cabo el desarrollo de la construcción del hospital ejecutando actividades referentes a su campo laboral. El sector de ingeniería mecánica destaca dentro de la obra ya que se hace cargo del proceso de diseño, instalación, verificación y funcionamiento del sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado. Los sistemas de climatización (HVAC) en instalaciones para el cuidado de la salud proporcionan una amplia gama de servicios a favor de las poblaciones que son especialmente vulnerables a un riesgo elevado de salud, fuego y peligros de seguridad. Deben ser instalados, operados y mantenidos en conjunción espacial y funcional con una serie de otros servicios esenciales de construcción, incluyendo energía normal y de emergencia, sistemas de plomería y gas médico, transporte automático, protección de incendio y un sinnúmero de sistemas de información tecnológica (IT), todos dentro de una envolvente limitada del edificio (ASHRAE, ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities, 2013).

El propósito general de esta práctica está vinculado a que el estudiante, en su función como pasante de ingeniería mecánica, participe en la coordinación de los procesos de instalación de los componentes que tiene el sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado del hospital. Las funciones a realizar durante la práctica incluyen actividades en obra de carácter técnico como: verificar que los equipos representados en los planos de diseño puedan ser instalados en los espacios indicados (con espacio suficiente para acceso a mantenimiento), buscar minimizar la posibilidad de interrupciones de servicio no planificadas durante el proyecto de construcción, supervisar al personal a su cargo durante los procesos de instalación de las redes que componen al sistema de ventilación mecánica, evaluar los procesos más adecuados para el funcionamiento del sistema dentro del hospital, etc.

Así mismo se deben realizar de actividades administrativas como: elaboración de informes periódicos, ajustes de cantidades y presupuesto de obra, cotizaciones de material y/o equipos dentro del cronograma de trabajo, demostrando que el sistema opere de acuerdo a los requerimientos del hospital y del diseñador.

Teniendo en cuenta la relevancia que tiene el sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado en la construcción del Hospital José María Hernández, podemos inferir que durante el desarrollo de la práctica empresarial el estudiante puede aplicar el conocimiento adquirido durante su carrera de temas como sistemas térmicos, potencia hidráulica, transferencia de calor, termodinámica, refrigeración y mecánica de fluidos. Así mismo está comprometido a aprender y desarrollar nuevos conocimientos dentro de la obra que ayudan a su formación como profesional de ingeniería mecánica, destacando entre ellos no solo los conocimientos técnicos sino también los conocimientos administrativos y de logística.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una práctica empresarial en la empresa INGELEC S.A.S. en el seguimiento de los procesos de instalación y ejecución del sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado durante la Fase II de la construcción del Hospital José María Hernández del municipio de Mocoa departamento del Putumayo.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar que el sistema de ventilación mecánica y de aire acondicionado en obra cumpla con los diferentes criterios establecidos en el diseño.
- Realizar el seguimiento del uso de implementos y cumplimiento de las normas de seguridad industrial por parte del personal a cargo durante las actividades que se realicen en obra.
- Planear de manera conjunta con el director de obra, un cronograma de ejecución del sistema de ventilación mecánica que esté articulado con las actividades de otras dependencias.
- Efectuar y/o ajustar el presupuesto de la obra referente a la ventilación mecánica teniendo en cuenta las liquidaciones de cantidades de obra, de acuerdo con los precios unitarios pactados, para el visto bueno del director de obra.

## **2 MARCO DE REFERENCIA.**

### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

Según (Castiblanco, 2019) en su proyecto sobre el “Diseño del sistema de aire acondicionado para un quirófano de la Unidad Clínica La Magdalena, ubicada en la ciudad de Barrancabermeja Santander, cumpliendo con los lineamientos del capítulo de Calidad de Aire Interior de la pre norma colombiana de climatización en Ambientes Hospitalarios, la normativa colombiana vigente y las recomendaciones del estándar ASHRAE 170”, que tuvo como objetivo principal realizar el diseño del sistema de climatización de la sala de cirugía de la Unidad clínica Magdalena, ubicada en Barrancabermeja, Santander, que cumpla con los lineamientos del capítulo de Calidad de Aire Interior de la pre norma colombiana de Climatización en Ambientes Hospitalarios y la normativa colombiana vigente. Realizó el proceso de diseño del sistema HVAC Elite, en el cual tuvo en cuenta todas las variables necesarias del espacio y ubicación del quirófano, para lograr un sistema eficaz y que cumpliera con todos los lineamientos normativos, seguido a esto, se seleccionaron los difusores de suministro y retorno adecuados, para proceder al diseño de ductos y realizar el cálculo de presión estática que debe superar el ventilador de la manejadora. Finalmente, Castiblanco con todos estos datos, realiza la selección de equipos adecuados con el proveedor nacional TECAM.

Dicho proyecto influye fuertemente en este proyecto debido a que posee conceptos y aplicación de normativas relacionadas con las actividades a cumplir durante el desarrollo de la práctica.

En Bogotá, (Jaramillo, 2017) en su proyecto de “Elaboración de los procedimientos para la instalación de sistemas de ventilación mecánicos y de aire acondicionado en la fase III del aeropuerto El Dorado” tuvo como objetivo principal elaborar los procedimientos para la instalación de sistemas de ventilación mecánicos y de aire acondicionado en la fase III del Aeropuerto el Dorado. La metodología utilizada para el desarrollo de los procedimientos de instalación se realizó a través de la experimentación práctica y la

adquisición de competencias técnicas en el ámbito académico y laboral. La participación en el desarrollo del proyecto permite generar parámetros en los procedimientos para el montaje de cada sistema de ventilación y aire acondicionado. Partiendo de los lineamientos de las normativas existentes para estas instalaciones y retroalimentando el proceso con aquellas rutas críticas de instalación. Este proyecto permite adquirir una base conceptual y técnica de lo realizado por Jaramillo y que se puede aplicar durante el desarrollo del proyecto.

En Callao, Perú, (Ruiz, 2018) en el “Diseño de un sistema de climatización de 252 ton con planta de agua helada de volumen variable y retorno inverso. Edificio Ecológico. Miraflores” cuyo objetivo principal fue diseñar un sistema de climatización centralizado de 252 TON con una planta de agua helada de volumen variable y retorno inverso para el confort en las oficinas del edificio ecológico empresarial Miraflores. El procedimiento para el diseño de un sistema de climatización centralizado de un edificio ecológico mediante una planta de agua helada consistió en seguir una serie de pasos, donde primero se debe realizar la identificación y zonificación de ambientes afines, estableciendo los parámetros de diseño, a través de los cuales se procederá con el cálculo de acuerdo con el requerimiento del recinto ya sea por aire acondicionado o ventilación mecánica. Haciendo un balance de caudales para que el sistema esté compensado. Posteriormente se hará la selección de los equipos como son los chiller, las torres de enfriamiento y los intercambiadores de calor. En seguida se elaborará el diseño preliminar realizando el trazado y dimensionamiento de ductos y tuberías para los sistemas de inyección de aire fresco, extracción de aire viciado, circuito de tuberías de agua helada, circuito de tuberías de agua de condensado y el desarrollo de los esquemas de principio. Con los cuales se desarrollará los planos preliminares. Luego se calculará la caída de presión en ductos para seleccionar los fan coil de agua helada, así como los equipos de ventilación mecánica, se hará el cálculo de caída de presión en tuberías para la selección de las bombas centrífugas. Mediante la cual se tendrá la especificación de los equipos con sus caudales y caídas de presión, pudiendo así elaborar los planos finales. Por último, se elaborará el metrado para obtener el presupuesto del proyecto, así como el desarrollo de

la memoria descriptiva y especificaciones técnicas de los equipos. Este trabajo permite entender más a profundidad las redes de ductos y tuberías que requiere un sistema de ventilación y aire acondicionado, al igual que entender conceptualmente los equipos que estos llevan.

## **2.2 MARCO CONTEXTUAL.**

Actualmente en el Municipio de Mocoa existe la presencia e infraestructura prestadora del servicio de salud de primer nivel de atención, lo que hace que las remisiones de pacientes en grave estado se dé frecuentemente hasta la ciudad de Pasto en el Departamento de Nariño, transitando obligatoriamente por una vía existente con pésimas condiciones geográficas, con ausencia de superficie de rodadura adecuada, de topografía escarpada y con un gran número de sectores que cuentan con alta vulnerabilidad a deslizamientos de tierra. En situaciones de bloqueo, por causa de deslizamientos de la vía que conduce hacia la ciudad de Pasto, se cuenta con la opción de trasladarlos hasta la ciudad de Neiva en el Departamento del Huila, incrementándose los tiempos de viaje.

La carencia de un instituto de salud especializado abarca todo el territorio Putumayense, ya que en los municipios de Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco se prestan servicios ambulatorios de baja complejidad. Los municipios de Villagarzón y Puerto Guzmán son atendidos a través de ESE con servicios de baja complejidad. Lo mismo sucede con los municipios del Bajo Putumayo como son, Puerto Caicedo, Puerto Asís, Orito, Valle del Guamuez y San Miguel.

Inicialmente en las instalaciones de la E.S.E Hospital José María Hernández se reunieron directivos y representantes legales involucrados en la construcción del Hospital José María Hernández; con el fin de celebrar el contrato número 1014 del 29 de diciembre del 2015 cuyo objeto del contrato fue: “Construcción del Hospital de segundo nivel con servicios complementarios de tercer nivel de la E.S.E José María Hernández del Municipio de Mocoa departamento del Putumayo”.

El desarrollo de este proyecto se compone de dos fases, la Fase I inició el 20 de junio de 2016 y tuvo como fecha de terminación el 05 de agosto de 2020, donde se hizo entrega de las siguientes áreas: Bloque de urgencias (Primer y segundo nivel), bloque de hospitalización (primer, segundo y tercer nivel), bloque de equipamiento industrial

(subestación, central de gases medicinales) y redes de servicio (red de suministro, red sanitaria, red contra incendios, red de agua caliente, red de gases medicinales, red de ventilación mecánica, red eléctrica y de comunicaciones).

### **2.2.1 Construcción del Hospital de Segundo Nivel con servicios complementarios de Tercer Nivel de la E.S.E José María Hernández del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo, Fase 2.**

Con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del Departamento del Putumayo, la E.S.E Hospital José María Hernández, celebró el Contrato de Obra No. 1268 de Septiembre 09 de 2019, cuyo objeto es: “ Construcción del Hospital de segundo nivel con servicios complementarios de tercer nivel de la E.S.E José María Hernández del Municipio de Mocoa departamento del Putumayo Fase II” para mejorar la prestación de los servicios de salud, mediante la construcción de una nueva infraestructura hospitalaria de segundo nivel con servicios de tercer nivel, que garantice una adecuada prestación de los servicios de salud con instalaciones óptimas, modernas e idóneas para este propósito.

#### **2.2.1.1 Localización del proyecto.**

Este proyecto se localiza en el municipio de San Miguel de Agreda de Mocoa (Mocoa), se encuentra localizado en el departamento del Putumayo, con coordenadas 0° 08' 57" N 76° 38' 47" O del meridiano de Greenwich, en el piedemonte amazónico. Cuenta con una extensión total de 1263 km<sup>2</sup>, la altitud de la cabecera municipal se encuentra a 604 msnm (metros sobre el nivel del mar) y su temperatura media es de 20° C.



**Figura 1:** Localización del Municipio de Mocoa a nivel Departamental y Nacional.  
Fuente: (Colombia-SA)

Las obras se ejecutan en el sector urbano del municipio de Mocoa sobre la Avenida Colombia, contiguo al Barrio Villa Diana, beneficiando directamente a los habitantes del Departamento del Putumayo.



**Figura 2.** Ubicación de proyecto dentro del casco urbano.

### 2.2.1.2 Alcance del proyecto.

El contrato consiste en la construcción de la edificación de consulta externa, cafetería y auditorio, mampostería y acabados de las áreas de Administración, habitaciones de hospitalización de cuarto piso, divisiones en mampostería y súper board del sótano, además de las obras urbanísticas y pavimento, en una intervención aproximada de área de 9.100 M2.



**Figura 3.** Proyección del Hospital José María Hernández.

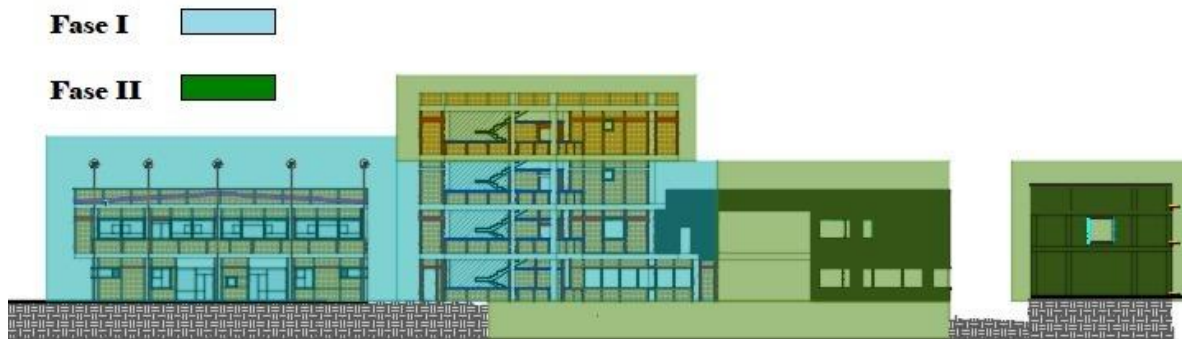
## 2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

### 2.3.1 Redes de ventilación mecánica y aire acondicionado Hospital José María Hernández

A fin de que el Hospital José María Hernández funcione como un Hospital de segundo nivel con servicios de tercer nivel, el diseño de los sistemas para el componente de ventilación mecánica ha sido realizados por el Ing. Mecánico Carlos Pérez, abarcando la Fase I y Fase II de la construcción. Estos diseños han sido elaborados teniendo en cuenta las normativas establecidas para hospitales; relacionando factores como: cargas térmicas, presión, humedad, temperatura, dimensiones, caudales aire, caudales de agua,

potencia, conexiones, entre otros; estableciendo el tipo de equipos y materiales adecuados para la instalación de cada red.

En la Fase II del proyecto, el diseño del sistema de ventilación mecánica abarca el bloque completo de consulta externa, cafetería y auditorio, hospitalización de cuarto piso y sótano.



**Figura 4** Áreas pertenecientes a Fase I y Fase II del Hospital.

### 2.3.1.1 Área de consulta externa.

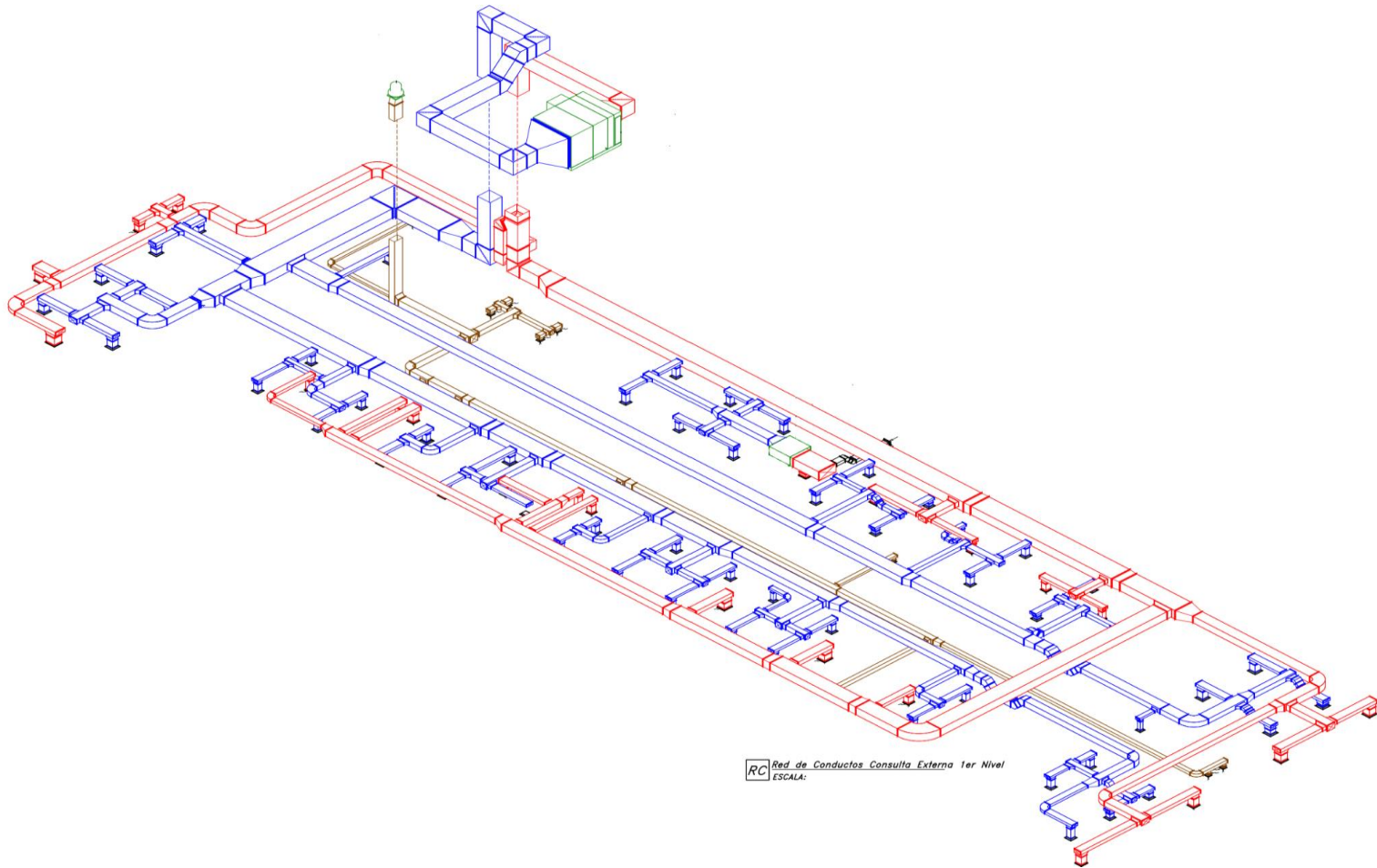
El área de consulta externa está dividida en dos niveles, es un servicio ambulatorio para pacientes con una cita asignada previamente que acceden a atenciones médicas para diferentes tipos de diagnósticos.



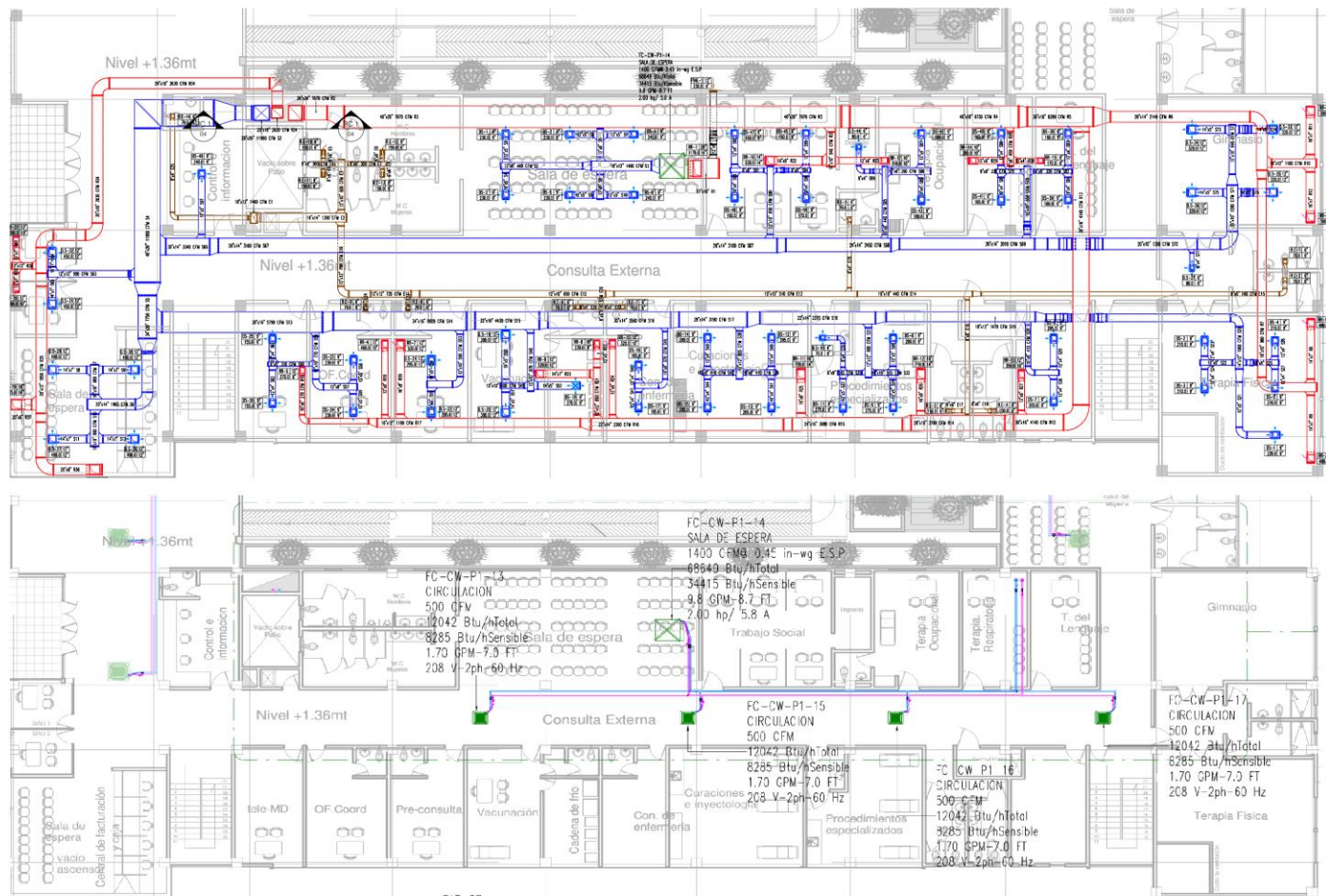
**Figura 5** Proyección bloque de consulta externa.

Los diseños establecidos para los dos niveles de consulta externa son los siguientes:

**Consulta Externa Piso I (Nivel +1.36 mt).**

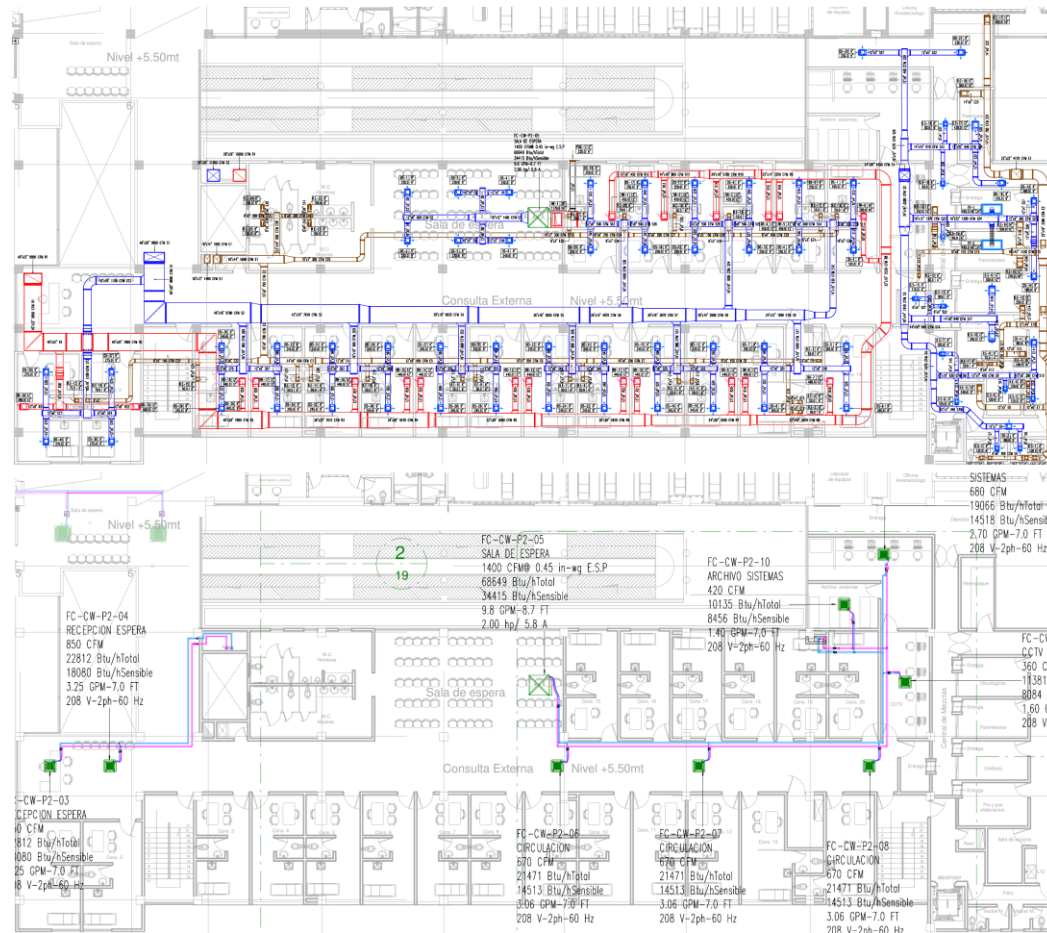


**Figura 6** Vista 3D Red de conductos Piso I. (Perez, Isometrico General 1er Nivel)



**Figura 7** Vista de planta Red de conductos y de agua helada Piso I. (Perez, Planta consulta externa 1er nivel) (Perez, PLANTA RED HIDRAULICA 1ER NIVEL)





**Figura 9** Vista de planta Red de conductos y de agua helada Piso II. (Perez, PLANTA CONSULTA EXTERNA 2DO NIVEL) (Perez, PLANTA RED HIDRAULICA 2DO NIVEL)

### **2.3.1.2 Área de cafetería y auditorio.**

El área de cafetería es un establecimiento que se encarga de la venta de café y diversos alimentos (jugos de frutas, bebidas, sándwiches, ensaladas, panes, galletas, entre otros).



**Figura 10** Proyección Auditorio y cafetería.

### **2.3.1.3 Área de Hospitalización piso 4.**

El servicio de Hospitalización del piso 4 ofrece atención a pacientes de especialidades clínicas, como Medicina Interna, hospitalización pediátrica y para pacientes de alta complejidad egresados de las Unidades de Cuidados Intensivos e Intermedios para recién nacidos, pediátricos y adultos.



**Figura 11** Proyección piso 4 de hospitalización.

#### 2.3.1.4 Sótano

El sótano del Hospital José María Hernández con áreas como mantenimiento, almacén de cadáveres, almacén general, archivo general, oficinas, almacén de farmacia, entre otros.



**Figura 12** Proyección Sótano.

### **2.3.2 Confort térmico.**

El confort térmico se obtiene cuando las personas no presentan sensación de frío o calor cuando se encuentran realizando cierta actividad dentro de un espacio limitado. La norma ANSI/ASHRAE 55 “Thermal Environmental Condition for Human Occupancy” la define como “una condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico y se evalúa mediante evaluación subjetiva”. En las edificaciones de salud, el confort térmico de los pacientes y de los médicos es fundamental para su bienestar y desempeño, respectivamente. En los centros hospitalarios, tener un ambiente confortable facilita tanto la recuperación como el tratamiento de los pacientes. “Un paciente enfermo o lesionado dentro de un ambiente incómodo está sujeto a estrés térmico que puede dificultar la capacidad del cuerpo para regular adecuadamente el calor corporal, interferir con el descanso y ser psicológicamente dañino” (ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. 2 da Edición ed., 2013)

De igual manera con el personal médico, puesto que al tener niveles altos de inconfort con las condiciones termo higrométricas del ambiente no trabajan dentro de niveles óptimos de rendimiento, pudiendo poner en riesgo un procedimiento médico en el que esté involucrada la vida de un paciente. (Guerrero, 2020)

### **2.3.3 Calidad del aire en Hospitales y Clínicas.**

La calidad del aire de todos los ambientes dentro de los hospitales debe garantizar y proporcionar la higiene óptima y necesaria de los pacientes, debido a que está directamente relacionado con la concentración de partículas, virus, gérmenes y bacterias; dañinas tanto para los pacientes como del personal de turno. Por esta razón, la calidad del aire debe cumplir altas exigencias, mismas que están dadas por varias normativas nacionales e internacionales. (Guerrero, 2020)

Se definen 3 clases aplicadas al hospital José María Hernández de aire dependiendo de los niveles de filtración establecidos (ACAIRE, 2013).

- Clase I: Áreas definidas con muy altos requerimientos.

- Clase II: Áreas definidas con altos requerimientos.
- Clase III: Áreas definidas requerimientos intermedios.

#### **2.3.4 Caudales en los sistemas de climatización.**

En la mayoría de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado se cuenta con tres tipos de caudales principales: caudal de ventilación, caudal de suministro y caudal de extracción. En casos particulares también pueden existir un caudal de recirculación. (Guerrero, 2020). En el caso actual del Hospital José María Hernández se tienen todos los tipos de flujos en la climatización los cuales son:

##### **2.3.4.1 Caudal de ventilación.**

El caudal de ventilación es directamente tomado del exterior y es utilizado para proporcionar una calidad de aire interior aceptable. Esta calidad se consigue gracias a la filtración a la que se somete. Dependiendo los estándares y pautas utilizadas para el confort térmico se puede mezclar este caudal con aire de recirculación (tratado adecuadamente).

##### **2.3.4.2 Caudal de suministro**

El caudal de suministro se define como la cantidad mínima de aire necesaria para acondicionar una habitación bajo una temperatura y humedad específica. En habitaciones donde prima la ventilación sobre el acondicionamiento (quirófanos, por ejemplo) el caudal de ventilación es superior al caudal de suministro, mientras que en habitaciones con grandes cargas internas el caudal de suministro suele ser superior al caudal de ventilación por lo que, en algunas aplicaciones, si la normativa lo permite, se utiliza aire recirculado. El caudal de suministro es el que se utiliza para el dimensionamiento de los ductos.

##### **2.3.4.3 Caudal de extracción**

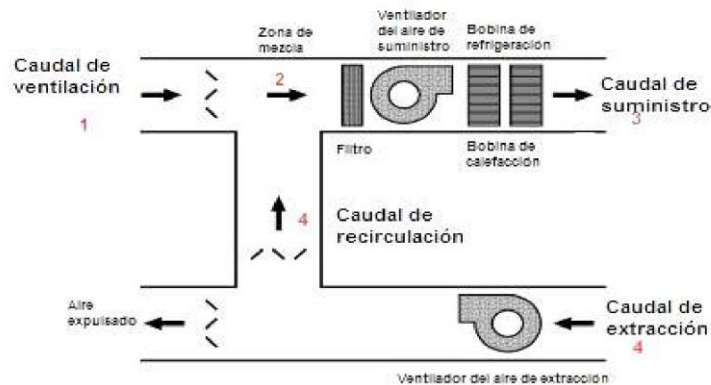
Este caudal es el que se extrae de la zona acondicionada y es el responsable de controlar la presión de una habitación, es decir, define si la sala es

de presión positiva o negativa. Si la cantidad de aire extraído es inferior al caudal de suministro esta sala tendrá una presión positiva, en cambio si el caudal extraído es mayor al de suministro se trata de una sala de presión negativa.

#### 2.3.4.4 Caudal de recirculación

Cuando las normativas lo permiten y, además, prima el acondicionamiento del aire sobre la ventilación se usa un porcentaje del caudal de extracción para mezclarlo con el caudal de ventilación. Este caudal generalmente corresponde a la diferencia entre el caudal de suministro necesario y el caudal de ventilación. El uso de aire recirculado ayuda a un mejor control de la humedad y a una reducción de la carga térmica por aire exterior. (Guerrero, 2020)

La figura 13 muestra la interacción de los caudales, mencionados anteriormente, dentro de un sistema de ventilación y aire acondicionado.



**Figura 13** Representación gráfica de los caudales en un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Fuente:

#### 2.3.5 Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

El sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC de sus siglas en inglés Heating, Ventilating and Air Conditioning) debe ser altamente efectivo en hospitales y clínicas. Del sistema de HVAC depende la propagación de agentes contaminantes, la concentración de partículas nocivas, la expulsión de malos olores y el

confort térmico. Esta alta eficiencia en calidad del aire conlleva a grandes caudales de aire de renovación. Debido a estos altos caudales de ventilación, dentro los sistemas de acondicionamiento, únicamente se pueden aplicar ciertas configuraciones y tipos de equipos HVAC acreditados por los diferentes entes reguladores. (Guerrero, 2020)

Las zonas ocupadas por los pacientes se tratan mejor con sistemas de inducción de aire primario y agua secundaria. Mientras que, en ocasiones en edificios de grandes envergaduras, como en los centros hospitalarios, es recomendable utilizar sistemas “todo-aire” y sistemas “todo-aire” con recalentamiento. (Conditioning, 2017)

Así mismo, el manual de diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado para hospitales y clínicas de la ASHRAE nos muestra algunas de las alternativas de sistemas HVAC que pueden ser usados en el entorno de la salud: caudal de aire variable (CAV), caudal de aire variable con recalentamiento (CAVR), caudal de aire constante (CAC) y caudal de aire constante con recalentamiento (CACR). (ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. 2 da Edición ed., 2013)

### **2.3.6 Sistemas HVAC en centros de atención médica**

Los sistemas HVAC en hospitales, clínicas o centros de atención médica desempeñan funciones adicionales al confort térmico y que están relacionadas con garantizar un espacio que proteja la salud de sus usuarios. Es por este motivo que estas instalaciones son altamente reguladas y están sometidas a procesos continuos de mantenimiento, verificación, inspección y certificación. (ASHRAE, ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities, 2013)

El acondicionamiento terapéutico tiene mucha más importancia que el acondicionamiento de confort personal, debido a que, existen procedimientos, tratamientos y/o funciones médicas que precisan condiciones ambientales de temperatura y humedades específicas que no siempre satisfacen las condiciones de confort. Por ejemplo, las salas de quirófanos y las unidades de enfermería requieren un rango de temperatura que ayudan al procedimiento y a la condición del paciente. Lo

mismo ocurre en las salas de recuperación de quemaduras, ya que pueden requerir condiciones de temperatura y humedad relativa elevadas (hasta 37.7 ° C y 35% a 40% de humedad relativa) (ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. 2 da Edición ed., 2013)

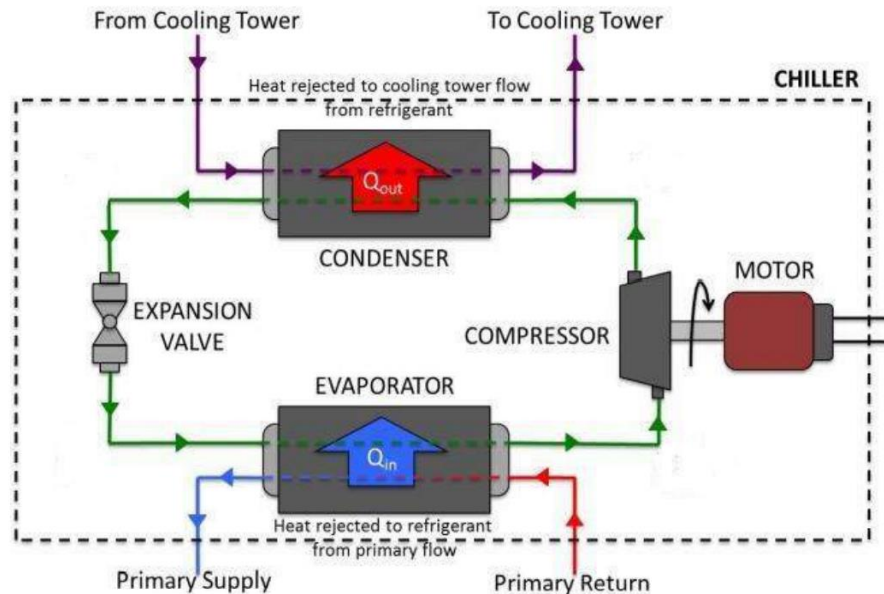
Por otro lado, los pacientes enfermos y lesionados que han suprimido o comprometido la función inmune son altamente susceptibles a nuevas infecciones, pues las instalaciones médicas son lugares donde se se generan y coexisten diferentes tipos de microorganismos patógenos (causantes de enfermedades) (ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. 2 da Edición ed., 2013)

Por otro lado, en ciertas ocasiones los sistemas HVAC deben respaldar los sistemas contra incendios. En estos casos deben realizar funciones comola detección y contención de humos, o en algunos casos la evacuación de estos . Estas funciones están limitadas a instalaciones clasificadas como atención médica o atención médica ambulatoria según NFPA 101 (Guerrero, 2020)

### **2.3.7 Equipos y accesorios del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado**

#### **2.3.7.1 Centrales enfriadores de agua (Chillers)**

Son equipos que tienen como misión enfriar agua desde, más o menos, 12°C hasta unos 7°C, para enviarla a las unidades manejadoras de aire. Este tipo de equipos basan su funcionamiento en un ciclo de compresión de vapor (ver figura 14). El ciclo consta de un evaporador donde se produce el frío, un condensador, que es necesario refrigerar, la válvula de expansión y el compresor (Guerrero, 2020)



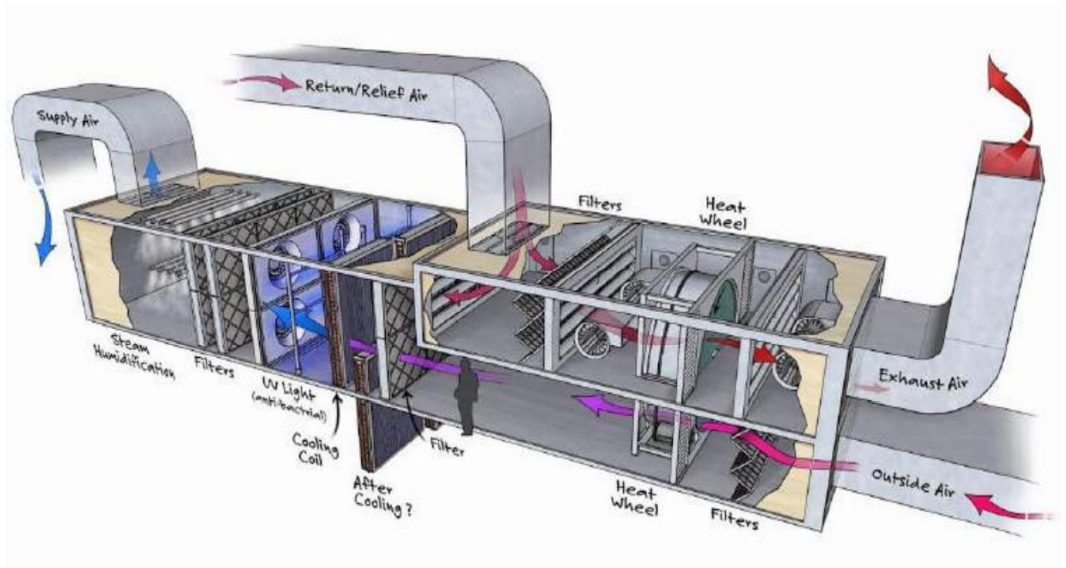
**Figura 14** Esquema general de funcionamiento de un chiller. Fuente: (Tu Aire acondicionado)

El agua helada fluye a través del evaporador del Chiller. El evaporador es un intercambiador de calor donde el agua refrigerada transfiere su calor sensible (la temperatura del agua desciende) al refrigerante como energía latente (el refrigerante se evapora o hierve). El refrigerante luego abandona este calor al exterior a través del condensador del Chiller.

En el caso de un Chiller enfriado por aire, este calor es rechazado al ambiente exterior a través del aire, el cual es forzado a pasar mediante un ventilador por los serpentines del condensador, realizándose de esa manera el intercambio térmico. Para un Chiller enfriado por agua, el refrigerante entrega su calor a un circuito de agua, denominado circuito de agua de condensación. El agua de condensación fluye a través del condensador del Chiller. El condensador es un intercambiador de calor, en este caso el calor absorbido por el edificio, más el trabajo del compresor, se transfiere del refrigerante (condensando el refrigerante) al agua del condensador (elevando la temperatura del agua). (Ruiz, 2018)

### 2.3.7.2 Unidades Manejadoras de Aire (UMA)

La climatizadora, también conocida como unidad de tratamiento de aire “UTA”, unidad manejadora de aire “UMA” o AHU (de sus siglas en inglés air handling unit); es un conjunto de equipos de naturaleza modular con lo cual se puede conseguir un aire a medida, es decir, modifican las propiedades psicrométricas del aire, hasta llevarlas a las condiciones de suministro deseadas (temperatura y humedad) ver figura 15. La energía térmica requerida para este proceso procede del intercambio de calor con el fluido de trabajo de una máquina térmica externa, como una caldera, una bomba de calor o un chiller. (Guerrero, 2020)



**Figura 15** Esquema básico de una UMA. Fuente: (Valdemar, 2022)

### 2.3.7.3 Ventiladores

Los ventiladores son equipos con la tarea de distribuir el aire de suministro a través del sistema de ductos, así como de extraer todo el aire viciado de los espacios climatizados.

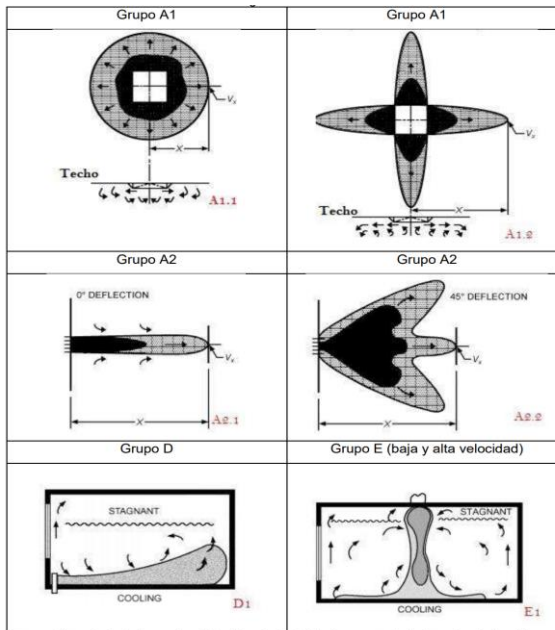
### 2.3.7.4 Equipos Terminales

La correcta selección de la salida del aire es importante para el correcto funcionamiento de todo el sistema HVAC. Para las edificaciones del cuidado de la salud, existe una amplia gama de difusores que se pueden utilizar dependiendo del área a tratar.

El estándar 170 de la ASHRAE recomienda 3 tipos específicos de difusores, los cuales se pueden observar en las tablas 1 y 2.

Habitación	Clasificación de salida de aire de suministro
Salas de operación y salas de procesos	Grupo E no aspirante
Salas de ambiente protector (PE de sus siglas en inglés <i>protective environment</i> )	Grupo E no aspirante
Unidades de cuidados intensivos de heridas (unidades de quemaduras)	Grupo E no aspirante
Salas de trauma (crisis o shock)	Grupo E no aspirante
Salas II	Grupo A o Grupo E
Habitaciones de cama individual para pacientes	Grupo A, D o E
Todos los demás espacios de atención al paciente	Grupo A o Grupo E
Todos los otros espacios	No específico

**Tabla 1** Clasificación de difusores para centros hospitalarios. Fuente:  
(ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017)



**Tabla 2** Clasificación de los difusores según la ASHRAE. Fuente:  
(ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017)

### 2.3.7.5 Filtros.

La función de un filtro es la de proteger toda la instalación y sus componentes y/o accesorios. Los filtros deben colocarse en la línea de entrada de las bombas, válvulas de control u otro aparato que deba protegerse. (Ruiz, 2018)

Según el estándar 170 de la ASHRAE los rangos de eficiencia mínima que deben tener los filtros y niveles (etapas) para cada zona dentro de un centro hospitalario, mostrados en la tabla 3.

Los valores de eficiencia dados por esta norma (ver tabla 3) se miden en MERV (valores de informe de eficiencia mínima de sus siglas en inglés Minimum Efficiency Report Value) que es una medida de la eficacia con que un filtro elimina las partículas del aire. (ASHRAE, ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities, 2013)

Designación del espacio	Nivel de filtración #1		Nivel de filtración #2	
	%(3-10um)	MERV	%(3-10um)	MERV
Salas de operaciones, salas de parto hospitalario y espacios de recuperación.	50 a 70	7	>99	14
Atención hospitalaria, tratamiento y diagnóstico, y salas limpias.	50 a 70	7	>99	14
Salas de ambiente protector .	50 a 70	7	>99	14
Áreas de trabajo de laboratorio, salas de procedimientos.	>99	13	NR	NR
Administrativo, almacenamiento a granel, espacios de contención sucios, espacios de preparación de alimentos y lavanderías.	50 a 70	7	NR	NR
Todos los demás espacios ambulatorios.	50 a 70	7	NR	NR
Instalaciones de enfermería.	>99	13	NR	NR
Hospitales psiquiátricos.	50 a 70	7	NR	NR
Atención de residentes, tratamiento y áreas de apoyo en instalaciones de hospicio para pacientes hospitalizados.	>99	13	NR	NR
Cuidado de residentes, tratamiento y áreas de apoyo en instalaciones de vivienda asistida.	50 a 90	7	NR	NR

**Tabla 3** Eficiencia de filtros en instalaciones hospitalarias dadas por ANSI/ASHRAE 52.

Fuente: (ASHRAE, Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size (ANSI Approved). ASHRAE STANDARD 52.2, 55.

1, 2007)

El Hospital José María Hernández cuenta con espacios hospitalarios como: laboratorios, salas de cirugía, salas de parto, espacios de recuperación, tratamiento y diagnóstico, preparación de alimentos y lavanderías, de enfermería, cuartos aislados, central de mezclas, unidad de cuidados intensivos, esterilización, imagenología, medicina interna, salas de espera, entre otros, los equipos adquiridos para los diferentes bloques donde se encuentran estas áreas cuentan con prefiltros de merv 8, filtros de merv 14 y post filtros de merv 14 a 17, todo esto depende de que tan crítico sea el espacio.

Es imprescindible conocer las diferentes nomenclaturas de las normas para la clasificación de los filtros de aire, pues comercialmente se maneja varios estándares, tales como EN ISO 16890, EN779, EN1822, ASHRAE MERV, ASHRAE 52.76, entre otras. La Tabla 4 muestra las diferentes nomenclaturas de las normas más importantes dentro del mercado internacional.

Norma	Filtros polvo grueso				Filtros polvo fino					HEPA		
	G1	G2	G3	G4	M5	M6	F7	F8	F9	-	-	-
EN779:2018	G1	G2	G3	G4	M5	M6	F7	F8	F9	-	-	-
EN1822:2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E12	H13	H14
EUROVENT 4/5 DPf F5<F9 = 600 Pa	EU1	EU2	EU3	EU4	EU5	EU6	EU7	EU8	EU9	EU12	EU13	EU14
ASHRAE MERV	1	2-3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13	14	15	18	19	20
DIN 24185 E	A	B1	B2	B2	B2	C1	C2	C3	C3	S	S	ST
US fed 209 (0,3 um DOP) Eficacia inicial	N/A	N/A	N/A	0-5	5-15	10-25	45-60	65-75	75-85	>99,5	>99,99	>99,999

**Tabla 4** Nomenclaturas de las normas comerciales en cuanto a eficiencia de filtros.

Fuente: (AFEC, 2022) (ANSI/ASHRAE/ASHE, 2017) (Atecyr, 2017)

### 2.3.7.6 Aislamiento de la ductería.

El aislamiento en los ductos tiene un papel fundamental en el funcionamiento del sistema HVAC, pues de este depende en gran medida un ahorro energético considerable, “pudiendo llegar al 70% de ahorro”. (ISOLVER, 2011)

Además, un buen aislamiento previene la condensación del vapor de agua a lo largo del circuito de ductos. Actualmente existen varios materiales de los que se puede fabricar los aislamientos, estos son: lámina de aluminio exterior, Kraft (papel de estraza o papel madera), malla de vidrio textil, polietilenos, fenolitas expandidas y un sinfín de materiales compuestos (Guerrero, 2020)

### 2.3.7.7 Sistemas de ductería

El objetivo principal de la red de ductos es conducir el aire desde la unidad manejadora o equipo acondicionador hasta la habitación o zona a acondicionar. Es por esto por lo que la red de ductos debe ser diseñada con una metodología adecuada.

Para determinar las dimensiones de los conductos de aire, existen distintos métodos estandarizados que permiten este cálculo, entre estos se encuentran: el método de la velocidad constante, el método de la reducción de la velocidad, el método de igual rozamiento y el método de la recuperación estática. (Guerrero, 2020)

### 2.3.7.8 Equipos fan coil de agua helada.

Un fan coil o ventilador convector es el término que hace referencia a un equipo de climatización toda agua constituido por un intercambiador de calor, un ventilador y un filtro (ver figura 16). Pueden trabajar bien enfriando o bien calentando el ambiente, según se alimente de agua helada procedente de un chiller o con agua caliente procedente de una caldera.

La unidad fan coil recibe agua caliente o fría desde la unidad exterior. Un ventilador impulsa el aire y lo hace atravesar por los tubos por los que pasa el agua caliente o fría produciéndose aquí el intercambio térmico. Tras pasar por el filtro, el aire calentado o enfriado sale climatizando el ambiente. Al tratarse de un sistema compacto que ocupa un espacio reducido para su instalación, resulta un sistema muy demandado en edificios de uso comercial como edificios de oficina. (Ruiz, 2018)



**Figura 16** Fan coil. Fuente (TECAM, 2022)

## 2.4 TÉRMINOS TÉCNICOS

**Establecimiento hospitalario y similar:** cualquier edificio dedicado a la atención de pacientes por parte de personal médico.

**Aire de extracción:** aire retirado de un ambiente y enviado al exterior por medios mecánicos.

**Aire de retorno:** aire retirado de un ambiente y reusado como aire de suministro.

**Aire de suministro:** aire suministrado al ambiente por medios mecánicos.

Clasificación de filtros será de acuerdo con el estándar ASHRAE 52.2- 2007:

**MERV:** el United States Department of Energy recomienda un "Valor de eficacia mínima a reportar" (Minimum Efficiency Reporting Value) MERV, según lo estipulado en el protocolo de ensayo ASHRAE 5.2.2-1999.

**Filtro baja eficiencia:** MERV 1-4 (menos del 20%)

**Eficiencia Media:** MERV 5 al 12 (al menos 20% y menos de 80%)

**Alta eficiencia:** MERV 13 al 16 (mayor al 80%)

**Filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air Filters):** filtro con eficiencia igual o superior al 99.97% medido con partículas de 0.3 micrones con prueba DOP, con marco metálico.

**Cambios por hora:** número de veces que el volumen de aire de un ambiente debe moverse por unidad de tiempo, generalmente expresado en cambios por hora.

Clases de salas de cirugía (de acuerdo con el Colegio Americano de Cirujanos-American College of surgeons):

**Clase A:** Se hacen procedimientos quirúrgicos menores, desarrollados bajo la piel, con anestesia local o regional sin sedación preoperatoria. Excluye rutas intravenosa, espinal y epidural, estos métodos son para salas tipo B o C.

**Clase B:** Se desarrollan procedimientos mayores o menores en conjunto con sedación oral, intravenosa o bajo drogas analgésicas o disociativas.

**Clase C:** Procedimientos quirúrgicos mayores que requieren anestesia general o regional y soporte de las funciones vitales del cuerpo.

Las facilidades para cirugía ambulatoria generalmente son clase A y pueden bajo ciertas circunstancias ser clase B. (ACAIRE, 2013)

## 2.5 MARCO DE REFERENCIA LEGAL

Colombia cuenta con la resolución 4445 de 1996 por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979 (iluminación, ventilación y acondicionamiento de aire), en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos hospitalarios y similares.

En el desarrollo de la construcción del Hospital José María Hernández hace referencia también a normas y estándares que permiten garantizar la calidad de los sistemas. A continuación, se relacionan los principales documentos de diseño e instalación:

- ASHRAE STANDARD 170-2013 Ventilation for Health Care Facilities
- RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas Colombia.
- HVAC DESIGN MANUAL FOR HOSPITALS AND CLINICS, ASHRAE, 2013 second edition.
- ASHRAE STANDARD 90.1 170 Ventilation for Health Care Facilities 2008
- ASHRAE STANDARD 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ASHRAE STANDARD 52.2–2007 Method of Testing General Ventilation Air – Cleaning Devices.
- ASHRAE STANDARD 55 -2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- ASHRAE STANDARD 90.1-2010 Energy Standard for Buildings except Low Rise Residential Buildings
- SMACNA - Duct Construction Standards, Metal and Flexible -1995.
- SMACNA - Fire, Smoke and Radiation Dampers Installation Guide for HVAC Systems - 2002
- SMACNA - Test, Adjustment and Balancing -2002.
- UL 555 – Standard for Fire Dampers
- UL 555S – Standard for Leakage Rated Dampers for use in Smoke Control Systems.

### **3 Implementación del sistema de ventilación y de aire acondicionado durante la construcción del Hospital José María Hernández del municipio de Mocoa departamento del Putumayo**

En esta sección se presentan las actividades a realizadas durante la práctica empresarial como practicante de ingeniería en el desarrollo del proyecto de construcción del Hospital José María Hernández de Mocoa.

#### **3.1 Planeación y ejecución de actividades en obra.**

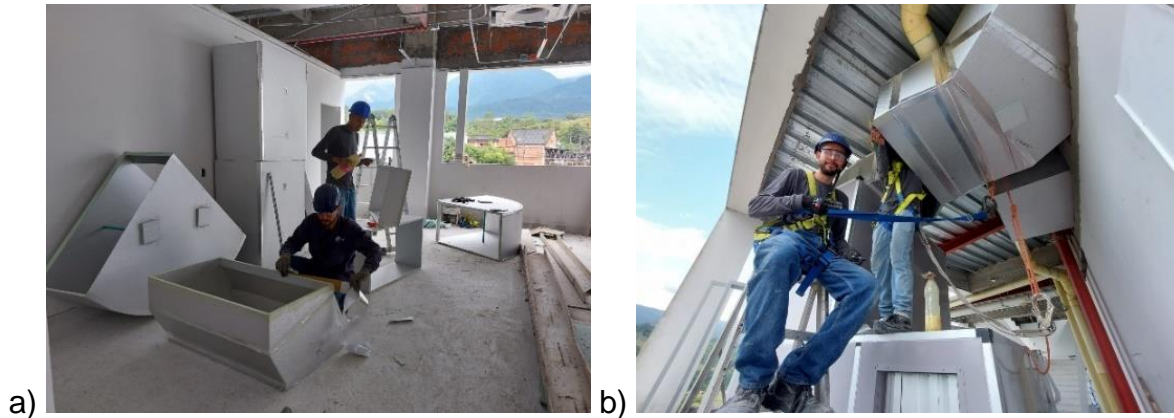
Teniendo en cuenta la revisión de los documentos y diseños establecidos para el desarrollo del componente de ventilación mecánica a implementarse en la construcción del Hospital José María Hernández, el trabajo en obra se realizó siguiendo un cronograma de actividades previamente establecido y de manera conjunta con diversos frentes de trabajo.

El cronograma de actividades se plantea con el fin de programar y organizar las actividades a ejecutar durante el periodo de práctica. Estos trabajos se distribuyen entre los frentes de trabajo que se tiene a cargo en la obra (ver anexo 1).

Este cronograma permitió establecer prioridades sobre la ejecución de las actividades del sistema de ventilación mecánica.

El desarrollo de las actividades previstas en el cronograma asociadas a sistema de ventilación mecánica se realizan en conjunto con dos frentes de trabajo. El Frente 1 de trabajo está constituido por el personal encargado de la fabricación e instalación de ductería para el sistema de ventilación mecánica. Los ductos tienen diferentes características según la actividad para la cual son diseñados. La ductería para las redes de suministro y retorno son construidos en poli-isocianurato (PIR-ALU), la red de extracción en lámina galvanizada calibre 24 y la ductería que se exponga al exterior es recubierta o enchaquetada con lámina galvanizada calibre 26.

En la Figura 17 se presentan algunas de las actividades realizadas por el personal del Frente 1 que incluye la fabricación de los ductos a la medida según planos y su posterior instalación.



**Figura 17** Personal del Frente 1 desarrollando actividades de a) fabricación b) instalación de ductos.

El Frente 2 de trabajo está constituido por el personal que se encarga de la instalación de tubería pre-aislada y accesorios para el sistema de agua helada de ventilación mecánica (ver figura 18). La tubería pre-aislada para este sistema contempla diámetros desde  $\frac{3}{4}$ " hasta 10". También realizan el posicionamiento e instalación de accesorios como: equipos, bombas, válvulas, codos, separadores de aire y tanques de expansión.



**Figura 18** Personal del Frente 2 realizando actividades de a) desmonte y b) instalación de tubería pre-aislada

Las actividades más importantes que se efectuaron durante el desarrollo de la práctica empresarial fueron:

- **Movimiento de equipos:** El movimiento de equipos de trabajo se realizó mediante el uso de un montacargas y una grúa mecánica. Los equipos almacenados (Unidades Manejadoras de Aire de: Medicina interna, Depósito de cadáveres, Hospitalización piso 4, Central de Mezclas, Consulta Externa 1-2, Estar Lúdico, Quirófanos y Unidad tipo paquete de auditorio) en los sótanos son trasladados mediante el uso de montacargas hasta los predios correspondientes. Una vez allí, y mediante el uso de una grúa mecánica, los equipos son desplazados hasta las terrazas o lugares de disposición final donde se realiza su instalación como se aprecia en la Figura 19.

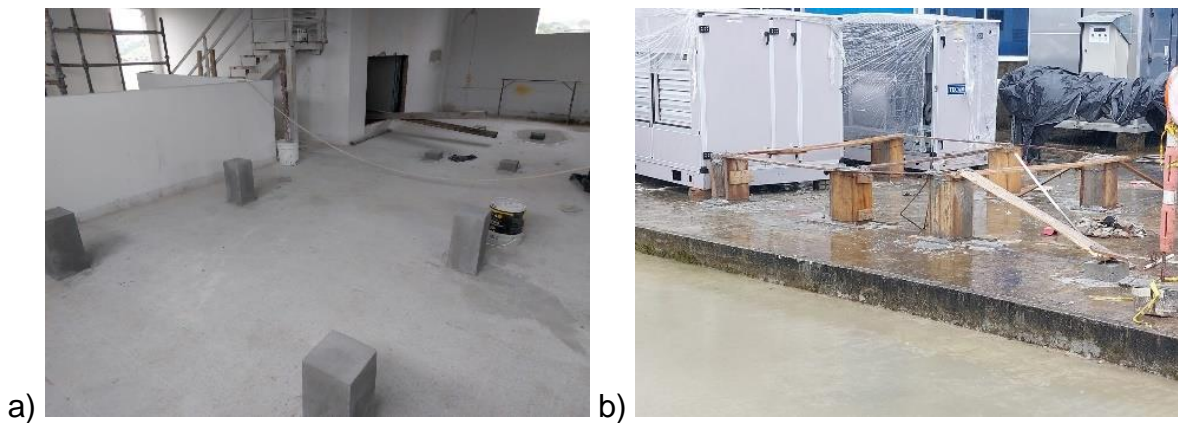


**Figura 19:** Traslado y movimiento de equipos de aire acondicionado con a) montacargas y b) grúa mecánica

- **Ubicación y posicionamiento de equipos de aire acondicionado:** A partir del traslado de equipos a terrazas y/o lugares donde pertenece cada equipo se realiza la ubicación final y posicionamiento de cada máquina. Esta actividad fue realizada

por el frente 2 que mediante el uso de montacargas manual y diferencial de cadena iban ubicando y acoplando cada módulo en el que venía dividido el equipo.

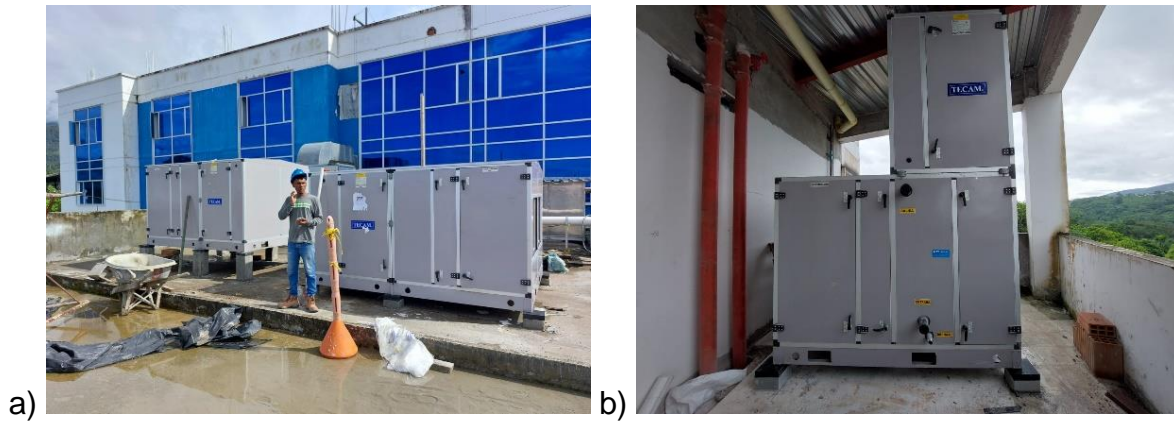
La ubicación final de estos equipos se realizó verificando las medidas y el espacio adecuado para la conexión de redes. Es por eso que para el posicionamiento se requirió de la fundición de apoyos en concreto junto con neoprenos para poder sostener la maquina y a su vez evitar las vibraciones y sonidos producidos en la puesta en marcha (ver Figuras 20 a 22).



**Figura 20** Fundición de apoyos en concreto para posicionamiento de equipos

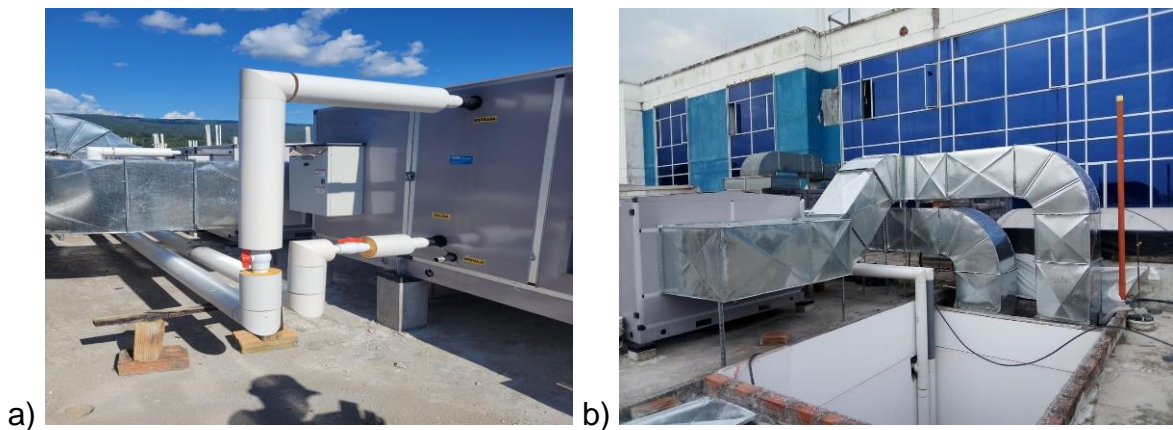


**Figura 21** Posicionamiento y acople de equipos de aire acondicionado



**Figura 22** Ubicación final de equipos de aire acondicionado

- **Instalación de redes conductos de aire y tubería de agua helada:** Esta actividad se realizó generalmente en cada uno de los pisos pertenecientes a los bloques de Fase 2. De esta actividad cabe destacar las conexiones de ductería y tubería para suministro y retorno de aire y agua helada de las unidades manejadoras de aire acondicionado.



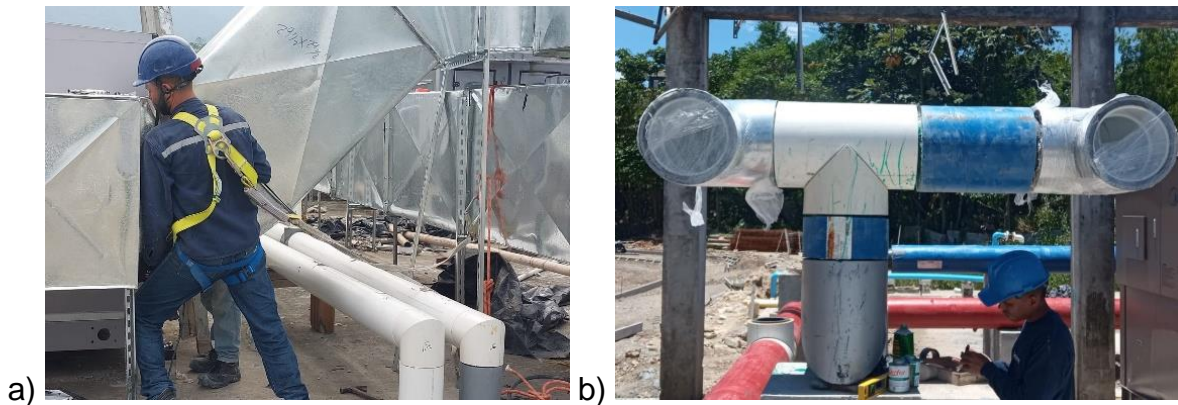
**Figura 23** Conexión de a) tubería pre-aislada y b) ductería para unidades de manejadoras de consulta externa piso 1 y piso 2

Durante el desarrollo de la práctica se instalaron 1955.63 m<sup>2</sup> de ductería rectangular cuyas dimensiones trasversales variaron desde 6" x 4" hasta 46" x 32". En el inicio de la

práctica se tenían ya instalados  $1907.37\text{m}^2$  que equivalen a un 45% de avance aproximadamente de un total de  $4197\text{ m}^2$ . De esta manera al finalizar la práctica, queda un restante de ductería por instalar de  $334\text{ m}^2$  (9%). Finalmente, para la red de tubería de agua helada, se realizó un avance de instalación desde 0% hasta un 82% de tubería (cuyas dimensiones variaron entre  $\frac{3}{4}$ " hasta 10" de diámetro interno) y accesorios.

### 3.2 Verificación del sistema de ventilación mecánica en obra.

Para realizar la verificación del sistema de ventilación mecánica en obra fue necesario realizar diversas actividades administrativas y de coordinación con los diferentes frentes de trabajo y haciendo uso de los planos de planta para los bloques de hospitalización, consulta externa, centrales de frío, cafetería y auditorio.



**Figura 24** Actividades instalación realizadas por el personal de cada frente: a) Conexión de ductos en lámina calibre 26 a unidad manejadora de consulta externa piso 1 b) Instalación de tubería de 10" de diámetro y accesorios (Codos y Tes).

En la edificación, cada piso de cada bloque está compuesto por una serie de equipos los cuales son los encargados de distribuir el aire acondicionado para cada espacio determinado.

Estos equipos se clasifican mediante el uso de una nomenclatura específica y que es presentada en la Tabla 5. Fan Coil (FC-CW-XX-XX), Unidades manejadoras de aire

(UAC-CW-XX-XX), Ventiladores de extracción (VXX-XX-PX-XX) y Chillers (EAP-XX) como se muestra en la tabla 5.

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO FASE II							
HOSPITALIZACIÓN		CONSULTA EXTERNA		CENTRALES DE FRÍO		CAFETERÍA Y AUDITORIO	
DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN
FC-CW-ST-01 ARCHIVO - ALMACEN	SÓTANO	FC-CW-P1-13 CIRCULACION (CASSETTE)	PISO 1	EAP-01	CENTRAL DE FRÍO 1	VAE-P1-01 (Baños auditorio)	PISO 1
FC-CW-ST-02 LAVANDERIA		FC-CW-P1-15 CIRCULACION (CASSETTE)		EAP-02		VAE-P1-02 (Baños auditorio)	
FC-CW-ST-03 COCINA COMEDOR		FC-CW-P1-16 CIRCULACION (CASSETTE)		EAP-03		UAP-P1-01(Auditorio)	
FC-CW-ST-04 FARMACIA		FC-CW-P1-17 CIRCULACION (CASSETTE)		EAP-04 C1			
FC-CW-ST-05 MANTENIMIENTO		FC-CW-P1-14 RECEPCION ESPERA (DUCTOS)		EAP-04 C2			
CE-ST-01 Campana cocina		VAE-P1-03 (Baños Sala de espera)	EAP-05 (Chiller)	CENTRAL DE FRÍO 2			
UVS-ST-01 Campana cocina		FC-CW-P2-03	EAP-06 (Chiller)				
VT-P1-01		FC-CW-P2-04	EAP-07 (Chiller)				
UVS-ST-01 Campana cocina		FC-CW-P2-05 RECEPCION ESPERA (DUCTOS)					
FC-CW-P4-01 (Estar lúdico)		PISO 4	FC-CW-P2-06	PISO 2			
UAC-CW-P4-02 (Hospitalización piso 4)		FC-CW-P2-07					
VCE-CB-01 (Aislado medicina interna)		FC-CW-P2-08					
VCE-CB-02 (Aislado Hospitalización)	PISO 5	FC-CW-P2-09 CCTV (CASSETTE)					
VCE-CB-03 (Aislado Hospitalización)		FC-CW-P2-10 ARCHIVO SISTEMAS (CASSETTE)					
VEH-CB-02 (Campana cocina)		FC-CW-P2-11 SISTEMAS (CASSETTE)					
VEH-CB-03 (Servicios sótano)		VEH-P3-01 (Baños consulta externa piso 1)	PISO 3				
VEH-P4-01 (Baños hospitalización)		VEH-P3-02 (Baños consulta externa piso 2)					
VEH-CB-01 (Baños medicina interna)	PISO 6	UAC-CW-P4-04 (C. Externa P1)					
UAC-CW-P4-01 (Medicina interna)		UAC-CW-P4-05 (C. Externa P2)					
UAC-CW-P4-03 (Sala IRA/EDA)		UAC-CW-P4-06 (Central de mezclas)					
UAC-CW-CB-02 (Deposito de cadáveres)							

**Tabla 5** Distribución de equipos para el sistema de aire acondicionado del Hospital José María Hernández

Inicialmente se proyecta ejecutar los planos de diseño iniciales con los requerimientos ya establecidos, sin embargo, en el transcurso de la ejecución de los mismos se presentan problemas como espacio y cruce con otras redes lo cual generó una serie de modificaciones de las cuales se resalta las siguientes:

**Reubicación de unidades manejadoras de aire:** El cambio de ubicación de las UMAs se generó como consecuencia del reducido espacio disponible para mantenimiento y posicionamiento de equipo. Este proceso requirió crear nuevas rutas de ductería y tubería pre-aislada, lo cual condujo a modificaciones sobre los planos iniciales.

Un caso en particular de reubicación ocurrió con la Unidad Manejadora de Aire diseñada para el área de Medicina Interna de Hospital. Esta unidad fue diseñada para unos requerimientos de diseño específicos y tiene una capacidad de 8930 CFM, una caída de presión de 2.79 in-wg, y cargas de refrigeración de 315104 Btu/ hTotal y 202394 Btu/hSensible.

Con el fin de cumplir las especificaciones del diseñador, este equipo se adquiere con el proveedor de TECAM y dentro del proyecto es identificado según la nomenclatura UAC-CW-P4-01.

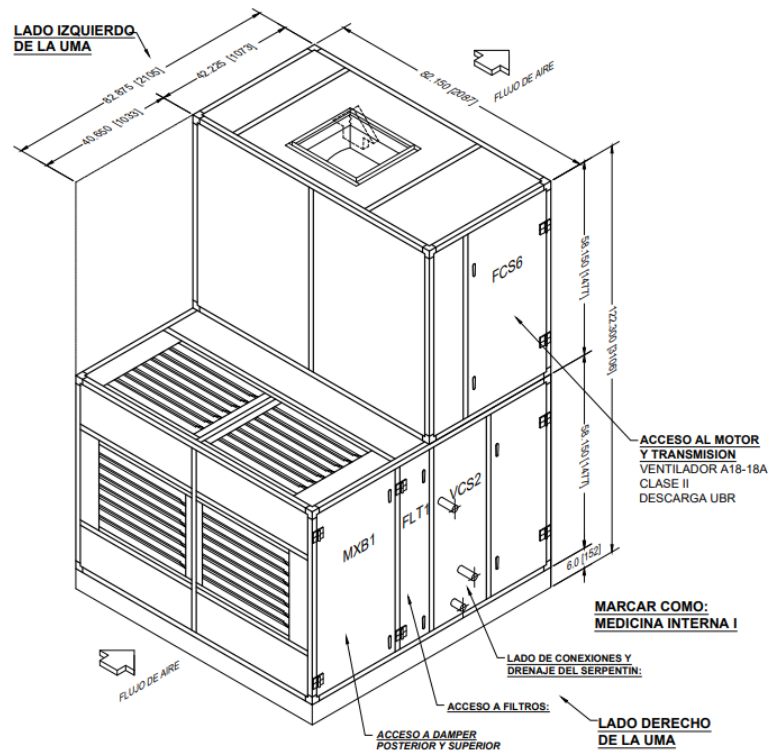


Figura 25 Vista isométrica de la Unidad Manejadora de Aire TECAM S.A.S

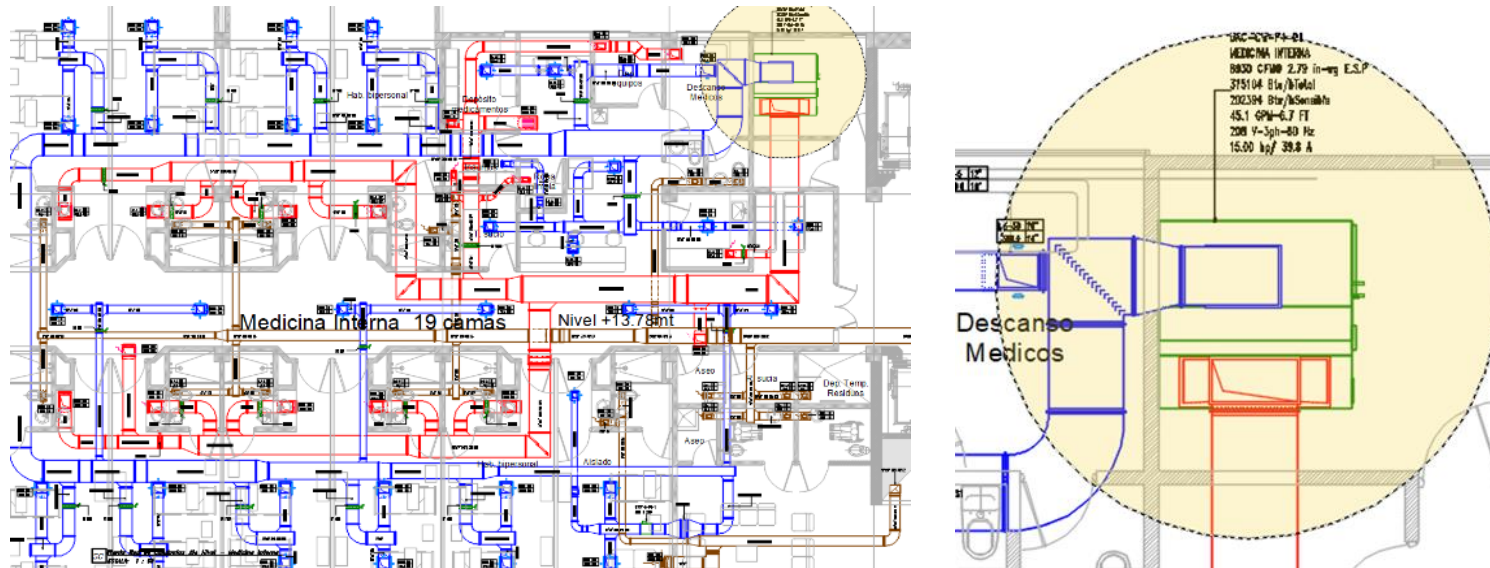


Figura 26 Instalación de la Unidad Manejadora de Aire reubicada en el piso quinto del bloque de hospitalización

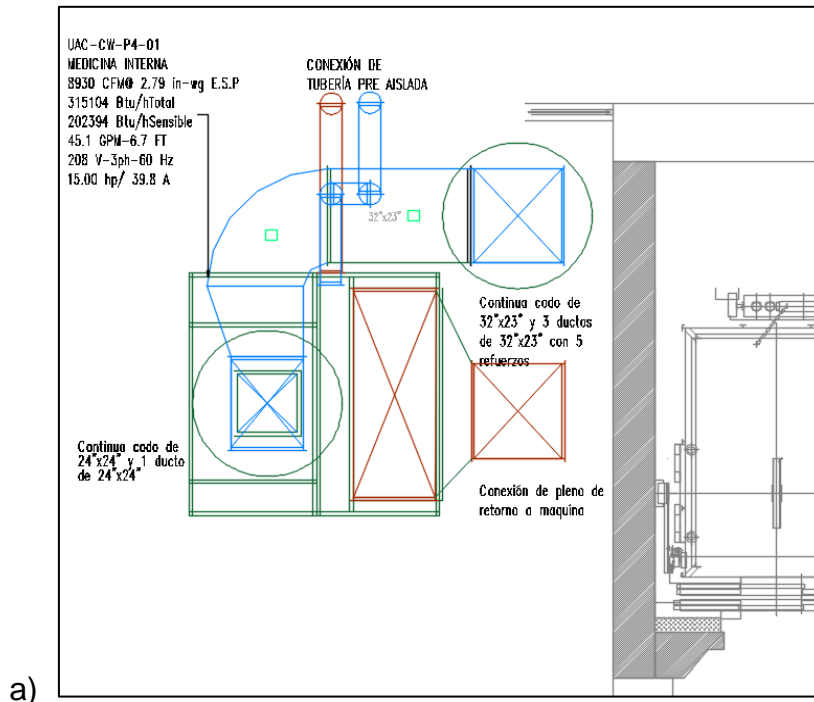
Inicialmente la ubicación de este equipo se tenía previsto en una de las habitaciones del cuarto piso de hospitalización (en el área de Medicina Interna), con sus respectivas conexiones de ductería, tubería pre-aislada y accesorios. Sin embargo, el área ocupada por el equipo en este local no eran los adecuados para desarrollar trabajos de mantenimiento y de acceso al equipo.

En vista a lo anterior, este equipo es reubicado en la terraza del quinto piso del bloque de hospitalización. Esto implicó una modificación sobre las redes de ductos y tuberías desde el local inicialmente previsto para su nueva ubicación.

La reubicación de este equipo también implicó la modificación de equipo interno a equipo de intemperie, de manera que fue necesario sellar cada uno de sus empalmes con Sika-Flex y su sistema de ductería requirió ser enchaquetada con lámina galvanizada calibre 26.

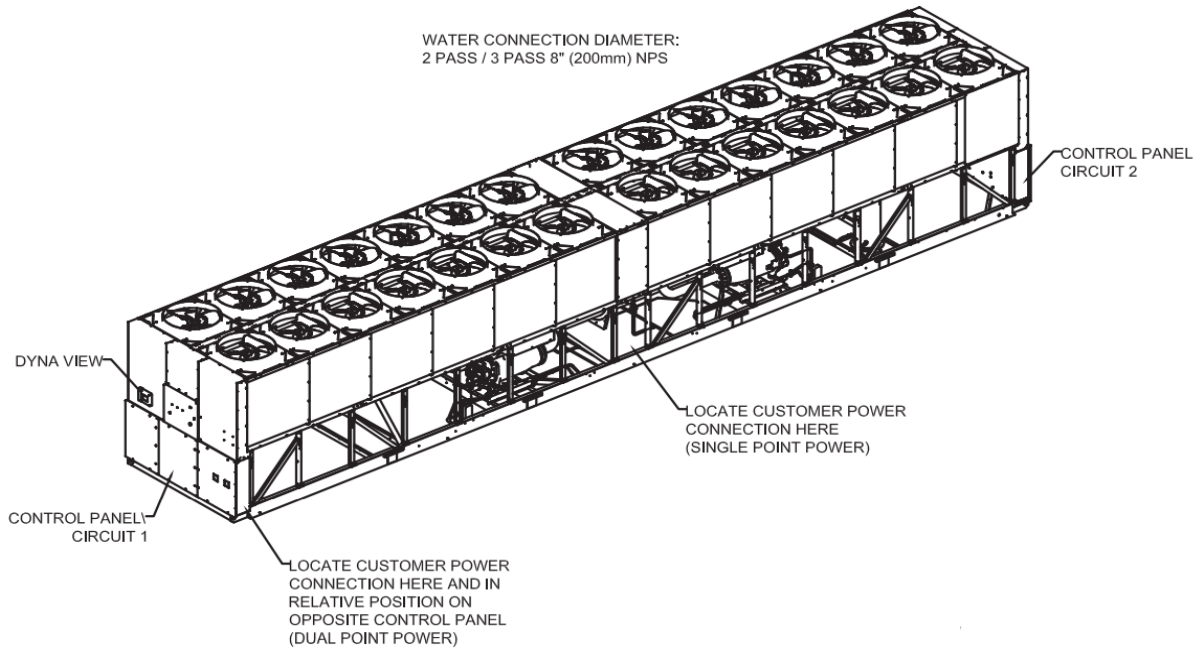


**Figura 27** Plano y ubicación inicial de la Unidad Manejadora de Aire del area de Medicina Interna ubicada en el cuarto piso en el bloque de Hospitalización.



**Figura 28** a) Localización de unidad manejadora de medicina interna en plano de 5to piso hospitalización; b) ubicación final de la Unidad Manejadora de Medicina Interna.

- **Rediseño de tubería tras reubicación de chiller tipo tornillo:** El chiller tipo tornillo es un equipo que cuenta con una capacidad de 4200000 Btu/hTotal, 600.0 GPM – 15 FT, 440V-3ph-60Hz.



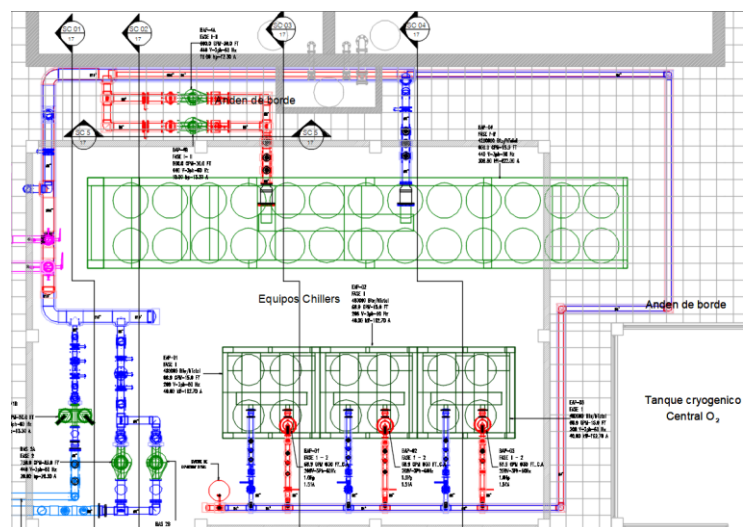
**Figura 29** Vista isométrica chiller tipo tornillo.

La adquisición de este equipo se realizó a través de la importación de China, una vez llega a obra, se realiza las actividades de descarga y posicionamiento para lo cual se requirió de una grúa mecánica y maquinaria amarilla.

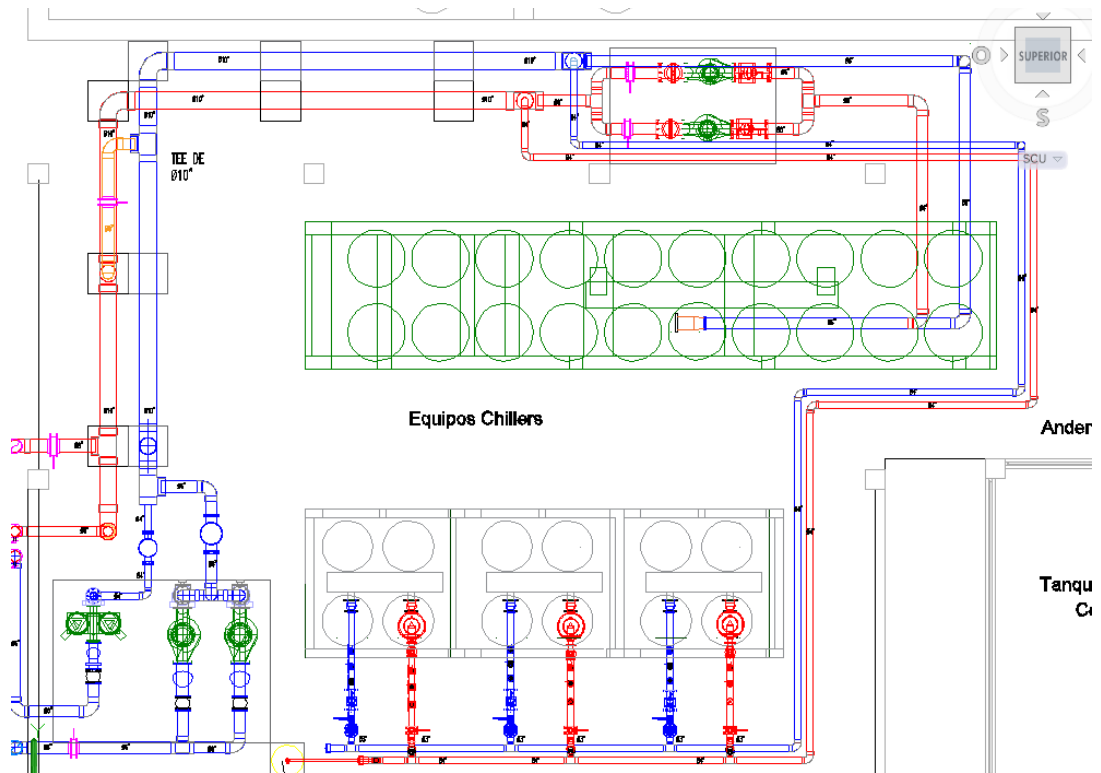


**Figura 30** Descarga de chiller tipo tornillo en Hospital José María Hernández.

El proceso de ubicación del Chiller tipo tornillo en sitio fue muy complejo debido al espacio y condiciones de terreno. Estas dificultades generaron un emplazamiento de 180° y a su vez la modificación de las rutas establecidas inicialmente de la red de tubería de agua helada y otras dependencias.



**Figura 31** Plano inicial de Central de frío 1 de la red de agua helada y conexión a chiller tipo tornillo.



**Figura 32** Plano modificado de Central de frío 1 de la red de agua helada y conexión a chiller tipo tornillo.

Como se puede apreciar en las imágenes anteriores hubo un cambio en la dirección y rutas de la tubería que se conectan a chiller tipo tornillo. En base a este suceso el Frente 2 se encargó de instalar la tubería y accesorios de este equipo con la ruta nueva ya establecida.



**Figura 33** Ubicación final en obra de Chiller tipo tornillo marca MIDEA.



**Figura 34** Instalación de tubería pre-aislada de 6" del Chiller tipo tornillo

Una vez determinada las rutas a ejecutar se realiza el seguimiento de actividades de ambos frentes. Dentro del cronograma administrativo mensualmente se realiza la verificación de corte de las cantidades de material instalado, esto se realiza el 20 de cada mes.

Las cantidades ejecutadas por cada contratista encargado se revisan en obra y se comparan con los planos récord entregados por los mismos. Estos se miden y se verifican para posteriormente ser anexados a una memoria de cantidades para cobrarse en el acta mensual de proyecto.

### **3.3 Ejecución y ajustes sobre el presupuesto en obra.**

Inicialmente el proyecto cuenta con presupuesto ya planteado con una serie de ítems de obras civiles, obras eléctricas y de ventilación mecánica. En este caso se centra en el componente de ventilación mecánica donde se tiene contemplado el material necesario para el desarrollo del mismo.

Teniendo en cuenta el presupuesto, material y/o accesorios para el avance del componente de ventilación mecánica, se realizaron actividades como:

- **Cotizaciones:** A partir de los requerimientos y especificaciones planteadas por el diseñador, se realizó la cotización de equipos, accesorios y/o materiales con las características anteriormente planteadas, se hizo la comparación de costos y se socializó con el director para su orden de compra.

**Ejemplo:** En la Tabla 6 se muestra un ejemplo de cotización para accesorios de agua helada.

Señores:  
**Consorcio Alianza Ingesur Fase II**  
**Proyecto Hospital Mocoa - Fase II**

**Ref.**

**COTIZACIÓN**

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	V/UNITARIO	V/TOTAL
VALVULA MARIPOSA DSS304 EPDM 150L 4" HV/SIO	Und	1	\$ 230.937,00	\$ 230.937,00
VALVULA MARIPOSA DSS304 EPDM 150L 3" HV/SIO	Und	4	\$ 171.076,50	\$ 684.306,00
VALVULA MARIPOSA DSS304 EPDM 150L 2.1/2" HV/SIO	Und	12	\$ 145.908,00	\$ 1.750.896,00
EMPAQUE SPIROMETALICO 150L 6"SS304+GRAFITO	Und	20	\$ 17.566,50	\$ 351.330,00
EMPAQUE SPIROMETALICO 150L 4" SS304+GRAFITO	Und	7	\$ 11.676,00	\$ 81.732,00
EMPAQUE SPIROMETALICO 150L 2.1/2" SS304+GRAFITO	Und	7	\$ 7.308,00	\$ 51.156,00
FLANCHE 8 PVC SOLDAR SCH 80 USA	Und	4	\$ 204.610,00	\$ 818.440,00
FLANCHE 6 PVC SOLDAR SCH 80 USA	Und	10	\$ 106.400,00	\$ 1.064.000,00
FLANCHE 4 PVC SOLDAR SCH 80 USA	Und	10	\$ 78.161,30	\$ 781.613,00
FLANCHE 3 PVC SOLDAR SCH 80 USA	Und	18	\$ 44.869,20	\$ 807.645,60
FLANCHE 2 1/2 PVC SOLDAR SCH 80 USA	Und	35	\$ 18.200,00	\$ 637.000,00
<b>SUB-TOTAL</b>				\$ 7.259.055,60
<b>Descuento</b>		<b>5%</b>	-\$ 362.952,78	
<b>IVA</b>		<b>19%</b>	\$ 1.379.220,56	
<b>TOTAL</b>				\$ <b>8.275.323,38</b>

**Tabla 6** Cotización de accesorios para agua helada.

- **Análisis de Precios Unitarios APU de equipos:** Esta actividad se realiza para algún material, equipo y/o accesorio a partir de un precio anteriormente cotizado, añadiendo a este valor el costo de mano de obra, IVA, material y transporte. logrando así un valor ideal dentro del presupuesto.

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA INGELEC S.A.S

PROPONENTE		CONSORCIO ALIANZA INGESUR FASE 2			
ITEM	FANCOIL AGUA HELADA TIPO CASSETE 800 CFM - 24000 BTU				
CAPITULO	21	ITEM No	03.01	UND	UND
<b>1. EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	UND	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	VR TOTAL	
HERRAMIENTA EQUIPOS PRIMARIOS	GLB	1,000	\$ 50.000	\$ 50.000	
				<b>Subtotal</b>	\$ 50.000
<b>2. MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	VR TOTAL	
FANCOIL AGUA HELADA TIPO CASSETE 800 CFM - 24000 BTU	1	1,000	\$ 2.460.000	\$ 2.460.000	
ACCESORIOS EQUIPOS SECUNDARIOS PARA FAN COIL	1	1,000	\$ 300.000	\$ 300.000	
				<b>Subtotal</b>	\$ 2.760.000
<b>3. TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND	DIST (Km)	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
					\$ -
				<b>Subtotal</b>	\$ -
<b>4. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UND	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	VR TOTAL	
CUADRILLA VENTILACION MECANICA	DÍA	1,000	\$ 550.003	\$ 550.003	
CUADRILLA ELECTRICISTAS	DÍA	1,000	\$ 300.000	\$ 300.000	
				<b>Subtotal</b>	\$ 850.003
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 3.660.003</b>
<b>5. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION			PORCENTAJE (%)	VR TOTAL	
ADMINISTRACION			25%	\$ 915.001	
UTILIDAD			4%	\$ 146.400	
IMPREVISTOS			1%	\$ 36.600	
			<b>Subtotal</b>	\$ 1.098.001	
<b>TOTAL VR UNITARIO + AUI (30%)</b>					<b>\$ 4.758.004</b>

**Tabla 7** Análisis de precio unitario para Fan Coil de Agua Helada tipo Cassette de 800 CFM

- **Pre-Actas:** Son formatos que se deben diligenciar antes de terminar mes con el fin de describir y determinar el porcentaje de cobro en el acta parcial para el equipo, material y/o accesorio que se encuentra dentro del presupuesto del proyecto.
- **Balance de cantidades:** Esta actividad se realiza con el fin de determinar la cantidad real a ejecutarse en el proyecto, ya sean accesorios, equipos y/o materiales. Para tener esto claro, se realiza su respectiva verificación a través la revisión de planos de diseño y en obra.

### 3.4 Seguimiento del uso de implementos y cumplimiento de las normas de seguridad industrial del personal a cargo en obra

Para el cumplimiento de este objetivo se verificó que las personas a cargo dentro de la obra lleven sus implementos de seguridad industrial con el fin de evitar riesgos y/o sucesos que puedan afectar al trabajador. Se comprobó que llevaran los elementos básicos de seguridad mientras estén realizando sus labores y/o actividades en la obra (casco, camisa, botas punta de acero y pantalón jean).



**Figura 35** a) Frente 2 realizando la Ubicación y acople de equipos, b) Frente 1 realizando la fabricación de ductos de PIR.ALU.

Dependiendo de las actividades a realizar, los elementos de seguridad pueden variar. En el desarrollo de esta práctica sobresale el trabajo en alturas, de manera que fue necesario verificar que el personal contara con su curso de alturas.

De igual forma, fue necesario inspeccionar que las condiciones de trabajo fuesen adecuadas, es decir, que contaran con suficiente espacio para realizar sus actividades y que sus elementos de protección estuviesen en buen estado (arnés, líneas de vida, mosquetones, eslingas tipo y o de posición, etc.)



**Figura 36** Trabajo en altura realizado por el Frente 1, actividad de subida de ductos del piso 2 a piso 3 de consulta externa.

En caso de que se trabajara con material de olores fuertes o trabajos que produzcan residuos de polvo se comprobó de que trabajen con tapabocas, filtros de olores o polvos y su respectiva mascara protectora.



**Figura 37** Fabricación de conductos de poli-isocianurato, uso de tapabocas debido al polvo que se encontraba en el área de trabajo.

Así mismo, llevo el seguimiento del cumplimiento de horarios ya establecidos de entrada y salida, las charlas de seguridad y calistenia que se realiza al inicio de jornada.

Aunque no hubo sucesos o fallas a las normas de seguridad durante el desarrollo de esta práctica, si en algún momento hubiese ocurrido un incumplimiento y/o accidente,

como practicante se debía informar al director de obra y al personal a cargo de seguridad y salud para el trabajo. Para ello se debe presentar un informe y/o formulario describiendo lo ocurrido para que tomen las medidas correctivas.

Las actividades anteriormente mencionadas se replicaron de la misma manera y con la misma secuencia en diversas áreas pertenecientes a la obra, específicamente a la fase 2 del proyecto.

#### **4 CONCLUSIONES.**

El desarrollo de la práctica empresarial en el proyecto de construcción del Hospital José María Hernández en el Municipio de Mocoa (Putumayo), como Practicante de Ingeniería en la empresa INGELEC S.A.S se concluyó de manera satisfactoria. Esta práctica permitió identificar el rol fundamental que cumplen los sistemas de ventilación mecánica en edificaciones hospitalarias, así como reconocer los equipos y materiales específicos que permiten generar dichas condiciones (chillers, unidades manejadoras, unidades fan-coil, ductos, ventiladores, etc) para el bienestar del personal médico y de pacientes.

La experiencia alcanzada durante esta pasantía permitió complementar las competencias teóricas adquiridas durante el proceso de formación profesional. Este proceso no solamente permitió conocer a profundidad el campo de la ventilación mecánica y de aire acondicionado, sino también del manejo de materiales, fabricación de piezas, montaje de sistemas de control y accesorios para sistemas de ductos y tuberías. Dada la complejidad técnica de la construcción del Hospital, se fomentó una comunicación continua con el personal a cargo de la instalación de sistemas eléctricos, de comunicaciones y de obra civil. Esto permitió también adquirir conocimiento de otras dependencias y su influencia sobre el área específica de la práctica.

Durante la ejecución de este proyecto se desarrollaron otro tipo de competencias relacionadas con actividades administrativas (análisis de datos, verificación de documentos, planeación y ejecución de actividades, cumplimiento de normas y fechas establecidas, manejo de presupuesto, manejo de personal, cumplimiento de normas técnicas y laborales, etc.). De igual manera, fue necesario realizar capacitaciones en el uso de elementos de protección personal y de las normas de seguridad industrial en obra, con el fin de verificar que el personal a cargo cumpliera de manera apropiada todos estos requisitos.

En las actividades de planeación y ejecución fue importante el trabajo en equipo y la buena comunicación entre la dirección del proyecto y los frentes de trabajo en obra. Para ello fue necesario organizar un cronograma que permitiera cumplir con los tiempos de entrega y que implicaba actividades como compra de materiales, fabricación e instalación de ductos y tuberías, instalación de accesorios de control, desplazamiento de equipos, conexión a equipos, gestión de materiales, verificación de cantidades ejecutadas durante el mes y realización de actas mensuales.

Durante el desarrollo de la práctica se instalaron 1955.63m<sup>2</sup> de ductería. Esta cantidad instalada permitió avanzar desde un 45% (al inicio de la práctica) hasta 91% (al finalizar la práctica). Con relación a la tubería de agua helada, se realizó un avance de instalación desde 0% hasta un 82% de tubería (cuyas dimensiones variaron entre ¾" hasta 10" de diámetro interno) y accesorios. Este avance correspondió a 734.64 metros lineales totales de tubería instalada. Los equipos instalados durante esta experiencia corresponden a: 26 fan coil tipo Cassette, 2 fan coil desnudos, 10 UMAs y 4 Chillers (1 tipo tornillo y 3 tipo scroll).

Las actividades en obra durante la construcción de los sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado, se ejecutaron siguiendo los planos previamente establecidos. Sin embargo, en algunos casos fue necesario realizar modificaciones menores sobre el diseño de manera que se facilitara el proceso de montaje o para que garantizar posteriormente espacios adecuados para actividades técnicas de mantenimiento.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- ACAIRE. (2013). *GUIA ACAIRE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA ESTABLECIMIENTOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES*. Segunda versión. Acondicionado, T. A. (28 de Mayo de 2022). *Tu Aire Acondicionado*. Obtenido de <https://tuaireacondicionado.net/diagrama-de-mollier/>
- AFEC. (30 de Mayo de 2022). *Asociación de fabricantes de equipos de climatización*. Obtenido de <https://www.bombadecolor.org/noticias/principios-termodinamicos>
- ANSI/ASHRAE/ASHE. (2017). *ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilación de instalaciones de atención médica*. Atlanta.
- ASHRAE. (2007). *Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size (ANSI Approved)*. ASHRAE STANDARD 52.2, 55. 1. Atlanta: T. Circle, Ed.
- ASHRAE. (2013). *ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities*. Atlanta.
- ASHRAE. (2013). *HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. 2 da Edición ed.* Atlanta, GA: Vol.2.
- ASHRAE. (2017). *ASHRAE FUNDAMENTALS (SI EDITION ed.)*. Atlanta, Georgia, US.
- Atecyr. (2017). *Fundamentos de climatización*. Madrid, España: Ed Atecyr.
- Castiblanco, J. (2019). *Diseño del sistema de aire acondicionado para un quirófano de la Unidad Clínica La Magdalena, ubicada en la ciudad de Barrancabermeja Santander, cumpliendo con los lineamientos del capítulo de Calidad de Aire Interior de la pre-norma colombiana...* Bucaramanga.
- Colombia-SA. (10 de JUNIO de 2022). *PUTUMAYO COLOMBIA - AMÉRICA DEL SUR*. Obtenido de Putumayo, Colombia - Suramérica (colombia-sa.com)
- Conditioning, C. A. (2017). *Manual de AIRE ACONDICIONADO*. Barcelona: Marcombo.
- Guerrero, Y. (2020). *Rediseño del sistema de ventilación y aire acondicionado de la unidad de cuidados intensivos, salas de parto y quirófanos del Hospital Enrique Garcés*. Quito.

- ISOLVER. (2011). *La solución de climatización en Hospitales y Centros de Salud*. Vol, 1.
- Jaramillo, A. (2017). *Elaboración de los procedimientos para la instalación de sistemas de ventilación mecánicos y de aire acondicionado en la fase III del aeropuerto El Dorado*. Bogotá D.C.
- Perez, C. (s.f.). Isometrico General 1er Nivel. 2108-HJMH-F2-M-3D-RC-P1-05-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel de Mocoa.
- Perez, C. (s.f.). ISOMETRICO GENERAL 2DO NIVEL. 2108-HJMH-F2-M-3D-RC-P2-07-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel Mocoa.
- Perez, C. (s.f.). Planta consulta externa 1er nivel. 2108-HJMH-F2-M-PL-RC-P1-04-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel Mocoa.
- Perez, C. (s.f.). PLANTA CONSULTA EXTERNA 2DO NIVEL. 2108-HJMH-F2-M-PL-RC-P2-06-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel Mocoa.
- Perez, C. (s.f.). PLANTA RED HIDRAULICA 1ER NIVEL. 2108-HJMH-F2-M-PL-RH-P1-18-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel Mocoa.
- Perez, C. (s.f.). PLANTA RED HIDRAULICA 2DO NIVEL. 2108-HJMH-F2-M-PL-RH-P2-19-V\_0. Hospital José María Hernández, San Miguel Mocoa.
- Ruiz, M. (2018). *Diseño de un sistema de climatización de 252 ton con planta de agua helada de volumen variable y retorno inverso. Edificio Ecológico Miraflores*. Callao.
- TECAM. (07 de Junio de 2022). *Home, Products, Fancoils*. Obtenido de : Fancoils | Piezas para Aires Acondicionados | TECAM S.A. (tecam-sa.com)
- Valdemar, M. (30 de Mayo de 2022). *Ingeniería Industrial Mecánica: "Procedimientos, funcionamiento y mantenimiento"*. Obtenido de <https://ingenierovalemoratto.blogspot.com/>

## 6 ANEXOS.

**ANEXO A.** Cronograma de ejecución de actividades constructivas y administrativas en obra.

**ANEXO B** Carta de satisfacción de la empresa INGELEC S.A.S. sobre el desarrollo de la práctica empresarial.



San Juan de Pasto, octubre 07 de 2022

Señores  
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)**  
Bucaramanga

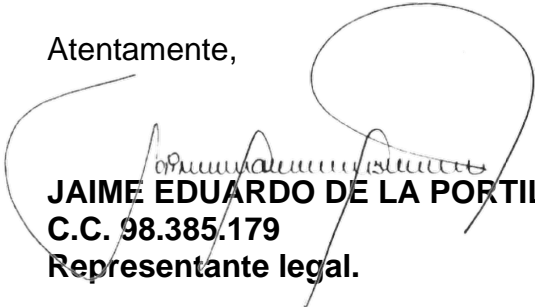
**Asunto:** Finalización práctica empresarial.

Cordial saludo,

**Jaime Eduardo De La Portilla** identificado con cédula de ciudadanía número **98.385.179** de la ciudad de Pasto, en calidad de representante legal de la empresa **INGELEC S.A.S.** identificada con **NIT. 814006266-2** por medio del presente de manera atenta, informamos que el estudiante **Cristian Eduardo Caicedo Legarda** identificado con cédula de ciudadanía **1.098.825.289** realizó de manera satisfactoria la práctica empresarial en la organización, cumpliendo con los objetivos planteados como practicante de ingeniería en la implementación del sistema de ventilación y de aire acondicionado, durante la construcción del Hospital José María Hernández Fase II del municipio de Mocoa departamento del Putumayo.

Cualquier información adicional con gusto será atendida.

Atentamente,



**JAIME EDUARDO DE LA PORTILLA MONCAYO**  
**C.C. 98.385.179**  
**Representante legal.**

JAIME  
EDUARDO DE  
LA PORTILLA  
MONCAYO

Firmado digitalmente  
por JAIME EDUARDO  
DE LA PORTILLA  
MONCAYO  
Fecha: 2022.10.07  
15:02:54 -05'00'