



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**“Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con
Reporte del Software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la
UCSG”**

AUTOR:

Cabrera Espinoza, Luis Rosendo

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

**INGENIERO EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, MSc.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Cabrera Espinoza Luis Rosendo**, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial.

TUTOR

f. _____

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, MSc.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cabrera Espinoza Luis Rosendo

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, "**Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con Reporte del Software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la UCSG**", previo a la obtención del Título de Ingeniero en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

f. _____

Cabrera Espinoza, Luis Rosendo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Cabrera Espinoza Luis Rosendo

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **“Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con Reporte del Software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la UCSG”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

f. _____

Cabrera Espinoza, Luis Rosendo



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús, MSc.

DECANO

f. _____

Ing. Philco Asqui, Luis Armando, MSc.

COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, MSc.

OPONENTE

REPORTE URKUND

Documento: Trabajo de Titulación
Título del Trabajo: "Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con Reporte del Software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la UCSG"
Carrera: Ingeniería en Eléctrico Mecánica
Estudiante: Cabrera Espinoza Luis Rosendo
Semestre: B-2018
Fecha: FEB/2019

The screenshot displays the URKUND web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/47023665-528982-583605#8c7C0AwEAXAu2z9kP0kL+pVxEKCSgrTp8Tv7swr2581U1jAEqzADR7wjAwa6Cg7ZLS7f6V69dTvP00is5BTaEk8zvBw==>. The document information on the left includes: **Documento:** [cabreraespinoza_luis_fin42.pdf](#) (D4815042T); **Presentado:** 2019-02-20 18:58 (-05:00); **Presentado por:** luv1962@hotmail.com; **Recibido:** luis.vallejo.ucsg@analysis.orkund.com. A yellow highlight indicates that 4% of the pages contain text from 2 sources. The source list on the right includes: <http://tecnologia-compresores.blogspot.com/>, http://www.revistaclima.com.ar/img/revistas/clima_272.pdf, <https://docplayer.es/33851860-Bosch-5000-vrf-catalogo-general-aire-acondicionado-comercial-siste...>, <https://hergta.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-vrf>, <https://soanish.alibaba.com/product-detail/vrf-system-unit-central-air-conditioner-604T8651457.html>, and [TRABAJO TITULACION MARCO FLORES-2017.docx](#). The main text area shows a document header from the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Faculty of Technical Education for Development, regarding the career of Electrical-Mechanical Engineering. It identifies the author as Luis Rosendo Cabrera Espinoza and the tutor as Luis Vicente Vallejo Samaniego, M.Sc. The document title is 'Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado'. It states that the work was completed in full by the student and is submitted as a requirement for the title of Electrical-Mechanical Engineer. The declaration of responsibility is signed by the student and the tutor, dated March 8, 2019.

Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 4%.

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, MSc.
DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Inicio, agradeciendo a Dios por darme la fortaleza de emprender un reto en mi vida y tener la satisfacción de culminarlo con su bendición.

Agradezco a mis padres por siempre enseñarme a perseverar y alcanzar mis objetivos, a mi familia por su apoyo y motivación constante.

Agradezco profundamente a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y cada uno de los docentes de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo que me enseñaron a enriquecer mi ámbito profesional.

A mi tutor Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc. y al Director de Carrera Ing. Miguel Armando Heras Sánchez, MSc., por todo su apoyo y colaboración.

Luis Cabrera

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado el conocimiento y las fuerzas necesarias para cumplir el objetivo en el ámbito personal y profesional.

A mis padres porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejos.

A mi esposa y mis hijas por su compañía, comprensión, soporte y confianza durante todo este proceso.

Luis Cabrera

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación y alcance.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivos general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Tipo de investigación.....	3
1.5 Hipótesis.....	3
1.6 Metodología	3
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	5
CAPÍTULO 2	5
PRINCIPIOS DE AIRE ACONDICIONADO.....	5
2.1 Aire acondicionado.....	5
2.1.1 El refrigerante.....	5
2.2 Ciclo de refrigeración	6
2.2.1 Criterio de bioclima.....	8
2.2.2 Diagrama de Mollier.....	9
2.3 Transferencia de calor	10
2.3.1 Calor específico.....	10
2.3.2 Calor sensible	11
2.3.3 Temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.....	11
2.4 Confort ambiental.....	11
2.5 Sistema VRF.....	13

2.5.1	Fan coil.....	13
2.5.2	Tipos de fan coil.....	13
2.5.3	Compresor de velocidad variable único.....	18
2.5.4	Compresor de velocidad variable más compresor de velocidad fija.....	19
2.6	Ventilación y calidad de aire.....	22
2.7	Filtración de aire.....	23
2.8	Características de equipos.....	24
2.9	Sistema inverter vs convencional.....	28
2.10	Ventajas energéticas del sistema VRF.....	29
CAPÍTULO 3		33
CARGA TERMICA PARA SISTEMA CLIMATIZACION.....		33
3.1	Cálculo de carga térmica, a través del “elite software CHVAC”	33
3.1.1	Cálculo de carga por niveles en edificio nuevo de Biblioteca	35
3.2	Cálculo de carga térmica para primer piso alto.....	36
3.2.1	Carga de enfriamiento para equipos seleccionados.....	41
3.3	Dimensionamiento de ductos y distribución de aires.....	41
3.4	Clasificación de difusores.....	44
3.4.1	Difusores de tumbado.....	45
3.4.2	Difusores lineales.....	46
3.4.3	Rejillas.....	47
3.5	Cálculo de consumo eléctrico de los aires acondicionados.....	47
3.5.1	Diagrama unifilar de distribución principal del edificio.....	51
3.5.2	Diagrama unifilar secundario de aires acondicionados por pisos.....	53
3.6	Montaje de equipos.....	56
3.6.1	Instalación de unidad interior.....	56
3.6.2	Instalación de unidad exterior.....	57
3.6.3	Instalación de tubería de refrigerante.....	58
3.6.4	Vacío y carga de refrigerante adicional.....	60
PARTE II APORTACIONES.....		62
CAPÍTULO 4.....		62
CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMA VRF.....		62
4.1	Selección de equipos de aire con software VRF.....	62
4.2	Características y parámetros de equipos VRF.....	64
4.3	Diagrama de conexión de equipo y recorrido de tuberías.....	72

4.4 Control centralizado IDU.....	76
4.5 Diagrama de sistema de control centralizado IDU.....	78
4.6 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración VRF.....	83
4.7 Diseño de ductos para distribución de aire acondicionado.....	89
4.8 Diseño de distribución de aire y sistema VRF.....	95
CAPÍTULO 5.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 RECOMENDACIONES.....	104
Referencias bibliográficas.....	105
ANEXOS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Ciclo básico de refrigeración	7
Figura 2. 2 Diagrama de Mollier R-410 ^a	9
Figura 2. 3 Carta de confort de ASHRAE.....	12
Figura 2. 4 Tipos de fan coil	14
Figura 2. 5 Sistema VRF de 3 tubos	15
Figura 2. 6 Operación tradicional de compresor de velocidad fija	15
Figura 2. 7 Sistema típico de bomba de calor VRF	16
Figura 2. 8 Operación de compresor impulsado por inversor del sistema VRF	17
Figura 2. 9 Disposición de zonificación para el sistema VRF	18
Figura 2. 10 Compresor de velocidad variable	18
Figura 2. 11 Unidad exterior VRF con múltiples compresores	20
Figura 2. 12 Operación de compresor rotativos (scroll)	20
Figura 2. 13 Eficiencia del compresor Rotary	21
Figura 2. 14 Diseño típico del espacio del sistema VRF	22
Figura 2. 15 Tecnología especial de esterilización y filtrado de enzimas.....	24
Figura 2. 16 Compresor inverter DC de alta eficiencia	25
Figura 2. 17 Bobinado centralizado, distribución, reducción del volumen	26
Figura 2. 18 Motor de ventilador DC de alta eficiencia.....	26
Figura 2. 19 Rejilla del ventilador optimizada.....	27
Figura 2. 20 Tecnología de control de válvulas multi solenoides.....	27
Figura 2. 21 Comparación de sistema inverter vs convencional.....	29
Figura 2. 22 Onda sinusoidal de AC	30
Figura 2. 23 Tecnología con rectificación basada en variador de frecuencia	31

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Vista aérea de la Biblioteca General UCSG	33
Figura 3. 2 Plano de primer piso alto	36
Figura 3. 3 Gráfico de pastel	40
Figura 3. 4 Distintos tipos de aportaciones de carga térmica a la edificación	40
Figura 3. 5 Ductos y distribución de aires para la climatización	42
Figura 3. 6 Valores en pies cúbicos por minuto (Cubic feet per minute).	43

Figura 3. 7 Difusión de aire en edificio.....	44
Figura 3. 8 Zonificación de espacios para distribuir la difusión	45
Figura 3. 9 Difusores circulares y cuadrados	46
Figura 3. 10 Difusor Lineal.....	46
Figura 3. 11 Rejilla de Retorno	47
Figura 3. 12 Diagrama unifilar de distribución principal del edificio.....	52
Figura 3. 13 Tablero de distribución de principal	53
Figura 3. 14 Diagrama unifilar de los tableros de distribución por cada piso	54
Figura 3. 15 Diagrama unifilar de los tableros de distribución por cada piso	55
Figura 3. 16 Tablero de distribución secundario.....	56
Figura 3. 17 Montaje de unidad interior.....	56
Figura 3. 18 Instalación de dispersores de aire	57
Figura 3. 19 Distancias mínimas de la unidad interior a la pared	57
Figura 3. 20 Instalación de la unidad exterior	58
Figura 3. 21 Instalación de tubería de refrigerante	59
Figura 3. 22 Sistema de anclaje y aislamiento térmico	60
Figura 3. 23 Drenaje con bomba	60
Figura 3. 24 Carga de refrigerante adicional.....	61
CAPÍTULO 4	
Figura 4 1 Diagrama unifilar de VRF de pasillos	73
Figura 4 2 Diagrama unifilar de VRF del 1er piso alto de la biblioteca	74
Figura 4 3 Diagrama unifilar de VRF de 2do piso alto.....	75
Figura 4 4 Diagrama unifilar de VRF de 3er piso alto de la biblioteca.	76
Figura 4 5 Enlace de control IDU con unidad condensadora.....	77
Figura 4 6 Conexión de control centralizado IDU	78
Figura 4 7 Sistema PC-1.- diagrama de control centralizado IDU de los pasillos.....	79
Figura 4 8 Sistema PC-2.- diagrama de control centralizado IDU 1er piso alto.....	80
Figura 4 9 Diagrama de control centralizado IDU 2do piso alto.	81
Figura 4 10 Sistema PC-4-. Diagrama de control centralizado IDU 3er piso alto.....	82
Figura 4 11 Diagrama de control centralizado IDU de condensadoras, terraza.....	83
Figura 4 12 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración planta baja.....	84
Figura 4 13 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración 1er piso	85
Figura 4 14 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración 2do piso.....	86
Figura 4 15 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración 3er piso	87

Figura 4 16 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración terraza	88
Figura 4 17 Diseño de ductos de aire acondicionado de planta baja.	90
Figura 4 18 Diseño de ductos de aire acondicionado de 1er piso alto.	91
Figura 4 19 Diseño de ductos de aire acondicionado del 2do piso alto.	92
Figura 4 20 Diseño de ductos de aire acondicionado 3 er piso alto.....	92
Figura 4 21 Diseño de ductos de aire acondicionado 4to piso alto.....	92
Figura 4 22 Diseño de ductos de aire acondicionado ubicados en la terraza.	92
Figura 4 23 Diseño y distribución de aire y sistema VRF de planta baja	92
Figura 4 24 Diseño y distribución de aire y sistema VRF del 1er piso alto.....	92
Figura 4 25 Diseño y distribución de aire y sistema VRF del 2do piso alto.....	92
Figura 4 26 Diseño y distribución de aire y sistema VRF del 3er piso alto.....	92
Figura 4 27 Diseño y distribución de aire y sistema VRF del cuarto piso alto.....	92
Figura 4 28 Diseño y distribución de aire y sistema VRF de la terraza.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1 Caudales mínimos de aire por ocupante y concentración máxima permisible.....	23
---	----

CAPITULO 3

Tabla 3. 1 Datos de condiciones climáticas internas y externas para el diseño	35
Tabla 3. 2 Parámetros para cálculo de carga.....	35
Tabla 3. 3 Tipos de materiales y sus aportaciones térmicas	36
Tabla 3. 4 Valores de diferentes temperaturas	37
Tabla 3. 5 Orientación con respecto al sol	37
Tabla 3. 6 Datos de ingreso al Programa de cálculo.....	38
Tabla 3. 7 Cargas sensibles, latentes y totales del primer piso alto de la biblioteca general UCSG	39
Tabla 3. 8 Velocidades máximas pie/min	43
Tabla 3. 9 Cálculo de potencia instala de equipos de climatización.....	48
Tabla 3. 10 Cálculo de demanda de tableros de distribución secundarios.....	50

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1 Valores de temperatura, según la estación de verano y los parámetros de diseño	62
Tabla 4. 2 Modelos de unidades para interiores y exteriores.....	63
Tabla 4. 3 Modelos de tubos de cobre y refrigerante	64
Tabla 4. 4 Parámetros del Sistema PC-1 de la unidad condensadora VRF.....	65
Tabla 4. 5 Características de la unidad exterior del sistema PC-1	65
Tabla 4. 6 Características de las unidades de interiores del sistema PC-1.....	66
Tabla 4. 7 Parámetros de unidad interior del sistema PC-1	66
Tabla 4. 8 Parámetros del Sistema de unidad condensadora VRF.....	67
Tabla 4. 9 Características de las unidades interiores del sistema VRF	67
Tabla 4. 10 Característica de unidades interiores del sistema VRF.....	68
Tabla 4. 11 Parámetros de unidades interiores del sistema VRF.....	69
Tabla 4. 12 Características de las unidades interiores del sistema VRF.....	70
Tabla 4. 13 Parámetros de las unidades exteriores del sistema PC-4	71

RESUMEN

El presente trabajo de titulación estudia parámetros técnicos de la climatización, asimilando conceptos teóricos para la propuesta de planos o diseño de un sistema de generación de aire acondicionado mediante la técnica VRF (sistemas de flujo de refrigerante variable) para el nuevo edificio donde funcionará la Biblioteca General de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil UCSG, como metodología se utiliza el método descriptivo para caracterizar la operación y elementos de un sistema de climatización y su aspecto de eficiencia energética en la climatización, se emplea el método empírico por el manejo de un software especializado en cálculo de carga térmica, y finalmente se emplea el método analítico pues con datos obtenidos por simulación se puede aportar con detalles y conexiones del sistema más adecuado para cada uno de los pisos del nuevo edificio de la biblioteca general. Como resultado se obtiene capacidades de cada unidad de climatización, dimensionamiento de tubería, accesorios y dispositivos acordes para el control automático de la temperatura dentro del edificio.

Palabras Claves: Climatización, Biblioteca General UCSG, SPLIT, VRF, Eficiencia energética.

ABSTRACT

The present work of degree studies technical parameters of the air conditioning, assimilating theoretical concepts for the proposal of planes or design of a system of generation of conditioned air by means of the VRF technique (systems of flow of variable refrigerant) for the new building where the Library will work General of the Catholic University of Santiago de Guayaquil UCSG, as a methodology the descriptive method is used to characterize the operation and elements of an air conditioning system and its aspect of energy efficiency in air conditioning, the empirical method is used for the management of a software specialized in calculation of thermal load, and finally the analytical method is used because with data obtained by simulation can be provided with details and connections of the most appropriate system for each floor of the new building of the general library. As a result, capacities are obtained from each air conditioning unit, pipe dimensioning, accessories and chords for the automatic control of the temperature inside the building.

Key Words: Air conditioning, General Library UCSG, SPLIT, VRF, Energy Efficient

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y alcance

El Proyecto de intervención inicia cuando las autoridades de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil UCSG ven la necesidad de ampliar y edificar la Biblioteca Central para cumplir con la atención a los estudiantes ya que la actual biblioteca no abastecía las necesidades en espacio físico requerido para la demanda de los mismos.

En esta edificación surge la necesidad de diseñar y analizar un estudio de carga térmica para climatizar los ambientes interiores, con un sistema de aire acondicionado que sea amigable con el medio ambiente y de bajo índice de consumo energético para esto se requiere la selección de equipos adecuados que prioricen el confort de los usuarios.

Con el presente proyecto se busca analizar y proponer un sistema que cumpla con las características apropiadas, como ahorro de energía considerable en comparación con los sistemas de climatización convencional, amigable con el medio ambiente y que su control de operación sea centralizado a través de un monitoreo para su fácil mantenimiento. El proyecto radica en la climatización y ventilación mecánica de 5 niveles, de acuerdo a las actuales condiciones del diseño.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la construcción de la nueva instalación de la Biblioteca Central requiere analizar un tipo de sistema de aire acondicionado que permita un confort térmico apropiado que trabaje de acuerdo a la demanda requerida, buena calidad de aire en espacios interiores que brinde comodidad a la comunidad universitaria.

Por esta razón es importante analizar varios factores para la selección del sistema, que se puede utilizar ya sea (expansión directa, VRF o agua helada), por otro lado, en este tipo de edificios que son específicamente ocupados por oficinas, el mayor

porcentaje de consumo energético es atribuido a los equipos de climatización, por este motivo se debe tener especial atención en el sistema a escoger para contribuir mayormente en una adecuada eficiencia energética.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de climatización de aire acondicionado VRF para el edificio nuevo donde se ubicará la biblioteca General de la UCSG

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la instalación del edificio para la selección del equipamiento
- Realizar el cálculo de la demanda de carga térmica.
- Diseñar el sistema propuesto para la optimización y análisis de los recursos energéticos.

1.4 Tipo de investigación

Para el presente trabajo se utilizará un tipo de investigación teórica con un enfoque tipo cuantitativo por recolección de datos de esa naturaleza (cálculo de cargas térmicas) y por medio de la tabulación respectiva conocer aspectos para dimensionar un sistema de climatización. Como aportación se genera datos a través de la simulación con un software especializado en climatización, el análisis dado por el software, permite establecer un diseño de climatización eficiente.

1.5 Hipótesis

A través del análisis de cargas térmicas y otros aspectos técnicos como manejo de software es posible diseñar un sistema de climatización que este a la vanguardia de la tecnología y medio ambiente para obtener beneficios en eficiencia energética y de carga térmica.

1.6 Metodología

Para este proyecto se emplea la siguiente metodología, método descriptivo para conformar conceptualizaciones y principios de sistemas de climatización y aspectos de eficiencia energética en la climatización por uso de equipos basado en tecnología VRF.

Método analítico por cuanto se obtienen datos de cargas térmicas para cada uno de los pisos del edificio de la nueva biblioteca de la UCSG. Método empírico por cuanto se manipula el software para aires acondicionados VRF el cual examina el cálculo de carga térmica del edificio.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

PRINCIPIOS DE AIRE ACONDICIONADO

2.1 Aire acondicionado

Es el proceso de eliminación de calor y humedad desde el interior de un espacio ocupado, para mejorar la comodidad de los ocupantes. El aire acondicionado se puede utilizar tanto en entornos domésticos como comerciales e industriales. Este proceso se usa más comúnmente para lograr un ambiente interior más confortable, típicamente para humanos e incluso especies animales que necesitan bajar ciertos niveles de su temperatura corporal, sin embargo, el aire acondicionado también se utiliza para enfriar/deshumidificar las salas o cuartos llenos de dispositivos electrónicos que producen calor, como cuartos de servidores etc. (Press, 2017)

El enfriamiento se logra típicamente a través de un ciclo de refrigeración, pero a veces se utiliza la evaporación o el enfriamiento por aparatos complementarios. En el sentido más general, el aire acondicionado puede referirse a cualquier forma de tecnología que modifique la condición del aire. Sin embargo, en el uso común, "aire acondicionado" se refiere a sistemas que enfrían el aire. En la construcción, un sistema completo de calefacción, ventilación y aire acondicionado se conoce como HVAC

El aire acondicionado es el conjunto de técnicas utilizadas para procurar condiciones de confort en un cerramiento determinado, que puede ser desde una vivienda hasta un edificio o una localidad de dimensiones grandes como edificios y centros comerciales. (Carnicer, 2017)

2.1.1 El Refrigerante

Los primeros acondicionadores de aire y refrigeradores emplearon gases tóxicos o inflamables, como el amoníaco, el cloruro de metilo o el propano, que podrían provocar accidentes fatales cuando se filtraba de las cañerías o tuberías. Los nombres de los refrigerantes incluyen un número que indica la composición molecular (por ejemplo, R-11, R-12, R-22, R-134A). La mezcla más utilizada en el enfriamiento

de viviendas y edificios de expansión directa es un HCFC conocido como clorodifluorometano (R-22). (Sanchez, 2017)

El dicloro difluorometano (R-12) fue la mezcla más común utilizada en autos en los EE. UU. Hasta 1994, cuando la mayoría de los diseños cambiaron a R-134A debido al potencial de agotamiento de la capa de ozono de R-12. R-11 y R-12 ya no se fabrican en los EE. UU. Para este tipo de aplicación, por lo que la única fuente para fines de reparación de aire acondicionado es el gas limpio y purificado recuperado de otros sistemas de aire acondicionado. Se han desarrollado varios refrigerantes que no alteran la capa de ozono como alternativas, incluido el R-410A. Fue utilizado comercialmente por primera vez por el fabricante Carrier Corp. bajo la marca Puron.

Los refrigerantes modernos se han desarrollado para ser más seguros para el medio ambiente que muchos de los primeros refrigerantes a base de cloro fluoro carbono utilizados a principios y mediados del siglo XX. Estos incluyen HCFC (R-22, como se usa en la mayoría de los hogares de EE. UU. Antes de 2011) y HFC (R-134a, usado en la mayoría de los autos) han reemplazado a la mayoría del uso de CFC.

Los refrigerantes HCFC, a su vez, en proceso de ser eliminados en el marco del Protocolo de Montreal y reemplazados por HFC como el R-410A, carecen de cloro. Los HFC, sin embargo, contribuyen a los problemas del cambio climático. Además, la política y la influencia política de los ejecutivos corporativos se resistieron al cambio.

2.2 Ciclo de refrigeración

En el ciclo de refrigeración, el calor se transporta desde un lugar más frío a un área más caliente. Como el calor naturalmente fluiría en la dirección opuesta, se requiere trabajo para lograr esto. Un refrigerador es un ejemplo de un sistema de este tipo, ya que transporta el calor del interior al entorno. El refrigerante se utiliza como el medio que absorbe y elimina el calor del espacio a enfriar y luego expulsa ese calor a otra parte.

El vapor de refrigerante en circulación ingresa al compresor, donde aumenta su presión y temperatura. El vapor caliente y comprimido del refrigerante está ahora a una temperatura y presión a la que se puede condensar y se encamina a través de un

condensador. Aquí se enfría por el aire que fluye a través de las bobinas del condensador y se condensa en un líquido. Por lo tanto, el refrigerante en circulación elimina el calor del sistema y el aire se lleva el calor. (Paez, 2017)

La eliminación de este calor puede aumentarse en gran medida vertiendo agua sobre los serpentines del condensador, lo que hace que se enfríe mucho más cuando toca la válvula de expansión. El refrigerante líquido condensado, presurizado y todavía generalmente algo caliente se envía luego a través de una válvula de expansión (a menudo nada más que un orificio en el tubo de cobre del sistema) donde sufre una reducción abrupta de la presión.

Esa reducción de la presión produce una evaporación instantánea de una parte del refrigerante líquido, lo que reduce considerablemente su temperatura. El refrigerante frío se encamina entonces a través del evaporador. Un ventilador sopla el aire caliente interior (que se debe enfriar) a través del evaporador, lo que hace que la parte líquida de la mezcla de refrigerante frío también se evapore, lo que reduce aún más la temperatura. Por lo tanto, el aire caliente se enfría y es bombeado por un extractor/soplador a la habitación.

Véase en la figura 2.1 el ciclo de refrigeración de tal manera; en el punto 1 antes de la válvula de expansión en el que el refrigerante se encuentra en estado líquido a una cierta presión; su paso al evaporador lo controla la válvula de expansión termostática, cuyo funcionamiento está regulado por la temperatura y por la presión.



Figura 2. 1 Ciclo básico de refrigeración
Fuente: (Gasservei, 2015)

Esta válvula origina o produce una pérdida de carga al refrigerante mediante una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía en el punto 1, hasta la existente a la entrada del evaporador, entre el punto 2 y 3. La válvula es la que regula las dos partes del ciclo frigorífico, la zona de alta presión y la zona de baja presión. Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación, absorbiendo calor del recinto en que se encuentra a través del aire del mismo, y transfiriéndolo al líquido, que se va transformando en vapor en el interior de los tubos del evaporador, hasta que se evapora totalmente como se muestra en la figura 2.1 (final del punto 3). (Gasservei, 2015)

Para completar el ciclo de refrigeración, el vapor del refrigerante se devuelve al compresor. Para que el proceso tenga alguna eficiencia, la porción de enfriamiento/evaporación del sistema debe estar separada por algún tipo de barrera física de la porción de calentamiento / condensación, y cada porción debe tener su propio ventilador para hacer circular su propio "tipo" de Aire (ya sea el aire caliente o el aire fresco), no solamente por condiciones de confort es necesario el acondicionamiento de aire; hay determinadas actividades industriales que necesitan unas condiciones de temperatura y humedad que no siempre coinciden con las del ambiente exterior. Por el ejemplo en el caso de los laboratorios farmacéuticos debe asegurarse que la temperatura, humedad, polvo y agentes patógenos del aire, estén férreamente controlados, en una fábrica textil, según el tipo de fibra que se manipule, también deberá controlarse la temperatura y la humedad. (Jutglar, 2008).

2.2.1 Criterio de bioclima

La refrigeración relacionada con el aire acondicionado suele dividirse en; industrial y de confort. La refrigeración relacionada con el confort incluye la fabricación de equipos para la producción de frío en aire acondicionado, climatizadores, bombas de calor, acondicionadores de ventana, autónomos, enfriadores de agua, unidades terminales, etc. La refrigeración relacionada con el aire acondicionado industrial se aplica al acondicionamiento de espacios no estrictamente domésticos, como podrían ser grandes almacenes, oficinas, laboratorios, naves industriales, etc. (Jutglar, 2008).

Al respecto el editor de la Revista Clima (2017), señala que la arquitectura bioclimática, tan divulgada en estos tiempos, apunta a conseguir la máxima comodidad en el interior del edificio con un gasto mínimo de energía. La gran mayoría de los edificios construidos actualmente suministra su diseño bioclimático inadecuado con un enorme consumo de energía de calefacción y aire acondicionado. Durante la fase de diseño del edificio es importante contemplar todos los elementos en su conjunto: estructuras, cerramientos, instalaciones, recubrimientos, etc., ya que no tiene sentido lograr ahorros de energía en un área determinada y tener pérdidas de calor en otro. (Revista Clima, 2017).

Pero se sabe que en climas donde la radiación solar es significativa y la oscilación de la temperatura diaria es importante, la transferencia de calor a través de paredes y techos debe analizarse según el clima para llevar a una selección inadecuada de materiales.

2.2.2 Diagrama de Mollier

Estos diagramas sirven como herramienta valiosa para analizar y comprender el funcionamiento de un sistema de refrigeración. El diagrama representa al refrigerante, es una representación gráfica de los datos contenidos en las tablas termodinámicas, el diagrama muestra los tres estados físicos diferentes, las líneas de frontera convergen al aumentar la presión y linealmente se juntan en un punto crítico, el cual representa la condición límite para la existencia de refrigerante líquido. A temperaturas mayores a la crítica el refrigerante puede existir solo en forma gaseosa. (Franco, 2010).

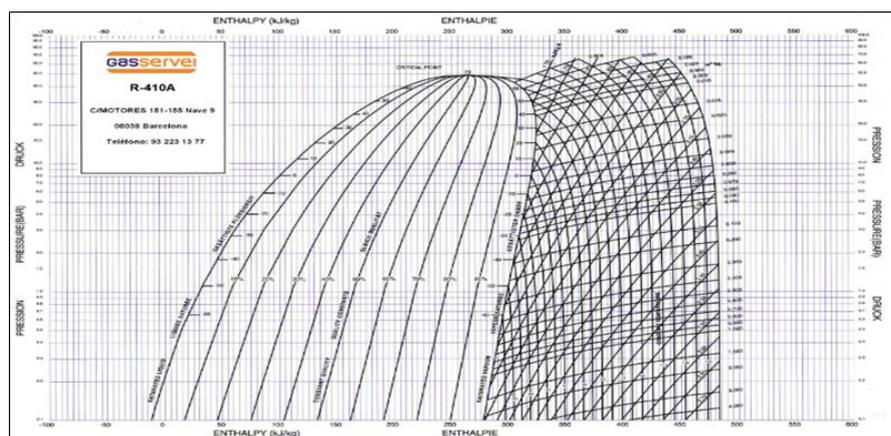


Figura 2. 2 Diagrama de Mollier R-410^a
Fuente: (Gasservei, 2015)

Se aprecia en la figura 2.2 el diagrama de Mollier permite a interpretar los valores que contiene y también su manejo, los parámetros que se están presentando en el eje vertical (eje de ordenadas) se tiene las escalas de presiones en k/cm^2 (valores absolutos), se aprecia hay dos líneas, que vienen a determinar las separaciones entre distintas zonas.

El refrigerante cambia de estado a lo largo del ciclo frigorífico las distintas transformaciones que sufre en el refrigerante se obtiene importantes conclusiones a partir del mismo, cada refrigerante tiene su propio diagrama de Potencial de Hidrógeno Ph. Su aplicación es muy importante, ya que con la ayuda de este diagrama representa el ciclo de refrigeración del sistema, que sirve para calcular las potencias, capacidades de los elementos o bien detectar anomalías. (Franco, 2010).

2.3 Transferencia de calor

Se define la transferencia de calor como, el estudio de las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y receptores, mientras que los procesos de transferencia de calor están relacionados con las razones de intercambio térmico que ocurren en los equipos. Existen tres formas de transmitir calor, conducción, convección y radiación. (Kreth, 2012)

- Por conducción entre cuerpos sólidos en contacto.
- Por convección en fluidos (líquidos o gases)
- Por radiación a través del medio en que la radiación pueda propagarse.

2.3.1 Calor específico

El calor específico (C_e) es la cantidad de calor solicitada, de modo que una unidad de masa corporal aumenta su temperatura en 1°C , por lo que el calor específico de un cuerpo pende de la naturaleza del cuerpo en cuestión. En los gases, este calor específico varía con la presión y el volumen. (Ostos, 2015)

La siguiente ecuación es utilizada para realizar los cálculos pertinentes del C_e :

$$Q = m \times C_e \times (t_2 - t_1)$$

Q = Cantidad de calor

M = Masa

C_e = Calor específico

t_2 = Temperatura final

t_1 = Temperatura inicial

2.3.2 Calor sensible

El calor sensible es algo que se puede juzgar por nuestra sensación y tacto, y los cambios de temperatura que se producen pueden medirse con un termómetro convencional de bulbo seco. Como ejemplo, se hace mención que el calor del ambiental se siente en todo el cuerpo. Cuando ponga su mano en el agua dentro de un recipiente, percibirá si está frío o caliente. Si se aplica calor al recipiente, puede notar en su mano una sensación de aumento de calor el cual lo podrá apreciar por medio de un termómetro el aumento de temperatura. (Ostos, 2015)

2.3.3 Temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo

La temperatura del bulbo seco es la temperatura de la mezcla de aire seco y vapor de agua en las condiciones del sistema. La temperatura del bulbo húmedo es la temperatura que indica el equilibrio dinámico entre la transferencia de calor y la transferencia de masa. El equilibrio alcanzado también se define como la temperatura de enfriamiento límite, que alcanza una pequeña masa de líquido en contacto con una masa más grande de aire húmedo. (Moran & Howard, Fundamentos de termodinámica técnica, 2005).

2.4 Confort ambiental

En el acondicionamiento de un agradable clima interior que beneficia la salud de las personas, el diseño y la correcta instalación del sistema de aire acondicionado, orientado al confort ambiental de cada una de las personas de la zona, es de gran importancia. A partir de esto el confort ambiental se puede definir como un estado de satisfacción de una persona, teniendo en cuenta el entorno en el que vive, hay variables que determinan este sentido de bienestar, a saber:

- Variables Individuales.
- Variables Ambientales

Las variables de confort individual dependen de las características de cada persona y de muchos aspectos, como el nivel de actividad física, el tipo de ropa que

usan, el índice de masa corporal, la edad, el estado de salud y el tiempo empleado. Para un análisis adecuado, debemos tener en cuenta el intercambio de calor que existe entre el cuerpo humano y/o el medio ambiente. En cuanto a las variables ambientales, están prácticamente asociadas con los cambios que se producen en el clima de la habitación, el área, el sector a calentar y los principales parámetros que deben controlarse en el sistema de aire acondicionado. (ASHRAE, 2018).

En la figura 2.3 se muestra la gráfica de curvas (carta de confort) de la American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, más conocida como ASHRAE.

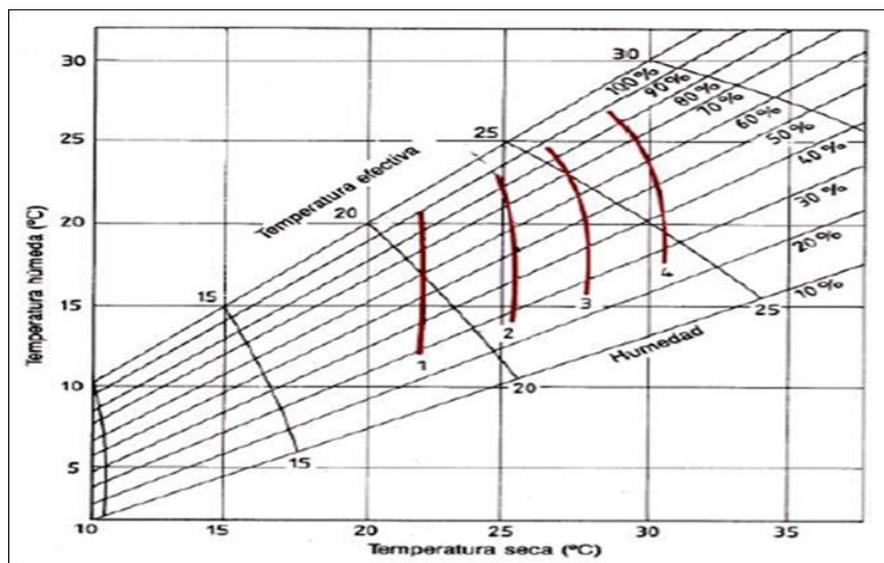


Figura 2.3 Carta de confort de ASHRAE
Fuente: (ASHRAE, 2018)

Como se aprecia en la figura 2.3 las líneas inclinadas de abajo hacia arriba indican grados variables de humedad relativa. Estas líneas inclinadas muestran temperaturas efectivas y son 15, 20, 25 ° y 30 ° C. A continuación, se observan líneas centrales numeradas:

1. Ligeramente fresco
2. Confortable
3. Ligeramente calurosos
4. Caluroso

2.5 Sistema VRF

Los sistemas de flujo de refrigerante variable (VRF) varían el flujo de refrigerante a las unidades interiores según la demanda. Esta capacitada para controlar

la cantidad de refrigerante que se proporciona a las unidades de fan coil ubicadas en todo el edificio hace que la tecnología VRF sea ideal para aplicaciones con cargas variables o donde se requiere la zonificación. Los sistemas VRF están disponibles como sistemas de bomba de calor o sistemas de recuperación de calor para aquellas aplicaciones donde se quiere calentamiento y enfriamiento simultáneos además de proporcionar un confort superior, flexibilidad de diseño, ahorro de energía e instalación rentable. (Carrier, 2013).

2.5.1 Fan coil

El fan coil, llamado también ventilo-convectors, son equipos agua-aire formado por una batería o intercambiador de frío o calor (coil) y un ventilador (fan). Su naturaleza compacta, que les hace ocupar muy poco, los convierte en una alternativa muy popular. Es común encontrarlos en superficies residenciales como en comercios y otras instalaciones, sobre todo en aquellas de grandes dimensiones.

2.5.2 Tipos de fan coil

Existe dos tipos: los de dos tubos y los de cuatro tubos. Fan coil de dos tubos: Tiene un tubo de impulsión o de ida y otro de retorno. El tubo de proporciona agua fría o caliente en función del momento del año. Solo pueden proporcionar o frío o calor a la vez, pero no ambas. Su coste no es elevado.

Fan coil de cuatro tubos: Tiene dos tubos de impulsión y dos tubos de retorno. Cada circuito funciona de forma independiente por lo que pueden llegar a producir frío y calor simultáneamente. Su uso se asocia con un mayor confort. Este tipo de fan coils abundan en grandes superficies como oficinas, hospitales, grandes almacenes, etc. (Nergiza, 2015).

En cuanto a su colocación, existen también diversas tipologías: pueden ser colocado en pared, en suelo, en techo. En ocasiones algunos usuarios llegan a confundirlos con unidades de expansión directa como splits.

Por medio de un sistema VRF se puede establecer la temperatura que se apetece en cada una de las unidades interiores, e inclusive conservar unas encendidas y otras apagadas, gracias a su sistema de control electrónico. Al regular el caudal de

refrigerante necesario según demanda de cada unidad interior gracias a la tecnología Inverter que modula la velocidad de trabajo de los compresores según necesidad, se trata de un sistema que ha demostrado una gran eficiencia energética tan necesaria en grandes instalaciones. La figura 2.4 muestra algunos tipos de equipo fan coil. (Nergiza, 2015).

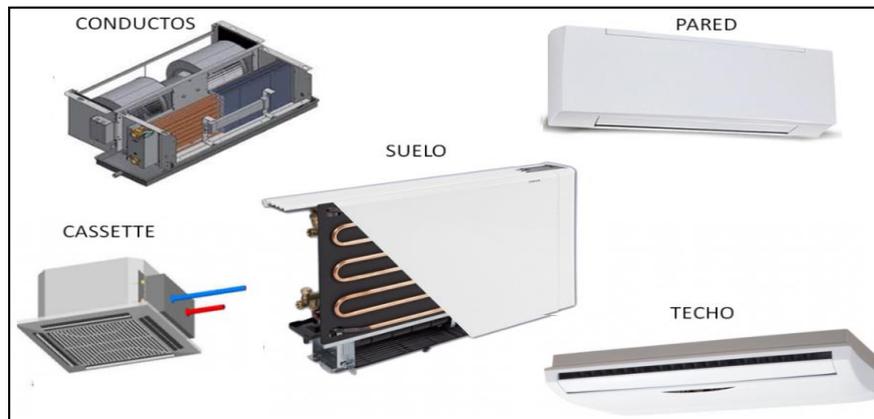


Figura 2. 4 Tipos de fan coil
Fuente: (Nergiza, 2015)

En sistemas VRF con recuperación de calor, las instalaciones de caudal variable que cuentan con recuperadores de calor pueden aportar frío o calor de forma simultánea desde distintas unidades interiores. Esta modalidad del sistema VRF también se las conoce como “3 tubos”, ya que la instalación requiere de un circuito más complejo de tres tuberías de cobre que conectan y trasladan fluido y gas entre las unidades exteriores e interiores. (Perez Lima, 2017)

Para el proyecto de la climatización en la nueva biblioteca se utilizará en cada nivel (piso) un fan coil y unidades cassette. En la figura 2.5 se muestra un esquema de sistema VRF de 3 tubos que aprovecha la energía por medio del sistema de recuperación del calor, este sistema básico es el que se propone como sistema de climatización para cada uno de los pisos del edificio de la nueva biblioteca de la UCSG.

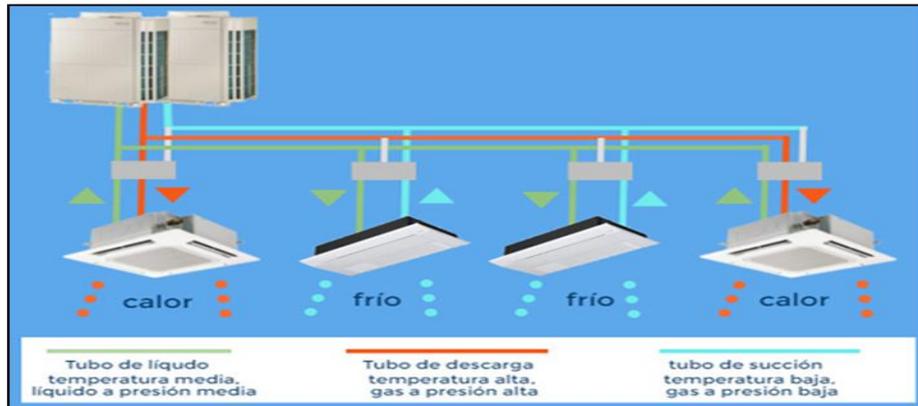


Figura 2. 5 Sistema VRF de 3 tubos
Fuente: (Calor y Frío, 2017)

Como se aprecia en la figura 2.5 cada unidad interior puede ubicarse en cada piso de un edificio o donde se requiere la zonificación para la climatización controlada. Los sistemas VRF están disponibles como sistemas de bomba de calor o sistemas de recuperación de calor para aquellas aplicaciones donde se requiere calentamiento y enfriamiento simultáneos. (Carrier, 2013).

En la figura 2.6 se muestra un esquema de conexión del compresor con varias unidades interiores.

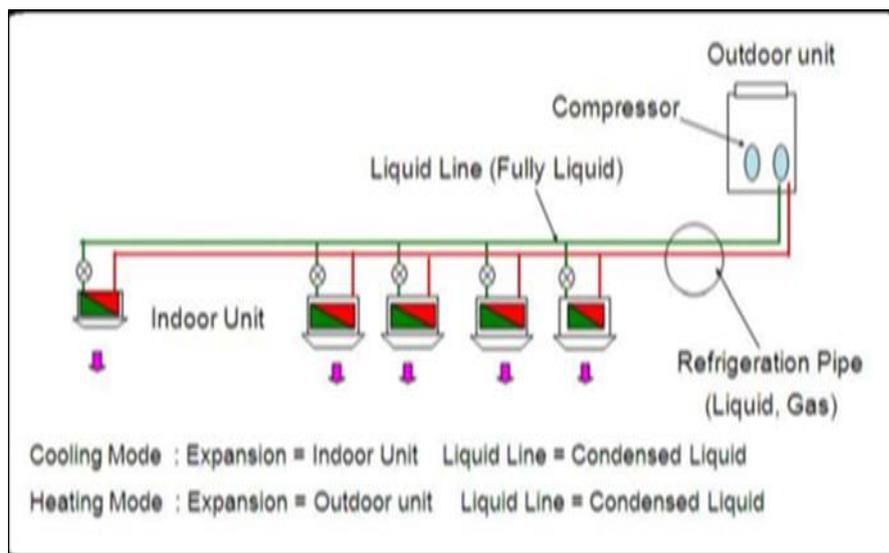


Figura 2. 6 Operación tradicional de compresor de velocidad fija
Fuente: (Carrier, 2013)

Como se observa en la figura 2.6 la unidad exterior que puede ser de uno o más compresores, que son impulsados por un inversor, por lo que su velocidad puede variar cambiando la frecuencia de la fuente de alimentación al compresor. A medida que

cambia la velocidad del compresor, también lo hace la cantidad de refrigerante suministrado por el compresor. (Carrier, 2013)

En un sistema VRF, se pueden conectar a múltiples unidades de bobina de ventilador interior a una unidad exterior. Cada unidad de fan coil para interiores tiene su propio dispositivo de medición controlado por la propia unidad interior o por la unidad exterior. Como cada unidad interior envía una demanda a la unidad exterior, la unidad exterior entrega la cantidad de refrigerante necesaria para satisfacer los requisitos individuales de cada unidad interior. Estas características hacen que el sistema VRF sea ideal para todas las aplicaciones que tienen requisitos de carga parcial en función del uso o la orientación del edificio, así como las aplicaciones que requieren zonificación. (Lg. electronics, 2011).

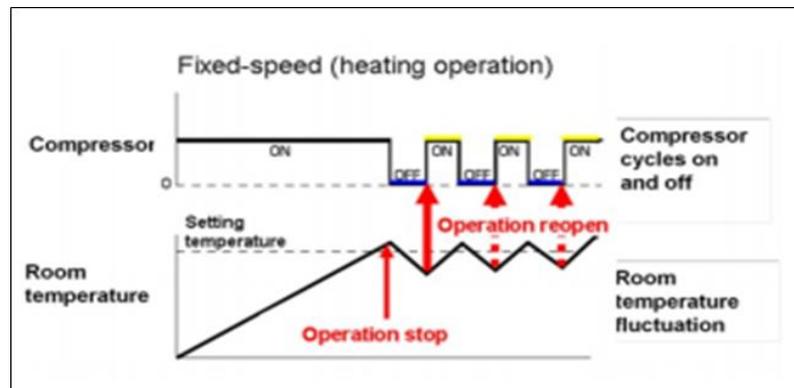


Figura 2. 7 Sistema típico de bomba de calor VRF
Fuente: (Lg. electronics, 2011)

En la figura 2.7 se ilustra el sistema convencional de una bomba de calor por lo que los espacios que tienen controles individuales experimentan fluctuaciones en la temperatura ambiente cuando el compresor se detiene y luego vuelve a comenzar para mantener el ajuste del termostato.

El control puede representar el aspecto de alcanzar confort, la clave para proporcionar confort es suministrar calefacción o refrigeración cuando y donde se requiera sin oscilación de temperatura ambiente. En los sistemas convencionales, el compresor está encendido o apagado, por lo que incluso los espacios que tienen controles individuales experimentan fluctuaciones en la temperatura ambiente cuando el compresor se detiene y luego vuelve a comenzar para mantener el ajuste del termostato. (Carrier, 2013).

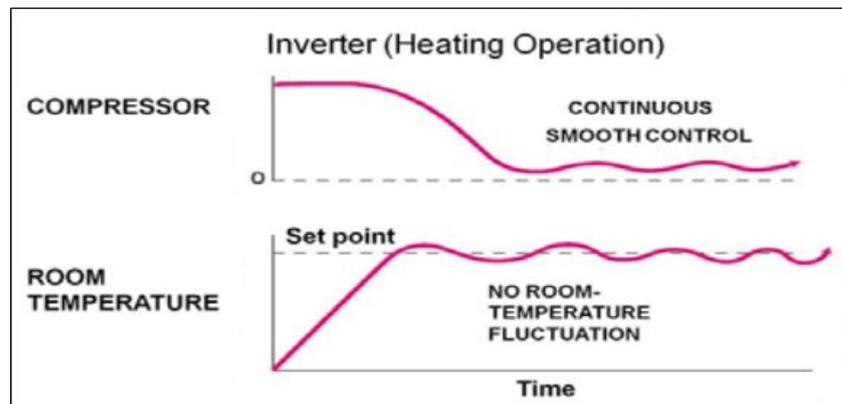


Figura 2. 8 Operación de compresor impulsado por inversor del sistema VRF
Fuente: (Carrier, 2013)

Se observa en la figura 2.8 el funcionamiento del inversor, dado que la velocidad del compresor varía, el compresor no se enciende y apaga, sino que funciona de forma continua durante períodos más largos. En este tipo de sistemas, las unidades exteriores se instalan generalmente en las azoteas de los edificios para su correcta ventilación. Tienen capacidad para climatizar hasta un edificio completo gracias a la posibilidad de conectar múltiples unidades interiores de diferentes tipos con una gran flexibilidad y regulación independiente.

Al seleccionar un sistema VRF, tenga en cuenta que no todos los sistemas tienen las mismas capacidades de tubería. Los sistemas que ofrecen capacidades de tubería expandidas maximizarán la flexibilidad de la aplicación provista por la tecnología VRF. La máxima diferencia de elevación permitida entre las unidades interiores más altas y más bajas en un solo sistema. La distancia permitida desde la unidad exterior hasta el fan coil más alejado del sistema.

Ahorros de energía: todos los sistemas VRF proporcionan ahorros de energía variando la velocidad del compresor y haciendo coincidir la salida del sistema lo más cerca posible de la carga. Los sistemas VRF no experimentan las mismas pérdidas de energía que los sistemas que mueven aire acondicionado a través de conductos. Sin embargo, las diferencias de diseño en las unidades exteriores disponibles influirán en el nivel de eficiencia alcanzado. (Lg. electronics, 2011).

En la figura 2.9 se muestra un diseño de zonificación para un sistema VRF, combinando unidades interiores tipo fan coil y casete de 4 vías y fan coil de pared alta

para crear condiciones cómodas para usos variables de 15 espacios diferentes dentro del mismo edificio.



Figura 2. 9 Disposición de zonificación para el sistema VRF
Fuente: (Lg. electronics, 2011)

Los sistemas VRF disponibles en el mercado hoy en día difieren según el número y el tipo de compresor. Los 3 tipos de unidades que se compararán, son:

- Compresor de velocidad variable único
- Compresor de velocidad variable más compresor de velocidad fija
- Compresores de velocidad variable múltiples.

2.5.3 Compresor de velocidad variable único

En este sistema con un solo compresor scroll de gran capacidad, el mismo compresor se inicia y se ejecuta cuando hay demanda y no hay redundancia disponible si falla el compresor. En la figura 2.10 se muestra este tipo de compresor.

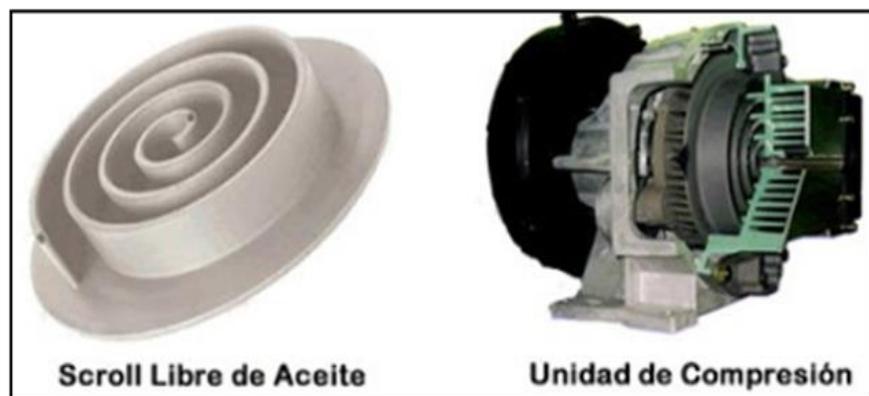


Figura 2. 10 Compresor de velocidad variable
Fuente: (Tecnología, 2012)

Desde el punto de vista de la operación, este tipo de compresor se basa en el hecho de que las celdas o cámaras de compresión de geometría variable y forma de hoz son generadas por dos caracoles o espirales similares, uno de los cuales, el superior, que es estacionario (estator) en el centro del cual es el canal de descarga, otro orbital (rotor), instalado tanto cara a cara como en contacto directo entre sí.

La espiral estacionaria y el elemento móvil, cuya geometría se desplaza constantemente a través de un ángulo de 180°, gracias al dispositivo anti rotación, se instalan uno dentro del otro, de modo que entre sus ejes hay una excentricidad para lograr el movimiento orbital. Eje de una espiral móvil alrededor de una espiral fija. (Tecnología, 2012).

2.5.4 Compresor de velocidad variable más compresor de velocidad fija

En este sistema de dos compresores, el compresor accionado por inversor siempre arranca y acelera hasta que alcanza su capacidad máxima, momento en el que arranca el compresor de velocidad fija y el compresor accionado por inversor descende. Este sistema proporciona capacidad de respaldo. Los compresores de velocidad variable múltiple: las unidades exteriores con compresores de doble giro rotativos impulsados por inversor, ofrecen el conjunto más completo de ventajas alcanzables con un sistema VRF. (Lg. electronics, 2011).

El sistema con 3 compresores impulsados por inversor también proporciona una mayor capacidad de respaldo. Si uno de los compresores falla, el sistema continuará funcionando al 67% de su capacidad original y se mantendrá la comodidad en el espacio acondicionado hasta que se pueda reemplazar el compresor defectuoso. La secuencia de arranque de los compresores se gira, igualando su tiempo de operación y minimizando así el exceso de operación de un compresor individual. Los múltiples compresores accionados por inversor permiten que la unidad ofrezca un mejor rendimiento de carga parcial sin la necesidad de utilizar un bypass de gas caliente.

En condiciones de poca carga, el sistema tiene la ventaja de que solo funciona con tantos compresores a la velocidad requerida para alcanzar la capacidad necesaria para satisfacer la carga y mantener la comodidad dentro del espacio.



Figura 2.11 Vista recortada de la unidad exterior VRF con múltiples compresores
Fuente: (Jimenez, 2012)

En la figura 2.11 se puede apreciar parte de la unidad exterior con compresores de doble giro rotativos impulsados por inversor, ofrecen el conjunto más completo de ventajas alcanzables con un sistema VRF.

Con múltiples compresores accionados por inversor, se puede hacer una mejor correspondencia entre la carga en el espacio y la salida del compresor; El sistema no desperdicia energía generando capacidad adicional y, al mismo tiempo, proporciona mayor comodidad al eliminar las fluctuaciones de la temperatura de la habitación. (Jimenez, 2012).

En la figura 2.12 se muestra la operación de un compresor tipo scroll.

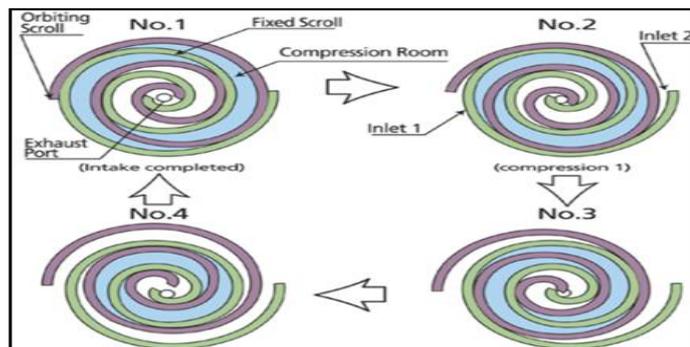


Figura 2.12 Operación de compresor rotativos (scroll)
Fuente: (Jimenez, 2012)

En la figura 2.12 se explica la comparación de la eficiencia de un compresor rotativo doble, con la eficiencia de un compresor en espiral. Por tanto, la línea de puntos representa el compresor scroll, que tiene una eficiencia deficiente a baja y altas velocidades. En contraste, la línea continua representa el compresor rotativo doble, que tiene una eficiencia óptima en todas las velocidades.

Se observa en la figura 2.13 el cierre del dispositivo de medición evitando que el refrigerante circule a través de la unidad y evita el enfriamiento excesivo o sobrecalentamiento del espacio. El resultado es mayor comodidad y mayor eficiencia. El diseño de un sistema VRF comienza con la comprensión del diseño del espacio. Se debe considerar la orientación del edificio y las estaciones durante las cuales se producen las cargas máximas. El tipo de carga (calefacción o refrigeración) y la distribución de las cargas en zonas dependerán del uso previsto del espacio. A su vez, estos factores determinarán si un sistema de bomba de calor o de recuperación de calor será la opción más eficiente. (Jutglar, 2008).

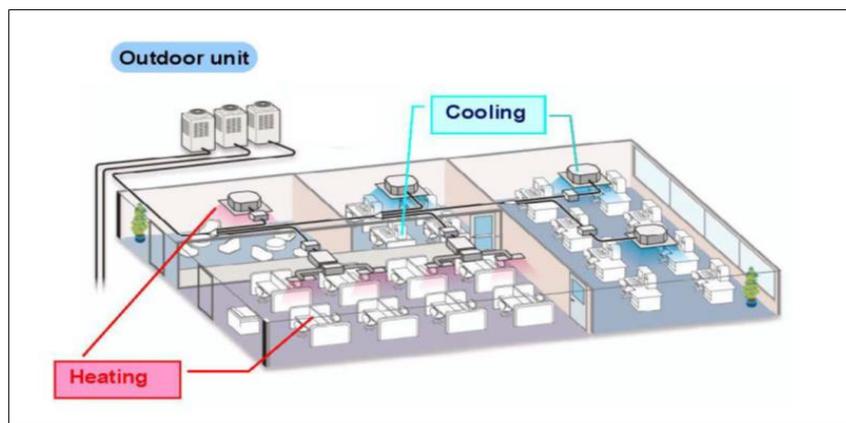


Figura 2. 14 Diseño típico del espacio del sistema VRF
Fuente: (Jimenez, 2012)

La Figura 2.14 muestra un diseño de espacio típico, con zonas especificadas que requieren calefacción o enfriamiento y la carga reflejada en el tamaño y tipo de las unidades interiores que se muestran.

2.6 Ventilación y calidad de aire

Las edificaciones deben asegurar una calidad de aire interior aceptable en los lugares donde se encuentren personas, mediante sistemas de evacuación del aire viciado producto del funcionamiento normal de la edificación. Se evitará el uso de materiales de construcción que desprendan partículas o sustancias nocivas para la salud. En el diseño se debe prever un sistema de ventilación de acuerdo al número de personas previstas y a la concentración de CO₂ que exceda a la presente normativa, este puede ser un sistema de ventilación natural, ventilación mecánica o ventilación

híbrida. Se favorecerá el uso de ventilación natural. Se establecen tres categorías de ambientes según los cuales se debe diseñar los caudales de renovación de aire.

Clase A: establecimientos que requieren una alta calidad en el aire tales como centros de salud, laboratorios, bibliotecas, museos y centros parvularios. (NEC-15, 2018)

Clase B: establecimientos que requieren una mediana calidad en el aire tales como departamentos, casas, hoteles, edificios, restaurantes, locales deportivos, etc.

Clase C: establecimientos que requieren de una baja calidad de circulación ocasional.

Tabla 2. 1 Caudales mínimos de aire por ocupante y concentración máxima permisible

Necesidad de aire	lit/s por persona	Ppm (partes por millón en volumen)
Muy buena calidad	20	350
Calidad media	10	650
Baja calidad	5	1200

Fuente: (NEC-15, 2018)

En la tabla 2.1 se muestran los caudales mínimos por cada ocupante y la concentración máxima en partes por millón en volumen al interior del establecimiento, para garantizar una calidad óptima del aire que está siendo climatizado. La ventilación disminuye la sensación de calor debido a su efecto evaporativo sobre la piel.

El intercambio de aire entre el interior y exterior es la herramienta básica para regular la temperatura en los interiores del edificio. En las zonas climáticas frías se procura que no haya pérdida de calor en los espacios interiores por efecto de infiltraciones de aire, mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe favorecer los intercambios de aire para poder mantener más frescos los interiores. (Moran, Fundamentos de termodinámica técnica, 2014)

2.7 Filtración de aire

Independientemente del sistema de filtrado, el mantenimiento a los filtros en los equipos no es una opción, sino una necesidad. Llevarlo a cabo es una cultura de la limpieza que se debe establecer para mejorar la calidad del aire y la operación de los sistemas. Los filtros en los sistemas HVAC proveen un servicio importante al

mantener el ambiente libre de polvo y otros contaminantes que impactan en su desempeño.

Sin embargo, cualquier filtro que no se cambia, al estar saturado no podrá hacer su trabajo de forma correcta la limpieza es indispensable si se desea que el filtro cumpla con su desempeño. No cambiar los filtros a tiempo además de contribuir al deterioro del desempeño de los sistemas, reduce la eficiencia energética. Monitoreo de filtros: posterior a la instalación y operación de los filtros se deben monitorear para dar un mantenimiento apropiado a así proveer la máxima filtración, sin que se exceda la capacidad del ventilador o el filtro se rompa, un filtro sobresaturado puede romperse fácilmente diseminando los contaminantes al flujo de aire.

Los filtros también deben monitorearse por el crecimiento de hongos y bacterias. El tiempo para cambiar o lavar los filtros no debe basarse en una inspección visual, ya que muchos filtros de alta y mediana eficiencia “aparentan estar sucios” y no han alcanzado sus niveles óptimos de filtración por lo que aún tiene una vida útil de servicio, existen diversos criterios para determinar el intervalo de cambio de filtros, como el establecido cada tres meses por ejemplo, o por la caída de presión, si bien algunos filtros se cambian mensualmente habrán otros que se cambien trimestralmente o una vez al año. Una regla de dedo común es cambiarlos cuando la caída de presión sea el doble de la presión inicial o a dos tercios de partes. (Jimenez, 2012)



Figura 2. 15 Tecnología especial de esterilización y filtrado de enzimas
Fuente: (Lg. electronics, 2011)

2.8 Características de equipos

El aire acondicionado VRF proporciona eficiencia energética de primera clase en la industria de la refrigeración mediante el control del compresor, aumenta la eficiencia del intercambio de calor a través de un diseño innovador y numerosas piezas clave de alto rendimiento. El compresor inversor de CC de alta eficiencia reduce el consumo de energía en un 25%. (Toshiba, 2016).



Figura 2. 16 Compresor inverter DC de alta eficiencia
Fuente: (Carrier, 2013)

Al cambiar la frecuencia, la intensidad o el voltaje del suministro del compresor, también es posible cambiar su velocidad de operación y, en consecuencia, el flujo de refrigerante que circula en el circuito entre las unidades exterior e interior del aire acondicionado.

Por ejemplo, para un sistema de aire acondicionado alimentado por una corriente alterna (60 Hz y 220 V) en casa, el inversor modula esta corriente de entrada y la convierte en una corriente de salida que se alimenta a un compresor de frecuencia variable, que por ejemplo oscila entre 30 -90 Hz, y la tensión de entrada también puede variar. (Ingeniería Mecánica, 2016).

Gracias a esto, será posible garantizar que el compresor pueda girar a diferentes velocidades dependiendo de las necesidades de carga de calor en cada momento, lo que también permite que el sistema se adapte de manera más eficiente y más rápida a las necesidades de cada momento, y también a que reduzca el consumo de energía.

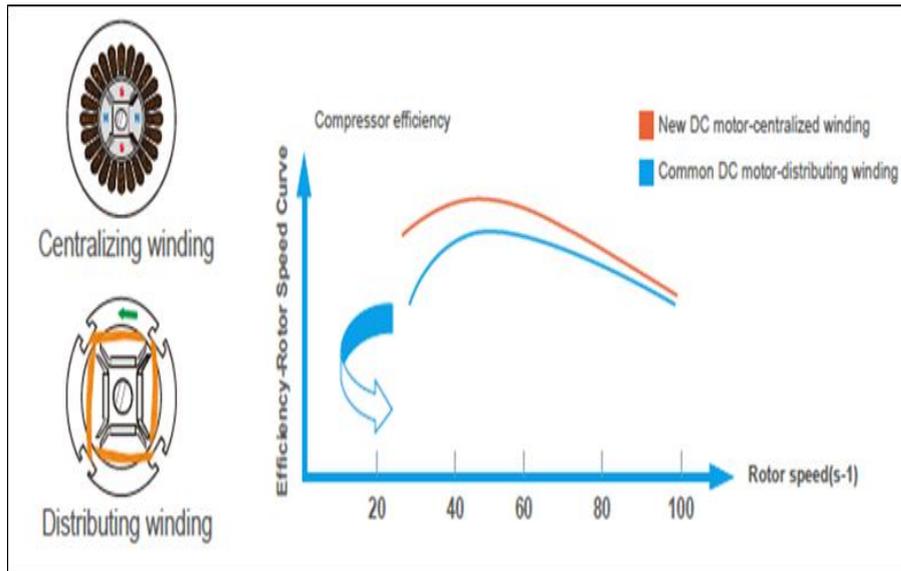


Figura 2. 17 Bobinado centralizado, distribución de bobina, reducción del volumen del 70%.

Fuente: (Carrier, 2013)

En la figura 2,17 se muestra el bobinado tanto distribuido como centralizado (en color azul se muestra la curva de eficiencia del rotor vs velocidad del rotor), el primer devanado es más eficiente que el devanado distribuido: dentro de un inversor de onda sinusoidal de 180° , suaviza la rotación del motor, mejorando la eficiencia operativa en comparación con una onda de diente de sierra tradicional. Dependiendo de la carga de trabajo y la presión en el sistema, el sistema controla la velocidad de rotación del ventilador de CC para lograr el mínimo consumo de energía y el mejor rendimiento. (Toshiba, 2016).



Figura 2. 18 Motor de ventilador DC de alta eficiencia

Fuente: (Carrier, 2013)

En la figura 2.19 se muestra la forma de aspa del ventilador optimizada con nueva rejilla de salida de aire volumen de flujo de aire mejorado que mejora en gran medida el rendimiento del ventilador y disminuye el ruido. Además, se ha conseguido una presión estática externa más alta hasta 40 Pa.(0-20Pa estándar, 20 ~ 40Pa debe ser personalizado.)



Figura 2. 19 Rejilla del ventilador optimizada
Fuente: (Carrier, 2013)

Tecnología de control de válvulas multi-solenoides en un solo sistema (ver figura 2.20). Todas las válvulas de solenoide equipadas en la unidad aseguran control de temperatura de forma precisa, el sistema funciona de manera constante para proporcionar un ambiente confortable. (Toshiba, 2016).



Figura 2. 20 Tecnología de control de válvulas multi solenoides
Fuente: (Carrier, 2013)

No obstante, la función de arranque suave del compresor DC inversor reduce la huelga a la red eléctrica. Este tipo de compresor scroll de bajo ruido y alto

rendimiento arranca a una velocidad mayor, lo que reduce el tiempo de arranque. También ayuda al dispositivo a ajustar rápidamente la temperatura ambiente a un nivel establecido. Al utilizar los beneficios del compresor inversor, el sistema puede llegar a plena carga rápidamente y acortarse, los tiempos de calentamiento y enfriamiento para facilitar una solución de aire inmediata y confortable, menos fluctuación de temperatura creará una mejor condición de vida. (Toshiba, 2016).

2.9 Sistema inverter vs convencional

En un sistema de aire acondicionado convencional, el compresor siempre arranca al 100% de potencia, desde el principio hasta la temperatura requerida. Sin embargo, con la ayuda de un sistema inversor capaz de regular la fuente de alimentación del compresor en los primeros momentos, y nada más cuando el sistema arranca, puede aumentar la velocidad de rotación en comparación con su modo nominal, alcanzando hasta el 130% de su capacidad, lo que permitirá alcanzar Temperaturas mucho más tempranas que el sistema tradicional.

En consecuencia, después de alcanzar una temperatura agradable utilizando un sistema de aire acondicionado tradicional, la temperatura de la estancia se regirá por períodos sucesivos de parada y arranque del compresor, cada vez que se inicie, siempre funcionará al 100% de su capacidad. En consecuencia, el compresor en el sistema tradicional operará en el modo "todo o nada". Esto conducirá a valores de consumo máximos, ya que arrancar un motor desde cero requiere un consumo inicial varias veces mayor que la potencia nominal. (Ingeniería Mecánica, 2016). Sin embargo, en el sistema inverter, el compresor no se detiene completamente, y debido al hecho de que el uso de un inversor le permite ajustar la velocidad del compresor cuando se alcanza una temperatura ambiente agradable y no se requiere la potencia máxima, el inversor reduce la velocidad de rotación del compresor, por ejemplo, al 50% de su potencia nominal o incluso menos, reduciendo así el consumo de energía.

Además, al evitar una parada completa del motor del compresor, también se eliminan los picos de consumo que se producen al arrancar el automóvil y también se reducen los efectos térmicos del exceso de frío o las sensaciones de calor generadas por el sistema de aire acondicionado tradicionales con periodos de inicio y paradas.

En la figura 2.21 se muestra los picos de arranque de un sistema de aire acondicionado convencional versus con sistema inverter.

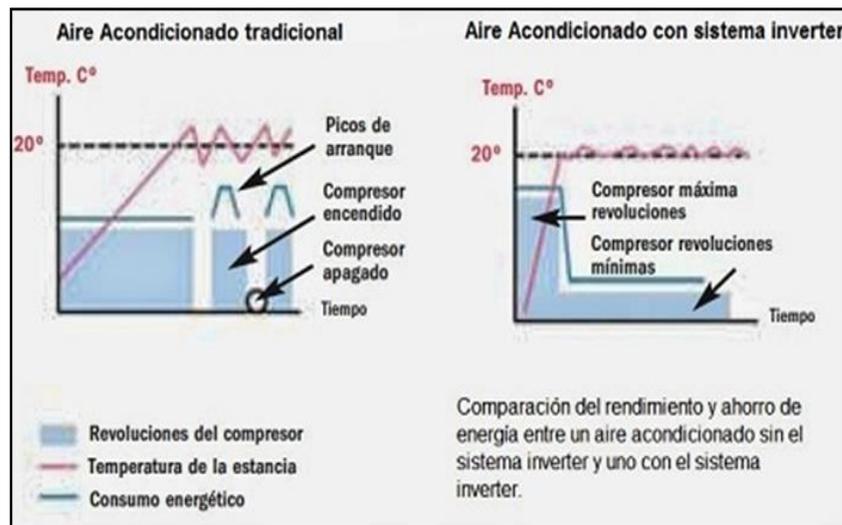


Figura 2. 21 Comparación de sistema inverter vs convencional
Fuente: (Ingeniería Mecánica, 2016)

2.10 Ventajas energéticas del sistema VRF

El sistema inverter es una tecnología electrónica que ayuda, una vez aplicada a calefacción y aire acondicionado mejorar la forma notable su rendimiento y consumo.

El uso de la conducción de frecuencia variable ha aumentado en las aplicaciones HVAC (calefacción, ventilación, de aire acondicionado). Ahora se aplican comúnmente a los manipuladores de aire, bombas, enfriadores y ventiladores de torre. Una mejor comprensión de los inverter llevará a una mejor aplicación y selección de equipos y sistemas HVAC. Este dispositivo utiliza electrónica de potencia para variar la frecuencia de la potencia de entrada al motor, controlando así la velocidad del motor. (Rockis, 1997).

Comprender la operación de los inverter requiere entender las tres secciones básicas: el rectificador, el bus de corriente continua y el inversor. El voltaje en una fuente de alimentación de corriente alterna aumenta y disminuye en el patrón de una onda sinusoidal (ver figura 2.22). Cuando el voltaje es positivo, la corriente fluye en una dirección; cuando el voltaje es negativo, la corriente fluye en la dirección opuesta. Este tipo de sistema de potencia permite que grandes cantidades de energía se transmitan de manera eficiente a grandes distancias. (Rockis, 1997).

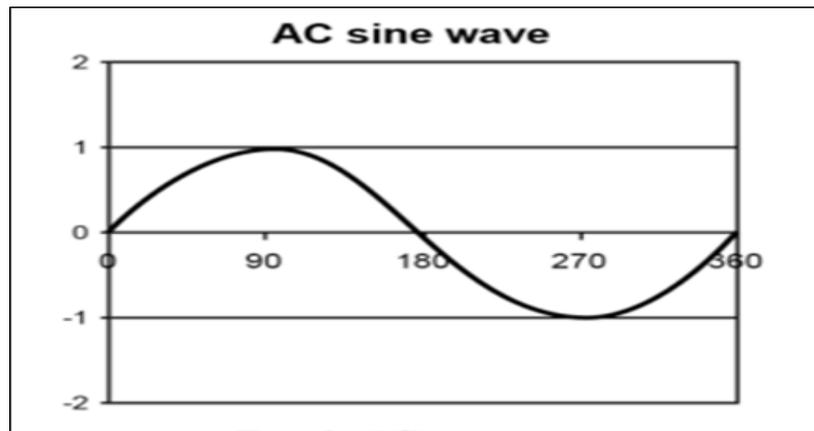


Figura 2. 22 Onda sinusoidal de AC
Fuente: (Lg. electronics, 2011)

El rectificador en una conducción de frecuencia variable se utiliza para convertir la alimentación de la corriente alterna entrante en corriente continua. Un rectificador permitirá que la energía pase solo cuando el voltaje sea positivo. Un segundo rectificador permitirá que la energía pase solo cuando el voltaje sea negativo (Rockis, 1997).

Se requieren dos rectificadores para cada fase de potencia. Dado que la mayoría de las fuentes de alimentación grandes son trifásicas, se utilizarán como mínimo 6 rectificadores. Apropiadamente, el término "6 pulsos" se utiliza para describir una unidad con 6 rectificadores. Un rectificador puede tener múltiples secciones rectificadoras, con 6 rectificadores por sección, lo que permite que un rectificador sea "12 pulsos", "18 pulsos" o "24 pulsos" sea de pulsos múltiples. (Rockis, 1997).

Los rectificadores pueden utilizar diodos, rectificadores controlados con silicio o transistores para rectificar la potencia. Los diodos son el dispositivo más simple y permiten que la energía fluya en cualquier momento en que el voltaje sea de la polaridad adecuada. Los rectificadores controlados por silicio incluyen un circuito de compuerta que permite a un microprocesador controlar cuándo la potencia puede comenzar a fluir, lo que hace que este tipo de rectificador sea útil también para los arrancadores de estado sólido.

Los transistores incluyen un circuito de compuerta que permite que un microprocesador se abra o cierre en cualquier momento, lo que convierte al transistor

en el dispositivo más útil de los tres. Se dice que una conducción de frecuencia variable que usa transistores en la sección del rectificador tiene un "extremo frontal activo". (Rockis, 1997).

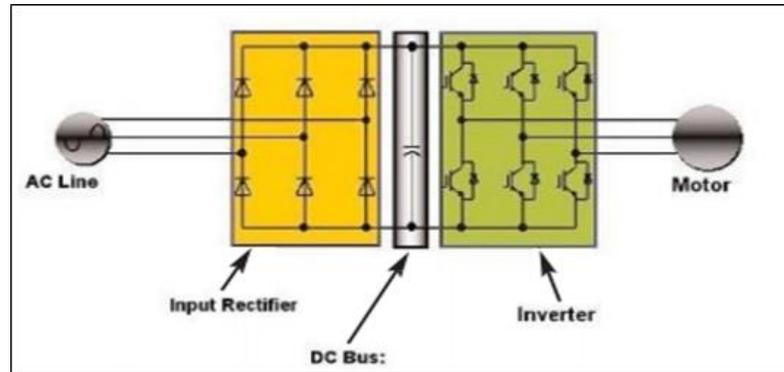


Figura 2. 23 Tecnología con rectificación basada en variador de frecuencia
Fuente: (Lg. electronics, 2011)

En la figura 2.23 muestra una imagen luego de que la energía fluye a través de los rectificadores, se almacena en un bus de corriente continua.

En la figura 2.23 muestra la sección final que se conecta con el motor, el cual se conoce como un inversor. El inversor contiene transistores que suministran energía al motor. El transistor bipolar de puerta aislada es una opción común en la conducción de frecuencia variable moderna. El transistor puede encenderse y apagarse varios miles de veces por segundo y controlar con precisión la potencia entregada al motor. Utiliza un método llamado modulación de ancho de pulso para simular una onda sinusoidal actual en la frecuencia deseada al motor. (Rockis, 1997).

Por lo tanto, es posible reducir significativamente las fluctuaciones en la temperatura de la carcasa, que se somete a un acondicionamiento, alcanzando el mantenimiento de la temperatura ambiente con un margen de $+1^{\circ}\text{C}$ a -1°C desde la temperatura objetivo.

De este modo, el usuario puede lograr una mayor estabilidad del entorno a una temperatura y una sensación de confort, dado que las fluctuaciones de temperatura, tan típicas de los sistemas convencionales, se eliminan y son tan desagradables.

Y todo esto, gracias a un dispositivo de suministro electrónico sensible a los cambios de temperatura, los equipos con un inversor tecnológico cambian la velocidad del motor del compresor para proporcionar la potencia ajustada para la demanda de energía que se requiere en cada momento.

Además, cuando está a punto de alcanzar la temperatura deseada, el inverter reduce gradualmente la fuente de alimentación al compresor para rotar más lentamente, pero sin detenerse. De este modo, el ruido asociado a las fases iniciales de la máquina también disminuye, y el consumo es siempre proporcional a las necesidades de cada momento.

Además, como se mencionó anteriormente, al utilizar un sistema inversor para regular la potencia del compresor, también puede funcionar hasta el 30% de su potencia nominal para obtener la temperatura deseada más rápido en los tiempos iniciales que con una mayor demanda térmica necesitaría.

Por otro lado, también puede funcionar un 50% por debajo de su potencia nominal o menos en la fase de potencia mínima que se produce cuando se alcanza una temperatura agradable y condiciones ambientales favorables. De nuevo, esto conduce a una reducción significativa tanto del ruido como del consumo.

En un breve ejemplo, se calcula que la velocidad del motor depende de la frecuencia. Pues, variando la salida de frecuencia del inversor controla la velocidad del motor, el cual se muestra a continuación:

Velocidad (rpm) = frecuencia (hercios) x 120/nº de polos

Ejemplo:

Motor de 2 polos en diferentes frecuencias.

3600 rpm = 60 hertz x 120/2 = 3600 rpm

3000 rpm = 50 hertz x 120/2 = 3000 rpm

2400 rpm = 40 hertz x 120/2 = 2400 rpm.

CAPÍTULO 3

CARGA TÉRMICA PARA SISTEMA CLIMATIZACIÓN

La Biblioteca General de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil está ubicada en la ciudad de Guayaquil. En la actualidad se construido un nuevo edificio de 5 Niveles los cuales son: Planta baja, y cuatro pisos altos, en último piso se encuentra la cubierta del edificio. En el presente informe se realizará el respectivo Cálculo de Carga térmica para determinar la capacidad de enfriamiento y la cantidad de equipos necesarios para climatizar cada uno de los niveles del nuevo edificio de la Biblioteca General.

En la figura 3.1 se muestra una imagen satelital (aérea) del campus UCSG y se aprecia el edificio mencionado.



Figura 3. 1 Vista aérea de la Biblioteca General UCSG
Fuente. (Google Earth, 2018)

3.1 Cálculo de carga térmica, con “Elite Software CHVAC”

CHVAC es un software profesional que calcula las cargas máximas de calefacción y refrigeración para edificios residenciales y comerciales. Las cargas de enfriamiento se pueden calcular con el método CLTD (Cooling Load Temperature Differentials) o método RTS (Radiant Time Series). El programa permite un número ilimitado de habitaciones que pueden agruparse en hasta 100 sistemas de manejo de aire. CHVAC busca automáticamente todos los factores de corrección y carga de

refrigeración necesarios para calcular las cargas. Además, puede buscar datos meteorológicos de diseño exterior en más de 2000 ciudades ubicadas en todo el mundo. También hay disposiciones para editar los datos meteorológicos, así como para agregar datos para otras ciudades.

Los informes completos enumeran los datos generales del proyecto, las cargas detalladas de la sala, las cargas resumidas del manejador de aire, las cargas de aire exterior, las cargas totales del edificio, el análisis de la envolvente del edificio, los requisitos de tonelaje, las cantidades de aire CFM.

Otras características destacadas incluyen el análisis ASHRAE Standard 62, la rotación automática del edificio, las orientaciones de pared de 360 grados, el vidrio inclinado, el sombreado exterior, los perfiles de carga operativos internos, las temperaturas variables de diseño interior, la diversidad de personas, el aire exterior pretratado, la infiltración estacional y las tasas de ventilación, las cargas de recalentamiento, Ducto de ganancias y pérdidas, y plenum de retorno de aire.

Método de Cálculo: CHVAC realiza cálculos de enfriamiento utilizando el método CLTD o el nuevo método RTS (Radiant Time Series). El método RTS se describe en la última edición del Manual de conceptos básicos de ASHRAE, mientras que el método CLTD es de ediciones anteriores del Manual. El método RTS es especialmente preciso porque calcula el efecto retardado de las ganancias de calor radiante durante cada una de las últimas 24 horas en la determinación de la carga de enfriamiento actual. Eso significa, por ejemplo, que el programa presta la debida atención al efecto de un dispositivo de sombreado externo que sombrea una ventana en la mañana en una habitación que alcanza el máximo en la tarde.

Se solicitan cinco tipos de datos: datos generales del proyecto, datos de diseño exterior, datos de materiales de construcción, datos de manejo del aire y datos específicos de la sala. Los horarios internos de carga operativa y los factores de seguridad deseados.

3.1.1 Cálculo de carga por niveles en edificio nuevo de biblioteca

Para efectos de cálculo se escogió como piso tipo. La primera planta alta, por consiguiente, se deberá considerar la información disponible de los elementos que aportan calor sensible y latente a la edificación. Los parámetros a considerar serán la transmisión de calor por: cubierta, paredes, particiones, ventanas, renovaciones de aire, luces, equipos y el calor aportado por el número de personas. El objetivo es determinar la carga térmica del piso Tipo y determinar la densidad de carga térmica a utilizar según cada ambiente tipo. Para lo cual se requiere cumplir los siguientes procedimientos básicos:

- Revisión de Planos e información recibida del Proyecto
- Determinar todos los elementos que aportan a la ganancia de calor y clasificarlos por carga térmica Sensible o Latente
- Calcular de ganancias térmicas por el método de diferencia de temperaturas (Software: “ELITE SOFTWARE CHVAC” versión 8.02)

A continuación, se detalla los parámetros generales climáticos y de carga térmica para poder realizar el cálculo:

Tabla 3. 1 Datos de condiciones climáticas internas y externas para el diseño

CONDICIONES CLIMÁTICAS		
INTERIOR	Temperatura	75 F° +/-2
	Humedad Relativa	50% +/- 5%
EXTERIOR	Temp. Bulbo seco	92°F
	Temp. Bulbo Húmedo	82°F

Nota: (ASHRAE, 2018)

En la tabla 3.2 se aprecia el número de personas y equipamiento eléctrico que generan carga térmica.

Tabla 3. 2 Parámetros para cálculo de carga

PARÁMETROS GENERALES DE CÁLCULO		
PERSONAS	100	pie2/ Persona
LUCES	1.2	Watts / pie2
EQUIPOS	0.5	Watts / pie2
INFILTRACIONES & VENTILACIONES	0.12	CFM por pie 2

Nota: (ASHRAE, 2018)

Para iniciar el cálculo respectivo de esta sección, se empieza con el coeficiente de calor de las diferentes superficies que conllevan estas áreas. A continuación, en la tabla 3.3 se describe los tipos de materiales que incluyen en el cálculo

Tabla 3. 3 Tipos de materiales y sus aportaciones térmicas

ID	DESCRIPCION	DIFERENCIA TI-TOUT(°F)	TIPO DE MATERIAL	U (Btuh/Ft2 °F)
1	PARED	20	BLOQUE	0.585
2	PARED	20	BLOQUE	0.585
3	PARTICION	10	PARED GYPSUM	0.55
4	PARTICION	10	PARED GYPSUM	0.55
5	PARED	20	BLOQUE	0.585
6	PARED	20	BLOQUE	0.585
7	PARTICION	10	PARED GYPSUM	0.55
8	PARTICION	10	PARED GYPSUM	0.55
9	PARTICION	10	PARED GYPSUM	0.55
10	PARED	20	BLOQUE	0.585
11	PARED	20	BLOQUE	0.585

Nota: ASHRAE Estándar 62.1 – 2004

3.2 Cálculo de carga térmica para primer piso alto

Mediante el software “ELITE SOFTWARE CHVAC” versión 8.02, se procede a ingresar los planos digitalizados del edificio de la Biblioteca General pero previamente se ha considerado los aspectos térmicos que muestran en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3. Posteriormente, en la figura 3.2 se puede observar el plano del primer piso alto.

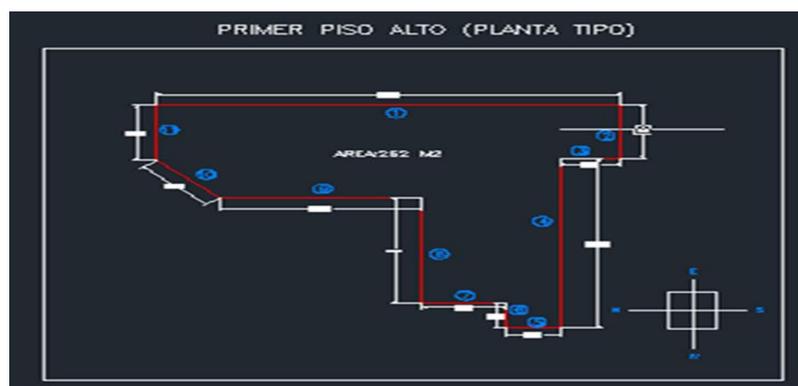


Figura 3. 2 Plano de primer piso alto
Fuente: el autor

Luego, en la tabla 3.4 se muestra los datos de diferentes temperaturas calculado por el software (la temperatura la dimensiona en grados Fahrenheit y puede convertirse a centígrados), de acuerdo a la ubicación. Y en la tabla 3.5 muestra la orientación de acuerdo al sol.

Tabla 3. 4 Valores de diferentes temperaturas

ID	DESCRIPCION	DIFERENCIA TOUT(°F)	TI- UBICACIÓN
1	PARED	20	ESTE
2	PARED	20	SUR
3	PARTICION	10	INTERNA
4	PARTICION	10	INTERNA
5	PARED	20	OESTE
6	PARED	20	NORTE
7	PARTICION	10	INTERNA
8	PARTICION	10	INTERNA
9	PARTICION	10	INTERNA
10	PARED	20	NOR-OESTE
11	PARED	20	NORTE

Fuente: el autor

Tabla 3. 5 Orientación con respecto al sol

ID PARED	DESCRIPCION	CANTIDAD	ANCHO (MTS)	ALTO (MTS)
1	VENTANA 1	12	1.77	1.75
2	VENANA 2	1	4.9	2
11	VENTANA 3	1	4.78	1.75

Fuente: el autor

Luego, en la tabla 3.6 se puede ver los datos de ingreso al programa de cálculo.

Tabla 3. 6 Datos de ingreso al Programa de cálculo.

Building Default Values	
Calculations performed:	Cooling loads only
Lighting requirements:	1.20 Watts per square foot
Equipment requirements:	0.50 Watts per square foot
People sensible load multiplier:	245 Btuh per person
People latent load multiplier:	200 Btuh per person
Room sensible safety factor:	0 %
Room latent safety factor:	0 %
Room heating safety factor:	0 %
People diversity factor:	80 %
Lighting profile number:	1
Equipment profile number:	1
People profile number:	1
Building default ceiling height:	9.51 feet
Building default wall height:	12.98 feet

Envelope Report Using Summer U-Factors							
Material Types		Gross Area	Glass Area	Net Area	-U-Factor	Area x U-Factor	Average U-Factor
Wall	1	1,850.8	595.6	1,255.2	0.500	627.601	0.500
Tot.Wall		1,850.8	595.6	1,255.2	N/A	627.601	0.500
Glass	1	595.6	N/A	595.6	1.040	619.440	1.040
Tot.Glass		595.6	N/A	595.6	N/A	619.440	1.040
Totals				1,850.8		1,247.041	0.674

Wall Direction	Wall Area	Glass Area	Wall Net Area	Wall Avg U-Factor	Glass Avg U-Factor	Glass Avg Shd.Coef	
N	320.7	90.0	230.7	0.500	1.040	1.000	
NE	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	
E	996.5	400.2	596.3	0.500	1.040	1.000	
SE	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	
S	216.9	105.4	111.5	0.500	1.040	1.000	
SW	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	
W	115.0	0.0	115.0	0.500	0.000	0.000	
NW	201.7	0.0	201.7	0.500	0.000	0.000	
Totals		1,850.8	595.6	1,255.2	0.500	1.040	1.000

Fuente: el autor

El software proporciona también resumen de la sala del sistema de aire, Perfiles totales de la construcción, del sistema de aire y de la sala, Resumen de la carga total del sistema de aire. Sin embargo, en la tabla 3.7 muestra el resumen de cargas térmicas divididas en parámetros; sensibles, latentes y totales.

Tabla 3. 7 Cargas sensibles, latentes y totales del primer piso alto de la biblioteca general UCSG

Building Summary Loads (Z)							
Building peaks in August at 11am.							
Bldg Load Descriptions	Area Quan	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain
Roof	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Wall	1,255	0	0.00	0	13,971	13,971	7.46
Glass	596	0	0.00	0	55,287	55,287	29.52
Floor Slab	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Skin Loads		0	0.00	0	69,258	69,258	36.99
Lighting	3,383	0	0.00	0	11,543	11,543	6.16
Equipment	1,410	0	0.00	0	4,809	4,809	2.57
Pool Latent	0	0	0.00	0	0	0	0.00
People	64	0	0.00	12,800	15,680	28,480	15.21
Partition	1,852	0	0.00	0	9,262	9,262	4.95
Cool. Pret.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Heat. Pret.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Cool. Vent.	738	0	0.00	36,462	9,735	46,197	24.67
Heat. Vent.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Cool. Infil.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Heat. Infil.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Draw-Thru Fan	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Blow-Thru Fan	0	0	0.00	0	6,441	6,441	3.44
Reserve Cap.	0	0	0.00	0	3,909	3,909	2.09
Reheat Cap.	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Supply Duct	0	0	0.00	0	6,049	6,049	3.23
Return Duct	0	0	0.00	0	1,309	1,309	0.70
Misc. Supply	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Misc. Return	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Building Totals		0	0.00	49,262	137,996	187,257	100.00
Building Summary	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain	
Ventilation	0	0.00	36,462	9,735	46,197	24.67	
Infiltration	0	0.00	0	0	0	0.00	
Pretreated Air	0	0.00	0	0	0	0.00	
Room Loads	0	0.00	12,800	114,461	127,261	67.96	
Plenum Loads	0	0.00	0	0	0	0.00	
Fan/Duct/Misc Loads	0	0.00	0	13,799	13,799	7.37	
Building Totals	0	0.00	49,262	137,996	187,257	100.00	

Fuente: el autor

Asimismo, a través del software se puede presentar los datos calculados mediante diagrama de pastel, de barras, etc. En las figuras 3.3 y 3.4 muestran las dos formas gráficas de representar los cálculos de cargas térmicas para el primer piso alto de la biblioteca mencionada.

El software proporciona varios tipos diferentes de informes que pueden pre visualizarse selectivamente en la pantalla o imprimirse. Los informes son: Datos generales del proyecto, Datos de entrada del controlador de aire, Datos de entrada de la sala, Cargas detalladas de la sala del proyecto. Véase figuras 3.3 y 3.4

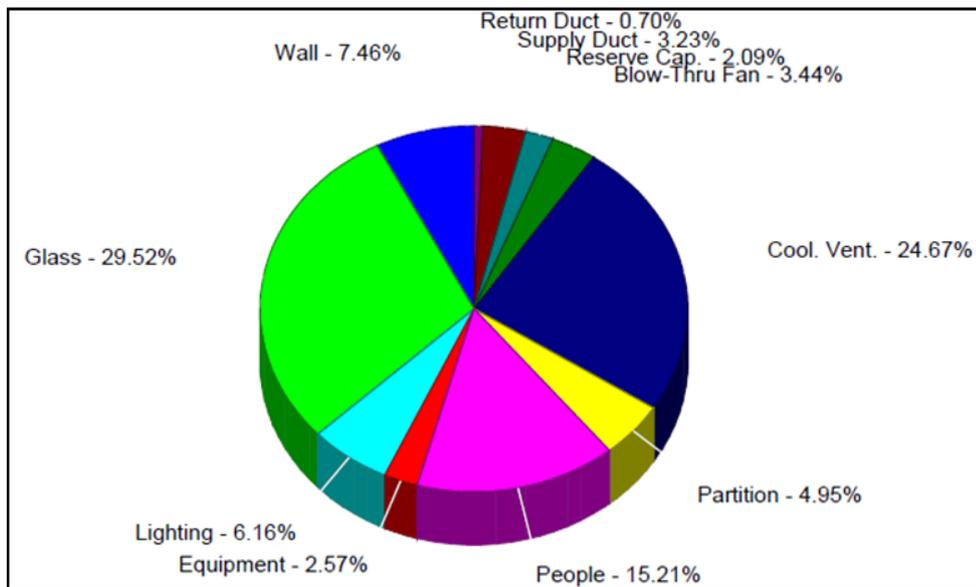


Figura 3. 3 Gráfico de pastel
Fuente: el autor

Luego, en la figura 3.4 muestran las proporciones de los distintos tipos de aportaciones de carga térmica a la edificación.

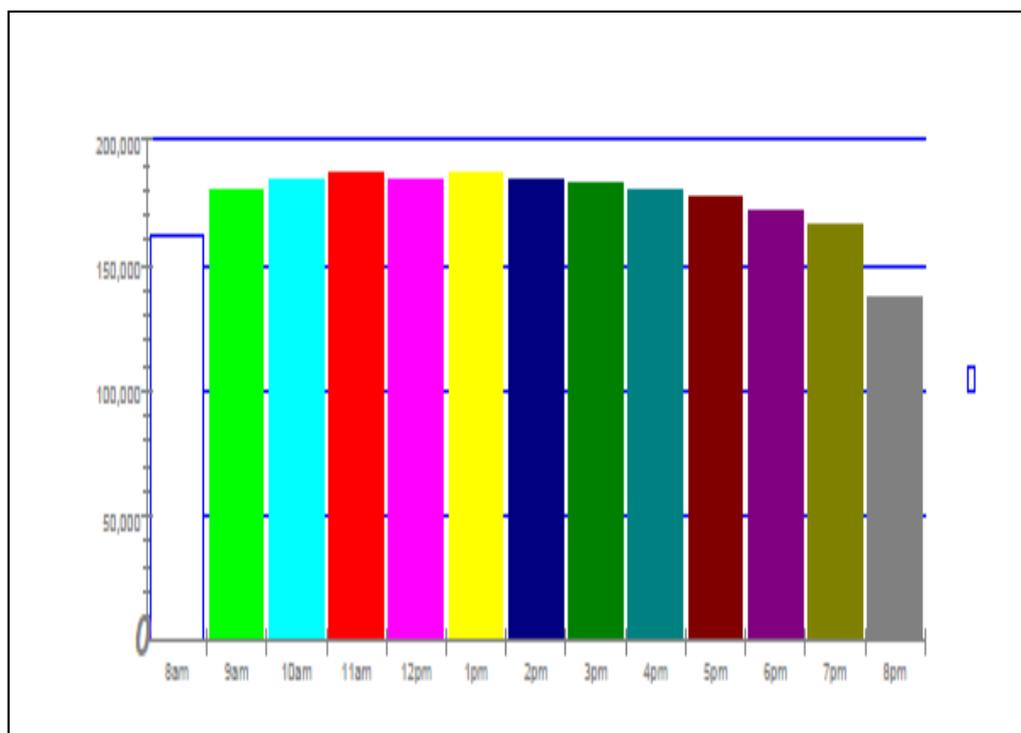


Figura 3. 4 Distintos tipos de aportaciones de carga térmica a la edificación
Fuente: El autor

La carga de Térmica total necesaria es de: Carga Térmica: 187257 BTU/H.

Los coeficientes de transferencia de calor para los distintos materiales de paredes, techo, particiones, así como el calor generado por las personas, luces y la norma ASHRAE de acuerdo al tipo de ambientes para los que se realiza el cálculo.

3.2.1 Carga de enfriamiento para equipos seleccionados.

El programa de cálculo de carga de CHVAC calcula una gran cantidad de los datos necesarios para definir un sistema en el programa de diagramación esquemática de la Solución HVAC.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la selección de los equipos se define de la siguiente forma:

- Tres unidades tipo Fan coil de 54,000 BTUH + 1 unidad tipo Fan coil de 24,000 BTUH lo cual da una carga total de enfriamiento disponible de:

- Carga de Enfriamiento: 186.000 BTU/H

De acuerdo a los resultados del cálculo de carga se obtiene que la densidad de carga de enfriamiento es de: 187257 BTUH / 262 M² y Densidad de Carga de Enfriamiento: 714 BTU/H/ M²

Entonces se concluye que los equipos seleccionados para el área abierta de la biblioteca, satisfacen la carga térmica necesaria, según el cálculo realizado. Además, se puede considerar un factor de densidad de carga de 714 BTUH/M² para el resto de áreas tipo, que presenten las condiciones consideradas en este cálculo.

3.3 Dimensionamiento de ductos y distribución de aires

La distribución de aire por ducto para aquellos que constantemente trabajan en diseño de ducto, existe calculadores en línea (portales web) y manuales que están basados en las tablas de pérdidas por fricción y que suministran la misma información sobre volúmenes, velocidades, precisiones, estáticas, etc. La escala también da una conversión instantánea de ducto redondo o ducto rectangular.

El software calcula los tamaños de conductos de salida y troncal principal. Además, puede computar o calcular las pérdidas y ganancias de los ductos de suministro y retorno. En la figura 3.5 muestra el diseño de ducto y distribución de aire como propuesta para la climatización en cada nivel del nuevo edificio.

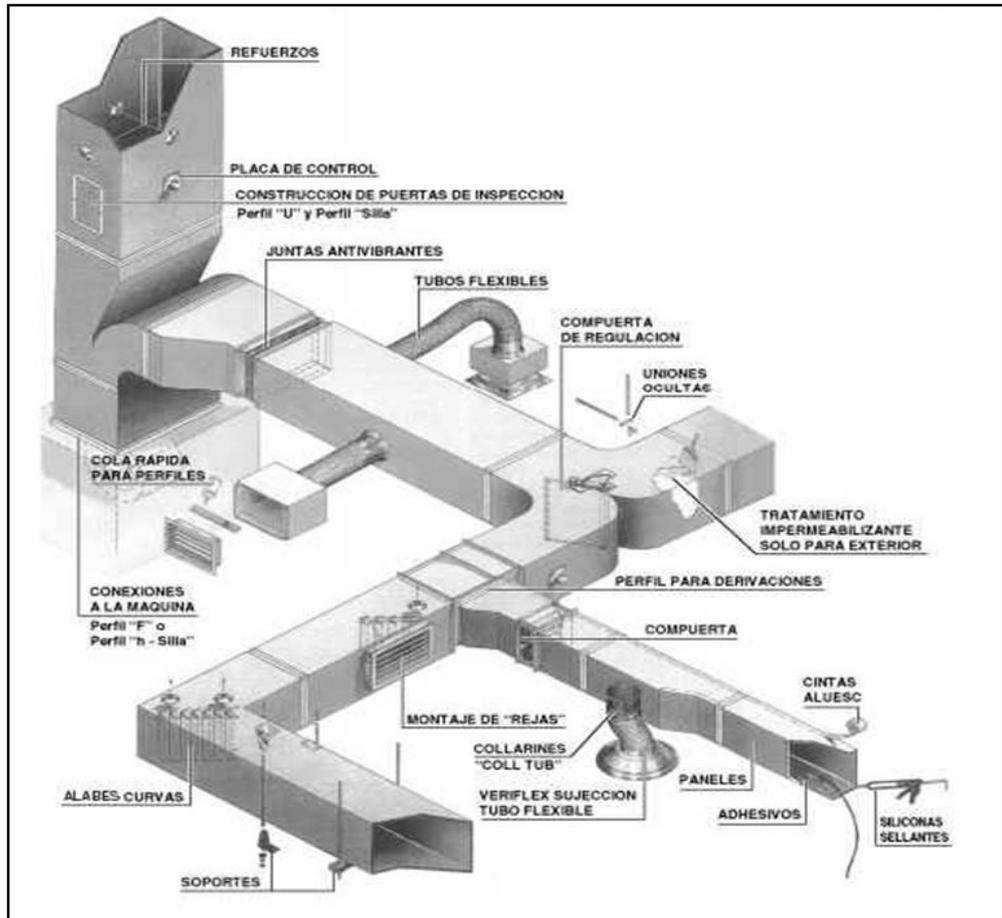


Figura 3. 5 Ductos y distribución de aires para la climatización
Fuente: (Carnicer, 2017)

Igualmente, se ha considerado el cálculo de la distribución de aire en pies cúbicos por minuto (*Cubic feet per minute*) y para un ducto con longitudes de medidas en pulgadas. Véase la figura 3.6.

Cfm = 2.000	d = 14	pul = 36 * 6	fricción = 0.4
Cfm = 1.500	d = 12	pul = 22 * 6	fricción = 0.5
Cfm = 1.000	d = 10	pul = 16 * 6	fricción = 0.6
Cfm = 500	d = 7	pul = 10 * 6	fricción = 0.9

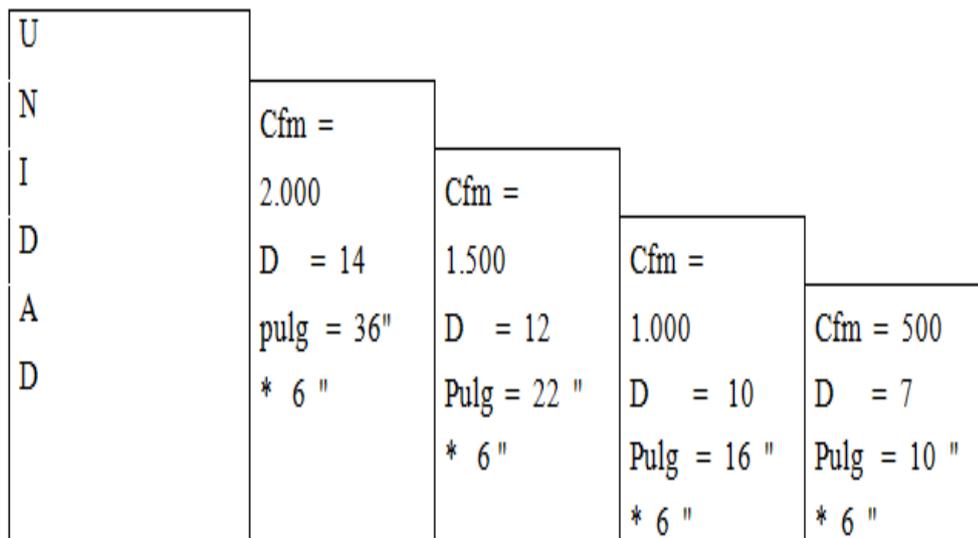


Figura 3. 6 Valores en pies cúbicos por minuto (Cubic feet per minute).
Fuente: el autor

Los accesorios de ductos es el nombre que se le ha dado a diferentes partes de un sistema de ducto tales como, codos, derivaciones, cuello, etc. Ellos ofrecen resistencia de flujo de aire y presentan mayor parte de perdida de fricción; también afecta a la característica de ruido del sistema. El ruido o nivel de sonido de un sistema de ducto es función de la velocidad y los limites permisible que están tabulados en la tabla 3.8; esto no debe ser excedido y si el ruido es un factor de importancia, los valores para ramificaciones deben ser usados en el diseño de todo sistema.

Tabla 3. 8 Velocidades máximas pie/min

APLICACIÓN	DUCTO PRINCIPAL		RAMIFICACIONES	
	SUMINISTRO	RETORNO	SUMINISTRO	RETORNO
Apartamentos	1000	800	600	600
Auditorios	1300	1100	1000	800
Bancos	2000	1500	1600	1200
Piezas de Hospitales	1500	1300	1200	1000
Piezas de Hoteles	1500	1300	1200	1000
Industrias	3000	1800	2200	1500
Bibliotecas	2000	1500	1600	1200
Salas de Reunión	2000	1500	1600	1200
Oficinas	2000	1500	1600	1200
Residencias	1000	600	600	600
Restaurantes	2000	1500	1600	1200
Almacenes	2000	1500	1600	1200
Teatros	1300	1100	1000	800

Fuente: el autor

La tabla 3.8 muestra datos del ducto principal y sus ramificaciones según la aplicación del sistema de climatización. En cambio, la tabla de pérdida de fricción es un gráfico en el que las coordenadas son pérdida por fricción en pulgadas de agua por cada cien pie de longitud equivalente de ducto y los pies por aire y por minuto (pies/min) que transporta el ducto. Cubre hasta los 2000 pies³/min y volumen de aire para instalaciones comerciales y residenciales hasta de 5 toneladas.

3.4 Clasificación de difusores

Los difusores son la boca de salida de aire suministrado en varias direcciones y planos. Actualmente en todos los grandes edificios se proyectan con una instalación de aire acondicionado y no se concibe una local comercial que no disponga de, por lo menos, refrigeración. Pero una vez que se tiene un aire en condiciones de calidad y confort el paso siguiente es distribuirlo por los locales de forma uniforme y con una velocidad de cuando menos no moleste. Esta técnica se denomina difusión de aire en locales, tal como se aprecia en la figura 3.7.

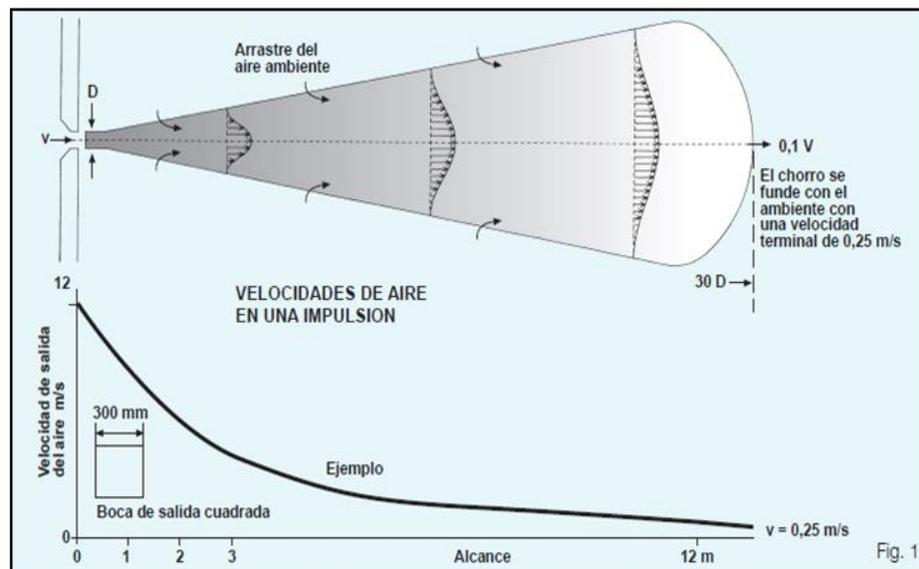


Figura 3. 7 Difusión de aire en edificio
Fuente: (Escoda, 2012)

Hoy en día, existen en los mercados difusores de inducción elevada con venas radiales rotativas, de geometría fija y variable, elementos para difusión por desplazamiento, así como una gran selección de rejillas y difusores que el técnico puede usar en sus proyectos. (Escoda, 2012),

3.4.1 Difusores de tumbado

Los difusores de tumbado se instalan en el techado y son de forma circular, realizadas en conos concéntricos, los cuales facilitan la mezcla del aire impulsado con el aire ambiente. Pueden construirse de forma circular, cuadrada o rectangular. La difusión por el techo es la mejor forma de hacerse porque está fuera de la zona ocupada. Los difusores generalmente adoptan la forma circular o cuadrada. Los difusores circulares están contruidos por varios conos concéntricos que proyectan el aire paralelamente al techo y en todas las direcciones. Los hay semicirculares adecuados para instalar cerca de una pared. Algunos llevan dispositivos de regulación que permiten orientar al chorro parcialmente hacia el suelo. Es conveniente que se instale una compuerta en el conducto de alimentación del difusor que permita regular el caudal de aire.

El radio de difusión viene definido por la velocidad terminal, indicada en el catálogo del fabricante, los difusores cuadrados se comportan prácticamente igual que los circulares si bien se significan algo más los cuatro chorros que corresponden a cada lado del cuadrado también los hay que descargar en solo tres, dos o una sola dirección. En la figura 3.8 muestra una imagen de zonificación de espacios para distribuir la difusión.

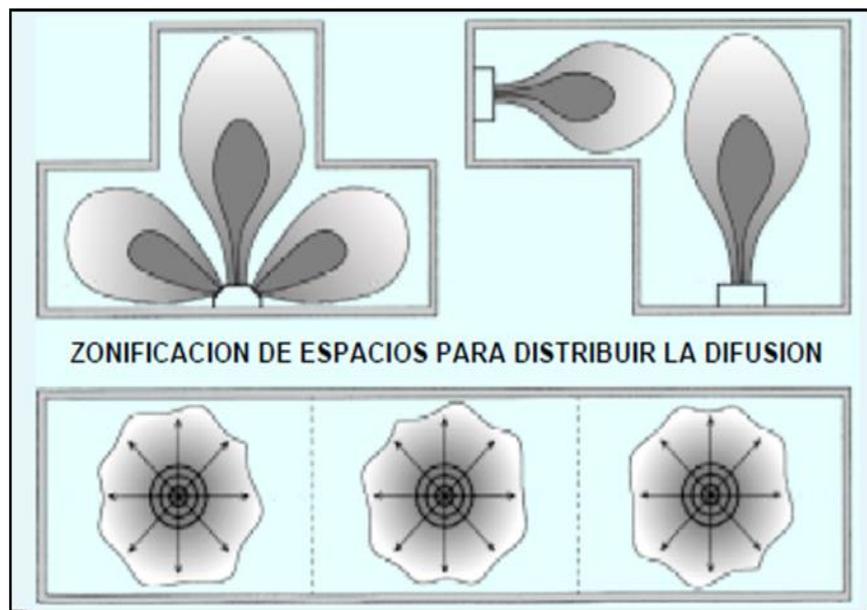


Figura 3. 8 Zonificación de espacios para distribuir la difusión
Fuente: (Escoda, 2012)

Luego en la figura 3.9 se puede ver los difusores circulares y cuadrados.

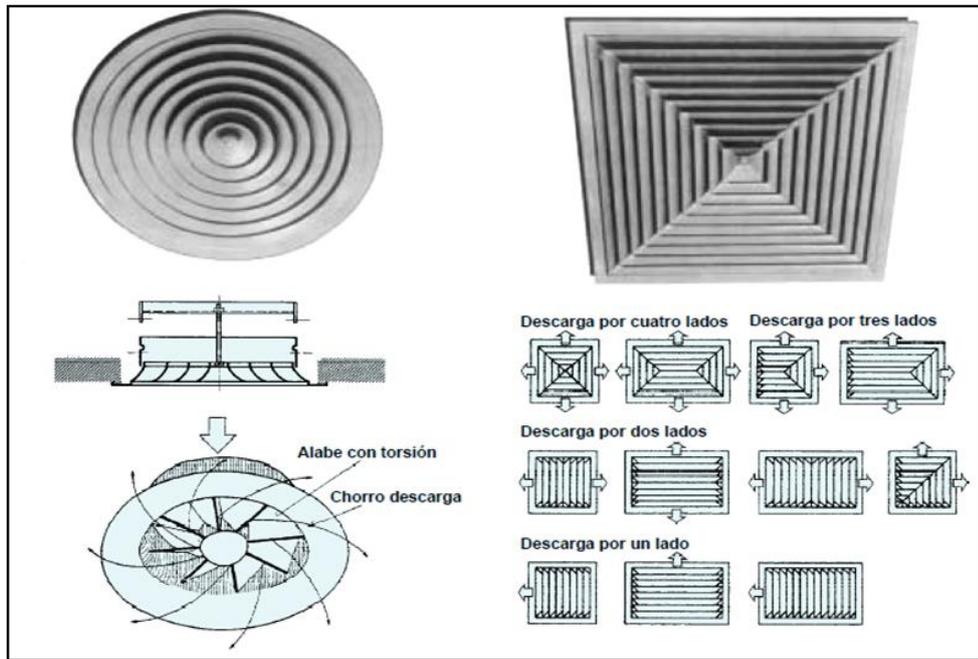


Figura 3. 9 Difusores circulares y cuadrados
Fuente. (Escoda, 2012)

3.4.2 Difusores lineales

Los difusores lineales se basan en un agujero o grieta, larga y estrecha, ubicada en el techo, la pared a través de la cual fluye el aire. Puede haber más de una grieta. Por lo general, el orificio tiene la misma longitud que el techo, la pared o el pavimento en el que está instalado. (Miranda, 2008). En la figura 3.10 muestra los difusores lineales.

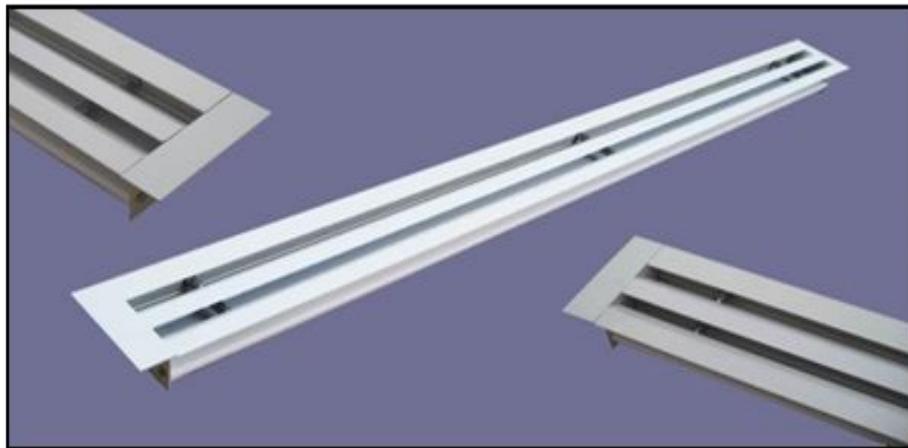


Figura 3. 10 Difusor Lineal
Fuente. (Escoda, 2012)

3.4.3 Rejillas

Las rejillas constituyen el retorno o descarga del aire ambiente hacia el exterior. Suelen ser de aletas fijas inclinadas para evitar la visión hacia el exterior o bien simples mallas o enrejados. Por efectos estéticos, a veces se usan los mismos difusores de impulsión, sobre todo los rectangulares o lineales, instalando en general una boca de aspiración por cada dos de impulsión, calculando convenientemente la sección. En la figura 3.11 muestra una rejilla de retorno.



Figura 3. 11 Rejilla de Retorno
Fuente. (Escoda, 2012)

3.5 Cálculo de consumo eléctrico de los aires acondicionados

Para el siguiente cálculo de consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado del edificio se realizó una tabla, especificando la potencia dada en (vatios), el cual proporciona la placa de datos de los equipos, especifica la carga total por cada piso para poder determinar la potencia instalada y demanda total. Más adelante en las tablas, se especifican el contenido.

La tabla 3.9 muestra datos obtenidos para tablero de distribución secundarios

Tabla 3. 9 Cálculo de potencia instala de equipos de climatización

TABLA DE POTENCIA INSTALADA DE AACC								
PANEL	ITEM	USO	# (puntos)	POTENCIA UNITARIA(W)	POTENCIA INSTALADA(W)	FACTOR DE DEMANDA	DAMANDA TOTAL (W)	VOL TRIFASICO.
PANEL DE DISTRIBUCION AACC-PB	1	UNIDAD TIPO PAQUETE - A/A DE 120 KBTU/H	2	18100	36200	0,9	32580	220
	2	UNIDAD EVAPORADORA AVD-24UX2SBL	1	190	190	0,9	171	220
	3	AIRE ACONDICIONADO-CONDENSADORCO DE 24 KBTU/H	1	235	235	0,9	212	220
				POTENCIA INSTALADA(W)	36625	DEMANDA TOTAL (W)	32963	

PANEL DE DISTRIBUCION AACC-1PA	1	UNIDAD EVAPORADORA AVC - 07UR2SAB	1	63	63	0,9	56,07	220
	2	UNIDAD EVAPORADORA AVD-24UX2SBL	1	190	190	0,9	171	220
	3	UNIDAD EVAPORADORA AVD - 54UX2SDA	3	430	1290	0,9	1161	220
	4	UNIDAD EVAPORADORA AVC - 09UR2SAB	4	63	252	0,9	226,8	220
				POTENCIA INSTALADA(W)	1795	DEMANDA TOTAL (W)	1614,87	

PANEL DE DISTRIBUCION AACC-2PA	1	UNIDAD EVAPORADORA AVC - 07UR2SAB	1	63	63	0,9	56,07	220
	2	UNIDAD EVAPORADORA AVD-24UX2SBL	1	190	190	0,9	171	220
	3	UNIDAD EVAPORADORA AVD - 54UX2SDA	3	430	1290	0,9	1161	220
	4	UNIDAD EVAPORADORA AVC - 09UR2SAB	4	63	252	0,9	226,8	220
				POTENCIA INSTALADA(W)	1795	DEMANDA TOTAL (W)	1614,87	

PANEL DE DISTRIBUCION AACC-3PA	1	UNIDAD EVAPORADORA AVD - 76UX2SFH	1	1,03	1030	0,9	927	220
	2	UNIDAD EVAPORADORA AVD-24UX2SBL	1	190	190	0,9	171	220
	3	UNIDAD EVAPORADORA AVC- 30UX2SFB	4	63	252	0,9	226,8	220
	4	UNIDAD EVAPORADORA AVC - 09UR2SAB	3	90	270	0,9	243	220
				POTENCIA INSTALADA(W)	1742	DEMANDA TOTAL (W)	1567,8	

PANEL DE DISTRIBU CION AACC- 4- PA TERRAZA	1	UNIDAD CONDENSADORA AVWT86U9SR	1	6360	6360	0,9	5724	220
	2	UNIDAD CONDENSADORA AVWT96U9SR	6	15.300	91.800	0,9	82620	220
	3	UNIDADESTIPO PAQUETE- A/A 150 KBTUWH	2	20000	40000	0,9	36000	220
	4	SPLIT DE 12,000 BTL	1	1500	1500	0,9	1350	220
				POTENCIA INSTALADA(W)	139660	DEMANDA TOTAL (W)	125694	

Fuente: el autor

En la tabla 3.9 se aprecia la potencia instalada de acuerdo a la capacidad de los equipos.

Se ha calculado la potencia instalada en (kW) por cada nivel del edificio según las cantidades de máquinas de aire acondicionado especificadas en el diseño, esto ayuda a determinar la potencia instalada de todos los equipos que climatiza el edificio.

A continuación, en la tabla 3.10 se observa el cálculo de potencia instalada por tableros de distribución que alimentan los circuitos eléctricos de los aires acondicionados detallados por pis. Como así también se determina el factor de demanda, factor de potencia entre otros factores más, se especifica qué tipo de disyuntor se puede usar de acuerdo a la potencia y las características de la acometida principal del tablero.

Tabla 3. 10 Cálculo de demanda de tableros de distribución secundarios.

CALCULO DE DEMANDA DE TABLEROS DE DISTRIBUCION SECUNDARIOS	
CALCULO DE DEMANDA PD - AACC - PB	
POTENCIA INSTALADA (kw)	36,62
FACTOR DE DEMANDA	1,00
DEMANDA MAXIMA (kw)	36,62
FACTOR DE POTENCIA	0,95
DEMANDA MAXIMA (kVA)	38,55
CORRIENTE MAXIMA TD-PB	101,28
DISYUNTOR	125A - 3P
ALIMENTADOR	3F #2 THHN T#4 cuTHHN
CALCULO DE DEMANDA PD - AACC - 1PA	
POTENCIA INSTALADA (kw)	1,79
FACTOR DE DEMANDA	1,00
DEMANDA MAXIMA (kw)	1,79
FACTOR DE POTENCIA	0,95
DEMANDA MAXIMA (kVA)	1,88
CORRIENTE MAXIMA TD-PB	4,95
DISYUNTOR	50A - 3P
ALIMENTADOR	3F #8 THHN + T#8 CuTHHN
CALCULO DE DEMANDA PD - AACC - 2PA	
POTENCIA INSTALADA (kw)	1,79
FACTOR DE DEMANDA	1,00
DEMANDA MAXIMA (kw)	1,79
FACTOR DE POTENCIA	0,95
DEMANDA MAXIMA (kVA)	1,88
CORRIENTE MAXIMA TD-PB	4,95
DISYUNTOR	50A - 3P
ALIMENTADOR	3F #8 THHN + T#8 CuTHHN
CALCULO DE DEMANDA PD - AACC - 3PA	
POTENCIA INSTALADA (kw)	1,56
FACTOR DE DEMANDA	1,00
DEMANDA MAXIMA (kw)	1,56
FACTOR DE POTENCIA	0,95
DEMANDA MAXIMA (kVA)	1,64
CORRIENTE MAXIMA TD-PB	4,31
DISYUNTOR	50A - 3P
ALIMENTADOR	3F #8 THHN + T#8 CuTHHN
CALCULO DE DEMANDA PD - AACC - 4PA - TERRAZA	
POTENCIA INSTALADA (kw)	139,660,00
FACTOR DE DEMANDA	1,00
DEMANDA MAXIMA (kw)	139,66
FACTOR DE POTENCIA	0,95
DEMANDA MAXIMA (kVA)	147,01
CORRIENTE MAXIMA TD-PB	386,26
DISYUNTOR	400A 1r - 3P
ALIMENTADOR	3F 500mcm + T#250 mcm THHN

Fuente: el autor

Se ha calculado la potencia máxima instalada por cada nivel del edificio, para los equipos de aire acondicionado

3.5.1 Diagrama unifilar de distribución principal del edificio

En la figura 3.12 muestra un plano del diagrama unifilar general de distribución y la capacidad del banco de transformadores trifásicos de (100/kva-13.8kv/127.220 V.) Se aprecia la acometida que alimenta al tablero de distribución principal del edificio de la Biblioteca, donde se derivan los tableros secundarios para cada piso que alimentaran a los circuitos de los aires acondicionados VRF

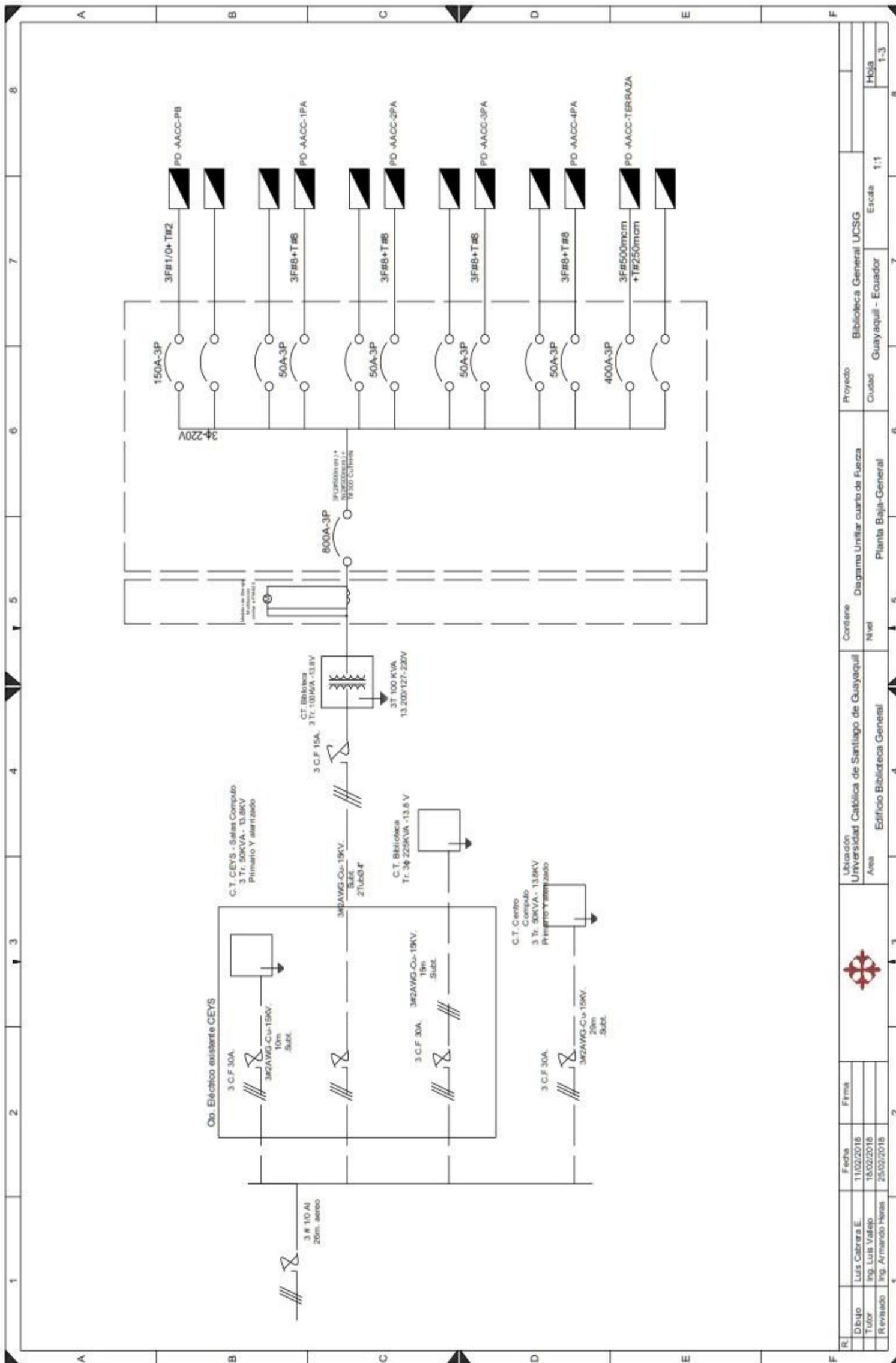


Figura 3. 12 Diagrama unifilar de distribución principal del edificio
Fuente: El autor

A continuación, la figura 3.13 muestra el tablero de distribución principal del edificio con sus respectivos acometida y breaker principal.



Figura 3. 13 Tablero de distribución de principal
Fuente. El autor

3.5.2 Diagrama unifilar secundario de aires acondicionados por pisos.

A continuación, en la figura 3.14 se muestra el plano del diagrama unifilar de los tableros de distribución por cada piso, que energizaran a los equipos de aire acondicionado con sus respectivas características de conductores y protección.

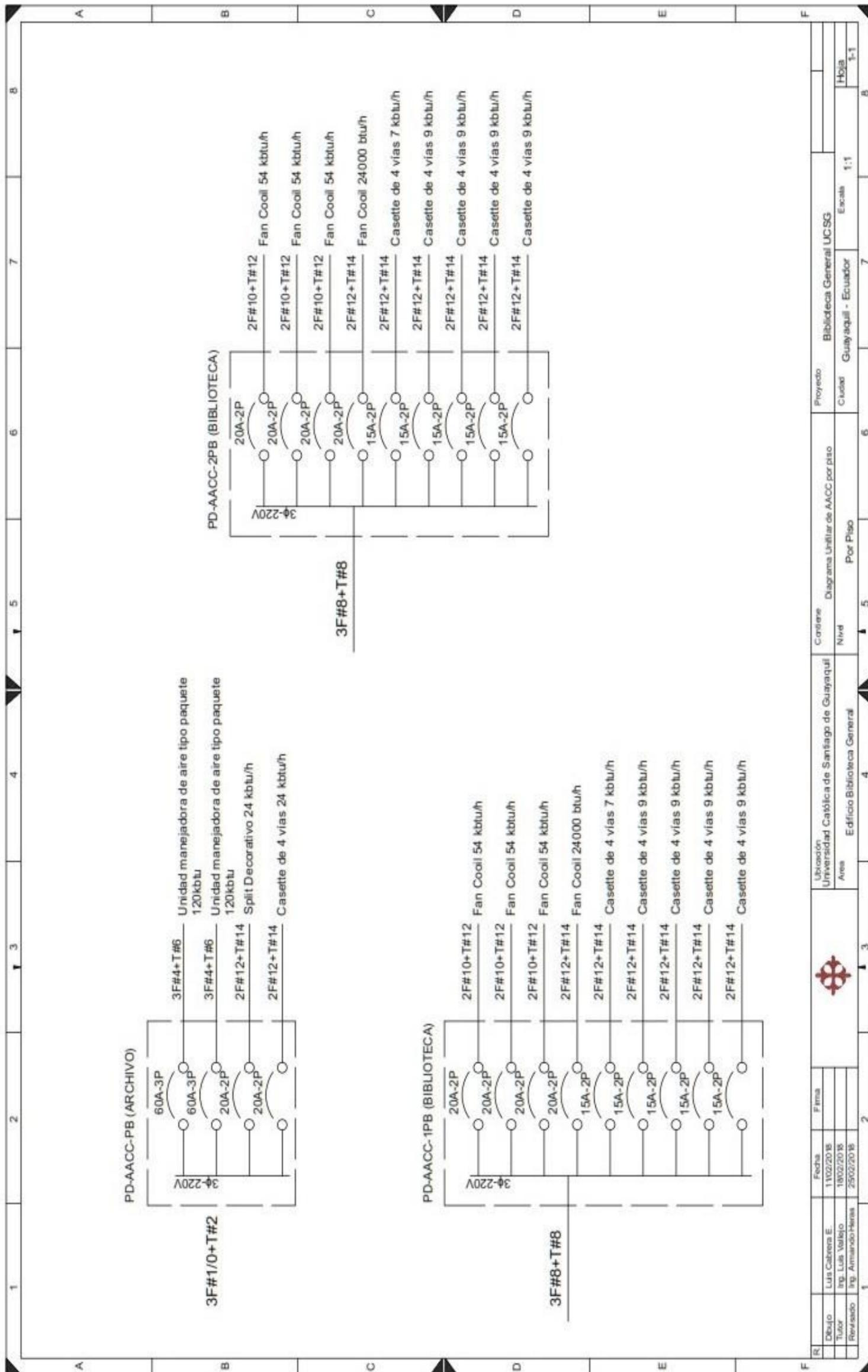


Figura 3. 14 Diagrama unifilar de los tableros de distribución por cada piso
Fuente: El autor

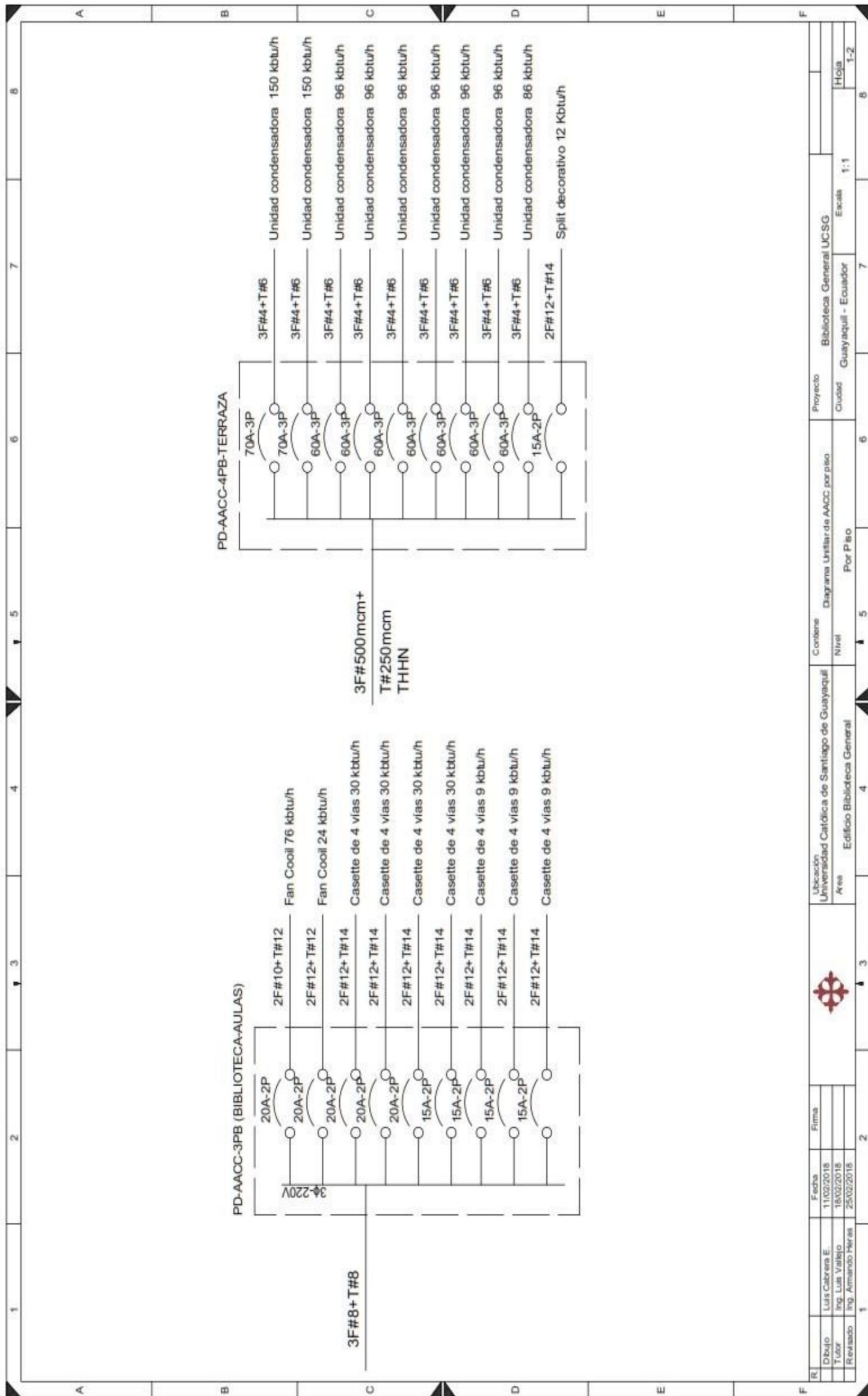


Figura 3. 15 Diagrama unitario de los tableros de distribución por cada piso
Fuente: El autor

Asimismo, en la figura 3.16 se puede ver los tableros de distribución secundarios que alimentan a diferentes circuitos por pisos del edificio y a los equipos de aire acondicionado.



Figura 3. 16 Tablero de distribución secundario
Fuente. El autor

3.6 Montaje de equipos

A continuación, en la figura 3.17 muestran el montaje de unidades interiores y exteriores de un sistema de climatización basado en VRF. Una instalación adecuada del sistema permite garantizar que la unidad funcione al 100% de su capacidad, considerando los parámetros de instalación de fábrica que provee el manual.

3.6.1 Instalación de unidad interior

- Los apoyos deben ser suficientemente fuertes.
- Los soportes deben ser de hilo completo.
- Los ganchos y sus diámetros deben ser 10mm.

En la figura 3.17 muestra el montaje de la unidad interior.



Figura 3. 17 Montaje de unidad interior
Fuente. El autor

Por tanto, deben adoptarse tuercas dobles para fijar la unidad interior debajo del techo. Empaque la unidad interior con una bolsa de plástico después de levantarla para protegerla del polvo.

En la figura 3.18 muestra la instalación de dispersores de aire.



Figura 3. 18 Instalación de dispersores de aire
Fuente. El autor

3.6.2 Instalación de unidad exterior

Al instalar unidades exteriores modulares o individuales, se recomienda conectar una unidad de aire fresco a una unidad exterior modular con una capacidad interior de hasta el 100% en comparación con la unidad exterior instala más de uno. Las unidades de aire fresco en un sistema al aire libre (ya sea modular o sistema de combinación). A continuación, en la figura 3.18 se puede ver las distancias mínimas de la unidad interior a la pared.

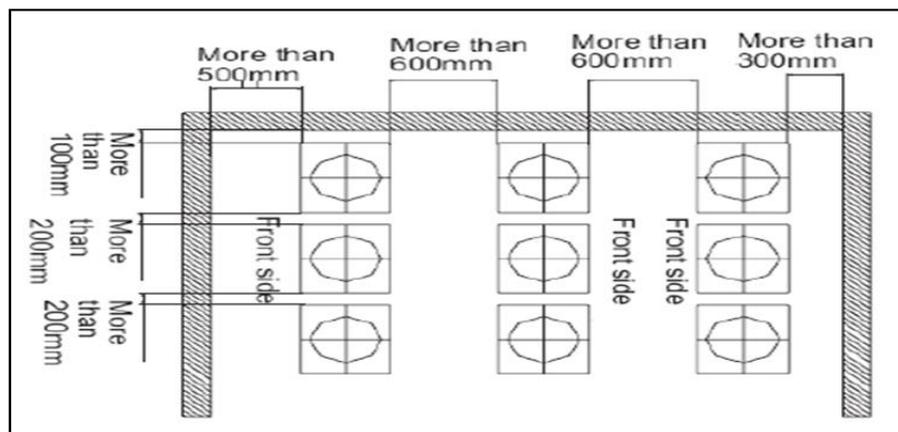


Figura 3. 19 Distancias mínimas de la unidad interior a la pared
Fuente. El autor

Tener en cuenta las siguientes precauciones:

- La unidad debe colocarse lejos del lugar inflamable, explosivo o aceitoso.
- El ruido y el aire de salida no deben afectar a los vecinos.
- Debe haber espacio suficiente para la entrada de aire, la salida de aire y el mantenimiento alrededor de la unidad. Ventilación fluida y buena liberación de calor. Si hay un obstáculo encima de la unidad, debe estar a más de 2 m de la salida de aire, o debe haber un conducto extendido.
- El piso y el soporte de acero deben ser lo suficientemente fuertes para soportar 1.5 veces más que el peso de la unidad. El piso y el soporte de acero deben ser horizontales.
- El piso debe ser más de 100 mm más alto que el suelo, y debe haber un drenaje alrededor para asegurar que la unidad no se sumerja en el agua.
- La unidad debe fijarse firmemente con el cojín anti vibración.
- El exterior debe estar lo más cerca posible del interior. Acortar la tubería y disminuir la curva de la tubería. La longitud del tubo no puede exceder el rango permitido.
- Intente instalar las unidades exteriores en el mismo nivel horizontal, incluso si se permite un nivel diferente para las unidades exteriores en el manual de servicio.



Figura 3. 20 Instalación de la unidad exterior

Fuente. El autor

3.6.3 Instalación de tubería de refrigerante

Para almacenar los tubos de cobre:

- Se usarán tuberías pronto, la boquilla debe sellarse con una bolsa de plástico o cinta.
- Si las tuberías se almacenarán durante mucho tiempo, las tuberías deben cargarse en nitrógeno de 0,2 ~ 0.5MPa y la boquilla debe sellarse mediante soldadura.

Debe cortar el tubo de derivación y el tubo del distribuidor en el centro de cada sección. Véase la figura 3.21.

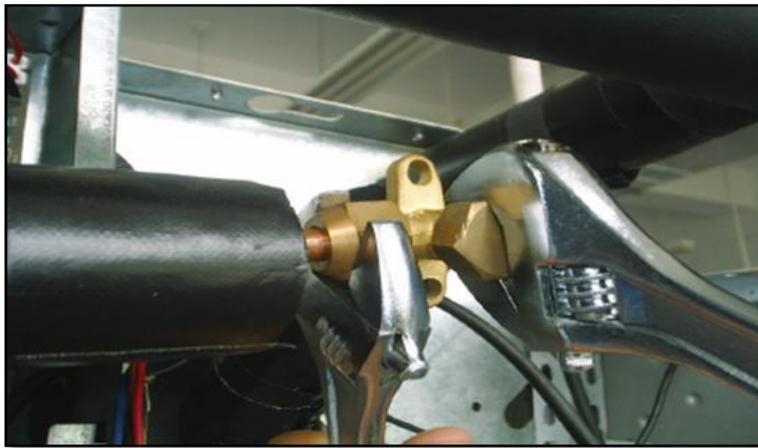


Figura 3. 21 Instalación de tubería de refrigerante
Fuente. El autor

Para la conexión, hay que tener en consideración las siguientes:

- Debe utilizarse nitrógeno para evitar la soldadura fuerte de escoria.
- La presión del nitrógeno cargado es de 0,2 bar.
- Dejar solo una salida donde se encuentra el punto de soldadura fuerte. Las otras ramas deben estar selladas.

No obstante, cuando la tubería de líquido y la tubería de gas se cuelgan juntas y se determina por el diámetro de la tubería de líquido. En la figura 3.22 puede apreciar el sistema de anclaje y el aislamiento térmico.



Figura 3. 22 Sistema de anclaje y aislamiento térmico

Fuente. El autor

- Debe cubrir el aislamiento térmico después de la unión de la tubería y antes de colocar la tubería en la posición.
- Las especificaciones de espesor de aislamiento térmico.
- Enlace la cinta para proteger el aislamiento.

El trabajo de aislamiento debe realizarse en cada parte de las tuberías de refrigerante.

En la figura 3.23 se aprecia el anclaje de tubería.



Figura 3. 23 Drenaje con bomba

Fuente. El autor

3.6.4 Vacío y carga de refrigerante adicional

Hacer un vacío a un equipo de aire acondicionado es de suma importancia, ya que esto contribuye con el rendimiento del aire acondicionado y evita posibles fallas que aparezcan por la humedad en el sistema o gases producidos al instante de soldar, estos son expulsados a través de este trabajo dejando al equipo en una presión negativa

y será reemplazada por refrigerante al momento de romper este vacío (inyectar el gas refrigerante) y comenzar el proceso de carga. Véase en la figura 3.24 al respecto.

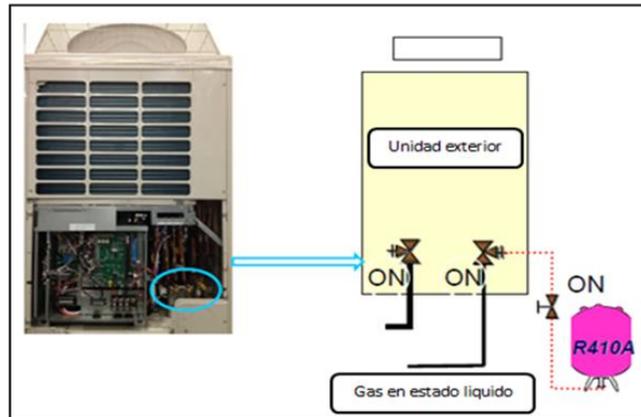


Figura 3. 24 Carga de refrigerante adicional

Fuente: El autor

El correcto funcionamiento de un aire acondicionado cargado con refrigerante depende de la cantidad de refrigerante que tenga. Una apropiada dimensión de las líneas de refrigerante protege al compresor de posibles daños, siempre se debe confirmar la carga adecuada al equipo.

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 4 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMA VRF

4.1 Selección de equipos de aire con software VRF

A continuación, se muestran los aspectos técnicos de selección de equipos para aire acondicionado, como propuesta del sistema de climatización eficiente para la nueva biblioteca general de la UCSG. Pues, se elaboran tablas con características del equipamiento, como así también, se determina el modelo del dispositivo, capacidad de unidades interiores y exteriores del sistema de climatización mencionado.

No obstante, en la mayoría de las tablas se muestra la imagen del equipo y dispositivo, se plantea también diagramas de conexión de las unidades fan coil, compresores y unidades de evaporación, se muestra dicha selección por cada piso del edificio. En la tabla 4.1 muestra los valores de temperatura, según la estación de verano y los parámetros del diseño interior.

Tabla 4. 1 Valores de temperatura, según la estación de verano y los parámetros de diseño

Verano	Presión atmosférica de verano	101.33	kPa
	Temperatura exterior de bulbo seco al aire libre.	33	°C
	Temperatura exterior de bulbo húmedo al aire libre.	12	°C
Altitud		9	m
Parámetros de diseño interior			
Parámetros de Diseño interior			
Temperatura interior de bulbo seco en verano.		22	°C
Temperatura interior de bulbo húmedo en verano.		15.35	°C

Fuente: el autor

En la tabla 4.2 muestra los modelos de unidades interiores y exteriores, como así también la cantidad de unidades utilizadas para este proyecto. También, se menciona la cantidad de derivaciones de tuberías (Branch pipe), termostatos digitales para control de temperatura de cada unidad evaporativa y un control centralizado para el manejo del sistema de climatización del edificio.

Tabla 4. 2 Modelos de unidades para interiores y exteriores

Modelo	Marca	Tipo	Precio ()	Unidad	Cantidad	Precio ()
ODU						
AVWT-190U9SZ	Hisense	M Series	/	PC	3	/
AVWT-86U9SR	Hisense	M Series	/	PC	1	/
IDU						
AVC-07UR2SAB	Hisense	Compact 4-Way Cassette	/	PC	2	/
AVC-09UR2SAB	Hisense	Compact 4-Way Cassette	/	PC	11	/
AVC-30UX2SFB	Hisense	4-Way Cassette	/	PC	4	/
AVD-24UX2SBL	Hisense	Ceiling Ducted (Low ESP)	/	PC	4	/
AVD-54UX2SDH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	/	PC	6	/
AVD-76UX2SFH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	/	PC	1	/
Tubo ramificado						
HFQ-102F	Hisense		/	PC	15	/
HFQ-162F	Hisense		/	PC	4	/
HFQ-242F	Hisense		/	PC	5	/
HFQ-M22F	Hisense		/	PC	3	/
Controlador cableado						
HYXE-M01H	Hisense		/	PC	28	/
Equipo de control central						
HYJM-S01H	Hisense		/	PC	1	/

Fuente: el autor

Luego, en la tabla 4.3 muestra los modelos de tubos de cobre y cantidad de refrigerante.

Tabla 4. 3 Modelos de tubos de cobre y refrigerante

Modelo	Marca	Tipo	Precio ()	Unidad	Cantidad	Sum Price ()
Tubo de cobre						
Φ1			/	m	11	/
Φ1 1/8			/	m	73	/
Φ1/2			/	m	70	/
Φ1/4			/	m	59	/
Φ3/4			/	m	41	/
Φ3/8			/	m	160	/
Φ5/8			/	m	183	/
Φ7/8			/	m	9	/
Refrigerante						
R410A			/	kg	23.4	/
Total					0	

Fuente: el autor

En la 4.3 se observa el diámetro y longitud de recorrido de tuberías de cobre que se usó para este proyecto; como así también se observa la cantidad de refrigerante R-410, adicional al sistema propuesto.

4.2 Características y parámetros de equipos VRF

Las características y parámetros técnicos de los equipos utilizados en el proyecto determinan la cantidad de unidades evaporadoras y condensadoras que se necesita en un sistema VRF, los cuales están clasificados en cuatro sistemas: (Paez, 2017)

- Sistema PC-1.-sistema de climatización de pasillos.
- Sistema PC-2.-sistema de climatización de 1er piso alto.
- Sistema PC-3.- sistema de climatización de 2do piso alto.
- Sistema PC-4- sistema de climatización de 3er piso alto.

A continuación, en la tabla 4.4 muestra los datos y/o información de la unidad condensadora VRF del sistema PC-1 que funcionaran en conjunto con las unidades

interiores climatizando los pasillos de acceso a los ascensores y escaleras del edificio de la Biblioteca General de la UCSG.

Tabla 4. 4 Parámetros del Sistema PC-1 de la unidad condensadora VRF

Información del Sistema			
Número total de habitaciones	4	Área de Acondicionado (m ²)	0
ODU Madelo	AVWT-86U9SR	IDU n	4
Capacidad enfriamient(kBtu/h)	85.99	Capacidad calefacción(kBtu/h)	92.13
Capacidad Enfriamient (kBtu/h)	288.37	Capacidad Calentura(kBtu/h)	498.99
Relación de coincidencia	113%	Relación coincidencia corregida	26%
*Refrigerante adicional (kg)	3.4		
Max longitud de tubo (m)	34	Altura Max (m)	15
Sistema EER	4.38	Sistema COP	4.6

Fuente: el autor

Luego, la tabla 4.5 muestra características de unidad exterior del sistema PC-1

Tabla 4. 5 Características de la unidad exterior del sistema PC-1



ODU Modelo	AVWT-86U9SR		
Combinación de módulos			
Capacidad de enfriamiento nominal (kBtu/h)	85.99	Capacidad de calefacción nominal (kBtu/h)	92.13
Entrada de potencia de enfriamiento nominal (kW)	6.36	entrada de potencia de calefacción (kW)	6.28
Tubería de gas de alta presión (")	0		
Tubería de gas (")	0.75	Tubo de líquido (")	0.38
Tipo de fuente de alimentación	220V trifásico	Frecuencia de alimentación	60Hz
EER	3.96	COP	4.3
Número máximo de IDU	13	Peso(kg)	208
Tipo de refrigerante	R410A	Ruido (dB)	58
Dimensión exterior (HxWxD) (mm)	1720x950x750		

Fuente: el autor

A continuación, se detalla en la tabla 4.6 y 4.7 las características y parámetros de las unidades interiores del edificio tipo fancoil que climatizaran los pasillos y escaleras de los cuatro niveles de la biblioteca.

Tabla 4. 6 Características de las unidades de interiores del sistema PC-1

Piso	Cuarto	Carga de enfriamiento de la sala (kBtu/h)	Nombre	IDU Modelo	Capacidad de refrigeración / calefacción corregida (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible corregida (kBtu/h)
Floor 1	Room 1	0	IDU-1	AVD-24UX2SBL	18.45/26.96	14.69
Floor 2	Room 2	0	IDU-2	AVD-24UX2SBL	18.45/26.96	14.69
Floor 3	Room 3	0	IDU-3	AVD-24UX2SBL	18.45/26.96	14.69
Floor 4	Room 4	0	IDU-4	AVD-24UX2SBL	18.45/26.96	14.69

Fuente: el autor

En la tabla 4.7 se observa la capacidad de enfriamiento, el número de habitaciones y se detalla los modelos de los equipos.

Tabla 4. 7 Parámetros de unidad interior del sistema PC-1

Nombre	IDU Modelo	Tipo	Capacidad nominal de enfriamiento / calentamiento (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible nominal (kBtu/h)	Entrada de potencia nominal (kW)	Volumen de Aire (CFM)	Presión Estática (kPa)
IDU-1	AVD-24UX2SBL		24.23/29	16.96	0.19	565.03/494.41/4 23.78	0.03/0
IDU-2	AVD-24UX2SBL		24.23/29	16.96	0.19	565.03/494.41/4 23.78	0.03/0
IDU-3	AVD-24UX2SBL		24.23/29	16.96	0.19	565.03/494.41/4 23.78	0.03/0
IDU-4	AVD-24UX2SBL		24.23/29	16.96	0.19	565.03/494.41/4 23.78	0.03/0
Nombre	IDU Modelo	Tipo	Tubo de gas / líquido (")	Tubo condensador (")	Peso (kg)	Ruido (dB)	Dimensión externa (HxWxD) (mm)
IDU-1	AVD-24UX2SBL		5/8, 3/8	1.26	35	30	270x975x720
IDU-2	AVD-24UX2SBL		5/8, 3/8	1.26	35	30	270x975x720
IDU-3	AVD-24UX2SBL		5/8, 3/8	1.26	35	30	270x975x720
IDU-4	AVD-24UX2SBL		5/8, 3/8	1.26	35	30	270x975x720

Fuente: el autor

Mediante la tabla 4.7 se puede observar los parámetros de las cuatro unidades fan coil del sistema PC-1 que distribuyen el flujo de aire a los pasillos y escaleras.

El software ayuda a determinar de forma segura la capacidad de enfriamiento de la unidad condensadora mediante varios cálculos que este programa lo requiere. A continuación, en las tablas 4.8 y 4.9 se muestran los parámetros y características de la unidad condensadora VRF que estará conectada con las unidades interiores de

diferentes características como son los cassettes y fan coils, esta misma unidad condensadora se la requiere en tres niveles del edificio como se detalla a continuación:

- Sistema PC-2.-sistema de climatización de 1er piso alto.
- Sistema PC-3.- sistema de climatización de 2do piso alto.
- Sistema PC-4- sistema de climatización de 3er piso alto.

En la tabla 4.8 se detalla capacidades de enfriamiento real, relación de coincidencia, longitud máxima del tubo etc., para la unidad condensadora.

Tabla 4. 8 Parámetros del Sistema de unidad condensadora VRF

Información de Sistema			
Numero de Cuartos Disponibles	1	Área de aire acondicionado (m ²)	0
ODU modelo	AVWT-190U9SZ	IDU números	8
Capacidad de enfriamiento nominal (kBtu/h)	191.08	Capacidad de calefacción nominal (kBtu/h)	214.96
Capacidad de enfriamiento real (kBtu/h)	131.97	Capacidad de calentamiento real (kBtu/h)	236.31
Relación de coincidencia	110%	Relación de coincidencia corregida	122%
* Refrigerante adicional cargado (kg)	8.2		
Longitud máxima del tubo (m)	48	Altura Max (m)	12
Sistema EER	3.83	Sistema COP	4.49

Fuente: el autor

La tabla 4.9 detalla información de las condiciones de operación de la unidad condensadora VRF.

Tabla 4. 9 Características de las unidades interiores del sistema VRF



ODU modelo	AVWT-190U9SZ		
Parámetros de la unidad exterior	AVWT-96U9SR, AVWT-96U9SR		
Capacidad de enfriamiento nominal (kBtu/h)	191.08	Capacidad de calefacción nominal (kBtu/h)	214.96
Entrada de potencia de enfriamiento nominal (kW)	15.3	Potencia nominal de calefacción de entrada (kW)	15.52
Tubería de gas de alta presión (")	0		
Tubería de gas (")	1.13	Tubo de líquido (")	0.63
Tipo de fuente de alimentación	220V trifásico	Frecuencia de alimentación	60Hz
EER	3.66	COP	4.06
Máximo número de IDU	33	Peso (kg)	420
Tipo de refrigerante	R410A	Ruido (dB)	61
Dimensión Externa(HxWxD) (mm)	1720x2100x750		

Fuente: el autor

Mediante el software Hisense VRF se ha podido obtener reportes de selección de equipamiento de las unidades evaporadoras de diferentes tipos. En las tablas 4.10 y 4.11 se explican las características y los parámetros de estas unidades interiores, según su diseño que climatizaran las diferentes oficinas, cubículos y salas de lectura del 1er piso y 2do piso, denominados de la siguiente manera según reporte del software:

- Sistema PC-2.-sistema de climatización de 1er piso alto.
- Sistema PC-3.- sistema de climatización de 2do piso alto

Tabla 4. 10 Característica de unidades interiores del sistema VRF

Piso	Cuarto	(Carga de enfriamiento de la sala kBtu/h)	Nombre	IDU Modelo	Capacidad de refrigeración / calefacción corregida (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible corregida (kBtu/h)
Floor 2	Room 5	0	IDU-1	AVC-07UR2SAB	5.81/8.87	5.01
Floor 2	Room 5	0	IDU-2	AVD-54UX2SDH	41.68/56.98	33.92
Floor 2	Room 5	0	IDU-3	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 2	Room 5	0	IDU-4	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 2	Room 5	0	IDU-5	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 2	Room 5	0	IDU-6	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 2	Room 5	0	IDU-7	AVD-54UX2SDH	41.68/56.98	33.92
Floor 2	Room 5	0	IDU-8	AVD-54UX2SDH	41.68/56.98	33.92

Fuente: el autor

A continuación, en la tabla 4.11 se muestra el listado de diferentes tipos de unidades interiores tipo fan coil y cassette con sus respectivos modelos y especificaciones técnicas que requiere este proyecto, como lo determina el reporte dado por el software de acuerdo a la capacidad de enfriamiento sensible nominal, volumen de aire, presión estática etc., criterios que determinan la demanda de carga térmica requerida en las diferentes áreas del 1er piso y el 2do piso del edificio de la biblioteca general de la UCSG.

Tabla 4. 11 Parámetros de unidades interiores del sistema VRF.

Nombre	IDU Modelo	Tipo	Capacidad nominal de enfriamiento / calentamiento (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible nominal (kBtu/h)	Entrada de potencia nominal (kW)	Volumen de Aire (CFM)	Presión estática (kPa)
IDU-1	AVC-07UR2SAB		7.51/9.55	5.93	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-2	AVD-54UX2SDH		54.59/61.42	38.22	0.43	1265.44/1059.44/912.3	0.12/0.09
IDU-3	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-4	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-5	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-6	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-7	AVD-54UX2SDH		54.59/61.42	38.22	0.43	1265.44/1059.44/912.3	0.12/0.09
IDU-8	AVD-54UX2SDH		54.59/61.42	38.22	0.43	1265.44/1059.44/912.3	0.12/0.09

Nombre	IDU Modelo	Tipo	Tubo de gas / líquido (")	Tubo de condensación (")	Peso (kg)	Ruido (dB)	Dimensión Externa(HxWxD) (mm)
IDU-1	AVC-07UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-2	AVD-54UX2SDH		5/8, 3/8	1.26	58	37	350x1375x800
IDU-3	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-4	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-5	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-6	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-7	AVD-54UX2SDH		5/8, 3/8	1.26	58	37	350x1375x800
IDU-8	AVD-54UX2SDH		5/8, 3/8	1.26	58	37	350x1375x800

Fuente: el autor

Teniendo en cuenta el reporte del software Hisense VRF, se determina el último sistema reportado del equipamiento de las unidades interiores de diferentes tipos, cassettes y fan coil que climatizaran las diferentes áreas del 3er piso denominado de la siguiente manera según reporte del software:

- Sistema PC-4- sistema de climatización de 3er piso alto.

Tabla 4. 12 Características de las unidades interiores del sistema VRF

Piso	Cuarto	Carta de enfriamiento de la sala (kBtu/h)	Nombre	IDU Modelo	Capacidad de refrigeración /calefacción corregida (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible corregida (kBtu/h)
Floor 4	Room 7	0	IDU-1	AVC-76UX2SFB	58.19/78.82	46.22
Floor 4	Room 7	0	IDU-2	AVC-09UR2SAB	41.68/56.98	33.92
Floor 4	Room 7	0	IDU-3	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 4	Room 7	0	IDU-4	AVC-09UR2SAB	7.4/10.58	6.26
Floor 4	Room 7	0	IDU-5	AVC-30UX2SFB	23.08/31.73	20.26
Floor 4	Room 7	0	IDU-6	AVC-30UX2SFB	23.08/31.73	20.26
Floor 4	Room 7	0	IDU-7	AVC-30UX2SFB	23.08/31.73	20.26
Floor 4	Room 7	0	IDU-8	AVC-30UX2SFB	23.08/31.73	20.26

Fuente: el autor

Como se puede apreciar en la tabla 4.12 muestra la cantidad de unidades interiores detalladas con sus modelos y capacidades que requiere este diseño correspondiente al 3er piso del edificio.

A continuación, en la figura 4.13 se muestran las capacidades de enfriamiento sensible nominal, volumen de aire, presión estática etc., criterios que determinan la demanda de carga térmica parámetros de funcionamiento de las unidades mencionadas.

Tabla 4. 13 Parámetros de las unidades exteriores del sistema PC-4

Nombre	IDU Modelo	Tipo	Capacidad Nominal de enfriamiento (kBtu/h)	Capacidad de enfriamiento sensible nominal (kBtu/h)	Entrada de potencia nominal (kW)	Volumen de aire (CFM)	Presión estática (kPa)
IDU-1	AVD-76UX2SFH		76.43/85.3	54.25	1.03	2048.25/0/0	0.22/0
IDU-2	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-3	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-4	AVC-09UR2SAB		9.55/11.26	7.55	0.063	335.49/282.52/26.01	0/0
IDU-5	AVC-30UX2SFB		30.71/34.12	24.26	0.09	918.18/812.24/706.29	0/0
IDU-6	AVC-30UX2SFB		30.71/34.12	24.26	0.09	918.18/812.24/706.29	0/0
IDU-7	AVC-30UX2SFB		30.71/34.12	24.26	0.09	918.18/812.24/706.29	0/0
IDU-8	AVC-30UX2SFB		30.71/34.12	24.26	0.09	918.18/812.24/706.29	0/0
Nombre	IDU Modelo	Tipo	Tubo de gas líquido (")	Tubo condensado (")	Peso (kg)	Ruido (dB)	Dimension externa (HxWxD) (mm)
IDU-1	AVD-76UX2SFH		3/4, 3/8	1.26	96	52	470x1060x1120
IDU-2	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-3	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-4	AVC-09UR2SAB		1/2, 1/4	1.26	23	30	270x570x570
IDU-5	AVC-30UX2SFB		5/8, 3/8	1.26	26	32	298x840x840
IDU-6	AVC-30UX2SFB		5/8, 3/8	1.26	26	32	298x840x840
IDU-7	AVC-30UX2SFB		5/8, 3/8	1.26	26	32	298x840x840
IDU-8	AVC-30UX2SFB		5/8, 3/8	1.26	26	32	298x840x840

Fuente: el autor

Para la selección de equipamiento de los aires acondicionados de la planta baja y 4to piso del edificio de la biblioteca se determinó la selección de unidades de expansión directa tipos paquetes, de acuerdo al cálculo de carga térmica realizada por el software Elite CHVAC, cuya selección se detalla a continuación:

- Planta baja – dos unidades tipo paquete de 120.000 BTU
- Cuarto piso – dos unidades tipo paquete de 150.000 BTU

4.3 Diagrama de conexión de equipo y recorrido de tuberías

El Software Hisense VRF es una herramienta de diagramación esquemática y base de datos para diseñar el equipo involucrado en un sistema de climatización. Es el único programa de su tipo en el mundo. Un sistema complejo de Hisense a menudo involucra uno o más enfriadores, calderas, torres de enfriamiento, numerosos manejadores de aire, ventiladores, bobinas, bombas y más. Todos estos elementos de flujo de aire e hidráulicos deben seleccionarse y coordinarse cuidadosamente entre sí. La solución del software le permite arrastrar íconos detallados de estos componentes y colocarlos en la página y luego conectarlos con líneas de tubería esquemáticas. Cada uno de los componentes contiene datos de rendimiento y tamaño que se mantienen con el componente.

En la figura 4.1 se puede observar un diagrama unifilar de VRF del sistema PC-1 de recorrido de tuberías que especifica los diámetros de las mismas a lo largo del recorrido; como así también con las derivaciones de tuberías (Blanch pipe) y selección de unidades evaporadoras con su respectivo modelo, que fueron utilizados en este proyecto, en el cual se determinó la cantidad de unidades evaporadoras y condensadoras que se necesita en el sistema VRF, los cuales están clasificados en cuatro sistemas: (Perez Lima, 2017)

- Sistema PC-1- diagrama unifilar de VRF de los pasillos del edificio.
- Sistema PC-2- diagrama unifilar de VRF 1er piso alto.
- Sistema PC-3- diagrama unifilar de VRF 2do piso alto.
- Sistema PC-4- diagrama unifilar de VRF 3er piso alto.

La figura 4.1 muestra el diagrama unifilar del sistema PC-1 de refrigeración que climatiza los pasillos en los cuatro niveles del edificio de la biblioteca general de la UCSG

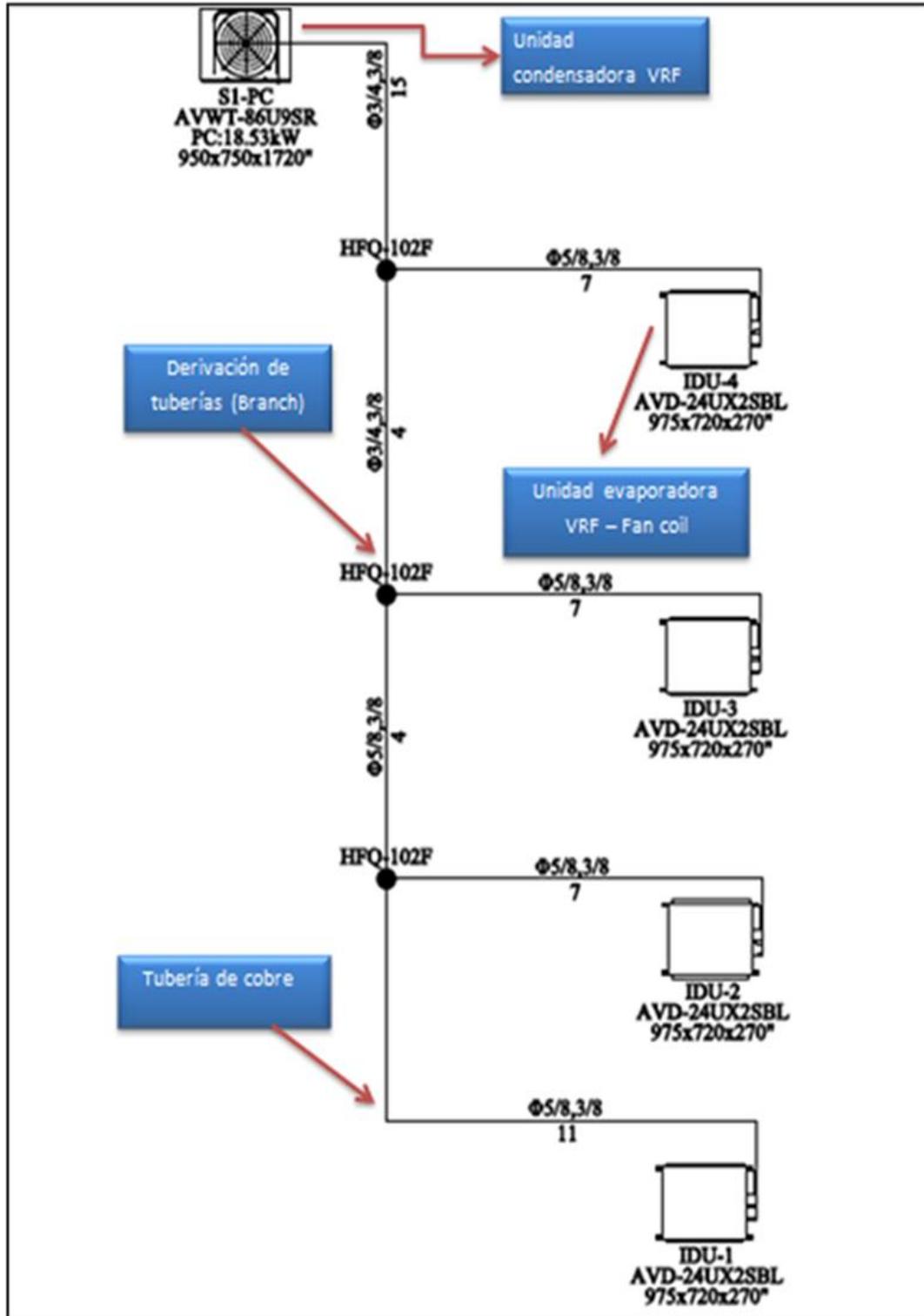


Figura 4 1 Diagrama unifilar de VRF de pasillos
Fuente: El autor

Luego, en la figura 4.2 se puede observar el diagrama unifilar del sistema PC-2 de refrigeración, que climatiza el 1er piso salón de lectura del edificio de la biblioteca general de la UCSG.

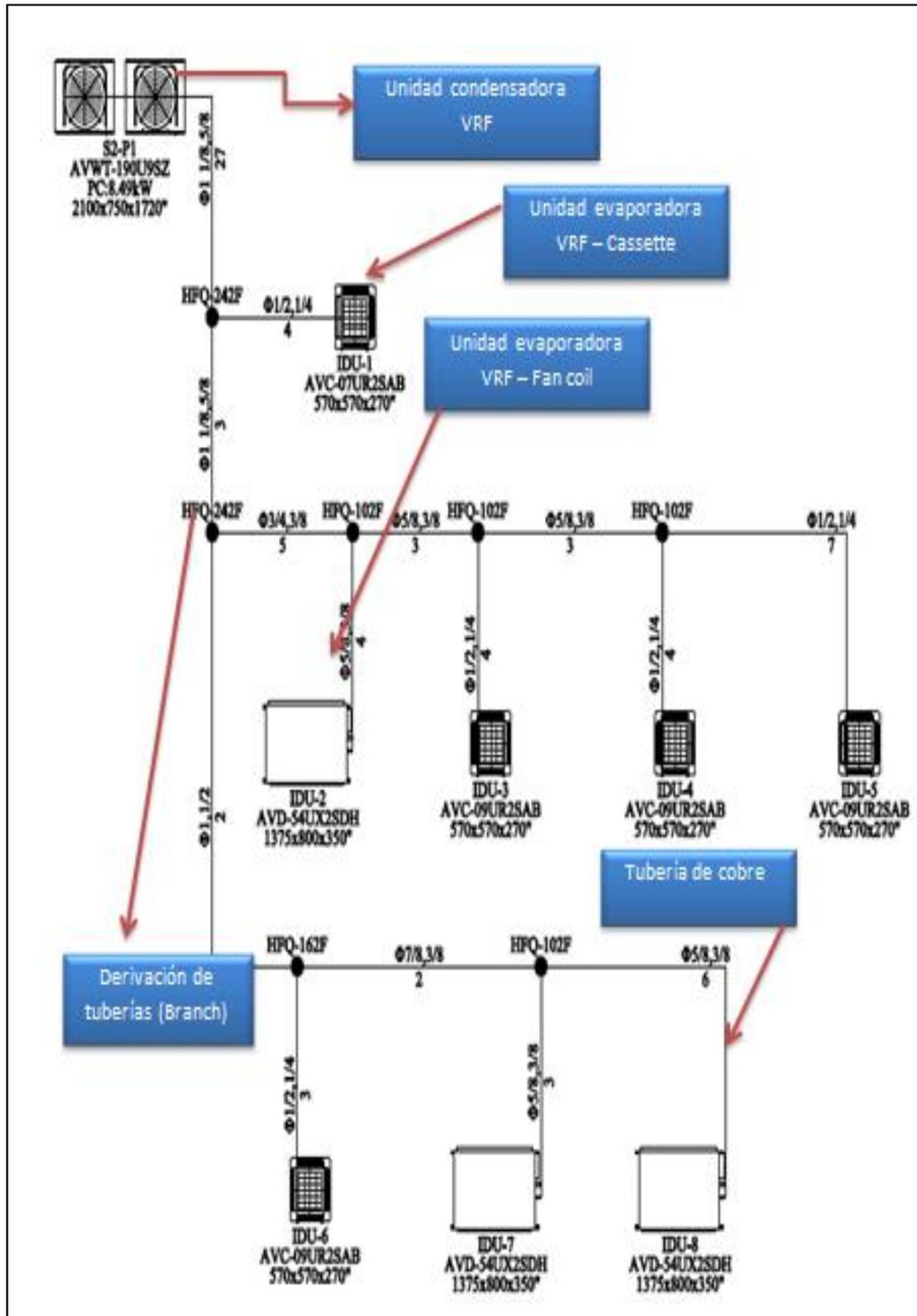


Figura 4.2 Diagrama unifilar de VRF del 1er piso alto de la biblioteca
Fuente: El autor

En cambio, la figura 4.3 muestra el diagrama unifilar del sistema PC-3 de refrigeración que climatiza el 1er piso salón de lectura del edificio de la biblioteca General de la UCSG.

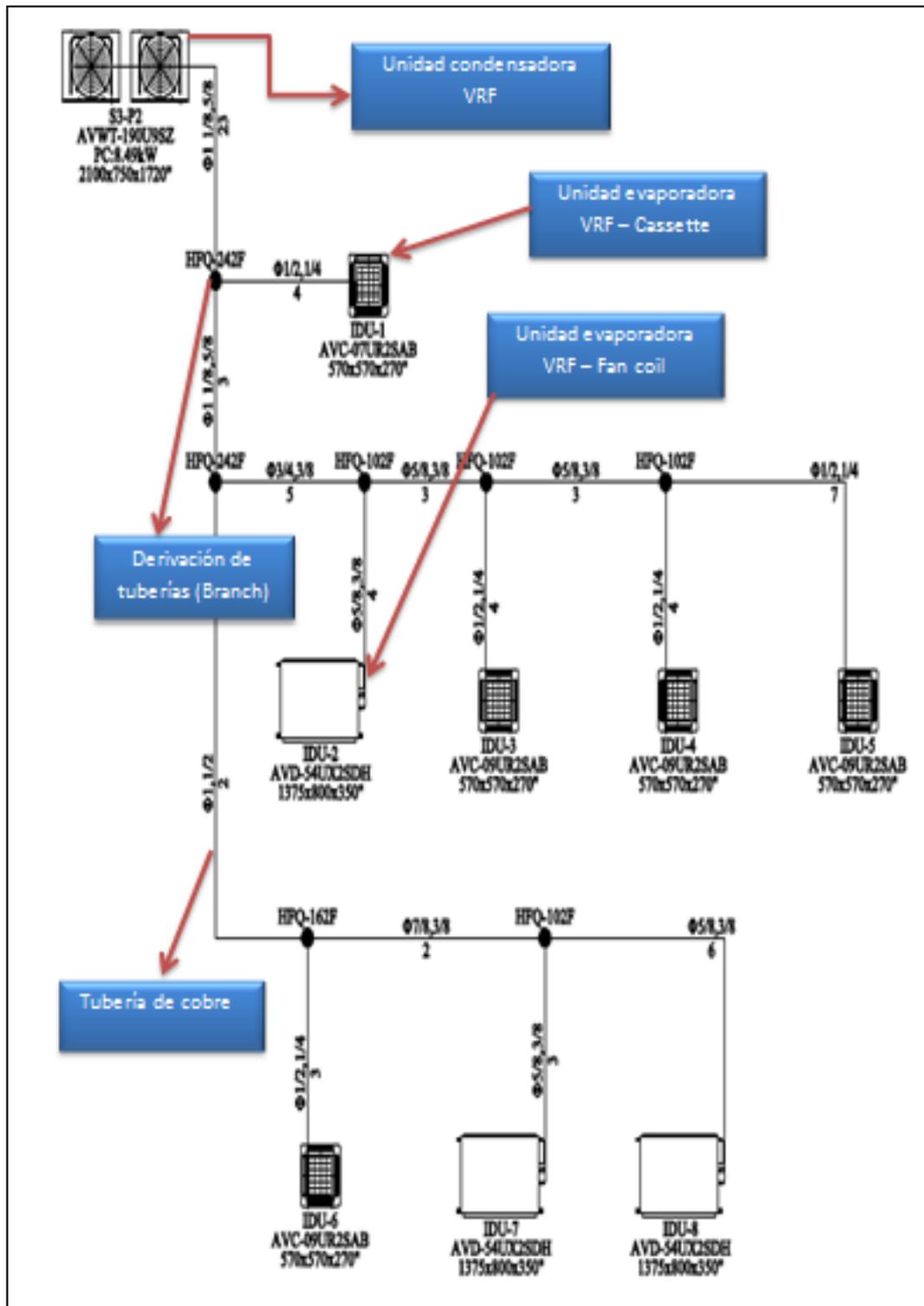


Figura 4.3 Diagrama unifilar de VRF de 2do piso alto
Fuente: El autor

Asimismo, en la figura 4.4 se puede observar el diagrama unifilar del sistema PC-4 de refrigeración VRF, que climatiza el 3er piso alto del edificio de la biblioteca General de la UCSG.

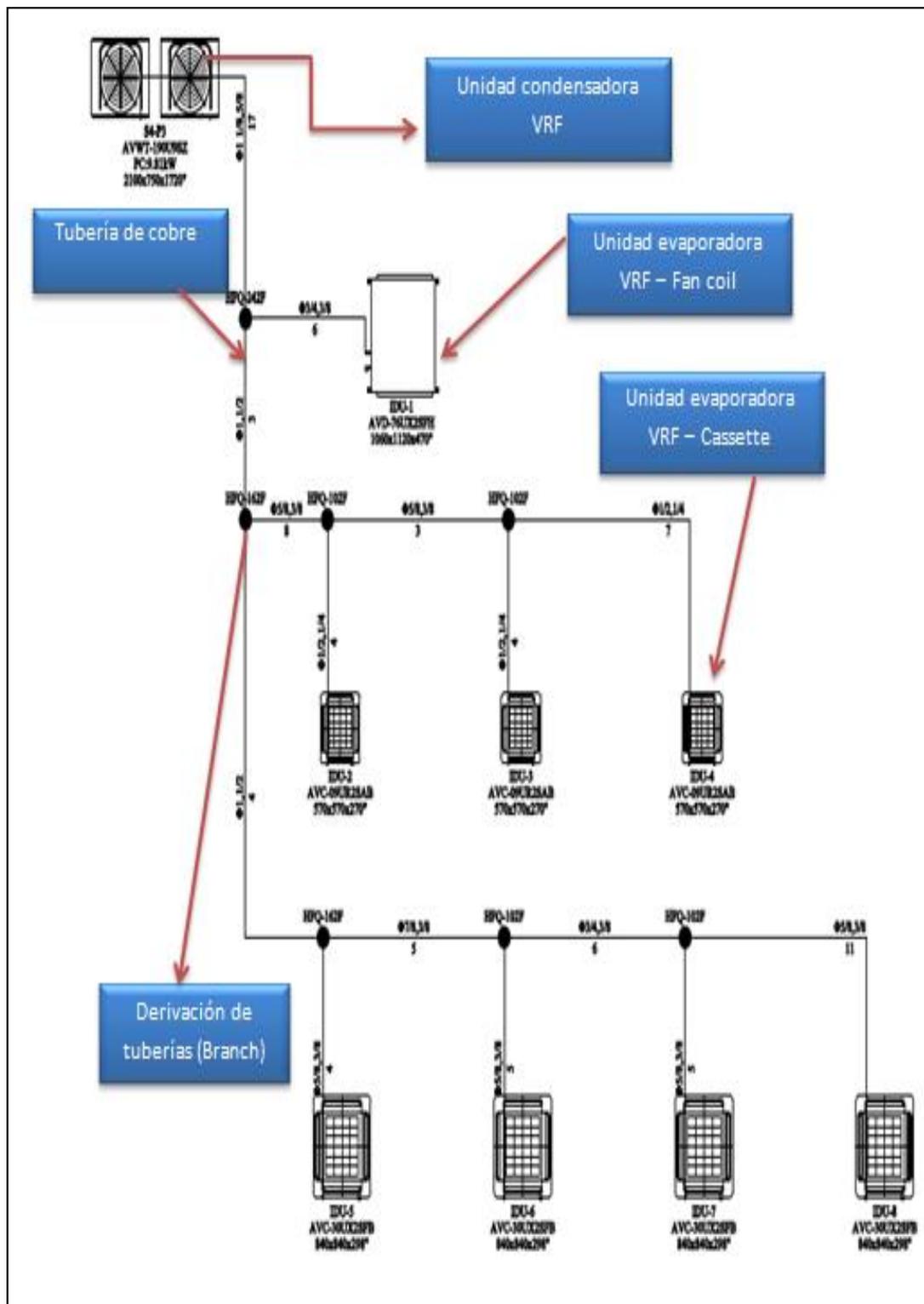


Figura 4 4 Diagrama unifilar de VRF de 3er piso alto de la biblioteca.
Fuente: El autor

4.4 Control centralizado IDU

El control centralizado IDU, es una fuente de datos especialmente diseñado para detectar automáticamente las condiciones de funcionamiento de los sistemas. Además, realiza monitoreo en tiempo real y se puede gestionar los parámetros del sistema, de resolución de problemas y el mantenimiento preventivo, obteniendo un informe técnico de códigos de fallas que presenta la unidad, en caso de cualquier daño que muestren las unidades de exteriores e interiores.

La figura 4.5 muestra el enlace del sistema centralizado IDU, con la unidad condensadora VRF que está enlazada con las unidades evaporadoras que a través de un software se obtiene el control y reporte, por medio de un computador.

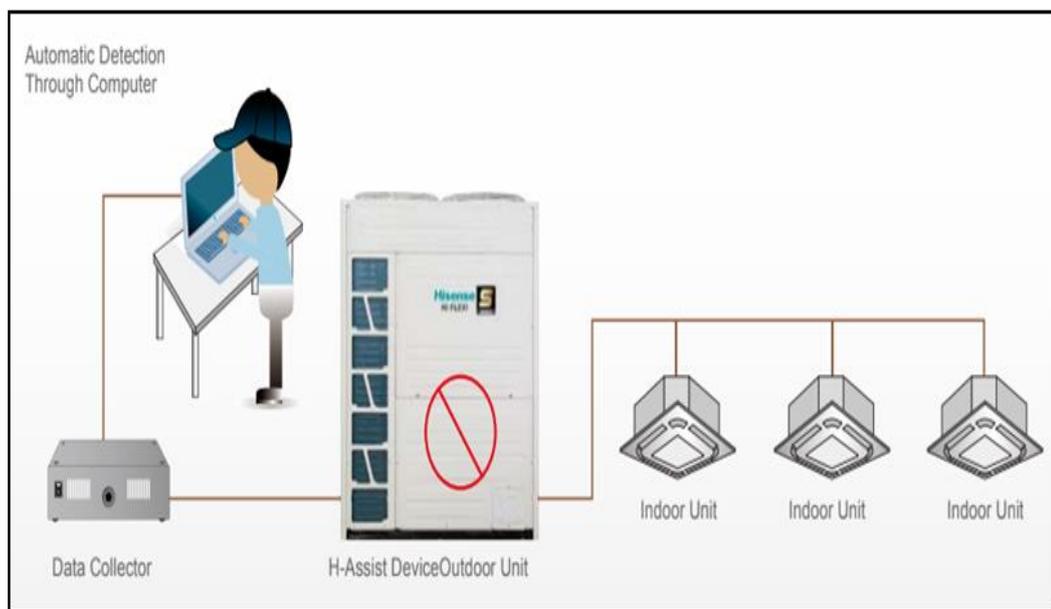


Figura 4.5 Enlace de control IDU con unidad condensadora
Fuente: El autor

Este control centralizado muestra un diseño de pantalla táctil de 7 pulgadas con alarma máxima de 160 historiales, que registra información técnica, soporte para múltiples idiomas. Además, puede controlar grupos de control remoto con un máximo de 64 unidades exteriores y 160 unidades interiores. Asimismo, se ajusta modo de control de energía limitando la temperatura y un ajuste de calendario semanal o mensual programado.

La figura 4.6 muestra la conexión de control centralizado IDU



Figura 4 6 Conexión de control centralizado IDU
Fuente. El autor

4.5 Diagrama de sistema de control centralizado IDU

En las siguientes figuras (4.7, 4.8, 4.9) se puede apreciar un diagrama unifilar del sistema de control automatizado IDU de encendido, apagado y control de temperatura de las unidades internas y externas con su respectivo modelo que se van a utilizar en este proyecto, en el cual se clasifican en cuatro sistemas:

- Sistema PC-1.- diagrama unifilar de control centralizado IDU de los pasillos.
- Sistema PC-2.- diagrama unifilar de control centralizado IDU 1er piso alto.
- Sistema PC-3.- diagrama unifilar de control centralizado IDU 2do piso alto.
- Sistema PC-4- diagrama unifilar de control centralizado IDU 3er piso alto.
- Sistema HY JM – S01H.- diagrama unifilar de control centralizado IDU de condensadoras, terraza del edificio.

La figura 4.7 muestra el diagrama unifilar del sistema PC-1 del control centralizado IDU, de los pasillos del edificio de la biblioteca general de la UCSG.

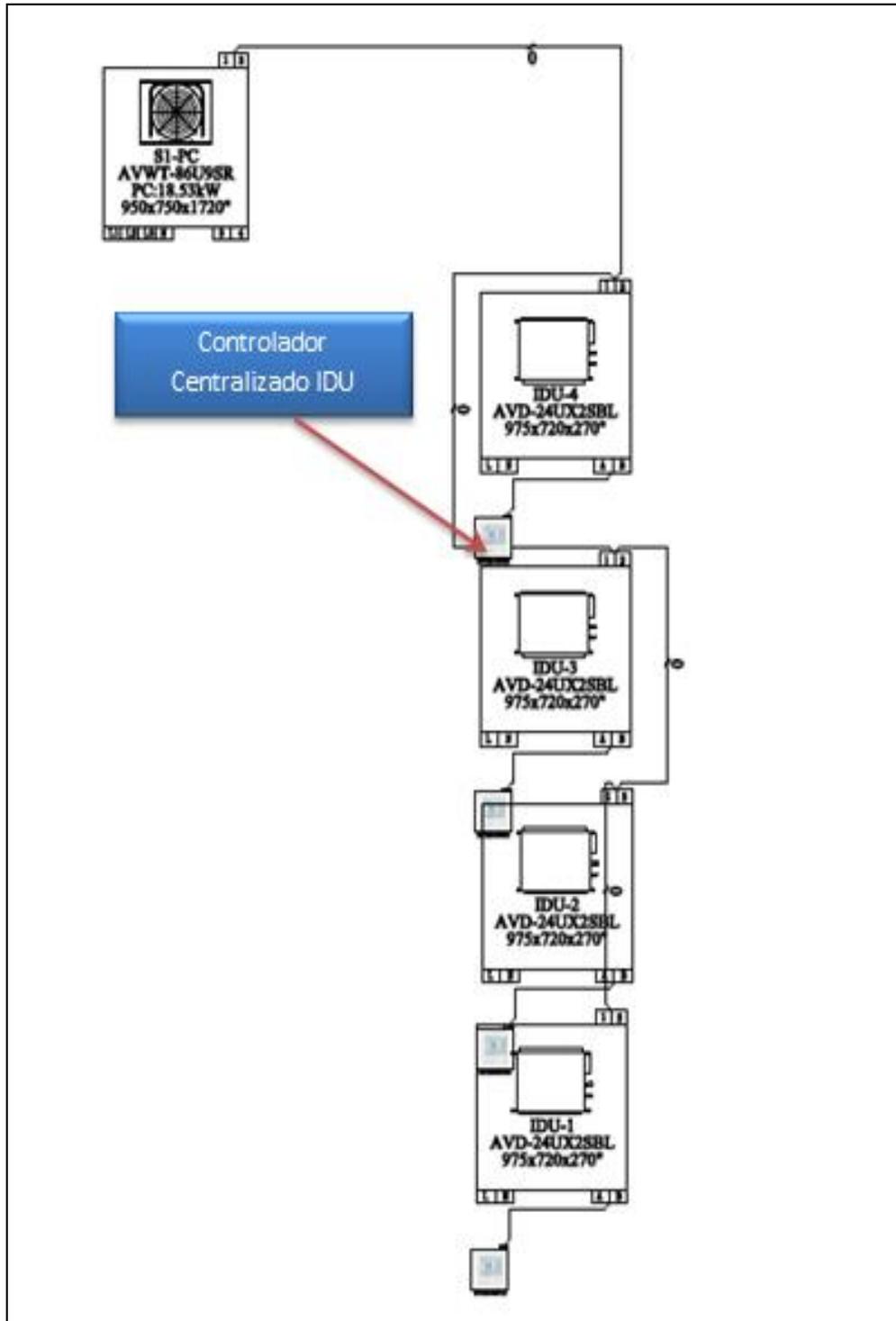


Figura 4.7 Sistema PC-1.- diagrama de control centralizado IDU de los pasillos
Fuente. El autor

En cambio, en la figura 4.8 se puede observar el diagrama unifilar del sistema PC-2 del control centralizado IDU, del 1er piso alto del edificio de la biblioteca general de la UCSG.

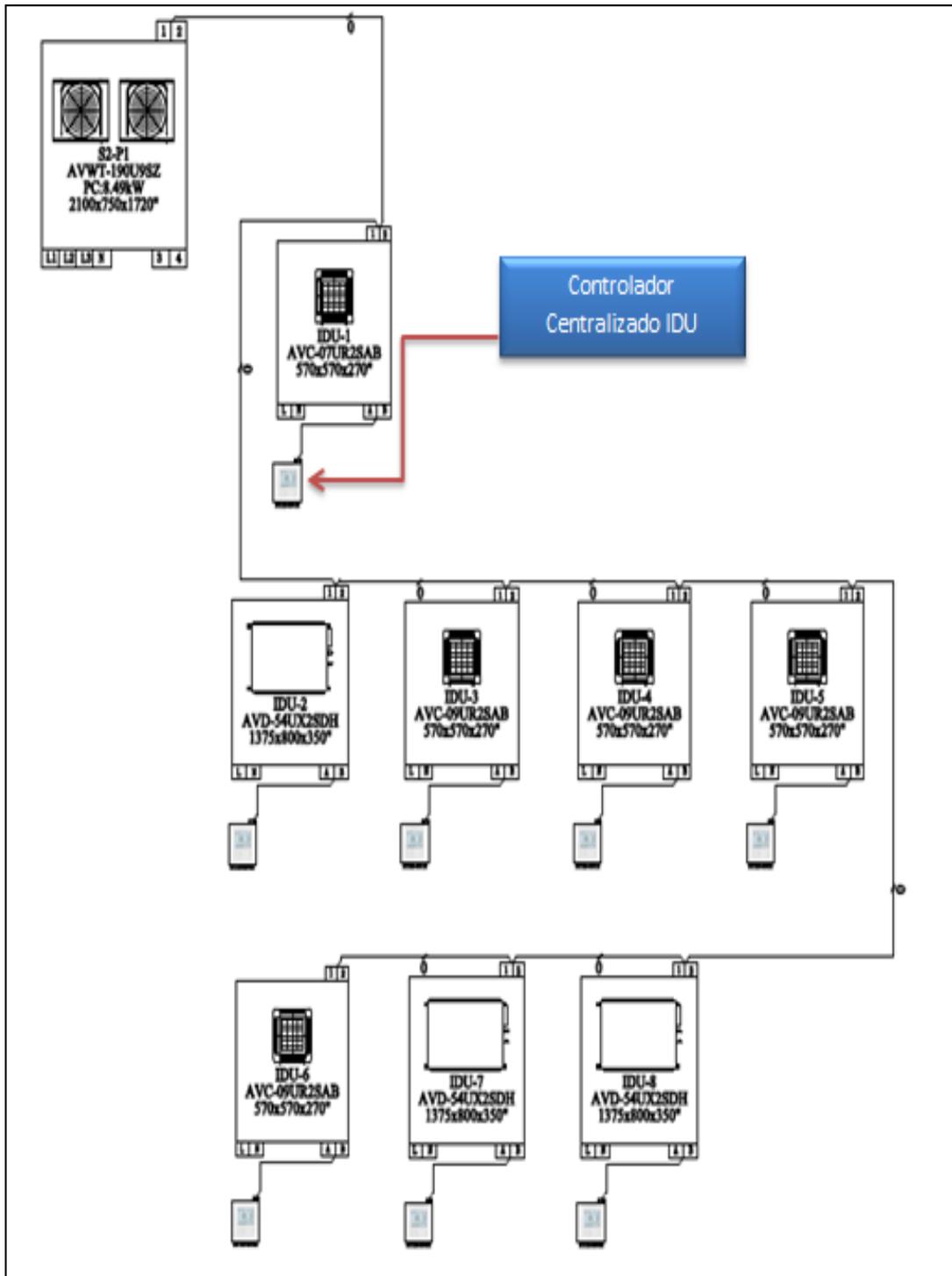


Figura 4 8 Sistema PC-2.- diagrama de control centralizado IDU 1er piso alto
Fuente: El autor

Asimismo, en la figura 4.9 se puede observar el diagrama unifilar del sistema PC-3 del control centralizado IDU del 2do piso alto del edificio de la biblioteca General de la UCSG.

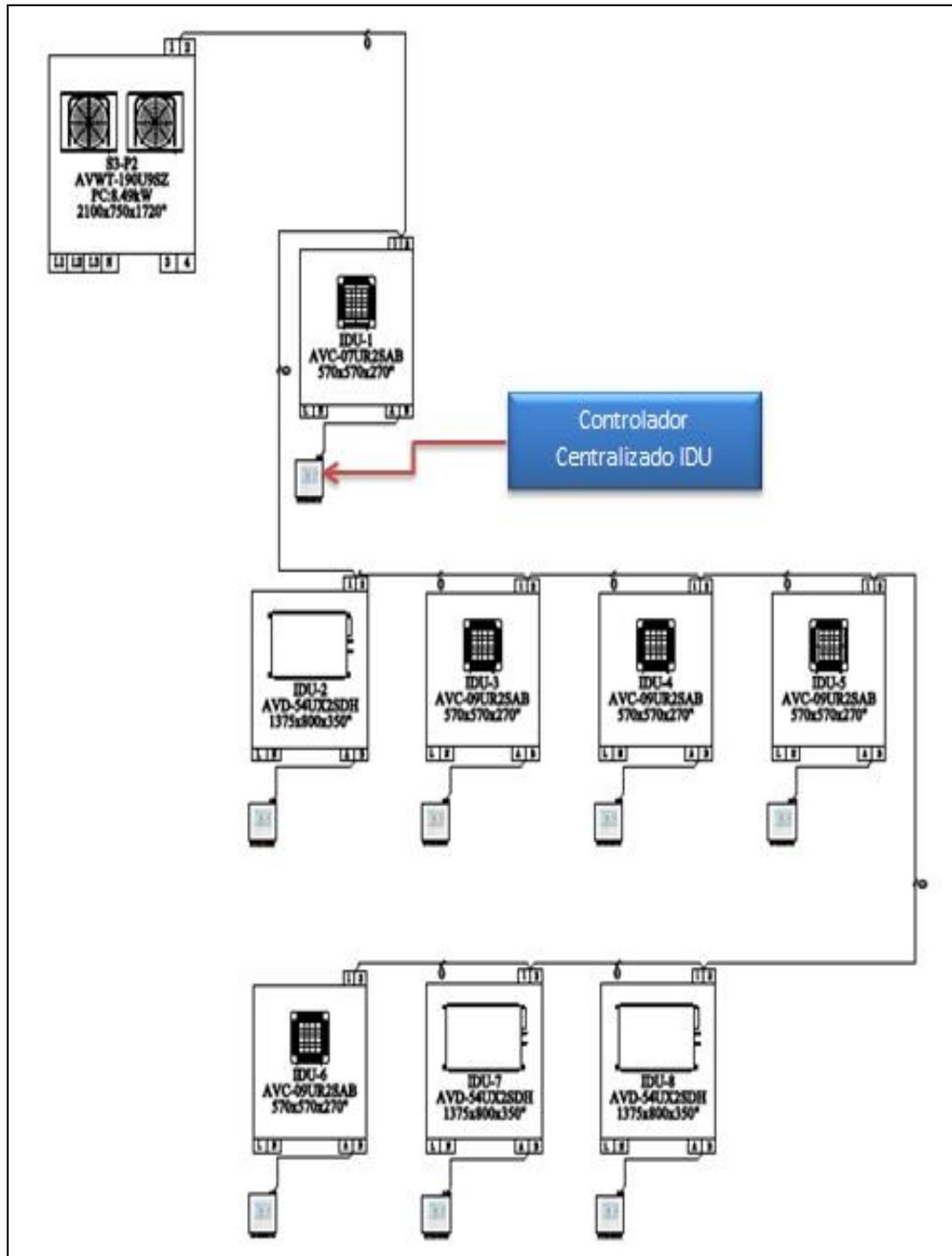


Figura 4.9 Diagrama de control centralizado IDU 2do piso alto.
Fuente: El autor

Igualmente, en la figura 4.10 se puede observar el diagrama unifilar del sistema PC-4 del control centralizado IDU, del 3er piso alto del edificio de la biblioteca General de la UCSG.

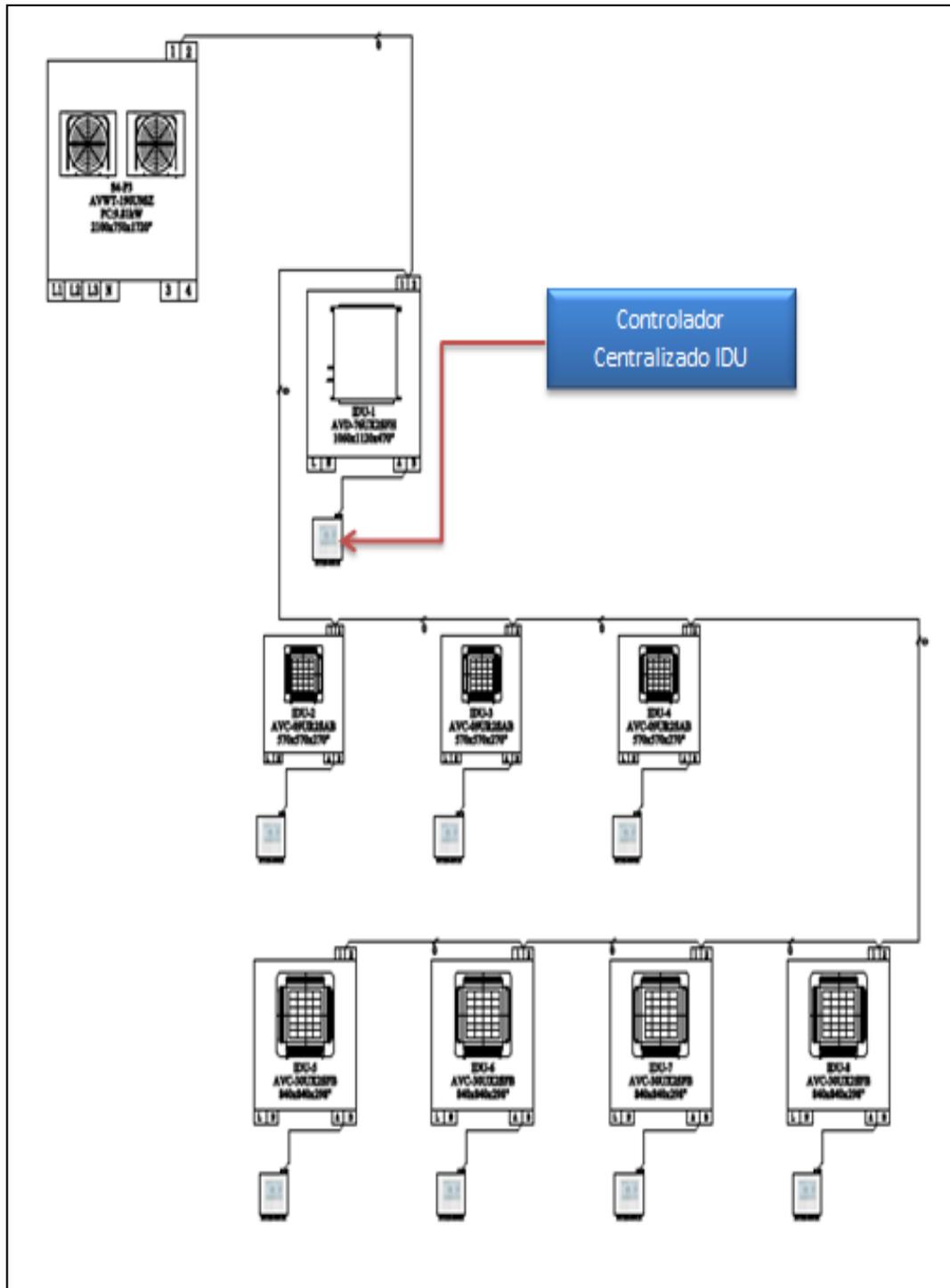


Figura 4 10 Sistema PC-4-. Diagrama de control centralizado IDU 3er piso alto
Fuente: El autor

En tanto, en la figura 4.11 se puede apreciar el diagrama unifilar del sistema de control centralizado IDU, de las unidades condensadoras de los 4 sistemas VRF que

cuenta este proyecto, el cual se encuentra en el cuarto de máquinas ubicado en la terraza del edificio de la biblioteca General de la UCSG.

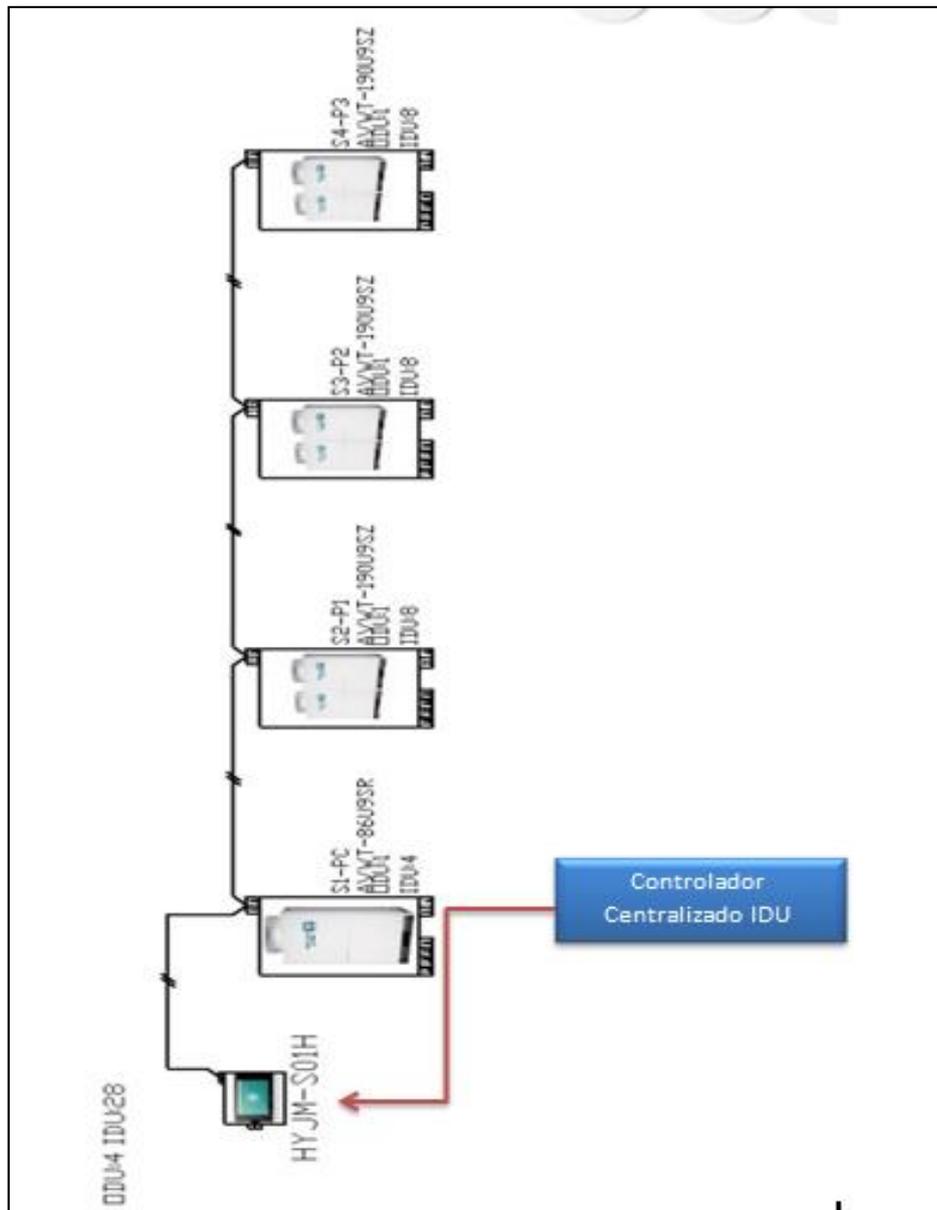


Figura 4 11 Diagrama de control centralizado IDU de condensadoras, terraza
Fuente: El autor

4.6 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración VRF

En los siguientes planos (figura 4.12 hasta 4.16) de diseño de recorrido de tubería de cobre del sistema VRF se podrá apreciar las conexiones de las unidades interiores hasta las unidades exteriores del sistema de refrigeración con sus respectivas derivaciones denominadas (Branch piper).se detalla cada piso que corresponde desde planta baja hasta la terraza del edificio de la biblioteca general de la UCSG

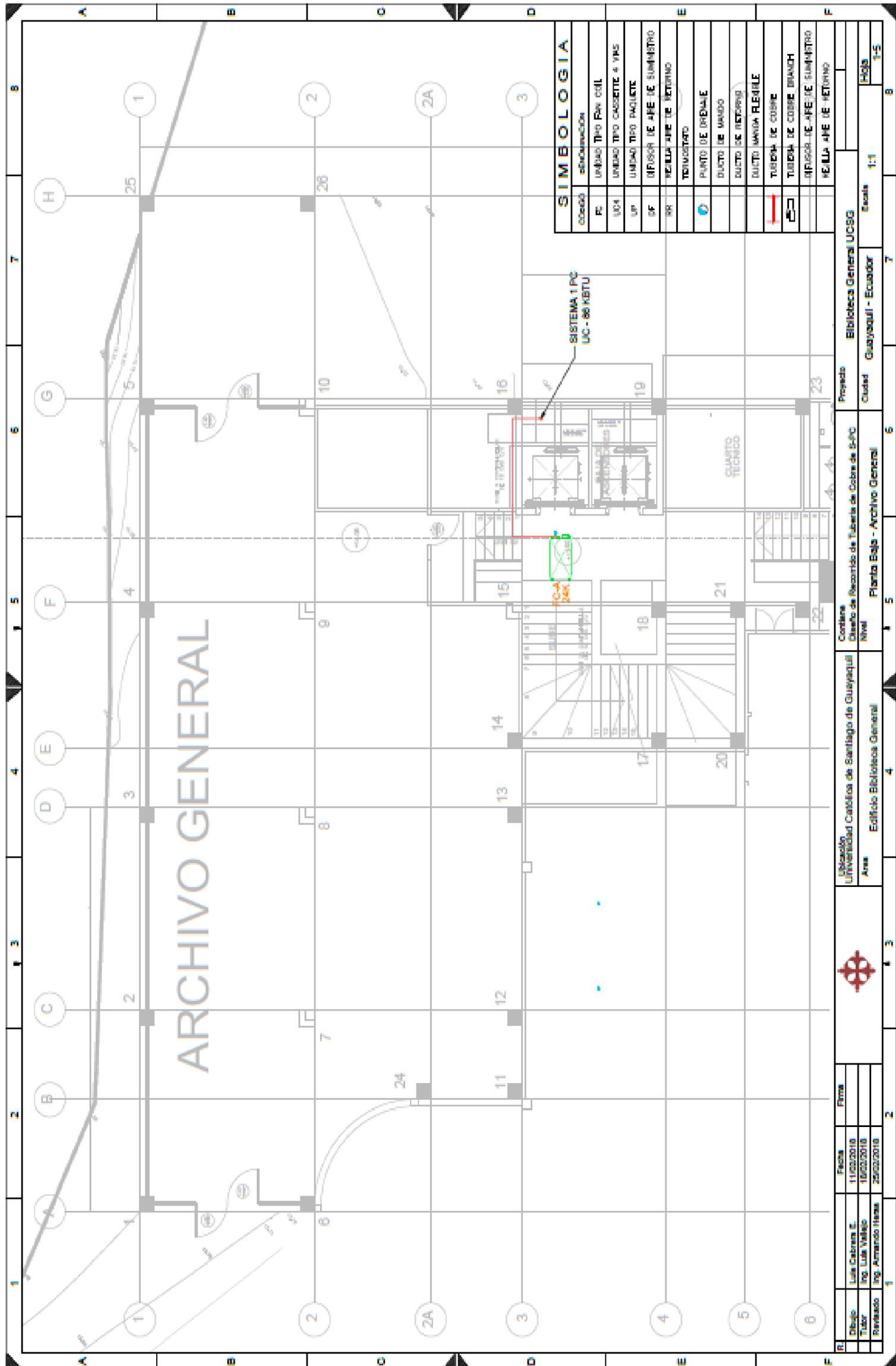


Figura 4.12 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración planta baja.
Fuente: El autor

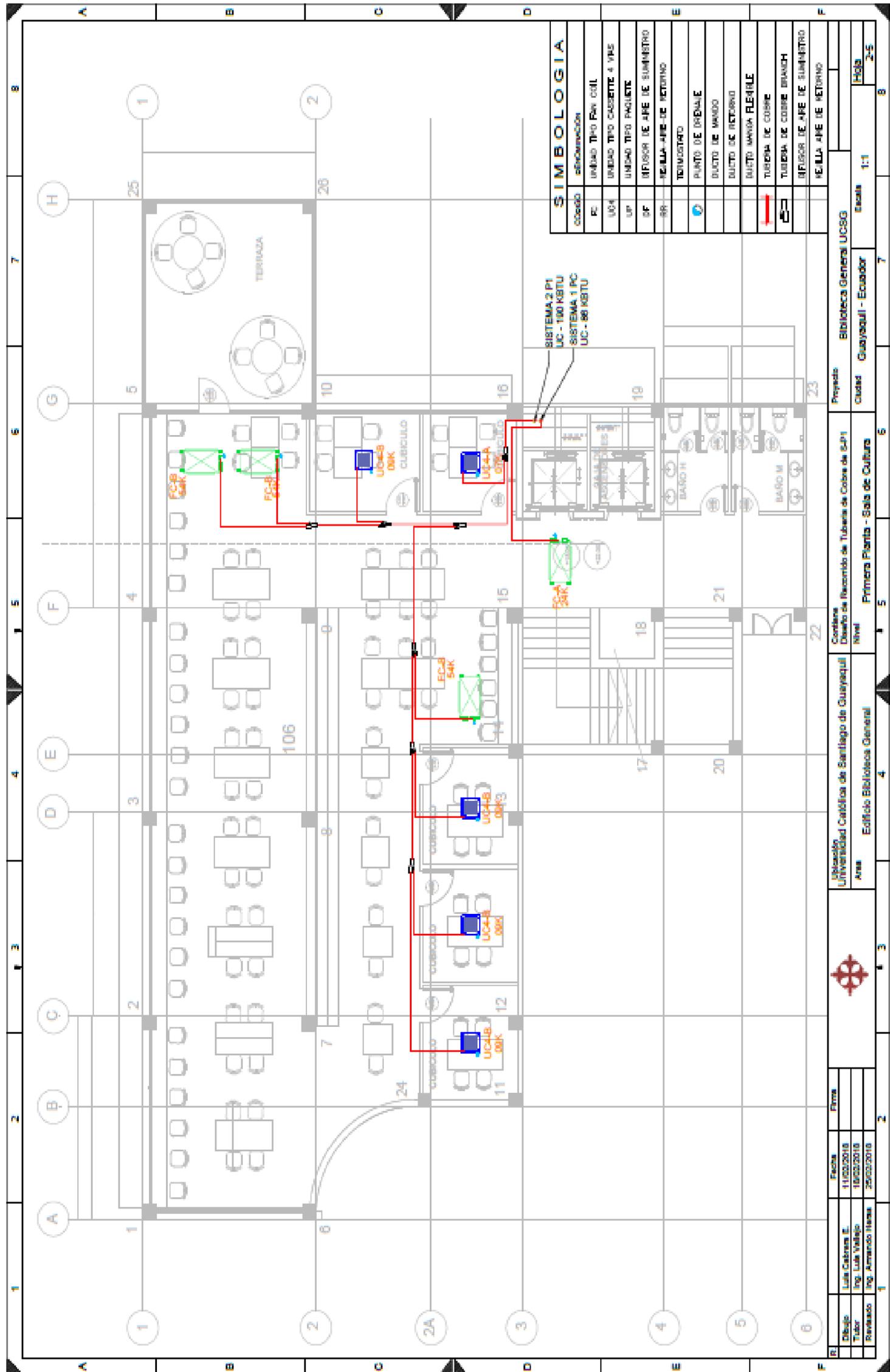


Figura 4.13 Diseño de recorro de tubería de refrigeración 1er piso
Fuente: El autor

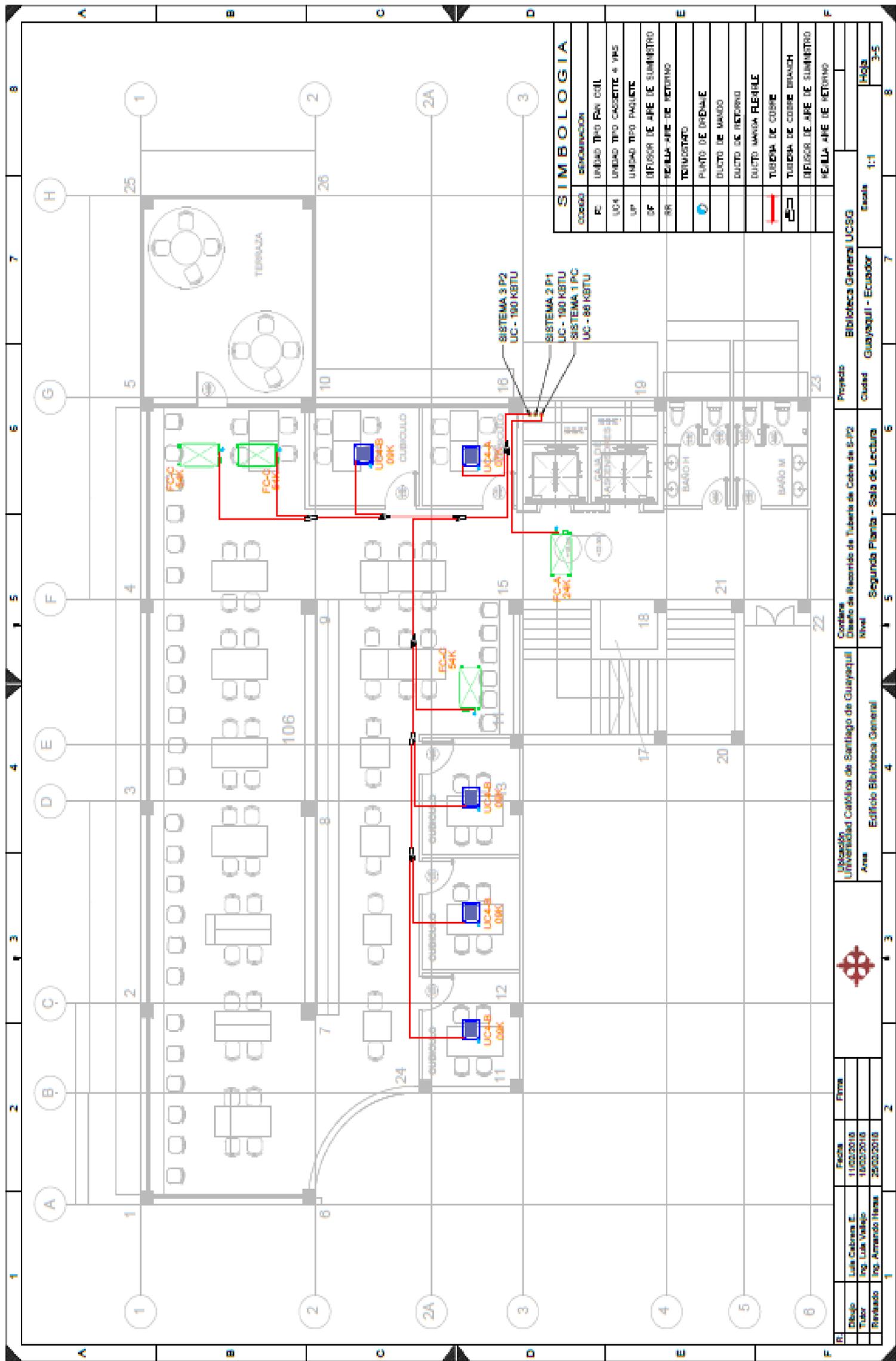


Figura 4 14. Diseño de recorrido de tubería de refrigeración 2do piso.
Fuente: El autor

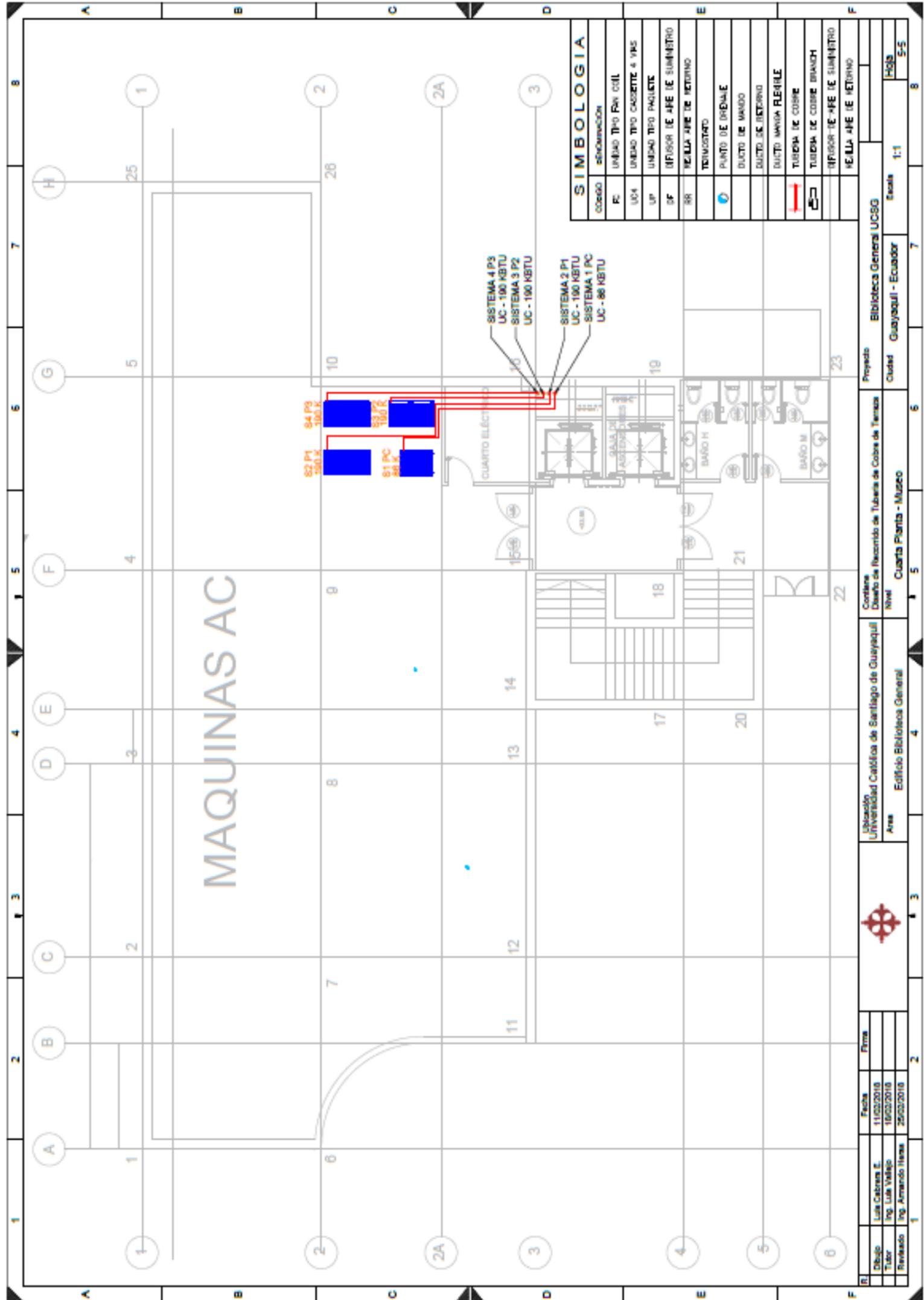


Figura 4.16 Diseño de recorrido de tubería de refrigeración terraza
Fuente: El autor

4.7 Diseño de ductos para distribución de aire acondicionado.

En las siguientes figuras (4.17 hasta 4.22) se puede apreciar los diseños de distribución de ductos para la distribución de aire acondicionado, en donde se especifican las dimensiones y derivaciones para la distribución de aire, de mando y retorno, mangas flexibles. Como así también la cantidad de difusores y rejillas con sus respectivas ubicaciones que requiere este proyecto. Pues, a continuación, se adjuntan planos de los diseños realizados desde la planta baja hasta la terraza que distribuirán el flujo de aire acondicionado a las diferentes áreas del edificio de la biblioteca general de la UCSG.

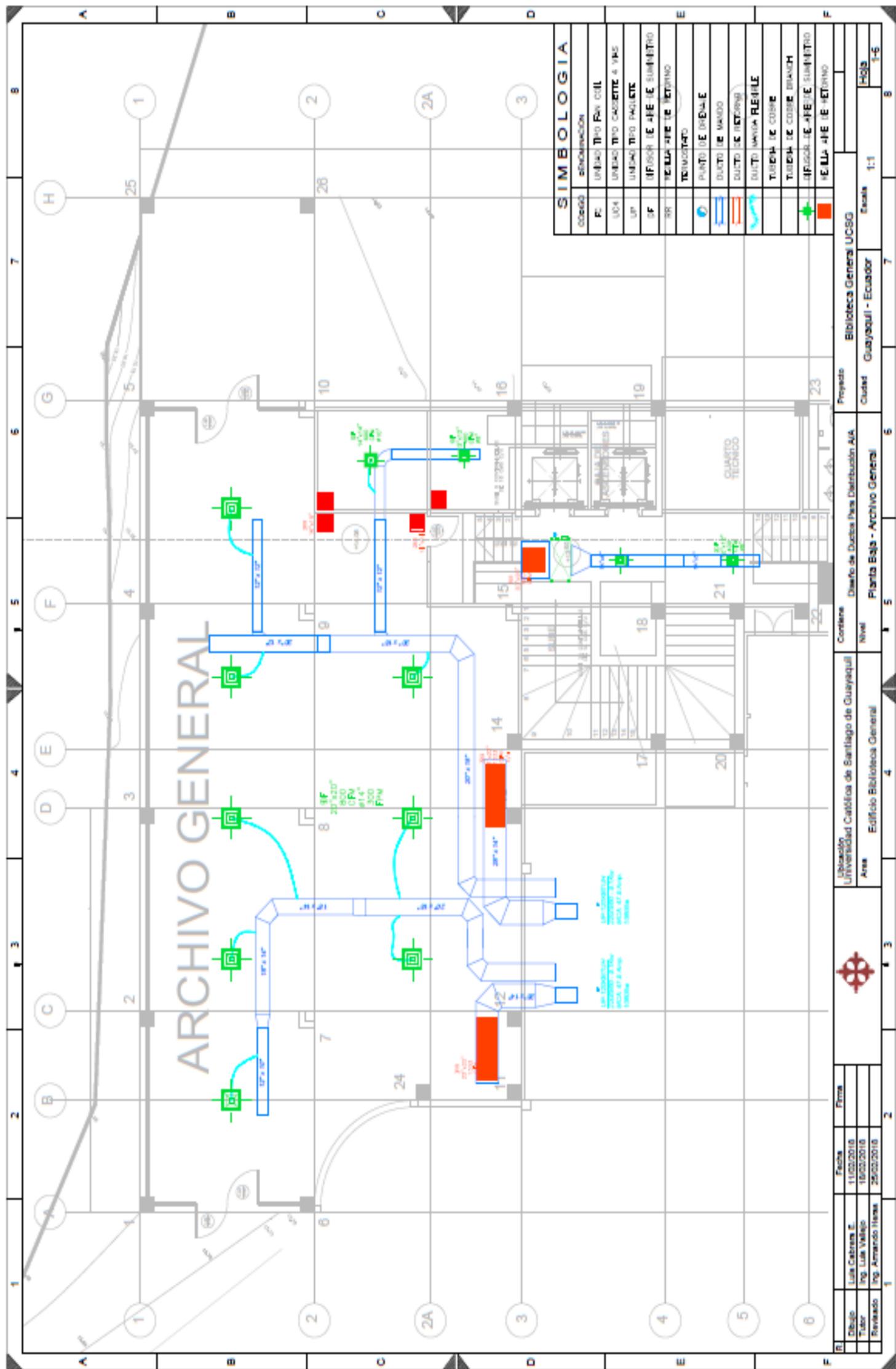


Figura 4 I / Diseño de ductos de aire acondicionado de planta baja.
Fuente: El autor



Figura 4 18 Diseño de ductos de aire acondicionado de 1er piso alto.
Fuente: El autor



Figura 4 | 19 | Diseño de ductos de aire acondicionado del 2do piso alto.
Fuente: El autor



Figura 4.20 Diseño de ductos de aire acondicionado 3er piso alto
Fuente: El autor

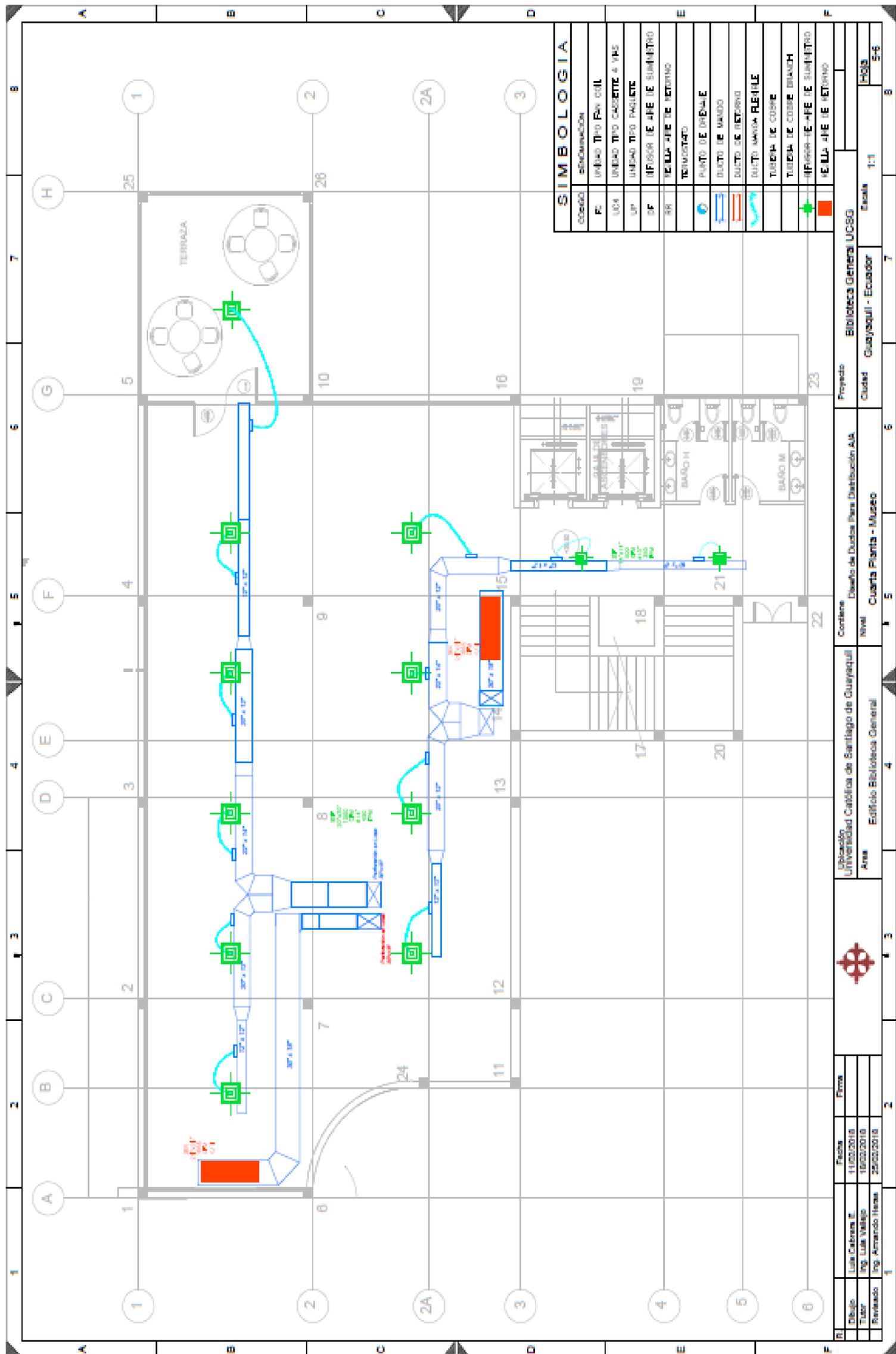


Figura 4:21 Diseño de ductos de aire acondicionado 4to piso alto
Fuente: El autor

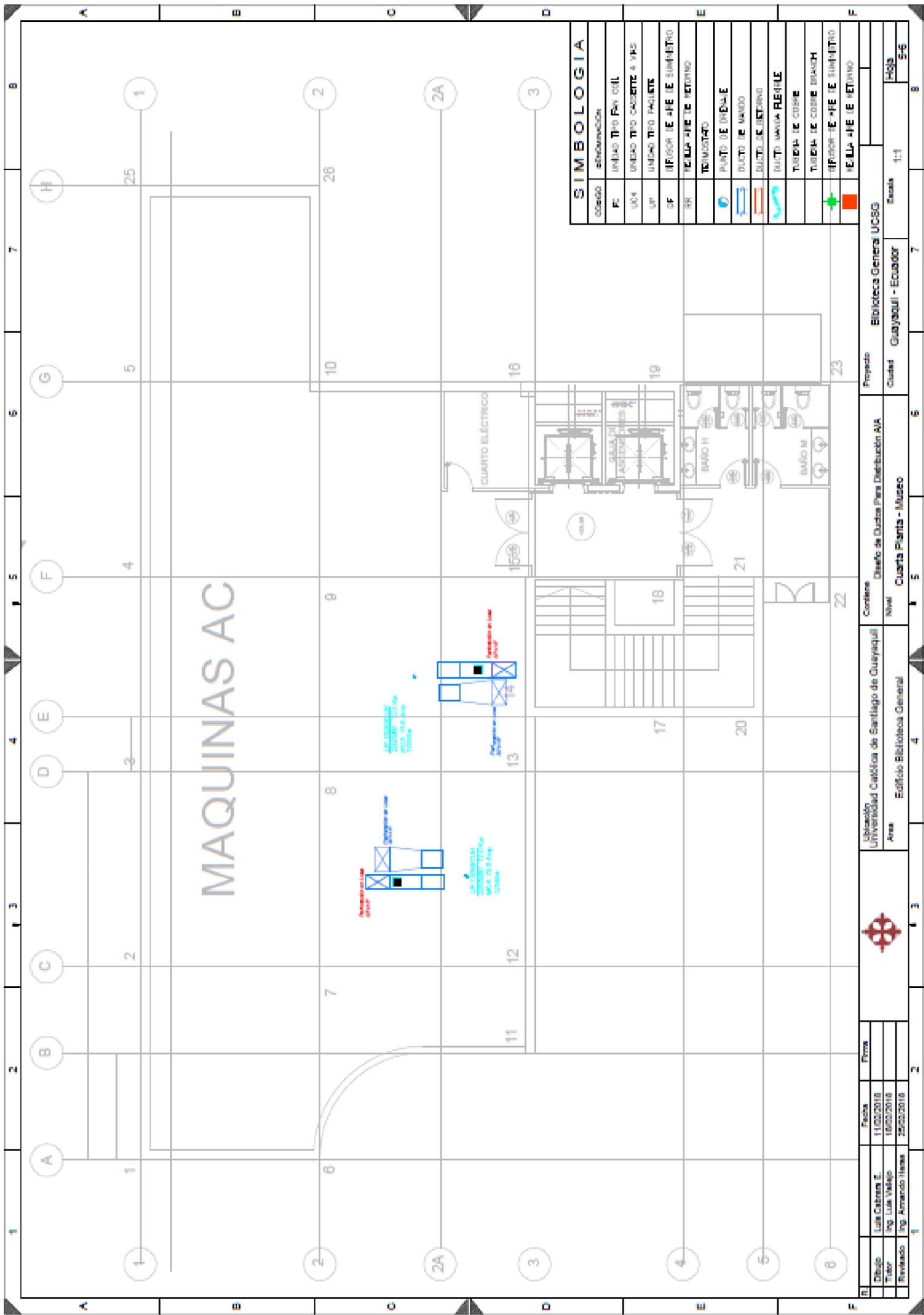


Figura 4.22: Diseño de ductos de aire acondicionado ubicados en la terraza.
 Fuente: El autor

4.8 Diseño de distribución de aire y sistema VRF

En las siguientes (figura 4.23 hasta 4.28) muestran los planos del diseño completo detallado por piso del sistema completo, según diseño propuesto para el edificio donde especifica la distribución de aire por ducto con sus respectivas mangas, rejillas, difusores y el recorrido de tubería enlazadas desde las unidades interiores de diferentes tipos hacia las unidades exteriores. Pues, a continuación, se adjuntan planos del diseño desde la planta baja hasta la terraza de la biblioteca general de la UCSG.

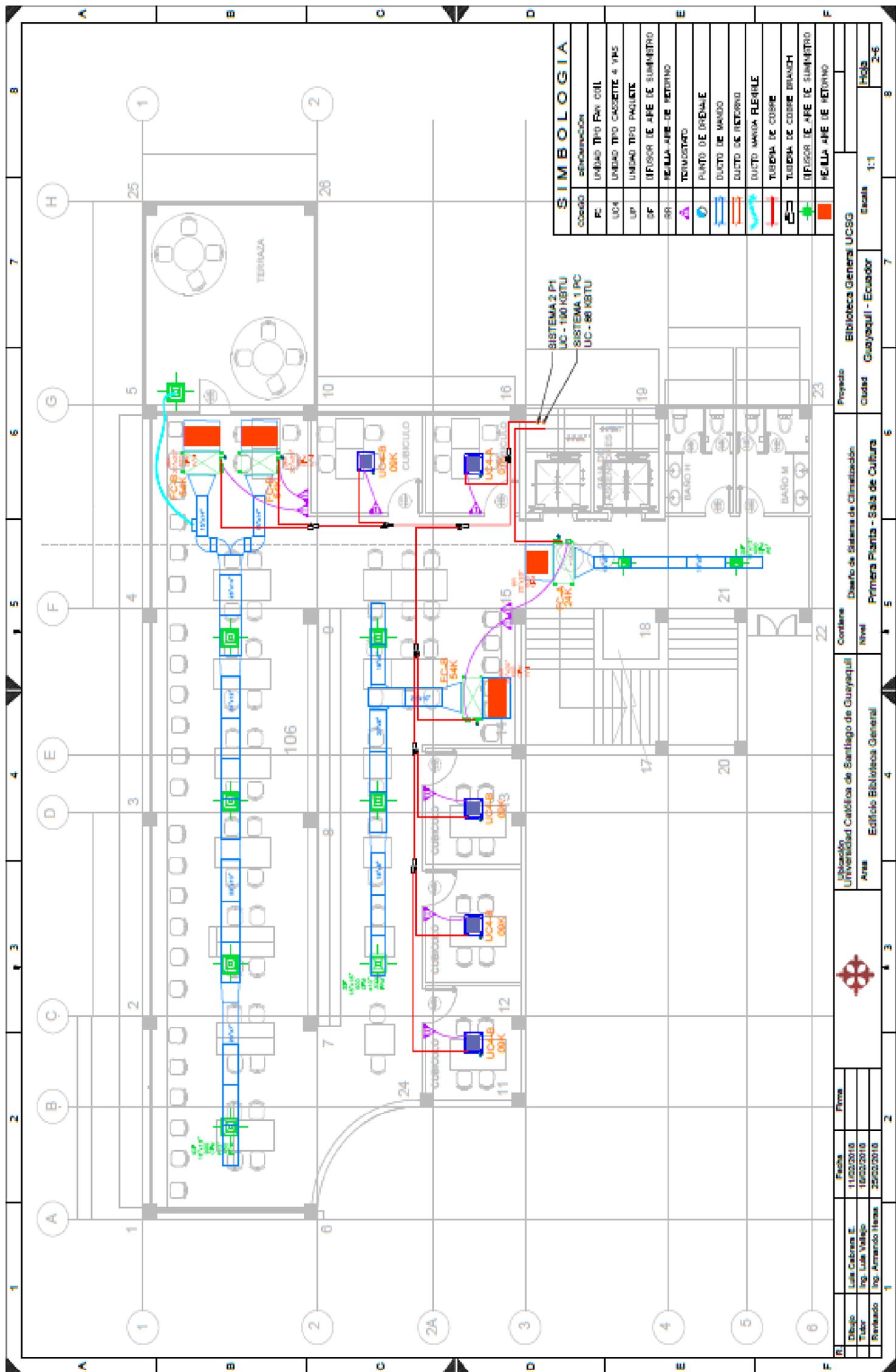


Figura 4.24 Diseño y distribución de aire y sistema VRV del 1er piso alto
Fuente: El autor

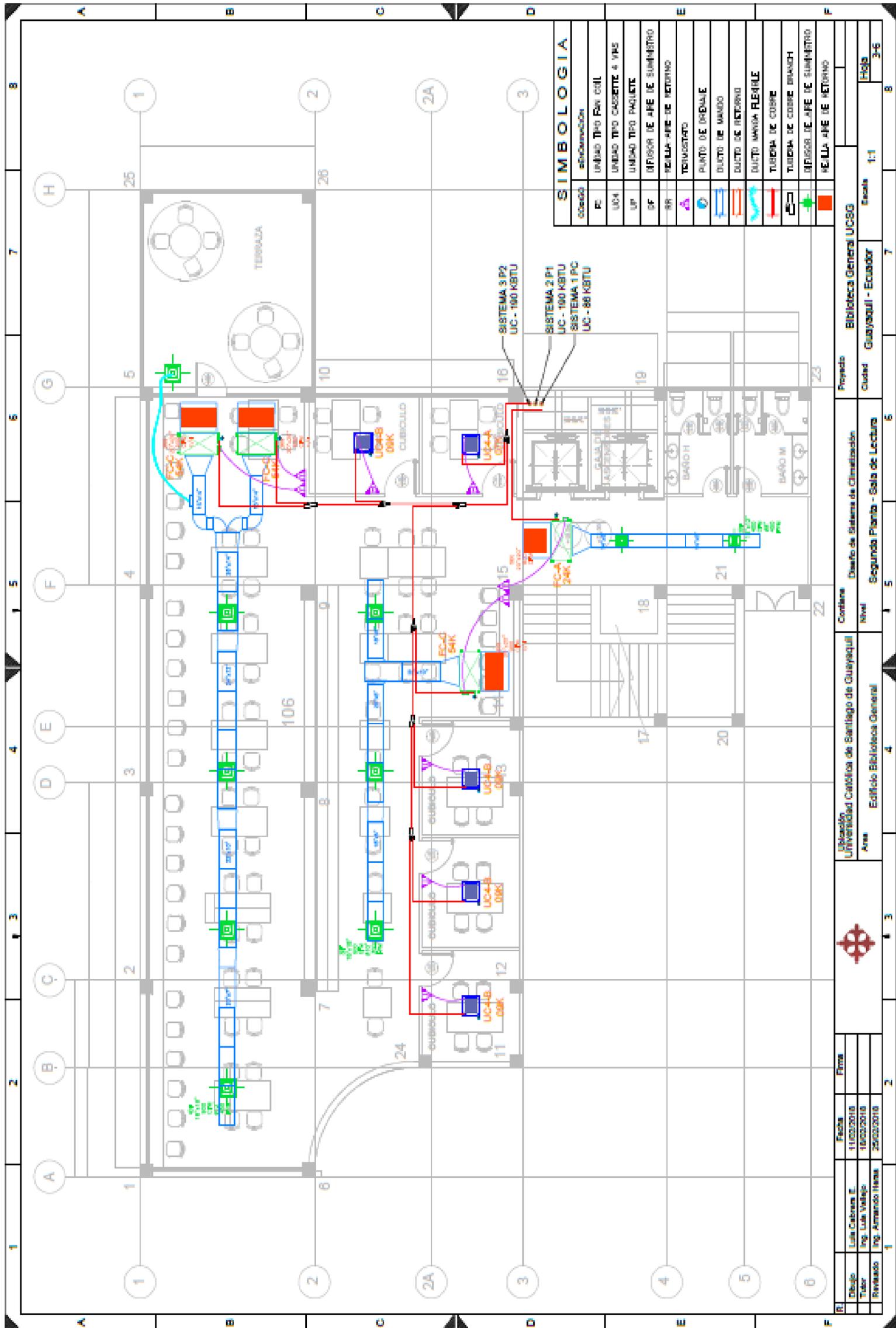


Figura 4.25 Diseño y distribución de aire y sistema VRV del 2do piso alto
Fuente: El autor

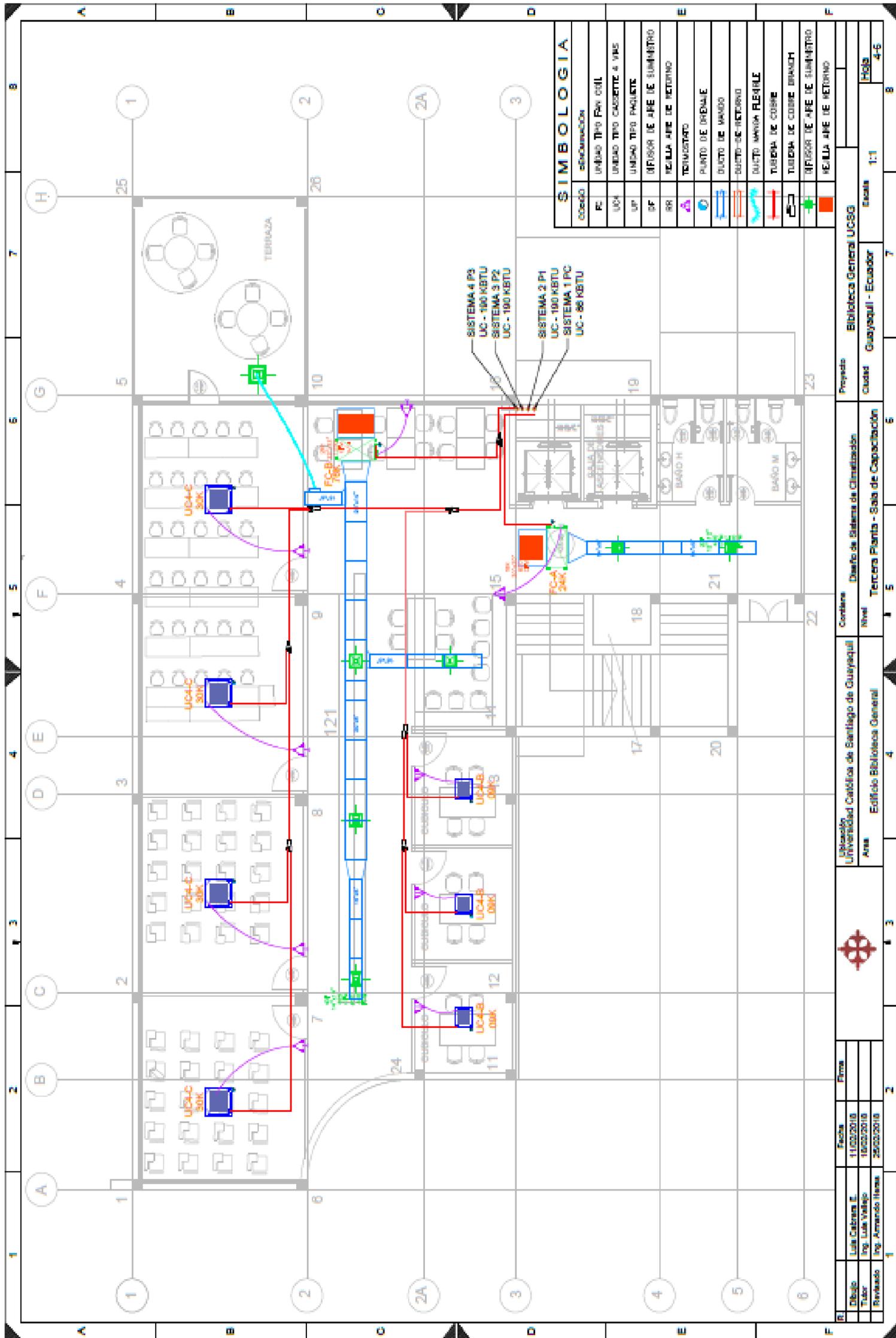


Figura 4.26 Diseño y distribución de aire y sistema VRV del 3er piso alto.
Fuente: El autor

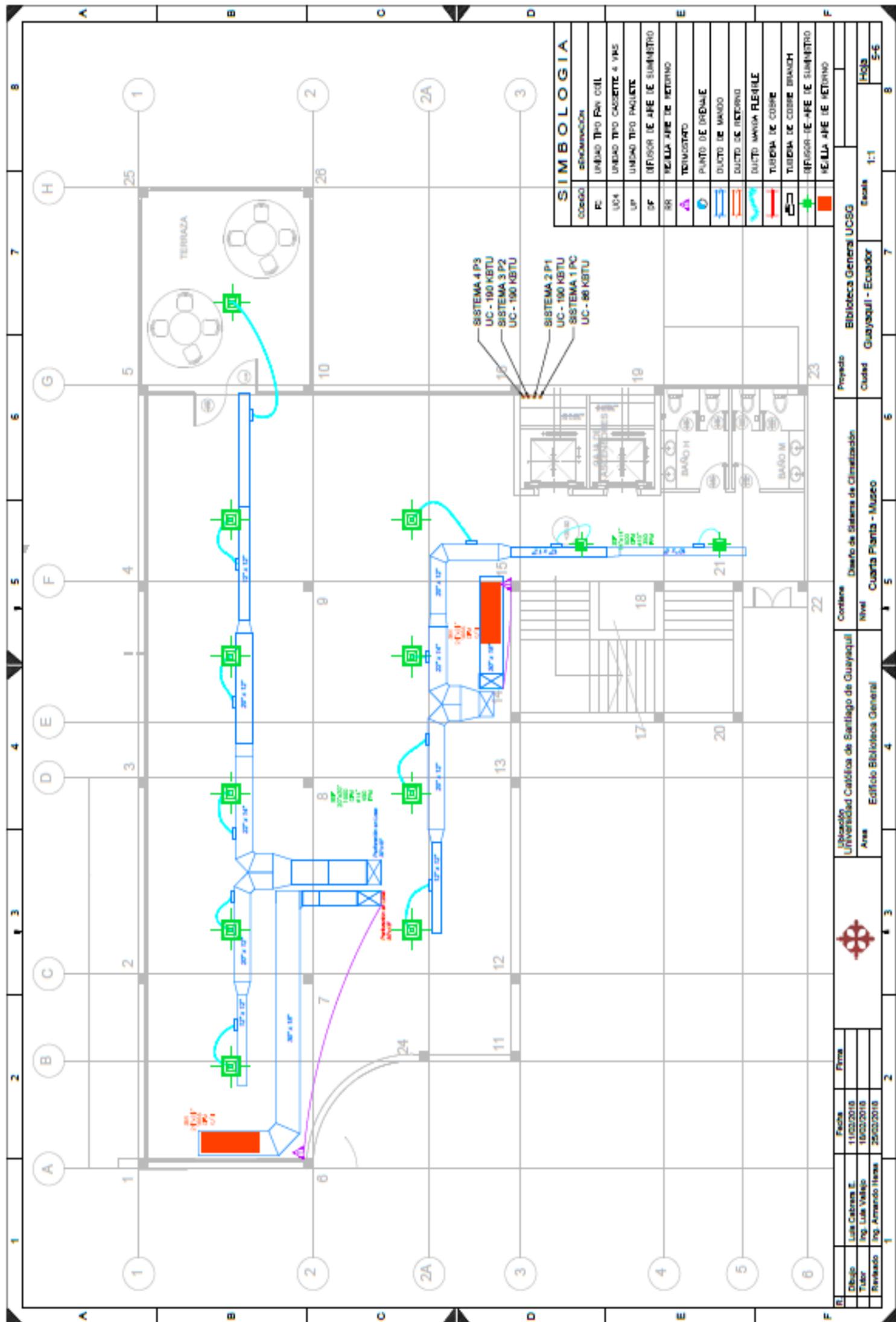


Figura 4.2/ Diseño y distribución de aire y sistema VRV del cuarto piso alto
Fuente: El autor

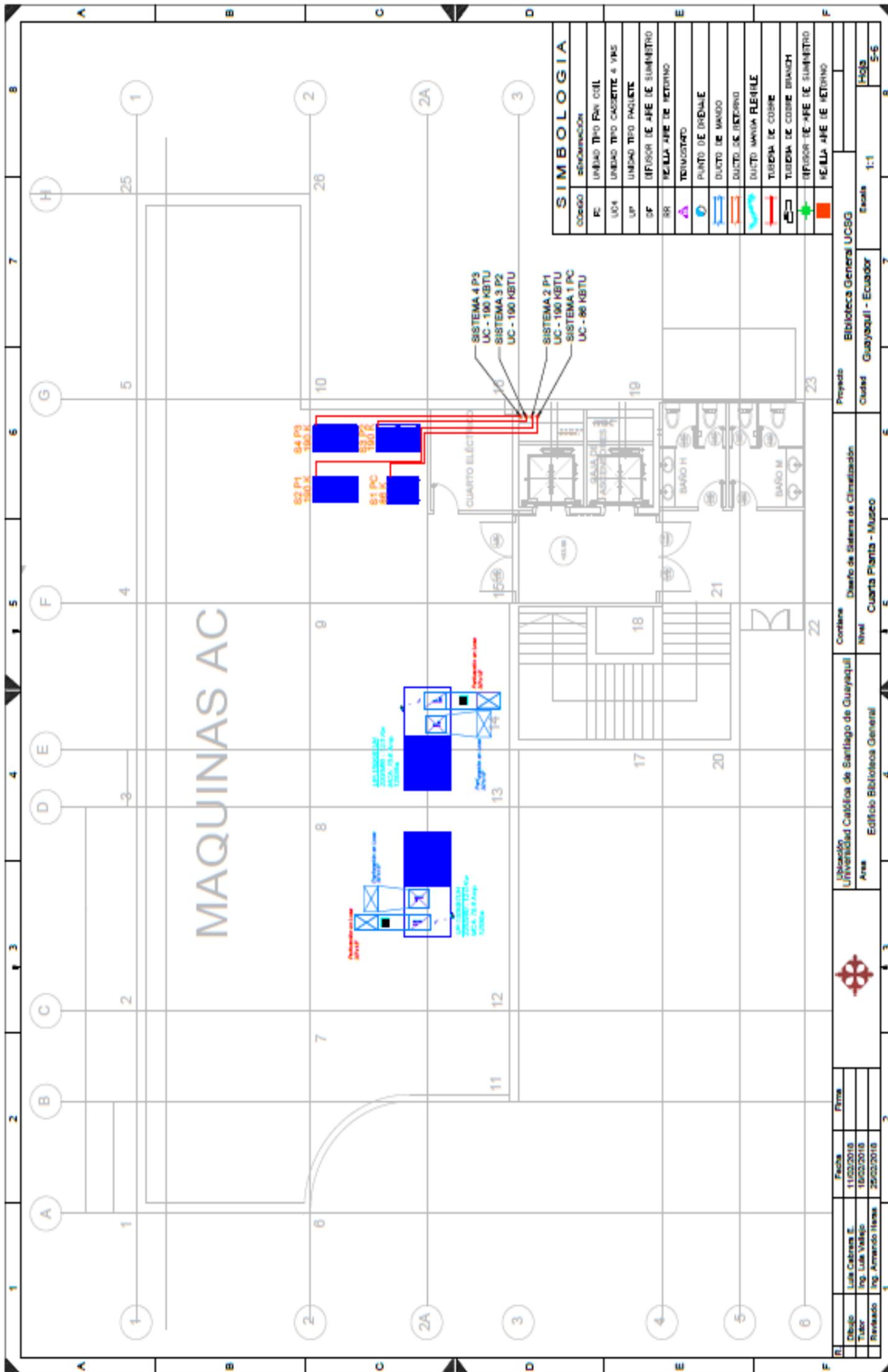


Figura 4.28 Diseño y distribución de aire y sistema VRV de la terraza.
Fuente: El autor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente proyecto se destaca el cálculo de las cargas térmicas y diseño del edificio de la biblioteca central, el correcto dimensionamiento de los equipos de climatización VRF, por consiguiente, garantiza una mayor eficiencia en el uso de la energía eléctrica llegando a ahorrar hasta un 40% del consumo en comparación con los equipos tradicionales.

Cuando un sistema de climatización está en función de los requerimientos máximos de un proyecto, favorece al confort de los usuarios y aumenta la vida útil de los equipos ya que los sistemas VRF nos permite climatizar de forma zonificada con sus diferentes rangos de temperatura y no requiere operar al 100% de su capacidad y trabaja de acuerdo a la demanda de carga térmica del edificio.

En cuanto al control de los equipos, siempre se pueden proponer mejoras; los controles automatizados centralizados favorecen al ahorro de energía. Permiten controlar las unidades de manera eficiente de acuerdo al uso. A la vez permite tener un reporte diario de las horas de funcionamiento de las unidades. Para el programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

Mediante este proyecto, se puede concluir que es necesario se implemente normas específicas para la calificación energética de los edificios, que contemplen temas de construcción y de eficiencia energética.

5.2 RECOMENDACIONES

Mantener un cronograma de mantenimientos periódicos de limpieza de filtros, ductos y difusores, así como mantenimientos correctivos y preventivos en las unidades de climatización, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y evitar averías.

Se recomienda instalar películas anti solares en los ventanales de vidrio de todo el edificio para la absorción y reflejo de hasta un 80% de los rayos solares que provienen del exterior, esto ayuda a obtener un ahorro de energía significativo y reducir alternativamente la pérdida de calor del edificio.

Instalación de un cerramiento de estructura metálica con luser para cuarto de máquinas de unidades condensadoras ubicado en la terraza, esto ayudaría a obtener una mejor visión de ese espacio físico y pueda ser utilizado como un área de esparcimiento (mirador) para los estudiantes.

Mantener capacitado al personal asignado sobre el manejo de los aires acondicionado, dar información a través de charlas o comunicados para poder generar una cultura al buen uso de los equipos eléctricos en general.

Referencias Bibliográficas

- Arriola, B. (2006). Revista de la construcción y su entorno . *Arte y cemento* , 69.
- ASHRAE, (. (2018). Guía de bolsillo de ASHRAE para aire acondicionado, calefacción, ventilación y refrigeración. *ASHRAE*, spain-ashrae.org.
- Cabrera, L. (2019). *Velocidades Maximas*. Guayaquil: Propio.
- Calor y Frío. (2017). *Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales - Infografía*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficiente-edificios-locales-comerciales-infografia.html>
- Carnicer, E. (2017). *AIRE COMPRIMIDO*. Madrid: Paraninfo s.a.
- Carrier, C. S. (2013). *Variable Refrigerant Flow*. New York: Printed in U.S.A.
- Escoda, S. (2012). *Manual Practico de Ventilacion* . Barcelona: Salvador Escoda s.a.
- Franco, J. (2010). *Manual de Refrigeracion*. Barcelona: editorial reverté,s.a.
- Gasservei. (2015). Especialistas en gas refrigerante y productos para aires acondicionados . *www.gas-servei.com*, 1-2-3.
- Google Earth. (2018). Obtenido de <https://earth.google.com/web/>
- Ingeniería Mecánica. (2016). *Tecnología Inverter en Sistemas de Climatización*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn253.html>
- Jimenez, m. (2012). Servicio de limpieza a sistemas de filtracion . *Revista cero grados* , *www.0grados.com*.
- Jutglar, A. L. (2008). *Tecnicas de Refrigeracion*. Barcelona, España: Marcombo s.a.
- Kreth, F. &. (2012). *Principios de transferencia de calor* . Mexico: Cengage learning editores, s.a.
- Lg. electronics. (2011). *Multi V, plus*. Korea: lgeaircon.
- Miranda, L. A. (2008). *Tecnicas en Refrigeracion* . Barcelona: Marcombo, s.a.
- Moran. (2014). *Fundamentos de termodinamica técnica*. Barcelona: Reverté S.A.
- Moran, & Howard, M. &. (2005). *Fundamentos de termodinámica técnica*. Barcelona: Reverté,s.a.
- NEC-15, C. 1. (2018). Norma ecuatoriana de la construcción . *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*.

- Nergiza. (2015). *¿Qué es un fan-coil y cuál es el error más común a la hora de seleccionarlos?* Obtenido de <https://nergiza.com/que-es-un-fan-coil-y-cual-es-el-error-mas-comun-a-la-hora-de-seleccionarlos>
- Ostos, P. (2015). *Caracterización de selección del equipamiento frigorífico*. Madrid: Editorial elearning .
- Paez, R. (2017). *Condensador VRF*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/vrf-system-unit-central-air-conditioner-60478651457.html>
- Perez Lima, L. (2017). *Sistema Vrf Unidad Central De Aire Acondicionado*. Obtenido de Aire Acondicionado,Aire Acondicionado Central Product: www.alibaba.com/product-detail/VRF-system-unit-central-air-conditioner_60478651457.html
- Press, L. (2017). *Diseños eficientes en aire acondicionado*. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de TRABAJO TITULACION MARCO FLORES: <https://www.acrlatinoamerica.com/201410275616/articulos/otros-enfoques/disenos-eficientes-en-aire-acondicionado.html>
- Quadri, N. (2013). *Sistemas de Aire Acondicionado*. Buenos Aires: ilustrada.
- Revista Clima. (2017). *Mejorar el confort térmico*. Obtenido de http://www.revistaclima.com.ar/img/revistas/clima_272.pdf
- Rockis, G. &. (1997). *Electrical Motor Controls*. Pensilvania: American Technical Publishes.
- Rodríguez, H. (2017). *Ingemecanica*. Sevilla: www.ingemecanica.com.
- Sanchez, M. (2017). Aire acondicionado. *Clima*. Obtenido de http://www.revistaclima.com.ar/img/revistas/clima_272.pdf
- Tecnología. (2012). *FUNDAMENTOS DE LA COMPRESIÓN GASEOSA*. Obtenido de <http://tecnologia-compresores.blogspot.com/>
- Toshiba, c. &. (2016). *Catalogo vrf*. Madrid: toshiba aires- es.
- York, J. C. (2015). Manual Instalacion . *Johnson Controls*, 426.

ANEXOS



Anexo 1: Edificio de la Biblioteca Central UCSG



Anexo 2: Toma lateral del edificio de la biblioteca central.



Anexo 3: Distribución de ductos de aires acondicionados tipos paquete ubicado en planta baja.



Anexo 4: Distribución de ducto principal y mangas flexibles de aire acondicionado en planta baja.



Anexo 5: Distribución de ductos para manejadora tipo fancoil VRF, ubicados en el 1er piso alto.



Anexo 6: Distribución de ductos de mando y retorno para manejadora en el 1er piso alto.



Anexo 7: Sistema de recorrido de tuberías Branch de derivación de tubería.



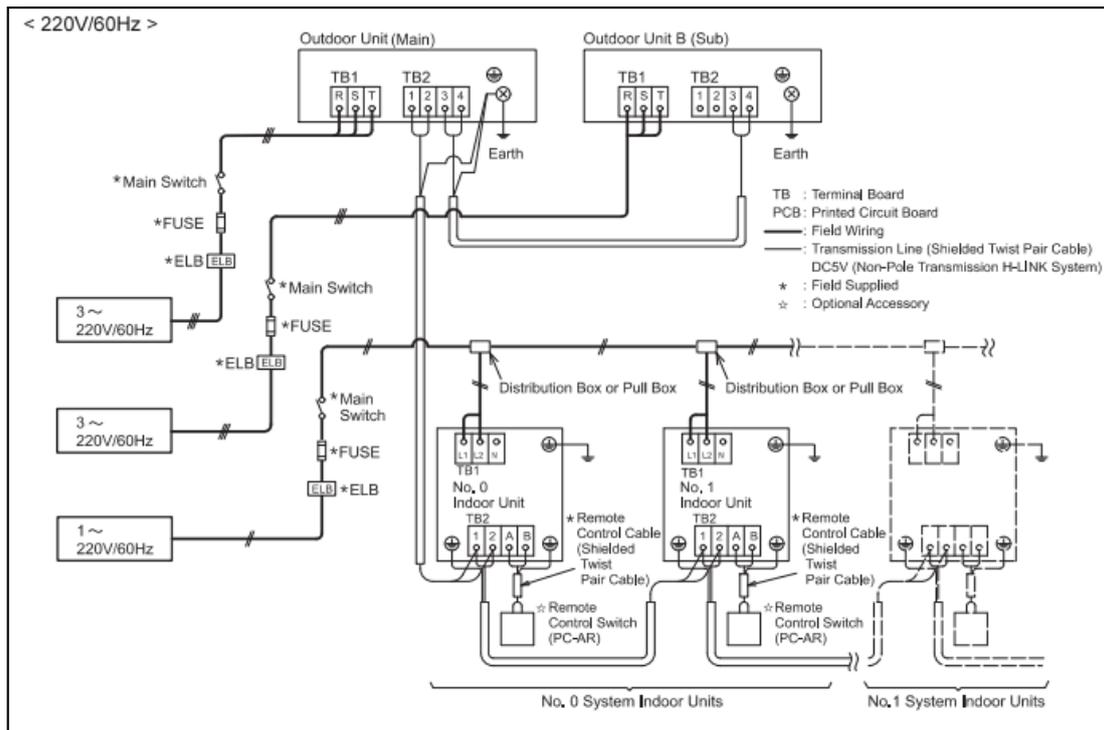
Anexo 8: Sistema de recorrido de tuberías del edificio.



Anexo 9: Bases de hormigón para aire acondicionado tipo paquete en el 4to piso.



Anexo 10: Bases de hormigón para unidades condensadoras y sistema eléctrico de los 4 sistemas VRF.



Anexo 11: Diagrama de conexión de sistema VRF

A continuación, Presupuesto referencial del sistema de climatización para la Biblioteca general de la UCSG

RESUMEN DE COTIZACION		
1	SUMINISTROS DE EQUIPOS	\$ 127.117,28
2	MATERIALES PARA INSTALACION	\$ 35.165,81
3	INSTALACION Y MANO DE OBRA	\$ 12.120,00
SUBTOTAL		\$ 174.403,08
IVA		\$ 20.928,37
TOTAL		\$ 195.331,45

Notes:

1.-	Forma de pago: 60% como anticipo, 40% contra previo entrega.
2.-	No Incluye: Trabajos y/o acometidas elèctricas
3.-	No Incluye: Trabajos de albañileria y/o obra civil
4.-	El presupuesto fue realizado según los planos recibidos, sujeta cambios según el mismo.
5.-	El contratista elèctrico debera proveer alimentaciòn electrica para los equipos de climatizaciòn
6.-	El contratista civil debera proveer las bases de hormigon para los equipos

PRESUPUESTO REFERENCIAL BIBLIOTECA GENERAL UCSG.						
ITEM No.	SUMINISTROS DE EQUIPOS	UNID.	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
1,1	Suministro de Unidad Condensadora Tipo VRF R410A de 190 Kbtu/h	Und	3	\$ 9.956,58	\$ 29.869,73	
1,2	Suministro de Unidad Condensadora Tipo VRF R410A de 86 Kbtu/h	Und	1	\$ 4.693,08	\$ 4.693,08	
1,3	Suministro de Unidad Compact 4-Way Cassette VRF de 07 Kbtu/h	Und	2	\$ 534,38	\$ 1.068,75	
1,4	Suministro de Unidad Compact 4-Way Cassette VRF de 09 Kbtu/h	Und	11	\$ 573,44	\$ 6.307,81	
1,5	Suministro de Unidad Standard 4-Way Cassette VRF de 30 Kbtu/h	Und	4	\$ 786,10	\$ 3.144,40	
1,6	Suministro de Unidad Ceiling Ducted (Low ESP) VRF de 24 Kbtu/h	Und	4	\$ 583,99	\$ 2.335,95	
1,7	Suministro de Unidad Ceiling Ducted (High ESP) VRF de 54 Kbtu/h	Und	6	\$ 881,56	\$ 5.289,38	
1,8	Suministro de Unidad Ceiling Ducted (High ESP) VRF de 76 Kbtu/h	Und	1	\$ 1.679,85	\$ 1.679,85	
1,9	Suministro de Branch pipe HFQ-102F	Und	15	\$ 62,50	\$ 937,50	
1,10	Suministro de Branch pipe HFQ-162F	Und	4	\$ 75,00	\$ 300,00	
1,11	Suministro de Branch pipe HFQ-242F	Und	5	\$ 108,34	\$ 541,69	
1,12	Suministro de Branch pipe HFQ-M22F	Und	3	\$ 116,66	\$ 349,99	
1,13	Suministro de Control Alambriico VRF	Und	28	\$ 78,13	\$ 2.187,50	
1,14	Suministro de Control Centralizado Touch Screen	Und	1	\$ 1.516,66	\$ 1.516,66	
1,15	Suministro de Unidad Tipo Paquete DX R410A de 120 Kbtu/h	Und	2	\$ 14.687,50	\$ 29.375,00	
1,16	Suministro de Unidad Tipo Paquete DX R410A de 150 Kbtu/h	Und	2	\$ 18.480,00	\$ 36.960,00	
1,17	Suministro de Control Alambriico de Dos Etapas Para Unidades DX	Und	4	\$ 140,00	\$ 560,00	
SUBTOTAL					\$ 127.117,28	

ITEM No.	SUMINISTROS E INSTALACION DE MATERIALES	UNID.	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2,1	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	59	\$ 7,59	\$ 447,84
2,2	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	160	\$ 8,92	\$ 1.427,81
2,3	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	70	\$ 10,37	\$ 726,00
2,4	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	183	\$ 12,30	\$ 2.251,34
2,5	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	41	\$ 14,02	\$ 574,68
2,6	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro	m	9	\$ 14,57	\$ 131,14
2,7	Suministro e Instalaciòn de Tuberia de Cobre con Aislamiento Tèrmico Diàmetro 1	m	84	\$ 20,71	\$ 1.740,00
2,8	Suministro e Instalaciòn de Soportes Metàlicos para Tuberia de Cobre	Und	75	\$ 8,20	\$ 615,00
2,9	Suministro e Instalaciòn de Refrigerante R410A	Lbs	50	\$ 6,20	\$ 310,00
2,11	Suministro e Instalaciòn de Soporte metàlico para Unidades Evaporadoras	Und	28	\$ 40,00	\$ 1.120,00
2,12	Suministro e Instalaciòn de Trampas de Drenaje para Unidades Evaporadoras	Und	28	\$ 30,00	\$ 840,00
2,13	Suministro e Instalaciòn de Cable de Cominuaciòn Apantallado (No incluye T-	m	376	\$ 3,60	\$ 1.353,60
2,14	Suministro e Instalaciòn de Ductos de Acero Galvanizado + Aislamiento Tèrmico	Kg	3332	\$ 6,20	\$ 20.658,40
2,15	Suministro de R Retorno de 1 Vía de 14 x 14	Und	2	\$ 26,00	\$ 52,00
2,16	Suministro de R Retorno de 1 Vía de 16 x 16	Und	2	\$ 28,00	\$ 56,00
2,17	Suministro de R Retorno de 1 Vía de 20 x 20	Und	16	\$ 38,00	\$ 608,00
2,18	Suministro de R Retorno de 1 Vía de 22 x 22	Und	8	\$ 42,00	\$ 336,00
2,19	Suministro de R Retorno de 1 Vía de 24 x 24	Und	6	\$ 48,00	\$ 288,00
2,20	Suministro de R Difusor de 4 Vías de 12 x 12	Und	7	\$ 26,00	\$ 182,00
2,21	Suministro de R Difusor de 4 Vías de 14 x 14	Und	7	\$ 28,00	\$ 196,00
2,22	Suministro de R Difusor de 4 Vías de 18 x 18	Und	14	\$ 38,00	\$ 532,00
2,23	Suministro de R Difusor de 4 Vías de 20 x 20	Und	18	\$ 40,00	\$ 720,00
SUBTOTAL					\$ 35.165,81
ITEM No.	MANO DE OBRA	UNID.	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3,1	Mano de obra por, instalaciòn, calibraciòn y arranque de Unidades Condensadoras	Und	4	\$ 350,00	\$ 1.400,00
3,2	Mano de obra por, instalaciòn, calibraciòn y arranque de Unidades Evaporadoras VRF	Und	28	\$ 120,00	\$ 3.360,00
3,3	Mano de obra por, instalaciòn, calibraciòn y puesta en marcha de sistema de control	Glb	1	\$ 850,00	\$ 850,00
3,4	Mano de obra por, instalaciòn, calibraciòn y arranque de Unidades Tipo Paquetes DX	Und	4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
3,5	Mano de obra por, instalaciòn, calibraciòn de Rejillas de Aire	Und	80	\$ 18,00	\$ 1.440,00
3,6	Mano de obra por alquiler de Equipos Montacargas y Grúa Para Izar Equipos	Glb	1	\$ 1.850,00	\$ 1.850,00
3,7	Mano de Obra por direcciòn y ejecuciòn Tècnica	Glb	1	\$ 2.020,00	\$ 2.020,00
SUBTOTAL					\$ 12.120,00



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cabrera Espinoza Luis Rosendo**, con C.C: 092673972-3 autor del trabajo de titulación: **"Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con reporte del software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la UCSG** previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del 2019

f. _____

Nombre: Cabrera Espinoza, Luis Rosendo

C.C: 092673972-3



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	"Diseño de un sistema de climatización de aire acondicionado VRF con reporte del software Hisense para el edificio de la biblioteca general de la UCSG"		
AUTOR(ES)	Cabrera Espinoza Luis Rosendo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Vallejo Samaniego Luis Vicente		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de marzo del 2019	No. DE PÁGINAS:	133
ÁREAS TEMÁTICAS:	Máquinas eléctricas. Eficiencia energética Climatización		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Climatización, Biblioteca General UCSG, SPLIT, VRF, Eficiencia energética.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</p> <p>El presente trabajo de titulación estudia parámetros técnicos de la climatización, asimilando conceptos teóricos para la propuesta de planos o diseño de un sistema de generación de aire acondicionado mediante la técnica VRF (sistemas de flujo de refrigerante variable) para el nuevo edificio donde funcionará la Biblioteca General de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil UCSG, como metodología se utiliza el método descriptivo para caracterizar la operación y elementos de un sistema de climatización y su aspecto de eficiencia energética en la climatización, se emplea el método empírico por el manejo de un software especializado en cálculo de carga térmica, y finalmente se emplea el método analítico pues con datos obtenidos por simulación se puede aportar con detalles y conexiones del sistema más adecuado para cada uno de los pisos del nuevo edificio de la biblioteca general. Como resultado se obtiene capacidades de cada unidad de climatización,</p>			



dimensionamiento de tubería, accesorios y dispositivos acordes para el control automático de la temperatura dentro del edificio.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 593-4- 0959073339	E-mail: luiscabrera89@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, M.Sc	
	Teléfono: +593-4-0980960875	
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
No. DE REGISTRO (en base a datos):		
No. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		