

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

“Sistema de Climatización y Ventilación Mecánica de un Edificio
Público del Sector Social”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

RENE FABRIZIO GUTIERREZ FIENCO

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mis madres: Rosita y Miryan Fienco Sánchez, a mi querida hermana Karina Franco, a mi novia Ximena Duran, familiares y seres queridos que de alguna forma se sacrificaron y colaboraron por mi bienestar, porque sin esperar nada a cambio me brindaron todo.

A todos mis amigos, quienes aportaron con ánimo y conocimiento.

DEDICATORIA

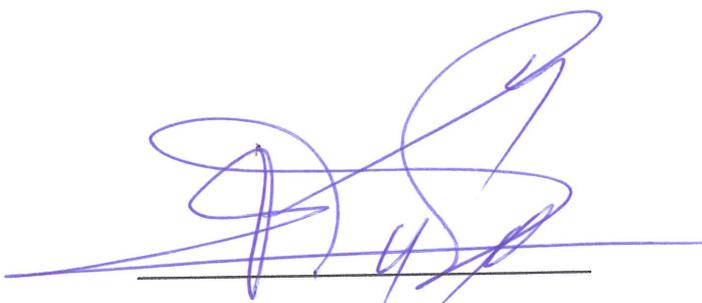
A quienes con sacrificio y constancia entregaron sus mejores momentos para brindarme formación humana y educación, mi familia. A mi novia Ximena, porque tus palabras y ejemplo de amor, ímpetu, constancia y paciencia, vigorizaron mi camino a días más felices.

A mi hermana Karina que nunca perdió la fe en mí.

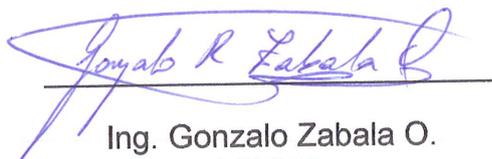
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Eduardo Donoso P.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



René Fabrizio Gutiérrez Fienco

RESUMEN

Este proyecto nace para cubrir la demanda de edificios de servicios a nivel público en la ciudad de Guayaquil. En este edificio se plantea desde el diseño de climatización, selección de equipos y va hasta la instalación de los sistemas específicos de climatización y ventilación mecánica.

Para la ejecución de este proyecto, se realizará un estudio térmico de las instalaciones, esta tarea se cumplirá utilizando un programa desarrollado por una importante empresa estadounidense dedicada a la fabricación de equipos de climatización. Entre las múltiples capacidades del programa se destacan el cálculo de la carga de enfriamiento. El programa emplea datos climáticos locales, características térmicas de materiales de construcción locales, así como datos de ocupación y actividad proyectadas en el edificio.

Posteriormente en base a la carga de enfriamiento estimada se seleccionarán los principales equipos que conforman el sistema de climatización. Se optará por un sistema de volumen de refrigerante variable VRF. Previamente se comparará el consumo de energía del sistema escogido versus el consumo del sistema de

expansión directa y versus el sistema de agua helada (Chillers). La alternativa escogida se basará principalmente en los costos de operación así como la arquitectura del edificio, el cual ya se encuentra edificado.

Para la selección del sistema de ventilación mecánica en baños y sistema de presurización de escaleras, se empleará un programa de otra marca especialista en calidad del aire interior. Se escogerán ventiladores del tipo centrífugo por su amplio rango de trabajo y su facilidad en el mantenimiento de los mismos.

Finalmente este trabajo presentará aspectos técnicos que deben seguirse durante la instalación de los sistemas escogidos. Todos estos aspectos estarán basados en prácticas actualizadas de ingeniería recomendadas por gremios profesionales estadounidenses y locales. Se presentará también una estrategia de control centralizado de todo el sistema de climatización el cual puede ser monitoreado desde una base de operaciones.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivo del proyecto.....	4
1.3. Metodología usada para el desarrollo del proyecto.....	5
1.4. Estructura del proyecto.....	6

CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO.....	8
2.1. Sistema de climatización en edificios.....	8
2.1.1. Selección del sistemas de climatización para el edificio público del sector social.....	11
2.2. Sistema de ventilación en edificios.....	26
2.2.1. Selección del sistema de ventilación para el edificio público del sector social.....	29
2.2.1.1. Sistema de ventilación de baños.....	30
2.2.1.2. Sistema de ventilación de presurización de escaleras.....	31
2.3. Condiciones de diseño.....	33
2.3.1. Condiciones de diseño exteriores.....	34
2.3.2. Condiciones de diseño interiores.....	35
2.4. Criterios de diseño de climatización.....	37
2.5. Criterios de diseño de ventilación mecánica.....	40
2.6. Sistema de monitoreo y control de edificios.....	40
2.6.1. Selección del sistema de control para el edificio público del sector social.....	47

CAPITULO 3

3. METODOLOGIA.....	51
---------------------	----

3.1. Cálculo de carga térmica del edificio.....	51
3.2. Análisis de las diferentes alternativas de climatización en un edificio de esta naturaleza.....	73
3.3. Análisis económico y energético de las alternativas propuestas.....	75
3.4. Selección de la mejor alternativa para este edificio.....	91
3.5. Selección de equipos de aire acondicionado con software VRF.....	94
3.6. Selección de equipos de ventilación mecánica con software CAPS....	102
3.7. Dimensionamiento de ductos y distribución de aire	115
3.8. Montaje de equipos.....	121
3.9. Pruebas de Funcionamiento, calibración y puesta en marcha.....	137
CAPITULO 4	
4. RESULTADOS.....	147
4.1. Consumo energética VRF vs Expansión Directa convencional y sistema de agua helada.....	147
CAPITULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	150
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	

ABREVIATURAS

%HR	Humedad Relativa.
ASHRAE	Asociación Americana de Ingenieros en Calefacción Refrigeración y Acondicionamiento de aire.
Amps	Amperios.
Btu	Unidad térmica británica.
Btu/h	Btu por hora.
Calc.	Calculado.
Cap.	Capacidad.
CFM	Pie por minuto.
FPM	Pie cubico por minuto.
CHILLER	Unidad de climatización enfriada por agua.
EER	Relación de eficiencia de enfriamiento.
VRF	Sistema de climatización de volumen de refrigerante variable.
°C	Temperatura grados centígrados.
HP	Caballos de fuerza.
Hz	Frecuencia Hertz.
Kg.	Kilogramos.
Kw.	Kilowatts.
ML	Metros lineales.

Ph	Fase eléctrica.
R-410^a	Refrigerante ecológico 410 A.
RPM	Revoluciones por minutos.
SMACNA	Asociación Nacional de Contratistas en Acondicionamiento de Aire y Metalistería.
SP	Caída de presión.
TR	Toneladas de refrigeración.
Cassette	Unidad evaporadora de aire de tumbado (Cassette).
V	Voltio.
W	Watts.
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/s²	Metro por segundo cuadrado
µm	Micrómetro.
mm	Milímetro
NPTF	National Pipe Taper Fuel
N	Newton
Nm	Newton por metro
N/m²	Newton por metro cuadrado
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana.
P	Potencia
psi	Pounds-force per square inch
in	Pulgada
3P	Tres polos

SIMBOLOGÍA

Amp	Amperios.
µseg	Micro segundo.
H	Altura.
V	Voltaje.
°C	Grados centígrados.
°F	Grados Fahrenheit.
m	Metros.
cm	Centímetros.
mm	Milímetros.
CO₂	Dióxido de carbono.
Ft²	Pies cuadrados.
m²	Metros cuadrados.
Kw	Kilo Watts.
USD	Dólares americanos.
mmHg	Milímetros de mercurio.
seg	Segundos.
ΔT	Delta de temperatura.
L	Longitud.
t	Tiempo.

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág
Figura 2.1	Flujo de refrigerante variable.....	12
Figura 2.2	Control de funcionamiento de ahorro de energía en tiempo real.....	13
Figura 2.3	Tipos de VRF unidades interiores (aplicaciones HVAC).....	15
Figura 2.4	Ejemplo de sistema de control para sistema VRF.....	16
Figura 2.5	Esquema de expansión directa.....	17
Figura 2.6	Equipo split condensado por aire.....	18
Figura 2.7	Equipo compacto condensado por agua.....	19
Figura 2.8	Unidad compacta de ventana.....	20
Figura 2.9	Unidad minisplit.....	21
Figura 2.10	Unidad multi-split.....	21
Figura 2.11	Unidad evaporadora tipo piso techo.....	22
Figura 2.12	Unidad evaporadora split de pared.....	23
Figura 2.13	Unidad evaporadora fan coil.....	23
Figura 2.14	Unidad evaporadora cassette.....	24
Figura 2.15	Chiller enfriado por agua.....	25
Figura 2.16	Chiller enfriado por aire.....	26
Figura 2.17	Ubicación ducto de mampostería para extracción de olores.....	31
Figura 2.18	Ducto de mampostería presurización de escaleras.....	32
Figura 2.19	Esquema de un lazo de control.....	42
Figura 2.20	Esquema de un sistema de control eléctrico.....	43
Figura 2.21	Esquema de un lazo de control electrónico.....	45

Figura 3.1	Pantalla principal Trace 700.....	54
Figura 3.2	Mapa selección clima.....	54
Figura 3.3	Clima de Guayaquil.....	55
Figura 3.4	Cargas internas piso tipo.....	56
Figura 3.5	Flujos de aire exterior.....	57
Figura 3.6	Setpoint del termostato.....	58
Figura 3.7	Materiales de construcción del edificio.....	59
Figura 3.8	Datos de plantilla base.....	62
Figura 3.9	Ingreso Room´s.....	63
Figura 3.10	Datos de techo.....	63
Figura 3.11	Datos de paredes	64
Figura 3.12	Datos de cargas internas.....	65
Figura 3.13	Datos de aire exterior por default.....	65
Figura 3.14	Selección de sistema	66
Figura 3.15	Asignación de cuartos al sistema	67
Figura 3.16	Cálculos del programa.....	67
Figura 3.17	Pantalla principal del software a utilizar.....	76
Figura 3.18	“Weather” selección de datos climáticos.....	77
Figura 3.19	“Building” datos del edificio.....	78
Figura 3.20	Características arquitectónicas del edificio.....	79
Figura 3.21	Datos de ocupación del edificio.....	81
Figura 3.22	Alternativas de climatización.....	81
Figura 3.23	Alternativa 1 sistema VRF.....	82
Figura 3.24	Parámetros del sistema de climatización VRF.....	83
Figura 3.25	Alternativa 2 sistemas chillers.....	84
Figura 3.26	Configuración de la planta chillers.....	85

Figura 3.27	Alternativa 3 expansión directa DX.....	86
Figura 3.28	Precio del KW/H en Guayaquil.....	87
Figura 3.29	Tipo de reporte a generar.....	88
Figura 3.30	Reporte de la comparación del costo energético	88
Figura 3.31	Pantalla principal software Multi V.....	94
Figura 3.32	Plano de climatización.....	95
Figura 3.33	Longitud de tubería máxima.....	96
Figura 3.34	Longitud de tubería.....	97
Figura 3.35	Altura de tubería.....	97
Figura 3.36	Selección de equipos VRF.....	98
Figura 3.37	Control grupal.....	99
Figura 3.38	Conexión de control.....	100
Figura 3.39	Sistema de control central.....	101
Figura 3.40	Pantalla de inicio CAPS.....	103
Figura 3.41	Apertura de archivos.....	103
Figura 3.42	Modelos de equipos a seleccionar.....	104
Figura 3.43	Ingreso de datos y visualización de modelos seleccionados.....	106
Figura 3.44	Visualización de modelo seleccionado.....	106
Figura 3.45	Curva del ventilador seleccionado.....	107
Figura 3.46	Curvas comparativas de opción de ventiladores.....	107
Figura 3.47	Configuración equipos.....	108
Figura 3.48	Configuración del motor.....	109
Figura 3.49	Selección de accesorios.....	109
Figura 3.50	Visualización de dibujos.....	110
Figura 3.51	Visualización de equipos con accesorios.....	110
Figura 3.52	Resultados extractor de servicios higiénicos.....	111

Figura 3.53	Resultado extractor de baño común.....	112
Figura 3.54	Resultado ventilador de presurización.....	113
Figura 3.55	Resultado ventilador suministro de oficina.....	114
Figura 3.56	Diseño de extracción de olores.....	115
Figura 3.57	Tabla para dimensionamiento de ductos.....	119
Figura 3.58	Longitud exacta de los tubos a instalar.....	123
Figura 3.59	Utilizar cortador de tubo para las tuberías.....	123
Figura 3.60	Utilizar raspador para quitar las rebabas de cobre.....	123
Figura 3.61	Soporte de tubería de cobre.....	124
Figura 3.62	Correcta instalación de tubería de cobre.....	124
Figura 3.63	Y-branch.....	125
Figura 3.64	Evite el desequilibrio de distribución de refrigerante.....	125
Figura 3.65	Distancia entre accesorios de cobre.....	126
Figura 3.66	Correcta instalación de accesorios de cobre.....	126
Figura 3.67	Proceso de soldadura.....	127
Figura 3.68	Correcto procedimiento de soldadura.....	128
Figura 3.69	Procedimiento de como inyectar nitrógeno.....	128
Figura 3.70	Equipo cassette.....	129
Figura 3.71	Soporte de equipos cassette.....	130
Figura 3.72	Tuercas dobles para sujeción del equipo.....	130
Figura 3.73	Protección de equipos cassette.....	131
Figura 3.74	Drenaje de condensado.....	132
Figura 3.75	Instalación de condensadores.....	133
Figura 3.76	Bases de hormigón para condensadores.....	133
Figura 3.77	Correcta instalación de equipos condensadores.....	134
Figura 3.78	Comunicación de condensadora.....	135
Figura 3.79	Conexión en serie de equipos evaporadores.....	136

Figura 3.80	Termostato instalado en pared.....	137
Figura 3.81	Vacío del sistema de tuberías de cobre.....	140
Figura 3.82	Esquema eléctrico de alimentación de equipos.....	142
Figura 3.83	Esquema de análisis del sistema.....	143
Figura 3.84	Proceso de verificación.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Velocidad de aire en ductos.....	38
Tabla 2	Calculo de carga de refrigeración y calefacción.....	39
Tabla 3	Resumen de la carga de refrigeración del comedor.....	69
Tabla 4	Resumen de la carga de refrigeración del piso tipo.....	70
Tabla 5	Información de la carga de refrigeración del comedor.....	71
Tabla 6	Información de la carga de refrigeración piso tipo.....	72
Tabla 7	Resumen energético.....	89
Tabla 8	Resumen de costos.....	91
Tabla 9	Análisis de la mejor alternativa.....	93
Tabla 10	Listado de equipos VRF.....	98
Tabla 11	Dimensiones de ductos extracción de olores.....	120
Tabla 12	Dimensiones de ductos ventilación de escaleras.....	120
Tabla 13	Carga de refrigerante adicional.....	141
Tabla 14	Proceso de funcionamiento.....	145
Tabla 15	Resultado capacidad de enfriamiento.....	147
Tabla 16	Resultados de flujos para ventilación mecánica.....	148
Tabla 17	Calculo energético de las diferentes alternativas.....	148
Tabla 18	Presupuesto estimativo de las diferentes alternativas.....	149
Tabla 19	Análisis de la mejor alternativa.....	149

ÍNDICE DE PLANOS

Plano No.1	Diseño de climatización piso tipo
Plano No.2	Diseño de climatización comedor
Plano No.3	Terraza azotea
Plano No.4	Terraza piso 1

INTRODUCCIÓN

El proyecto se inicia cuando el gobierno de turno presidido por el Ec. Rafael Correa Delgado realiza un estudio de la rentabilidad que representa al Estado poseer un edificio el cual no se encuentra en uso y viendo la necesidad de poder ampliar la atención de las entidades del Estado, procede a remodelar el antiguo edificio en la ciudad de Guayaquil.

Anteriormente el edificio solo estaba habilitado un 20% y en el cual funcionaba un casino privado y el 80% de la edificación desde su inicio no había sido utilizado. El edificio posee 16 plantas, las cuales se destinarán a oficinas de los distintos ministerios.

En el edificio se encontraba un sistema de climatización de expansión directa para uso exclusivo del casino, el mismo que no abastecía las necesidades de enfriamiento del casino, ni mucho menos a todo el edificio debido a la vetustez del sistema existente.

En el presente trabajo se describe el sistema de climatización a instalar, así como su constitución y funcionamiento.

El proyecto consiste en la climatización y ventilación mecánica de 16 pisos tipo, de acuerdo a las actuales condiciones de diseño.

Para la ejecución de este proyecto, se realiza un estudio térmico de las instalaciones del edificio, utilizando para ello el programa de cálculo de carga del fabricante de equipos TRANE, llamado TRACE 700 [21]. Para el uso de este programa se deben determinar los diversos datos los cuales deben de ingresarse al software, tales como son: los coeficientes de transferencia de calor de los diversos materiales, el consumo de energía eléctrica de los diversos elementos eléctricos, número de personas estimado, etc. Una vez ingresado los datos en el programa se determinará la carga térmica total del proyecto.

El sistema de ventilación mecánica se analizará en el software CAPS [22], el cual es reconocido en tratamiento de aire interior.

Una vez que se realice el cálculo de carga térmica, la selección del sistema de climatización óptimo para este edificio y la selección de equipos de ventilación se realizan las respectivas pruebas y calibraciones de los equipos y otros componentes y el análisis técnico - económico de los sistemas instalados.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.

1.1. Planteamiento del problema.

La necesidad del gobierno central de poner en funcionamiento los bienes inmuebles adquiridos para los diferentes ministerios o centros de atención a la ciudadanía, crea la necesidad de remodelar un antiguo edificio en la ciudad de Guayaquil; que nunca fue habitado y no existía entre otras instalaciones, el sistema de acondicionamiento del aire.

Se analiza en función de varios factores importantes el tipo de sistema a usar (Expansión directa, VRF o Agua Helada), luego de determinar la capacidad de los equipos por medio de un análisis de carga térmica realizado por un software especial para ello.

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 de control o monitoreo que puede contribuir mayormente en una adecuada eficiencia energética.

De esta manera el presente trabajo plantea dos aspectos, en primer lugar de qué forma se realizará la estrategia de control del confort térmico sobre un ambiente ocupado por personas dedicadas a tareas exclusivamente de oficina. En segundo lugar enfocar los esfuerzos para poder incluir la disminución del consumo de energía escogiendo el sistema adecuado para esta aplicación.

1.2. Objetivo del proyecto.

El objetivo primordial del proyecto es lograr el confort térmico de las personas que ocuparán las diferentes oficinas del edificio.

En segundo lugar se requiere hacer una correcta selección del sistema a implementar, tomando en cuenta todos los factores importantes para el efecto, como son: inversión inicial, ahorro energético, eficiencia térmica,

facilidad de instalación dado por la arquitectura del edificio, recordando que éste se encuentra ya construido y el sistema seleccionado deberá adaptarse a los espacios disponibles.

Por último se deberá incluir un sistema de control y monitoreo que ayude al departamento de mantenimiento del edificio, a tener un completo reporte del estado de las unidades y las diferentes fallas o problemas que puedan presentar a lo largo de su funcionamiento diario.

1.3. Metodología usada para el desarrollo del proyecto.

El análisis del cálculo de carga térmica del edificio de oficinas se realizó en el software TRACE 700 del fabricante de equipos de aire acondicionado Trane.

El análisis energético de los diferentes sistemas de equipos de climatización se realizó con el software Building System Optimizer [20], del fabricante de equipos de aire acondicionado Carrier.

Se presentaron presupuestos estimativos de cada sistema en análisis, para evaluar cuál sería la inversión inicial del mismo, en el edificio en remodelación.

Se escogió el sistema VRF como mejor alternativa para el cliente. La selección de estos equipos se la hizo con el software LATS Multi-V [19], del fabricante de equipos de aire acondicionado LG.

1.4. Estructura del proyecto.

La organización de este trabajo tiene diversos aspectos, fundamentados en la formulación del problema planteado y de acuerdo con los objetivos puestos como meta.

Se exponen las justificaciones y objetivos del desarrollo de este proyecto de graduación, así como también se detallará la metodología que se seguirá para la elaboración de la misma.

Se hace un análisis de los sistemas de climatización y ventilación, incluyendo un estudio de los sistemas de climatización disponibles en el

mercado local y todos aquellos factores que deben ser tenidos en cuenta, también se detallará el sistema de control central para el sistema de climatización. Además se presentarán los estándares más utilizados y las condiciones de diseño para cada aplicación.

Se estudia el cálculo de carga térmica de un piso tipo del edificio, se analizarán también las diferentes alternativas de los sistemas de climatización y ventilación mecánica poniendo énfasis en el ahorro energético y como corolario se seleccionará el más adecuado para el cumplimiento de los objetivos.

Para comprender su comportamiento, se utilizan los resultados dados en el modelado y comparación de los diferentes sistemas de climatización en el ámbito energético, introduciendo todas las herramientas teóricas necesarias para poder comprender su comportamiento y validando el modelo propuesto.

Se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto de graduación.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEORICO.

2.1. Sistema de climatización en edificios.

Los sistemas de climatización consisten en crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad de los espacios habitados.

Se define climatización como, dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión necesaria para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas [1].

Así pues, la climatización comprende tres cuestiones fundamentales, la ventilación, la calefacción, y la refrigeración o climatización. A partir de esta definición se desprende que el concepto climatización equivale a lo que en inglés se llama Heating, Ventilating and Air Conditioning, o por sus siglas HVAC, expresión en la que aparecen tres conceptos separados: ventilación y calefacción por un lado y aire acondicionado por otro.

Cuando se presenta un proyecto de este tipo para un edificio de oficinas, se plantean dos exigencias fundamentales, tanto desde el punto de vista del confort de los usuarios, como de la eficiencia energética: la iluminación y la calidad del aire, por ser éstas las condiciones ambientales que mayor repercusión tienen sobre la productividad de los trabajadores y sobre el consumo de energía eléctrica.

Las condiciones que se consideran necesarias para conseguir un ambiente confortable en un edificio son: temperatura seca del aire 21°C a 25°C, humedad relativa 45% a 65%, 0,2 a 0,5 m/s de velocidad del aire y calidad del aire, es decir, suministro continuo de aire fresco para renovar el ambiente y conseguir un aporte de oxígeno, a la vez que se retiran

gases y partículas que puedan influir negativamente en la calidad del aire respirado.

En oficinas de gran tamaño, suelen usarse sistemas centralizados (varias zonas se tratan conjuntamente a través de una misma instalación). Utilizan un solo equipo productor conectado por una red de distribución (tuberías de agua o refrigerante) a los equipos terminales (que son los que intercambian el frío generado con el aire del local a climatizar). Pueden ser sistemas Todo Agua, Todo Aire o Agua-Aire, en función de si se utiliza el agua o el aire como fluido térmico.

2.1.1. Selección del sistema de climatización para el edificio público del sector social.

De los distintos sistemas de climatización existentes en el mercado, primará elegir aquel que sea compatible con las características del local a climatizar, es decir, con el edificio, básicamente se elegirá el sistema cuya rentabilidad y funcionamiento sea óptimo.

A continuación se analizó las tres alternativas de sistemas de climatización para el Edificio en cuestión: Sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRF), Sistema de Expansión Directa convencional (DX) y Sistema de Agua Helada (Chillers).

Sistema de Volumen de Refrigerante Variable o VRF (por sus siglas en inglés), es un concepto referido a equipos de aire acondicionado desarrollado especialmente para residencias amplias y edificios comerciales de medio y gran tamaño. Se trata de un sistema multi-split, en donde la unidad externa se encuentra ligada a múltiples unidades internas, que operan individualmente por ambiente, por medio de los llamados sistemas de expansión directa, en los que el refrigerante “intercambia” calor con el aire del ambiente y luego retorna para su condición inicial en el ciclo del sistema de refrigeración. Fue inventado en Japón por Daikin en 1982.

El sistema VRF basa su funcionamiento en el motor del compresor. Este motor que hace funcionar al compresor albergará un sistema de variación de frecuencia (entre 20 y 100 Hz). Así, el compresor trabaja a menor o

mayor rendimiento, dependiendo de la información recibida del sistema de control de las oficinas. Cuando el compresor trabaja a menor potencia se suministra un caudal de refrigerante menor hacia el evaporador/condensador, disminuyendo la cantidad de calor absorbido/cedido a la sala. Así el control de temperatura del local es mucho más preciso (figura 2.1). Este control frecuencial del compresor disminuye los paros y puestas en funcionamiento que son motivo de desgaste del mismo.

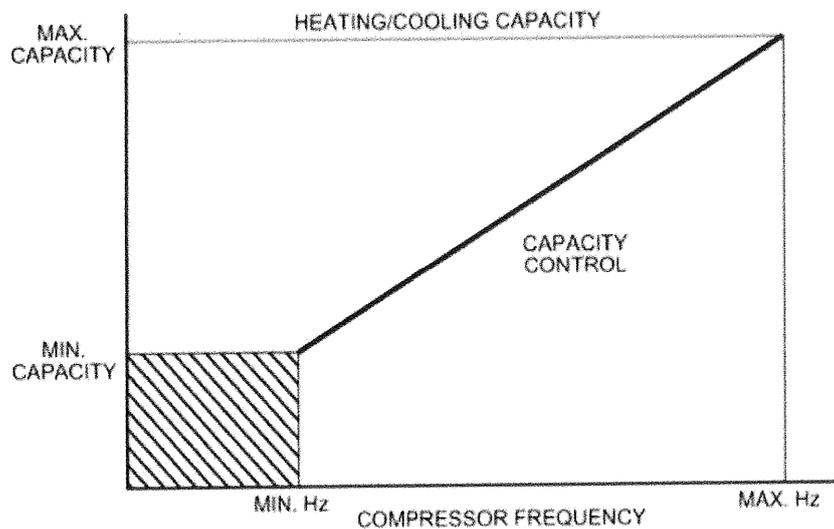


FIGURA 2.1 FLUJO DE REFRIGERANTE VARIABLE
Fuente: [2].

Con este sistema se consigue una independencia climática en cada sala climatizada que se presenta como una ventaja comparada con otros sistemas. Cada unidad interior trabajará de forma independiente de las demás, suministrando la cantidad de refrigerante que necesite. Una válvula de expansión electrónica dejará pasar la cantidad justa de fluido refrigerante que deberá entrar en el serpentín del evaporador.

En los sistemas VRF la regulación de la temperatura es proporcional. La cantidad de fluido refrigerante bombeado a los evaporadores aumenta o disminuye proporcionalmente a la proximidad de la temperatura del local respecto del punto predeterminado (seteado) (figura 2.2).

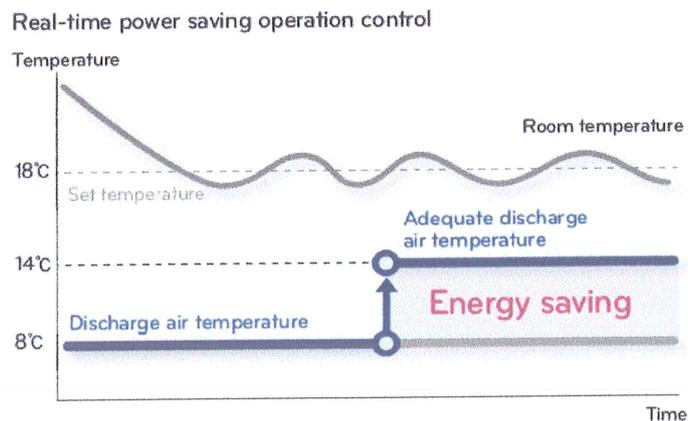


FIGURA 2.2 CONTROL DE FUNCIONAMIENTO DE AHORRO DE ENERGIA EN TIEMPO REAL

Fuente: [3].

Los sistemas VRF pueden ser usados en varias aplicaciones, como en:

- Edificios de oficina altos y bajos de altura.
- Instalaciones educativas
- Establecimientos de salud.
- Edificios residenciales.
- Tiendas.
- Restaurantes, salones de eventos, hoteles, iglesias.

Los sistemas VRF están compuestos de:

- Unidades exteriores o unidades condensadoras, que contiene el intercambiador de calor de placas y el compresor que es el componente más importante dentro de esta unidad, la mayor parte de estas unidades exteriores utilizan compresores de desplazamiento de velocidad variable o compresores rotativos, son fiables porque tienen muy pocas piezas móviles. A través de la unidad de velocidad variable, proporcionan un control modulante de capacidad lineal, estos compresores ofrecen un funcionamiento silencioso y excelente eficiencia de carga parcial. Si un solo compresor falla en un sistema de unidad exterior múltiple, la capacidad de pico se pierde, pero el

sistema en general todavía puede proporcionar un enfriamiento parcial o calefacción.

- Unidades interiores, a veces llamados fan coils, unidades evaporadores o unidades de tratamiento de aire, y están disponibles en muchas configuraciones diferentes, incluyendo: splits montados en pared, splits instalados en cielo falso, splits instalados en el piso y sobre cielo falso, ver figura 2.3. En un solo sistema VRF pueden usarse varios modelos de unidades interiores.

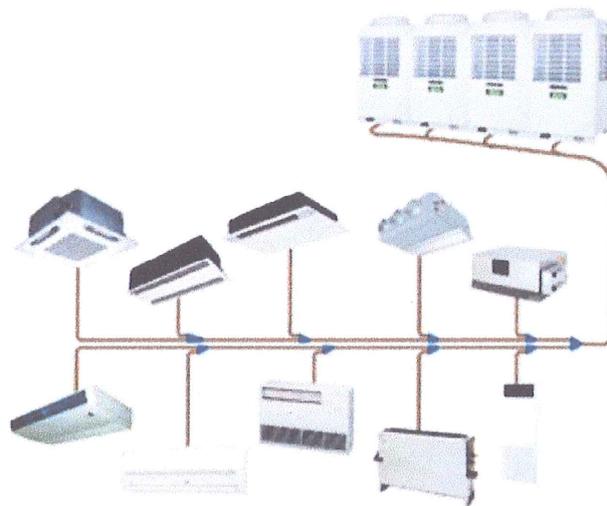


FIGURA 2.3 TIPOS DE VRF UNIDADES INTERIORES (APLICACIONES HVAC)

Fuente: [4].

- Los sistemas VRF han integrado los controles de cada componente para asegurar que el sistema opere colectiva y eficientemente. Dependiendo de la aplicación, un sistema VRF puede ser capaz de funcionar con muchos niveles de los controles. Cada unidad interior puede ser gestionado por un controlador local, o múltiples unidades interiores que sirven a la misma zona. Cada fabricante ofrece su propia comunicación de control que se puede integrar con niveles más altos de comunicación en las edificaciones, como LonWorks o BACnet. Los fabricantes también ofrecen controles centralizados que permiten al usuario monitorear y controlar un sistema completo desde una única ubicación o por internet. como se indica en la figura 2.4.

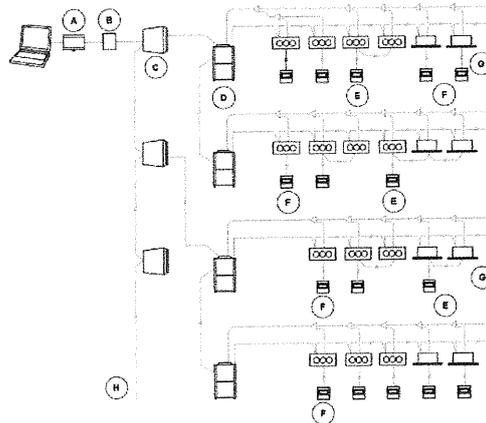


FIGURA 2.4 EJEMPLO DE SISTEMA DE CONTROL PARA SISTEMA VRF

Fuente: [5].

Sistema de Expansión Directa o DX (por sus siglas en inglés), o equipos autónomos, es el tipo más común de sistema de aire acondicionado usado en las edificaciones. Los sistemas de expansión directa usan el sistema de bobina para expandir el refrigerante y enfriar el aire. Se usa una válvula para parar el aire comprimido antes de que alcance el serpentín de refrigeración, y después se libera algo de su presión, dejando que se expanda y enfríe. El gas fresco se suelta después en el serpentín mientras el aire externo pasa por el para enfriarlo, como se indica en la figura 2.5. El equipo puede producir frío sólo o frío y calor.

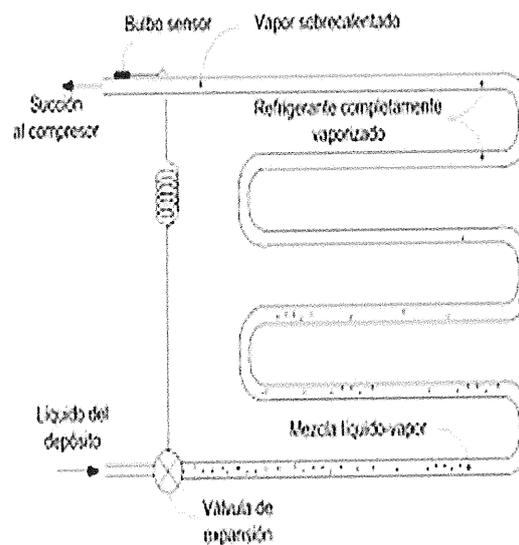


FIGURA 2.5 ESQUEMA DE EXPANSIÓN DIRECTA
Fuente: [6].

Existen equipos condensados por aire y condensados por agua.

Equipos condensados por aire: el calor generado por el compresor refrigerado por aire se libera directamente al aire. Normalmente esto se facilita con aletas metálicas que cubren la parte exterior de la carcasa, aumentando el área de superficie para que el aire pueda actuar. El aire puede ser evacuado de la carcasa con el uso de un ventilador en la cubierta, para lograr un enfriamiento eficiente con altos volúmenes de aire o simplemente por el flujo de aire natural con aletas bien diseñados y en ángulo (figura 2.6).

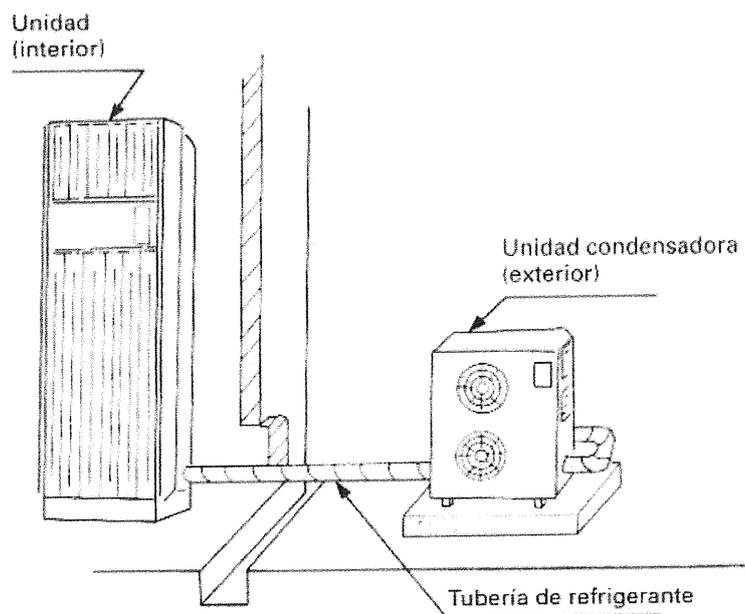


FIGURA 2.6 EQUIPO SPLIT CONDENSADO POR AIRE
Fuente: [7].

Equipos condensados por agua: son los llamados equipos agua-aire. El agua utilizada para la condensación puede ser agua de una torre de enfriamiento o puede ser agua perdida de pozos, lagos, ríos, etc. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la menor temperatura de condensación y la mayor uniformidad de la temperatura a lo largo del año (figura 2.7).

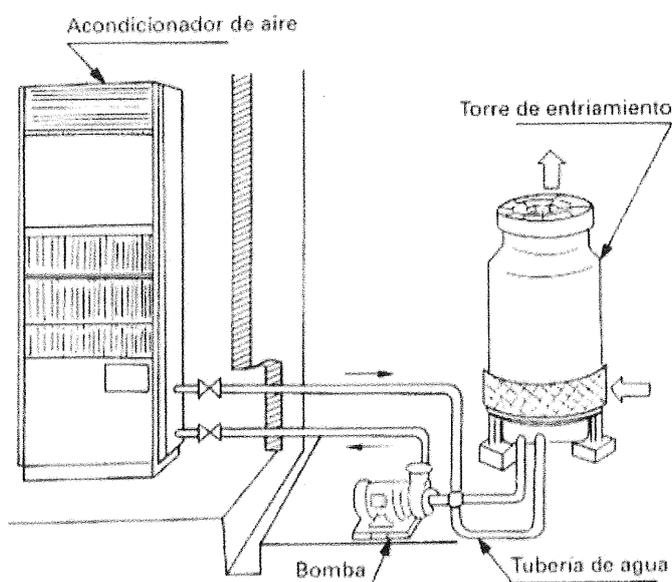


FIGURA 2.7 EQUIPO COMPACTO CONDENSADO POR AGUA
Fuente: [7].

Cuando el fluido al que se le cede o absorbe calor es el aire se utiliza un intercambiador de tubos y aletas, si este fluido es el agua, el intercambiador recomendado es de carcaza y tubo.

Los equipos condensados por aire son más ruidosos que los condensados por agua, y a parte de un mismo consumo de potencia aportan menos potencia frigorífica y calorífica.

Pueden haber varias formas de dividir los equipos de expansión directa, según como atienden la inversión térmica (irreversibles – sólo pueden dar frío o calor, reversibles – dan frío y calor). Atendiendo al número de unidades que se divide el ciclo de refrigeración, pueden ser: compactos o divididos. Esta clasificación es más común en nuestro medio.

Equipos compactos, formados por una única unidad en donde se halla el evaporador, condensador y compresor, es decir, todo el circuito de refrigeración se hace en el mismo equipo. Por ejemplo: unidad de ventana (figura 2.8), unidad paquete.



FIGURA 2.8 UNIDAD COMPACTA DE VENTANA

Equipos divididos: también llamados splits, pueden estar formados por dos unidades (llamados mini splits) formados por una unidad interior y otra exterior (figura 2.9), o por una exterior y varias interiores (multi-splits), figura 2.10.

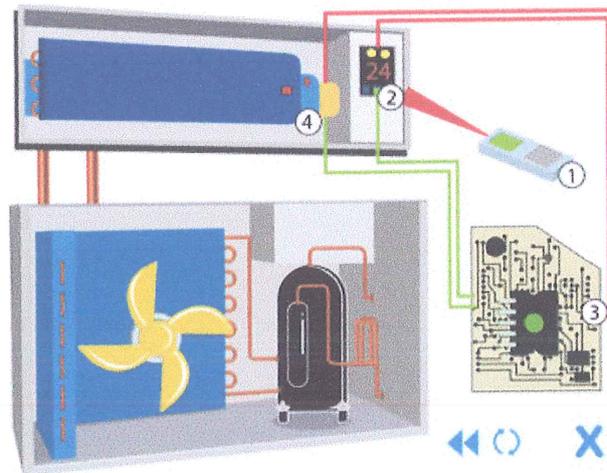


FIGURA 2.9 UNIDAD MINISPLIT
Fuente: [8].

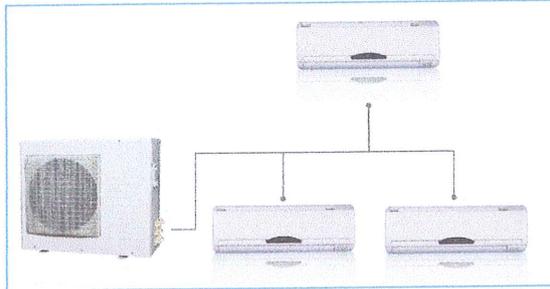


FIGURA 2.10 UNIDAD MULTI-SPLIT
Fuente: [9].

En el medio existen varios tipos de unidades interiores, como sigue:

Tipo piso-techo: la unidad se instala en el suelo o suspendida al techo bajo el tumbado, a partir de lo cual se distribuye ampliamente el aire acondicionado (figura 2.11).



FIGURA 2.11 UNIDAD EVAPORADOR TIPO PISO TECHO

Tipo pared: la unidad se instala en el medio de la pared, así se consigue que se aproveche eficazmente el espacio del ambiente (figura 2.12).

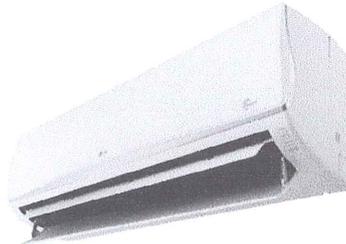


FIGURA 2.12 UNIDAD EVAPORADOR SPLIT DE PARED
Fuente: [10].

Tipo fan coil: la unidad se suspende del falso techo y distribuye horizontalmente el aire acondicionado (figura 2.13).



FIGURA 2.13 UNIDAD EVAPORADOR FAN COIL
Fuente: [11].

Tipo cassette: la unidad se instala en el techo falso de tal forma que se puede utilizar totalmente el espacio del ambiente (figura 2.14).



FIGURA 2.14 UNIDAD EVAPORADOR CASSETTE

Fuente: [12].

Sistema de Agua Helada (Chillers), o enfriadores de agua, son especialmente utilizados para los grandes sistemas de acondicionamiento de aire por las ventajas que ofrecen en cuanto a distribución y a la centralización de la producción de frío.

El agua se utiliza como refrigerante secundario, el agua es enfriada en transferencia térmica con el refrigerante y posteriormente el agua se distribuye hacia los evaporadores que a su vez condicionan el aire ambiente.

Las plantas enfriadoras se pueden dividir en dos grupos según el medio que se utilice para el intercambio de calor con el refrigerante en el condensador, estas son:

- Enfriadoras de agua condensadas por agua, o equipos agua-agua (figura 2.15). Se benefician del calor específico del agua y su calor latente de vaporización. Requieren una red de suministro de agua, los emisores son radiadores a baja temperatura, fan-coils o suelo radiante y permiten mantener un coeficiente de desempeño (COP) constante y elevado durante toda la temporada climática más crítica.



FIGURA 2.15 CHILLER ENFRIADO POR AGUA

Fuente: [13].

- Enfriadoras de agua condensadas por aire, o equipos aire-agua (figura 2.16). El aire se toma del ambiente, sin embargo, su bajo calor específico obliga a mover grandes cantidades del mismo para un buen

intercambio térmico, lo que hace que sea necesario el uso de ventiladores. El uso de estos equipos se está extendiendo cada vez más en sustitución de los modelos condensados por agua. El precio del m³ de agua y las restricciones en su consumo que dicho costo implica, inclina la balanza a favor de las plantas condensadas por aire. Además hay otros factores, tales como el problema de la legionella, (bacterias), asociado a las torres de refrigeración, hacen que el uso de plantas condensadas por aire crezca cada vez más en importancia.



FIGURA 2.16 CHILLER ENFRIADO POR AIRE

Fuente: [14].

2.2. Sistemas de ventilación en edificios.

La ventilación es la remoción sistemática de aire y/o gases calientes de un ambiente, seguida por la sustitución de un abastecimiento de aire más fresco. Entre los tipos de ventilación que se consideran para este

proyecto se tiene la ventilación natural, la cual consiste en una abertura para la transición de aire entre las atmósferas exteriores e interiores y la ventilación forzada la cual consiste en extraer e/o inyectar aire por medios mecánicos.

La ventilación natural es producida por la naturaleza, sube hacia la parte más alta de la edificación ya que es más caliente, refrigerando y refrescando en su totalidad. Una buena ventilación provendrá de buena oxigenación y control del aire que se emita. Una mala ventilación afectará la temperatura del aire interior, su velocidad, olores indeseables y descontrolaran los niveles de humedad haciendo que los factores de contaminación no sean bien regulados.

El objetivo principal es obtener el mayor aprovechamiento del flujo de aire según la posición del o los edificios. También es no usar flujos de aire contaminantes y evitar vientos permanentes no deseados.

La desventaja de este sistema es que perjudica de gran manera la eficiencia energética del edificio.

La ventilación forzada es un sistema que permite intercambiar aire con el exterior de una manera mecánica. Esta se realiza mediante la creación artificial de sobre presiones o presiones de vacío en conductos de distribución de aire. Éstas pueden crearse mediante ventiladores, extractores, unidades de tratamiento de aire u otros elementos accionados mecánicamente.

Existen dos tipos de ventilación mecánica, ventilación por presión positiva y ventilación por presión de vacío.

Por presión positiva involucra la introducción de aire fresco dentro de un espacio confinado a una tasa superior a la que este sale, creando una ligera presión positiva dentro del espacio. Esta presión contraerá la presión generada por el fuego y preverá la dispersión de los productos de la combustión hacia áreas no involucradas del edificio.

Presión de vacío, es la extracción o succión de aire desde un espacio confinado hasta el exterior del edificio. Se hace creando un sistema mecánico que genera una corriente de aire y puede hacerse con un

ventilador o extractor. De esta manera se genera un efecto venturi o succión hacia el exterior de la edificación. Es de crucial importancia que se provean las aperturas necesarias para que ingrese el aire que está siendo extraído (aire de reemplazo).

2.2.1. Selección del sistema de ventilación para el edificio público del sector social.

Este edificio de 16 pisos fue construido hace más de una década, por lo cual los sistemas a seleccionarse deben de adaptarse a esta arquitectura, cimentaciones y estructuras.

El término ventilación se lo emplea en este edificio con dos significados: El primero, indica la cantidad de aire a extraer, y el segundo la cantidad de aire fresco a suministrar, para lo cual el sistema de ventilación se selecciona de la siguiente manera:

- Sistema de extracción de batería sanitaria, el cual se basará en el método de ventilación forzada por presión de vacío.
- Sistema de presurización de escaleras, el cual empleará ventilación por presión positiva
- Aire de renovación para oficinas, el cual empleará presión positiva.

Los sistemas son diseñados en estos casos para mantener una buena ventilación de las diferentes áreas, eliminar olores extraños que existiesen y ayudar a mantener una calidad de aire interior aceptable para este tipo de aplicaciones.

2.2.1.1. Sistema de ventilación de baños.

Los sistemas están diseñados para mantener una buena ventilación de las diferentes áreas y eliminar cualquier tipo de olores extraños que existiera en el ambiente.

La extracción se efectúa con un ventilador centrífugo en cada batería sanitaria el cual se conectará a ductos horizontales de acero galvanizado, los ductos horizontales llegan cerca de las baterías sanitarias. Desde ahí se conectan por medio de mangueras flexibles de 6 pulgadas de diámetro a las rejillas colocadas sobre el tumbado de cada batería sanitaria.

El ventilador centrífugo de cada unidad descarga los olores a un ducto vertical de hormigón de uso exclusivo de ventilación mecánica, por lo cual no se utilizará ducto metálico y se utiliza un ventilador (VE) ubicado en la

terraza del edificio, que está conectado al ducto de hormigón, este ventilador será dimensionado al 45 % de la carga total para garantizar una adecuada evacuación de olores, como se indica en la figura 2.17.

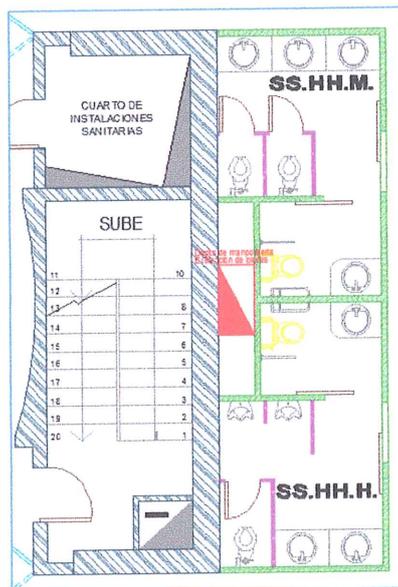


FIGURA 2.17 UBICACIÓN DUCTO DE MAMPOSTERÍA PARA EXTRACCIÓN DE OLORES

2.2.1.2. Sistema de ventilación de presurización de escaleras.

En las escaleras del edificio, desde planta baja hasta el piso 15, se ha provisto de un sistema de suministro de aire que presuriza las escaleras de cada una de las plantas. En caso de incendio, este suministro de aire permitirá que el humo que exista en los diferentes pisos no ingrese a las

escaleras, evitando así la muerte por asfixia de las personas que están desalojando el edificio durante el siniestro.

El suministro de aire se realiza por un ventilador (VP-1 mostrado en el Apéndice de planos 3), ubicado en la terraza, y envía el aire a través de un ducto vertical de hormigón (figura 2.18) de uso exclusivo para la presurización, a este ducto se le conectan en cada planta rejillas de suministro de aire.

La alimentación de energía para los motores de este ventilador deberá ser permanente tanto desde el tablero eléctrico principal, y en caso de incendio recibirá energía desde el generador de emergencia. Este ventilador se encenderá automáticamente al recibir la señal de emergencia del sistema contra incendio.

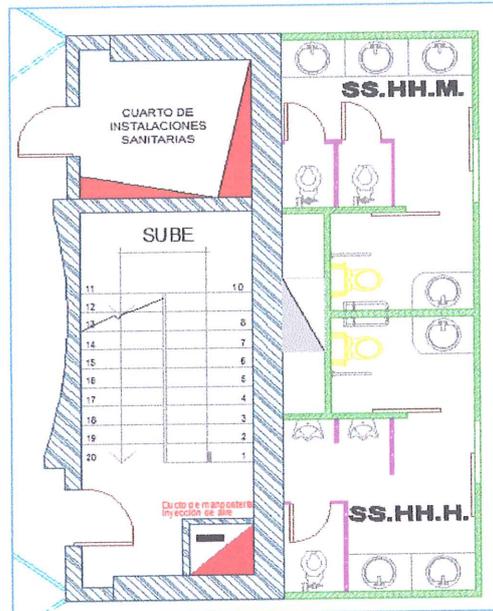


FIGURA 2.18 DUCTO DE MAMPOSTERÍA PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS.

2.3. Condiciones de diseño.

En el diseño de una instalación de aire acondicionado, no sólo está en juego el confort o bienestar, sino también la calidad del aire interior, esta premisa es muy importante a la hora de diseñar un sistema de climatización.

Debe tenerse en cuenta que si bien la temperatura del aire es el parámetro más importante para lograr las condiciones de confort, éste debe estar en conjunción con otros tres factores como son la temperatura promedio de los cerramientos del entorno del local, la humedad relativa y

el movimiento del aire, además en base al grado de actividad y la vestimenta que se utiliza en el local.

2.3.1. Condiciones de diseño exteriores.

La ciudad de Guayaquil - Ecuador se encuentra ubicada geográficamente en latitud 2° 10` Sur y longitud 79° 53` Oeste, y posee una elevación sobre el nivel del mar de 20 pies (6.1 metros). El clima consiste en una estación lluviosa y una estación seca bien definida. En ambas estaciones son muy notorias las temperaturas mayores a los 30°C. Las condiciones exteriores de temperatura de diseño para esta ciudad han sido tabuladas en textos internacionales como ASHRAE [1].

- Temperatura de bulbo seco: 33.3°C
- Temperatura de bulbo húmedo 26.7°C

La temperatura de bulbo seco es el límite superado durante el 1% de 2,928 horas comprendidas entre los meses de diciembre a marzo, para la ciudad de Guayaquil. Esto es, las observaciones meteorológicas recopiladas por ASHRAE indican que durante 29 horas la temperatura

bulbo seco fue igual o supero a los 33.3°C. En cambio, la temperatura de bulbo húmedo reportada, es el valor promedio de todas estas temperaturas registradas en el lapso de tiempo mencionado (1% es decir, 29 horas). Es necesario aclarar que esta temperatura de bulbo húmedo no es la coincidente con la temperatura de bulbo seco reportada. Las propiedades del aire húmedo al nivel del mar con las temperaturas de diseño mencionadas tienen un 60% de humedad relativa. Este dato es en realidad una aproximación debido a que las dos temperaturas no son coincidentes ya que no son tomadas de manera simultánea.

2.3.2. Condiciones de diseño interiores.

Las condiciones interiores de diseño a mantenerse en un edificio de oficinas, ha sido práctica común utilizar rangos de temperatura entre 23°C a 26°C, y de humedad relativa entre 50 a 45%. Estos valores se refieren a aplicaciones muy generales (apartamentos, oficinas, hoteles, etc.) y han sido tomadas del manual de diseño de sistemas de climatización de Carrier [7].

En este trabajo se utilizarán los siguientes valores de humedad y temperatura para el diseño del sistema de climatización.

- Temperatura de bulbo seco: 23°C +/- 2°C
- Humedad relativa 50% +/- 5%

Finalmente se debe de considerar que el sistema deberá cumplir parámetros de diseño que eviten sonidos no deseados.

En aire acondicionado los ruidos que comúnmente ocasionan molestias a los ocupantes son los generados por los difusores y/o rejillas de suministro. Las curvas de NC (Noise Criteria [7]) son el método más común de proveer información del espectro de un ruido en sus diferentes octavos de banda, expresándolo con un simple número. En general los niveles de ruido por debajo de 30 NC son silenciosos y por encima de 50 NC son considerados ruidosos.

ASHRAE recomienda utilizar el siguiente parámetro de NC.

- Criterio de ruido 30 - 35 NC

2.4. Criterios de diseño de climatización.

El avance de la técnica del acondicionamiento del aire ha hecho indispensable su aplicación en todo edificio moderno, porque el aire acondicionado ciertamente no es un lujo, sino un requerimiento importantísimo, ya que está dispuesto no exclusivamente como generador de comodidad, sino principalmente como un factor que contribuye a la preservación de la salud de los habitantes de una edificación y además, hoy por hoy es una necesidad fundamental en la ejecución de procesos industriales.

Dentro de los criterios de diseño de climatización en edificios se puede mencionar principalmente a los niveles de ruido dados por los equipos, difusores, ductos (ver Tabla 1) u otros elementos de distribución de aire.

TABLA 1
VELOCIDAD DE AIRE EN DUCTOS HVAC

Recomendaciones y máximas velocidades en conductos *						
Designación	Velocidad recomendada (pies por minuto)			Velocidad máxima (pies por minuto)		
	Residencias	Escuelas, Teatros, Edificios publicos	Edificios Industriales	Residencias	Escuelas, Teatros, Edificios publicos	Edificios Industriales
Tomas de aire exterior	500	500	500	800	900	1200
Filtros ^a	250	300	350	300	350	350
Los serpentines de calentamiento	450	500	600	500	600	700
Lavadores de aire	500	500	500	500	500	500
Las conexiones de succión	700	800	1000	1000	1400	1400
salidas de ventiladores	1000 – 1600	1300 – 2000	1600 – 2400	1500 – 2000	1700 – 2800	1700 – 2800
conductos principales	700 – 900	1000 – 1300	1200 – 1800	800 – 1200	1100 – 1600	1300 – 2200
Conductos Branch	600 – 900	600 – 900	800 – 1000	700 – 1000	800 – 1300	1000 – 1800
conductos elevadores	600 – 700	600 - 700	800	650 - 800	800 -1200	1000 – 1600

Fuente: [15].

Por otro lado, es importante conocer las actividades específicas que tendrán los habitantes del edificio, para considerar su calor sensible y latente, que pueden aportar a la carga térmica (tabla 2).

TABLA 2
CÁLCULOS DE CARGA REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

Degree of Activity		Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity					
		Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V ^c	High V ^c
Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30		
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant ^d	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling ^d	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

Notes:

1. Tabulated values are based on 24°C room dry-bulb temperature. For 27°C room dry bulb, total heat remains the same, but sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and latent heat values increased accordingly.
2. Also see Table 4, [Chapter 9](#), for additional rates of metabolic heat generation.
3. All values are rounded to nearest 5 W.
4. Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, and assumes that gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and gain from a child is 75% of that for an adult male.

^bValues approximated from data in Table 6, [Chapter 9](#), where V is air velocity with limits shown in that table.

^cAdjusted heat gain includes 18 W for food per individual (9 W sensible and 9 W latent).

^dFigure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (117 W) or standing or walking slowly (231 W).

Fuente: [1].

Por lo que se escoge la actividad realizada por las personas en el edificio, oficinas con actividad moderada de trabajo para este proyecto.

2.5. Criterios de diseño de ventilación mecánica.

El diseño de los sistemas de ventilación mecánica se rige a los criterios indicados por la ASHRAE [15].

Renovación de Aire en baños privados	10 – 12 Cambios/hora
Renovación de Aire en baños públicos	15 – 20 Cambios/hora
Velocidad de ductos	1500 FPM
Velocidad de rejillas	400 FPM

2.6. Sistema de monitoreo y control de edificios.

Los sistemas automáticos de control de HVAC están diseñados para mantener la temperatura, humedad relativa, presión, uso de energía, potencia, niveles de iluminación y niveles de seguridad de los contaminantes interiores. Los sistemas de control automáticos pueden utilizar dispositivos electrónicos de control digitales, neumáticos, mecánicos y eléctricos. La intervención humana no sólo implica la programación de la operación del equipo y ajustar los puntos de ajuste de

control, sino también incluye el seguimiento de las tendencias y programación de algoritmos de la lógica de control para satisfacer las necesidades de construcción.

Un sistema de automatización de edificios (BAS por sus siglas en inglés) con controles digitales directos, electrónicos o neumáticos que tienen varios bucles de controles físicos, con cada bucle que incluye una variable controlada (por ejemplo: temperatura), dispositivo controlado (por ejemplo: el accionador), y el proceso a ser controlado (por ejemplo: sistema de enfriamiento). BASs con controladores DDC puede compartir los valores del sensor con varios lazos de control o tener múltiples lazos de control que activan selectivamente un actuador.

Tipos de sistemas: los diferentes tipos de sistemas de control utilizados en los sistemas de acondicionamiento de aire son de lazo cerrado: tienen algún tipo de sensor para medir el parámetro a controlar, el mismo que es comparado con un valor deseado; si existe una diferencia entre estas dos lecturas un comparador determina la cantidad y dirección de la diferencia con respecto al valor deseado (setpoint). Luego un controlador aplicará

una lógica pre programada para corregir dicho error, una salida del controlador mandará una orden de regulación de capacidad al dispositivo controlado y su actuador. Si la pre programación ha sido correcta, el actuador proporcionará la mezcla necesaria o el movimiento necesario para anular la diferencia de lecturas censada, cerrando el lazo, ver figura 2.19.

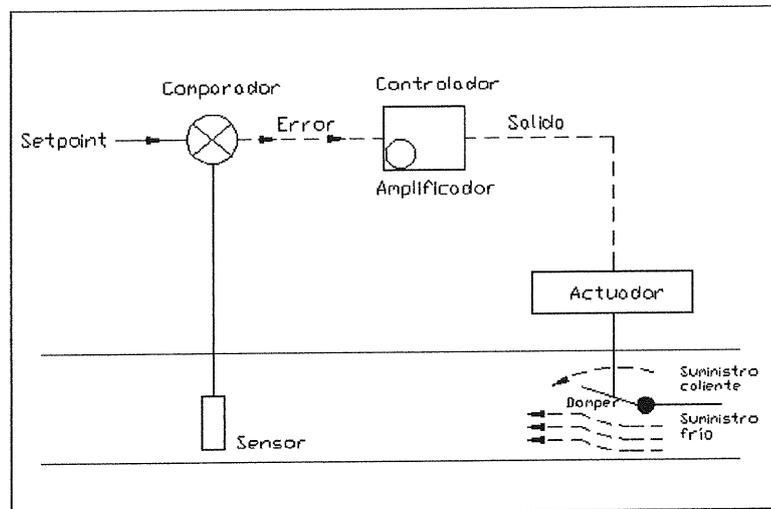


FIGURA 2.19 ESQUEMA DE UN LAZO DE CONTROL
Fuente: [16].

Como se mencionó anteriormente los sistemas de control pueden ser eléctricos, electrónicos, neumáticos, digitales directos o una combinación de éstos.

Sistemas de control eléctrico: pueden usar una alimentación directa de 120V o de bajo voltaje que está entre los 12 a 24V para las funciones básicas. Los sistemas de control de bajo voltaje son preferidos debido a su mayor sensibilidad.

Usualmente los controles eléctricos tienen como tipo de salida de control los cierres de contacto, pueden ser de dos posiciones: prendido-apagado (on-off), abierto-cerrado, alarma-normal, o pueden ser de control flotante el cual aumenta la opción nula entre las dos posiciones. En el caso de controles eléctricos el controlador de lazo cerrado normalmente es un balance de fuerzas entre un resorte con una carga que representa el punto predeterminado (setpoint) y una fuerza opuesta generada por el sensor que representa la variable a controlar: temperatura, humedad, flujo o presión (figura 2.20).

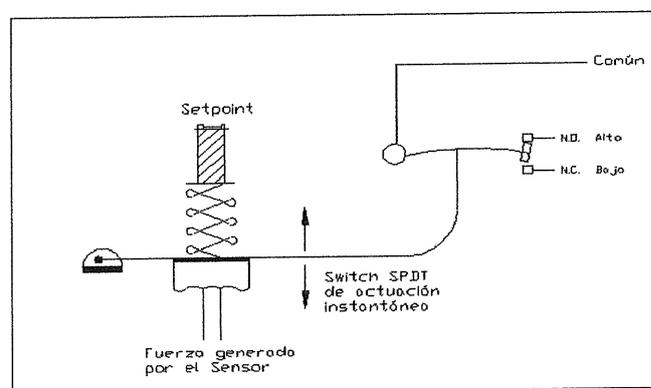


FIGURA 2.20 ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO
Fuente: [16].

Sistema de control electrónico: esta familia de controles usa señales eléctricas analógicas, usualmente voltaje más que corriente para cumplir con las funciones de comparar y controlar.

Los dispositivos de medición son usualmente del tipo de resistencia variable, los mismos que pueden medir temperatura, presión, humedad o flujo. La medición de salida de los sensores es por variación de una resistencia proporcional al parámetro de medición. Del mismo modo, el punto establecido (setpoint) es manualmente ajustado como operador de entrada al controlador el cual es usualmente una resistencia variable como un potenciómetro. Estos dos valores de la misma escala de medición (resistencia eléctrica) son comparadas entre sí en un circuito llamado "circuito de puente", que es básicamente un divisor de voltaje. Cualquier voltaje de corriente directa aplicado a través de un par de resistencias eléctricas será dividido a través de ellos en la misma proporción de sus valores de resistencia eléctrica, por ejemplo, si 10V de corriente directa son conectados a través de dos resistencias idénticas, ellos partirán el voltaje equitativamente, cada uno experimentara 5 voltios. Si R1 es de 1000 ohmios y R2 es de 2000 ohmios, la partición será de 3.33 voltios a través de R1 y 6.67 voltios a través de R2 (figura 2.21).

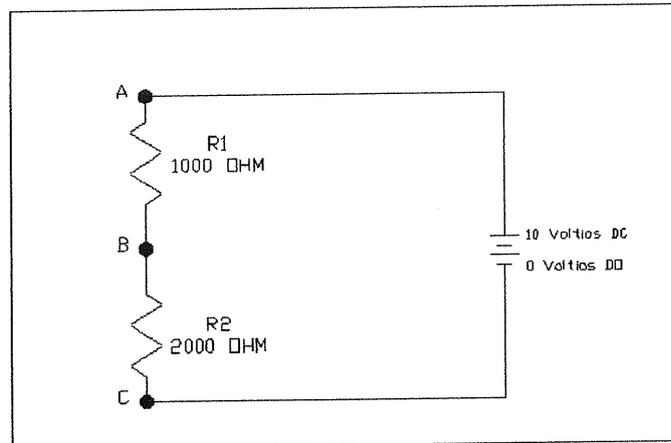


FIGURA 2.21 ESQUEMA DE UN LAZO DE CONTROL ELECTRONICO
Fuente: [16].

Sistema de control neumático: estos controles siguen siendo preferidos en ciertas aplicaciones, cuando grandes válvulas requieren altas presiones de cerrado se seleccionan actuadores neumáticos debido a que estos pueden proveer un mayor cierre a un costo mucho menor que los actuadores eléctricos.

En los controladores neumáticos, el aire de suministro es llevado al controlador a una presión constante, usualmente entre 15 a 25 psig. Este flujo de suministro provee volumen para llenar grandes áreas dentro de los dispositivos controlados y las tuberías de conexión, y presión el mismo que provee la fuerza para hacer el trabajo requerido.

Existen dos tipos básicos de controladores neumáticos: de sangrado de bajo volumen y del tipo relay de alto volumen.

Sistema de control digitales directos: en estos controles, así como en los controles eléctricos o neumáticos, una señal de entrada a un controlador resulta en una salida a un dispositivo apropiado.

Los sistemas digitales directos son electrónicos y usan circuitos electrónicos y dispositivos para monitorear y controlar, la mayor diferencia es en el controlador, en lugar del ajuste físico a los componentes del controlador para obtener la misma reacción una y otra vez, los controladores del sistema DDC (Direct Digital Control) contienen microprocesadores que están programados para interpretar la señal de entrada, procesar la información en programas residentes e inteligentemente decidir en la respuesta apropiada.

Estos sistemas tienen todas las características de los controles neumáticos y electrónicos y pueden, adicionalmente, anticipar las necesidades basados en tendencias grabadas de la operación previa del equipo.

2.6.1 Selección del sistema de control para el edificio público del sector social.

Los sistemas de control tradicionales: neumáticos, eléctricos y electrónicos, son utilizados en varias de nuestras industrias desde hace muchos años, habiendo preferencia hasta ahora por los sistemas neumáticos en las industrias de mayor porte debido a que se puede proveer de grandes fuerzas a un menor costo comparado con los actuadores eléctricos. Las ventajas de estos sistemas de control, por ser tradicionales, disponen de repuestos, precios competitivos y suficiente asesoramiento técnico. Sin embargo, estos sistemas necesitan ajustes rutinarios seguidos para su correcto funcionamiento; tampoco se puede centralizar el control de toda la instalación lo que implica realizar inspecciones continuas de todo el sistema aumentando los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Debido a las características de los sistemas de control directo digital y a su desarrollo conforme pasa el tiempo, ésta es la mejor opción para controlar eficientemente y de manera eficaz un sistema de acondicionamiento de aire, su flexibilidad permite que en un futuro dicha

unidad pueda establecer un nexo con las demás unidades, permitiendo así un control más centralizado lo que conlleva, a una disminución en los costos operativos. Así mismo, la capacidad de interpretar la operación normal del sistema, ayuda de igual forma a que se tomen medidas de ahorro para disminuir el consumo eléctrico. Como ventajas principales de usar este tipo de controles se tienen:

- Control y monitoreo centralizado: un operador puede monitorear los sistemas de acondicionamiento de aire desde un solo lugar con ayuda de una PC la misma que tiene un software que le permite interactuar con el sistema o muchos sistemas en tiempo real, esta le puede proveer una imagen sobre lo que está pasando en el edificio, y además permite cambiar la operación central del sistema desde el mismo lugar, optimizando el uso del tiempo para mantenimiento. Además, la interface es fácil y no necesita de personal muy calificado para su manejo.
- Manejo de alarmas: los sistemas de control digitales conectados entre sí pueden comunicar condiciones de alarma a una central o a algún lugar remoto. Este manejo de alarmas puede ayudar a los operadores a asistir la situación y tomar las acciones pertinentes.

- Monitoreo del historial de eventos y tendencias: ya que los sistemas de control digitales son computadoras, éstos permiten el manejo de datos y estimar tendencias. Esta última es muy importante, pues permite conocer el comportamiento que puede tener un área crítica en una hora, día, un año entero o más. Esta información puede ser temperatura, presión, humedad, tiempo de operación del sistema o cualquier otro dato que el sistema de control monitoree o controle. Toda esta información puede ser almacenada en una base de datos para una recuperación posterior.
- Manejo energético: los sistemas digitales son electrónicos y usan circuitos de este mismo tipo y dispositivos para monitorear y controlar el consumo energético de todos los componentes de un sistema. Conforme avanza la tecnología se desarrollan mejores mediciones con sensores y dispositivos de control.
- Menores costos: el avance en la electrónica provee mejores dispositivos a menores costos, hace más de una década eran grandes y costosos, únicamente eran rentables en grandes edificaciones, ahora son rentables hasta en edificios pequeños. En la actualidad un

controlador digital puede ser 10% del tamaño y 20% del costo, cuestan igual o menos que un controlador analógico.

- Flexibilidad: estos sistemas de control pueden ser instalados por fases sin afectar el funcionamiento, permitiendo que el sistema se adapte a los cambios en la edificación conforme pase el tiempo.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA.

3.1. Cálculo de carga térmica del edificio

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio, se requiere información detallada de los parámetros de construcción de la edificación e información climática para las condiciones de diseño.

Se debe obtener las particularidades y todos los rasgos del edificio como: materiales de construcción, tamaño de los componentes, etc. que son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones arquitectónicas.

Se debe determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes puede ser determinada por un plano del sitio. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos.

Los cálculos también se basan en la rutina de iluminación, ocupantes, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyen a incrementar la carga térmica interna.

Es importante tomar en cuenta las actividades que ejercerán los ocupantes dentro del local, según lo definido en el capítulo anterior.

La calidad del aire interior es una función que depende de muchos parámetros incluyendo la calidad del aire exterior, el diseño de los espacios interiores, el diseño de los sistemas de ventilación, etc. Los efectos de los materiales de construcción o decoración, olores de las personas y el humo del consumo de cigarrillos, juegan un papel primordial que no era considerado antes y que es muy importante incluir en el

diseño para que el rendimiento de las personas en las oficinas sea el más óptimo.

El cálculo de carga térmica del edificio público del sector social, se lo efectúa en un software de un fabricante de equipos de aire acondicionado reconocido a nivel mundial como es Trane, el programa usado se llama TRACE 700, el cual proporciona todas las opciones y capacidades de modelado que se pueden esperar en una herramienta completa de análisis de carga, con una facilidad de uso que hace que el cálculo de carga térmica sea sencillo. TRACE 700 cumple con requerimientos de ventilación dado por ASHRAE [5].

A continuación se detallará paso a paso el procedimiento de ingreso de datos y selección de parámetros correspondientes al edificio en cuestión, haciéndolo en dos partes: Piso tipo (1 al 14 y planta baja) y Comedor (piso 15).

En primer lugar se tiene la pantalla principal del programa (figura 3.1), en donde se ingresan los datos del proyecto:

diseño para que el rendimiento de las personas en las oficinas sea el más óptimo.

El cálculo de carga térmica del Edificio José Joaquín Gallegos Lara, se lo efectúa en un software de un fabricante de equipos de aire acondicionado reconocido a nivel mundial como es Trane, el programa usado se llama TRACE 700, el cual proporciona todas las opciones y capacidades de modelado que se pueden esperar en una herramienta completa de análisis de carga, con una facilidad de uso que hace que el cálculo de carga térmica sea sencillo. TRACE 700 cumple con requerimientos de ventilación dado por ASHRAE [5].

A continuación se detallará paso a paso el procedimiento de ingreso de datos y selección de parámetros correspondientes al edificio en cuestión, haciéndolo en dos partes: Piso tipo (1 al 14 y planta baja) y Comedor (piso 15).

En primer lugar se tiene la pantalla principal del programa (figura 3.1), en donde se ingresan los datos del proyecto:

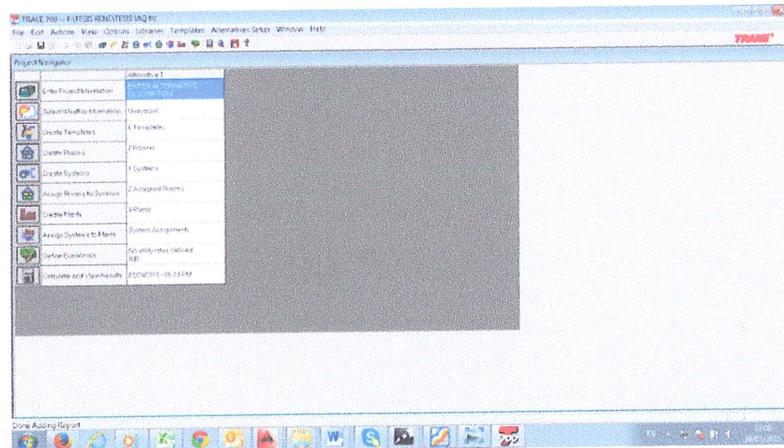


FIGURA 3.1 PANTALLA PRINCIPAL TRACE 700

Se escoge el mapa para seleccionar el clima correspondiente a la ciudad de Guayaquil en este caso específico (figura 3.2).

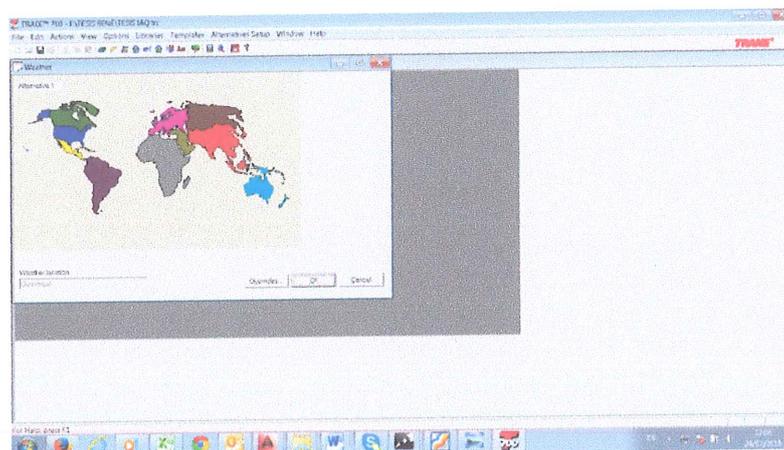


FIGURA 3.2 MAPA SELECCIÓN CLIMA

Este programa tiene interacción directa con la librería de climas de ASHRAE y toma las estaciones correspondientes a la ciudad seleccionada [1], tal como se muestra en la figura 3.3.

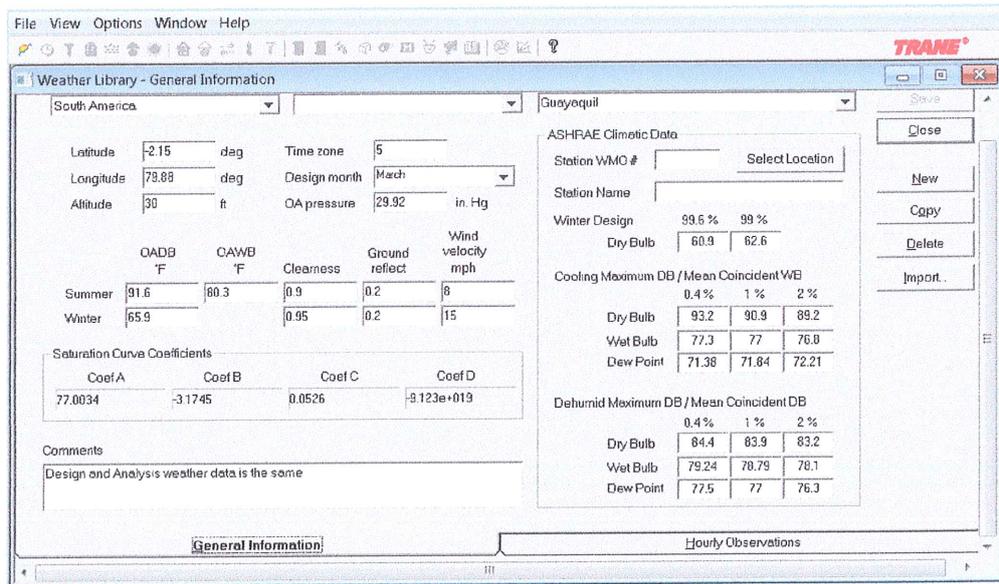


FIGURA 3.3 CLIMA DE GUAYAQUIL

A continuación se debe de ingresar las cargas internas como son, carga por personas, luces, estaciones de trabajo, misceláneos que comprenden equipos de otra índole, como impresoras u otro equipamiento de oficina que genere calor (figura 3.4). Los valores usados en esta pantalla de "Internal load" son:

Personas:

Tipo: Espacio general de oficinas
Densidad: 100 personas
Carga sensible: 275 BTU/h
Carga latente: 275 BTU/h

Estaciones de trabajo:

Densidad: 2 estaciones por persona

Luces:

Tipo: Fluorescente, 100% carga al espacio.
Ganancia de calor: 4.75 BTU/h*ft²

Cargas misceláneas:

Impresoras: 1.9 BTU/h*ft²

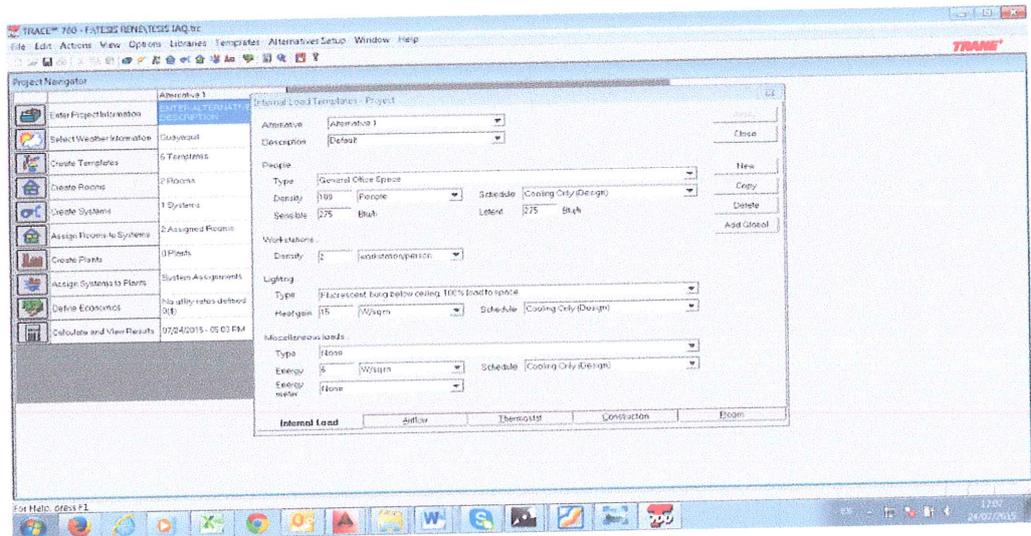


FIGURA 3.4 CARGAS INTERNAS PISO TIPO

A continuación se incluye la ventilación aplicada a áreas generales de oficina (figura 3.5), definida por 7.5 CFM/persona, que es el valor mínimo indicado por ASHRAE para la Calidad de Aire Interior.

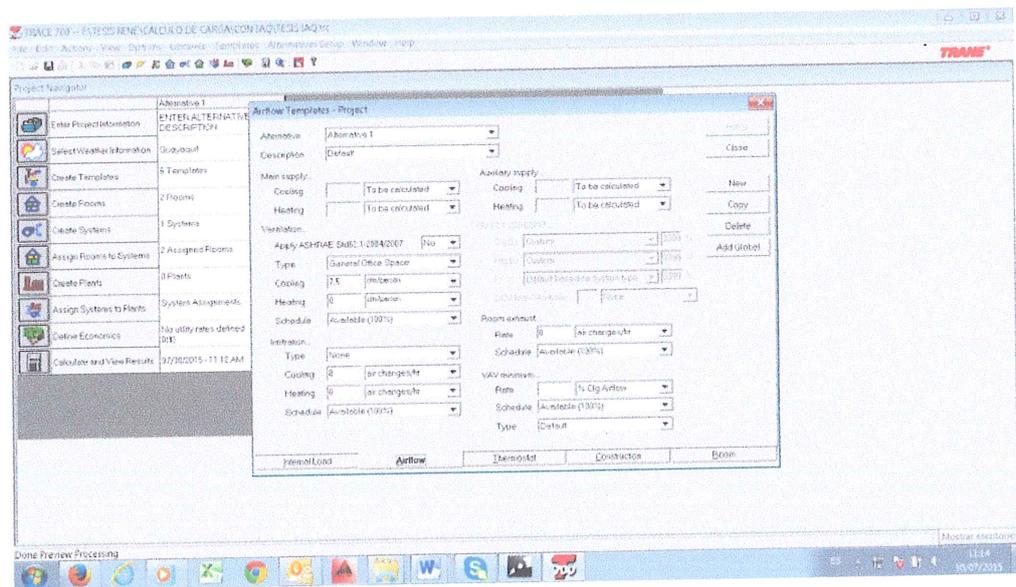


FIGURA 3.5 FLUJOS DE AIRE EXTERIOR

Luego se ingresan los datos de termostato, es decir, los valores de setpoint para las diferentes áreas, pisos tipo y el comedor (figura 3.6).

Bulbo seco de enfriamiento: $72^{\circ}\text{F} = 22^{\circ}\text{C}$

Humedad relativa: 50%

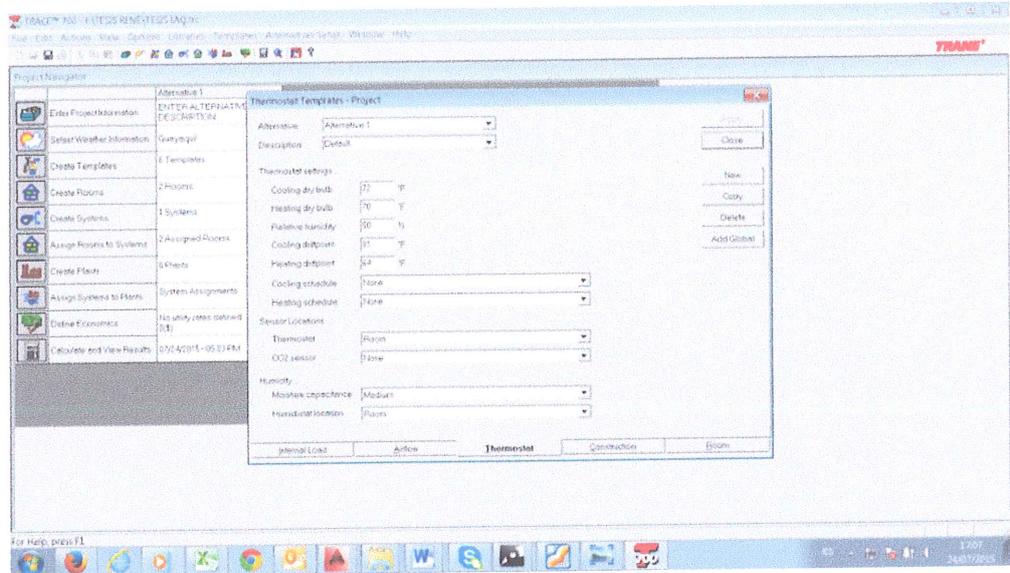


FIGURA 3.6 SETPOINT DEL TERMOSTATO

Ahora se llenan los datos la plantilla de construcción, que es la de cargas solares básicamente (figura 3.7).

Losa:

Material: Concreto de baja densidad 4" espesor

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.212615$$

Techo:

Material: Concreto de baja densidad 4" espesor

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.213535$$

Paredes:

Material: Marco de pared sin aislamiento

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.437609$$

Particiones:

Material: Gypsum 0,75"

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.387955$$

Tipo de vidrio ventana:

Material: simple 1/4"

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.95$$

Tipo de vidrio tragaluz:

Material: simple 1/4"

$$U \text{ (BTU/h*ft}^2\text{*°F)} = 0.95$$

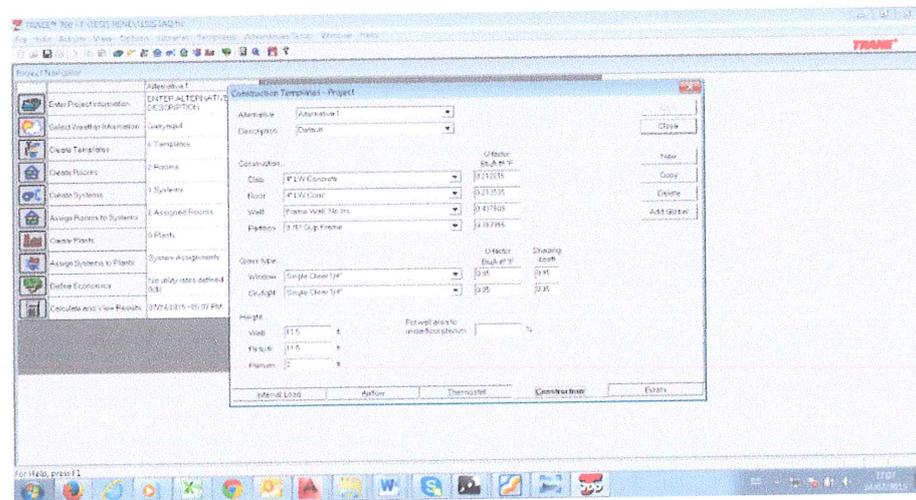


FIGURA 3.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO

En la figura 3.8 se ingresan los datos del cuarto, para el efecto de cálculo, se ha tomado el área como un gran rectángulo, puesto que las divisiones interiores son en paneles a media altura.

Se anotan también las dimensiones de las paredes, la dirección con respecto al Norte y el porcentaje de vidrio, es decir, las ventanas o ventanales que tiene el edificio.

Piso:

Longitud: 77.4 pies

Ancho: 78.7 pies

Pared 1:

Longitud: 77.4 pies

Altura: 11.5 pies

Dirección: 0°

% vidrio 98%

Pared 2:

Longitud: 78.7 pies

Altura:	11.5 pies
Dirección:	90°
% vidrio	98%

Pared 3:

Longitud:	77.4 pies
Altura:	11.5 pies
Dirección:	180°
% vidrio	98%

Pared 4:

Longitud:	78.7 pies
Altura:	11.5 pies
Dirección:	270°
% vidrio	98%

Las cargas internas por personas y aire exterior, se cargan por default.

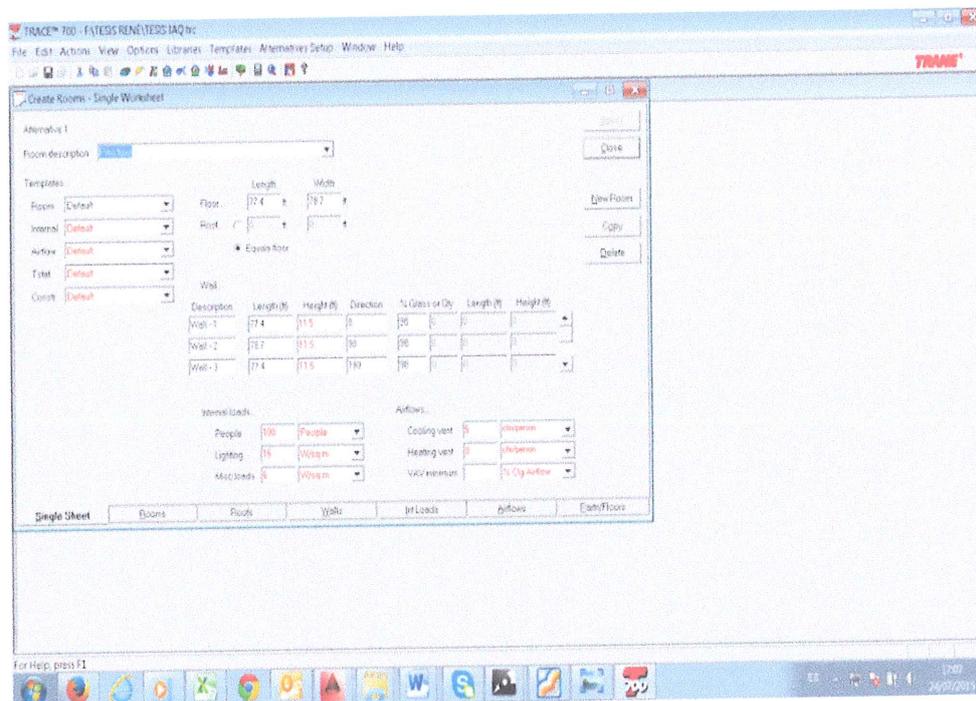


FIGURA 3.8 DATOS DE PLANTILLA BASE

En la figura 3.8 “pantalla Room’s” se debe de ingresar las variables de los espacios que se desean climatizar, esto es, altura, longitud, ancho, tanto del piso como del techo o losa. Además los datos de termostato.

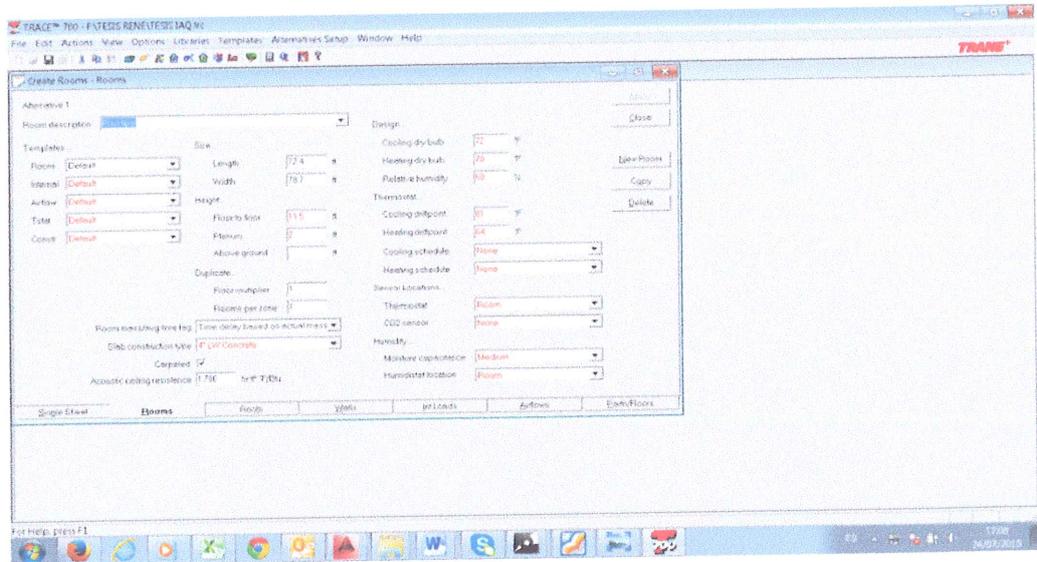


FIGURA 3.9 INGRESO ROOM'S

En la figura 3.10 se detallan los datos del techo, en cuanto a las dimensiones y datos de construcción dados por default.

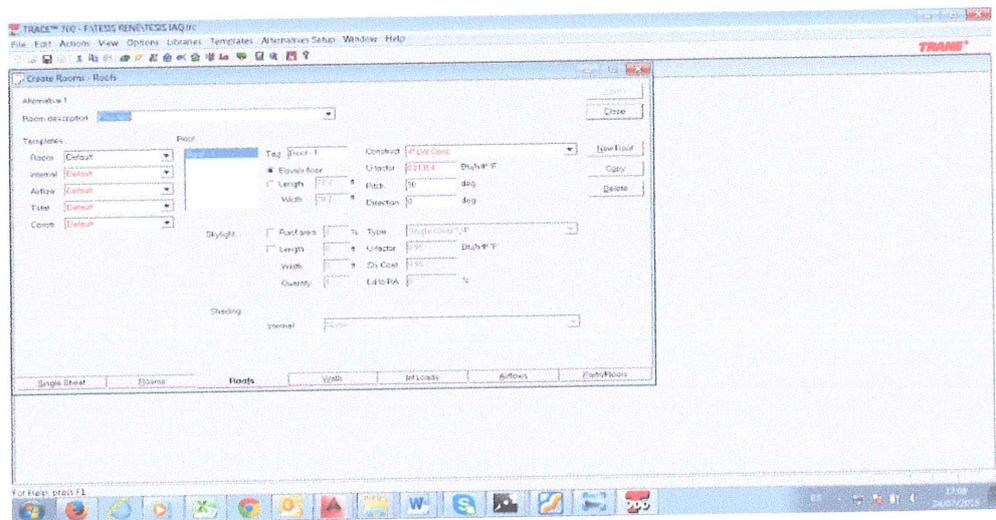


FIGURA 3.10 DATOS DE TECHO

Seguido se muestra la figura 3.11 de paredes, en las que se indican las longitudes, alto, datos de construcción, datos de vidrio de las ventanas.

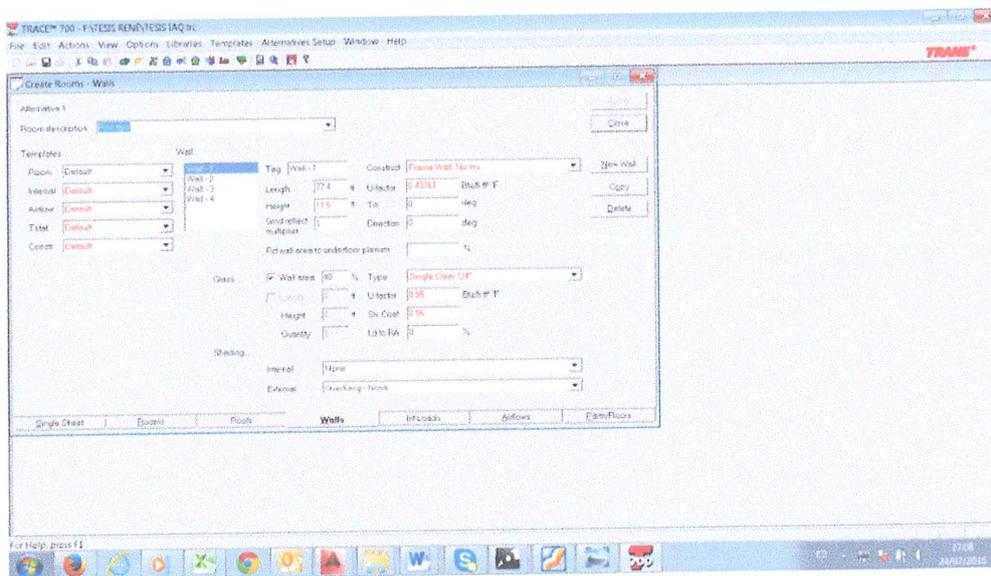


FIGURA 3.11 DATOS DE PAREDES

En la pantalla de cargas internas cargadas por default (figura 3.12), se presentan los datos de actividad del espacio a climatizar, densidad de personas ocupando el sitio, cargas sensibles y latentes, estaciones de trabajo, tipo de luces y de cargas misceláneas que aportan a la carga térmica total.

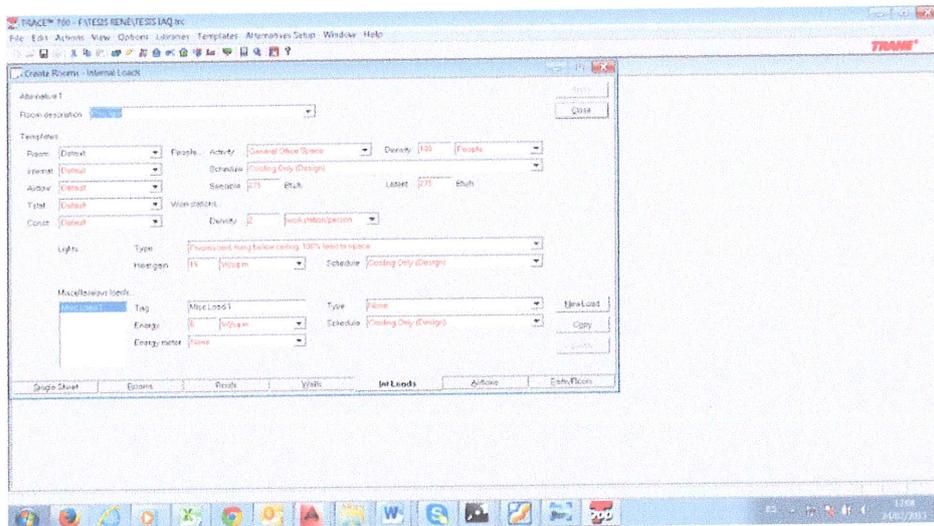


FIGURA 3.12 DATOS DE CARGAS INTERNAS

Luego se muestra la pantalla de flujos de aire y automáticamente por default se llena con los datos ingresados de ventilación para espacios generales de oficinas que es mínimo 7,5 cfm/persona, ver figura 3.13.

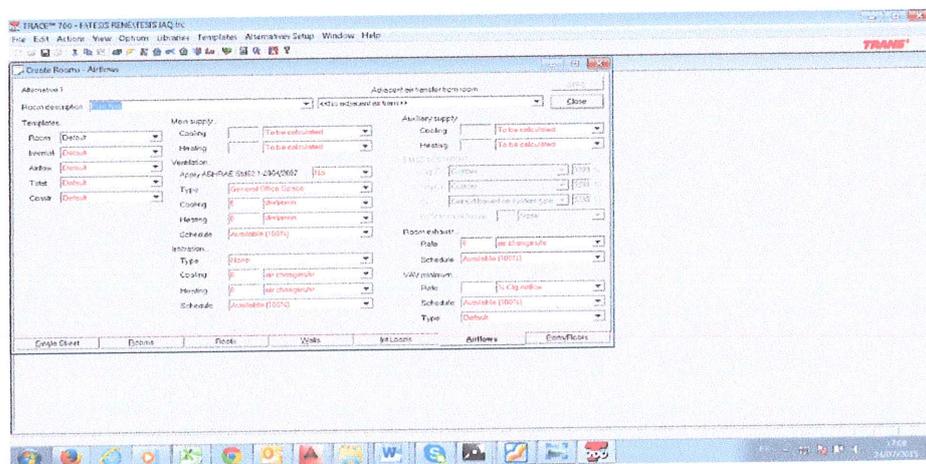


FIGURA 3.13 DATOS DE AIRE EXTERIOR POR DEFAULT

Luego se escoge el sistema a utilizar para el enfriamiento, que es volumen constante sin mezcla y en zona simple, como se indica en la figura 3.14.

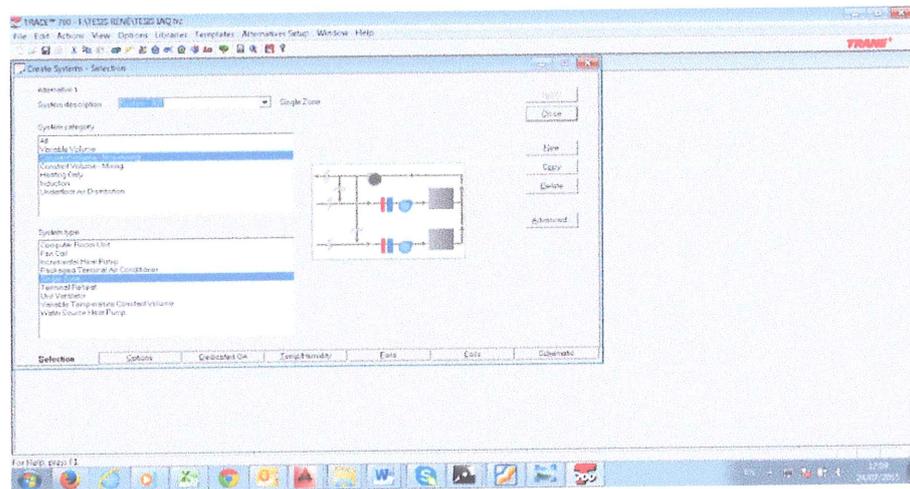


FIGURA 3.14 SELECCIÓN DE SISTEMA.

Se asigna entonces los dos cuartos creados: Piso Tipo y Comedor al sistema anterior (figura 3.15) y así se pueda calcular para cada área la carga térmica total, para cada uno de ellos respectivamente (figura 3.16).

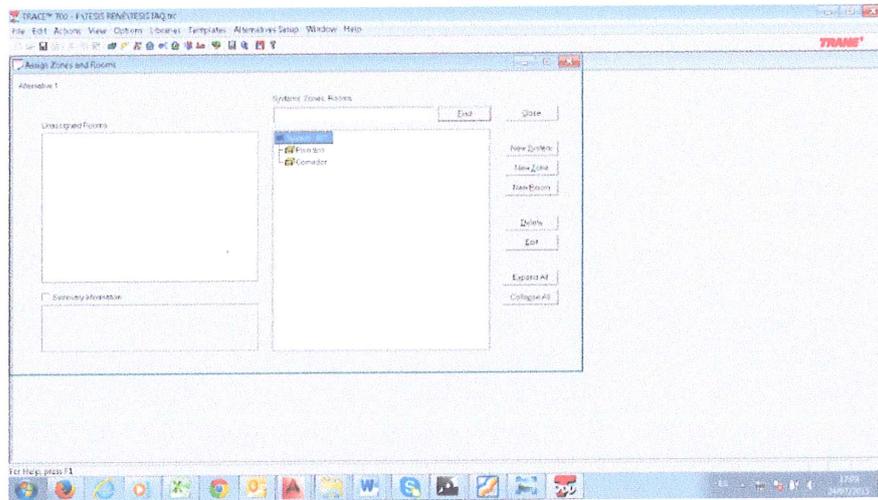


FIGURA 3.15 ASIGNACIÓN DE CUARTOS AL SISTEMA

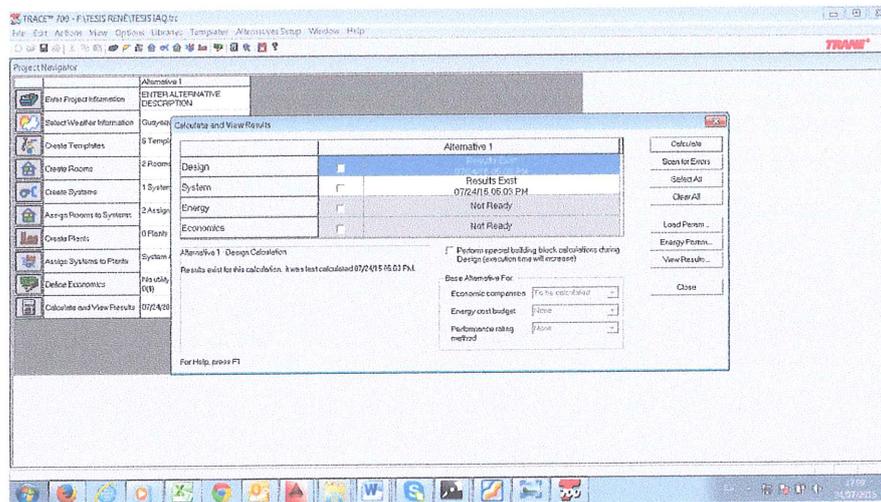


FIGURA 3.16 CÁLCULOS DEL PROGRAMA

El programa seleccionara automáticamente el tiempo en el cual va a realizar los cálculos de la carga de enfriamiento, en este caso particular

es el mes de marzo a las 17h00, según los datos tabulados en la estación meteorológica de ASHRAE la cual se encuentra ubicada en el Aeropuerto “Jose Joaquín de Olmedo” de Guayaquil.

Con los parámetros ingresados y explicados en esta sección, los resultados de los cálculos efectuados se presentan en las tablas 3, 4, 5 y 6.

TABLA 3 RESUMEN DE LA CARGA DE REFRIGERACION DEL COMEDOR

Design Cooling Load Summary

System - System - 001

Zone - Comedor

Coil Location - Zone

Coil Peak Calculation Time: March, hour 17

Ambient DB/WB/HR: 91 / 80 / 142

COOLING COIL LOAD INFORMATION

COOLING COIL SELECTION

Load Component	Sensible Btu/h	Latent Btu/h	Total Btu/h	Percent of Total
Solar Gain	236,007		236,007	39.0%
Glass Transmission	63,683		63,683	10.5%
Wall Transmission	0	0	0	0.0%
Roof Transmission	0	0	0	0.0%
Floor Transmission	0	0	0	0.0%
Adj. Floor Transmission	0	0.00	0.00	0.0%
Partition Transmission	0	0	0	0.0%
Net Ceiling Load	0	0	0	0.0%
Lighting	23,177		23,177	3.8%
People	41,878	41,878	83,756	13.8%
Misc. Equipment Loads	0	0	0	0.0%
Cooling Infiltration	0	0	0	0.0%
Sub-Total ==>	364,744	41,878	406,623	67.2%
Ventilation Load	23,362	66,500	90,542	15.0%
Exhaust Heat	-6,108	0	-6,108	-1.0%
Supply Fan Load	1		1	0.0%
Return Fan Load	1		1	0.0%
Net Duct Heat Pickup	0		0	0.0%
Wall Load to Plenum	1,215		1,215	0.2%
Roof Load to Plenum	112,662		112,662	18.6%
Adj. Floor to Plenum	0		0	0.0%
Lighting Load to Plenum	0		0	0.0%
Misc. Equip. Load to Plenum	0	0	0	0.0%
Glass Transmission to Plenum	0		0	0.0%
Glass Solar to Plenum	0		0	0.0%
Over/Under Sizing	0		0	0.0%
Reheat at Design	0	0	0	0.0%
Underfloor Sup Heat Pickup	0		0	0.0%
Supply Air Leakage	0	0	0	0.0%
Total Cooling Loads	496,468	108,469	604,936	100.0%

Coil Selection Parameters	
Coil Entering Air (DB / WB)	77.7 / 63.2 °F
Coil Entering Humidity Ratio	63.58 gr/lb
Coil Leaving Air (DB / WB)	54.0 / 52.1 °F
Coil Leaving Humidity Ratio	54.94 gr/lb
Coil Sensible Load	496.47 MBh
Coil Total Load	604.94 MBh
Cooling Supply Air Temperature	54.04 °F
Total Cooling Airflow	18,667.40 cfm
Resulting Room Relative Humidity	49.91 %

General Engineering Checks

Total Cooling Load	50.4 ton
Area / Load	120.83 ft ² /ton
Total Floor Area	6,091 ft ²
Cooling Airflow	3.06 cfm/ft ²
Airflow / Load	370.30 cfm/ton
Percent Outdoor Air	6.1 %
Cooling Load Methodology	TETD-TA1

Project Name:
Dataset Name: F:\TESIS REN\p\CALCULO DE CARGA\CON IAQ\TESIS IAQ.ttc

TRACE® 700 v6.2 calculated at 10:06 AM on 07/31/2015
Alternative - 1 Design Cooling Load Report Pagina 1 de 2

TABLA 4
INFORMACION DE LA CARGA DE REFRIGERACION DEL PISO TIPO
Design Cooling Load Summary

System - System - 001

Zone - Piso tipo

Coil Location - Zone

Coil Peak Calculation Time: March, hour 17

Ambient DB/WB/HR: 91/80/142

COOLING COIL LOAD INFORMATION

Load Component	Sensible Btu/h	Latent Btu/h	Total Btu/h	Percent of Total
Solar Gain	236,007		236,007	41.8%
Glass Transmission	63,683		63,683	11.3%
Wall Transmission	0		0	0.0%
Roof Transmission	0		0	0.0%
Floor Transmission	0		0	0.0%
Adj Floor Transmission	0		0.00	0.0%
Partition Transmission	0		0	0.0%
Net Ceiling Load	0		0	0.0%
Lighting	28,971		28,971	5.1%
People	27,500	27,500	55,000	9.7%
Misc. Equipment Loads	11,588	0	11,588	2.1%
Cooling Infiltration	0	0	0	0.0%
Sub-Total =>	367,748	27,500	395,248	70.0%
Ventilation Load	15,728	43,752	59,480	10.5%
Exhaust Heat	-4,011	0	-4,011	-0.7%
Supply Fan Load	1		1	0.0%
Return Fan Load	1		1	0.0%
Net Duct Heat Pickup	0		0	0.0%
Wall Load to Plenum	1,215		1,215	0.2%
Roof Load to Plenum	112,662		112,662	20.0%
Adj Floor to Plenum	0		0	0.0%
Lighting Load to Plenum	0		0	0.0%
Misc. Equip. Load to Plenum	0	0	0	0.0%
Glass Transmission to Plenum	0		0	0.0%
Glass Solar to Plenum	0		0	0.0%
Over/Under Sizing	0		0	0.0%
Reheat at Design	0	0	0	0.0%
Underfloor Sup Heat Pickup	0		0	0.0%
Supply Air Leakage	0	0	0	0.0%
Total Cooling Loads	493,346	71,252	564,597	100.0 %

COOLING COIL SELECTION

Coil Selection Parameters

Coil Entering Air (DB / WB)	77.3 / 62.6 °F
Coil Entering Humidity Ratio	61.50 gr/lb
Coil Leaving Air (DB / WB)	55.5 / 53.2 °F
Coil Leaving Humidity Ratio	56.83 gr/lb
Coil Sensible Load	493.35 MBh
Coil Total Load	564.60 MBh
Cooling Supply Air Temperature	55.48 °F
Total Cooling Airflow	20,458.85 cfm
Resulting Room Relative Humidity	49.87 %

General Engineering Checks

Total Cooling Load	47.1 ton
Area / Load	129.47 ft ² /ton
Total Floor Area	6,091 ft ²
Cooling Airflow	3.36 cfm/ft ²
Airflow / Load	434.83 cfm/ton
Percent Outdoor Air	3.7 %
Cooling Load Methodology	TETD-TA1

Project Name: FATESIS REN
Dataset Name: FATESIS REN @ CALCULO DE CARGA CON IAQ FATESIS IAQ.ttc

TRACE® 700 v6.2 calculated at 10:06 AM on 07/31/2015
Alternative - 1 Design Cooling Load Report Pagina 2 de 2

TABLA 5 INFORMACION DE LA CARGA DE REFRIGERACION DEL COMEDOR

Room Checksums

Comedor

COOLING COIL PEAK				CLG SPACE PEAK				HEATING COIL PEAK				TEMPERATURES				
Peaked at Time:		Mo/Hr: 3 / 17		Mo/Hr: 3 / 17		Mo/Hr: Heating Design						Cooling		Heating		
Outside Air:		CADBWB/HR: 91 / 80 / 142		CADB: 91		CADB: 66						SAOB	54.0	70.7		
Space Sens.	Plenum Sens. + Lat	Net Total	Percent Of Total	Space Sensible	Percent Of Total	Space Peak	Coil Peak	Percent	Percent	Return <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>						
Btu/h	Btu/h	Btu/h	(%)	Btu/h	(%)	Btu/h	Btu/h	(%)	(%)	Ret/OA <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>						
Envelope Loads				Envelope Loads				Envelope Loads				AIRFLOWS				
SkyLite Solar	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
SkyLite Cond	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Roof Cond	0	112,662	112,662	19	0	0	-5,350	20.48	0	0	0	0	0	0	0	
Glass Solar	236,007	0	236,007	39	236,007	63	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Glass Cond	63,683	0	63,683	11	63,683	17	-14,757	59.85	0	0	0	0	0	0	0	
Wall Cond	0	1,215	1,215	0	0	0	-122	0.49	0	0	0	0	0	0	0	
Partition	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Floor	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Adjacent Floor	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Infiltration	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Sub Total ==>	299,690	113,877	413,567	68	299,690	80	-14,757	59.82	-14,757	-19,929	80.82	Diffuser	18,667	18,667	0	0
Internal Loads				Internal Loads				Internal Loads				ENGINEERING CKS				
Lights	23,177	0	23,177	4	23,177	6	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
People	83,756	0	83,756	14	41,878	11	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Misc	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Sub Total ==>	106,933	0	106,933	18	65,055	17	0	0.00	0	0	0.00	Return	18,667	18,667	0	0
Ceiling Load	9,253	-9,253	0	0	9,253	2	-420	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Ventilation Load	0	0	90,542	15	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Adj Air Trans Heat	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Dehumid. Ov Sizing	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Ov/Undr Sizing	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Exhaust Heat	0	-6,108	-6,108	-1	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Sup. Fan Heat	0	1	1	0	0	0	15,111	-61.28	0	0	0	0	0	0	0	
Ret. Fan Heat	0	0	0	0	0	0	-20,057	81.34	0	0	0	0	0	0	0	
Duct Heat PkUp	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Underflr Sup Ht PkUp	0	0	0	0	0	0	218	-0.88	0	0	0	0	0	0	0	
Supply Air Leakage	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	
Grand Total ==>	415,876	96,517	604,936	100.00	373,998	100.00	-15,178	-24,658	100.00	-15,178	-24,658	% OA	6.1	0.0	0.0	0.0
COOLING COIL SELECTION				AREAS				HEATING COIL SELECTION								
Total Capacity	Sens Cap.	Coil Airflow	Enter DBWB/HR	Leave DBWB/HR	Gross Total	Glass	Capacity	Coil Airflow	Ent	Lvg						
ton	MBh	cfm	'F 'F gr/lb	'F 'F gr/lb		R' (%)	MBh	cfm	'F	'F						
Main Clg	50.4	604.9	496.5	18,667	77.7	63.2	63.6	54.0	52.1	54.9	Floor	6,091				
Aux Clg	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Part	0				
Opt Vent	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ExFlr	0				
Total	50.4	604.9	496.5	18,667	77.7	63.2	63.6	54.0	52.1	54.9	Roof	6,091	0	0		
											Wall	3,590	3,518	98		
											Main Htg	-24.7	18,667	69.5	70.7	
											Aux Htg	0.0	0	0.0	0.0	
											Preheat	0.0	0	0.0	0.0	
											Humidif	0.0	0	0.0	0.0	
											Opt Vent	0.0	0	0.0	0.0	
											Total	-24.7				

Project Name: F:\TESIS REN\CALCULO DE CARGA\CON IAQ\TESIS IAQ.1rc
Dataset Name:

TRACE® 700 v6.2 calculated at 10:06 AM on 07/31/2015
Alternative - 1 System Checksums Report Pagina 1 de 2

TABLA 6
INFORMACION DE LA CARGA DE REFRIGERACION PISO TIPO
Room Checksums

Piso tipo

COOLING COIL PEAK				CLG SPACE PEAK				HEATING COIL PEAK				TEMPERATURES			
Peaked at Time:		Mo/Hr: 3 / 17		Mo/Hr: 3 / 17		Mo/Hr: Heating Design					SADB	Cooling	Heating		
Outside Air:		OADB/WB4HR: 91 / 80 / 142		OADB: 91		OADB: 66					Ra Plenum	55.5	70.7		
Space Sens.	Plenum Sens.	Net Total	Percent Of Total	Space Sensible	Percent Of Total	Space Peak	Coil Peak	Percent							
Blu/h	Blu/h	Blu/h	(%)	Blu/h	(%)	Blu/h	Blu/h	(%)							
Envelope Loads				Envelope Loads				Envelope Loads				AIRFLOWS			
Sky/ite Solar	0	0	0	0	0	Sky/ite Solar	0	0	0.00						
Sky/ite Cond	0	0	0	0	0	Sky/ite Cond	0	0	0.00						
Roof Cond	0	112,662	112,662	20	0	Roof Cond	0	-5,050	21.59						
Glass Solar	236,007	0	236,007	42	236,007	Glass Solar	0	0	0.00						
Glass Cond	63,683	0	63,683	11	63,683	Glass Cond	-14,757	-14,757	63.08						
Wall Cond	0	1,215	1,215	0	0	Wall Cond	0	-122	0.52						
Partition	0	0	0	0	0	Partition	0	0	0.00						
Floor	0	0	0	0	0.00	Floor	0	0	0.00						
Adjacent Floor	0	0	0	0	0	Adjacent Floor	0	0	0.00						
Infiltration	0	0	0	0	0	Infiltration	0	0	0.00						
Sub Total ==>	299,690	113,877	413,567	73	299,690	79	-14,757	-19,929	85.19						
Internal Loads				Internal Loads				Internal Loads				ENGINEERING CKS			
Lights	28,971	0	28,971	5	28,971	Lights	0	0	0.00						
People	55,000	0	55,000	10	27,500	People	0	0	0.00						
Misc	11,588	0	11,588	2	11,588	Misc	0	0	0.00						
Sub Total ==>	95,559	0	95,559	17	68,059	18	0	0	0.00						
Ceiling Load	9,253	-9,253	0	0	9,253	2	Ceiling Load	-420	0	0.00					
Ventilation Load	0	0	59,490	11	0	0	Ventilation Load	0	0	0.00					
Adj Air Trans Heat	0	0	0	0	0	0	Adj Air Trans Heat	0	0	0					
Dehumid. Ov Sizing	0	0	0	0	0	0	OvUndr Sizing	0	0	0.00					
OvUndr Sizing	0	0	0	0	0	0	Exhaust Heat	0	0	0.00					
Exhaust Heat	0	-4,011	-4,011	-1	0	0	OA Preheat Diff.	8,717	-37.26						
Sup. Fan Heat	0	0	1	0	0	0	RA Preheat Diff.	-11,965	51.14						
Ret. Fan Heat	0	0	1	0	0	0	Additional Reheat	0	0	0.00					
Duct Heat PkUp	0	0	0	0	0	0	System Plenum Heat	-2.18	0.93						
Underflr Sup Ht PkUp	0	0	0	0	0	0	Underflr Sup Ht PkUp	0	0	0.00					
Supply Air Leakage	0	0	0	0	0	0	Supply Air Leakage	0	0	0.00					
Grand Total ==>	404,502	100,614	504,597	100.00	377,002	100.00	Grand Total ==>	-15,178	-23,395	100.00					

COOLING COIL SELECTION								AREAS		HEATING COIL SELECTION				
Total Capacity	Sens Cap.	Coil Airflow	Enter DB/WB/HR	Leave DB/WB/HR				Gross Total	Glass	Capacity	Coil Airflow	Ent	Lvg	
ton	MBh	MBh	cfm	F	F	g/ltb	F	F	(%)	MBh	cfm	F	F	
Main Clg	47.1	564.6	493.4	20,459	77.3	62.6	61.5	55.5	53.2	56.8	Floor	6,091	0	0
Aux Clg	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	Part	0	0	0
Opt Vent	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	ExFlr	0	0	0
Total	47.1	564.6									Roof	6,091	0	0
											Wall	3,590	3,518	99

Project Name:
Dataset Name: F:\TESIS REN\p\CALCULO DE CARGA\CON IAQ\TESIS IAQ\trc

TRACE® 700 v6.2 calculated at 10:06 AM on 07/31/2015
Alternative - 1 System Checksums Report Pagina 2 de 2

3.2. Análisis de las diferentes alternativas de climatización en un edificio de esta naturaleza.

Como se mencionó en el capítulo 2, subcapítulo 2.1.1 las mejores alternativas de climatización para este edificio son: Sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRF), Sistema de Expansión Directa convencional (DX) y Sistema de Agua Helada (Chillers).

En primer lugar se analiza el uso del sistema VRF en un edificio de esta magnitud.

Los sistemas de volumen de refrigerante variable manejan grandes capacidades en condensadoras en serie, tienen la funcionalidad de adaptarse a varias condensadoras al mismo tiempo, este proceso se realiza por una red de dos tuberías (succión y descarga de refrigerante), el refrigerante que circula por estas tuberías llega a los evaporadores y estos pueden variar su caudal de ingreso, de acuerdo con las diferentes necesidades de abatir carga dentro de los espacios acondicionados a los cuales está conectado el sistema. Este sistema permite aplicar la “diversidad de utilización”, la cual dependiendo de la aplicación es posible

conectar hasta un 30% más de capacidad en evaporadores, que la capacidad nominal del condensador. Las unidades condensadoras son más compactas en grandes capacidades. Los sistemas VRF tienen un sistema de control electrónico sofisticado, confort individualizado en cada zona y centralizado.

El segundo sistema a analizar es el Sistema de Expansión Directa, el cual puede ser con equipos split de ducto y de paquetes. Estas unidades tienen grandes capacidades de funcionamiento, actualmente la tecnología ha avanzado mucho en estos equipos y ahora hay diferentes niveles de eficiencia (en el Ecuador se comercializa hasta EER 21) y tienen la opción de conectarse a sistemas de control centralizado. Las unidades split ducto necesitan de una sala de máquinas para ubicar los evaporadores en el interior y las unidades condensadoras van en el exterior en losa dispuesta para ello, se interconectan con tubería de cobre de uno a uno, es decir, de evaporador a condensador (esta última puede ser de una o de dos etapas de enfriamiento). Las unidades paquetes se instalan en una losa exterior y se accede al interior de los cuartos por medio de ductos aislados, también cuentan con unidades de alta

eficiencia y controles automáticos sofisticados que se pueden conectar a redes BACNet y LonWorks.

El último sistema en análisis es el de agua helada, el cual consta de equipos de refrigeración, Chillers enfriados por aire para sistemas aire-aire y Chillers enfriados por agua más Torre de Enfriamiento para sistemas agua-aire, cada uno tiene una red de tuberías aisladas circulando el agua helada y conectadas a bombas, todos estos equipos deberán ubicarse en el exterior y/o en sala de máquinas dispuestas para ello, son de gran tamaño y peso. La distribución de aire se hace por medio de unidades tipo manejadoras, fan coils, cassettes hidrónicos, etc. los cuales se ubican en cuartos de máquinas, bajo y sobre tumbados. Los principales sistemas de monitoreo y control fueron desarrollados para estos equipos, los cuales se pueden integrar a un control automático e inteligente en los edificios, que van desde sistema de iluminación, incendios, seguridad, CCTV, etc.

3.3. Análisis económico y energético de las alternativas propuestas.

Una vez realizado el análisis de las alternativas viables del sistema de climatización para esta edificación se procede a realizar una simulación

para el análisis energético utilizando el software “Building System Optimizer de CARRIER” el cual provee datos relevantes sobre el consumo energético y también se analiza los presupuestos económicos de cada sistema. En la figura 3.17 se presenta la pantalla principal del software utilizado.

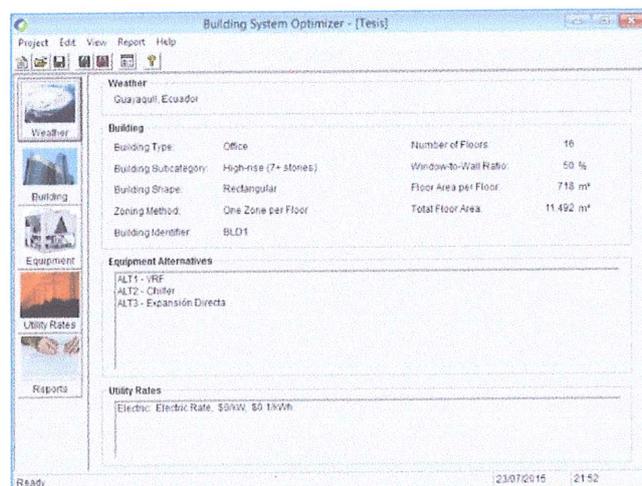


FIGURA 3.17 PANTALLA PRINCIPAL BUILDING SYSTEM OPTIMIZER

Para el análisis energético todos los sistemas se analizan bajo las mismas condiciones de uso y diseño de la edificación, dicha comparación se realiza con las tres alternativas de climatización las cuales se detallan a continuación:

- Sistema de volumen de refrigerante variable “VRF”
- Sistema de agua helada “Chillers”

- Sistema de expansión directa “DX”

El procedimiento para el cálculo energético es el que se detalla a continuación.

Selección del clima, para lo cual se debe de ingresar los datos geográficos del edificio a climatizar (figura 3.18).

- Región: América del sur
- País: Ecuador
- Ciudad: Guayaquil

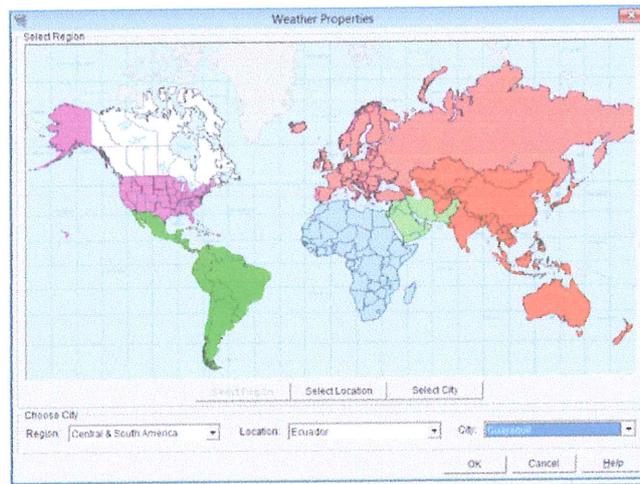


FIGURA 3.18 DATOS GEOGRÁFICOS DEL EDIFICIO

“Building”, en esta pantalla se deben de ingresar los datos más relevantes de las características arquitectónicas de la edificación (figura 3.19)

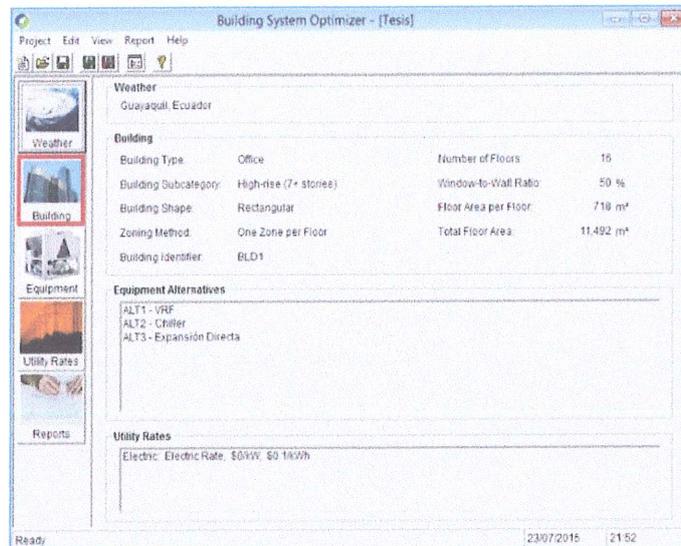


FIGURA 3.19 “BUILDING” DATOS DEL EDIFICIO

Las características arquitectónicas del edificio son las que se detallan a continuación y deben de ser ingresadas tal como se detalla en la figura 3.20.

- Tipo de edificación: edificio de oficinas.
- Subcategoría de la edificación: más de 7 oficinas.
- Forma del edificio: Rectangular.
- Método de zonificación: una zona por piso (bloque)
- Dimensiones del edificio:
- X1: 26.8 m. Y1: 26.8 m.
- Cantidad de pisos del edificio: 16.

- Altura de piso a piso alto: 3.5 m.
- Altura de piso a tumbado: 2.8 m.
- Porcentaje de ventanas en el perímetro: 50%

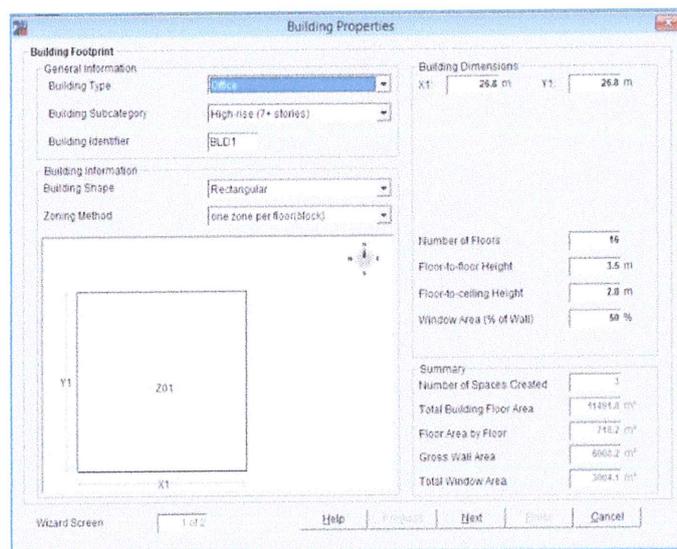


FIGURA 3.20 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS DEL EDIFICIO

Datos de ocupación del edificio, esta ventana trata sobre el uso de la edificación, para esto se usará los estándares normales de construcción y ocupación, estos valores se aplicaran por igual para todos los sistemas que se desean comparar.

- El uso del espacio: Definido por el usuario.

Al elegir esta pantalla se habilitan los estándares en construcción y ocupación de los edificios, para lo cual solo se tiene que evaluar los ítems que se mencionan a continuación.

- Requerimiento 1: 0.0 L/s/personas.
- Requerimiento 2: 0.0 L/ (s/m²).

Estos puntos se refieren a la renovación de aire que se puede realizar en los edificios de oficinas, en este estudio no se va a contemplar esta renovación (figura 3.21).

- Horario de ocupación: Ocupación de oficina.

Este horario ya se encuentra definido en los estándares del software.

- Tipo de accesorio iluminación: empotrado, sin ventilación.
- Tipo de construcción: media.
- Tipo de construcción de techo: techo de peso medio.
- Tipo de construcción de ventanas: vidrio estándar.

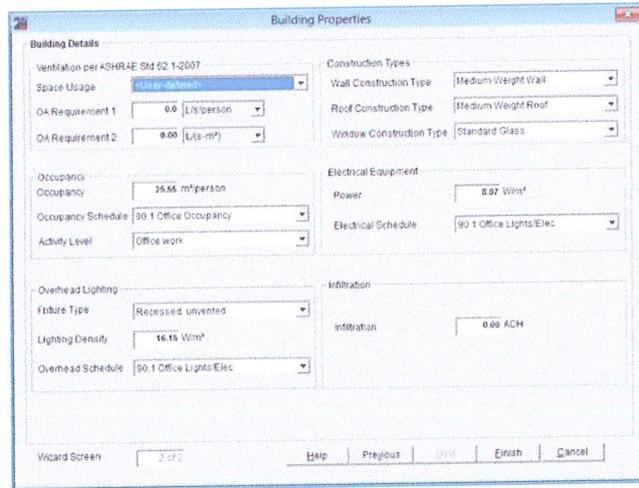


FIGURA 3.21 DATOS DE OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

En la pantalla “Equipment”, se ingresan las alternativas de climatización a ser evaluadas (figura 3.22).

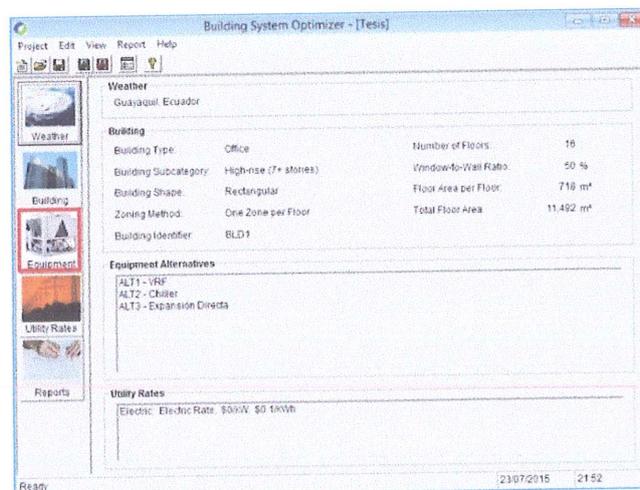


FIGURA 3.22 ALTERNATIVAS DE CLIMATIZACIÓN

La primera alternativa de climatización es el sistema de volumen de refrigerante variable VRF (figura 3.23).

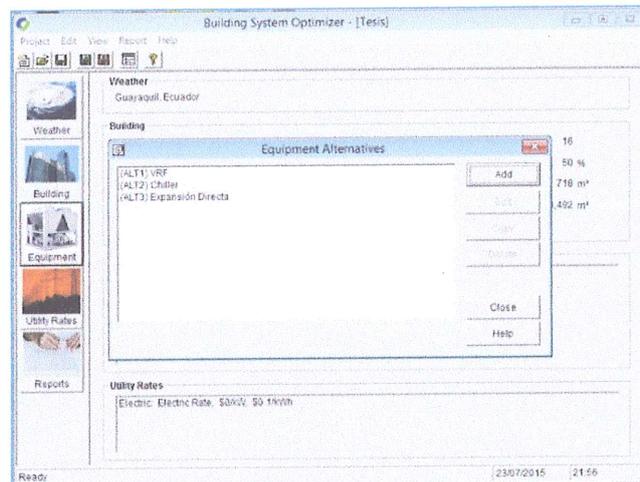


FIGURA 3.23 ALTERNATIVA 1 SISTEMA VRF

Se identificaran los siguientes parámetros, mostrados en la figura 3.24:

- Nombre: VRF.
- Tipo de equipo: flujo de refrigerante variable.
- El tipo de sistema de calefacción: No se utiliza.
- Configuración: equipos fan coil.
- Horario de funcionamiento: 90,1 oficinas HVAC (Librería del software).

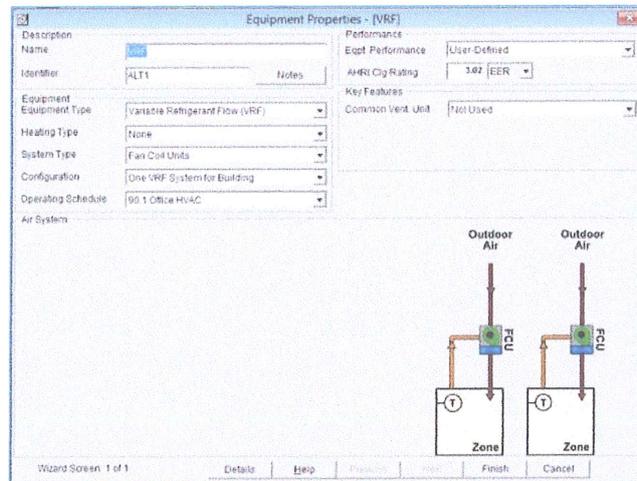


FIGURA 3.24 PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN VRF

La segunda alternativa de climatización es el sistema de agua helada a través de equipos tipo Chillers (figura 3.25) y los parámetros con los que se evalúa este sistema son los que se detallan a continuación.

- Nombre: Chillers.
- Tipo de equipo: AHUs agua refrigerada.
- Tipo de calefacción: No se utiliza.
- Tipo de sistema: Volumen constante - una sola zona.
- Configuración: 90.1 oficina HVAC (Librería del software).
- OA Economizador: No se utiliza.
- Control de DCV: No se utiliza.

- Ventilación recuperación: Ashrae appenix curva G Fan (Librería del software).
- El ventilador interior: Pasivo.
- Humidificador: No se utiliza.

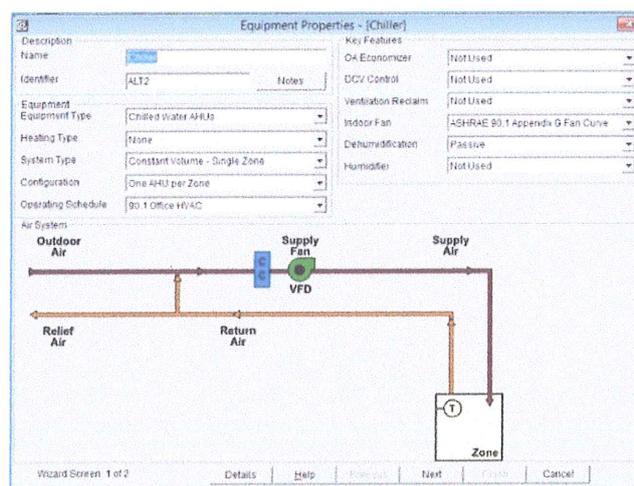


FIGURA 3.25 ALTERNATIVA 2 SISTEMAS CHILLERS

En la figura 3.26 se muestra como se debe configurar sistema de agua helada (Chillers) que se va utilizar, para ello se debe de ingresar los parámetros estándares que se utilizan en el medio local.

- Número de unidades: 2 Refrigeradores - de igual tamaño.
- Tipo de equipo: W / C centrífuga.
- Rendimiento del equipo: Definido por el usuario.

- Potencia de entrada: Dato suministrado por el software al seleccionar el tipo de equipo que se utilizara.
- Sistema de distribución: Primaria / Secundaria; velocidad variable.
- Temperatura de control de reinicio: Flujo Variable / velocidad variable.
- Calor tipo de rechazo: Torre de enfriamiento.
- Control del ventilador: Ventilador de velocidad variable.
- Economizador lado de agua: No se utiliza.

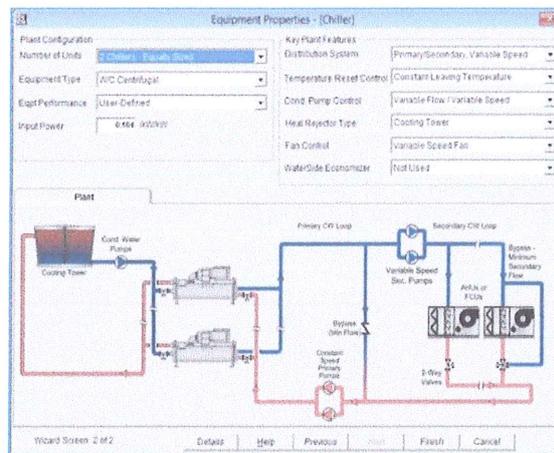


FIGURA 3.26 CONFIGURACIÓN DELSISTEMAS DE AGUA HELADA

La tercera alternativa de climatización son sistemas de expansión directa DX (figura 3.27). Los parámetros con los que se evalúa este sistema son:

- Nombre: Expansión directa.

- Tipo de equipo: DX unidades fan coil.
- Tipo de calefacción: Nada.
- Tipo de sistema: Unidades fan coil.
- Configuración: Una FCU por zona.
- Horario de funcionamiento: 90.1 Oficina de climatización (Librería del software).
- Rendimiento del Equipo. Definido por el usuario.
- Unidad de Ventilación común: No se utiliza.

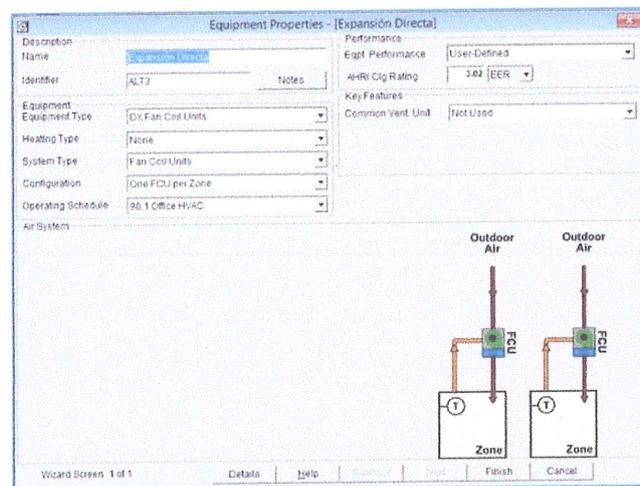


FIGURA 3.27 ALTERNATIVA 3: EXPANSIÓN DIRECTA DX

En la pantalla "Utility rates", se ingresa el precio en dólares del kW/h que rige en la ciudad donde se encuentra ubicado el edificio público del sector social.

- Energía: \$ 0.10 el kW/h en el mercado local (figura 3.28).

The screenshot shows a software window titled "Utility Rate Properties". It is divided into two main sections: "Electric Rate" and "Fuel Rates".

Electric Rate Section:

- Rate Name:** Electric Rate (dropdown menu)
- Rate Type:** Simple (dropdown menu)
- Energy:** 0.10000 \$/kWh (text input)
- Demand:** 0.00000 \$/kW (text input)
- CO2e:** 0.214 kg/kWh (text input)

Fuel Rates Section:

- Three tabs are visible: "Natural Gas", "Fuel Oil", and "Propane".
- Each tab contains a table with the following columns: "Rate Name", "Units of Measure", "Conversion Factor", "Price", and "CO2e Emissions".

At the bottom right of the window, there are three buttons: "Help", "Finish", and "Cancel".

FIGURA 3.28 PRECIO DEL KW/H EN GUAYAQUIL

Mediante la pantalla "Reports", como se muestra en la figura 3.29, podemos seleccionar los datos que deseamos que se generen en nuestro reporte final.

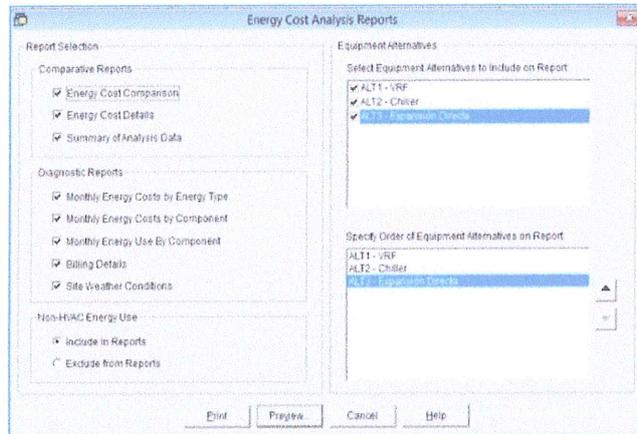


FIGURA 3.29 TIPO DE REPORTE A GENERAR

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.30.

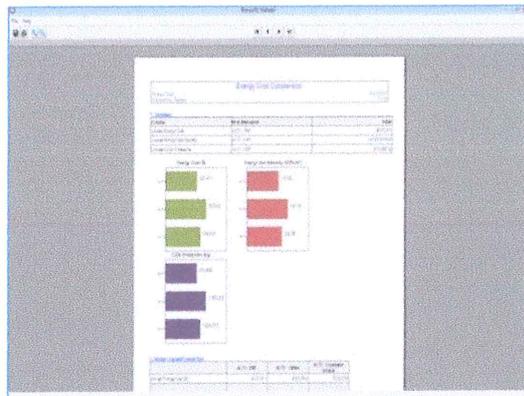


FIGURA 3.30 REPORTE DE LA COMPARACIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO

Los resultados dados por el software “Building System Optimizer” se presentan en el Apéndice A, y en la tabla 7 se presentan los datos sintetizados.

TABLA 7
RESUMEN ENERGETICO

SISTEMAS DE CLIMATIZACION			
	ALT1 VRF	ALT2 Agua Helada	ALT3 Expansión directa
Costo Anual de Energía (\$)	\$ 127,471	\$ 163,642	\$ 140,616
Energía Anual uso - Eléctrico (kW-h)	1,274,703	1,636,411	1,406,159
Total de Sitio Uso de Energía (kW-h)	1,274,650	1,636,343	1,406,101
Uso de energía Intensidad (kW-h/m ²)	110.92	142.39	122.36

El análisis de costos de las opciones de climatización propuestas se realiza bajo los siguientes parámetros y características de equipos, descritas a continuación:

Sistema de climatización VRF

- Se utilizará dos sistemas VRF por piso.
- Cada sistema contará con 1 condensadora de 300.000 BTU/h, 220 V / 60 Hz / 3ph y equipos evaporadores de aire tipo Cassette 220 V / 60 Hz / 1ph.
- Sistema de control centralizado de equipos VRF.

Sistema de climatización Chillers.

- Chiller de tipo enfriado por agua con compresores tipo centrífugo de 380 TR, para trabajar a 460 V / 60 Hz / 3ph con torre de enfriamiento.
- Bombas primarias y secundarias verticales en línea de 675 gpm @ 119 pies, para trabajar a 460 V / 60 Hz / 3ph, incluye succión difusser y panel eléctrico de fuerza.
- Unidades manejadoras tipo ducto para cada piso.

Sistema de control.

Sistema de climatización de expansión directa DX.

- Equipo de aire acondicionado tipo split ducto, Capacidad de 60.000 BTU/h, 220 V/60 Hz/1ph.

En la tabla 8 se presenta un resumen del costo inicial de los sistemas de climatización VRF, chillers y expansión directa.

En el Apéndice B se presenta los presupuestos referenciales de los tres sistemas de climatización.

TABLA 8
RESUMEN DE COSTOS

SISTEMAS DE CLIMATIZACION Y VENTILACION MECANICA	
Sistema	USD
VRF	1,644,291.05
Agua helada CHILLERS	2,653,263.99
Expansión directa DX	902,473.25

3.4. Selección de la mejor alternativa para este edificio.

Entre las tres alternativas elegidas para climatizar el edificio de oficinas Joaquín Gallegos Lara se seleccionará la mejor de ellas, en base a los siguientes criterios:

- Arquitectura del edificio.
- Consumo energético.
- Costos de inversión y mantenimiento.
- Sistema de control centralizado.

El edificio de 16 pisos está construido hace más de una década, el sistema a seleccionar debe adaptarse a esta arquitectura, cimentaciones y estructuras. El diseño interior también deberá acoplarse a la altura

entre losa y viga, alturas disponibles entre vigas y tumbado, pasantes verticales para tuberías y ductos, etc.

La demanda mayor de consumo energético en un edificio de esta magnitud es, sin duda, el aire acondicionado; por esta razón el sistema a seleccionar debe ser de alta eficiencia energética que vaya ligado a un retorno de inversión a mediano plazo.

Es muy importante ver ahorros o disminución de costos de inversión inicial y de mantenimiento a largo plazo.

El sistema de control centralizado debe ser amigable y presentar diferentes opciones de conexión y presentación de datos en un PC, para que de esta forma el cliente pueda monitorear de mejor forma los diferentes parámetros de medición.

En base a lo expuesto en estas líneas se analiza las diferentes alternativas como se muestra en la tabla 9.

TABLA 9
ANALISIS DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Sistema	Arquitectura		Consumo Energético	Costos de inversión	Costos de mantenimiento	Sistema de Control
	Interior	Exterior				
VRF	Compatible 100%	Compatible 100%	Menor consumo	Mediano	Bajo	Compatible 100%
DX	Compatible 50%	Compatible 50%	Mediano consumo	Bajo	Mediano	Compatible 100%
Agua Helada	Compatible 100%	Compatible 20%	Mayor consumo	Alto	Alto	Compatible 100%

Al ponderar cada uno de los parámetros indicados, se puede observar que el sistema que más se ajusta a las necesidades del cliente es el de volumen de refrigerante variable (VRF). Uno de los factores de mayor peso para el proyecto es el arquitectónico, ya que la inversión en el rubro civil debe ser el menor posible y por la versatilidad de las unidades interiores y exteriores VRF en poder ajustarse a la estructura existente.

El costo de inversión inicial es mediano entre los tres sistemas y el consumo energético es el menor debido a sus compresores inverter. El costo de mantenimiento es el más bajo, debido a que en la actualidad por la alta demanda de adquisición de estas unidades, existen más técnicos

capacitados en el país (en comparación con el sistema de agua helada). Por otro lado, el menor número de unidades exteriores en comparación con el sistema DX, disminuye el costo de mantenimiento preventivo.

3.5. Selección de equipos de aire acondicionado con software VRF.

La selección de los equipos de climatización para el edificio público del sector social se realiza mediante el software Lats Multi-V, marca LG, como se muestra en la figura 3.31, el cual provee los modelos de equipos, diámetros de tubería de cobre, carga adicional de refrigerante y un esquema mecánico y eléctrico de todos los sistemas a instalar.

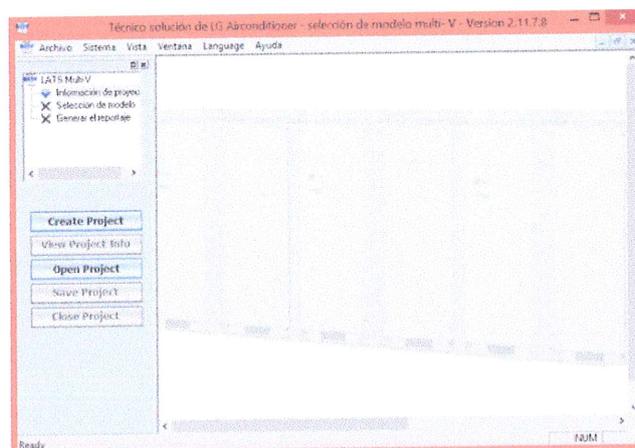


FIGURA 3.31 PANTALLA PRINCIPAL SOFTWARE MULTI V

Para la selección de equipos VRF en el software Lats Multi-V se debe de trabajar conjuntamente con los diseños de climatización en AutoCAD (figura 3.32) ya que es necesario ingresar en el software la capacidad de los evaporadores e ingresar las longitudes de tuberías de cobre.

En la sección de planos se incluye el diseño mecánico de climatización del piso tipo (15 pisos similares) y del comedor.

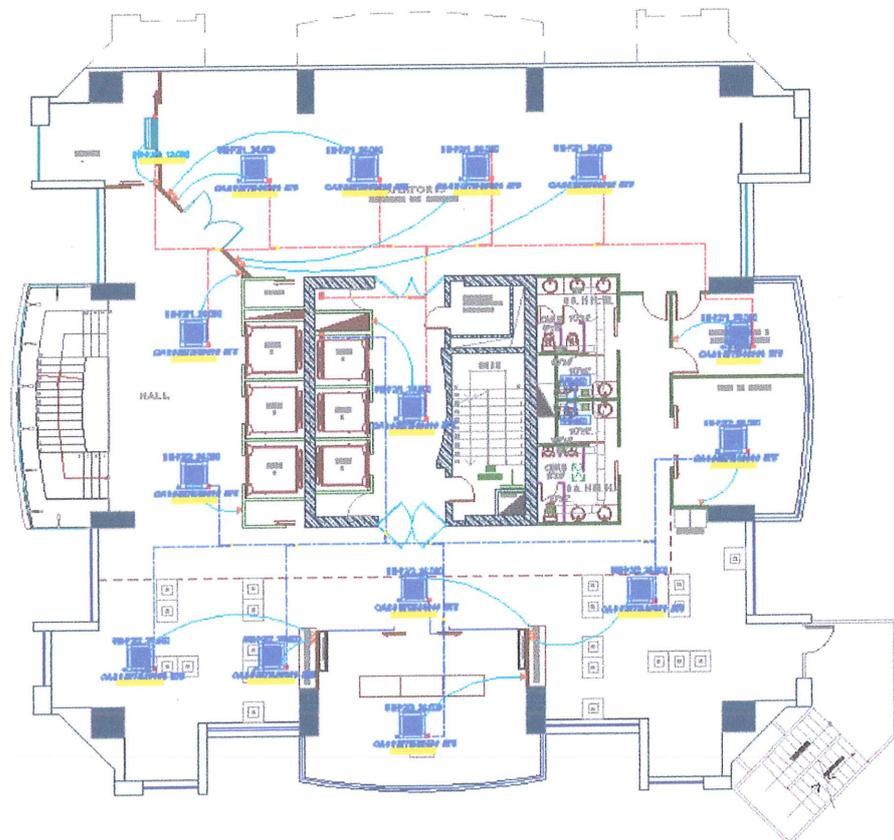


FIGURA 3.32 PLANO DE CLIMATIZACIÓN

Los sistemas de climatización VRF tienen limitaciones con respecto a las longitudes de tuberías de cobre, estas limitaciones se mencionan a continuación.

La longitud de la tubería más larga debe de ser menor o igual a 225 m (figura 3.33).

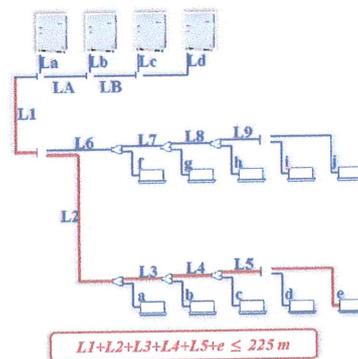


FIGURA 3.33 LONGITUD DE TUBERÍA MÁXIMA

La longitud de tubería más larga equivalente de la primera rama a la unidad interior más lejana debe de ser igual o menor a 40 m (figura 3.34).

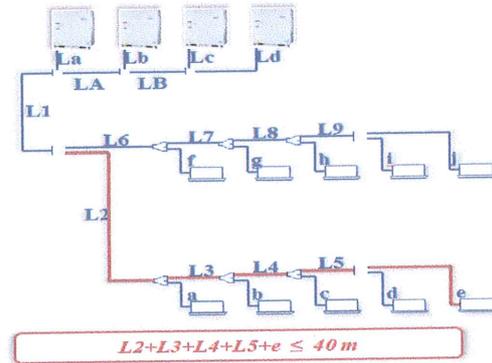


FIGURA 3.34 LONGITUD DE TUBERÍA

La diferencia de altura entre la unidad exterior y la interior debe de ser menor o igual a 110 m y la diferencia de altura entre las unidades interiores menor o igual a 30 m (figura 3.35).

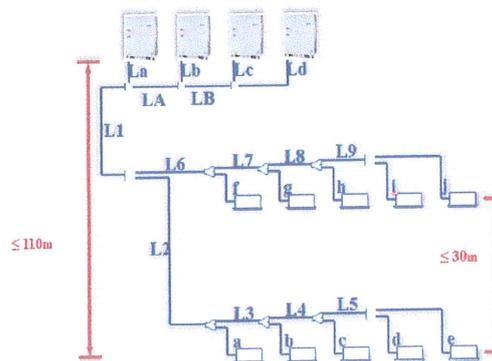


FIGURA 3.35 ALTURA MAXIMA DE TUBERÍA

En la tabla 10 se detalla el listado de equipos a ser instalados en el edificio público del sector social, y en la figura 3.36 se muestra un sistema de climatización VRF. En el Apéndice C se detallan los resultados obtenidos a través del software.

TABLA 10
LISTADO DE EQUIPOS VRF

Modelo	Cantidad	Descripción	Observación
ARUV300LT3	32	60Hz/R410A/Cooling Only/Multi-V III/CS. America	Condensador
ARNU36GTNA2	183	Ceiling Cassette - 4Way	Evaporador
ARNU12GTUA2	44	Ceiling Cassette - 1Way	
ARNU24GTTA2	59	Ceiling Cassette - 1Way	
ARNU18GTTA2	1	Ceiling Cassette - 1Way	

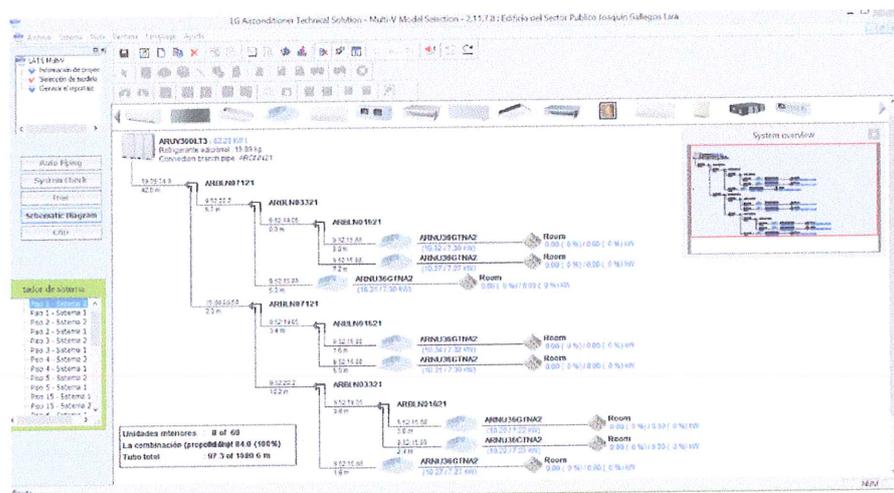


FIGURA 3.36 SISTEMA DE CLIMATIZACION VRF

El sistema de control será seleccionado en el mismo software, para lo cual se seleccionan tres etapas de control, las cuales son:

- Etapa de control de evaporadores “termostato”.
- Control grupal por piso.
- Control centralizado para el edificio.

El control grupal por piso trabajará con un máximo de 16 evaporadores, cuenta con una fácil operación a través de teclas manuales, el apagado o encendido es simultáneo de las unidades y también establece modos de bloqueo para cada unidad interna (figura 3.37).

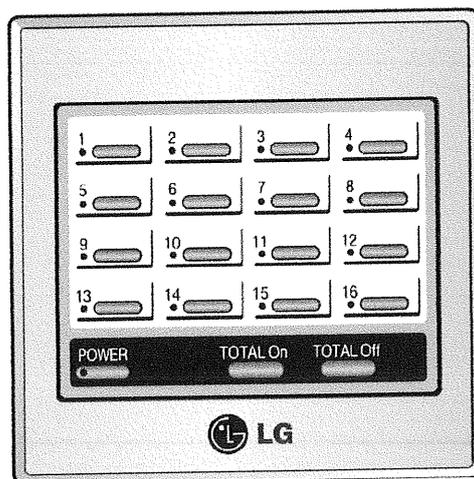


FIGURA 3.37 CONTROL GRUPAL
Fuente: [17].

Todas las unidades externa deben ser conectas en un cableado de control en paralelo. Se recomienda un cable blindado de área transversal mínima de 0.75 mm^2 (figura 3.38).

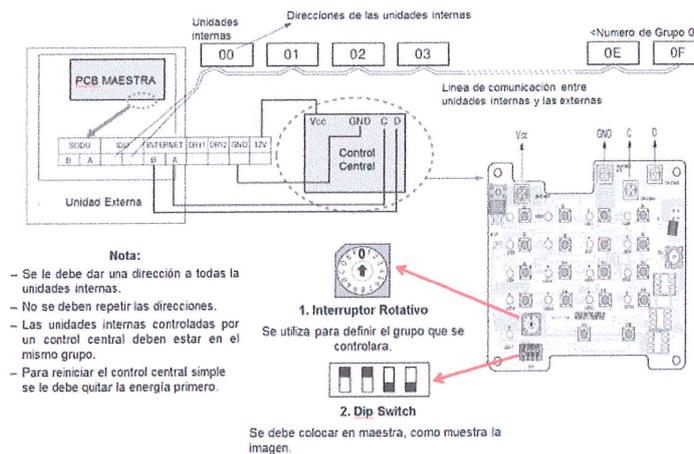


FIGURA 3.38 CONEXIÓN DE CONTROL
Fuente: [15].

El sistema de control central está diseñado especialmente para grandes edificios. Puede detectar señales externas, tanto los sistemas de aire acondicionado como dispositivos externos dependiendo del tipo de señal de entrada (figura 3.39).

Permite que vía internet se tenga control básico y se pueda supervisar hasta 256 unidades internas, se puede establecer un horario de funciones en su memoria interna, posee un control de bloqueo individual de temperatura para que nadie excepto el administrador pueda cambiarlo.

El sistema controla los picos de energía, administrando la tasa de operación del aire acondicionado, lo que permite un ahorro en el consumo energético total. Se puede conectar con una conexión PDI, la cual permite ver el consumo energético diario y seleccionar intervalos de funcionamiento.

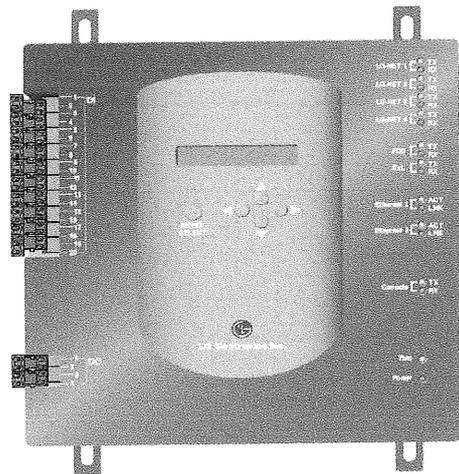


FIGURA 3.39 SISTEMA DE CONTROL CENTRAL
Fuente: [17].

3.6. Selección de equipos de ventilación mecánica con software CAPS.

Existen en el mercado numerosos fabricantes de ventiladores, la selección e instalación de equipos de ventilación mecánica para este proyecto específico se realizó con el software CAPS de la marca Greenheck de Estados Unidos. La parte más importante al seleccionar un ventilador es la habilidad de poder leer los datos de la operación del equipo.

Este programa es muy amigable y de fácil entendimiento, tiene una gama completa de equipos para diferentes aplicaciones que van desde aplicaciones residenciales, industriales, de laboratorios y hospitales. La pantalla de inicio del software (figura 3.40), permite observar las diferentes opciones con las que cuenta este programa y que serán de gran ayuda al momento de la selección de los equipos, este software permite seleccionar los ventiladores de aire de servicios higiénicos, presurización de escaleras y suministro de aire para las oficinas.



FIGURA 3.40 PANTALLA DE INICIO CAPS

Se debe de abrir la ventana “Jobs” para ver los trabajos efectuados o abrir nuevos archivos (figura 3.41).

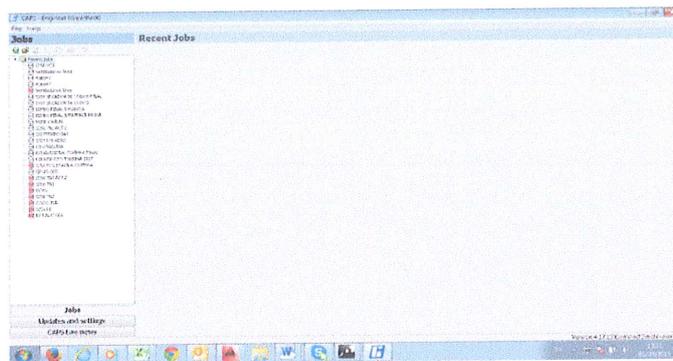


FIGURA 3.41 APERTURA DE ARCHIVOS

Al crear un nuevo archivo se abre la opción de los tipos de equipos que se pueden seleccionar para una aplicación puntual (figura 3.42).

Extracción de olores de servicios higiénicos: Cabina in line para ducto.

Extracción baños común: Hongo de techo transmisión directa.
 Presurización de escaleras: Centrífugo tipo utility
 Suministro de aire en oficinas: In line para ducto, transmisión directa.

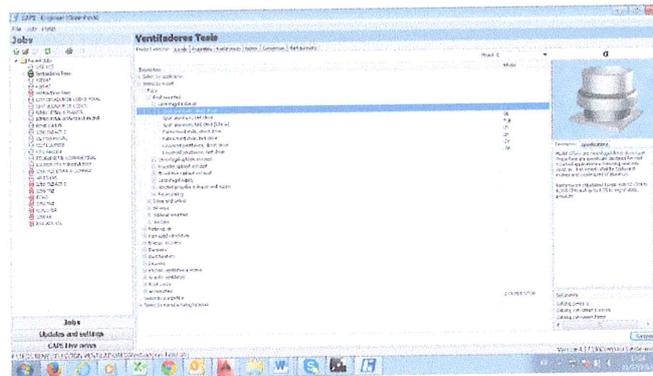


FIGURA 3.42 MODELOS DE EQUIPOS A SELECCIONAR

Seguidamente se ingresan los datos de flujo, presión estática para seleccionar los ventiladores y se muestran todas las opciones posibles para la capacidad indicada, siempre en orden desde el más barato al más caro, tomando en cuenta las revoluciones del motor, potencia, ruido, en general la eficiencia del equipo, las capacidades son (figura 3.43 y 3.44):

Ventiladores de extracción de baños:

Modelo: CSP-A390

Cantidad: 32

Capacidad: 350 CFM

Presión estática: 0,25" SP

Voltaje: 115/1/60

Ventilador de extracción común baños:

Modelo: GB-200-20

Cantidad: 1

Capacidad: 4600 CFM

Presión estática: 1,0" SP

Voltaje: 208/3/60

Ventilador de presurización escaleras:

Modelo: AFDW

Cantidad: 1

Capacidad: 18972 CFM

Presión estática: 1,5" SP

Voltaje: 230/3/60

Ventilador de suministro de oficinas:

Modelo: SQ-140HP-VG

Cantidad: 16

Una vez seleccionados los equipos, estos se pueden visualizar (figura 3.45) y comparar las diferentes curvas de funcionamiento de los ventiladores, tanto de los seleccionados como también de los disponibles (figura 3.46), para así confrontar todos los modelos en un solo gráfico y seleccionar el mejor equipo que se ajuste en cuanto a eficiencia, consumo energético y precio.

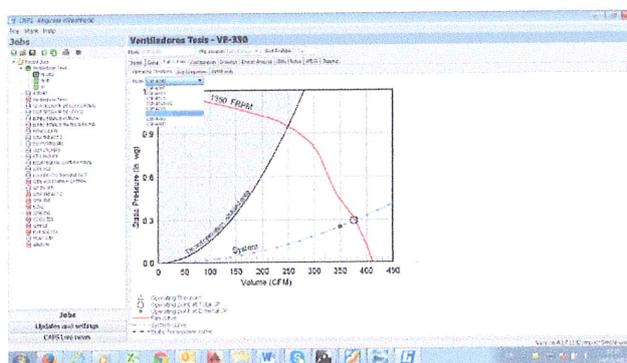


FIGURA 3.45 CURVA DEL VENTILADOR SELECCIONADO

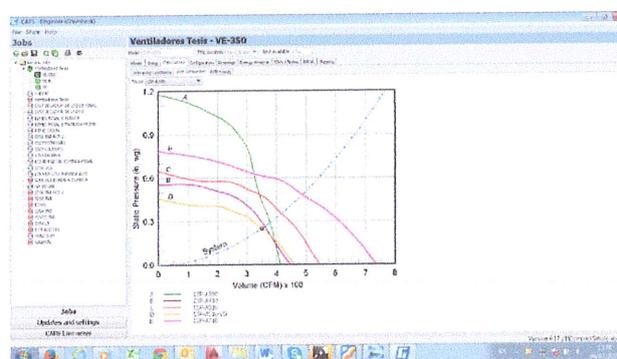


FIGURA 3.46 CURVAS COMPARATIVAS DE OPCIÓN DE VENTILADORES

Una vez seleccionado el equipo a utilizar este podrá configurarse con los diferentes accesorios, como por ejemplo, si el equipo debe de ser certificado sísmicamente, etc. (figura 3.47).

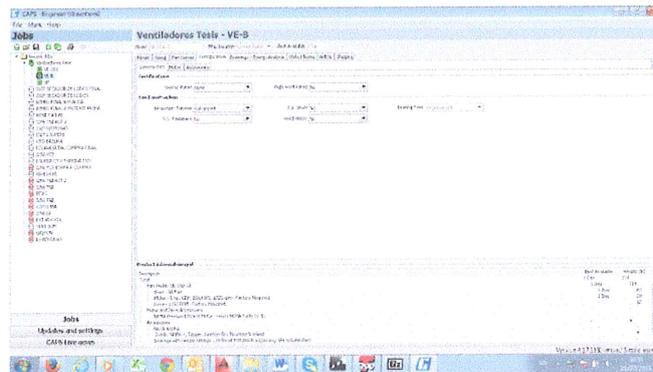


FIGURA 3.47 CONFIGURACIÓN EQUIPOS

En la pantalla correspondiente a motor, se debe de seleccionar el tipo de motor a utilizar, si es cerrado, abierto, antiexplosivo, con eficiencia NEMA estándar, NEMA alta, voltaje, fase, cubierta del motor, con aislamiento, etc. (figura 3.48).

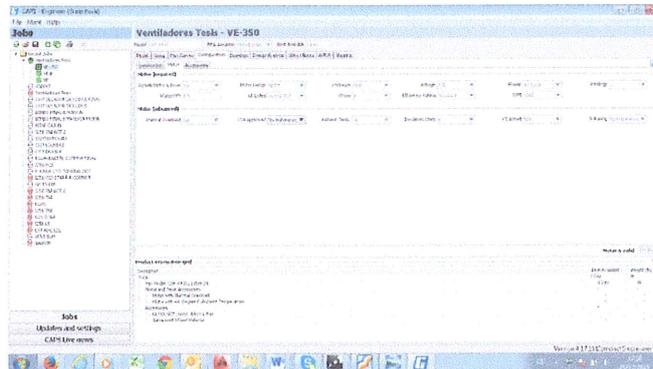


FIGURA 3.48 CONFIGURACIÓN DEL MOTOR

Seguidamente se selecciona los accesorios del ventilador (figura 3.49), como son: cubiertas protectoras, campanas contra el clima, mallas anti-pájaros y anti-mosquitos, switch de desconexión, accesorios de descarga, pintura protectora, etc.

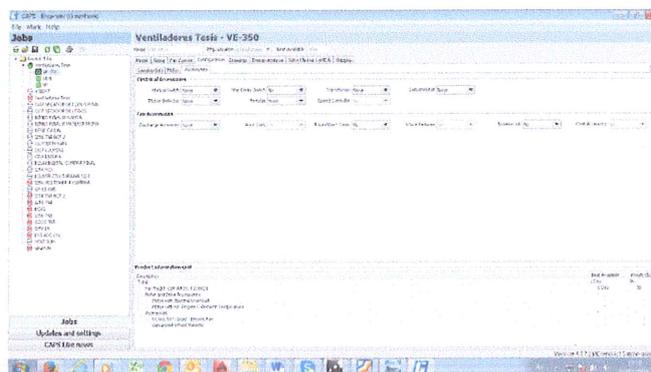


FIGURA 3.49 SELECCIÓN DE ACCESORIOS.

En el programa se puede visualizar los dibujos de los equipos en diferentes vistas (figura 3.50), incluyendo los accesorios seleccionados con las medidas correspondientes (figura 3.51).

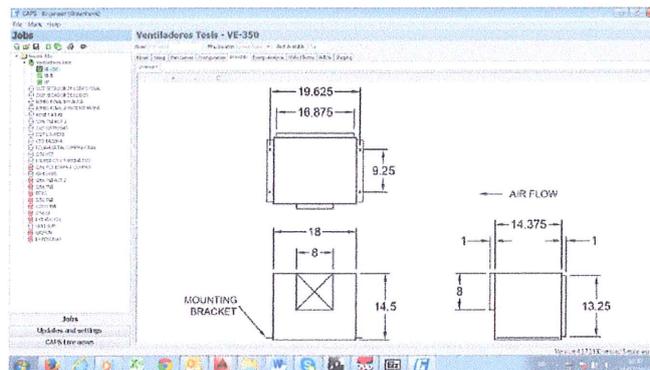


FIGURA 3.50 VISUALIZACIÓN DE DIBUJOS

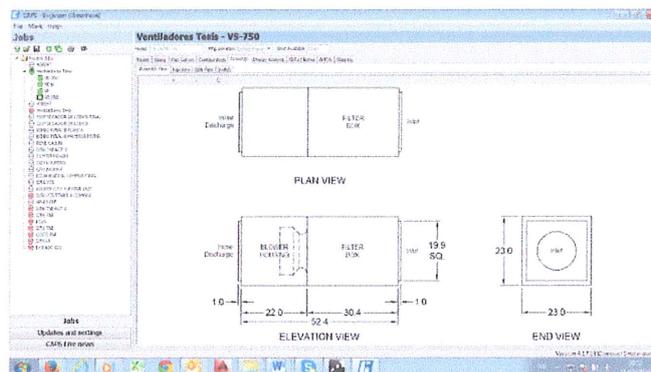


FIGURA 3.51 VISUALIZACIÓN DE EQUIPOS CON ACCESORIOS

Una vez realizados los pasos que se detallaron, se hace una impresión del submittal o ficha técnica en donde se plasman todos los datos anteriores de los equipos seleccionados, como se muestra en las figuras 3.52, 3.53, 3.54, 3.55.

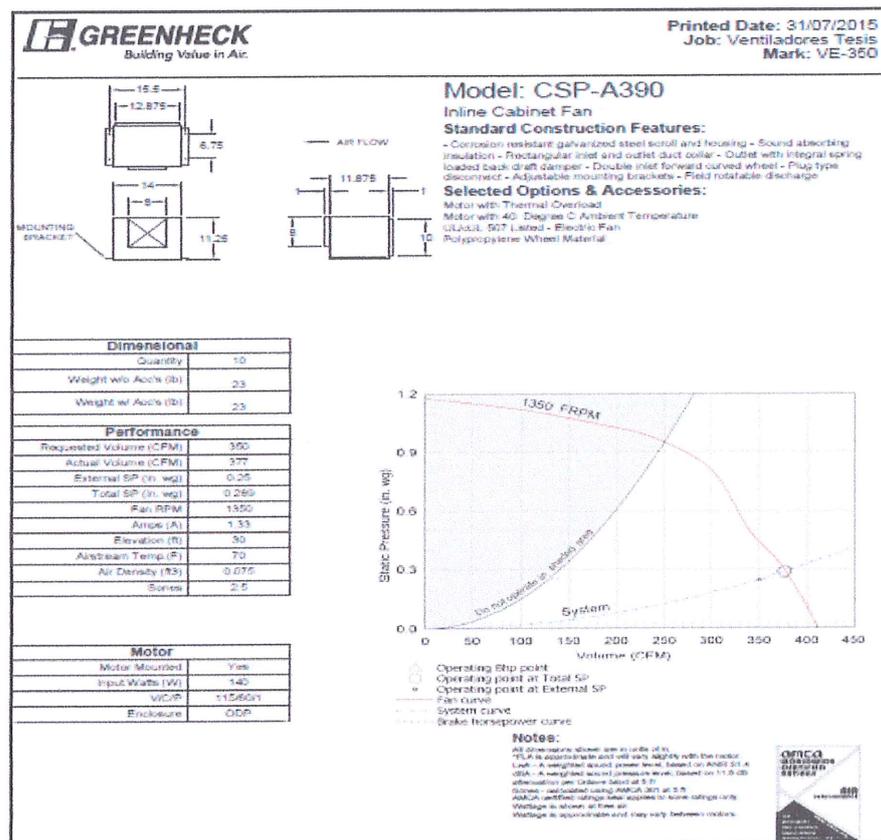


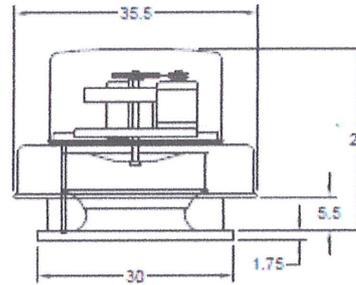
FIGURA 3.52 RESULTADOS EXTRACTOR DE SERVICIOS HIGIÉNICOS

Model: GB-200-20
Belt Drive Centrifugal Roof Exhaust Fan

Dimensional	
Quantity	1
Weight w/o Acc's (lb)	114
Weight w/ Acc's (lb)	118
Max T Motor Frame Size	184
Roof Opening (in.)	20.5 x 20.5

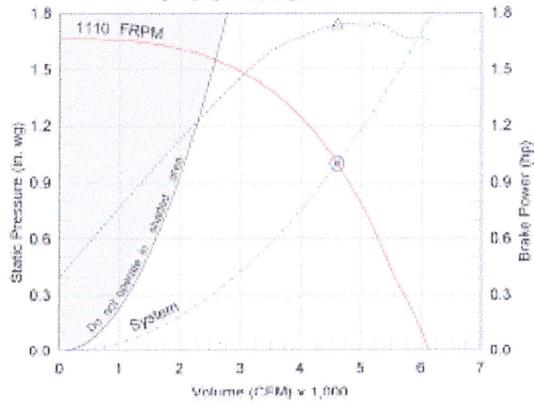
Performance	
Requested Volume (CFM)	4,600
Actual Volume (CFM)	4,600
External SP (in. w.g.)	1
Total SP (in. w.g.)	1
Fan RPM	1110
Operating Power (hp)	1.73
Elevation (ft)	30
Airstream Temp (F)	70
Air Density (lb/ft ³)	0.075
Drive Loss (%)	5.1
Tip Speed (ft/min)	8,210
Static Eff (%)	44

Motor	
Motor Mounted	Yes
Size (hp)	2
WCP	208/60/3
Enclosure	ODP
Motor RPM	1725
Windings	1
NES FLA* (Amps)	7.5



Reference assembly view drawings for actual dimensions with mounted accessories

*Overall height may be greater depending on motor



- Operating 8hp point
- Operating point at Total SP
- Operating point at External SP
- Fan curve
- System curve
- Brake horsepower curve

Sound Power by Octave Band

Sound Data	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Low A	dBA	Score
Inlet	82	81	85	78	70	70	66	61	60	69	17.7

Notes:

All dimensions shown are in units of in.
TUA - based on tables 15B or 14B of National Electrical Code 2002. Actual motor FLA may vary. For adding thermal overload, consult factory.
Leq - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4
dBA - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 5 Hz - dBA levels are not based by AMCA International.
Score - calculated using AMCA 901 at 5 ft.



FIGURA 3.53 RESULTADO EXTRACTOR DE BAÑO COMÚN

AFDW Series 21 Airfoil Double Width

ENGINEERING DATA

Approx. Fan Weight (lb)	Class	Max. T Motor Frame Size	WR2 (lb-ft2)
796	I	324	118

*Weight does NOT include motor, drives, or accessories.

Motor Location	Drive Type
X	Constant

CONFIGURATION

Arrangement	Rotation	Discharge Position	Material Type
3	CW	TH	Steel

INSTALLATION

Inlet Conditions	Outlet Conditions
Standard	Standard

MOTOR SPECS

Size (hp)	RPM	VIC/P	Enclosure	Frame Size
10	1725	230/60/3	CCP	21E

PERFORMANCE (Elevation ft = 30, Airstream Temperature F = 70, Start Up Temperature F = 70) Drive Loss (%) 3

Qty	Model	Volume (CFM)	Total SP (in. wg)	TS (ft/min)	CV (ft/min)	FRPM (RPM)	Max Class FRPM	Operating Power (hp)	SE%	FEG
1	30-AFDW-21	18,972	1.5	7,029	2,038	895	1,348	7.58	61	85

SOUND

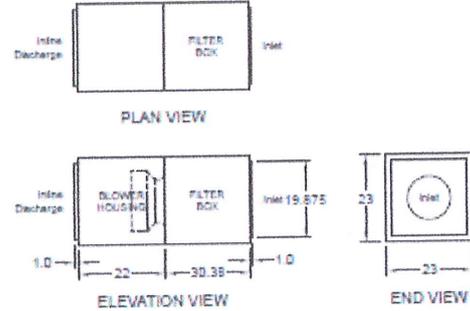
Inlet / Outlet Sound Power by Octave Band										
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		dB(A)
90	92	90	86	82	77	71	67	63	57	75
93	95	95	92	80	73	67	63	63	57	74

LeA - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4
dB(A) - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 5 ft.
dB(A) levels are not licensed by AMCA International

AMCA
SOUND
CERTIFIED
AIR
FLOW

FIGURA 3.54 RESULTADO VENTILADOR DE PRESURIZACIÓN

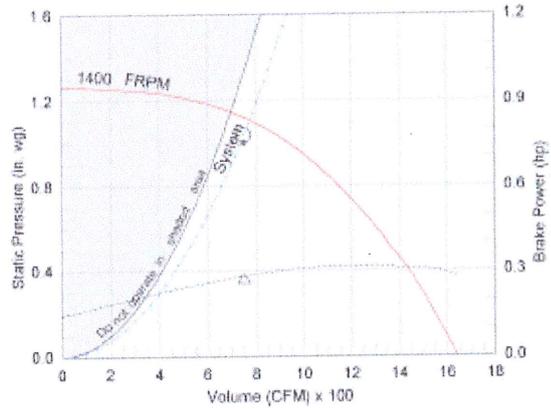
Model: SQ-140HP-VG
Direct Drive Centrifugal Inline Fan



Dimensional	
Quantity	16
Weight w/ Acc's (lb)	89
Weight w/ Acc's (kg)	161

Performance	
Requested Volume (CFM)	750
Actual Volume (CFM)	750
External SP (in. wg)	1
Total SP (in. wg)	1.037
Fan RPM	1400
Operating Power (hp)	0.27
Elevation (ft)	30
Airstream Temp. (F)	70
Air Density (lb/ft ³)	0.075
Tip Speed (ft/min)	5,359
Static Eff. (%)	46

Motor	
Motor Mounted	Yes
Size (hp)	3/4
VIC/P	115/60/1
Enclosure	ODP
Motor RPM	1450
Windings	1
FLA/Amps	10.6



- △ Operating Bhp point
 - Operating point at Total SP
 - * Operating point at External SP
 - Fan Curve
 - SYSTEM CURVE
 - Brake horsepower curve
- | | |
|--------------------------------|--------------|
| External SP | 1 in. wg |
| Filters | 0.034 in. wg |
| System Effect - Free Discharge | 0.002 in. wg |
| Total SP | 1.037 in. wg |

Sound Power by Octave Band

Sound Data	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA	dBA	Sones
Inlet	83	72	74	69	65	61	60	56	72	60	10.8
Radiated	96	73	70	63	57	46	42	40	67	55	8.5

Notes:

All dimensions shown are in units of in.
*FLA - based on tables 150 or 140 of National Electrical Code 2002. Actual motor FLA may vary, for listing thermal overload, contact factory.
LwA - A weighted sound power level, based on ANSI S1.4
dBA - A weighted sound pressure level, based on 11.5 dB attenuation per octave band at 2 ft - dBA levels are not listed by AMCA International.
Sones - calculated using AMCA 301 at 5 ft.



FIGURA 3.55 RESULTADO VENTILADOR SUMINISTRO OFICINAS

3.7. Dimensionamiento de ductos y distribución de aire.

Son ductos de baja presión, aquellos que han sido diseñados para soportar una presión estática de hasta 1 pulgada de agua como máximo. En este caso en particular, ductos de baja presión son todos los que corresponden a las unidades de extracción de baños y renovación de aire interior de oficinas (figura 3.56). Un mayor detalle se presenta en el Apéndice de planos 1.

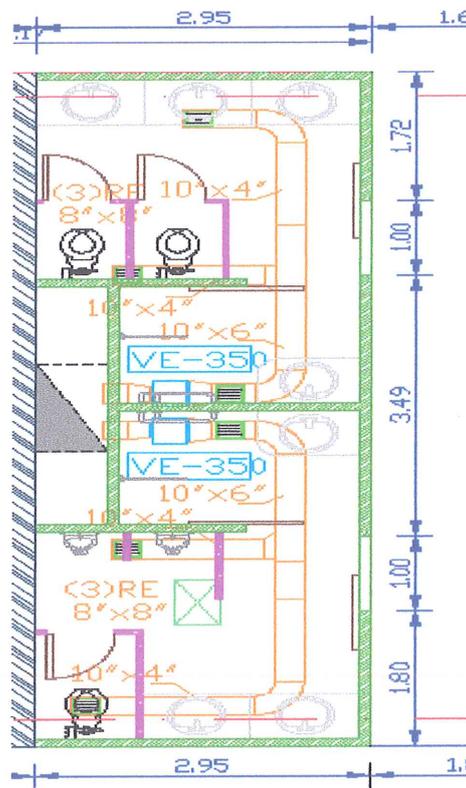


FIGURA 3.56 DISEÑO DE EXTRACCIÓN DE OLORES

En esta etapa del proyecto se considera que los caudales a ser aspirados por cada uno de los extractores conectados a los conductos, se conocen a partir del subcapítulo 3.6.

La ecuación (3.1) de continuidad del caudal volumétrico se expresa como:

$$Q = v \cdot A \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (3.1)$$

Dónde:

Q: caudal de aire volumétrico en (m^3/s) ,

v: velocidad del aire en el conducto en (m / s) .

A: área de la sección del conducto en (m^2) .

La selección de una velocidad dentro de un conducto depende de las características de los contaminantes captados en la campana o extractor de aspiración.

Cuando se trata de polvos se debe seleccionar una velocidad mínima adecuada para su transporte. Se denomina velocidad de transporte o de diseño a aquella que permite que los polvos lleguen a los equipos de tratamiento y no se sedimenten en los conductos, lo que provocaría su

obtención. Los rangos de velocidades recomendadas para distintos tamaños de polvos están dados en las tablas del Apéndice D.

Las velocidades de transporte en los conductos no deben superar los 30 m/s debido a que: [18]

- Se incrementan las pérdidas de carga, aumentando la potencia requerida para la circulación del aire.
- Se incrementa la acción abrasiva de los polvos, que depende de sus características, aumentando el desgaste de los conductos y sus accesorios, incrementando los gastos de mantenimiento del sistema de ventilación.
- Se incrementa el ruido producido por el aire y los polvos que se transporta.
- Se incrementan las vibraciones de los conductos, obligando a una sujeción de los mismos más costosa

En el caso de tratarse de gases o vapores, estos se diluyen en el aire y la velocidad de diseño, que se obtiene a través de un cálculo, suele estimarse entre 5 y 10 m/s.

Cuando la velocidad aumenta, a igual caudal, disminuye la sección y se incrementan las pérdidas en los conductos, en tanto que disminuyen los costos de instalación por ser los ductos de menor tamaño.

Cuando la velocidad disminuye, aumenta la sección de los ductos, disminuyendo las caídas de presión, y aumentando los costos de la instalación.

Resumiendo:

Para polvos se utiliza la ecuación (3.2)

$$v_{\min} = f(\text{tamaño polvos}) - v_{\max} = 30 \text{ m / s} \quad (3.2)$$

Para gases y vapores se utiliza la ecuación (3.3):

$$v_{\text{óptima}} = 5 - 10 \text{ m / s} \quad (3.3)$$

Hoy en día existen tablas certificadas, las cuales hacen el cálculo más simple de los conductos de climatización, como se muestra en la figura 3.57.



FIGURA 3.57 TABLA PARA DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS

Para poder utilizar esta tabla se debe de seguir el siguiente proceso.

- A.- Establecer la cantidad de aire (CFM) y la pérdida de fricción.
- B.- Se debe alinear los CFM con la pérdida por fricción, es habitual utilizar 0.1" SP por cada 30 pies de longitud.
- C.- La velocidad (FPM) se puede leer en la parte superior derecha ingresando por la cantidad de aire (CFM).
- D.- En la parte inferior de la tabla, se muestran las dimensiones de los ductos.

En la tabla 11 se muestran las dimensiones rectangulares de los ductos de extracción de olores para servicios higiénicos del edificio, y en la tabla 12 las dimensiones del ducto de ventilación para la presurización de la escalera de emergencia.

TABLA 11
DIMENSIONES DE DUCTOS EXTRACCIÓN DE OLORES

DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS	
CAUDAL (CFM)	DIMENSION
350.00	13"X6"
234.00	10"X6"
116.50	10"X4"

TABLA 12
DIMENSIONES DE DUCTOS VENTILACIÓN DE ESCALERAS

DUCTOS PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS	
CAUDAL (350 CFM)	DIMENSION
18,972.00	44"x30"
17,786.25	42"x30"
16,600.50	38"x30"
15,414.75	36"x30"
14,229.00	34"x30"
13,043.25	32"x30"
11,857.50	30"x30"
10,671.75	28"x30"
9,486.00	26"x30"
8,300.25	24"x30"
7,114.50	20"x30"
5,928.75	20"x28"
4,743.00	20"x24"
3,557.25	20"x18"
2,371.50	20"x13"
1,185.75	20"x8"

3.8. Montaje de equipos.

El montaje de los sistemas de climatización trata básicamente de las normas y estándares que deben tomarse en cuenta al instalar sistemas VRF para así precautelar la integridad de los equipos de climatización, permitiendo que los procesos y operaciones mantengan una continuidad de marcha normal sin incidentes operacionales.

Este procedimiento busca evitar desviaciones que pudieran presentarse durante la ejecución de las tareas, evaluar y analizar las diferentes actividades para comparar su programación original versus la ejecución real de ellas a objeto de determinar los parámetros de tiempo, seguridad y calidad óptimos.

El montaje e instalación de los sistemas de climatización debe efectuarse por personal competente, capacitado y entrenado.

- Montaje de las tuberías de cobre: Los materiales de cobre que sirven para la interconexión entre las unidades exteriores e interiores deben efectuarse lo más rápido posible, para que no se produzcan

acumulaciones importantes de humedad, aire u otras impurezas en el sistema.

Se deben respetar los diámetros de tubería de cobre que se detallan en los planos, los cuales fueron proporcionados por el software Las-Mult-V de LG.

Durante las etapas del montaje del sistema, todas las aperturas al sistema de refrigeración, tienen que estar herméticamente cerradas al aire y al vapor de agua.

El trazado de la tubería tiene que ser principalmente horizontal o vertical. Las abrazaderas o soportes deben colocarse a intervalos convenientes, dependiendo del diámetro del tubo y del peso que ejercen los componentes montados en el trazado de la tubería.

Toda la tubería de cobre debe ser aislada térmicamente de manera independiente y el aislante debe de poseer un espesor mínimo de $\frac{1}{2}$ pulgada, de acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos a instalar (figuras 3.58, 3.59, 3.60, 3.61, 3.62).



FIGURA 3.58 LONGITUD EXACTA DE LOS TUBOS A INSTALAR



FIGURA 3.59 UTILIZAR CORTADOR DE TUBO PARA LAS TUBERÍAS



FIGURA 3.60 UTILIZAR RASPADOR PARA QUITAR LAS REBABAS DE COBRE

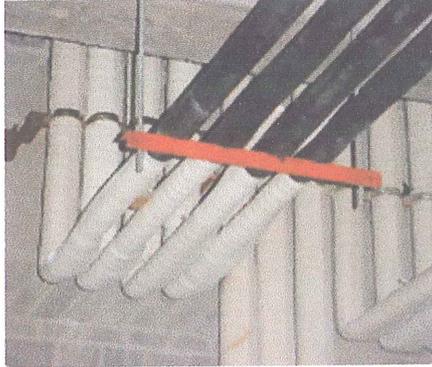


FOTO 3.61 SOPORTE DE TUBERÍA DE COBRE



FIGURA 3.62 CORRECTA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE COBRE

- Instalación de Y-Branch: Los Y-Branch son juntas de cobre que sirven para a derivación del gas refrigerante tanto para tubería de succión como de líquido (figura 3.63).

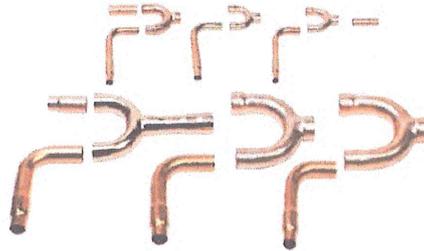


FIGURA 3.63 Y-BRANCH

Como se muestra en la figura 3.64 la instalación de las derivaciones de cobre debe de ser horizontal con un ángulo mínimo de 10° .

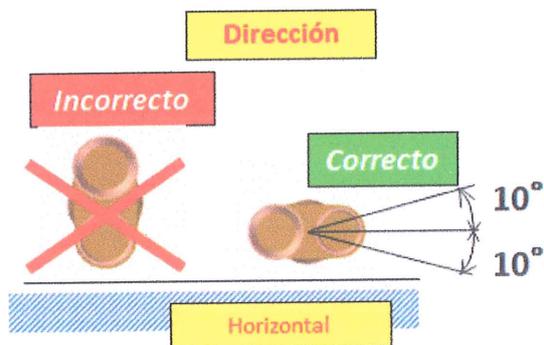


FIGURA 3.64 EVITE EL DESEQUILIBRIO DE DISTRIBUCIÓN DE REFRIGERANTE

Las distancias mínimas entre accesorios se muestran en las figuras 3.65 y 3.66, las cuales deben respetarse sin exclusiones.

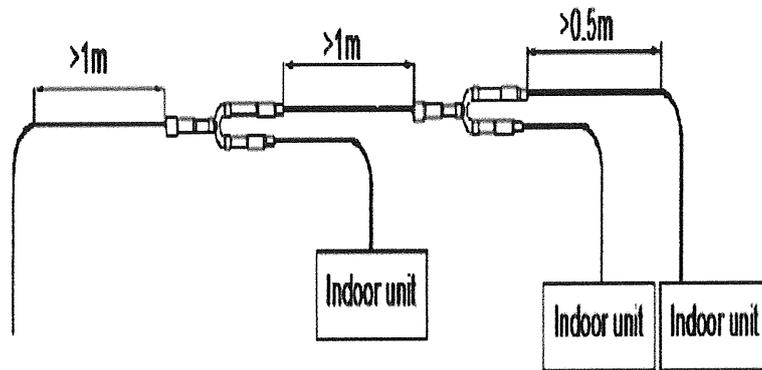


FIGURA 3.65 DISTANCIA ENTRE ACCESORIOS DE COBRE

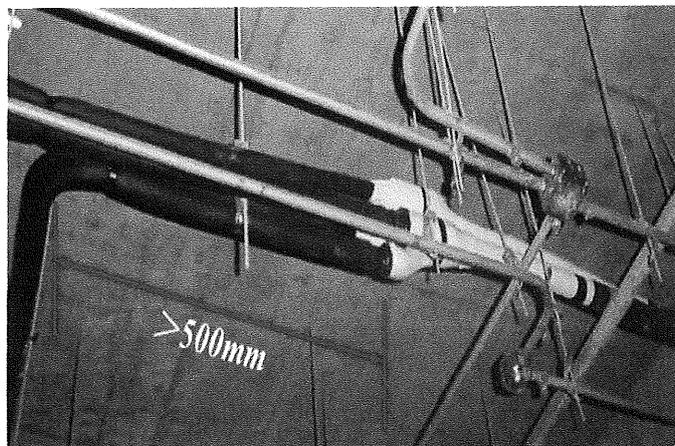


FIGURA 3.66 CORRECTA INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE COBRE

- Soldadura oxiacetilénica con fundente de plata: La soldadura con plata consiste en un 5% de plata con cobre, zinc y estaño. La temperatura de fusión va desde unos 655°C hasta cerca de 755°C.

El proceso de soldadura se realiza con equipo de acetileno y varillas de plata al 5% o al 15%, solamente se consigue una buena unión en superficies metálicas limpias y no oxidadas (figura 3.67).



FIGURA 3.67 PROCESO DE SOLDADURA

Para el correcto procedimiento de soldar elementos de cobre es necesario incluir una cámara de nitrógeno ya que esto ayudará a que no existan fugas y evitar la corrosión de dicha tubería (figuras 3.68 y 3.69).

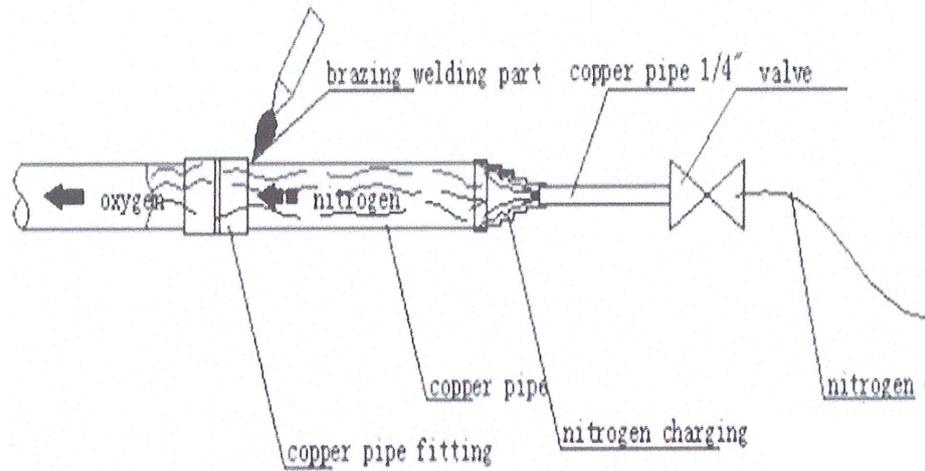


FIGURA 3.68 CORRECTO PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Fuente: [16].

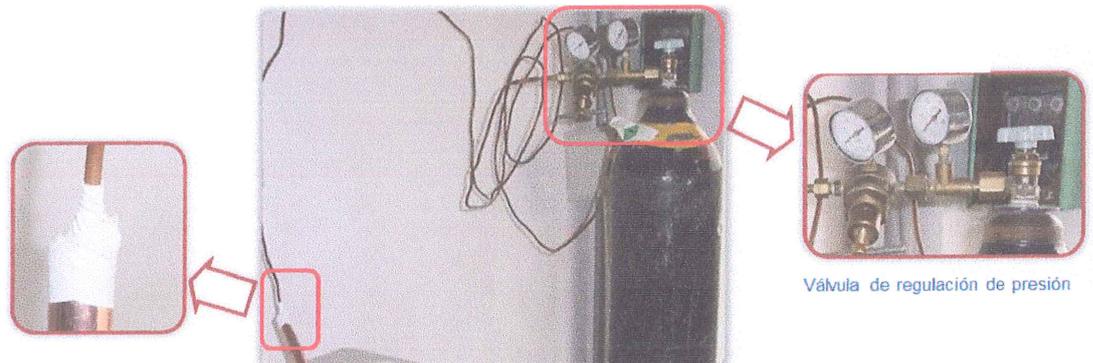


FIGURA 3.69 PROCEDIMIENTO DE COMO INYECTAR NITRÓGENO

- Equipos evaporadores tipo cassette (figura 3.70): Son unidades de aire que van instaladas en el interior del edificio al nivel del cielo falso, las

cuales administraran el confort necesario en las áreas donde estén instaladas.



FIGURA 3.70 EQUIPO CASSETTE

Estos equipos deben ser instalados con sujeción desde la losa por medio de tacos de expansión y varillas roscables, los soportes deben de estar en sus cuatro lados del equipo y cada lado debe ser sujeto con tuercas dobles como se muestra en las figuras 3.71 y 3.72.

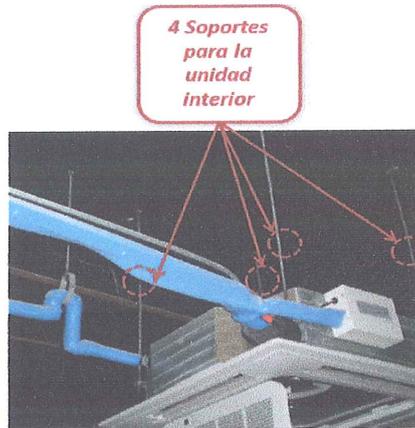


FIGURA 3.71 SOPORTES DE EQUIPOS CASSETTE

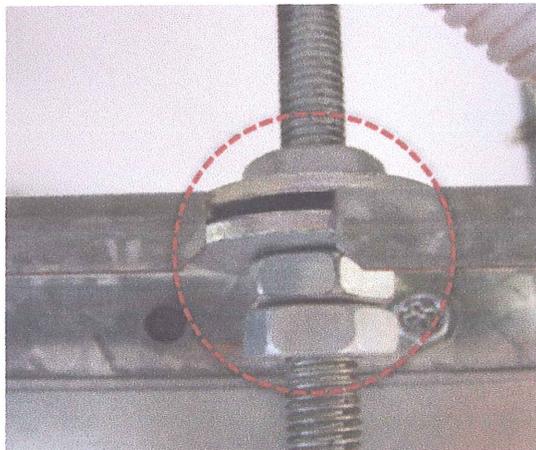


FIGURA 3.72 TUERCAS DOBLES PARA SUJECIÓN DEL EQUIPO

Se recomienda que los equipos cassette después de ser instalados deban cubrirse ya que las impurezas del ambiente pueden ingresar al serpentín y ocasionar daños en el equipo (figura 3.73).

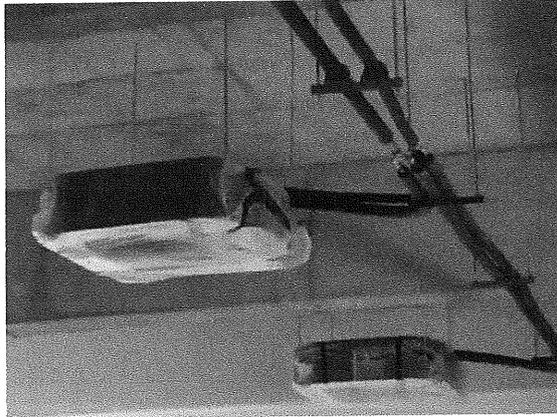


FIGURA 3.73 PROTECCIÓN DE EQUIPOS CASSETTE

- Drenajes de equipos evaporadores: todos los equipos de climatización producen condensación para lo cual se debe de instalar una tubería de material tipo PVC que evacue el condensado. El material PVC es utilizado porque presenta varias ventajas: bajo costo, bajo precio de instalación, bajo peso y resistente a la corrosión. Estos equipos cassette poseen una bomba automática que impulsa el condensado hacia la tubería de evacuación.

Se debe instalar un sifón invertido, figura 3.74, el cual permite que el agua no se regrese hacia el equipo y así retener las impurezas.



FIGURA 3.74 DRENAJE DE CONDENSADO

- Equipos condensadores: son los equipos encargados de transferir al ambiente el calor absorbido en el evaporador y en la etapa de compresión.

Estos equipos reciben el vapor recalentado proveniente del compresor y deben ser aptos para eliminar el recalentamiento y efectuar la condensación.

Los equipos condensadores deben ser instalados en la azotea del edificio, la cual debe de ser seca y bien ventilada, a su vez debe de existir espacio suficiente entre equipos para que se pueda efectuar un correcto mantenimiento (figura 3.75).

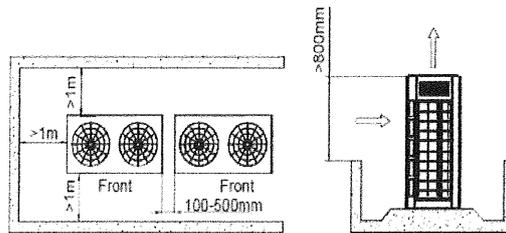


FIGURA 3.75 INSTALACIÓN DE CONDENSADORES
Fuente: [15].

Las bases de los equipos condensadores pueden ser de hormigón con aislante de vibración entre equipo y base, para evitar la transmisión de vibración tal como se muestra en la figura 3.76.

El equipo debe de estar anclado a la base por medio de pernos de sujeción los cuales estarán entre el equipo, aislante de vibración y base de hormigón.

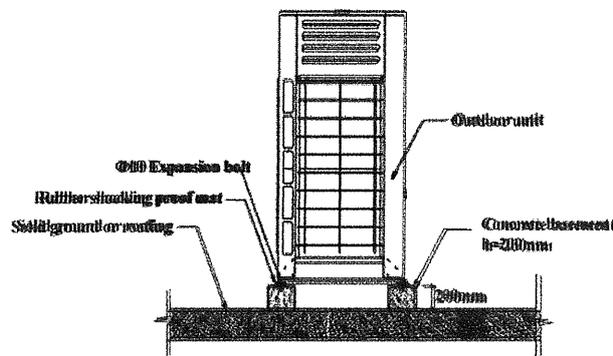


FIGURA 3.76 BASES DE HORMIGÓN PARA CONDENSADORES
Fuente: [15].

La figura 3.77 muestra la correcta instalación de los condensadores, los cuales deben contar con una buena ventilación para que se pueda disipar el calor hacia el sumidero.



FIGURA 3.77 CORRECTA INSTALACIÓN DE EQUIPOS CONDENSADORES

- Fuente de comunicación, conexión de equipos y termostatos: el sistema de comunicación de equipos VRF se realiza con cable apantallado de 3 hilos que en algunas marcas de equipos ya viene incluido para interconectar los evaporadores y condensadores.

La comunicación de equipos se realiza en serie e inicia en el condensador y continúa por cada evaporador del sistema. La conexión del equipo condensador se realiza en la tarjeta principal el cual se divide en dos partes comunicación hacia evaporadores y comunicación a condensadores.

Comunicación condensador – evaporador, este se realiza en el pin idu A e idu B.

Comunicación condensador – condensador, este se realiza en el pin sodu A y sodu B (figura 3.78).

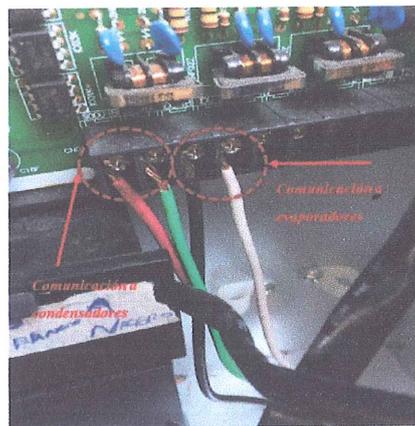


FIGURA 3.78 COMUNICACIÓN EN CONDENSADORA

La comunicación de los equipos cassette se realiza en la PCB del evaporador idu A e idu B y esta se realiza en serie tal como se muestra en la figura 3.79.

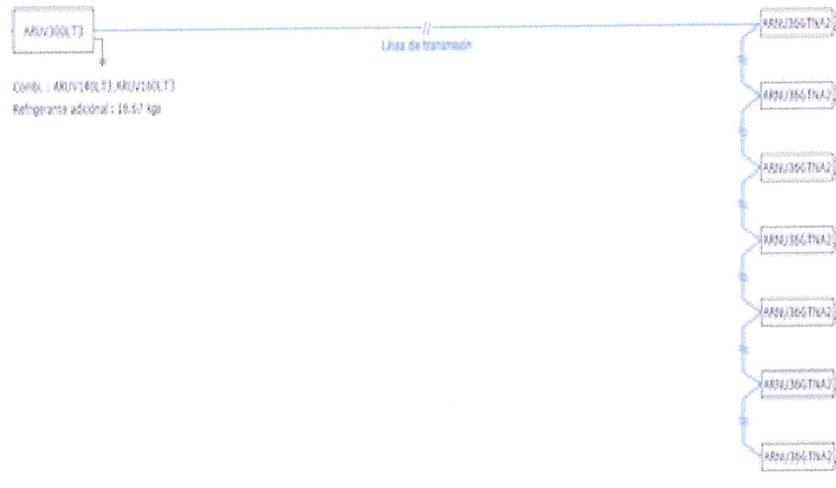


FIGURA 3.79 CONEXIÓN EN SERIE DE EQUIPOS EVAPORADORES

- Termostatos: es un aparato que sirve para mantener una temperatura constante de un local o dispositivo, dentro de ciertos márgenes de forma automática (figura 3.80).
- Los equipos cassette pueden operarse de forma remota pero como este edificio albergara personal flotante es recomendable instalar termostatos fijos ya que los controles remotos son susceptibles a robos o pérdida. Los termostatos fijos permitirán encender / apagar y controlar la temperatura de los ambientes a climatizar.

La instalación de estos termostatos se realizara en las ubicaciones que dictan los planos, el alambrado eléctrico para dicho accesorio ya viene incluido y este comunica el termostato al evaporador.

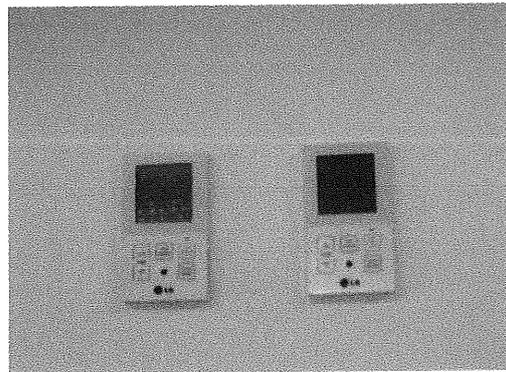


FIGURA 3.80 TERMOSTATO INSTALADO EN PARED

- Presurización, vacío y carga de refrigerante adicional.

El primer objetivo de la presurización es comprobar la resistencia del sistema a la presiones de trabajo, adicionalmente permite detectar las posibles fugas del sistema y absorber la humedad contenida en el mismo al realizar la prueba con nitrógeno.

Según las reglamentaciones vigentes, la prueba de estanqueidad se realiza llevando el sistema hasta una presión superior a la de trabajo.

La botella de nitrógeno se conecta al sistema por medio de las válvulas de servicio, pasando por el puente de manómetros donde se ajusta la presión de prueba.

Proceso de presurización.

- Medir la temperatura ambiente cuando se carga de nitrógeno el sistema.
- Inyectar nitrógeno al sistema, presión 3.8 MPa.
- Medir temperatura ambiente y presión del sistema después de 24 horas.

Método de corrección:

- Si hay 1°C de diferencia de temperatura, habrá 0.01 MPa en la diferencia de presión.

Valor real = presión cuando se carga el sistema + (temperatura actual - temperatura cuando carga acabado) × 0,01 MPa

- Ejemplo:

Temperatura al momento de carga N₂: 24°C

Presión de N₂ que se cargará al sistema: 3.8 MPa

Temperatura después de 24 horas: 22°C

Presión N₂ después de 24 horas = 3,8 MPa + (22°C - 24°C) × 0,01

Mpa / °C = 3,8 MPa - 0,02 MPa = 3.78 MPa.

Si la presión real después de 24 horas es inferior a 3,78 MPa, es necesario comprobar si hay fugas o no en el sistema y se debe ubicar dicha fuga con agua jabonosa.

- El vacío en los sistemas de climatización:

Muchos de los técnicos de campo no conocen lo perjudicial que puede ser para el sistema y para la calidad del servicio que ellos mismos brindan el no hacer el vacío al sistema de la manera correcta. Aunado a ello no se tiene la conciencia de las fallas potenciales que se pudiera tener después de la puesta en marcha del equipo, ocasionando que el técnico regrese por una o varias llamadas de garantía por parte del cliente, y en los casos más graves el cambio del compresor.

Al realizar el vacío se elimina el aire y el agua en el sistema.

Las herramientas necesarias, como se muestra en la figura 3.81, son bomba de vacío (desplazamiento: 4 L/s o más) y vacuómetro, el vacío deberá llegar a 500 [8].

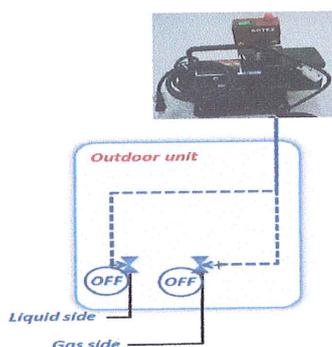


FIGURA 3.81 VACIO EN EL SISTEMA DE TUBERIAS DE COBRE

- Carga del refrigerante adicional.

El refrigerante adicional se calcula con el diámetro y la longitud de todas las tuberías de conexión de líquido a las unidades exteriores e interiores.

El cálculo de gas adicional lo provee el software utilizado, VRF, donde se deben ingresar todos los datos del sistema de climatización, pero también se puede calcular manualmente a través de la tabla 13 que se detalla a continuación.

TABLA 13
CARGA DE REFRIGERANTE ADICIONAL

Liquid pipe size	R410a
	Kg / m
Ø6.35	0.023
Ø9.52	0.06
Ø12.7	0.12
Ø15.9	0.18
Ø19.0	0.27
Ø22.0	0.38
Ø25.0	0.52
Ø28.6	0.68

Nota: La longitud lineal de las tuberías de líquido, se multiplican por el coeficiente designado en la tabla 13, para así obtener los kilogramos adicionales de refrigerante del sistema.

- Fuente de alimentación.

Las acometidas eléctricas que requieren los equipos de aire acondicionado son instaladas por personal externo a los técnicos de climatización, para lo cual, calculan el calibre de cable, caída de tensión, etc., basados en los esquemáticos provistos por el software de selección de equipos VRF.

Todos los cables y dispositivos eléctricos deben ser conformes a las normas locales, el rango de tensión nominal $\pm 10\%$ y la fuente de alimentación debe de ser independiente (figura 3.82).



FIGURA 3.82 ESQUEMA ELÉCTRICO DE ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS

3.9. Pruebas de funcionamiento, calibración y puesta en marcha.

Para las pruebas de funcionamiento, calibración y puesta en marcha de los equipos de VRF, se debe seguir el siguiente proceso:

- Análisis del sistema.
- Verificación antes de la prueba de funcionamiento.
- Proceso de prueba de funcionamiento, tabla 14.

En la figura 3.83 se muestra el correcto análisis de los sistemas de climatización tipo VRF.

Análisis del sistema

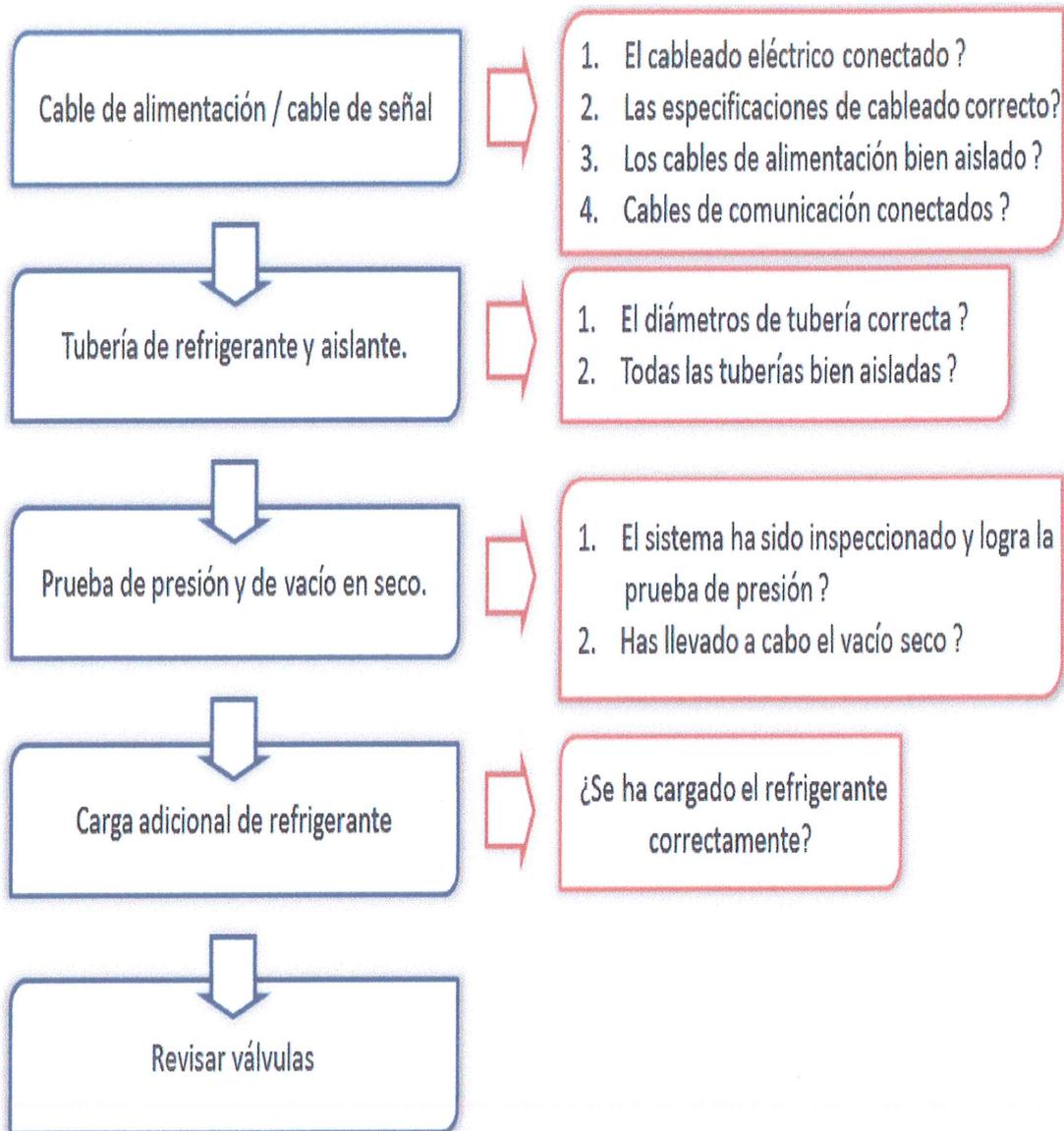


FIGURA 3.83 ESQUEMA DE ANALISIS DEL SISTEMA

En la figura 3.84 se realiza la verificación del sistema antes de la prueba de funcionamiento de los equipos de climatización tipo VRF.

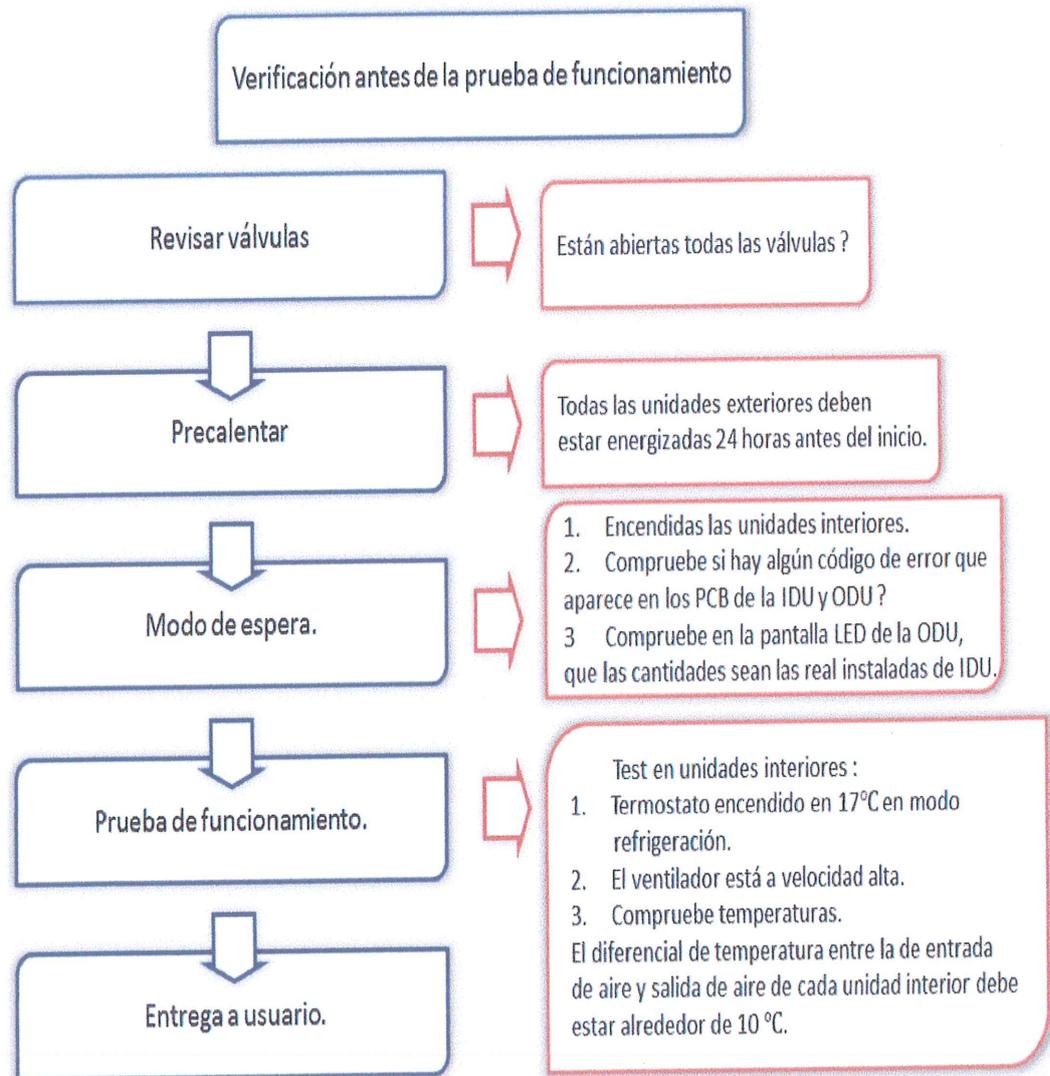


FIGURA 3.84 PROCESO DE VERIFICACIÓN.

TABLA 14
PROCESO DE FUNCIONAMIENTO

	Parámetros de funcionamiento del sistema	Observaciones		
1	Direccionamiento de las unidades condensadoras.	0, 1, 2, 3		
2	Capacidad de la unidad exterior	8HP, 10HP, 12HP, 14HP, 16HP		
3	Número de unidades exteriores en línea.	Disponible sólo en la unidad principal.		
4	La capacidad total de las unidades exteriores.			
5	La demanda total de capacidad de las unidades interiores.	Disponible sólo en la unidad principal.		
6	La demanda de capacidad modificada de la unidad maestra.	Disponible sólo en la unidad principal.		
7	Modo de funcionamiento.	1:Ventilación	2:Enfriamiento	3: Calefacción
		4: Refrigeración forzada	0:OFF	
8	Capacidad de salida de esta unidad exterior.	Displays in %		
9	Velocidad de los ventiladores.	1:Bajo	2:Alto	0:OFF
10	Temperatura media de evaporadores.	Actual value (normal value is 8~12°C).		
11	Temperatura de salida del condensador	Actual value (normal value is 38~45°C).		
12	Temperatura ambiente.	Valor actual.		
13	Temperatura de descarga del compresor inverter.	Valor actual (70 ~ 80°C carga completa).		

14	Temperatura de descarga del compresor fijo 1.	Valor actual (70 ~ 80°C).
15	Temperatura de descarga del compresor fijo 2.	Valor actual (70 ~ 80°C).
16	Corriente del compresor inverter.	Valor actual (6 ~ 7 A carga completa).
17	Corriente del compresor fijo 1.	Valor actual (9 ~ 10 A o 10 ~ 11A).
18	Corriente del compresor fijo 2.	Valor actual (9 ~ 10 A o 10 ~ 11A).
19	Angulo abierto de EXV_A.	Valor actual = Valor visualizado× 8.
20	La presión del gas de descarga.	Valor actual = valor visualizado× 0.1Mpa.
21	En funcionamiento las unidades de interior.	0,1,2,3,4
22	Número de unidades interiores conectadas.	Valor actual.
23	El último código de error o código de protección.	Si muestra "00", no hay error o protección activados.
24	--	Fin

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.

4.1. Consumo energético VRF vs Expansión Directa convencional vs Agua Helada.

Una vez realizados los cálculos de carga térmica presentados en el capítulo 3, subcapítulo 3.1, y en el subcapítulo 3.3, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran a través de las tablas 15, 16, 17 y 18.

TABLA 15

RESULTADO CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO

Descripción	Capacidad de enfriamiento BTU/h
Piso tipo	564,597.00
Comedor	604,936.00

TABLA 16

RESULTADO DE FLUJOS PARA VENTILACION MECANICA

Descripción	Capacidad CFM	Cantidad
Ventilador de extracción de baños.	350.00	32
Ventilador de extracción de baños general.	4,600.00	1
Ventilador de suministro presurización de escaleras.	18,972.00	1
Ventilador de suministro de oficinas	750.00	16

TABLA 17

CALCULO ENERGETICO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

SISTEMAS DE CLIMATIZACION			
	ALT1 VRF	ALT2 Agua Helada	ALT3 Expansión Directa
Costo Anual de Energía (USD)	127,471	163,642	140,616
Energía Anual uso - Eléctrico (kW-h)	1,274,703	1,636,411	1,406,159
Total de Sitio Uso de Energía (kW-h)	1,274,650	1,636,343	1,406,101
Uso de energía Intensidad (kW-h/m ²)	110.92	142.39	122.36

TABLA 18

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

SISTEMAS DE CLIMATIZACION Y VENTILACION MECANICA	
Sistema	USD
VRF	1,644,291.05
Agua Helada CHILLERS	2,653,263.99
Expansión Directa DX	902,473.25

TABLA 19

ANALISIS DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Sistema	Arquitectura		Consumo Energético	Costos de inversión	Costos de mantenimiento	Sistema de Control
	Interior	Exterior				
VRF	Compatible 100%	Compatible 100%	Menor consumo	Mediano	Bajo	Compatible 100%
DX	Compatible 50%	Compatible 50%	Mediano consumo	Bajo	Mediano	Compatible 100%
Agua Helada	Compatible 100%	Compatible 20%	Mayor consumo	Alto	Alto	Compatible 100%

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

Al realizar la instalación del nuevo sistema de climatización en el edificio público del sector social se concluye lo siguiente:

- El sistema seleccionado VRF es el más idóneo para la arquitectura y cimentación de este edificio.
- El uso de paquetes informáticos ha hecho posible que el cálculo de cargas térmicas, la selección de los equipos y los sistemas de control se realicen en menor tiempo y con una mayor precisión.

- La factibilidad de la recuperación de la inversión por medio del ahorro en el consumo de energía eléctrica es real. El sistema VRF tiene un ahorro energético de un 22% comparado al sistema de agua helada y un 10% con respecto al sistema de expansión directa.
- Control eficaz de temperatura, ya que las variaciones con respecto a la temperatura de consigna son menores y se eligen condiciones ambientales de manera individual en cada sala ya que existe una zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control para su confort.
- La versatilidad, sencillez y características del sistema de control con el cual operan los equipos de climatización resultan ventajosas en la puesta en marcha del proyecto, puesto que la configuración del hardware y software usados no presentaron inconvenientes.
- Todas las instalaciones mecánicas se realizaron de manera adecuada y eficiente, demostrando la capacidad técnica del personal a cargo.

- Los equipos instalados tienen bajo nivel de presión sonora, lo cual para este edificio de oficinas resulta beneficioso.
- El costo de mantenimiento de los equipos VRF es menor que las otras alternativas propuestas. El sistema VRF tiene un ahorro en costos de un 35% comparado al sistema de agua helada y un 5% con respecto al sistema de expansión directa.

Recomendaciones

- Para realizar un correcto cálculo de carga térmica es necesario referenciar correctamente el edificio a las coordenadas geográficas ya que la carga térmica por radiación y/o convección repercuten en las condiciones ambientales del interior de la edificación.
- Todos los trabajos de climatización deben de ser realizados por personal técnico capacitado y supervisados por un Ingeniero Mecánico con experiencia en los sistemas a instalar.

- Para el correcto funcionamiento de los sistemas VRF es necesario realizar una buena limpieza, presurización y un adecuado vacío de las tuberías de cobre, para así evitar fallas en los compresores. La técnica que se recomienda a utilizar es la de triple vacío con ruptura de vacío de nitrógeno. Las presiones de presurización se recomienda que estén en 450 PSI y el vacío del sistema debe de llegar a 500 micrones.
- En lo posible, antes de escoger un sistema de aire acondicionado para una aplicación específica, se debe de usar todas las herramientas disponibles para determinar cuál es la mejor opción, en base a lo requerido por el cliente final.

APÉNDICES

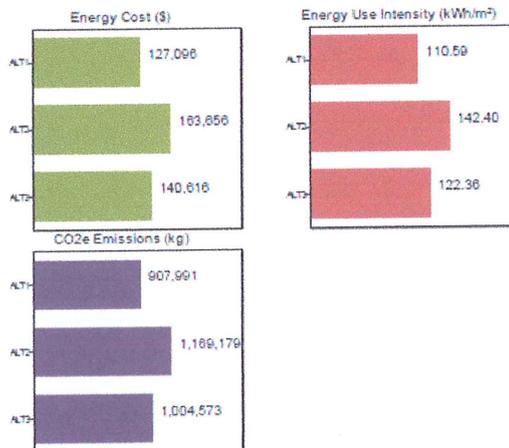
APÉNDICE A

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN VRF – CHILLER – EXPANSIÓN DIRECTA DX

Energy Cost Comparison		07/23/2014 08:35
Project: Tesis		
Prepared By: Sigman		

1. Summary

Criteria	Best Alternative	Value
Lowest Energy Cost	ALT1 - VRF	\$127,098
Lowest Energy Use Intensity	ALT1 - VRF	110.59 kWh/m ²
Lowest CO2e Emissions	ALT1 - VRF	907,991 kg



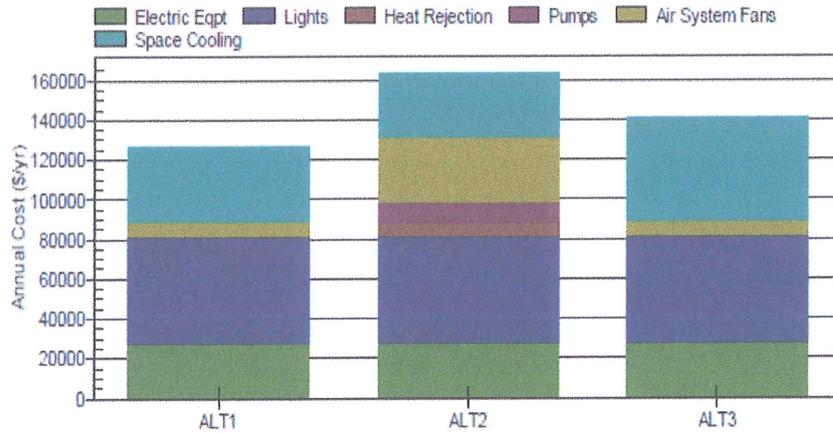
2. Annual Cost and Energy Use

	ALT1 - VRF	ALT2 - Chiller	ALT3 - Expansión Directa
Annual Energy Cost (\$)	\$127,098	\$163,656	\$140,616
Annual Energy Use - Electric (kWh)	1,270,958	1,636,548	1,406,159
Annual Energy Use - Natural Gas (na)	0	0	0
Annual Energy Use - Fuel Oil (na)	0	0	0
Annual Energy Use - Propane (na)	0	0	0
Total Site Energy Use (kWh)	1,270,958	1,636,451	1,406,101
Energy Use Intensity (kWh/m ²)	110.59	142.40	122.36
CO2e Emissions (kg)	907,991	1,169,179	1,004,573

Energy Cost Details

Project: Tesis
Prepared By: Sigman

07/23/2015
06:35



1. Energy Cost Details

	ALT1 - VRF \$	ALT2 - Chiller \$	ALT3 - Expansión Directa \$
HVAC			
Air System Fans	7,322	33,282	7,262
Space Cooling	38,439	32,729	52,019
Space Heating	0	0	0
Pumps	0	10,521	0
Heat Rejection	0	5,790	0
HVAC Total	45,761	82,321	59,280
Non-HVAC			
Lights	54,223	54,223	54,224
Electric Equipment	27,112	27,112	27,112
Non-HVAC Total	81,335	81,335	81,336
Grand Total	127,096	163,656	140,616

Energy Cost Details

Project: Tesis
 Prepared By: Sigmam
 2. Energy Use Details

07/23/2015
 08:35

	ALT1 - VRF	ALT2 - Chiller	ALT3 - Expansión Directa
HVAC			
Air System Fans (kWh)	73,218	332,818	72,617
Space Cooling - Electric (kWh)	384,392	327,288	520,187
Space Cooling - Natural Gas (na)	0	0	0
Space Cooling - Fuel Oil (na)	0	0	0
Space Cooling - Propane (na)	0	0	0
Space Heating - Electric (kWh)	0	0	0
Space Heating - Natural Gas (na)	0	0	0
Space Heating - Fuel Oil (na)	0	0	0
Space Heating - Propane (na)	0	0	0
Pumps (kWh)	0	105,210	0
Heat Rejection (kWh)	0	57,600	0
Non-HVAC			
Lights (kWh)	542,234	542,234	542,240
Electric Equipment (kWh)	271,117	271,117	271,120
Totals			
Total Electric (kWh)	1,270,958	1,636,548	1,408,159
Total Natural Gas (na)	0	0	0
Total Fuel Oil (na)	0	0	0
Total Propane (na)	0	0	0
Total Site Energy Use (kWh)	1,270,958	1,636,481	1,408,101
Energy Use Intensity (kWh/m ²)	110.58	142.40	122.36
CO2e Emissions (kg)	907,991	1,168,179	1,004,573

APÉNDICE B

PRESUPUESTOS REFERENCIALES

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO VRF Y VENTILACION MECANICA EDIFICIO DEL SECTOR PUBLICO JOAQUIN GALLEGOS LARA "ANTIGUO EDIFICIO MAKRO"							ALTERNATIVA VRF		
CONTIENE: EQUIPOS, ACCESORIOS Y MANO DE OBRA							PF00-001		
ITEM	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	EQUIPOS Y ACCESORIOS		INSTALACION Y MANO DE OBRA		INDIRECTOS	EQUIPO - INSTALACION - INDIRECTO
				P. UNIT US.\$	P. TOTAL US.\$	P. UNIT US.\$	P. TOTAL US.\$	P. TOTAL US.\$	P. TOTAL US.\$
1	U	32	EQUIPOS DE CLIMATIZACION UNIDAD CONDENSADORA MARCA LG MULTI V modelo ARLU308BT3, Capacidad: 300.000 BTU/h. Servicio Eléctrico 220V/60	\$ 22,802.89	\$ 732,692.48	\$ 429.00	\$ 13,440.00	\$ 1,745.00	\$ 749,078.94
2	U	191	Capacidad: 38,200 Btu/h. Servicio Eléctrico 220V/180 MODELO ICVS-040ND6	\$ 1,950.00	\$ 352,350.00	\$ 120.00	\$ 22,920.00	\$ 2,977.51	\$ 379,247.51
3	U	69	Equipo de aire acondicionado Tipo CASSETTE 4 VAS Capacidad: 24,000 Btu/h. Servicio Eléctrico 220V/180	\$ 1,191.43	\$ 82,008.67	\$ 120.00	\$ 8,280.00	\$ 1,075.57	\$ 91,564.24
4	U	0	MODELO ICVS-025N26 Equipo de aire acondicionado Tipo CASSETTE 4 VAS Capacidad: 12,000 Btu/h. Servicio Eléctrico 220V/180	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5	U	4	MODELO ICVO-013H26 Equipo de aire acondicionado Tipo CASSETTE 4 VAS Capacidad: 18,000 Btu/h. Servicio Eléctrico 220V/180	\$ 1,051.91	\$ 4,207.64	\$ 120.00	\$ 480.00	\$ 62.35	\$ 4,749.99
6	U	1	MODELO ICVO-013H26 Equipo de aire acondicionado Tipo CASSETTE 4 VAS Capacidad: 12,000 Btu/h. Servicio Eléctrico 220V/180	\$ 993.75	\$ 993.75	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 15.59	\$ 1,129.34
7	U	262	JUNTAS BRANCH	\$ 65.90	\$ 17,330.90	\$ 55.00	\$ 15,510.00	\$ 229.02	\$ 34,069.92
8	U	18	SISTEMA DE CONTROL CONTROL CENTRALIZADO DE EVAPORADORES	\$ 480.00	\$ 7,360.00	\$ 105.00	\$ 2,000.00	\$ 259.00	\$ 9,619.00
9	U	18	ALAMBRIA PARA CADA PISO TUBERIA DE COBRE ACR. INCLUYE ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES.	\$ 480.00	\$ 7,360.00	\$ 105.00	\$ 2,000.00	\$ 259.00	\$ 9,619.00
10	U	18	ALAMBRIA PARA CADA PISO TUBERIA DE COBRE ACR. INCLUYE ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES.	\$ 480.00	\$ 7,360.00	\$ 105.00	\$ 2,000.00	\$ 259.00	\$ 9,619.00
11	VER DETALLE	1	LOTE DE TUBERIA DE COBRE DIAM 1 5/8", 1 3/8", 1 1/8" QUE INCLUYE: REFRIGERANTE, ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES, VARIOS DIAMETROS	\$ 59,944.70	\$ 59,944.70	\$ 11,788.04	\$ 11,788.04	\$ 7,856.00	\$ 79,580.56
12	VER DETALLE	1	LOTE DE TUBERIA DE COBRE DIAM 3/8", 1/2", 3/8", 1/4" QUE INCLUYE: REFRIGERANTE, ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES, VARIOS DIAMETROS	\$ 150,658.60	\$ 150,658.60	\$ 31,131.72	\$ 31,131.72	\$ 20,220.05	\$ 211,010.37
13	U	1500	SOPORTES METALICOS PARA TUBERIA	\$ 5.00	\$ 7,500.00	\$ 1.00	\$ 1,500.00	\$ 974.25	\$ 9,974.25
14	U	28	VENTILADORES VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS EB-350 CFM @ 0.25"CA, 144 WATT, 230V/60	\$ 932.00	\$ 26,096.00	\$ 165.00	\$ 2,940.00	\$ 3,771.78	\$ 32,807.78
15	U	28	DUCTOS TOL GALVANIZADO	\$ 4.20	\$ 4,900.40	\$ 0.84	\$ 201.60	\$ 649.30	\$ 5,549.30
16	M	240	LOTE DE DUCTOS FLEXIBLES (DIAM. DIAM. 6")	\$ 2.00	\$ 11,720.00	\$ 2.00	\$ 4,688.00	\$ 1,522.43	\$ 17,930.43
17	NO	2344	LOTE DE DUCTOS RECTANGULARES SIN AISLAMIENTO TERMICO (INCLUYE SOPORTES)	\$ 2.00	\$ 11,720.00	\$ 2.00	\$ 4,688.00	\$ 1,522.43	\$ 17,930.43
18	U	1	CONTROLES ACCESORIOS MONITORES DE ESTADO DE CONDENSADORES	\$ 4,300.00	\$ 4,300.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 13.64	\$ 5,813.64
19	U	1	SOFTWARE	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 142.59	\$ 3,742.59
20	U	1	VENTILADOR PRESURIZACION ESCALERAS. CAPACIDAD: 18972 CFM, 1.5" S.P., 208 V-60	\$ 5,210.00	\$ 5,210.00	\$ 580.00	\$ 580.00	\$ 717.05	\$ 6,507.05
21	U	1	VENTILADORES DE BAÑO, CAPACIDAD: 4000 CFM, 1.0" S.P.	\$ 1,020.00	\$ 1,020.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 159.78	\$ 1,389.78
22	U	1	LOUVER DE TOMA DE AIRE	\$ 2,310.00	\$ 2,310.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 327.35	\$ 2,847.35
23	ORL	1	CAJUE DE EQUIPOS	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 620.00	\$ 620.00	\$ 359.00	\$ 3,479.00
SUB TOTAL								\$ 42,778.52	\$ 1,844,291.05
IVA 12%									\$ 197,314.33
GRAN TOTAL								\$	\$ 1,841,605.98

**PRESUPUESTO ESTIMATIVO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO VRF Y VENTILACION MECANICA
EDIFICIO DEL SECTOR PUBLICO JOAQUIN GALLEGOS LARA "ANTIGUO EDIFICIO MAKRO"**

CONTIENE: EQUIPOS, ACCESORIOS Y MANO DE OBRA

ALTERNATIVA DX

PF00-002

ITEM	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	EQUIPOS Y ACCESORIOS		INSTALACION Y MANO DE OBRA		INDIRECTOS	EQUIPO + INSTALACION + INDIRECTO
				P. UNIT US.\$	P. TOTAL US.\$	P. UNIT US.\$	P. TOTAL US.\$	P. TOTAL US.\$	P. TOTAL US.\$
1	U	100	UNIDADES SPLIT DE DUCTOS O FAN COIL. Equipo de aire acondicionado split ducto Capacidad: 60.000 BTU. Marca CARRIER. Banco Eléctrico 220V/60. Modelo: RSH-141024A1/15LR66A01	2.500,00	250.000,00	480,00	76.800,00	68.696,00	554.496,00
2	U	107	SISTEMA DE CONTROL TERMOSTATO DE 1 ETAPAS DIGITAL, NO PROGRAMABLE.	105,00	11.235,00	70,00	12.235,00	4.208,40	34.208,40
3	M	4200	TUBERIA DE COBRE ACR 7/8". INCLUYE ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES.	10,39	43.630,00	2,00	9.727,60	7.331,15	59.688,75
4	M	4200	TUBERIA DE COBRE ACR 3/8". INCLUYE ACCESORIOS, AISLAMIENTO TERMICO Y CONSUMIBLES.	3,20	13.440,00	0,84	2.688,00	2.257,02	18.385,02
5	U	1500	SOPORTES METALICOS PARA TUBERIA.	5,00	7.500,00	1,00	1.500,00	1.200,00	10.200,00
6	U	25	VENTILADORES VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, EB-350 CFM @ 0,25"CA, 82WATT, 115V/60.	932,00	23.300,00	105,00	2.640,00	4.085,04	33.510,04
7	U	8	VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, EB-70 CFM @ 0,15"CA, 50 WATT, 230V/100.	310,00	2.480,00	55,00	530,00	306,60	2.480,00
8	U	1	VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, VE-1400 CFM @ 0,25"CA, 820WATT, 115V/60.	480,00	480,00	210,00	210,00	98,00	788,00
9	U	1	VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, VE-2000 CFM @ 0,25"CA, 135WATT, 115V/60.	1.210,00	1.210,00	210,00	210,00	185,80	1.605,80
10	U	2	VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, VE-1000 CFM @ 0,25"CA, 135WATT, 115V/60.	880,00	1.760,00	210,00	420,00	308,00	2.508,00
11	U	1	VENTILADOR DE EXTRACCION DE BAÑOS, VE-500 CFM @ 0,375"CA, 105WATT, 115V/60.	450,00	450,00	210,00	210,00	92,40	752,40
12	U	800	REJILLAS LOTE DE REJILLAS DE EXTRACCION, RETORNO Y SUMINISTRO.	21,50	17.200,00	8,00	6.400,00	3.310,70	26.910,70
13	KG	14400	DUCTOS TOL. GALVANIZADO LOTE DE DUCTOS RECTANGULARES CON AISLAMIENTO TERMICO (INCLUYE SOPORTE)	4,25	61.200,00	2,00	28.800,00	12.000,00	102.000,00
14	M	240	LOTE DE DUCTOS FLEXIBLES (DIAM. 20MM. 6')	4,20	1.008,00	0,84	201,60	169,34	1.378,94
15	M	2240	LOTE DE DUCTOS FLEXIBLES (DIAM. 20MM. 10')	8,40	14.336,00	1,26	2.887,20	2.408,45	18.511,65
16	KG	2344	LOTE DE DUCTOS RECTANGULARES SIN AISLAMIENTO TERMICO (INCLUYE SOPORTES)	4,20	9.844,80	2,00	4.688,00	2.034,50	16.567,30
17	U	1	CONTOLES ACCESORIOS VENTILADOR PRESURIZACION ESCALERAS, CAPACIDAD: 18972 CFM, 1.57' S.P., 208-3-60.	5.210,00	5.210,00	310,00	310,00	772,60	6.292,60
18	U	1	VENTILADORES DE BAÑO, CAPACIDAD: 4500 CFM, 10' S.P.	1.620,00	1.620,00	210,00	210,00	172,20	1.402,20
19	U	1	LOUVER DE TOMA DE AIRE	2.310,00	2.310,00	210,00	210,00	352,80	2.872,80
20	KG	1	LOUVER DE TOMA DE AIRE	4.800,00	4.800,00	300,00	300,00	786,00	6.426,00
SUB TOTAL								110.832,05	502.473,25
IVA 12%									102.256,79
GRAN TOTAL									\$ 1.010.770,04

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CHILLER Y VENTILACION MECANICA

EDIFICIO DEL SECTOR PUBLICO JOAQUIN GALLEGOS LARA "ANTIGUO EDIFICIO MAKRO"

CONTIENE: EQUIPOS, ACCESORIOS Y MANO DE OBRA

ALTERNATIVA CHILLERS

PF00-003

ITEM	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	EQUIPOS Y ACCESORIOS		INSTALACION Y MANO DE OBRA		INDIRECTOS	EQUIPO + INSTALACION + INDIRECTO
				P. UNIT US\$	P. TOTAL US\$	P. UNIT US\$	P. TOTAL US\$	P. TOTAL US\$	P. TOTAL US\$
1	2	LT	Chiller de tipo central con agua con capacidad de refrigeración de 105 TR, para trabajo a 400 V/60 Hz/1.5 con sistema de enfriamiento	\$ 33,000.00	\$ 66,000.00	\$ 25,000.00	\$ 50,000.00	\$ 80,800.00	\$ 715,000.00
5	4	LT	BOMBAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS Bombas Verticales en línea de 477 galen @ 115 FT, para trabajo a 400 V/60 Hz/1.5, Incluye accesorios de línea y panel eléctrico de línea	\$ 16,300.00	\$ 65,200.00	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00	\$ 10,240.00	\$ 57,440.00
3	1	LT	TANQUE SEPARADOR DE AIRE	\$ 3,700.00	\$ 3,700.00	\$ 300.00	\$ 300.00	\$ 400.00	\$ 5,300.00
4	1	LT	TANQUE DE EXPANSION	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,300.00	\$ 19,400.00
5	160	LT	UNIDAD MANTENIDORA DE AIRE 9000 BTU/h (para trabajo a 220 V/60 Hz/1.5)	\$ 4,500.00	\$ 720,000.00	\$ 400.00	\$ 64,000.00	\$ 98,760.00	\$ 858,760.00
6	20	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, 10-30 CFM @ 0.25"CA, 144 WATT, 220V-60	\$ 532.00	\$ 10,640.00	\$ 105.00	\$ 2,100.00	\$ 630.50	\$ 13,370.50
7	4	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, 10-70 CFM @ 0.15"CA, 50 WATT, 220V-60	\$ 333.00	\$ 1,332.00	\$ 55.00	\$ 220.00	\$ 300.00	\$ 1,652.00
8	1	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, VE-140 CFM @ 0.25"CA, 120 WATT, 115V-60	\$ 490.00	\$ 490.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 95.00	\$ 795.00
9	1	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, VE-200 CFM @ 0.25"CA, 120 WATT, 115V-60	\$ 1,210.00	\$ 1,210.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 100.00	\$ 1,520.00
10	2	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, VE-300 CFM @ 0.25"CA, 120 WATT, 115V-60	\$ 690.00	\$ 1,380.00	\$ 210.00	\$ 420.00	\$ 300.00	\$ 2,100.00
11	1	LT	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE BAÑOS, VE-500 CFM @ 0.25"CA, 120 WATT, 115V-60	\$ 450.00	\$ 450.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 92.40	\$ 752.40
12	1440	Fg	LOTE DE DUCTOS RECTANGULARES CON AISLAMIENTO TÉRMICO (INCLUYE SOPORTES)	\$ 4.17	\$ 5,980.80	\$ 2.00	\$ 2,880.00	\$ 13,400.00	\$ 22,260.80
13	1244	Fg	LOTE DE DUCTOS RECTANGULARES CON AISLAMIENTO TÉRMICO (INCLUYE SOPORTES)	\$ 4.20	\$ 5,194.80	\$ 2.00	\$ 5,008.00	\$ 2,074.59	\$ 12,277.39
14	300	LT	LOTE DE REJILLAS DE EXTRACCIÓN, RETORNO Y SUMINISTRO	\$ 31.50	\$ 9,450.00	\$ 6.00	\$ 1,800.00	\$ 3,310.72	\$ 14,560.72
15	240	M	LOTE DE DUCTOS FLEXIBLES (GRAM. 18MM. 1")	\$ 4.20	\$ 1,008.00	\$ 0.30	\$ 72.00	\$ 169.34	\$ 1,250.34
16	2240	M	LOTE DE DUCTOS FLEXIBLES (GRAM. 18MM. 1")	\$ 4.40	\$ 9,856.00	\$ 1.20	\$ 2,688.00	\$ 2,409.45	\$ 14,953.45
17	1	QA	VALVULAS DE MARCOPOLA, COMPUESTA, MOCULANTES, ETC.	\$ 26,000.00	\$ 26,000.00	\$ 23,750.00	\$ 23,750.00	\$ 16,625.00	\$ 66,375.00
18	65	U	MANOMETROS DE 0" 100 PSI	\$ 68.00	\$ 4,420.00	\$ 17.00	\$ 1,105.00	\$ 1,011.50	\$ 6,536.50
19	65	U	TERMOSTATOS BUNGE REGULOS	\$ 65.00	\$ 4,225.00	\$ 16.25	\$ 1,056.25	\$ 1,000.63	\$ 6,281.88
20	14	U	JUNTAS FLEXIBLES DE DIFERENTES MEDIDAS	\$ 4,300.00	\$ 60,200.00	\$ 680.00	\$ 9,520.00	\$ 12,113.80	\$ 82,833.80
21	1	QA	FILTROS DE AGUA TIPO Y DIFERENTES MEDIDAS	\$ 6,250.00	\$ 6,250.00	\$ 1,250.00	\$ 1,250.00	\$ 1,053.02	\$ 8,553.02
22	1	QA	TUBERIAS DE ESPERO NEGRO DE DIFERENTES MEDIDAS C/DI. 40	\$ 107,000.00	\$ 107,000.00	\$ 21,400.00	\$ 21,400.00	\$ 12,976.00	\$ 148,376.00
23	1	QA	MANO DE OBRA Y MATERIALES AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERIAS DE HIERRO NEGRO	\$ 125,000.00	\$ 125,000.00	\$ 12,500.00	\$ 12,500.00	\$ 12,250.00	\$ 150,750.00
24	1	QA	UNIONES, UNIONES, REDONDEOS, ETC DE DIFERENTES MEDIDAS	\$ 26,920.00	\$ 26,920.00	\$ 5,378.80	\$ 5,378.80	\$ 4,518.02	\$ 36,736.82
25	240	U	SOPORTE DE TUBERIAS DE AGUA HELADA	\$ 17.50	\$ 4,200.00	\$ 2.60	\$ 624.00	\$ 2,052.36	\$ 6,876.36
26	1	U	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PVC 150 GAL.	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 144.00	\$ 144.00	\$ 87.36	\$ 631.36
27	1	QA	GRATA DE SUELO	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 2,200.00	\$ 9,400.00
28	1	U	SISTEMA DE CONTROL	\$ 85,000.00	\$ 85,000.00	\$ 18,500.00	\$ 18,500.00	\$ 15,000.00	\$ 118,500.00
SUB TOTAL								325,834.44	2,953,283.99
ISA 176									33,311.63
GRAN TOTAL								\$	2,971,566.67

APÉNDICE C

SELECCION DE EQUIPOS SOFTWARE LATS MULTI V



LG Electronics

Selección de modelos - Sumario

ver 2.11.7.8

Selección de modelos - Sumario

Nombre del proyecto :Edificio del Sector Publico Joaquin Gallegos Lara

1. Unidades exteriores:

Modelo	Cantidad	Descripción
ARUV300LT3	32	50,60Hz/R410A/Cooling Only/MultV III/CS America
Total	32	

2. Unidades interiores:

Modelo	Cantidad	Descripción
ARNU36GTNA2	183	Ceiling Cassette - 4Way
ARNU12GTUA2	44	Ceiling Cassette - 1Way
ARNU24GTTA2	59	Ceiling Cassette - 1Way
ARNU18GTTA2	1	Ceiling Cassette - 1Way
Total	287	

3. Tuberías

Index	Dia(Liq:Gas,mm)	Longitud(m)
P13	19.05 : 34.9	1699.5
P3	9.52 : 22.2	289.7
P2	9.52 : 19.05	198.5
P1	9.52 : 15.88	1307
P7	15.88 : 28.58	13.6
P6	12.7 : 28.58	67.4
P0	6.35 : 12.7	152.5
P12	15.88 : 34.9	25.8

4. Arboles/derivaciones

Modelo	Cantidad
ARBLN07121	38
ARBLN03321	112
ARBLN01621	90
ARBLN14521	15
ARCNN21	32

Selección de modelos - Piso 1 - Sistema 2

Nombre del proyecto :Edificio del Sector Publico Joaquin Gallegos Lara

07/29/2015

Sistema No :1/32

1. Condiciones de diseño

Verano					Invierno				
Interior			Exterior		Interior			Exterior	
DB(C)	WB(C)	HR(%)	DB(C)	WB(C)	DB(C)	WB(C)	HR(%)	DB(C)	WB(C)
27.0	19.5	50	33.2	24.6	20.0	13.8	50	19.9	18.3

2. Exterior

Modelo	Maximo numero de unidaes interiores	Total de sobrecarga(kW/%)	Interiores/Exterior Ratio	Product charge(kgs)	Recarga de refrigerante(kgs)
ARUV300LT3	60	134.9(160%)	1.01:1	13.40	19.89

Rated Capa/Corrected Capa(kW)		Ratio Power Input/Corrección Power Input(kW)	
Cooling	Heating	Cooling	Heating
84.0/82.2		21.8/20.9	

3. Tuberias

Index	Dia(Liq:Gas,mm)	Longitud(m)
P13	19.05 : 34.9	42.0
P3	9.52 : 22.2	15.9
P2	9.52 : 19.05	7.8
P1	9.52 : 15.88	29.6
P7	15.88 : 28.58	2.0

4. Arboles/derivaciones

Modelo	Cantidad
ARBLN07121	2
ARBLN03321	2
ARBLN01621	3
ARCNN21	1

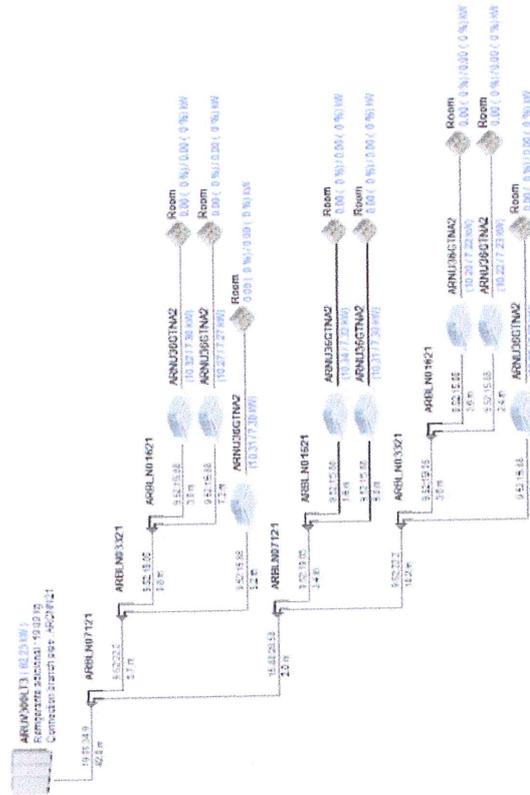
#Notes : Correction factor compensates Indoor unit Combination, Temperature, Pipe Length Effect etc.

The result can be slightly different from product data book due to simulation.

Selección de modelos - Piso 1 - Sistema 2

Sistema No :1/32

07/29/2015



**Selección de modelos - Piso 1 - Sistema 1**

Nombre del proyecto :Edificio del Sector Publico Joaquin Gallegos Lara

07/29/2015

Sistema No :2/32

1. Condiciones de diseño

Verano					Invierno				
Interior			Exterior		Interior			Exterior	
DB(C)	WB(C)	HR(%)	DB(C)	WB(C)	DB(C)	WB(C)	HR(%)	DB(C)	WB(C)
27.0	19.5	50	33.2	24.6	20.0	13.8	50	19.9	18.3

2. Exterior

Modelo	Máximo número de unidades interiores	Total de sobrecarga(kW/0.6)	Interiores/Exterior Ratio	Product charge(kg)	Recarga de refrigerante(kg)
ARUV300LT3	60	134.9(160%)	0.88:1	13.40	18.67

Rated Capa/Corrected Capa(kW)		Ratio Power Input/Corrección Power Input(kW)	
Cooling	Heating	Cooling	Heating
84.0/72.4		21.8/18.0	

3. Tuberías

Index	Dist(Liq:Gas,mm)	Longitud(m)
P13	19.05 : 34.9	42.0
P3	9.52 : 22.2	6.3
P2	9.52 : 19.05	11.0
P1	9.52 : 15.88	30.7
P6	12.7 : 28.58	0.8

4. Arboles/derivaciones

Modelo	Cantidad
ARBLN07121	1
ARBLN03321	3
ARBLN01621	2
ARCNN21	1

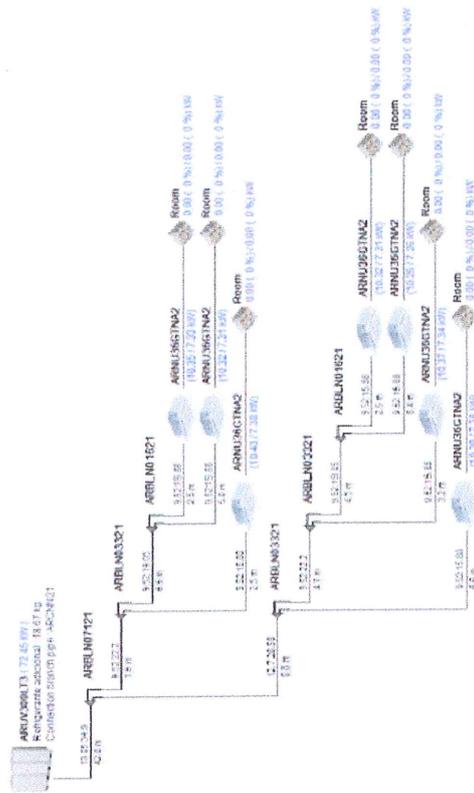
#Notes : Correction factor compensates Indoor unit Combination, Temperature, Pipe Length Effect etc.

The result can be slightly different from product data book due to simulation.

Selección de modelos - Piso 1 - Sistema 1

Sistema No :2/32

07/29/2015



APÉNDICE D

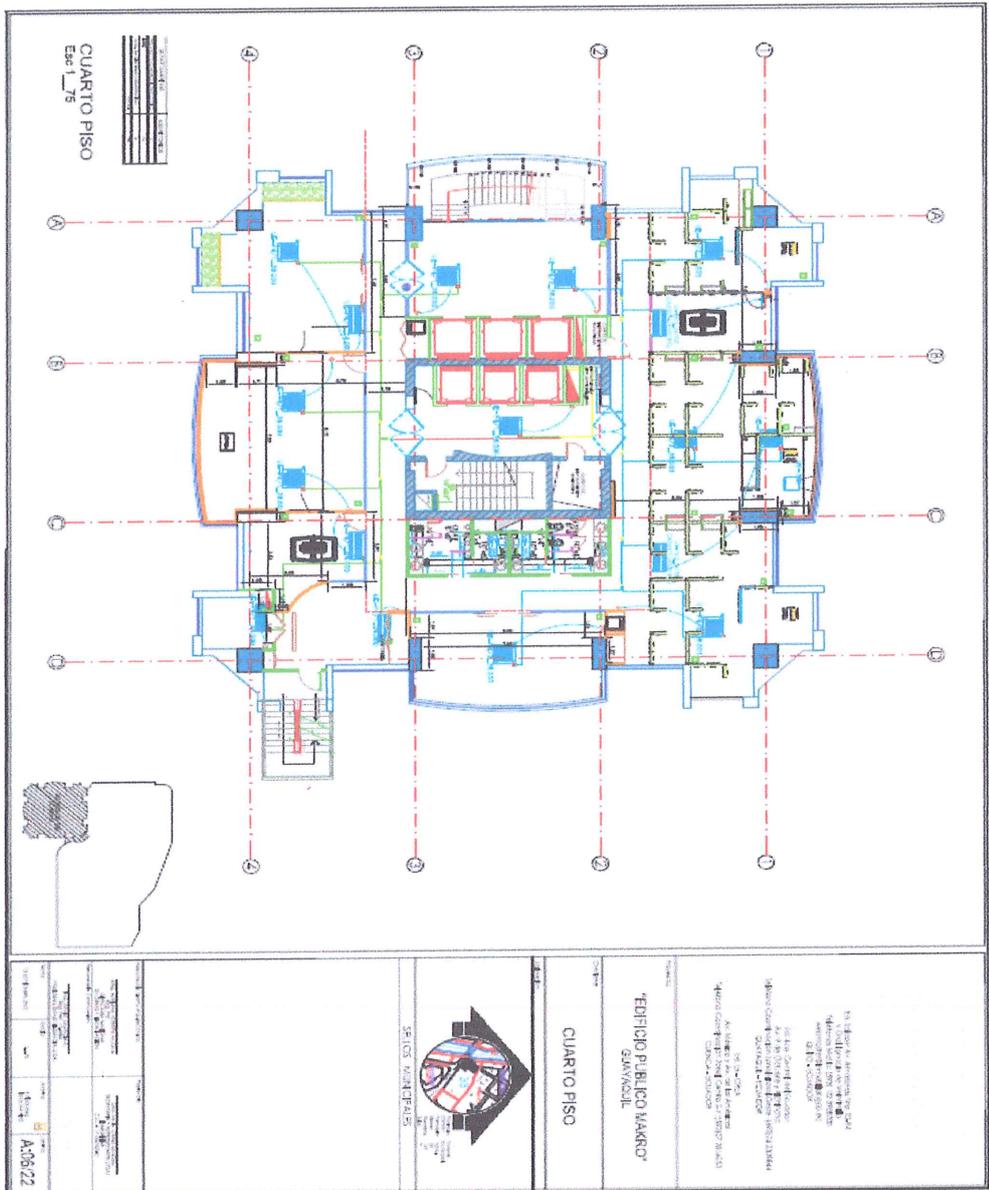
DIAMETRO EQUIVALENTE PARA CONDUCTOS RECTANGULARES

Lados conducto rectang.	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	
100	63	67	72	76	80	84	88	91	94	98	101	104	107	109														
105	64	69	74	78	82	86	90	93	97	100	103	106	109	112	115													
110	65	70	75	80	84	88	92	95	99	102	105	109	112	115	117	120												
115	67	72	77	81	86	90	94	97	101	104	108	111	114	117	120	123	126											
120	68	73	78	83	87	91	95	99	103	107	110	113	117	120	123	126	128	131										
125	69	74	79	84	89	93	97	101	105	109	112	116	119	122	125	128	131	134	137									
130	70	76	81	86	90	95	99	103	107	111	114	118	121	124	128	131	134	137	139	142								
135	71	77	82	87	92	96	101	105	109	113	116	120	123	127	130	133	136	139	142	145	148							
140	72	78	84	89	93	98	102	107	111	115	118	122	125	129	132	135	139	142	145	147	150	153						
145	73	79	85	90	95	100	104	108	112	116	120	124	128	131	134	138	141	144	147	150	153	156	159					
150	75	80	86	91	96	101	106	110	114	118	122	126	130	133	137	140	143	146	150	153	156	158	161	164				
155	76	82	87	93	98	103	107	112	116	120	124	128	132	135	139	142	146	149	152	155	158	161	164	167	169			
160	77	83	88	94	99	104	109	113	118	122	126	130	134	137	141	144	148	151	154	157	161	164	166	169	172	175		
165	78	84	90	95	100	105	110	115	119	124	128	132	136	139	143	147	150	153	157	160	163	166	169	172	175	178	180	
170	79	85	91	96	102	107	112	116	121	125	129	134	137	141	145	149	152	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	
175	79	86	92	98	103	108	113	118	123	127	131	135	139	143	147	151	154	158	161	164	168	171	174	177	180	183	186	
180	80	87	93	99	104	110	115	119	124	129	133	137	141	145	149	153	156	160	163	167	170	173	176	179	182	185	188	
185	81	88	94	100	106	111	116	121	126	130	135	139	143	147	151	155	158	162	165	169	172	176	179	182	185	188	191	
190	82	89	95	101	107	112	117	122	127	132	136	141	145	149	153	157	160	164	168	171	174	178	181	184	187	190	193	
195	83	90	96	102	108	113	119	124	129	133	138	142	146	151	155	158	162	166	170	173	177	180	183	187	190	193	196	
200	84	91	97	103	109	115	120	125	130	135	139	144	148	152	156	160	164	168	172	175	179	182	186	189	192	195	198	
205	85	92	98	104	110	116	121	127	131	136	141	145	150	154	158	162	166	170	174	177	181	184	188	191	194	198	201	
210	86	93	99	106	111	117	123	128	133	138	142	147	151	156	160	164	168	172	176	179	183	186	190	193	197	200	203	
215	87	94	100	107	113	118	124	129	134	139	144	149	153	157	162	166	170	174	178	181	185	189	192	196	199	202	205	
220	87	95	101	108	114	120	125	130	136	141	145	150	155	159	163	168	172	176	180	183	187	191	194	198	201	204	208	
225	88	95	102	109	115	121	126	132	137	142	147	152	156	161	165	169	173	177	181	185	189	193	196	200	203	207	210	
230	89	96	103	110	116	122	128	133	138	143	148	153	158	162	167	171	175	179	183	187	191	195	198	202	205	209	212	
235	90	97	104	111	117	123	129	134	140	145	150	155	159	164	168	173	177	181	185	189	193	197	200	204	208	211	214	
240	91	98	105	112	118	124	130	135	141	146	151	156	161	165	170	174	179	183	187	191	195	199	202	206	210	213	217	
245	91	99	106	113	119	125	131	137	142	147	153	158	162	167	172	176	180	185	189	193	197	201	204	208	212	215	219	
250	92	100	107	114	120	126	132	138	143	149	154	159	164	169	173	178	182	186	190	195	198	202	206	210	214	217	221	
255	93	100	108	115	121	127	133	139	145	150	155	160	165	170	175	179	184	188	192	196	200	204	208	212	216	219	223	

PLANOS

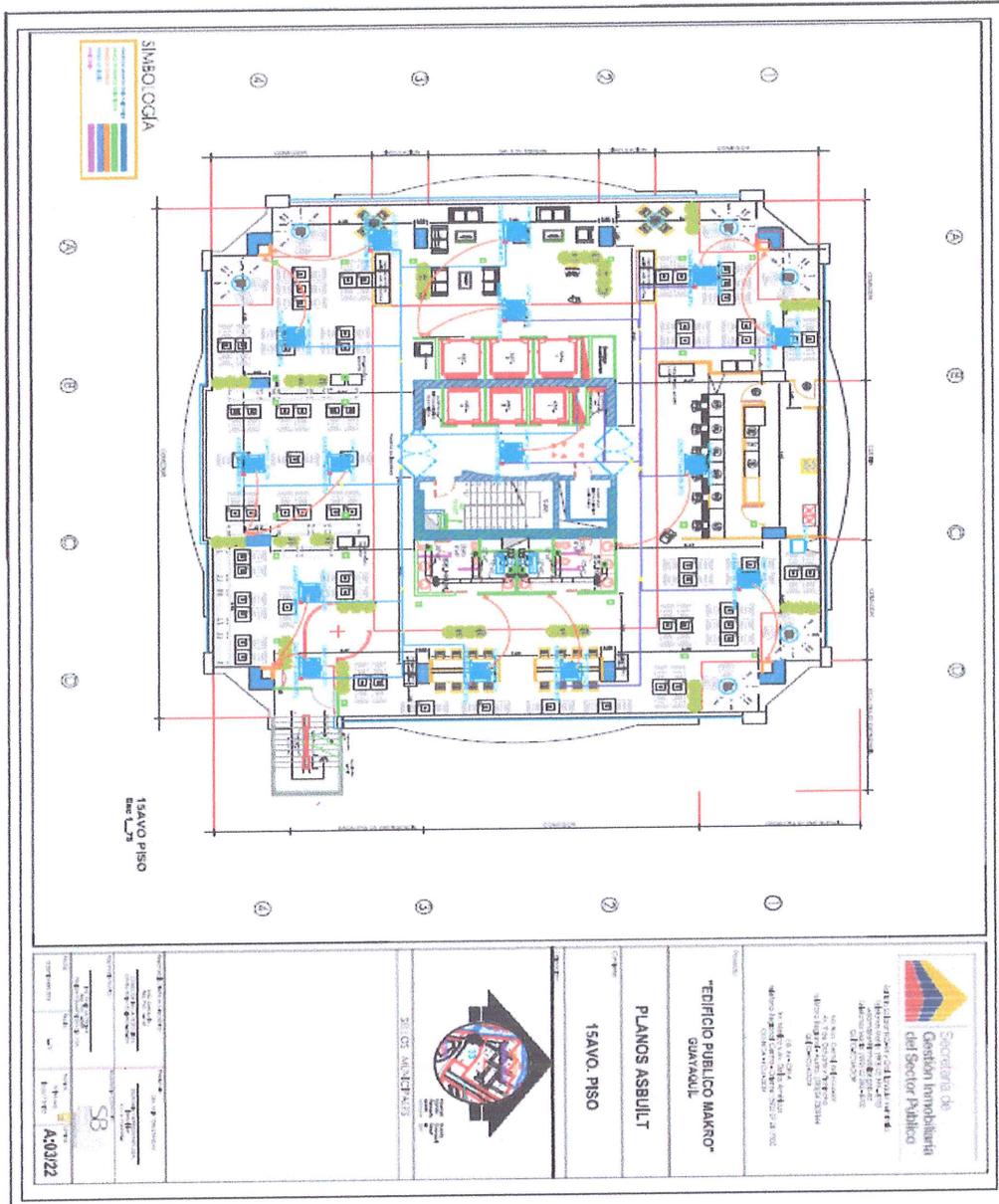
PLANO 1

DISEÑO DE CLIMATIZACION PISO TIPO



PLANO 2

DISEÑO DE CLIMATIZACION COMEDOR



PLANO 3

DISEÑO DE CLIMATIZACION COMEDOR



PLANO 4

DISEÑO DE CLIMATIZACION COMEDOR



ESTABLECIMIENTO AL SERVICIO DEL CLIENTE
CALLE 10 de Agosto No. 1000
TELEFONO: 2200-1000
CORREO ELECTRONICO: info@maestro.com

MAESTRO CONSULTORES S.A. SUCURSAL GUAYACILIL
CALLE 10 de Agosto No. 1000
TELEFONO: 2200-1000
CORREO ELECTRONICO: info@maestro.com

ESTABLECIMIENTO AL SERVICIO DEL CLIENTE
CALLE 10 de Agosto No. 1000
TELEFONO: 2200-1000
CORREO ELECTRONICO: info@maestro.com



SECTOR: GUAYACILIL

PROYECTO:	CUARTO PISO
CLIENTE:	EDIFICIO PUBLICO MAJRO GUAYACILIL
FECHA:	2022
ESCALA:	A:06/22

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment / Chapter 18.
- [1] 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals - Chapter 18 – Nonresidential.
- [2] ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment / Chapter 18.
- [3] Multi V Air Conditioning System 2011 de LG.
- [4] <http://nergiza.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-vrf/>
- [5] http://www.aircon.panasonic.eu/ES_es/control/212/
- [6] https://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador_de_expansi%C3%B3n_seca
- [7] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/>
- [8] <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/09/control-electronico-un-conocimiento-invaluable-para-el-tecnico/>
- [9] <http://www.climaexpress.cl/las-carateristicas-de-un-aire-acondicionado-multi-split/>
- [10] http://linea-blanca.yoreparo.com/aire_acondicionado/tengo-presiones-muy-bajas-en-equipo-de-3-tons-t679925.html

- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Fan_coil_unit
- [12] <http://www.carrier.com.pr>
- [13] <http://ccaires.com/airesacondicionados/industriales/chillers/agua/>
- [14] <http://chillersenmexico.com/>
- [15] ACR latinoamerica Vol. 17 N°4, 2014.
- [16] <http://www.monografias.com/trabajos101/sistemas-control-aire-acondicionado/sistemas-control-aire-acondicionado.shtml>
- [17] <http://www.lg-vrf.com/>
- [18] ACR latinoamerica Vol. 17 N°4, 2014.
- [19] <http://www.lg-vrf.com>
- [20] www.hvacpartners.com
- [21] www.trane.com
- [22] www.greenheck.com