

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de sistema de climatización para un edificio multiuso localizado
en Turquía"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Alfonso Rodrigo Chiliquina Tapia

Nelson David Muñoz Goyburu

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, a la Santísima Virgen María que siempre me acompañó en todo momento, agradezco a mi padre por su apoyo durante todo este tiempo.

Agradezco a mi madre por su dedicación, entrega, malas noches, tiempo y consejos brindados durante toda mi vida, por sus bendiciones cada mañana y sus cuidados en cada etapa de mi vida.

Agradezco a mi esposa por su paciencia y apoyo incondicional, el motivo principal para la culminación de esta etapa académica

Alfonso Rodrigo Chiliquina Tapia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por estar vivo, luego a mi madre por su dedicación, su tiempo y consejos brindados durante esta etapa de mi vida, a mis familiares y amigos que me supieron apoyar.

Al Phd. Guillermo Soriano por darme la oportunidad de participar en este proyecto.

Nelson David Muñoz Goyburu

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Alfonso Rodrigo Chilingua Tapia

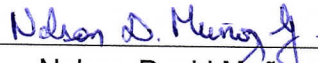
Nelson David Muñoz Goyburu

Ph.D. Guillermo Soriano Idrovo

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Alfonso Rodrigo Chilingua Tapia
Autor 1



Nelson David Muñoz Goyburu
Autor 2



Ph.D. Guillermo Soriano Idrovo
Tutor del Proyecto Integrador

RESUMEN

En el presente proyecto de graduación se diseñará el sistema de climatización para un edificio multiuso de cuatro pisos de uso mixto de 65.000 metros cuadrados, ubicado al norte de Estambul, cerca de Arnavutkoy, al sur del nuevo aeropuerto internacional. El proyecto incluye la construcción de un nuevo restaurante y cuatro pisos para alojamiento además contarán con un área de cocina, oficinas administrativas, comercios, restaurantes, áreas de informática, salas de descanso, áreas de almacenamiento y áreas de dormir.

Para establecer cuál es la instalación de climatización más adecuada, se debió determinar, primeramente, las características de diseño, tanto exteriores como las interiores. Se precisó conocer los datos meteorológicos del entorno, y la orientación del edificio, así como sus materiales, lo cual determinó las cargas térmicas por transmisión. Además se tuvo en cuenta las cargas térmicas producidas por los ocupantes, iluminación y equipos, Las normas que se utilizaron fueron las ASHRAE Standards 55, 62.1, y 90.1, además de las especificaciones del cliente.

Los equipos seleccionados para el sistema de climatización cumplen de manera óptima los requerimientos y cálculos de cargas térmicas para el edificio, los controles automáticos e instrumentación fueron seleccionados en base a las necesidades del proyecto.

El retorno de la inversión para este proyecto es de un 46.42%, donde se obtuvo parámetros económicos basados en información establecida de Turquía, proponiendo una tasa de oportunidad del 30.16%.

Palabras Claves:

Climatización, Confort Térmico, Ashrae, Cargas Térmicas.

ABSTRACT

In the present graduation project, an air conditioning system was designed for a mixed-use four-story building of 65,000 square meters, located north of Istanbul, near Arnavutkoy, south of the new international airport.

The project includes the construction of a new restaurant and four floors for lodging as well as a kitchen area, administrative offices, shops, restaurants, computer areas, rest rooms, storage areas and sleeping areas. In order to establish the most suitable air conditioning system, first, the design characteristics, both exterior and interior, must be determined.

It was necessary to have knowledge of the meteorological data of the environment, and the orientation of the building, as well as its materials, which determined the thermal loads by transmission. In addition, the thermal loads produced by the equipment, lighting and equipment were calculated. The ASHRAE 55, 62.1 and 90.1 standards, as well as the customer's specifications, were taken into account.

The equipment selected for the air conditioning system complies with the requirements and calculations of the thermal loads for the home, the automatic controls and the instrumentation selected based on the needs of the project. The return on investment for this project was 46.42%, where the total of the account was 30.16%.

Keywords:

Air conditioning, thermal comfort, Ashrae, thermal loads.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco teórico.....	3
1.3.1 Norma ASHRAE 55: Condiciones ambientales térmica para ocupación humana.....	4
1.3.2 Norma ASHRAE 62.1: Ventilación para calidad de aire interior aceptable.....	5
1.3.3 Norma ASHRAE 90.1: Estándar de energía para edificios excepto edificios residenciales de poca altura.....	5
1.3.4 Norma ASHRAE 154: Ventilación para operaciones comerciales de cocina.....	6
1.3.5 Norma ASHRAE 189.1: Estándar para el diseño de edificios verdes de alto rendimiento, excepto edificios residenciales de poca altura.....	6

1.3.6	Clasificación de sistemas de climatización.....	6
CAPÍTULO 2.....		8
2.	Metodología	8
2.1	Antecedentes del proyecto	9
2.1.1	Características meteorológicas	9
2.1.2	Condiciones de diseño	10
2.1.3	Zonificación de las plantas del edificio.	11
2.2	Cálculo de cargas térmicas.....	15
2.2.1	Cargas por transmisión a través de superficies opacas externas	16
2.2.2	Cargas exteriores por transmisión a través de superficies acristaladas externas	16
2.2.3	Cargas externas por ventilación e infiltración.....	17
2.2.4	Cargas internas generadas por ocupantes, iluminación y equipos	19
2.3	Cargas térmicas para calefacción.....	19
2.3.1	Cálculo de pérdidas de calor por transmisión a través de superficies opacas.....	19
2.3.2	Cargas exteriores por transmisión a través de superficies acristaladas externas	21
2.4	Selección del sistema de climatización.....	21
2.4.1	Descripción de los sistemas seleccionados.	21
2.4.2	Criterios de selección del sistema de climatización.....	27
2.4.3	Matriz de decisión	28
2.5	Selección del sistema de climatización para cuarto de racks	30
2.6	Selección del sistema de climatización para restaurantes.....	31
2.7	Selección del sistema de climatización para baños.....	31
2.8	Consideraciones y limitaciones presupuestarias	32
CAPÍTULO 3.....		34

3.	Resultados	34
3.1	Condiciones climáticas	34
3.2	Envolvente del edificio	34
3.3	Cargas térmicas del edificio.....	35
3.4	Análisis de alternativas	35
3.5	Simulación energética.....	40
3.5.1	Zona residencial.....	40
3.5.2	Zona No-residencial	41
3.6	Análisis de costos	42
CAPÍTULO 4		43
4.	Discusión y Conclusiones	43
4.1	Conclusiones	43
4.2	Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros para Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
CFM	Pies cúbicos por minuto
DCV	Ventilación controlada de la demanda
RA	Aire de retorno
MZ	Zona múltiple
VP	Presión de velocidad
°C	Grados centígrados
K	Grados kelvin
kW	Kilowatts
RD	Rejilla de descarga
RPM	Revoluciones por minuto
RR	Rejilla de retorno
RTA	Rejilla de toma de aire
IDD	Grado de infiltración días
IAC	Coeficiente de atenuación del sombreado interior
IDF	Fuerza impulsora de infiltración
OEI	Ocupantes, equipos e iluminación

SIMBOLOGÍA

A	Área
m	Metro
m²	Metro cuadrado
c	Coeficiente de flujo
cp	Calor específico
CD	Coeficiente de descarga
Cp	Coeficiente de presión
E	Eficiencia del sistema
h	Entalpía específica
H	Altura
p	Presión
q	Tasa de calor
Q	Caudal volumétrico
R	Tasa de flujo de aire exterior
U	Velocidad del viento
V	Tasa de flujo de aire de ventilación
W	Proporción de humedad
A_L	Área de fuga efectiva
CD	1
C_l	Factor de calor latente del aire
C_s	Factor de calor sensible al aire
C_t	Factor de calor total del aire
CF	Factor de carga de enfriamiento
DR	Rango diario de temperatura de bulbo seco exterior
E	Irradiación pico para exposición
F_{dl}	Factor de pérdida de distribución
F_p	Coeficiente de pérdida de calor por unidad de longitud de perímetro
F_{shd}	Fracción sombreada
h_{srf}	Conductancia superficial efectiva
Δh	Diferencia de entalpía interior

HF	Factor de calentamiento
I	Coeficiente de infiltración
k	Conductividad
LF	Factor de carga
p	Perímetro o borde expuesto del piso
PXI	Irradiación exterior máxima
R	Resistencia térmica del aislamiento
SHGC	Índice de fenestración o coeficiente de ganancia de calor solar
t	Temperatura
T_x	Transmisión solar del accesorio exterior
Δt	Diferencia de temperatura de bulbo seco
U	Factor U de construcción
ΔW	Diferencia de relación de humedad interior
avg	Promedio
E_d	Irradiación difusa del cielo
E_r	Irradiación reflejada del suelo difuso
E_t	Irradiación total

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de árbol del problema.....	2
Figura 2. Factores del entorno interior de ASHRAE 55	4
Figura 3. Metodología para diseño de climatización	8
Figura 4. Información meteorológica de Estambul.....	9
Figura 5. Zonificación por pisos	13
Figura 6. Esquema del sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)	22
Figura 7. Esquema del sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery).....	23
Figura 8. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)	25
Figura 9. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim).....	26
Figura 10. Sistema VRF con bomba de calor.	36
Figura 11. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)	38
Figura 12. Costo de uso anual de energía.....	41
Figura 13. Uso de energía eléctrica	42
 Apéndice A:	
Figura A 1: Zona climática y estaciones internacionales	46
Figura A 2: Zona climática para Estambul	47
Figura A 3: Datos climáticos de Estambul, Turquía	48
Figura A 4: Datos de climáticos mensual. Estambul, Turquía.....	49
Figura A 5: Datos de velocidad de viento mensual. Estambul, Turquía.....	49
Figura A 6: Rosa de vientos. Estambul, Turquía.....	50
 Apéndice B:	
Figura B 1: Resumen de ecuaciones para el cálculo de carga para Aire Acondicionado	51
Figura B 2: Resumen de ecuaciones para cálculo de carga para Calefacción	51

Figura B 3: requerimientos de la envolvente para la zona climática 3	52
Figura B 4: Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco	54
Figura B 5: Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco	56
Figura B 6: Configuración de la ventana.....	56
Figura B 7: Factor U para superficies acristaladas	57
Figura B 8: Transmisión de accesorios exteriores	58
Figura B 9: Coeficiente de ganancia de calor solar.....	58
Figura B 10: Coeficiente de atenuación interior configuración cerrada.....	59
Figura B 11: Factor de carga solar de fenestración	60
Figura B 12: Carta Psicrométrica	61
Figura B 13: Carta Psicrométrica	62
Figura B 14: Unidad de área de fuga	63
Figura B 15: Valores típicos de IDF	63
Figura B 16: Valores típicos de Fp.....	65
Figura B 17: Resistencia térmica	66

Apéndice D:

Figura D 1: Tasa mínima de extracción en baños.....	71
---	----

Apéndice E:

Figura E 1: Información mensual en kWh	72
Figura E 2: Histograma de valores de velocidad.....	72
Figura E 3: Rosa de los vientos	73
Figura E 4: Producción solar vs eólica.....	73

Apéndice H:

Figura H 1: Ubicación geográfica del edificio	90
Figura H 2: Orientación del edificio.....	90
Figura H 3: Carga de calefacción por mes.....	91
Figura H 4: Carga de aire acondicionado por mes.....	91
Figura H 5: Consumo eléctrico mensual	92
Figura H 6: Demanda pico mensual.....	92
Figura H 7: Configuración del sistema VRF con bomba de calor.....	93

Figura H 8. Configuración del sistema VRF con bomba de calor.....97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información geográfica de Estambul.....	9
Tabla 2. Información de diseño.....	10
Tabla 3. Zonificación por pisos	13
Tabla 4. Cuadro comparativo de las alternativas para la zona residencial	24
Tabla 5. Cuadro comparativo de alternativas para la zona no-residencial.....	27
Tabla 6. Descripción de los criterios de selección	27
Tabla 7. Ponderación de los criterios de selección	28
Tabla 8. Matriz de decisión zona residencial	29
Tabla 9. Matriz de decisión	29
Tabla 10. Requerimientos mínimos de la campana	31
Tabla 11. Costos del ciclo de vida del edificio.....	32
Tabla 12. Tarifa de consumo eléctrico	32
Tabla 13. Valores de envolvente para la construcción.....	35
Tabla 14. Equipos para zona residencial	37
Tabla 15. Equipos para la zona no residencial	38
Tabla 16. Equipos ubicados en la cubierta	40
Tabla 17. Simulación de los sistemas VRF.....	40

Apéndice B:

Tabla B 1. Configuración de la pared.....	53
Tabla B 2. Configuración del techo	55
Tabla B 3. Irradiación pico W/m^2	58
Tabla B 4. Información de Carta Psicrométrica.....	61
Tabla B 5. Información de Carta Psicrométrica.....	62
Tabla B 6. Misceláneos.....	64

Apéndice C:

Tabla C 1. Misceláneos	71
------------------------------	----

Apéndice F:

Tabla F 1. Presupuesto costos directos	74
--	----

Tabla F 2. Presupuesto costos indirectos	78
Tabla F 3. Presupuesto gastos administrativos	79
Tabla F 4. Capital de trabajo.....	79
Tabla F 5. Capital porcentual	79
Tabla F 6. Cálculo tasa de oportunidad del proyecto.....	80
Tabla F 7. Capital promedio ponderado.....	80
Tabla F 8. Periodo de retorno del capital	81

Apéndice H:

Tabla H 1. Especificaciones de la unidad exterior	93
Tabla H 2. Especificaciones de la unidad interior	95
Tabla H 3. Tabla de cantidades	96
Tabla H 4. Especificaciones de la unidad exterior	98
Tabla H 5. Especificaciones de las unidades interiores	99
Tabla H 6. Tabla de cantidades	100

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 PLANTA BAJA

PLANO 2 PISO 1

PLANO 3 PISO 2

PLANO 4 PISO 3

PLANO 5 CUBIERTA

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) promueve el buen uso y desarrollo de sistemas ofreciendo estándares que ayudan en la regulación de los diseños de sistemas de climatización, para lo cual cada año patrocina concursos de diseño aplicados para diferentes problemáticas. El concurso de este año (2018) consiste en el diseño de un sistema HVAC para un edificio ubicado en la ciudad de Estambul, usando las normas, principios de climatización y calefacción se busca diseñar una solución efectiva para el edificio.

Un aspecto importante para el diseño de climatización es el cálculo de las cargas térmicas que influyen en el edificio, la transferencia de calor generada a través de las paredes, techo, ventanas, puertas, equipos electrónicos y equipos de cocina permiten el cálculo del volumen de aire que se debe climatizar; al igual que el uso de las normas ASHRAE estándar 55: Condiciones ambientales térmicas para ocupación humana, ASHRAE estándar 62.1: Ventilación para calidad de aire interior aceptable y ASHRAE estándar 90.1: Estándar de energía para edificios excepto edificios residenciales de poca altura.

1.1 Descripción del problema

La competencia requiere del diseño de un sistema de aire acondicionado para un edificio de uso mixto (residencial y comercial) de cuatro pisos y 6.500 metros cuadrados, ubicado al norte de Estambul, Turquía ($41^{\circ}00'36''N$ $28^{\circ}57'37''E$), cerca de Arnavutkoy, que está justo al sur del nuevo aeropuerto internacional.

La construcción en mención está destinada para ser usada todo el año, la instalación cuenta con espacios comerciales y de oficinas, un restaurante y un hotel. Dicha instalación servirá dentro del plan de crecimiento del área cuando el aeropuerto esté terminado en 2019.

En el diseño de climatización se debe tener en cuenta la eficiencia energética de los equipos de HVAC y la comodidad de los ocupantes. Además el sistema de climatización se selecciona en función del costo del ciclo de vida más bajo posible.

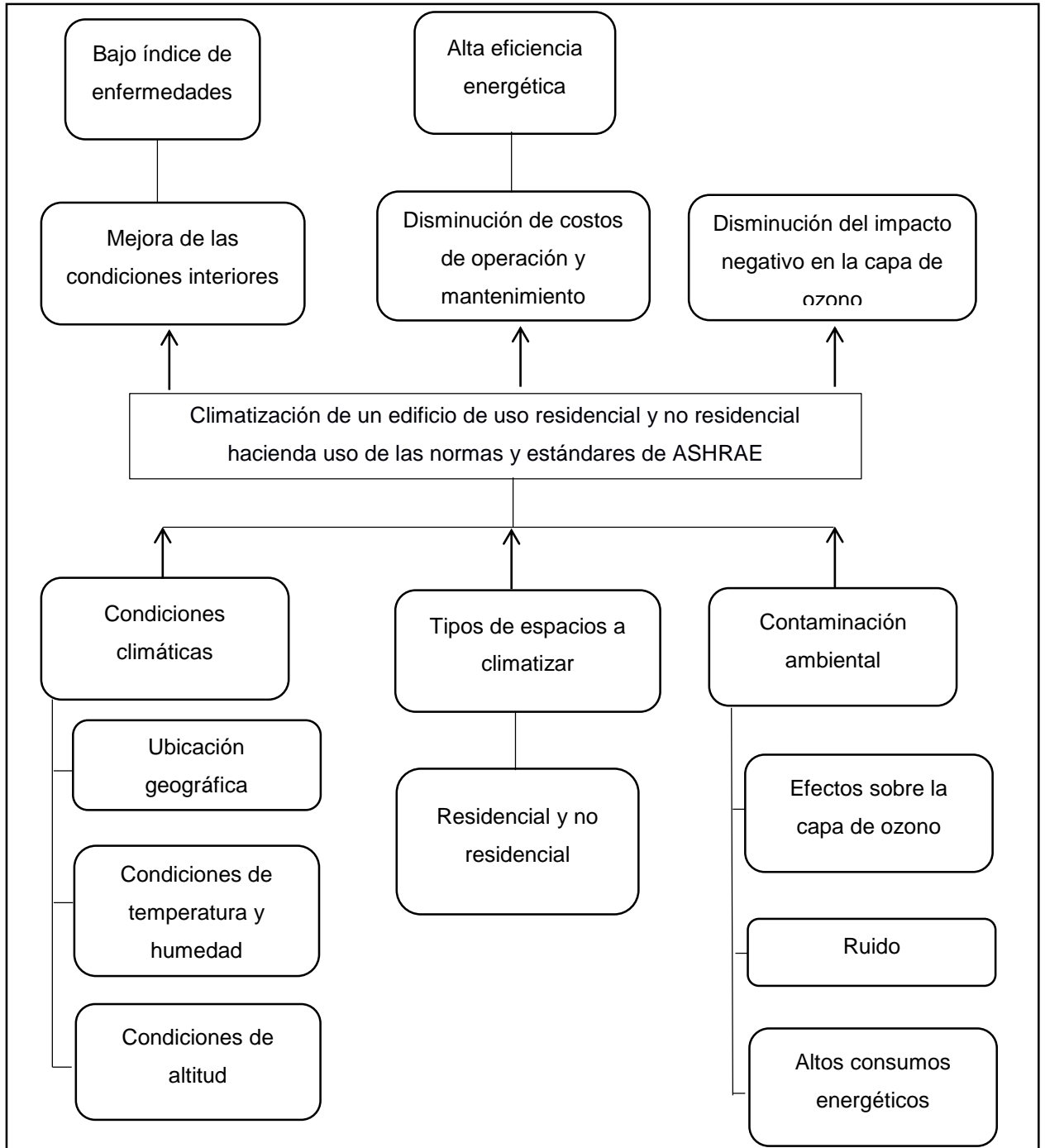


Figura 1. Diagrama de árbol del problema

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de climatización para el acondicionamiento del aire dentro de los ambientes del edificio, considerando la eficiencia energética de los equipos de HVAC y la comodidad de los ocupantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Emplear en el diseño de climatización la norma ASHRAE estándar 55 para establecer las condiciones ambientales térmicas de ocupación humana.
- Emplear en el diseño de climatización la norma ASHRAE estándar 62.1 para establecer los requerimientos de ventilación y calidad de aire interior aceptable.
- Emplear en el diseño de climatización la norma ASHRAE estándar 90.1 para establecer el estándar de energía del edificio.
- Realizar cálculos de carga para las áreas a climatizar, usando el manual de fundamentos de ASHRAE 2009.
- Selección el sistema de climatización.
- Diseño de los componentes del sistema de climatización.
- Realizar los planos esquemáticos del sistema de climatización usando el software AutoCAD (versión estudiantil).
- Análisis de costos de materiales, instalación, operación, control y mantenimiento.
- Realizar análisis energético del edificio, usando el software REVIT (versión estudiantil).

1.3 Marco teórico

El manual de fundamentos de ASHRAE 2009 usado en este proyecto define la climatización como: el tratamiento de aire de un espacio, con el fin de conseguir temperaturas y humedades adecuadas con independencia de las condiciones climáticas exteriores, simultáneamente controla la distribución y limpieza del aire para responder a las exigencias del lugar a climatizar.

1.3.1 Norma ASHRAE 55: Condiciones ambientales térmicas para ocupación humana

Esta norma define las condiciones térmicas para la ocupación humana así como factores personales que producirán condiciones ambientales térmicas interiores que sean aceptables para la mayoría de los ocupantes dentro del espacio, además proporciona condiciones para la comodidad que hoy en día se utilizan para edificios sostenibles.

La normativa establece factores ambientales tales como: temperatura, humedad relativa, radiación térmica y velocidad de aire bajo las cuales los seres humanos se encuentran en confort. Estas condiciones oscilan entre 22°C y 27°C de temperatura interior del espacio a climatizar y entre el 40% y 60% de humedad relativa interior del espacio a climatizar.

También establece factores personales de actividad y vestimenta que afectan al confort térmico.

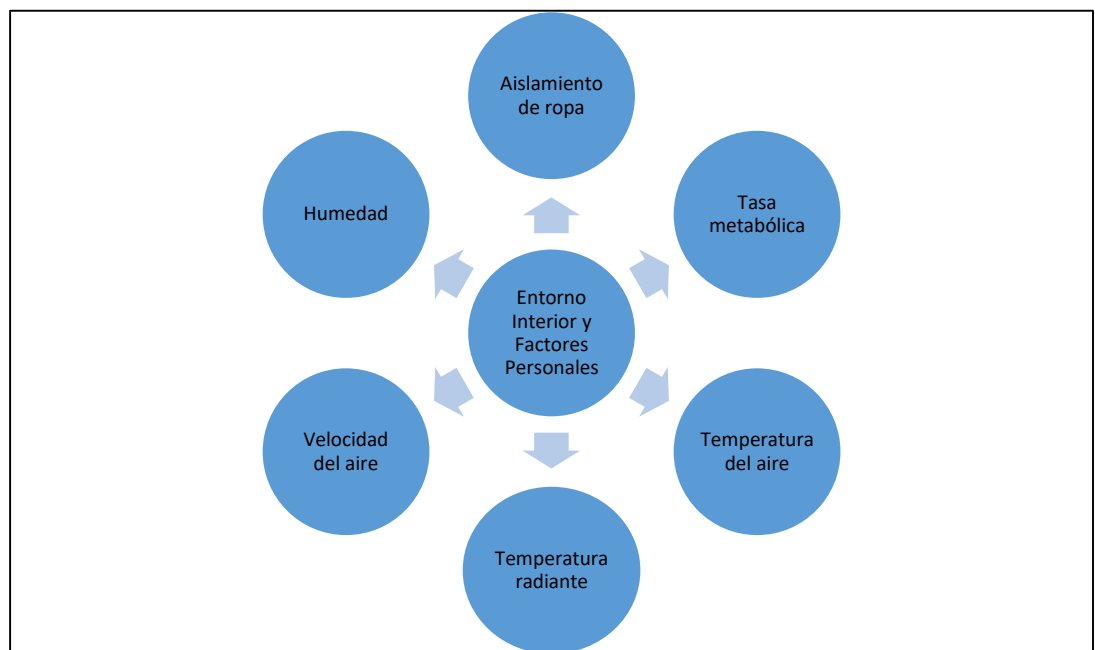


Figura 2. Factores del entorno interior de ASHRAE 55

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2 Norma ASHRAE 62.1: Ventilación para calidad de aire interior aceptable

Esta norma se aplica a todos los espacios destinados para la ocupación humana, la norma define las tasas mínimas para la ventilación y la limpieza del aire de diseño, aplicadas a las distintas ocupaciones. Dichos valores son resumidos en la Tabla 6.1: tasas de ventilación mínima (ver Apéndice B).

Esta norma está destinada a la aplicación reglamentaria de edificios nuevos y edificios existentes con el fin de disminuir los efectos adversos para la salud.

Los requisitos de ventilación de este estándar se basan en contaminantes químicos, físicos y biológicos que pueden afectar la calidad del aire. Además de contener requisitos de ventilación relacionado con ciertas fuentes, incluido el aire exterior, procesos de construcción, humedad y crecimiento biológico.

1.3.3 Norma ASHRAE 90.1: Estándar de energía para edificios excepto edificios residenciales de poca altura

Esta norma establece los requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño y construcción de nuevos edificios y sus sistemas, así como los criterios para determinar el cumplimiento de los mismos.

Es una referencia indispensable en el diseño de edificios y sistemas de construcción, además establece los requisitos mínimos de eficiencia energética de edificios, para utilización de recursos energéticos renovables en el sitio.

1.3.4 Norma ASHRAE 154: Ventilación para operaciones comerciales de cocina

El objetivo de esta norma es proporcionar criterios de diseño para el funcionamiento de sistemas de ventilación para cocinas comerciales.

Esta norma establece el tipo de campana de cocina que se debe utilizar de acuerdo a la aplicación requerida así como los tipos de sistemas de escape de aire de extracción y los sistemas de reemplazo de aire de ser necesarios.

1.3.5 Norma ASHRAE 189.1: Estándar para el diseño de edificios verdes de alto rendimiento, excepto edificios residenciales de poca altura

Esta norma es proporciona los requisitos mínimos para la ubicación, el diseño, la construcción y el plan para la operación de edificios verdes de alto rendimiento.

Con el fin de equilibrar la responsabilidad ambiental, la eficiencia de los recursos, la comodidad y el bienestar de los ocupantes.

En la figura B3 (ver Apéndice B) se presentan los parámetros de diseño de la envolvente del edificio dicho requisitos son basados en la clasificación de la Zona climática correspondiente.

1.3.6 Clasificación de sistemas de climatización

1.3.6.1 Clasificación según el tipo de fluido mediante el cual se enfría o calienta el refrigerante en cada uno de los focos

Se clasifican en:

1. *Sistema aire-aire*: son sistemas de acondicionamiento llamados de expansión directa y constan de compresor, evaporador, válvula de expansión, condensador y refrigerante. Sus principales sistemas son:

- Unidad tipo paquete: es una unidad diseñada para la distribución de aire dentro del sistema.
 - Unidad tipo Split: es una unidad dividida (split) donde el condensador puede estar lejos de la carga y el evaporador puede distribuir el aire en el sitio.
 - Sistema VRV o VRF: la principal diferencia es que son sistemas de volumen de refrigerante variable y permiten ajustar la cantidad de refrigerante a expandir según el perfil de carga.
2. Sistema agua-agua: Es un sistema de acondicionamiento de aire también llamado de agua helada donde el condensador de enfriamiento de líquido (agua) es enfriado usando una torre de enfriamiento o enfriadores evaporativos.
 3. Sistemas agua-aire: Es un sistema de acondicionamiento en el cual el aire transmite la carga del espacio a acondicionar al refrigerante en este caso agua, el cual realiza un intercambio de calor al refrigerante dentro del evaporador, para posteriormente ser enfriado por aire en el condensador. Un sistema típico es el chiller enfriado por aire.
 4. Sistema aire-agua: Son sistemas de acondicionamiento de aire llamados de expansión directa con la diferencia que el condensador es enfriado por agua, estos sistemas constan de compresor, evaporador, válvula de expansión, refrigerante y el sistema de enfriamiento del condensador en este caso agua. Un ejemplo de esto es la unidad paquete enfriada por agua.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para el desarrollo del proyecto es la que se muestra en el cuadro esquemático adjunto de Figura 3:

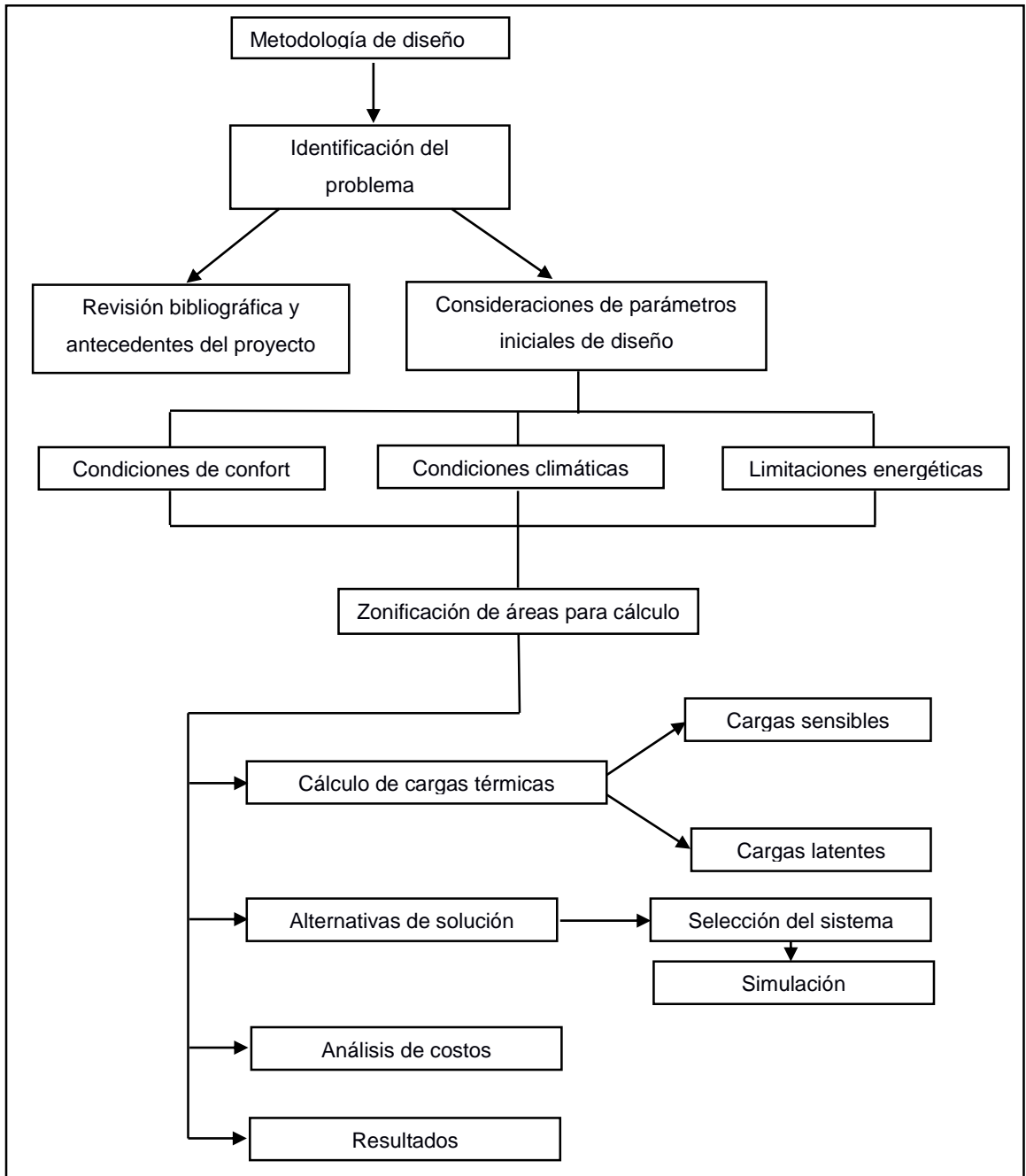


Figura 3. Metodología para diseño de climatización

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Antecedentes del proyecto

2.1.1 Características meteorológicas

Esta información es directamente obtenida del Centro de Datos meteorológicos de la organización meteorológica mundial (WMO). (ASHRAE, ASHRAE STANDAR 169, 2013). (Para más detalles ver apéndice A).

Tabla 1. Información geográfica de Estambul

ESTAMBUL, TURQUIA					
Lat:	Long:	Elev:	StdP:	Time Zone:	WMO#:
40.97N	28.82E	37	100.88	2.00 (EUE)	170600

Fuente: ASHRAE Climate Consultant 6.0, 2013

En la Figura 4 se presenta el historial meteorológico de la zona en la que está ubicado Estambul. Haciendo uso del software de uso libre Climate Consultant 6.0 se obtiene la información anual para iniciar los cálculos. De acuerdo a la tabla A1 (Apéndice A) el sistema de calefacción será utilizado durante 2 meses en el año y aire acondicionado durante 8 meses y los otros 2 meses restantes se emplearan los dos sistemas de acuerdo a las necesidades.

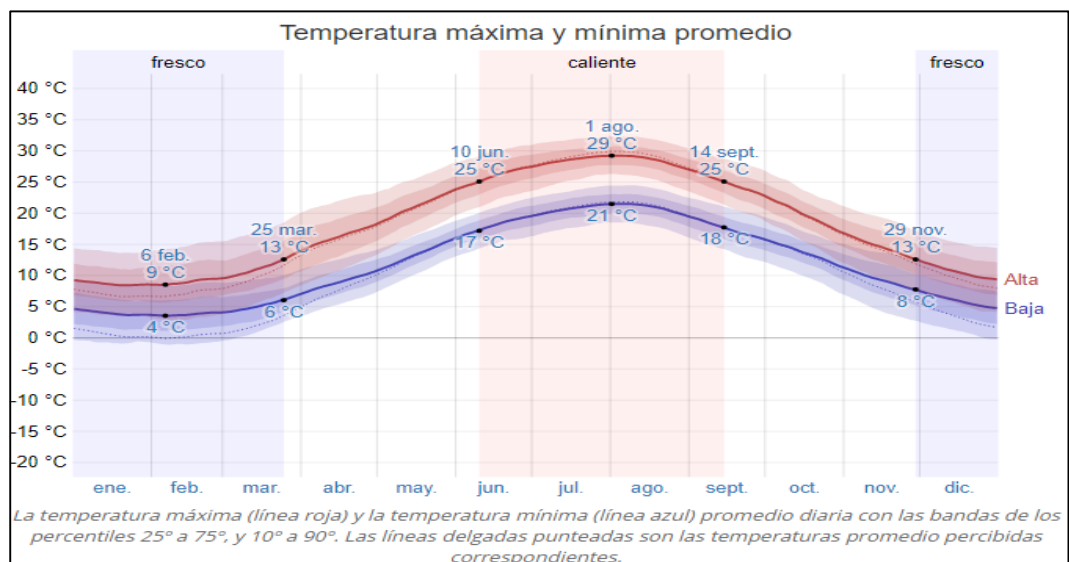


Figura 4. Información meteorológica de Estambul

Fuente: ASHRAE Climate Consultant 6.0, 2013

2.1.2 Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño se muestran en la Tabla 2 tanto para aire acondicionado como para calefacción:

Tabla 2. Información de diseño

Condiciones de diseño edificio multiuso Estambul			
Ítem	Calefacción	Aire acondicionado	Nota
Latitud	-	-	40.97 N
Elevación	-	-	37 m
Temperatura interior No residencial	21 °C	23 °C	
Humedad relativa interior	N/A	50%	
Temperatura interior residencial	23 °C	26 °C	
Humedad relativa interior	N/A	55%	
Temperatura exterior	-1 °C	30 °C	Calefacción: 99% (-1 °C redondeado) Enfriamiento: 1% de valor (30 °C redondeado)
Rango diario	N/A	8.2 K	
Bulbo húmedo exterior	N/A	21.3 °C	* MCWB: 1% bulbo húmedo coincidente
Velocidad del viento	6.7 m/s	3.4 m/s	
Δt de diseño no residencial	22 K	7 K	
Δt de diseño residencial	24 K	3 K	
Diferencia de humedad residencial		0.0046 kg/kg	Carta psicométrica
Diferencia de humedad no residencial		0.0029 kg/kg	Carta psicométrica

Condiciones de ocupación			
Oficina y espacios de apoyo administrativo	Restaurantes	Ventas	Hospedaje
7 a.m. - 6 p.m. Lunes a Viernes 8 a.m. - 1 p.m. Sábados	7 a.m. - 10 p.m. Lunes a Viernes	9 a.m. - 10 p.m. Lunes a Sábados 11 a.m. - 7 p.m. Domingos	24 horas / día 7 días / semana

Fuente: ASHRAE competición 2018.

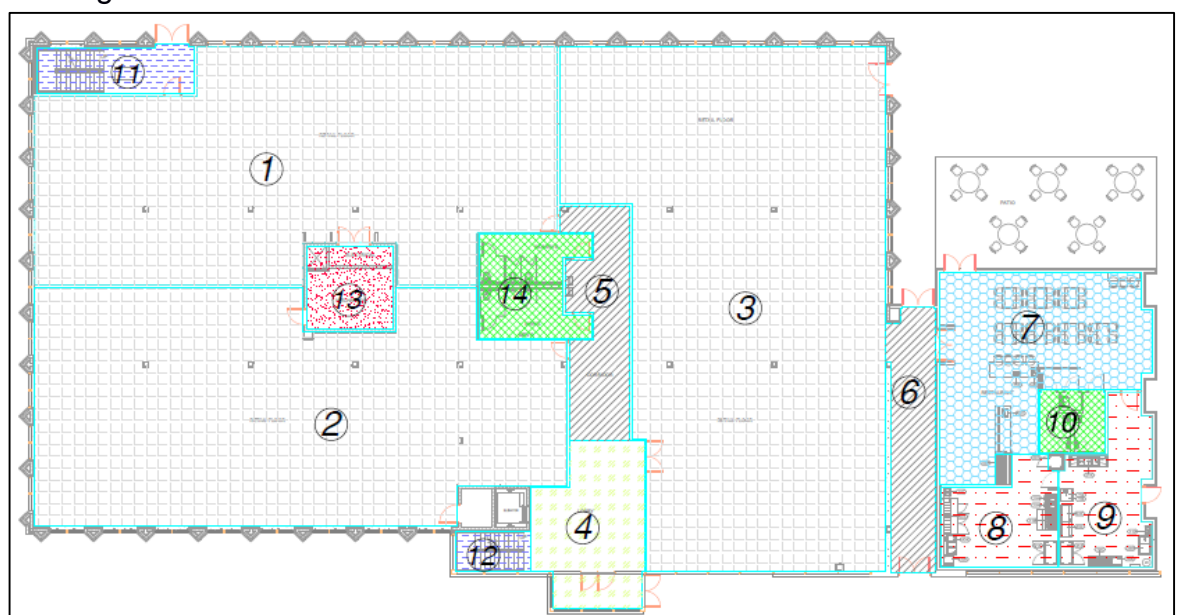
Los espacios de soporte de Tecnología de la información (TI) se mantendrán a 73.4°F (23°C) DB / 50% RH las 24 horas del día, los 365 días del año.

2.1.3 Zonificación de las plantas del edificio.

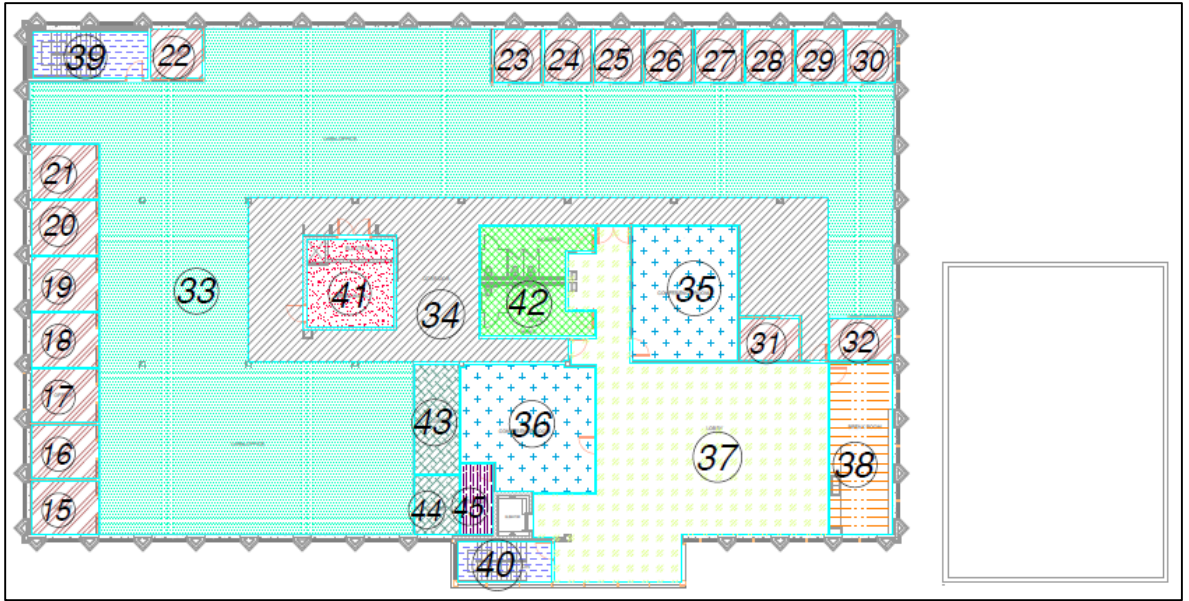
A partir de los planos proporcionados por ASHRAE, se procedió a realizar la zonificación del edificio ya que esta cuenta con áreas de diferente ocupación que requieren diferentes niveles de extracción o adición de calor en diferentes momentos del día, debido a la carga solar lo que aumentará significativamente los niveles de comodidad. Para ello se establecieron los siguientes criterios:

- Horarios y tipo de ocupación. Esto permite la regulación de la carga térmica y consumo energético de acuerdo a los horarios de uso de cada zona y el tipo de ocupación destinada a dicha zona.
- Orientación. Permite definir espacios con mayor carga térmica debido a la exposición de paredes externas.
- Altura sobre el suelo. Permite establecer las zonas con mayor volumen a climatizar.
- Aislamiento. Se consideran independientes las áreas que deben ser especialmente aisladas para evitar o reducir la contaminación por olores, ruido, etc.

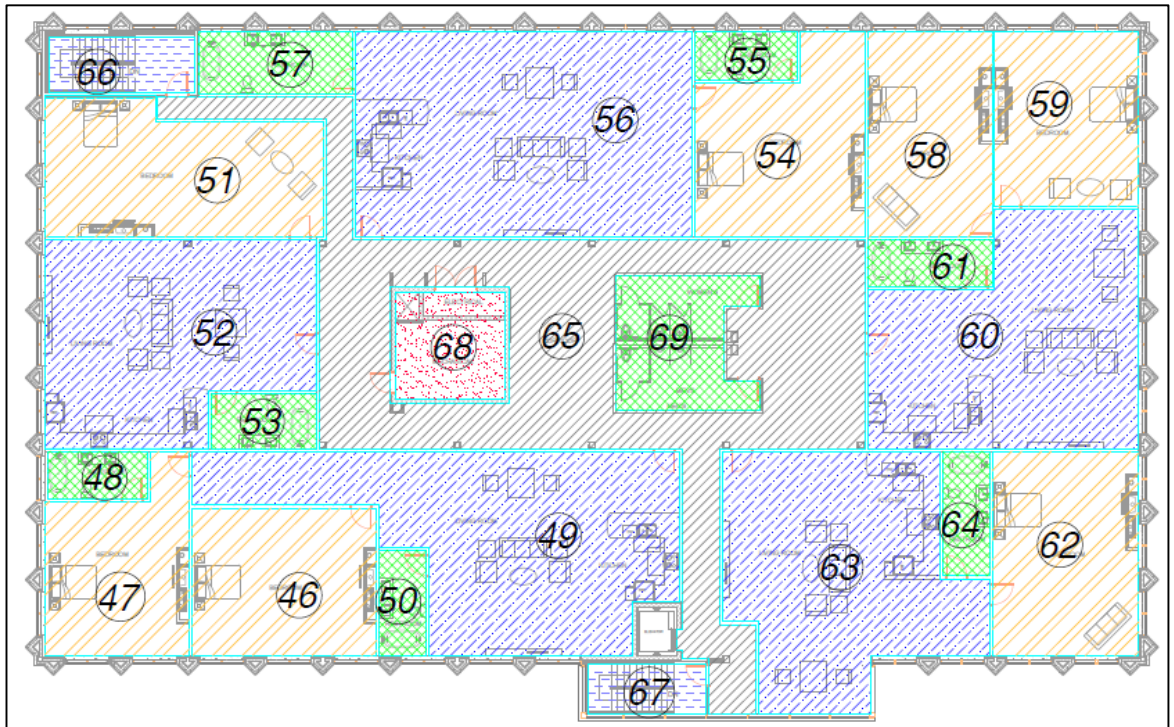
La zonificación de cada planta del edificio se muestra a continuación en la figura 5:



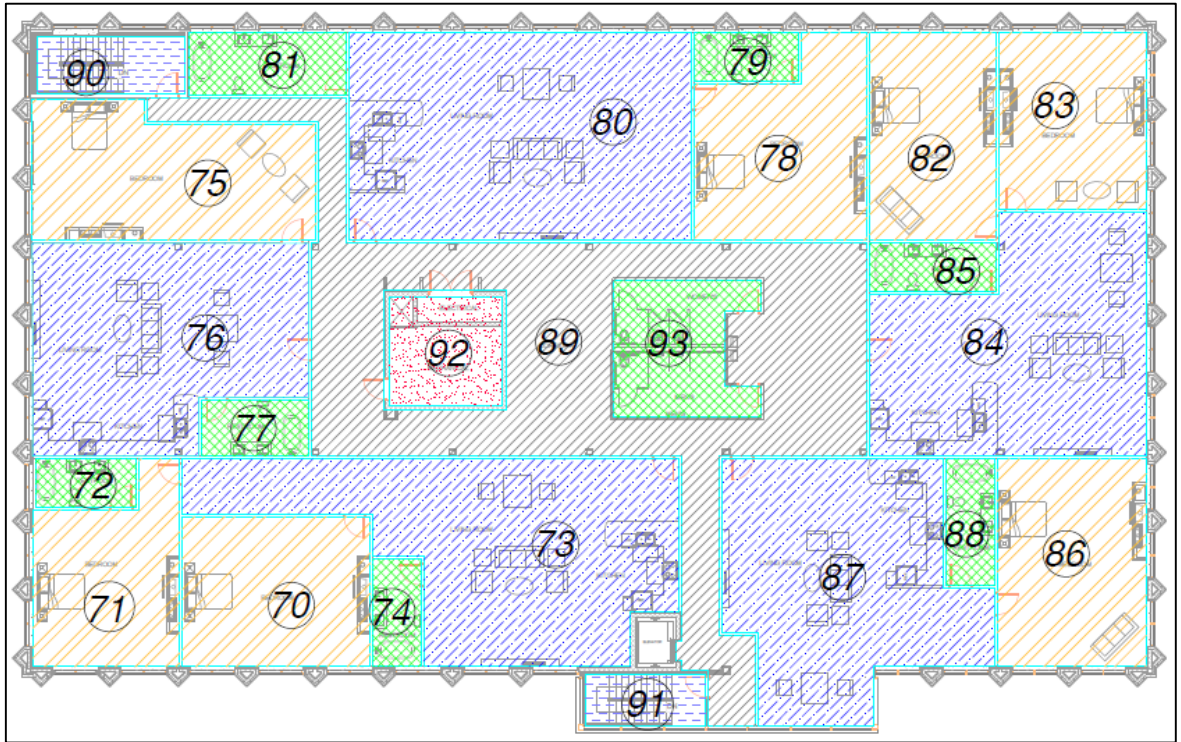
Planta Baja



Piso 1



Piso 2



Piso 3

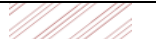

















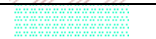





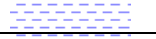







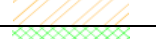

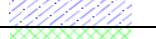

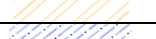


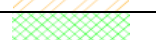



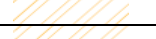

Figura 5. Zonificación por pisos

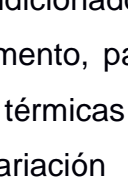
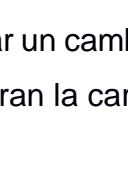

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestra la descripción y el número de espacios correspondientes a cada zona:

Tabla 3. Zonificación por pisos

Piso	Zona	Descripción	Área	# de espacio	Zonificación
			(mts ²)		
PLANTA BAJA	VENTAS	VENTAS 1	370.19	1	
		VENTAS 2	389.63	2	
		VENTAS 3	486.64	3	
	LOBBY	LOBBY	44.68	4	
	CORREDOR	CORREDOR 1	45.90	5	
		CORREDOR 2	41.06	6	
	RESTAURANTE	COMEDOR	110.97	7	
		COCINA	36.37	8	
		COCINA	42.30	9	
		BAÑOS	14.09	10	
	ESCALERAS	ESCALERA	24.60	11	
		ESCALERA	10.00	12	
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	13	
	BAÑO	BAÑO	130.93	14	

PISO 1	OFICINAS	OFICINA 1	11.46	15	
		OFICINA 2	11.46	16	
		OFICINA 3	11.46	17	
		OFICINA 4	11.46	18	
		OFICINA 5	11.51	19	
		OFICINA 6	11.51	20	
		OFICINA 7	11.46	21	
		OFICINA 8	8.28	22	
		OFICINA 9	8.28	23	
		OFICINA 10	8.28	24	
		OFICINA 11	8.28	25	
		OFICINA 12	8.28	26	
		OFICINA 13	8.28	27	
		OFICINA 14	8.28	28	
		OFICINA 15	8.28	29	
		OFICINA 16	8.03	30	
		OFICINA 17	8.59	31	
		OFICINA 18	8.03	32	
	OFICINAS ABIERTAS	OFICINAS	625.83	33	
		CORREDOR	160.23	34	
	SALA DE CONFERENCIA	SALA 1	45.25	35	
		SALA 2	51.15	36	
	LOBBY	LOBBY	176.43	37	
	SALA DE DESCANSO	SALA DE DESCANSO	34.51	38	
	ESCALERAS	ESCALERA	24.60	39	
		ESCALERA	10.00	40	
SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	41		
BAÑO	BAÑO	130.93	42		
CLOSET	CLOSET 1	23.64	43		
	CLOSET 2	8.28	44		
BODEGA	BODEGA	7.19	45		
PISO 2	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	55.71	46	
		DORMITORIO 2	49.53	47	
		BAÑO DORMITORIO 2	9.56	48	
		SALA	129.91	49	
		BAÑO SALA	10.13	50	
	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	70.76	51	
		SALA	103.47	52	
		BAÑO SALA	11.83	53	
	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	60.22	54	
		BAÑO DORMITORIO 1	9.85	55	
		SALA / COMEDOR / COCINA	140.85	56	
	DEPARTAMENTO 4	BAÑO SALA	19.46	57	
		DORMITORIO 1	52.09	58	
		DORMITORIO 2	51.18	59	

		SALA	112.20	60	
		BAÑO SALA	11.98	61	
	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO 1	61.11	62	
		SALA	109.53	63	
		BAÑO SALA	11.98	64	
	CORREDOR	CORREDOR	211.00	65	
	ESCALERAS	ESCALERA	24.60	66	
		ESCALERA	10.00	67	
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	68	
BAÑO	BAÑO	130.93	69		
PISO 3	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	55.71	70	
		DORMITORIO 2	49.53	71	
		BAÑO DORMITORIO 2	9.56	72	
		SALA	129.91	73	
		BAÑO SALA	10.13	74	
	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	70.76	75	
		SALA	103.47	76	
		BAÑO SALA	11.83	77	
	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	60.22	78	
		BAÑO DORMITORIO 1	9.85	79	
		SALA / COMEDOR / COCINA	140.85	80	
		BAÑO SALA	19.46	81	
	DEPARTAMENTO 4	DORMITORIO 1	52.09	82	
		DORMITORIO 2	51.18	83	
		SALA	112.20	84	
		BAÑO SALA	11.98	85	
	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO 1	61.11	86	
		SALA	109.53	87	
		BAÑO SALA	11.98	88	
	CORREDOR	CORREDOR	211.00	89	
	ESCALERAS	ESCALERA 1	24.60	90	
		ESCALERA 2	10.00	91	
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	92	
	BAÑO	BAÑO	130.93	93	

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Cálculo de cargas térmicas

La carga térmica del edificio corresponde a la carga de aire acondicionado y calefacción que requiere la instalación, en un determinado momento, para mantener las condiciones térmicas de confort interior. Las cargas térmicas se dividen en cargas sensibles aquellas que generan una variación de temperatura en el aire y cargas latentes aquellas que van a generar un cambio en la humedad absoluta del ambiente la suma de estas dos generan la carga

total que se debe climatizar. A continuación se procede a dividir las cargas sensibles y latentes para aire acondicionado y para calefacción según su procedencia exterior e interior, todas las ecuaciones son tomadas de ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

2.2.1 Cargas por transmisión a través de superficies opacas externas

La expresión para determinar el flujo de calor a través de los muros y de la cubierta del edificio es:

$$q_{opq} = A \times CF_{opq} \quad \text{[Ec. 1]}$$

Dónde:

q_{opq} : Carga de enfriamiento en superficie opaca [W].

A : Superficie [m^2], obtenida de tabla 3: zonificación por pisos.

CF_{opq} : Factor de enfriamiento superficial [W/m^2]

Para el cálculo del factor de enfriamiento superficial, se emplea la siguiente expresión:

$$CF_{opq} = U (OF_t \Delta t + OF_b + OF_r DR) \quad \text{[Ec. 2]}$$

Dónde:

U : Factor de construcción [$W/m^2 \cdot K$], calculado a partir de la resistencia de los materiales de construcción (ver Apéndice B).

Δt : Diferencia de temperatura de diseño [K], obtenido de la tabla 2: información de diseño.

OF_t, OF_b, OF_r : Factores de enfriamiento en superficies opacas, (ver Apéndice B).

DR : Rango de enfriamiento diario [K], obtenido de la Tabla 2: información de diseño.

2.2.2 Cargas exteriores por transmisión a través de superficies acristaladas externas

Para calcular el flujo de calor por transmisión a través de las superficies acristaladas, se emplea la siguiente expresión:

$$q_{fen} = A \times CF_{fen} \text{ [Ec. 3]}$$

Dónde:

q_{fen} : Carga de enfriamiento en superficie acristaladas [W].

A : Superficie acristalada [m^2], (ver Apéndice B).

CF_{fen} : Factor de enfriamiento superficial incluido el marco [W/m^2].

Para el cálculo del factor de enfriamiento superficial, se emplea la siguiente expresión:

$$CF_{fen} = U (\Delta t - 0.46DR) + PXI \times SHGC \times IAC \times FF_s \text{ [Ec. 4]}$$

Dónde:

U : Factor de construcción [$W/m^2 \cdot K$], calculado a partir de la resistencia de los materiales de construcción (ver Apéndice B).

Δt : Diferencia de temperatura de diseño [K], obtenido de la tabla 2: información de diseño.

PXI : Irradiación pico exterior [W/m^2], (ver Apéndice B).

$SHGC$: Ganancia solar estimada, (ver Apéndice B).

IAC : Coeficiente de atenuación del sombreado interior, (ver Apéndice B).

FF_s : Factor de carga solar, (ver Apéndice B).

2.2.3 Cargas externas por ventilación e infiltración

Estas ecuaciones también se aplican para calefacción. La ventilación mínima requerida para el área a climatizar se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q_v = 0.01A_{cf} + 0.05A_{cf} + 7.5 [3.5(N_{br} + 1)] \text{ [Ec. 5]}$$

Dónde:

Q_v : Caudal de ventilación requerido, L/s

A_{cf} : Construcción de área de piso acondicionado, m^2

N_{br} : Número de habitaciones (no menos de 1)

La tasa de infiltración es calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_i = A_L IDF \text{ [Ec. 6]}$$

Dónde:

A_L : La construcción de la zona de fuga efectiva (ver Apéndice B)

IDF : Fuerza impulsora de infiltración, $L/(s \cdot cm^2)$ (ver Apéndice B)

Para el cálculo de renovación de aire que se necesita para ventilación se utiliza la siguiente ecuación:

$$ACH = \frac{3.6Q_i}{V} \text{ [Ec. 7]}$$

Dónde:

Q_i : Tasa de flujo de aire de infiltración, L/s

ACH : Tasa de cambio de aire, *cambios/h*

V : Volumen de construcción, m^3

Los componentes del flujo de aire se pueden combinar con la fuga de infiltración de la siguiente manera:

$$Q_{vi} = \max(Q_{unbal}, Q_i + 0.5Q_{unbal}) \text{ [Ec. 8]}$$

Dónde:

Q_{vi} : Caudal combinado de infiltración / ventilación (sin incluir componente equilibrado) L/s .

Q_i : Tasa de fuga de infiltración suponiendo que no hay presurización mecánica L/s .

La carga sensible y latente para ventilación y la infiltración se calculan de la siguiente manera asumiendo $Q_{bal,hr} = 0$ y $Q_{bal,oth} = 0$.

$$q_{vi,s} = C_s [Q_{vi} + (1 - \varepsilon_s)Q_{bal,hr} + Q_{bal,oth}] \Delta t \text{ [Ec. 9]}$$

$$q_{vi,l} = C_l (Q_{vi} + Q_{bal,oth}) \Delta W \text{ [Ec. 10]}$$

$$q_{vi,t} = C_t [Q_{vi} + (1 - \varepsilon_t)Q_{bal,hr} + Q_{bal,oth}] \Delta h \text{ [Ec. 11]}$$

$$q_{vi,l} = q_{vi,t} - q_{vi,s} \text{ [Ec. 12]}$$

Dónde:

$q_{vi,s}$: Carga de ventilación / infiltración sensible, W

ε_s : Eficacia sensible HRV / ERV

$Q_{bal,hr}$: Caudal de ventilación equilibrado mediante equipos de HRV / ERV, L/s

$Q_{bal,oth}$: Otro caudal de aire de suministro de ventilación equilibrado, L/s

Δt : Diferencia de temperatura interior / exterior, K

ΔW : Diferencia de la relación de humedad interior / exterior

$q_{vi,t}$: Carga total de ventilación / infiltración, W

ε_t : Eficacia total de HRV / ERV

Δh : Diferencia de entalpía interior / exterior, kJ/kg

$q_{vnt,l}$: Ventilación latente / carga de infiltración, W

2.2.4 Cargas internas generadas por ocupantes, iluminación y equipos

Para la parte residencial cuando se conoce el número de ocupantes se deben aplicar las siguientes ecuaciones:

$$q_{ig,s} = 136 + 2.2A_{cf} + 22N_{OC} \text{ [Ec. 13]}$$

$$q_{ig,l} = 20 + 0.22A_{cf} + 12N_{OC} \text{ [Ec. 14]}$$

Dónde:

$q_{ig,s}$: Tasa de transferencia de calor sensible [W]

$q_{ig,l}$: Tasa de transferencia de calor latente [W]

A_{cf} : Área de piso acondicionado del edificio [m²], obtenida de la Tabla 3 zonificación por pisos.

N_{OC} : Número de ocupantes (desconocido, estimado como $N_{br} + 1$) obtenida de la Tabla I1 (ver apéndice I).

Para la parte no residencial se aplica las figuras del apéndice B.

2.3 Cargas térmicas para calefacción

2.3.1 Cálculo de pérdidas de calor por transmisión a través de superficies opacas

Se calculan las pérdidas de las superficies exteriores sobre suelo. Todas las superficies superiores expuestas a condiciones exteriores (paredes,

puertas, techos, ventanas y pisos elevados) son tratadas de manera idéntica, de la siguiente manera:

$$q = A \times HF \text{ [Ec. 15]}$$

$$HF = U\Delta t \text{ [Ec. 16]}$$

Dónde:

q : Pérdida de calor a través del suelo [W]

U : Factor de construcción [$W/m^2 \cdot K$], calculado a partir de la resistencia de los materiales de construcción (ver Apéndice B).

p : Perímetro (borde expuesto) del piso [m]

En el caso de las superficies en el nivel del suelo, el enfoque simplificado que trata la pérdida de calor como proporcional al perímetro de la losa permite estimar la pérdida de calor de la losa para pisos de losas no calentadas y calentadas:

$$q = p \times HF \text{ [Ec. 17]}$$

$$HF = F_p \Delta t \text{ [Ec. 18]}$$

Dónde:

q : Pérdida de calor a través del perímetro [W]

F_p : Coeficiente de pérdida de calor del perímetro [$W/m \cdot k$]

Δt : Diferencia de temperatura interior / exterior, K

Cuando se trata de superficies adyacentes, la pérdida de calor con espacios no acondicionados o semi acondicionados se puede calcular utilizando un factor de calentamiento basado en la diferencia de temperatura de partición:

$$HF = U_{avg}(t_{in} - t_b) \text{ [Ec. 19]}$$

t_b : Temperatura promedio del espacio adyacente, °C

t_{in} : Temperatura promedio del espacio, °C

2.3.2 Cargas exteriores por transmisión a través de superficies acristaladas externas

Para calcular el flujo de calor por transmisión a través de las superficies acristaladas, se emplea la siguiente expresión:

$$q_{fen} = HF \times A \text{ [Ec. 20]}$$

$$HF = U\Delta t \text{ [Ec. 21]}$$

Dónde:

q_{fen} : Carga de calefacción a través de superficie acristaladas [W].

U : Factor de construcción [$W/m^2 \cdot K$], calculado a partir de la resistencia de los materiales de construcción (ver Apéndice B).

Δt : Diferencia de temperatura interior / exterior, K

2.4 Selección del sistema de climatización

Para proporcionar un ambiente confortable a los ocupantes, se debe controlar en simultáneo los parámetros de humedad, temperatura, velocidad, limpieza y distribución del aire en todas las zonas acondicionadas.

Para lo cual se ha procedido a dividir el edificio, planteando dos zonas por la diferencia de horarios de ocupación y tipo de uso. La primera zona llamada zona residencial y la segunda zona no-residencial (comercial) con lo que se analizará las diferentes alternativas aplicables para cada zona.

2.4.1 Descripción de los sistemas seleccionados.

En esta sección se analizan las diferentes alternativas propuestas tanto para la zona residencial como para la zona no residencial, en la cual se describe brevemente cada sistema con sus ventajas y desventajas.

2.4.1.1 Zona residencial

Alternativa 1: Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)

Los sistemas de refrigerante variable (VRF= variable refrigerant fluid) son conocidos en el mercado ya que regulan la cantidad de refrigerante en función de la demanda existente en cada una de las zonas a climatizar. El sistema

combinado con bomba de calor permite que se utilice tanto para aire acondicionado como calefacción, gracias a la válvula que invierte el ciclo de refrigeración.

Ventajas:

- Fácil diseño.
- Bajo niveles acústicos.
- Alta eficiencia energética y ahorro de energía.
- Cada espacio y usuario dispone de una unidad de control.
- Optimización del espacio de instalación de las unidades interior y exterior.
- Costos de operación bajo.
- Flexibilidad y confort.

Desventajas:

- Alto costo inicial.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptibles a fugas.
- Uso de sistemas de control complejos.

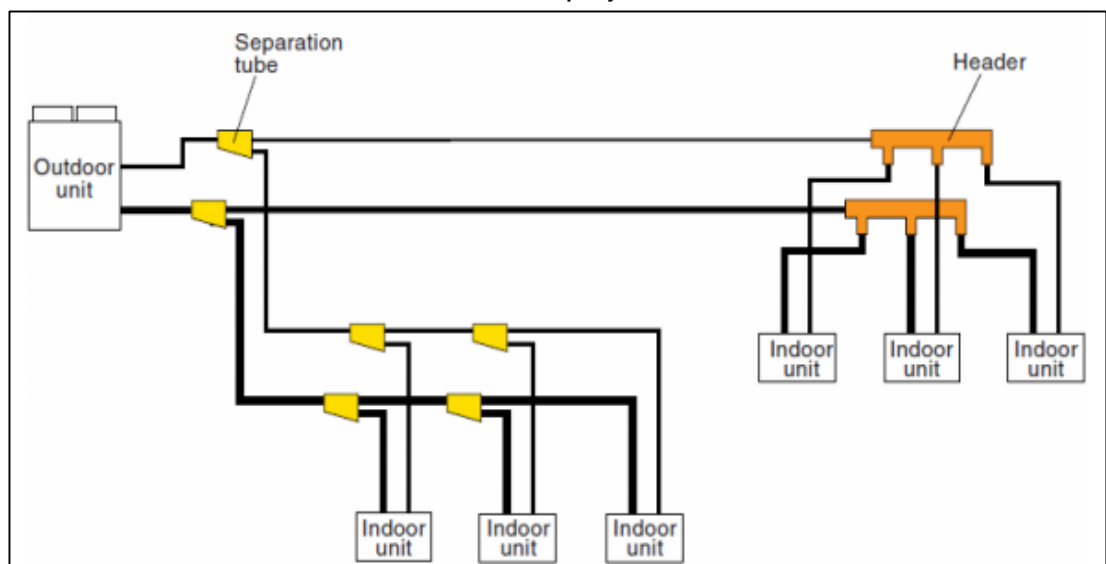


Figura 6. Esquema del sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)

Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 2: Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)

En esta alternativa se presenta un sistema de refrigerante variable con recuperación de calor que permite utilizar el calor extraído del edificio para precalentar o calentar el agua para sus diferentes usos residenciales.

Ventajas:

- Diseño flexible.
- Minimiza requerimientos de energía.
- Reducción del consumo de energía para el calentamiento de agua.
- Instalación simple.

Desventajas:

- Alto coste inicial.
- Requerimiento de controles más complejos.
- Requiere de sistemas de refrigeración con agua, lo que implica mayores costos y control sobre la calidad de agua.

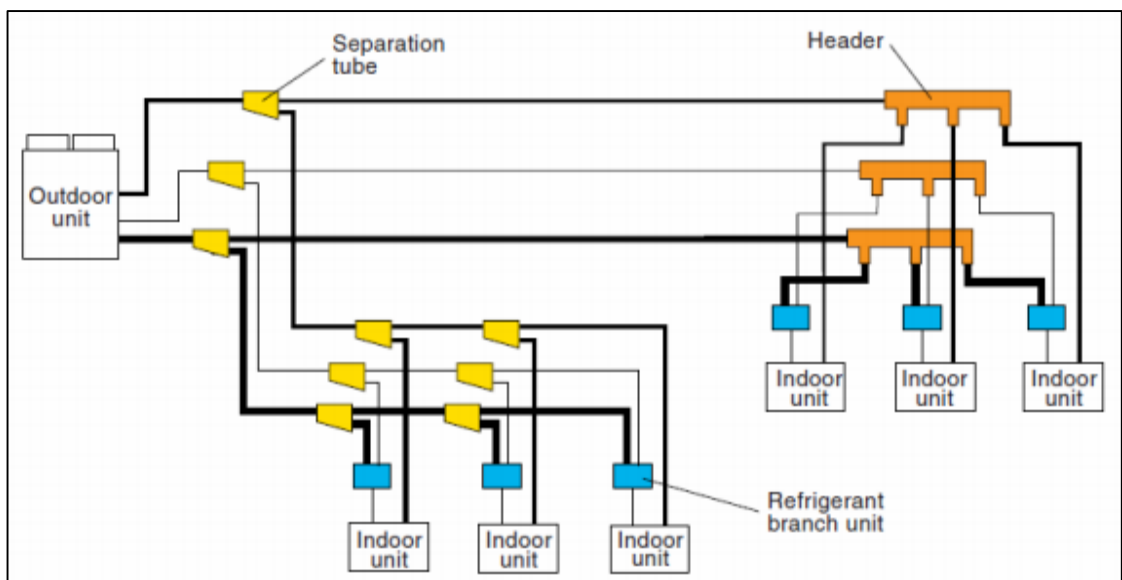


Figura 7. Esquema del sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta una tabla resumen comparando las dos alternativas seleccionadas en la que se presenta el costo de inversión de los equipos del sistema, este valor puede variar en función del número de condensadores y evaporadores a utilizar, en este caso se compara ambos sistemas con un solo condensador y 4 evaporadores, también se presenta la potencia consumida de cada sistema, todos estos datos servirán posteriormente para la evaluación de la matriz de decisión.

Tabla 4. Cuadro comparativo de las alternativas para la zona residencial

	Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)	Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)
Costo de inversión aproximado	\$ 108,900 USD	\$ 136,125 USD
Potencia consumida kW	5.00 kW	6.6 kW
EER		
kW/diario	111.29 kW/año	134.55 kW/año
\$USD operacional	\$ 24,038.64 USD/año	\$ 29,062.80 USD/año

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.2 Zona No-residencial

Alternativa 1: Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)

El objetivo del almacenamiento térmico (acumulador de hielo) en el sistema de agua helada es reducir la demanda de energía de refrigeración durante los período de máximo consumo energético con el fin de reducir las cargas eléctricas, el manejo del sistema de almacenamiento térmico es importante para garantizar que se almacene la suficiente energía de refrigeración durante el período en el que la demanda de consumo es menor para compensar el déficit en la capacidad del enfriador durante el período de consumo máximo. El sistema es aplicado cuando existe una diferencia en las tarifas de consumo eléctrico a diferentes horas del día.

Ventajas:

- Al ser controlado en forma electrónica, provee el agua a la temperatura adecuada con buena precisión, y al ser un circuito cerrado, permite que el agua no se contamine de agentes externos reduciendo su reposición en el sistema.
- El diseño del sistema de control y monitoreo permite alta fiabilidad.
- El almacenamiento de hielo representa un proceso de cambio de fase en el que el agua absorbe o libera calor para fundirse o congelarse. Por lo tanto, los sistemas de almacenamiento de hielo requieren solo alrededor del 20% del volumen de almacenamiento.
- El hielo se derrite a una temperatura constante, permitiendo la entrega de un suministro de agua refrigerada a una temperatura constante.
- Permite un tamaño menor del enfriador de líquido (chiller).

Desventajas:

- Sistema con alto coste inicial.
- Requiere de una operación especializada.

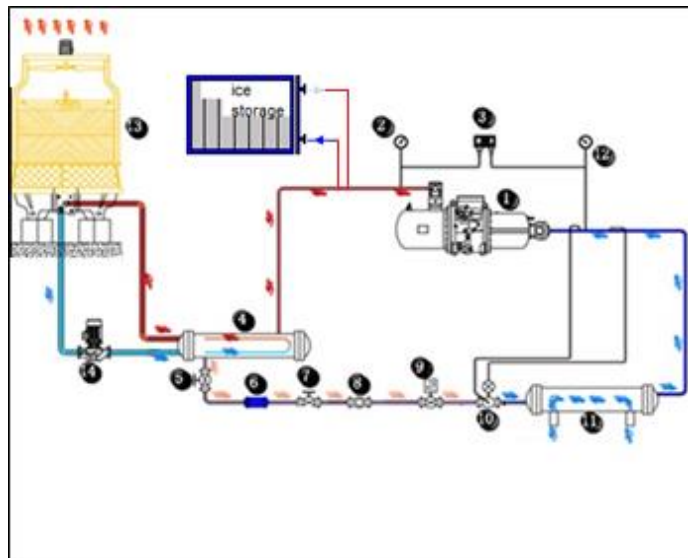


Figura 8. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)

Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 2: Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)

Esta alternativa permite recuperar calor del condensador del enfriador de líquido (chiller) para el uso de agua caliente sanitaria, complementando su operación con una torre de enfriamiento.

Ventajas:

- Alta capacidad de enfriamiento.
- Unidades interiores se ajustan a los requerimientos de espacio.
- Reducción del consumo de energía para el calentamiento de agua.

Desventajas:

- Alto coste inicial.
- Grandes espacios de instalación para la torre de enfriamiento.
- Requiere de sistemas de refrigeración con agua, lo que implica mayores costos de mantenimiento y control sobre la calidad de agua.

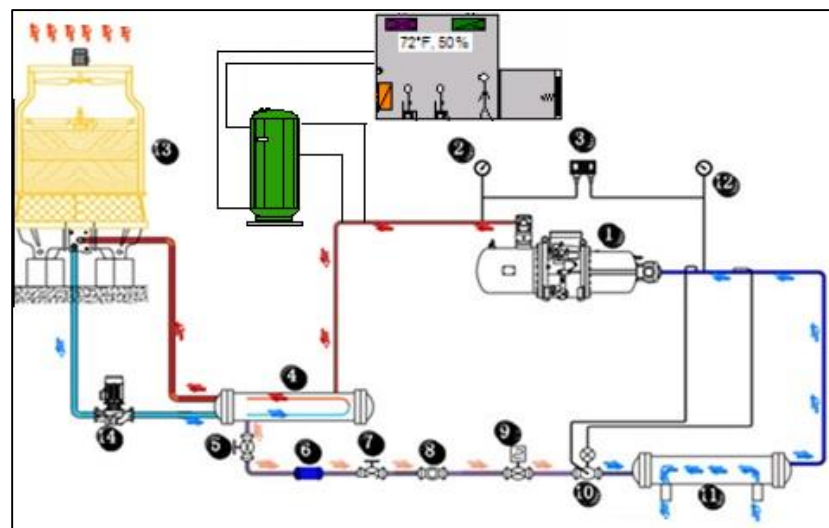


Figura 9. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta una tabla resumen comparando las dos alternativas seleccionadas en la que se presenta el costo de inversión de los equipos de ambos sistemas comparando para un sistema con 200 TR, la potencia de refrigeración de los chiller y la eficiencia por cada sistema que posteriormente servirá para la evaluación de la matriz de decisión.

Tabla 5. Cuadro comparativo de alternativas para la zona no-residencial

	Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)	Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)
Costo de inversión aproximado	\$ 140,000 USD	\$ 177,800 USD
Potencia KW	245.70 kW	491.4 kW
Eficiencia EER	13.8	13.8
USD operacionales pico	\$ 27,504 USD/año	\$ 88,452 USD/año
Consumo de gas	-	\$ 1,419.20 USD/año

Fuente: Catálogo York.

Elaboración propia

2.4.2 Criterios de selección del sistema de climatización

Para la selección del sistema, se consideran los siguientes criterios:

Tabla 6. Descripción de los criterios de selección

Criterios	Descripción
Capacidad de equipos	Los equipos de aire acondicionado son uno de los elementos con mayor consumo energético dentro de un edificio, por lo que se debe analizar en detalle la capacidad de los equipos para no sobredimensionar los mismos e influir en los costos operacionales.
Consumo de energía	El sistema de aire acondicionado debe ser seleccionado en base al menor consumo de energía, para que este pueda ser sustentable en el tiempo.
Costo operacional	Es el costo de mantener operativo el sistema a lo largo del tiempo, por lo que el sistema seleccionado debe ser sustentable antes de llevarse a cabo su implementación.
Disponibilidad de equipos	Este criterio nos indica la probabilidad de que el sistema seleccionado esté disponible para su uso durante el tiempo para el que fue diseñado.
Inversión	Se refiere al uso de capital destinado para la implementación de un sistema con el objetivo de incrementar dicho capital.
Mantenimiento	La limpieza de los equipos es indispensable para alargar su tiempo de vida útil y mantener un ambiente con las condiciones de calidad de aire establecidas.
Requisitos ambientales	La implementación del sistema se debe realizar con un mínimo impacto ambiental, para evitar contaminación al medio ambiente, así como un uso ineficiente de energía.

Requerimiento de espacio	Dependiendo del tipo y la ubicación del equipo, los sistemas se pueden aprovechar de la diversidad de tamaño del equipo.
Salud y seguridad	El sistema seleccionado debe estar destinado para la prevención de enfermedades y un control que proporcione que los equipos instalados no afecten el confort de los usuarios.

Fuente: Ronald H. Howell, 2013.

Para la selección del sistema se procede a asignar un valor para establecer una comparación de cada una de las alternativas de solución y así poder seleccionar la opción más adecuada. A continuación en la Tabla 7 se muestran los valores asignados. Los criterios más importantes son los de consumo de energía, costo operacional y salud y seguridad.

Tabla 7. Ponderación de los criterios de selección

Calificación	Ponderación
Bajo	1
Medio bajo	2
Intermedio	3
Medio alto	4
Alto	5

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 Matriz de decisión

A continuación se presenta la matriz de decisión para la selección de la mejor alternativa entre los sistemas de aire acondicionado y calefacción en los cuales se multiplica la ponderación de los criterios con el puntaje de los sistemas seleccionados, al final se suma el total de puntos para obtener el sistema:

Tabla 8. Matriz de decisión zona residencial

Criterios de selección	Ponderación de los criterios	Sistema volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)		Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)	
		Puntos	Total	Puntos	Total
Capacidad de equipos	2	3	6	2	4
Consumo de energía	5	5	25	4	20
Costo operacional	4	3	12	4	16
Disponibilidad de equipos	3	3	9	2	6
Inversión	5	3	15	5	25
Mantenimiento	4	3	12	3	12
Requisitos ambientales	5	5	25	3	15
Requerimientos de espacio	3	1	3	1	3
Salud y seguridad	5	5	25	5	25
Total:			132		126

Tabla 9. Matriz de decisión

Criterios de selección	Ponderación de los criterios	Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)		Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)	
		Puntos	Total	Puntos	Total
Capacidad de equipos	3	4	12	4	12
Consumo de energía	1	4	4	2	2
Costo operacional	3	5	15	2	6
Disponibilidad de equipos	2	5	10	3	6
Inversión	3	5	15	4	12
Mantenimiento	3	3	9	1	3
Requisitos ambientales	5	4	20	3	15
Requerimientos de espacio	5	4	20	1	5
Salud y seguridad	5	5	25	5	25
Total:			130		86

Fuente: Elaboración propia.

Una vez ponderados los diferentes criterios se obtuvo para la zona residencial la mejor opción es el sistema VRF con bomba de calor con 132 puntos, ya que cumple con los requisitos de costo operacional bajo, bajo consumo de energía y los requerimientos de espacio físico se ajustan a las necesidades del edificio en comparación a los otros sistemas.

Para la zona No-residencial se obtuvo como resultado que la mejor opción es el sistema de chiller enfriado por aire con almacenamiento térmico de hielo con 130 puntos ya que permite un ahorro energético significativo especialmente en horas pico cuando la electricidad es más costosa.

2.5 Selección del sistema de climatización para cuarto de racks

Se considera las configuraciones de pasillo caliente / pasillo frío las cuales van a ser atendidas por sistemas de distribución de aire por encima del piso. Al utilizar este sistema de techo, se deben usar tomas de corriente que 'descarguen' el aire directamente hacia abajo.

La supervisión de la temperatura para controlar a los manipuladores de aire se ubica en áreas frente a los equipos de cómputos.

Se plantea el uso de sistemas de expansión directa (DX) ya que dichos sistemas componen el tipo de equipo de enfriamiento más común para los más pequeños centros de datos.

Ventajas

- Son económicos
- Ampliamente disponibles para uso comercial.

Este tipo de equipos combinados con el almacenamiento térmico es particularmente útil en instalaciones con cargas de enfriamiento especialmente altas, como centros de datos, permitiendo un ahorro energético significativo debido a la diferencia de costos en el consumo eléctrico.

2.6 Selección del sistema de climatización para restaurantes

En base a la norma ASHRAE 154: Estándar para ventilación de operaciones comerciales en cocinas, el sistema de ventilación de la cocina será diseñado considerando los siguientes parámetros:

- Se considera una velocidad mínima para los ductos de la campana de extracción de: 2.54 m/s.
- La distancia horizontal mínima entre la descarga y la toma de aire deberá ser de 3m.

Se considera el siguiente tipo de campana:

Tipo de campana I: Está diseñada para capturar humo y/o vapor con grasa producido por el proceso de cocina incorporando un sistema de remoción de grasa y equipo contra incendio.

Tabla 10. Requerimientos mínimos de la campana

Requerimientos mínimos de salientes				
Tipo de campana		Salientes laterales	Saliente frontal	Saliente posterior
Campana de pared		154 mm	154 mm	N/A
Tasa de flujo mínima de neta de extracción L/s por metro lineal de longitud de campana				
Tipo de campana	Equipo de trabajo ligero	Equipo de trabajo mediano	Equipo de trabajo pesado	Equipo de trabajo extra pesado
Campana de pared	310	464	619	852

Fuente: ASHRAE 154, 2003.

Para mayor información referirse al apéndice C.

2.7 Selección del sistema de climatización para baños

De acuerdo al estándar 62.1: ventilación para calidad de aire interior aceptable, se considera que la tasa mínima de extracción para baños es de 35 L/s*unidad. Usando un sistema de extracción individual por medio de ductos, con un solo extractor sobre la cubierta.

2.8 Consideraciones y limitaciones presupuestarias

Para el presente trabajo los recursos para los sistemas HVAC se deben examinar los costos del ciclo de vida; incluida la inversión de capital, el costo operativo, los costos de mantenimiento y la productividad de los empleados, considerando los datos mostrados en la tabla 11:

Tabla 11. Costos del ciclo de vida del edificio

Costos del ciclo de vida

Presupuesto	2,153 USD/m ²
Vida del edificio	50 años
Retorno de la inversión	7%
Inflación	3%
Tiempo	10 años

Fuente: ASHRAE competición 2018.

Elaboración propia

Turquía se divide en 21 regiones separadas, la potencia promedio es de alrededor del 86%. Las tarifas comerciales para baja tensión con potencia de 50 hertz se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Tarifa de consumo eléctrico

Periodo de tarifa

06:00 – 17:00	12.50 USD/kWh
17:00 – 22:00	18.00 USD/kWh
22:00 – 06:00	9.75 USD/kWh
Consumo 25kWh	2.50 USD/kWh

Fuente: ASHRAE competición 2018.

Elaboración propia

Las condiciones para la producción de energía renovable, se establece un precio mínimo por kWh mediante regulación. Las tasas mínimas actuales son:

- Planta de energía eólica, 7.3 USD/kWh.

La Ley del Mercado Eléctrico No. 6446 (EML) establece que las siguientes instalaciones de energía renovable están exentas de la necesidad de obtener una licencia de generación de la EMRA o de incorporar una compañía:

- Plantas de generación de energía renovable que tengan una capacidad instalada máxima de 1 MW.

- Plantas de generación de energía renovable donde el 100% de la energía generada se consume en el mismo sitio, sin alimentar ninguna capacidad en el sistema de transmisión o distribución.

Los servicios públicos aumentan a las siguientes tasas de intensificación:

- El costo eléctrico aumentará a una tasa anual del 3.5%
- El costo del gas propano aumentará a una tasa anual del 3%
- El agua y el alcantarillado aumentarán a una tasa anual del 2.5%

Para completar el estudio del ciclo de vida, el propietario del edificio espera que se incluyan los siguientes elementos en cualquier análisis:

- La tasa de inflación general para los artículos de costos futuros (artículos de reemplazo, mantenimiento y costos futuros previstos) será del 3%.
- La tasa de rendimiento del propietario para decisiones monetarias (esto se usará para devolver los costos futuros a los dólares netos actuales) será 4%.
- Para el Análisis del ciclo de vida se realiza un estudio de 50 años y usando la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VAN) se devuelven todos los costos a una suma de valor presente total para cada alternativa, de modo que el propietario comprenda en dólares actuales qué alternativas representan el mejor valor del ciclo de vida.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Condiciones climáticas

Se requirió un análisis de los datos meteorológicos para proporcionar una evaluación de los posibles sistemas de HVAC, la información meteorológica proporciona datos para el estudio del uso de energías renovables. En el apéndice A, se muestra el número mensual de los días de sol, días parcialmente nublados, días nublados y precipitaciones mensuales. Se muestra que mensualmente Estambul pasa la mayor parte del tiempo totalmente nublado, por lo que la alternativa del uso de paneles solares no es aplicable como posible solución para la recolección de energía.

Además, se analizaron los datos de la velocidad del viento para decidir si la generación de energía eólica es factible para ahorrar energía. Obteniendo que Estambul cuenta con la mayor parte del tiempo con una velocidad promedio de viento de 5.3 m/s, por lo que es factible la recolección de energía por medio de turbinas eólicas. Ya que actualmente, las turbinas eólicas comerciales generan electricidad a partir de una velocidad de viento de 3 m/s.

Usando el uso de del software libre de ENAIR se obtiene que una turbina eólica puede generar 27,725 kWh/año y 2,310 kWh/mes por lo que la energía eólica puede ayudar a disminuir el consumo de energía eléctrica del sistema

3.2 Envoltente del edificio

Los valores U máximos de la envoltente para las distintas zonas climáticas se definen en el Apéndice E de la Norma ASHRAE 189.1. Para este proyecto los valores del coeficiente de transferencia de calor de la envoltente del edificio cumplen con los requisitos de esta norma.

Tabla 13. Valores de envolvente para la construcción

Componente	Descripción	Valor máx. U	Valor máx. U	Valor U
		($W/m^2 \cdot K$), No residencial	($W/m^2 \cdot K$), Residencial	($W/m^2 \cdot K$) de diseño
Paredes	Construcción de muro en mampostería	0.59	0.51	0.5
Techo	Estilo teja roja	0.22	0.22	0.2
Ventanas	Ventanas fijas de doble acristalamiento, espacio de aire de ½ ", revestimiento de baja emisividad en la tercera superficie, tinte de bronce.	3.12	3.12	2.30
Puertas exteriores	Abatibles	3.41	3.41	3.31
Puertas interiores	Abatibles	3.41	3.41	2.61
Piso planta baja	Planta baja para ser vertida en concreto puro como losa en pendiente. Los pisos superiores serán de hormigón con una construcción tipo cacerola.	F-1.26	F-1.26	1.17

Fuente: ASHRAE Standard 189.1

Elaboración propia.

3.3 Cargas térmicas del edificio

El cálculo de la carga térmica nos permite obtener la potencia máxima del sistema de climatización necesaria para asegurar unas condiciones de confort permanentes en el interior del edificio.

Para determinar la influencia del método de cálculo de carga térmica en la capacidad final del equipo de acondicionamiento de aire se emplearon las ecuaciones previamente indicadas para cada componente de carga y se hizo uso de los factores U tabulados por la ASHRAE, ver Apéndice I.

3.4 Análisis de alternativas

En el Capítulo 2, se establece las alternativas para las dos zonas del edificio multifunción (residencial y no residencial). Los sistemas VRF analizados con bomba de calor y recuperación de calor, asumiendo un sistema de 4 evaporadores y 1 condensador muestran que la potencia nominal del sistema

de recuperación de calor es de 7.6 kw y el sistema de bomba de calor es de 5.72 kw para un solo sistema dado, como se requiere de 10 sistemas de estos ya que son 10 departamentos el consumo del sistema con recuperación de calor sería un 25% más grande en comparación con el sistema de bomba de calor, además tiene un elevado costo inicial.

El esquema propuesto como solución para la zona residencial es el siguiente:

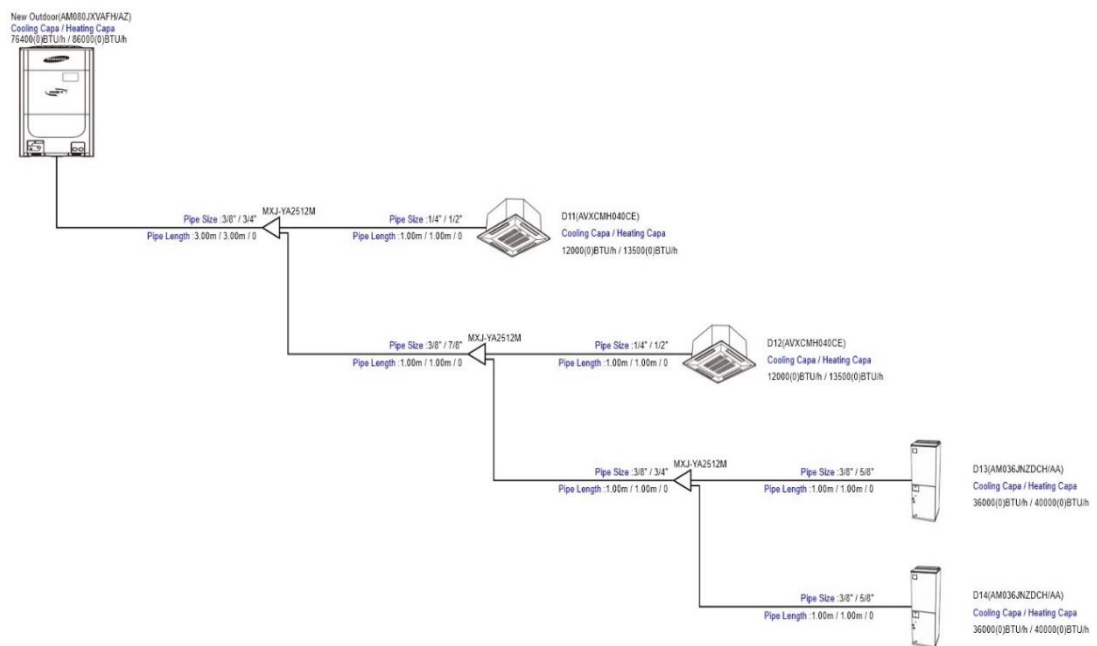


Figura 10. Sistema VRF con bomba de calor.

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

En donde cada departamento consta con un grupo de evaporadores, el resumen de total de evaporadores con su capacidad seleccionada de fabricación estándar se encuentra mostrados en la tabla 14, y los condensadores en la tabla 16.

Tabla 14. Equipos para zona residencial

PISO 2					TIPO	CANTIDAD
ITEM	ZONA		NOM	CAPACIDAD EN KW		
1	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
2		DORMITORIO 2	CASS	10.5	CASSETTE	1
3		SALA	CD	10.5	CENTRAL DUCTO	2
4	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
5		SALA	CD	17.6	CENTRAL DUCTO	1
6	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
7		SALA / COMEDOR / COCINA	CD	10.5	CENTRAL DUCTO	2
8	DEPARTAMENTO 4	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
9		DORMITORIO 2	CASS	10.5	CASSETTE	1
10		SALA	CD	17.5	CENTRAL DUCTO	1
11	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO	CASS	10.5	CASSETTE	1
12		SALA	CD	17.5	CENTRAL DUCTO	1
PISO 3					TIPO	CANTIDAD
ITEM	ZONA		NOM	CAPACIDAD EN KW		
1	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
2		DORMITORIO 2	CASS	10.5	CASSETTE	1
3		SALA	CD	10.5	CENTRAL DUCTO	2
4	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
5		SALA	CD	17.5	CENTRAL DUCTO	1
6	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
7		SALA / COMEDOR / COCINA	CD	10.5	CENTRAL DUCTO	2
8	DEPARTAMENTO 4	DORMITORIO 1	CASS	10.5	CASSETTE	1
9		DORMITORIO 2	CASS	10.5	CASSETTE	1
10		SALA	CD	17.5	CENTRAL DUCTO	1
11	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO	CASS	10.5	CASSETTE	1
12		SALA	CD	17.5	CENTRAL DUCTO	1

Fuente: Elaboración propia.

Para la zona no residencial, se establece como solución el sistema de un enfriador de líquido enfriado por agua, adicionando un acumulador de hielo que ayudará a disminuir la capacidad de enfriamiento del chiller y reducir el consumo eléctrico durante las horas pico, además el sistema presenta menor costo de inversión.

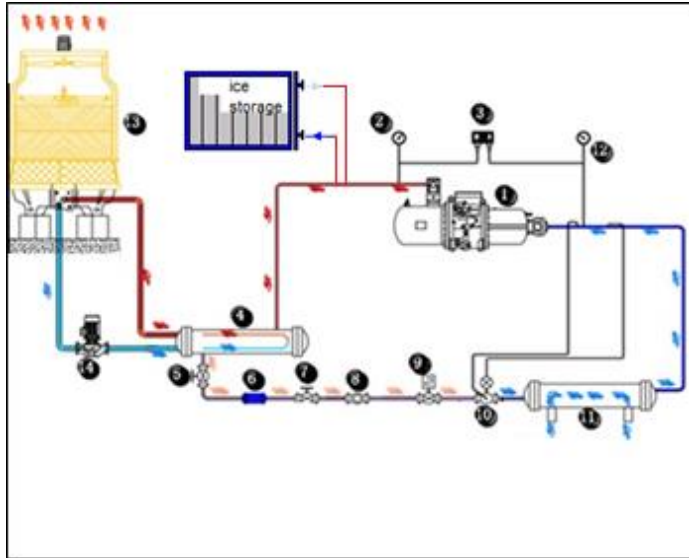


Figura 11. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta para cada área la cantidad de equipos con sus capacidades:

Tabla 15. Equipos para la zona no residencial

PLANTA BAJA					TIPO	CANTIDAD
ITEM	ZONA		NOM	CAPACIDAD EN KW		
1	VENTAS 1	VENTAS 1	CD	53.0	CENTRAL DUCTO	1
2	VENTAS 2	VENTAS 2	CD	53.0	CENTRAL DUCTO	1
3	VENTAS 3	VENTAS 3	CD	53.0	CENTRAL DUCTO	1
4	LOBBY	CORREDOR 2				
5	CORREDOR 1	CORREDOR 1	CASS	10.5	CASSETTE	3
6	CORREDOR 2	LOBBY				
7	RESTAURANTE	COMEDOR	PA	17.5	PAQUETE	1
8		COCINA 1	PA	17.5	PAQUETE	1
9		COCINA 2	PA	17.5	PAQUETE	1

10		BAÑO	VE	84 L/s	VENTILADOR DE EXTRACCION BAÑO	1				
PISO 1										
ITEM	ZONA		NOM .	CAPACIDAD EN KW	TIPO	CANTIDAD				
1	OFICINAS	OFICINA 1	CD	53.0	CENTRAL DUCTO	3				
2		OFICINA 2								
3		OFICINA 3								
4		OFICINA 4								
5		OFICINA 5								
6		OFICINA 6								
7		OFICINA 7								
8		OFICINA 8								
9		OFICINA 9								
10		OFICINA 10								
11		OFICINA 11								
12		OFICINA 12								
13		OFICINA 13								
14		OFICINA 14								
15		OFICINA 15								
16		OFICINA 16								
17		OFICINA 17								
18	OFICINAS ABIERTAS	OFICINAS								
19		CORREDOR								
20	BAÑO	BAÑO								
21	LOBBY	LOBBY								
22	SALA DE CONFERENCIA 1	SALA 1	FC	10.5	FANCOIL	1				
23	SALA DE CONFERENCIA 2	SALA 2	FC	10.5	FANCOIL	1				
24	SALA DE DESCANSO	SALA DE DESCANSO	CASS	10.5	CASSETTE	1				

Fuente: Elaboración propia.

Los equipos fueron seleccionados en función de las capacidades estándar de fabricación.

Tabla 16. Equipos ubicados en la cubierta

CUBIERTA				TIPO	CANTIDAD
ITEM	ZONA	NOM.	CAPACIDAD EN KW		
1	CHILLER	CHILLER	245.7	ENFRIADO POR AGUA	1
2	ICE STORAGE	ICE STORAGE	58	ACUMULADOR DE HIELO	1
3	EXTRACTOR PARA BAÑOS	VE	660 L/S	VENTILADOR EXTRACTOR	1
4	CONDENSADORES DE VRF	COND	22.4	CONDENSADOR	8

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Simulación energética

3.5.1 Zona residencial

Los datos de la simulación para la zona residencial muestran que los equipos VRF con bomba de calor consumen menos que los equipos con recuperación de calor, para el sistema más crítico que es el de 4 evaporadores con 1 condensador.

Tabla 17. Simulación de los sistemas VRF

Descripción	Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)	Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)
Potencia consumida (evaporador + condensador)	5.72 KW	7.6 KW
EER	5.15	4.99
COP	5.68	5.04

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

En la Tabla 17 se muestra que el sistema VRF con bomba de calor se tiene un COP de 5.68 es un 11% más de eficiente en calefacción y un EER de 5.15 que es un 3% más eficiente para aire acondicionado.

3.5.2 Zona No-residencial

A partir de la simulación se realiza la comparación entre las dos alternativas en la Figura 12 se muestra el costo del uso anual de energía en donde la alternativa A tiene un mayor consumo de combustible ya que se considera el uso de una caldera para la producción de agua caliente del edificio, sin embargo con el acumulador de hielo se prevé disminuya el consumo eléctrico durante las horas pico del día, aunque aumente de forma marginal el consumo total.

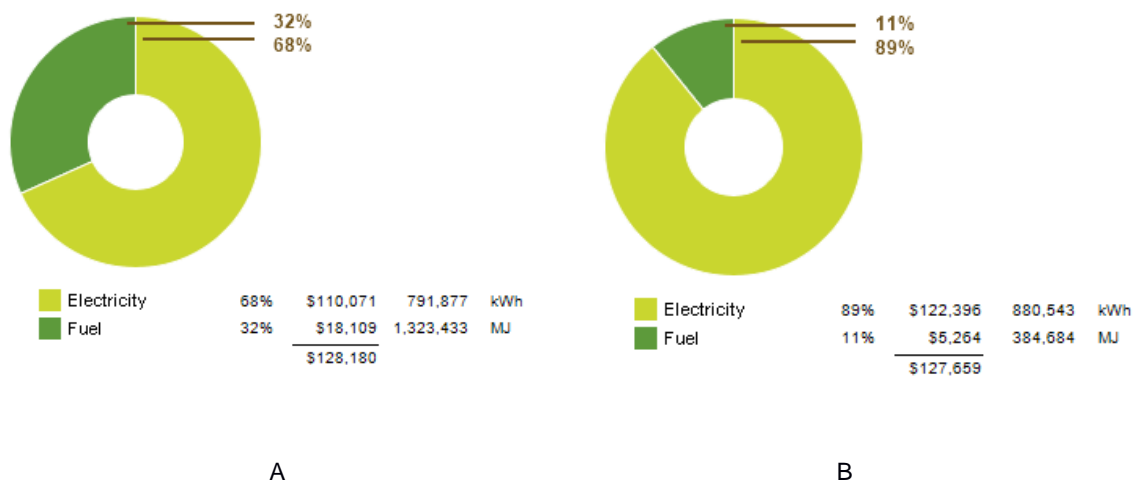


Figura 12. Costo de uso anual de energía

Fuente: Autodesk Revit, 2015

- A. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)
- B. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)

En la Figura 13 se muestra el uso de electricidad del edificio incluyendo las cargas por iluminarias y cargas misceláneas de equipos en la alternativa de la unidad enfriadora de líquido enfriado por agua con acumulador de hielo se tiene una reducción del consumo de los equipos de aire acondicionado de un 10% del total del consumo, por lo que esta alternativa es más eficiente en comparación a la unidad enfriadora de líquido enfriado por agua con recuperación de calor.

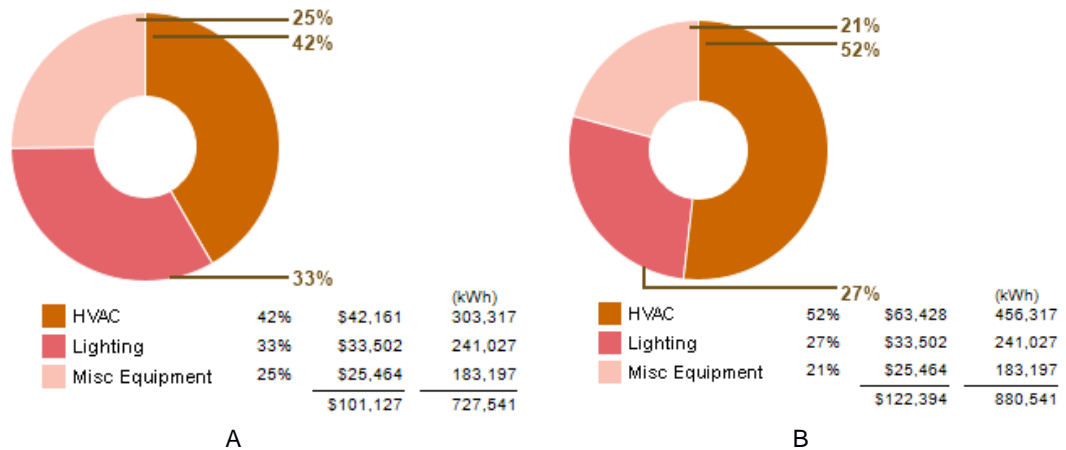


Figura 13. Uso de energía eléctrica

Fuente: Autodesk Revit, 2015

A. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)

B. Unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con recuperación de calor (Heat Reclaim)

3.6 Análisis de costos

Para calcular los costos materiales y mano de obra se realizó un cronograma de trabajo, trabajando 40 horas semanales (ver Apéndice F). Los costos de mano de obra se han calculado por salario promedio en la zona de Estambul de 535.40 dólares americanos, representados en la Tabla F3.

El sistema de HVAC total, que incluye un sistema de volumen variable (VRV), sistema agua-aire (CHILLER) y un sistema de almacenamiento de hielo y una gran cantidad de conductos, los costos de capital totalizan un estimado de 354,472 dólares americanos 18/100.

Los valores del ciclo de vida se incluyeron en los datos técnicos del equipo diseñado, las tasas de inflación de los servicios públicos se encuentran en las tarifas de energía y servicios proporcionados por en la Tabla. 12. también se usan para calcular los costos anuales de servicios públicos. El Análisis del costo del ciclo de vida se calculó en un período de 50 años para todos los sistemas elegidos.

Los costos anuales de instalación se desarrollaron utilizando datos del ciclo de vida para cada componente individual, el costo de instalación de todos los sistemas HVAC es la combinación del primer costo, costo de mantenimiento y el costo operativo.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado una investigación relacionada con las normas ASHRAE, el resultado obtenido ha sido la identificación de ecuaciones y tablas que nos asegura un correcto diseño en la capacidad y selección del sistema de climatización.

Se consideró el uso de un sistema VRF para la zona residencial de tal forma que cada departamento tenga un sistema independiente de los demás, el sistema con bomba de calor fue la opción más viable debido a su bajo costo y consumo energético, además de que permite a los usuarios tener aire acondicionado en las épocas de verano y calefacción en las épocas de invierno.

Para la zona residencial se consideró un sistema con una unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage) ya que este permite reducir la capacidad del chiller y aprovecha las diferencias de tarifas eléctricas, haciendo que el chiller consuma menos energía enfriando el refrigerante.

Se analizó la posibilidad de instalar un sistema de generación de energía eólica ya que las condiciones climáticas lo permiten de manera que el consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado sea disminuido con el uso de fuentes renovables de energía obteniendo una producción de hasta 75.9 KW/día.

Se considera las configuraciones de pasillo caliente / pasillo frío para el cuarto de racks debido a la distribución de aire que se requiere para esta zona, con el fin de evitar la recirculación interior del aire caliente.

4.1 Conclusiones

El diseño del sistema de enfriador de líquido con agua y recuperador de calor es una alternativa eficiente pero dado su elevado costo inicial y alto consumo en comparación con el sistema de acumulador de hielo esta opción no es viable para este tipo de edificios.

El diseño del sistema de climatización con VRF y recuperación de calor es una buena alternativa cuando se requiere de un sistema que permita tanto aire acondicionado y calefacción simultáneamente sin embargo en comparación con el sistema con bomba de calor esta alternativa es mucho más costosa y el consumo es más elevado (25% mayor al sistema VRF con

bomba de calor) ya que se requiere de un condensador que abastezca la carga pico de la zona residencial, mientras que el sistema con bomba de calor se puede disminuir la capacidad del condensador.

El uso de sistemas de generación de energía renovable eólica es una buena alternativa para disminuir los gastos de consumo eléctrico dadas las condiciones climáticas favorables para este tipo de sistemas.

La orientación del edificio es un factor importante para este proyecto se asumió la orientación mostrada en la figura H2 (ver apéndice H) donde la fachada del edificio está orientada al sur siendo esta la peor condición aumentado la carga térmica del edificio.

4.2 Recomendaciones

Cambiar la orientación del edificio multiusos para disminuir la carga térmica del edificio y por ende disminuir la capacidad de los sistemas HVAC, además de utilizar componentes de sombra.

Utilizar fuentes de energía renovable del tipo eólica dada la ubicación del lugar para disminuir costos de consumo eléctrico de los equipos HVAC. También se recomienda a futuro utilizar energía solar ya que con los avances tecnológicos y el constante desarrollo de energías renovables esta alternativa puede llegar a aportar energía para abastecer el edificio.

Se recomienda utilizar los equipos de VRF con recuperación de calor solo cuando se requiera que la zona a climatizar tenga espacios con aire acondicionado y espacios con calefacción simultáneamente ya que este aprovechar mejor los recursos.

Para mejorar las condiciones de la calidad de aire interior las unidades manejadoras de aire deben tener los filtros con un merv 9 adecuado para mantener los niveles de contaminación bajos.

Se recomienda el uso de Chiller con acumulador de hielo cuando las zonas a climatizar tengan costos de energía establecida por horarios ya que este permite un ahorro energético debido a la acumulación hielo producido en la noche y ayuda a reducir los costos y la capacidad del chiller.

BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE Standard 55 (2013). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

ASHRAE Standard 62.1 (2016). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

ASHRAE Standard 90.1 (2016). Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.

ASHRAE Standard 169 (2013). Climatic Data for Building Design Standards.

ASHRAE Handbook. (2009). HVAC Applications.

Robert McDowall, P. Eng. (2006). Fundamentals of HVAC Systems.

Carrier (2005). Manual de aire acondicionado.

Norma Ansi/Ashrae 154. (2003). Ventilation for Commercial Cooking Operations.

ANSI/ASHRAE/USGBC/IES 189.1 (2010). Standard for the Design of High-Performance, Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.

ASHRAE Handbook Fundamentals (2009).

APÉNDICES

Apéndice A: Condiciones Meteorológicas

Definición de la zona climática

Para definir la zona climática de Estambul, se usa la tabla A-6 donde se provee de la zona climática y la media de precipitación anual para localizaciones internacionales, información tomada del estándar 169.

TABLE A-6 International Stations and Climate Zones (Continued)
 (Note: Design Conditions tables [S] and [I-P] for each station, named by WMO#, can be accessed online at www.ashrae.org/169_2013data.)

Country/LOCATION	WMO#	Lat	Long	CZ	Precipitation	
					mm	in.
Turkey (TUR)						
ADANA	173520	36.98	35.30	2A	696	27
ADANA/INCIRLIK AB	691464	37.00	35.43	3A	696	27
ADANA/INCIRLIK AFB	173500	37.00	35.42	3A	696	27
AFYON	171900	38.75	30.53	4C	413	16
AKHISAR	171840	38.92	27.85	3A	587	23
ANTALYA	173000	36.87	30.73	3A	1091	43
AYDIN	172340	37.85	27.85	3A	585	23
BALIKESIR	171500	39.62	27.92	4A	554	22
BANDIRMA	171150	40.32	27.97	4A	725	29
BODRUM	172900	37.03	27.43	2A	698	27
BOLU	170700	40.73	31.60	4A	551	22
BURSA	171160	40.18	29.07	3A	682	27
CANAKKALE	171120	40.13	26.40	3A	619	24
CORUM	170840	40.55	34.95	5C	437	17
DALAMAN	172950	36.70	28.78	3A	868	34
DIKILI	171800	39.07	26.88	3A	645	25
DIYARBAKIR	172800	37.88	40.18	4A	480	19
HIRNE	170500	41.67	26.57	4A	590	23
ELAZIGI	172020	38.60	39.28	4A	503	20
ERZINCAN	170920	39.70	39.52	5A	386	15
ERZURUM	170960	39.95	41.17	7	407	16
ESHENOCA	171280	40.12	33.00	5C	421	17
ISKISEHIR	171240	39.78	30.57	4A	390	15
ETIMHSGUT	171290	39.95	32.68	4A	375	15
GAZIANTEP	172600	37.08	37.37	3A	583	23
GOKCEADA	171100	40.18	25.90	3A	733	29
GOLCUK/DUMLUPINAR	170670	40.67	29.83	3A	738	29
INEBOLU	170240	41.98	33.78	4A	1007	40
ISKENDERLUN	173700	36.58	36.17	2A	766	30
ISPARTA	172400	37.75	30.55	4A	537	21
ISTANBUL/ATATURK	170600	40.97	28.82	3A	640	25

Figura A 1: Zona climática y estaciones internacionales

Fuente: Tabla A-6 ASHRAE Standard 169, 2013.

Mapa de la zona climática de Turquía

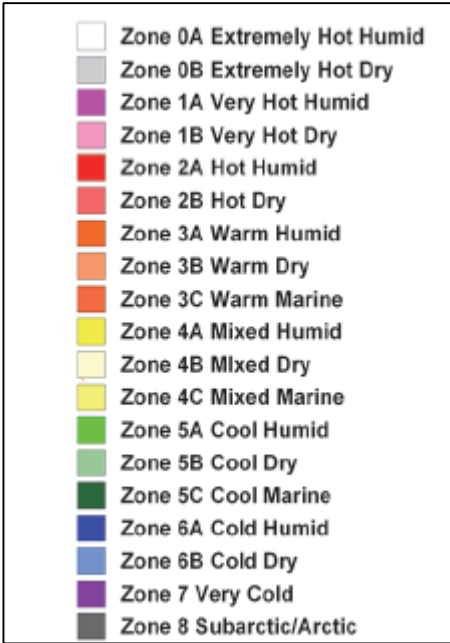
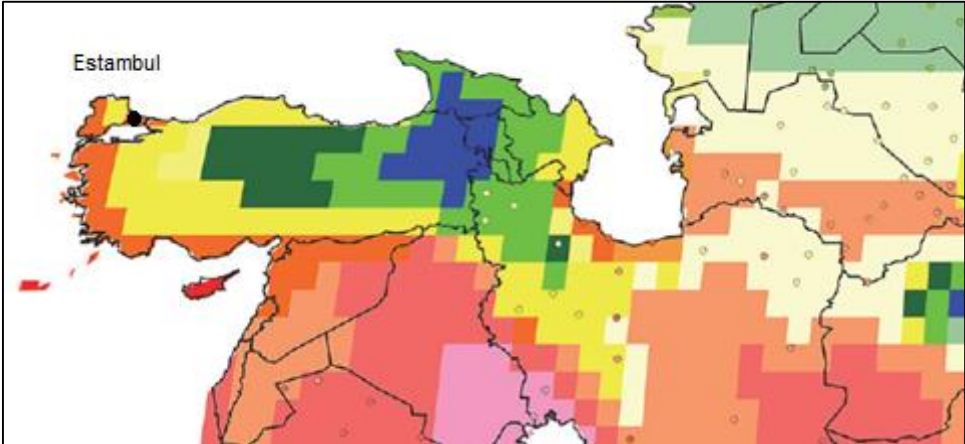


Figura A 2: Zona climática para Estambul

Fuente: ASHRAE Standard 169, 2013.

2013 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)															
ISTANBUL/ATATURK, TURKEY (WMO: 170600)															
Lat:40.97N		Long:28.82E		Elev:37		StdP: 100.88		Time zone:2.00		Period:86-10					
Annual Heating and Humidification Design Conditions															
Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB		MCWS/PCWD to 99.6% DB				
	99.6%	99%	99.6%			99%			0.4%		1%				
	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD			
2	-2.0	-0.5	-6.8	2.1	1.4	-5.1	2.5	2.1	13.7	2.0	12.2	2.2	5.9	350	
Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions															
Hottest Month	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB		
	0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%				
DB Range	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD	
8	7.6	31.8	21.5	30.2	21.3	29.1	21.0	24.5	27.9	23.5	27.3	22.7	26.7	5.7	20
Dehumidification DP/MCDB and HR						Enthalpy/MCDB						Hours 8 to 4 and 12.8/20.6			
0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%					
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
23.2	18.1	26.4	22.2	16.9	25.7	21.2	15.9	25.1	74.2	27.8	70.5	27.1	67.3	26.8	909
Extreme Annual Design Conditions															
Extreme Annual WS		Extreme Max WB	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB								
1%	2.5%		5%	Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
11.2	10.0	9.1	27.9	-4.7	34.5	3.1	1.7	-6.9	35.7	-8.7	36.8	-10.4	37.7	-12.6	39.0
Monthly Climatic Design Conditions															
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	Annual														
	Tavg	15.1	6.1	6.3	8.1	12.6	17.2	22.2	25.0	25.2	21.1	16.6	11.7	7.9	
	Sd		3.47	3.70	3.73	3.37	3.11	2.65	2.11	2.17	2.61	3.21	3.75	3.75	
	HDD10.0	448	128	112	83	12	1	0	0	0	0	1	26	86	
	HDD18.3	1868	379	337	317	174	58	3	0	7	71	200	323		
	CDD10.0	2291	7	8	24	91	224	366	464	472	332	207	76	22	
	CDD18.3	671	0	0	0	2	24	118	206	213	88	18	1	0	
CDH23.3	4459	0	0	0	9	96	693	1595	1668	362	34	1	0		
CDH26.7	1151	0	0	0	1	14	155	449	474	54	3	0	0		
Precipitation	PrecAvg	630	95	71	58	44	30	23	19	16	29	53	90	102	
	PrecMax	976	180	138	139	166	107	265	261	100	162	122	181	256	
	PrecMin	524	27	14	8	19	3	9	1	1	5	2	37	42	
	PrecSD	142.5	45.3	37.1	34.4	41.7	24.3	58.8	65.0	31.4	35.8	35.7	39.8	52.1	
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB	15.2	16.2	20.1	24.4	28.2	31.9	33.6	33.2	30.1	26.2	21.9	18.2	
		MCWB	10.7	10.6	12.6	16.0	18.2	20.2	20.8	21.9	20.0	19.1	15.3	12.8	
	2%	DB	13.8	14.2	17.2	21.8	25.9	29.9	31.8	31.8	28.1	24.0	19.7	15.8	
		MCWB	10.2	10.2	11.5	14.5	17.3	19.9	21.5	22.0	19.8	18.3	14.9	12.1	
	5%	DB	12.2	12.9	15.2	19.8	24.0	28.2	30.2	30.2	26.9	22.3	18.1	14.2	
		MCWB	9.3	9.5	10.6	13.6	16.8	19.8	21.4	21.8	19.6	17.7	14.4	11.4	
	10%	DB	11.0	11.3	13.2	17.9	22.2	27.0	29.1	29.1	25.2	21.1	16.9	13.1	
		MCWB	8.6	8.6	9.8	12.7	16.2	19.4	21.1	21.5	19.1	17.2	13.8	10.6	
Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB	11.8	11.7	13.5	17.0	20.1	23.1	25.5	25.7	22.6	20.8	17.1	13.8	
		MCDB	14.3	14.6	18.4	22.8	25.3	27.3	28.1	28.7	26.0	24.0	19.6	17.0	
	2%	WB	10.6	10.7	12.1	15.2	18.7	22.0	24.4	24.7	21.6	19.5	15.7	12.5	
		MCDB	12.9	13.4	16.3	19.9	23.4	26.1	27.5	28.3	25.2	22.2	18.2	15.1	
	5%	WB	9.8	9.8	11.0	14.0	17.9	21.3	23.5	23.9	21.0	18.5	14.8	11.7	
		MCDB	11.9	12.3	14.7	18.5	22.3	25.8	27.2	27.7	24.7	21.4	17.4	14.1	
	10%	WB	8.9	8.9	10.1	13.1	17.1	20.6	22.7	23.0	20.3	17.5	13.9	10.8	
		MCDB	11.0	11.4	13.1	17.1	21.2	25.3	26.9	26.9	24.0	20.6	16.6	12.9	
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MDBR	4.7	5.5	6.1	7.4	7.8	8.0	7.9	7.6	7.3	5.9	5.4	4.6	
		MCDBR	5.9	7.0	8.8	10.4	9.9	9.7	9.1	8.6	8.7	7.3	6.8	5.5	
	5% WB	MCWBR	3.9	4.3	4.8	5.2	4.7	4.3	4.0	3.6	3.8	3.7	3.9	3.8	
		MCWBR	5.5	6.8	8.2	9.3	8.7	8.4	7.9	7.7	7.7	6.9	6.1	5.4	
Clear Sky Solar Irradiance	taub	0.360	0.369	0.381	0.407	0.384	0.383	0.387	0.395	0.393	0.385	0.367	0.365		
	taud	2.473	2.395	2.346	2.244	2.333	2.306	2.308	2.320	2.374	2.415	2.484	2.479		
	Ebn,noon	787	835	866	865	892	890	883	866	843	805	771	748		
	Edn,noon	78	97	113	133	125	129	127	122	108	94	77	73		

Figura A 3: Datos climáticos de Estambul, Turquía

Fuente: ASHRAE climatic design conditions, 2013.

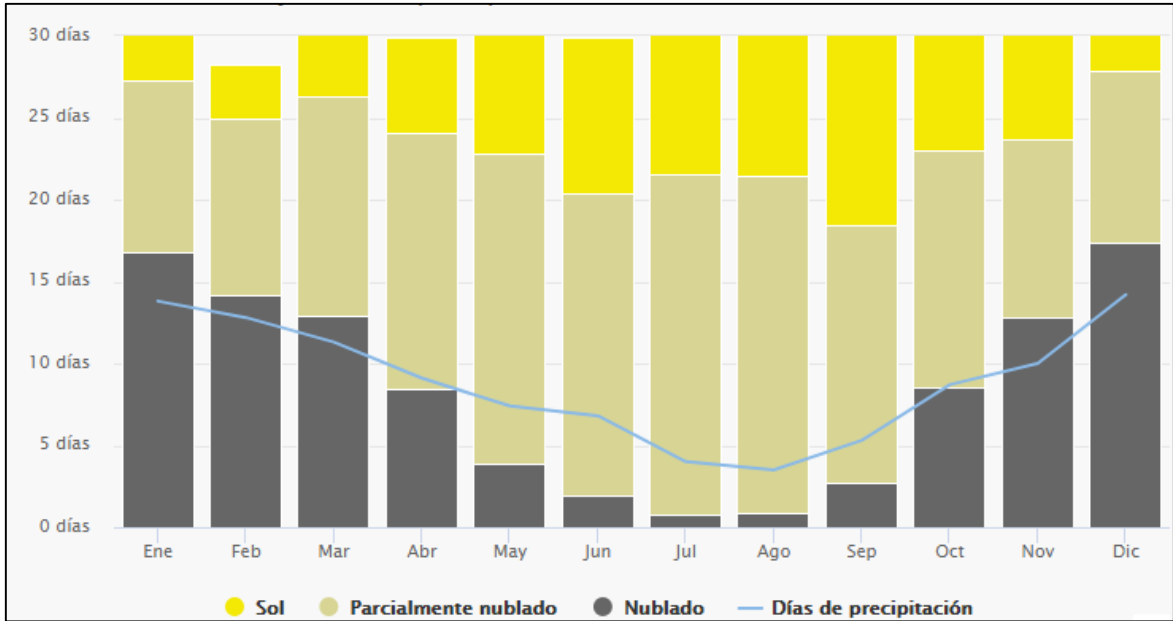


Figura A 4: Datos de climáticos mensual. Estambul, Turquía

Fuente: Meteoblue, 2017.

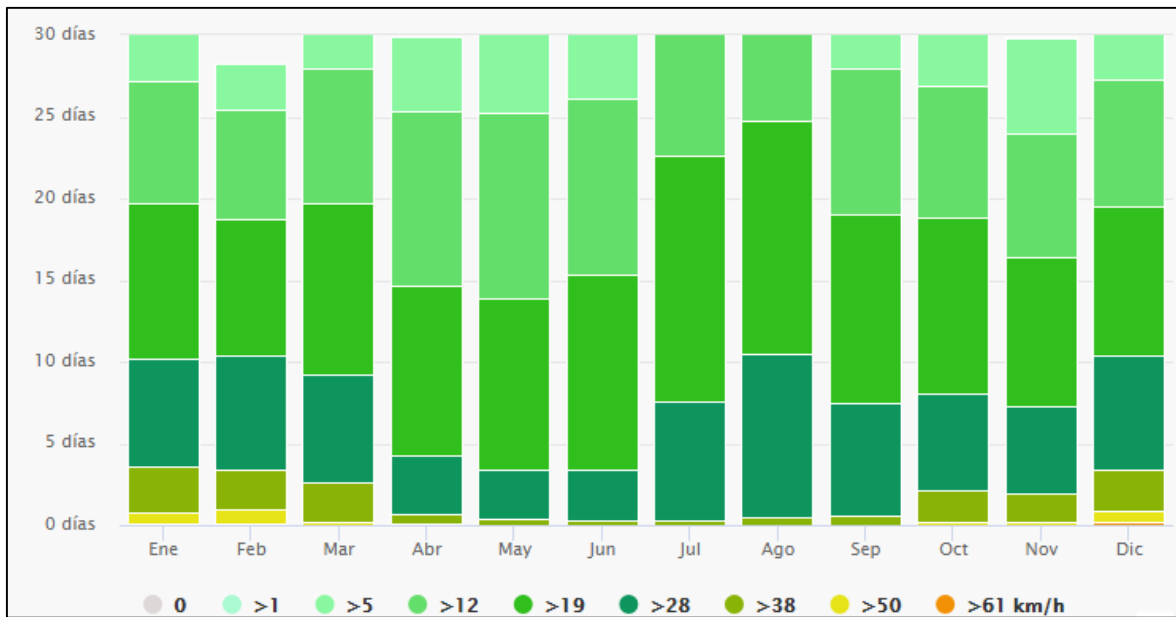


Figura A 5: Datos de velocidad de viento mensual. Estambul, Turquía

Fuente: Meteoblue, 2017.

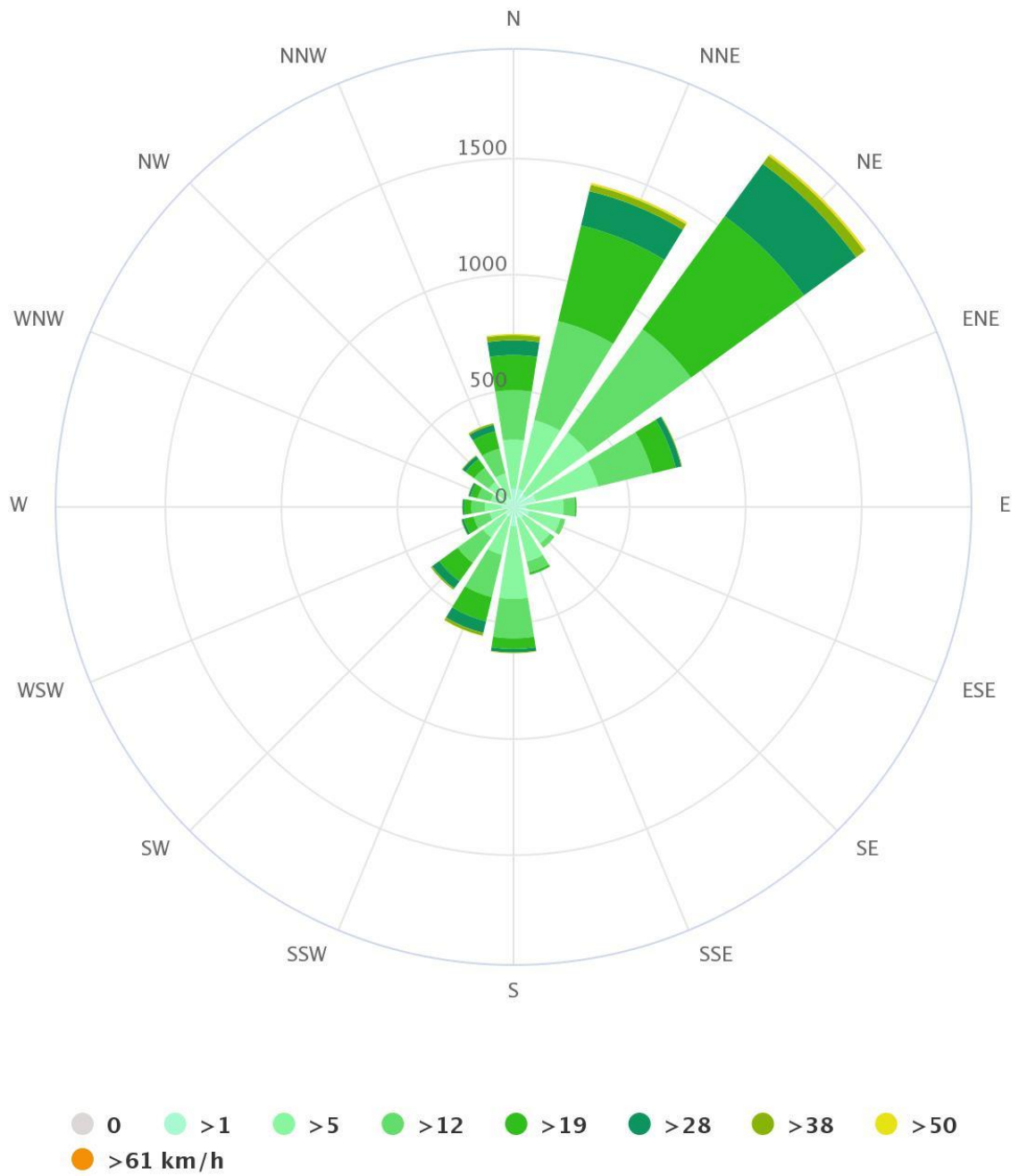


Figura A 6: Rosa de vientos. Estambul, Turquía

Fuente: Meteoblue, 2017.

Apéndice B: Cálculo de cargas

En este apéndice se detalla cómo se obtienen los coeficientes para los cálculos de carga del edificio, el cual se lo divide en dos partes la zona residencial y no residencial.

Método factor de carga residencial (Residential load factor (rlf) method)

Load Source	Equation	Tables and Notes
Exterior opaque surfaces	$q_{opq} = A \times CF$ $CF = U(OF_1 \Delta t + OF_2 + OF_3 + OF_4, DR)$	OF factors from Table 7
Exterior transparent surfaces	$q_{tra} = A \times CF$ $CF = U(\Delta t - 0.46DR) + PXI \times SHGC \times IAC \times FF_z$	PXI from Table 9 plus adjustments FF _z from Table 13
Partitions to unconditioned space	$q = AU\Delta t$	Δt = temperature difference across partition See Common Data and Procedures section
Ventilation/infiltration	$q_s = C_s Q \Delta t$	
Occupants and appliances	$q_{ig, s} = 136 + 2.2A_{cf} + 22N_{oc}$	
Distribution	$q_d = F_d \sum q$	F_d from Table 6
Total sensible load	$q_s = q_d + \sum q$	
Latent load	$q_l = q_{vt, l} + q_{ig, l}$	
Ventilation/infiltration	$q_{vt, l} = C_l Q \Delta W$	
Internal gain	$q_{ig, l} = 20 + 0.22A_{cf} + 12N_{oc}$	

Figura B 1: Resumen de ecuaciones para el cálculo de carga para Aire Acondicionado

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Load Source	Equation	Tables and Notes
Exterior surfaces above grade	$q = UA\Delta t$	$\Delta t = t_i - t_o$
Partitions to unconditioned buffer space	$q = UA\Delta t$	Δt = temp. difference across partition
Walls below grade	$q = U_{avg, bw} A (t_{in} - t_{gr})$	
Floors on grade	$q = F_p p \Delta t$	See Chapter 18 , Equations (41) and (42)
Floors below grade	$q = U_{avg, bf} A (t_{in} - t_{gr})$	See Chapter 18 , Equations (37) and (38)
Ventilation/infiltration	$q_{vt} = C_s Q \Delta t$	From Common Data and Procedures section
Total sensible load	$q_s = \sum q$	

Figura B 2: Resumen de ecuaciones para cálculo de carga para Calefacción

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Los valores de coeficiente de transferencia de calor máximos y mínimos de la envolvente para la zona climática a la que pertenece la ciudad de Estambul se definen a continuación:

Opaque Elements	Nonresidential		Residential		Semiheated	
	Assembly Max.	Insulation Min. R-Value	Assembly Max.	Insulation Min. R-Value	Assembly Max.	Insulation Min. R-Value
Roof						
Insulation Entirely above Deck	U-0.22	R-4.4 ci	U-0.22	R-4.4 ci	U-0.68	R-1.3 ci
Metal Building Attic and Other	U-0.20	R-3.3 + R-1.9 L5	U-0.20	R-3.3 + R-1.9 L5	U-0.39	R-2.3 + R-3.3
	U-0.12	R-8.6	U-0.12	R-8.6	U-0.19	R-5.3
Walls, Above-grade						
Mass	U-0.59	R-1.7 ci	U-0.51	R-2.0 ci	U-0.86*	R-1.0 ci*
Metal Building	U-0.43	R-2.3 + R-1.1 ci	U-0.30	R-2.3 + R-2.3 ci	U-0.45	R-2.3 + R-1.1 ci
Steel Framed	U-0.43	R-2.3 + R-0.9 ci	U-0.31	R-2.3 + R-1.8 ci	U-0.48	R-2.3 + R-0.7 ci
Wood Framed and Other	U-0.36	R-2.3 + R-0.7 ci	U-0.36	R-2.3 + R-0.7 ci	U-0.36	R-2.3 + R-0.7 ci
Wall, Below Grade						
Below Grade Wall	C-6.47	NR	C-6.47	NR	C-6.47	NR
Floor						
Mass	U-0.61	R-1.1 ci	U-0.50	R-1.5 ci	U-1.83	NR
Steel Joist	U-0.21	R-3.3	U-0.21	R-3.3	U-0.30	R-3.3
Wood Framed and Other	U-0.19	R-5.3	U-0.15	R-5.3 + R-1.3 ci	U-0.29	R-3.3
Slab-On-Grade Floor						
Unheated	F-1.26	NR	F-1.26	NR	F-1.26	NR
Heated	F-1.11	R-1.3 for 300 mm + R-0.9 ci below	F-1.11	R-1.3 for 300 mm + R-0.9 ci below	F-1.77	R-1.3 for 300mm
Opaque Doors						
Swinging	U-3.41		U-3.41		U-3.41	
Non-Swinging	U-2.84		U-2.27		U-2.84	
Fenestration						
	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC
Vertical Fenestration, 0-40% of Wall						
Nonmetal framing: all ^b	U-2.56	SHGC-0.25 all	U-2.56	SHGC-0.25 all	U-3.12	SHGC-NR all
Metal fr: curtainwall/storefront ^c	U-2.84		U-2.84		U-3.41	
Metal framing: entrance door ^d	U-4.54		U-4.54		U-4.54	
Metal framing: all other ^e	U-3.12		U-3.12		U-3.69	
Skylight with Curb, Glass, % of Roof						
0-2.0%	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.16	U _{all} -11.24	SHGC _{all} -NR
2.1-5.0%	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.16	U _{all} -11.24	SHGC _{all} -NR
Skylight with Curb, Plastic, % of Roof						
0-2.0%	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.27	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.27	U _{all} -10.79	SHGC _{all} -NR
2.1-5.0%	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.27	U _{all} -3.92	SHGC _{all} -0.27	U _{all} -10.79	SHGC _{all} -NR
Skylight without Curb, All, % of Roof						
0-2.0%	U _{all} -2.56	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -2.56	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -7.72	SHGC _{all} -NR
2.1-5.0%	U _{all} -2.56	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -2.56	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -7.72	SHGC _{all} -NR

Figura B 3: requerimientos de la envolvente para la zona climática 3

Fuente: ASHRAE estándar 189.1, 2010.

Cargas por transmisión a través de paredes, techos y suelos

Requisitos de la envolvente de edificio para la zona climática 3 se muestra a continuación:

Aire acondicionado

Cargas por transmisión a través de superficies opacas externas (pared)

Para este cálculo utilizaremos la Ec. 1 y Ec. 2

$$q_{opq} = A \times CF_{opq} \text{ [Ec. 1]}$$

$$CF_{opq} = U (OF_t \Delta t + OF_b + OF_r, DR) \text{ [Ec. 2]}$$

Para los factores de la Ec. 2 utilizaremos las siguientes tablas:

El factor de U de diseño se lo obtiene de la configuración de los materiales que componen la pared.

Tabla B 1. Configuración de la pared

Configuración del pared	Resistencia	
	R, $m^2 \cdot K/W$	Observaciones
Resistencia de la superficie interna	0,120	Tabla 1, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Enlucido	0,014	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Bloque de concreto	0,360	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Aislamiento	1,440	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Enlucido	0,014	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Resistencia de la superficie externa por movimiento del aire	0,044	Tabla 1, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Resistencia total	1,99	

Fuente: Elaboración propia.

$$U_{diseño} = \frac{1}{R_{total}} = 0.50 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

El coeficiente OF_t, OF_b, OF_r se obtiene de la Figura B4. Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco.

$$OF_t = 1$$

$$OF_b = 8.2$$

$$OF_r = -0.36$$

Surface Type	OF_t	OF_b, K	OF_r
Ceiling or wall adjacent to vented attic	0.62	$14.3\alpha_{roof} - 4.5$	-0.19
Ceiling/roof assembly	1	$38.3\alpha_{roof} - 7.0$	-0.36
Wall (wood frame) or door with solar exposure	1	8.2	-0.36
Wall (wood frame) or door (shaded)	1	0	-0.36
Floor over ambient	1	0	-0.06
Floor over crawlspace	0.33	0	-0.28
Slab floor (see Slab Floor section)			

Figura B 4: Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

El coeficiente DR y Δt se obtiene de la Tabla 2. Información de diseño.

$$DR = 8.2 K$$

$$\Delta t = 3K$$

Cargas por transmisión a través de superficies opacas externas (techo)

Para este cálculo utilizaremos la Ec. 1 y Ec. 2

$$q_{opq} = A \times CF_{opq} \text{ [Ec. 1]}$$

$$CF_{opq} = U (OF_t \Delta t + OF_b + OF_r DR) \text{ [Ec. 2]}$$

Para los factores de la Ec. 2 utilizaremos las siguientes tablas:

El factor de U de diseño se lo obtiene de la configuración de los materiales que componen el techo.

Tabla B 2. Configuración del techo

Configuración del techo	Resistance R, $m^2 \cdot K/W$	Observaciones
Resistencia de la superficie interna	0.16	Tabla 1, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Tumbado acústico	0.32	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Espacio de aire	0.18	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Bloque de hormigón pesado	0.20	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Aislamiento	3.81	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Membrana	0.05	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Teja roja	0.08	Tabla 4, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Resistencia de la superficie externa por movimiento del aire	0.044	Tabla 1, Cap. 26, ASHRAE Fundamental
Resistencia total	4,844	

Fuente: Elaboración propia.

$$U_{diseño} = \frac{1}{R_{total}} = 0.20 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

El coeficiente OF_t, OF_b, OF_r se obtiene de la Figura B5. Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco.

$$OF_t = 1$$

$$OF_b = 23.64$$

$$OF_r = -0.36$$

Surface Type	OF_t	OF_b, K	OF_r
Ceiling or wall adjacent to vented attic	0.62	$14.3\alpha_{roof} - 4.5$	-0.19
Ceiling/roof assembly	1	$38.3\alpha_{roof} - 7.0$	-0.36
Wall (wood frame) or door with solar exposure	1	8.2	-0.36
Wall (wood frame) or door (shaded)	1	0	-0.36
Floor over ambient	1	0	-0.06
Floor over crawlspace	0.33	0	-0.28
Slab floor (see Slab Floor section)			

α_{roof} = roof solar absorptance (see Table 8)

Material	Color			
	White	Light	Medium	Dark
Asphalt shingles	0.75	0.75	0.85	0.92
Tile	0.30	0.40	0.80	0.80
Metal	0.35	0.50	0.70	0.90
Elastomeric coating	0.30			

Source: Summarized from Parker et al. 2000

Figura B 5: Coeficiente del factor de enfriamiento superficial opaco

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

El coeficiente DR y Δt se obtiene de la Tabla 2. Información de diseño.

$$DR = 8.2 K$$

$$\Delta t = 3K$$

Cargas por transmisión a través de superficie acristalada externas (ventanas)

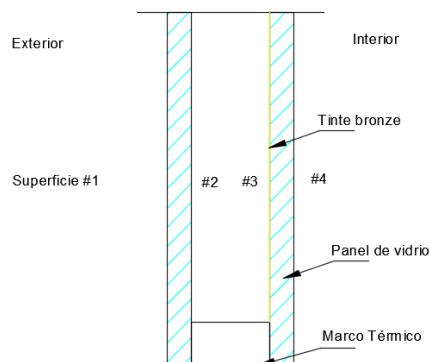


Figura B 6: Configuración de la ventana.

Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones de la ventana:

Alto: 1.84 mt

Ancho: 2.03 mt

Características de la ventana: Ventanas fijas de doble acristalamiento, espacio de aire de ½ ", revestimiento de baja emisividad en la tercera superficie, tinte de bronce.

Para este cálculo utilizaremos la Ec. 3 y Ec. 4:

$$q_{fen} = A \times CF_{fen} \text{ [Ec. 3]}$$

$$CF_{fen} = U (\Delta t - 0.46DR) + PXI \times SHGC \times IAC \times FF_s \text{ [Ec. 4]}$$

Para los factores de la Ec. 4 utilizaremos las siguientes tablas:

El factor de U de diseño se lo obtiene de la Figura B7. Factor U para superficies acristaladas que es igual a **2.30 W/m² · K**.

Product Type		Glass Only		Vertical Installation									
				Operable (including sliding and swinging glass doors)					Fixed				
Frame Type		Center of Glass	Edge of Glass	Aluminum Without Thermal Break	Aluminum With Thermal Break	Reinforced Aluminum/Vinyl/Clad Wood	Wood/Vinyl	Insulated Fiberglass/Vinyl	Aluminum Without Thermal Break	Aluminum With Thermal Break	Reinforced Aluminum/Vinyl/Clad Wood	Wood/Vinyl	Insulated Fiberglass/Vinyl
ID	Glazing Type			3.98	3.01	2.68	2.58	2.31	3.20	2.84	2.52	2.50	2.39
Double Glazing, e = 0.05 on surface 2 or 3													
24	6.4 mm airspace	2.33	3.08	3.98	3.01	2.68	2.58	2.31	3.20	2.84	2.52	2.50	2.39
25	12.7 mm airspace	1.70	2.62	3.47	2.53	2.24	2.14	1.88	2.66	2.30	2.00	1.98	1.88
26	6.4 mm argon space	1.87	2.75	3.61	2.66	2.36	2.26	2.00	2.81	2.45	2.15	2.12	2.02
27	12.7 mm argon space	1.42	2.41	3.24	2.31	2.04	1.94	1.69	2.42	2.06	1.76	1.74	1.65

Figura B 7: Factor U para superficies acristaladas

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

El coeficiente *DR* y Δt se obtiene de la Tabla 2. Información de diseño.

$$DR = 8.2 K$$

$$\Delta t = 3K$$

El factor de *PXI* de diseño se lo obtiene de las ecuaciones:

$$PXI = T_x E_t (\text{SIN SOMBRA})$$

Dónde:

PXI: Irradiación exterior pico, W/m²

E_t: Pico de irradiación total, difusa y directa (Tabla B3. Irradiación pico W/m²)

Tabla B 3. Irradiación pico W/m^2

Exposición	Latitud 40°
Norte	166
Noreste-Noroeste	563
Este-Oeste	749
Sureste-Suroeste	641
Sur	487

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

T_x : Transmisión del accesorio exterior (pantalla o pantalla contra insectos pantalla), obtenido de la Figura B8. Transmisión de accesorio exterior.

Attachment	T_x
None	1.0
Exterior insect screen	0.64 (see Chapter 15, Table 13G)
Shade screen	Manufacturer shading coefficient (SC) value, typically 0.4 to 0.6

Figura B 8: Transmisión de accesorios exteriores

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

$SHGC$: Coeficiente de ganancia de calor solar, obtenido la Figura B9. Coeficiente de ganancia de calor solar.

Glazing System		Center-of-Glazing Properties									Total Window SHGC at Normal Incidence		Total Window T_v at Normal Incidence						
		Incidence Angles									Aluminum		Other Frames		Aluminum		Other Frames		
		Normal 0.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	Hemis, Diffuse	Operable	Fixed	Operable	Fixed	Operable	Fixed	Operable	Fixed			
<i>Low-e Double Glazing, e = 0.05 on surface 2</i>																			
25a	3	LE CLR	0.72	SHGC	0.41	0.40	0.38	0.34	0.27	0.14	0.36	0.38	0.38	0.34	0.36	0.64	0.65	0.58	0.63
				T	0.37	0.35	0.33	0.29	0.22	0.11	0.31								
				R^f	0.35	0.36	0.37	0.40	0.47	0.64	0.39								
				R^b	0.39	0.39	0.40	0.43	0.50	0.66	0.42								
				A_1^f	0.24	0.26	0.26	0.27	0.28	0.23	0.26								
				A_2^f	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04								
25b	6	LE CLR	0.70	SHGC	0.37	0.36	0.34	0.31	0.24	0.13	0.32	0.34	0.34	0.30	0.33	0.62	0.63	0.56	0.62
				T	0.30	0.28	0.27	0.23	0.17	0.08	0.25								
				R^f	0.30	0.30	0.32	0.35	0.42	0.60	0.34								
				R^b	0.35	0.35	0.35	0.38	0.44	0.60	0.37								
				A_1^f	0.34	0.35	0.35	0.36	0.35	0.28	0.34								
				A_2^f	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06								
25c	6	BRZ W/LE CLR	0.42	SHGC	0.26	0.25	0.24	0.22	0.18	0.10	0.23	0.25	0.25	0.22	0.23	0.37	0.38	0.34	0.37
				T	0.18	0.17	0.16	0.14	0.10	0.05	0.15								

Figura B 9: Coeficiente de ganancia de calor solar

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

$$IAC = 1 + F_{cl}(IAC_{cl} - 1)$$

Dónde:

IAC : Coeficiente de atenuación interior.

F_{cl} : Fracción de sombra (se asume 0.5)

IAC_{cl} : Coeficiente de atenuación interior de la configuración completamente cerrada, se obtiene de la Figura B10. Coeficiente de atenuación interior configuración cerrada.

Table 13E IAC Values for Louvered Shades: Double Glazings with 0.05 Low-e

Glazing ID:		25a	25b	25c	26d	25e	25f	
Louver Location	Louver Reflection	$IAC_{cl}(IAC_{cl})/IAC_{cl} \cdot F_{cl}$						
ϕ								
Indoor Side	0.15	Worst ^a	0.99 (0.99)0.95 0.84	0.99 (0.98)0.95 0.81	0.99 (0.98)0.96 0.74	0.99 (0.98)0.96 0.76	0.99 (0.98)0.96 0.72	0.99 (0.98)0.96 0.76
		0°	0.99 (0.93)0.96 0.65	0.99 (0.93)0.96 0.64	0.99 (0.94)0.96 0.6	0.99 (0.94)0.96 0.61	0.99 (0.95)0.96 0.59	0.99 (0.94)0.96 0.61
	Excluded Beam ^b	0.90 (0.93)0.96 0.41	0.91 (0.93)0.96 0.4	0.92 (0.94)0.96 0.39	0.92 (0.94)0.96 0.4	0.92 (0.95)0.96 0.39	0.92 (0.94)0.96 0.4	
	45°	0.93 (0.91)0.94 0.43	0.93 (0.91)0.94 0.43	0.94 (0.93)0.95 0.41	0.94 (0.92)0.95 0.42	0.94 (0.93)0.95 0.41	0.94 (0.92)0.95 0.42	
	Closed	0.88 (0.88)0.90 0.39	0.89 (0.89)0.90 0.39	0.90 (0.90)0.91 0.36	0.90 (0.90)0.91 0.37	0.90 (0.91)0.92 0.36	0.90 (0.90)0.91 0.37	
Indoor Side	0.50	Worst ^a	0.99 (0.98)0.91 0.86	0.99 (0.98)0.92 0.82	0.99 (0.98)0.93 0.75	0.99 (0.98)0.93 0.77	0.99 (0.98)0.93 0.73	0.99 (0.98)0.93 0.77
		0°	0.99 (0.87)0.93 0.69	0.99 (0.89)0.94 0.67	0.99 (0.91)0.95 0.63	0.99 (0.90)0.94 0.64	0.99 (0.91)0.95 0.62	0.99 (0.90)0.94 0.64
	Excluded Beam ^b	0.80 (0.87)0.92 0.47	0.82 (0.89)0.93 0.46	0.85 (0.91)0.94 0.44	0.85 (0.90)0.94 0.44	0.86 (0.91)0.94 0.43	0.84 (0.90)0.94 0.45	
	45°	0.85 (0.80)0.88 0.49	0.87 (0.83)0.90 0.48	0.89 (0.85)0.91 0.45	0.89 (0.85)0.91 0.46	0.89 (0.86)0.91 0.45	0.89 (0.85)0.91 0.46	
	Closed	0.74 (0.74)0.79 0.4	0.77 (0.77)0.81 0.39	0.81 (0.81)0.84 0.37	0.80 (0.80)0.83 0.37	0.82 (0.82)0.85 0.36	0.80 (0.80)0.83 0.38	
Indoor Side	0.80	Worst ^a	0.98 (0.98)0.86 0.87	0.98 (0.98)0.88 0.84	0.98 (0.97)0.90 0.76	0.98 (0.98)0.90 0.78	0.98 (0.97)0.90 0.74	0.98 (0.98)0.89 0.78
		0°	0.98 (0.80)0.89 0.76	0.98 (0.83)0.91 0.73	0.98 (0.86)0.92 0.68	0.98 (0.85)0.92 0.69	0.98 (0.86)0.92 0.66	0.98 (0.85)0.92 0.69
	Excluded Beam ^b	0.69 (0.80)0.88 0.59	0.73 (0.83)0.90 0.56	0.78 (0.86)0.91 0.52	0.77 (0.85)0.91 0.53	0.78 (0.86)0.92 0.51	0.77 (0.85)0.91 0.53	
	45°	0.78 (0.69)0.82 0.59	0.81 (0.73)0.84 0.57	0.84 (0.78)0.87 0.52	0.83 (0.77)0.86 0.53	0.84 (0.79)0.87 0.51	0.83 (0.77)0.86 0.54	
	Closed	0.60 (0.59)0.67 0.45	0.65 (0.65)0.71 0.42	0.71 (0.71)0.76 0.39	0.70 (0.70)0.75 0.4	0.72 (0.72)0.77 0.38	0.70 (0.69)0.75 0.4	

Figura B 10: Coeficiente de atenuación interior configuración cerrada

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

FF_s : Factor de carga solar de fenestación, se la obtiene de la Figura B11. Factor de carga sola de fenestación.

Exposure	Single Family Detached	Multifamily
North	0.44	0.27
Northeast	0.21	0.43
East	0.31	0.56
Southeast	0.37	0.54
South	0.47	0.53
Southwest	0.58	0.61
West	0.56	0.65
Northwest	0.46	0.57
Horizontal	0.58	0.73

Figura B 11: Factor de carga solar de fenestración

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Cargas por ventilación e infiltración externas

Para ventilación se debe considerar la siguiente ecuación:

$$Q_v = 0.01A_{cf} + 0.05A_{cf} + 7.5 [3.5(N_{br} + 1)]$$

A_{cf} : Depende de la zonificación detallada en la Tabla 3. Zonificación por piso.

N_{br} : Depende del número de cuartos.

Se debe considerar la Ec.

$$q_t = C_t Q_s \Delta h$$

C_t : Factor de calor total del aire y se considera $1.2 \text{ W} \cdot \text{s} \cdot \text{kJ/L} \cdot \text{kg}$

$$q_s = C_s Q_s \Delta t$$

C_s : Factor de calor total del aire y se considera $1.23 \text{ W/L} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$

$$q_l = C_l Q_s \Delta W$$

C_l : Factor de calor total del aire y se considera $3,010 \text{ W} \cdot \text{s/L}$

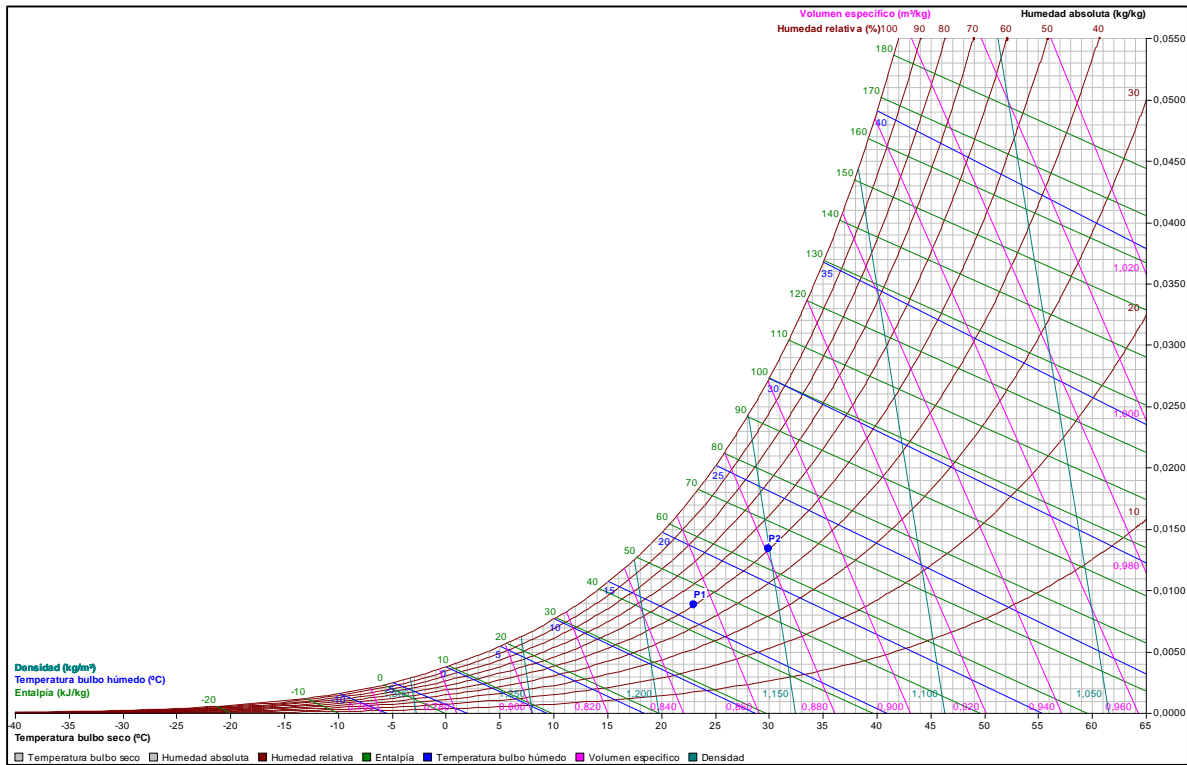


Figura B 12: Carta Psicrométrica

Fuente: Software libre DAIKIN

Tabla B 4. Información de Carta Psicrométrica

P1		P2	
Temperatura bulbo seco	23,0°C	Temperatura bulbo seco	30,0°C
Temperatura bulbo húmedo	16,2°C	Temperatura bulbo húmedo	22,0°C
Punto de rocío	12,1°C	Punto de rocío	18,5°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	50,0%
Humedad absoluta	0,0088kg/kg	Humedad absoluta	0,0134kg/kg
Entalpía	45,5kJ/kg	Entalpía	64,4kJ/kg
Densidad	1,180kg/m ³	Densidad	1,150kg/m ³
Volumen específico	0,855m ³ /kg	Volumen específico	0,881m ³ /kg
Presión	100881,3Pa	Presión	100881,3Pa
Caudal	25,0l/s	Caudal	25,0l/s

Fuente: Software libre DAIKIN

$$\Delta W_{\text{residencial}} = 0.0046 \text{ kg/kg}$$

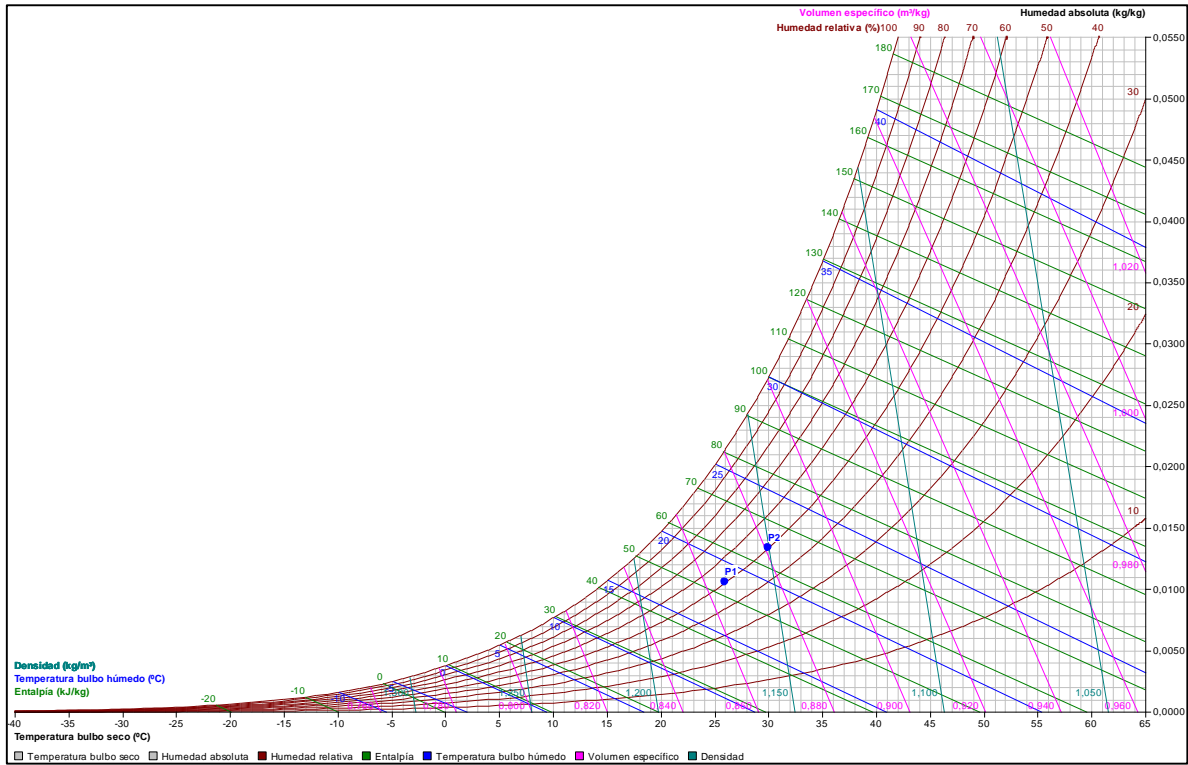


Figura B 13: Carta Psicrométrica

Fuente: Software libre DAIKIN

Tabla B 5. Información de Carta Psicrométrica

P1		P2	
Temperatura bulbo seco	26,0°C	Temperatura bulbo seco	30,0°C
Temperatura bulbo húmedo	18,7°C	Temperatura bulbo húmedo	22,0°C
Punto de rocío	14,8°C	Punto de rocío	18,5°C
Humedad relativa	50,0%	Humedad relativa	50,0%
Humedad absoluta	0,0105kg/kg	Humedad absoluta	0,0134kg/kg
Entalpía	53,0kJ/kg	Entalpía	64,4kJ/kg
Densidad	1,167kg/m ³	Densidad	1,150kg/m ³
Volumen específico	0,866m ³ /kg	Volumen específico	0,881m ³ /kg
Presión	100881,3Pa	Presión	100881,3Pa
Caudal	25,0l/s	Caudal	25,0l/s

Fuente: Software libre DAIKIN

$$\Delta W_{no\ residencal} = 0.0029\ kg/kg$$

Para infiltración se debe considerar las Ec. y Ec.

$$Q_i = A_L IDF$$

$$A_L = A_{es} A_{ul}$$

A_{es} : Depende de la zonificación detallada en la Tabla 3. Zonificación por piso.

A_{ul} : Se obtiene de la Figura B14. Unidad de área de fuga que es $1.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

Construction	Description	A_{ul} (cm ² /m ²)
Tight	Construction supervised by air-sealing specialist	0.7
Good	Carefully sealed construction by knowledgeable builder	1.4
Average	Typical current production housing	2.8
Leaky	Typical pre-1970 houses	5.6
Very leaky	Old houses in original condition	10.4

Figura B 14: Unidad de área de fuga

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

IDF : Se obtiene de la Figura B15. Valores típicos de IDF , el para aire acondicionado es

$IDF_{ac} = 0.032$, y para calefacción es $IDF_{calefacción} = 0.072$.

H , m	Heating Design Temperature, °C					Cooling Design Temperature, °C			
	-40	-30	-20	-10	0	10	30	35	40
2.5	0.10	0.095	0.086	0.077	0.069	0.060	0.031	0.035	0.040
3	0.11	0.10	0.093	0.083	0.072	0.061	0.032	0.038	0.043
4	0.14	0.12	0.11	0.093	0.079	0.065	0.034	0.042	0.049
5	0.16	0.14	0.12	0.10	0.086	0.069	0.036	0.046	0.055
6	0.18	0.16	0.14	0.11	0.093	0.072	0.039	0.050	0.061
7	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.075	0.041	0.051	0.068
8	0.22	0.19	0.16	0.14	0.11	0.079	0.043	0.058	0.074

Figura B 15: Valores típicos de IDF

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Cargas generadas por ocupantes, iluminación y equipos

Se debe considerar las siguientes ecuaciones para las cargas generadas por ocupantes, iluminación y equipos de manera general:

$$q_{ig,s} = 136 + 2.2A_{cf} + 22N_{OC} \text{ [Ec. 5]}$$

$$q_{ig,l} = 20 + 0.22A_{cf} + 12N_{OC} \text{ [Ec. 6]}$$

Dónde:

A_{cf} : Depende de la zonificación detallada en la Tabla 3. Zonificación por piso.

En caso de conocer la carga individual de iluminación se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$q_{el} = WF_{ul}F_{sa}$$

Dónde:

q_{el} : Ganancia de calor [W].

W : Potencia de luz total [W].

F_{ul} : Factor de uso de iluminación.

F_{sa} : Factor de tolerancia de iluminación.

Tabla B 6. Misceláneos

Tipo de espacio	Luces	Tipo de carga miscelánea	factor de carga W/m2
	LPD (W/m2)		
Cuarto de computo	13	4 racks de servidores blade	10,8
		2 racks de equipos de red	
Conferencia	14	cpu/monitor	10,8
		TV LCD	
		Proyectores	
Salón de clases	15	Retroproyector	10,8
		Laptop	
Oficina individual	12	cpu/monitor	5,4
Oficina ejecutivos	12	cpu/monitor	5,4
		TV LCD	
oficinas y áreas abiertas	12	cpu/monitor	21,5
		copiadora	

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009

Calefacción

Superficie exterior sobre suelo: Todas las superficies superiores expuestas a condiciones exteriores (paredes, puertas, techos, ventanas y pisos elevados) son tratadas de manera idéntica, de la siguiente manera:

$$q = A \times HF \text{ [Ec. 8]}$$

$$HF = U\Delta t \text{ [Ec. 9]}$$

Superficies en a nivel del suelo: El enfoque simplificado que trata la pérdida de calor como proporcional al perímetro de la losa permite estimar la pérdida de calor de la losa para pisos de losas no calentadas y calentadas:

$$q = p \times HF \text{ [Ec. 10]}$$

$$HF = F_p \Delta t \text{ [Ec. 11]}$$

Dónde:

q : Pérdida de calor a través del perímetro [W]

F_p : Coeficiente de pérdida de calor del perímetro [$W/m \cdot k$]

p : Perímetro (borde expuesto) del piso [m]

Table 24 Heat Loss Coefficient F_p of Slab Floor Construction

Construction	Insulation	F_p , W/(m·K)
200 mm block wall, brick facing	Uninsulated	1.17
	R-0.95 (m ² ·K)/W from edge to footer	0.86
200 mm block wall, brick facing	Uninsulated	1.45
	R-0.95 (m ² ·K)/W from edge to footer	0.85
Metal stud wall, stucco	Uninsulated	2.07
	R-0.95 (m ² ·K)/W from edge to footer	0.92
Poured concrete wall with duct near perimeter*	Uninsulated	3.67
	R-0.95 (m ² ·K)/W from edge to footer	1.24

*Weighted average temperature of heating duct was assumed at 43°C during heating season (outdoor air temperature less than 18°C).

Figura B 16: Valores típicos de F_p

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Description	Thermal Resistance $r_{c,}$ $m^2 \cdot K/W$
Bare concrete, no covering	0
Asphalt tile	0.009
Rubber tile	0.009
Light carpet	0.106
Light carpet with rubber pad	0.176
Light carpet with light pad	0.247
Light carpet with heavy pad	0.300
Heavy carpet	0.141
Heavy carpet with rubber pad	0.211
Heavy carpet with light pad	0.281
Heavy carpet with heavy pad	0.335
10 mm hardwood	0.095
16 mm wood floor (oak)	0.100
13 mm oak parquet and pad	0.120
Linoleum	0.021
Marble floor and mudset	0.031
Rubber pad	0.109
Prime urethane underlayment, 10 mm	0.284
1.5 kg/m ³ waffled sponge rubber	0.137
Bonded urethane, 13 mm	0.368

Notes:

1. Carpet pad should be no more than 6 mm thick.
2. Total resistance of the carpet is more a function of thickness than of fiber type.
3. A general rule for approximating the R-value is 0.018 times the total carpet thickness in millimetres.
4. Before carpet is installed, it should be established that the backing is resistant to long periods of continuous heat up to 50°C.

Figura B 17: Resistencia térmica

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

EJEMPLO DE CALCULO DE CARGAS

Departamento 4

CALCULO DE CARGAS PARA AIRE ACONDICIONADO

Muros expuestos:

$$q_{opq} = A[U(OF_t \Delta t + OF_b + OF_r DR)]$$

$$q_{opq} = 92.7 m^2 \left[0.50 \frac{W}{m^2 \cdot K} (1 \cdot 3K + 8.2K - 0.36 \cdot 8.2K) \right]$$

$$q_{opq} = 382.29 W$$

Cubierta:

$$q_{opq} = A[U(OF_t \Delta t + OF_b + OF_r DR)]$$

$$q_{opq} = 227.45 m^2 \left[0.20 \frac{W}{m^2 \cdot K} (1 \cdot 3K + 23.64K - 0.36 \cdot 8.2K) \right]$$

$$q_{opq} = 1,077.57 W$$

Suelo:

$$q_{opq} = A(1.9 - 1.4 \cdot h_{srf})$$
$$q_{opq} = 227.45m^2 \left(1.9 \frac{W}{m^2} - 1.4K \cdot 2.20 \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$
$$q_{opq} = -268.39 W$$

Ventanas expuestas:

$$q_{fen} = \#_{ventanas} \cdot A[U(\Delta t - 0.46DR) + PXI \cdot SHGC \cdot IAC \cdot FF_s]$$

$$q_{fen} = 8 \cdot 3.74m^2 \left[2.30 \frac{W}{m^2 \cdot K} (3K - 0.46 \cdot 8.2K) + 166 \frac{W}{m^2} \cdot 0.25 \cdot 0.85 \cdot 0.44 \right] \quad \text{Norte}$$
$$q_{fen} = 411.26 W$$

$$q_{fen} = 11 \cdot 3.74m^2 \left[2.30 \frac{W}{m^2 \cdot K} (3K - 0.46 \cdot 8.2K) + 749 \frac{W}{m^2} \cdot 0.25 \cdot 0.85 \cdot 0.31 \right] \quad \text{Este}$$
$$q_{fen} = 1,957 W$$

Infiltración y ventilación:

$$Q_i = A_L IDF$$
$$IDF = 0.032 \frac{L}{s \cdot cm^2}$$
$$A_L = A_{es} A_{ul}$$
$$A_L = 129.79cm^2$$
$$Q_i = 4.1 \frac{L}{s}$$

$$Q_v = 0.01A_{cf} + 0.05A_{cf} + 7.5 [3.5(N_{br} + 1)]$$

$$Q_v = 0.01 \cdot 227.45m^2 + 0.05 \cdot 227.45m^2 + 7.5[3.5(2 + 1)]$$

$$Q_v = 105 \frac{L}{s}$$

$$Q_{vi} = \max(Q_{unbal}, Q_i + 0.5Q_{unbal})$$

$$Q_{vi} = 105 + \max(0, 4.1 + 0.5 \cdot 0)$$

$$Q_{vi} = 109.1 \frac{L}{s}$$

$$q_{vi,s} = C_s [Q_{vi} + (1 - \epsilon_s)(Q_{bal,hr} + Q_{bal,oth})] \Delta t$$

$$q_{vi,s} = 1.23 \frac{W}{L \cdot s \cdot K} \left[109.1 \frac{L}{s} + 0 \right] 3K$$

$$q_{vi,s} = 402.6 W$$

$$q_{vi,l} = C_l (Q_{vi} + Q_{bal,oth}) \Delta W$$

$$q_{vi,l} = 3,010 \frac{W \cdot s}{L} \left(109.1 \frac{L}{s} \right) \cdot 0.0046 \frac{kg}{kg}$$

$$q_{vi,l} = 1,510.6 W$$

Ocupantes, equipos e iluminación

$$q_{ig,s} = 136 + 2.2 \cdot A_{cf} + 22 \cdot N_{oc}$$

$$q_{ig,s} = 136 + 2.2 \cdot 227.45 m^2 + 22 \cdot 10$$

$$q_{ig,s} = 856.4 W$$

$$q_{ig,l} = 20 + 0.22 A_{cf} + 12 N_{oc}$$

$$q_{ig,l} = 20 + 0.22 \cdot 227.45 m^2 + 12 \cdot 10$$

$$q_{ig,l} = 190 W$$

CALCULO DE CARGAS DE AIRE ACONDICIONADO

CALOR SENSIBLE:

- Muros expuestos: 382.29 W
- Losa: 1,077.57 W
- Suelo: -268.39 W
- Ventanas expuestas: 2,368.26 W
- Ventilación: 402.6 W
- OEI: 856.4 W

CALOR LATENTE:

- Ventilación: 1,510.6 W
- OEI: 190 W

TOTAL CALOR SENSIBLE 4.81 kW

TOTAL CALOR LATENTE 1.7 kW

CALCULO DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN

Cubierta:

$$q = AU\Delta t$$
$$q = 227.45m^2 \cdot 0.20 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 24K$$
$$q = 1,092 W$$

Paredes:

$$q = AU\Delta t$$
$$q = 92.7m^2 \cdot 0.50 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 24K$$
$$q = 1,112 W$$

Ventanas:

$$q = \#_{ventanas}AU\Delta t$$
$$q = 19 \cdot 3.74m^2 \cdot 2.30 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 24K$$
$$q = 3,922.5W$$

Infiltración y ventilación:

$$Q_i = A_L IDF$$
$$IDF = 0.072 \frac{L}{s \cdot cm^2}$$
$$A_L = A_{es}A_{ul}$$
$$A_L = 129.79cm^2$$
$$Q_i = 9.34 \frac{L}{s}$$
$$Q_v = 0.01A_{cf} + 0.05A_{cf} + 7.5 [3.5(N_{br} + 1)]$$
$$Q_v = 0.01 \cdot 227.45m^2 + 0.05 \cdot 227.45m^2 + 7.5[3.5(2 + 1)]$$
$$Q_v = 105 \frac{L}{s}$$
$$Q_{vi} = \max(Q_{unbal}, Q_i + 0.5Q_{unbal})$$
$$Q_{vi} = 105 + \max(0, 9.34 + 0.5 \cdot 0)$$

$$Q_{vi} = 114.34 \frac{L}{s}$$

$$q_{vi,s} = C_s [Q_{vi} + (1 - \varepsilon_s)(Q_{bal,hr} + Q_{bal,oth})] \Delta t$$

$$q_{vi,s} = 1.23 \frac{W}{L \cdot s \cdot K} \left[114.34 \frac{L}{s} + 0 \right] 3K$$

$$q_{vi,s} = 422 \text{ W}$$

$$q_{vi,l} = C_l (Q_{vi} + Q_{bal,oth}) \Delta W$$

$$q_{vi,l} = 3,010 \frac{W \cdot s}{L} \left(114.34 \frac{L}{s} \right) \cdot 0.0046 \frac{kg}{kg}$$

$$q_{vi,l} = 1,583.15 \text{ W}$$

Perímetro:

$$q = p F_p \Delta t$$

$$q = 60.33m \cdot 0.85 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 24K$$

$$q = 1,230.7 \text{ W}$$

CALCULO DE CARGAS DE CALEFACCIÓN

CALOR SENSIBLE:

- Cubierta: 1,092 W
- Paredes: 1,112 W
- Ventanas: 3,922.5 W
- Ventilación: 422.6 W
- Perímetro: 1,230.7 W

CALOR LATENTE:

- Ventilación: 1,583.15 W

TOTAL CALOR SENSIBLE	7.77 kW
-----------------------------	----------------

TOTAL CALOR LATENTE	1.58 kW
----------------------------	----------------

Apéndice C: Sistema de climatización de cocina

Para el sistema de climatización de la cocina se consideran equipos de servicio pesado que incluyen las cargas mostradas en la tabla C1:

Tabla C 1. Misceláneos

Tipo de espacio	Luces	Tipo de carga miscelánea	Energía
	LPD (W/m ²)		W
Áreas de descanso y distribución	10	refrigerador	1407
		microonda	3194
		máquina de café	3810
Cocina	13	freidora a gas	1495
		Rango de 8 quemadores cada Horno	42495
		Congelador de 2 puertas con acceso directo	791
		plancha de gas	17115
		mesa de vapor	21599

Fuente: ASHRAE Fundamental Handbook, 2009.

Apéndice D: Sistema de climatización de baños

TABLE 6-4 Minimum Exhaust Rates

Occupancy Category	Exhaust Rate, cfm/unit	Exhaust Rate, cfm/ft ²	Notes	Exhaust Rate, L/s/unit	Exhaust Rate, L/sm ²	Air Class
Arenas		0.50	B			1
Art classrooms		0.70			3.5	2
Auto repair rooms		1.50	A		7.5	2
Barber shops		0.50			2.5	2
Beauty and nail salons		0.60			3.0	2
Cells with toilet		1.00			5.0	2
Copy, printing rooms		0.50			2.5	2
Darkrooms		1.00			5.0	2
Educational science laboratories		1.00			5.0	2
Janitor closets, trash rooms, recycling		1.00			5.0	3
Kitchenettes		0.30			1.5	2
Kitchens commercial		0.70			3.5	2
Locker/dressing rooms		0.25			1.25	2
Locker rooms		0.50			2.5	2
Paint spray booths			F			4
Parking garages		0.75	C		3.7	2
Pet shops (animal areas)		0.90			4.5	2
Refrigerating machinery rooms			F			3
Residential kitchens	50/100		G	25/50		2
Soiled laundry storage rooms		1.00	F		5.0	3
Storage rooms, chemical		1.50	F		7.5	4
Toilets private	25/50		E	12.5/25		2
Toilets public	50/70		D	25/35		2
Woodwork shop/classrooms		0.50			2.5	2

Figura D 1: Tasa mínima de extracción en baños

Fuente: ASHRAE 62.1, 2016.

Apéndice E: Sistema de energía renovable

Calculo de producción eólica y solar

A partir del software Enair se obtuvo lo siguiente:

Recurso eólico: 75.9 kWh/d

Velocidad media: 4.3 m/s

Ahorro de CO2: 7.49 toneladas/año

Ahorro económico: 9,203 USD/año

Considerando la producción del modelo: Enair 200

Densidad aire: 106.29%

Potencia media: 3.16kW

Energía: 27,725 kWh/año

Energía: 2,310 kWh/mes

Producción eólica en kWh														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Anual
Wind speed (m/s)	4.7	5.9	4.9	3.6	3.3	3.3	3.5	3.6	3.6	5.4	4.5	4.9	4.3	
kWh/day	90.5	175.0	104.9	40.3	32.0	29.9	38.6	41.9	39.4	135.9	80.3	102.1	75.9	27725
kWh/month	2807	4944	3253	1210	992	898	1197	1297	1181	4213	2408	3166	2310	kWh/year

Figura E 1: Información mensual en kWh

Fuente: Producción eólica en kWh. Recuperado de <https://www.enair.es/es/app>

Información eólica

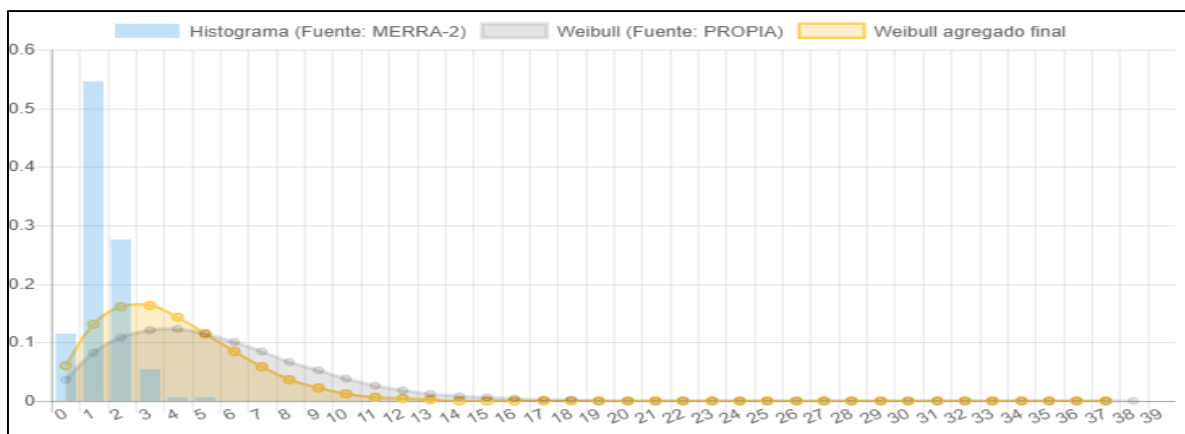


Figura E 2: Histograma de valores de velocidad

Fuente: Información eólica. Recuperado de <https://www.enair.es/es/app>

Histograma de los valores de velocidad de viento en m/s más constantes de la zona, mostrando por cada velocidad de viento los valores de distribución y las distribuciones medias. Representación gráfica de cómo se reparte el historial de vientos.

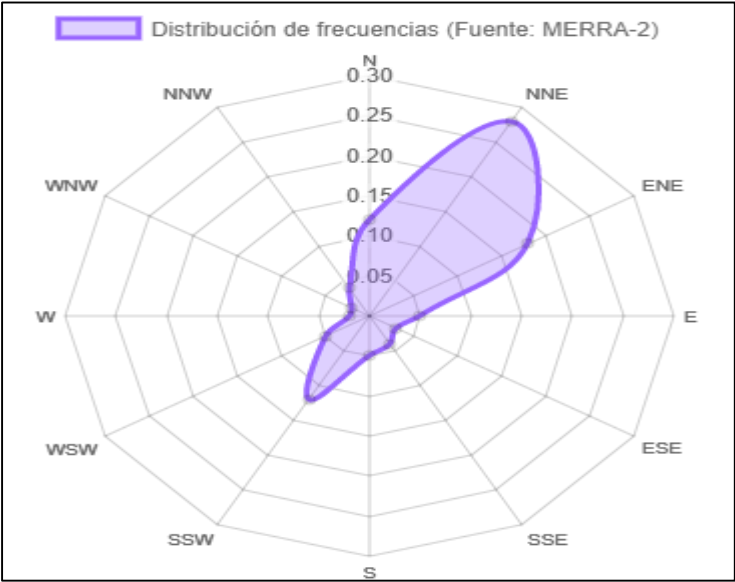


Figura E 3: Rosa de los vientos

Fuente: Rosa de los vientos. Recuperado de <https://www.enair.es/es/app>

La rosa de los vientos permite conocer los vientos predominantes, es necesaria conocerla para instalar los equipos manteniendo libre de obstáculos el sector predominante de vientos.

DATOS DE PRODUCCIÓN SOLAR Y EÓLICA COMBINADA

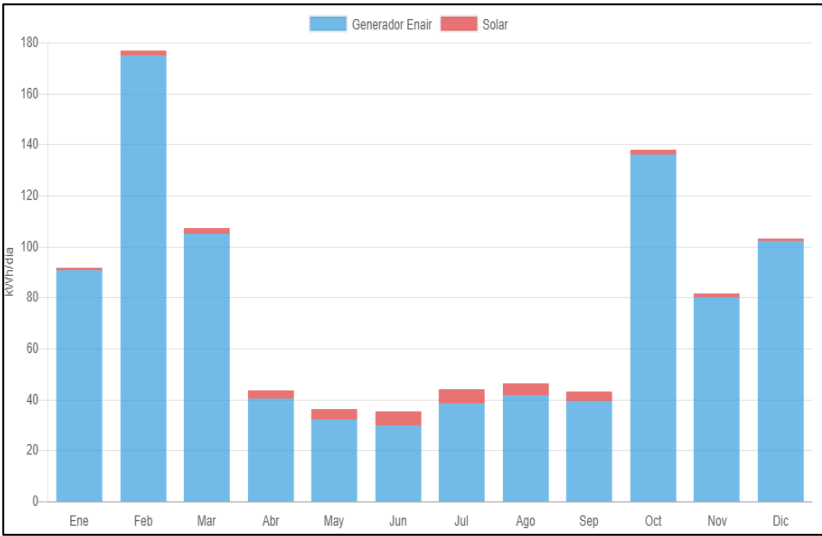


Figura E 4: Producción solar vs eólica

Fuente: Datos de producción solar y eólica combinada. Recuperado de <https://www.enair.es/es/app>

Apéndice F: Análisis de inversión para la construcción del proyecto

Como variables importantes se debe tener en cuenta el mercado potencial, la ubicación geográfica, las normas técnicas y ambientales, las restricciones, riesgos y alcance del proyecto. Teniendo en cuenta el análisis de prefactibilidad técnica donde se plasma la norma aplicable, mediante un esquema de diseño cuyo resultado final son las unidades del edificio climatizadas.

Presupuesto

Los costos directos de la instalación del proyecto de climatización hacen referencia a la construcción de la misma en sus diferentes etapas, los cuales se pueden resumir en las siguientes tablas:

Tabla F 1. Presupuesto costos directos

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO No	DESCRIPCION	UNID	CANT.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	EQUIPOS				
1.1	UNIDADES ENFRIADORAS DE AGUA (CHILER) & ICE STORAGE				
1.1.1	CH-1.-SCROLL, LIQUID CHILLER 220TR, 460V,3 Fases, 60Hz	UNID	1	\$136.268,00	\$ 136.268,00
1.1.2	ICE STORAGE	UNID	1	\$ 60.500,00	\$ 60.500,00
	110TR, 460V,3 Fases, 60Hz				
1.2	BOMBAS				
1.2.1	B/Circulación de agua, 10HP, 460V. 3Fases, 60Hz, 945 GPM, 31 FT, INCLUYE VALVULA MULTIPROPOSITO Y DIFUSOR DE SUCCION	UNID	3	\$ 3.595,78	\$ 10.787,34
1.2.2	B, Frecuencia Variable, 15HP, 460V. 3Fases, 60Hz, 945 GPM, 37 FT INCLUYE VALVULA MULTIPROPOSITO Y DIFUSOR DE SUCCION	UNID	2	\$ 5.653,32	\$ 11.306,65
1.3	TANQUE DE EXPANSION				
1.3.1	TANQUE DE EXPANSIÓN	UNID	1	\$ 1.190,54	\$ 1.190,54
1.4	SEPARADORES DE AIRE				
1.4.1	SEPARADOR DE AIRE DIÁMETRO 6"	UNID	1	\$ 1.894,78	\$ 1.894,78
1.5	TANQUE DE REPOSICION 1.2 M3				
1.5.1	TANQUE DE REPOSICIÓN 1.2 M3	UNID	1	\$ 505,95	\$ 505,95
1.6	MANEJADORAS DE AIRE EXTERIORES				

1.6.1	UMA1 A/B.- 20000 CFM, 15HP,460V, 3 Fases, 60HZ, 58.5 TR	UNID	2	\$ 34.018,60	\$ 68.037,21
1.6.2	UMA2 A-D.- 22500 CFM, 25HP,460V, 3 Fases, 60HZ, 67.7TR	UNID	4	\$ 34.582,31	\$ 138.329,23
1.6.3	VENTILADORES DE SUMINISTRO				
1.6.3.1	VS1.- 1000 CFM, 0.5 SP, 1726 RPM, 115V, 1 Fases,60 Hz	UNID	15	\$ 1.351,21	\$ 20.268,15
1.6.4	EXTRACTORES				
1.6.4.1	EXT-1, 12000 CFM, @ 1.25" wg., 1140 RPM, 1HP, 208V, 1 Fase, 60Hz. Hongo tipo Cube para grasa	UNID	2	\$ 2.508,62	\$ 5.017,24
1.6.4.2	EXT-3, 1500 CFM, 1300 RPM,1/8 HP, 115V, 1 Fase, 60Hz. Hongo	UNID	4	\$ 1.500,05	\$ 6.000,20
1.6.4.3	EXT-3, 800 CFM, 1300 RPM,1/8 HP, 115V, 1 Fase, 60Hz. Hongo	UNID	2	\$ 1.500,05	\$ 3.000,10
1.6.5	UNIDAD EXPANSION DIRECTA R410 A				
1.6.6	Suministro de Unidad Tipo Paquete de 60 Kbtu/h-R410A 208/3/60	UNID	3	\$ 8.017,00	\$ 24.051,00
1.6.7	Tipo Split Ducto 180 Mbtu/hr, 230-208 V,3 fase, 60Hz	UNID	6	\$ 10.297,34	\$ 61.784,04
1.6.8	Tipo Split Ducto 36 Mbtu/hr, 230-208 V,1 fase, 60Hz	UNID	8	\$ 1.830,06	\$ 14.640,48
1.6.9	Tipo Split Ducto 60 Mbtu/hr, 230-208 V,1 fase, 60Hz	UNID	4	\$ 2.600,10	\$ 10.400,40
1.6.10	Tipo Cassette 36 Mbtu/hr, 230-208 V,1 fase, 60Hz	UNID	4	\$ 787,77	\$ 3.151,08
1.6.11	Tipo Split fan coil 36 Mbtu/hr, 230-208 V,1 fase, 60Hz	UNID	4	\$ 752,76	\$ 3.011,04
1.7	TERMOSTATO				
1.7.1	1 ETAPA DIGITAL PROGRAMABLE	UNID	16	\$ 195,34	\$ 3.125,44
1.7.2	2 ETAPA DIGITAL PROGRAMABLE	UNID	8	\$ 463,89	\$ 3.711,12
1.8	UNIDADES VRF				
1.8.1	Cass 045, 15.000Mbu/hr, 1 fase, 60 hz	UNID	8	\$ 863,44	\$ 6.907,52
1.8.2	Cass 028, 9.600Mbu/hr, 1 fase, 60 hz	UNID	23	\$ 624,35	\$ 14.360,05
1.8.3	Unidad Exterior DC Inverter096, 96.000Mbu/hr, 3 fases, 60 hz	UNID	10	\$ 7.858,70	\$ 78.587,00
1.8.4	Manifold pipe FQG-B335A	UNID	28	\$ 77,05	\$ 2.157,40
1.8.5	Manifold pipeFQG-B506A	UNID	3	\$ 87,40	\$ 262,20
1.8.6	Wireless controller YR-H71	UNID	34	\$ 110,00	\$ 3.740,00
2	MATERIALES LOCALES				
2.1	DUCTOS DE TOL GALVANIZADO				

2.1.1	DUCTOS DE ACERO GALVANIZADO AISLADOS CON LANA DE VIDRIO SEGÚN NORMA SMACNNA	KG.	600	\$ 6,80	\$ 4.080,00
2.1.2	DUCTOS DE ACERO GALVANIZADO SIN AISLAMIENTO SEGÚN NORMA SMACNNA	KG.	800	\$ 5,80	\$ 4.640,00
2.1.3	DUCTOS DE ACERO GALVANIZADO SIN AISLAMIENTO, BRIDADOS PARA GRASA Y MONTADOS SEGÚN NORMA SMACNNA, CON COMPUERTA PARA LIMPIEZA.	KG.	2,156	\$ 5,35	\$ 11,53
2.2	DUCTOS FLEXIBLES				
2.2.1	Ducto Flexible de 8"	ML	44	\$ 12,49	\$ 549,56
2.3	REJILLAS DE SUMINISTRO				
2.3.1	12" X 12"/ color blanco /aluminio	UNID	16	\$ 6,31	\$ 100,96
2.3.2	14" X 14"/ color blanco /aluminio	UNID	50	\$ 6,31	\$ 315,50
2.3.3	Punkah louver N14 /color blanco /aluminio	UNID	21	\$ 101,00	\$ 2.121,00
2.3.4	Punkah louver N18 /color blanco /aluminio	UNID	21	\$ 101,00	\$ 2.121,00
2.4	REJILLAS DE RETORNO				
2.4.1	24" X 24"/ color blanco /aluminio	UNID	30	\$ 29,80	\$ 894,00
2.4.2	16" X 16"/ color blanco /aluminio	UNID	2	\$ 29,80	\$ 59,60
2.5	REJILLAS DE EXTRACCION				
2.5.1	8" X8"/ color blanco /aluminio	UNID	20	\$ 55,25	\$ 1.105,00
2.6	TUBERIA DE COBRE TIPO L, INCLUYE AISLAMIENTO Y ACCESORIOS				
2.6.1	Diámetro 1 1/8"	MTS	170	\$ 41,90	\$ 7.123,00
2.6.2	Diámetro 7/8"	MTS	520	\$ 41,90	\$ 21.788,00
2.6.3	Diámetro 3/4"	MTS	864	\$ 31,48	\$ 27.198,72
2.6.4	Diámetro 1/2"	MTS	620	\$ 16,49	\$ 10.223,80
2.6.5	Diámetro 3/8"	MTS	10	\$ 12,78	\$ 127,80
2.7	Suministro de Unidad de Control Alámbrico para Equipos VRV.	UNID	15	\$ 150,00	\$ 2.250,00
2.7.1	Suministro de Unidad de Control Alámbrico para Equipos Tipo Paquete.	UNID	4	\$ 100,00	\$ 400,00
2.7.2	Suministro de Unidad de Control Centralizado para Equipos VRV Indoor y Outdoor.	UNID	1	\$ 4.400,00	\$ 4.400,00
2.7.3	Suministro de Branch Tipo TA3419M	UNID	10	\$ 180,00	\$ 1.800,00
2.7.4	Suministro de Branch Tipo YA2815M	UNID	7	\$ 150,00	\$ 1.050,00
2.7.5	Suministro de Branch Tipo YA1509M	UNID	7	\$ 130,00	\$ 910,00
2.7.6	Suministro de Refrigerante R410A	LBS	100	\$ 5,20	\$ 520,00
2.8	Cable Para Comunicación				
2.8.1	Suministro de cable de control blindado, más mano de obra por instalación. No incluye Canalización.	MTS	500	\$ 5,25	\$ 2.625,00

2.9	Trampa de Drenaje					
2.9.1	Suministro e Instalación de Trampa de drenaje para Unidad Indoor VRV.	MTS	15,00	\$ 21,50	\$ 322,50	
2.10	Manga Flexible					
2.10.1	Manga Flexible Aislada de Diámetro 6".	Cajas	143,00	\$ 4,80	\$ 686,40	
2.10.2	Manga Flexible Aislada de Diámetro 8".	Cajas	130,00	\$ 5,70	\$ 741,00	
2.10.3	Manga Flexible Aislada de Diámetro 10".	Cajas	88,00	\$ 6,20	\$ 545,60	
2.10.4	Manga Flexible Aislada de Diámetro 12".	Cajas	15,00	\$ 6,40	\$ 96,00	
2.11	Filtros					
2.11.1	Suministro de Filtros	UNID	24,00	\$ 830,00	\$ 19.920,00	
3	SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA HELADA					
3.1	VALVULAS DE COMPUERTA O SERVICIO					
3.3.1	Diámetro 6", 600 GPM, 160H/H2O	UNID	10	\$ 688,57	\$ 6.885,70	
3.3.2	Diámetro 4", 149.9 GPM	UNID	10	\$ 533,59	\$ 5.335,90	
3.2	VALVULA REGULADORA DE FLUJO TIPO MARIPOSA					
3.2.1	Diámetro 4"	UNID	22	\$ 2.091,55	\$ 46.014,14	
3.3	VALVULA DE CONTROL PROPORCIONAL 2 VÍAS					
3.3.1	Diámetro 3 1/2"	UNID	6	\$ 885,74	\$ 5.314,44	
3.4	MANOMETROS					
3.4.1	Manómetros	UNID	24	\$ 47,24	\$ 1.133,76	
3.5	TERMOMETROS					
3.5.1	Termómetros	UNID	20	\$ 130,09	\$ 2.601,80	
3.6	JUNTAS FLEXIBLES					
3.6.1	Diámetro 4" pulg.	UNID	12	\$ 161,15	\$ 1.933,80	
	TUBERIA NEGRA SIN COSTURA SCH 40 (Soldable), AISLADA CON POLIURETANO CON ACCESORIOS					
4	Diámetro 8"	MTS	100	\$ 125,86	\$ 12.586,00	
4.1	Diámetro 6"	MTS	110	\$ 105,86	\$ 11.644,60	
4.2	Diámetro 4"	MTS	102	\$ 87,84	\$ 8.959,68	
4.3	Diámetro 3/4"	MTS	20	\$ 25,09	\$ 501,80	
5	MONTAJE DE EQUIPOS					
5.1	Montaje y arranque de Equipos DX, incl. Nitrógeno, Soldadura, refrigerante	UNID	154	\$ 250,86	\$ 38.632,44	
5.2	Montaje y Arranque de chiller	UNID	1	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00	
5.3	Montaje Arranque de Manejadoras	UNID	6	\$ 559,48	\$ 3.356,88	
5.4	Montaje Arranque de Bombas	UNID	7	\$ 332,98	\$ 2.330,86	
5.5	Montaje de Extractores e inyectores	UNID	36	\$ 136,86	\$ 4.926,96	

5.6	Montaje de Ductos	KG	1300	\$ 10,50	\$ 13.650,00
5.7	Grúa para izaje de equipos	UNID	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
5.8	Instalación de tubería de cobre	MTS	2179	\$ 5,30	\$ 11.548,70
5.9	Mano de Obra por Instalación, Arranque y Calibración de Equipos VRV Outdoor.	UNID	10	\$ 890,00	\$ 8.900,00
5.10	Mano de Obra por Instalación, Arranque y Calibración de Equipos VRV Indoor.	UNID	15	\$ 580,00	\$ 8.700,00
5.11	Mano de Obra por Instalación, Arranque y Programación de Sistema VRV.	Glb	1	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00
	TOTAL				\$ 1.018.077,59

Presupuesto costos indirectos

Los costos indirectos de la instalación del proyecto abarcan los necesarios para poder ejecutar la obra, estos no hacen parte del costo directo y están relacionados con conexiones a redes de servicios públicos, licencias de construcción y estudios y diseños .El cálculo de estos costos se presenta a continuación:

Tabla F 2. Presupuesto costos indirectos

Sistema de climatización	Unidad	Cantidad	P.U en dólares	Valor Total
Derechos de conexión Ser. Pub.	ud.	1	2,690.58	2,690.58
Licencia de construcción	GL	1	9,141.09	9,141.09
Honorarios de diseño	GL	1	9,321.86	9,321.86
Total de Costos indirectos				21,153.53

Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto gastos administrativos

En este rubro de los costos totales del proyecto se presupuestan los gastos de la oficina central, de la empresa, la cual está ubicada en sitio, asignándole un porcentaje de los costos totales de funcionamiento, así mismo los seguros, impuestos, servicios, y otros rubros necesarios para poder apoyar a la construcción del proyecto, este presupuesto se presenta continuación:

Tabla F 3. Presupuesto gastos administrativos

Gastos del personal	Mensual	Proyecto	%
Total gastos de personal	9,149.35	24.5	
Total arrendamientos	2,270.37	6.08	
Total contribuciones y afiliaciones	5,695.67	15.25	
Total seguros	10,000	26.78	
Total servicios	4,231.54	11.33	
Total gastos legales	773.60	2.07	
Total mant. y reparaciones	2,216.12	5.94	
Total gastos de viaje y hospedaje	3,000	8.04	
Total gastos administrativos	37,336.65	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Se establece como capital de trabajo, el efectivo necesario para poder cubrir los costos directos e indirectos y los aportes de efectivo necesarios para cubrir los costos generados en todas las etapas del proyecto.

Tabla F 4. Capital de trabajo

Capital de trabajo	354,472 dólares americanos	18/100
---------------------------	-----------------------------------	---------------

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de oportunidad del proyecto

Como parte fundamental del análisis de inversión del proyecto es clave obtener un punto de comparación de la rentabilidad, lo cual se hace calculando la Tasa de oportunidad del mismo.

Tabla F 5. Capital porcentual

VALOR	FUENTE	%
354,472.18	Capital	100

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de este proyecto se muestra la composición del capital, siendo un 100% aportado, esta es la base para calcular la tasa de oportunidad del proyecto y el costo ponderado de capital.

Tabla F 6. Cálculo tasa de oportunidad del proyecto

Tasa RF	2.56%
Prima de riesgo	7.96%
Valor esperado del mercado	13.15%
Riesgo país	5.49%
Devaluación	1.00%

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de oportunidad es 30.16% para el proyecto en Turquía.

Tabla F 7. Capital promedio ponderado

FUENTE		%	PONDERADO
Total de costos directos	295,982.00	83.34	25.28%
Total de costos indirectos	21,153.53	5.96	17.97%
Total gastos administrativos	37,336.65	10.50	3.17%
Total pasivo y patrimonio	354,472.18	100	46.42%

Fuente: Elaboración propia.

El costo promedio ponderado es del 46.42%.

Para obtener un retorno la tasa de rentabilidad debe ser igual o mayor al 46.42% para cubrir las expectativas de rentabilidad, a continuación se demostrarán los resultados obtenidos teniendo en cuenta el retorno mínimo que se debe obtener para el monto de inversión de 354,472.18 dólares americanos.

A partir los datos del capital tomado para la financiación del proyecto, se construyó la tabla de proyección en el cual se usó la tasa de oportunidad obtenida para la inversión en este tipo de proyectos de construcción y obtenida a partir del riesgo del medio de la construcción, la cual es de 30.16%.

En el periodo de retorno (PRI) se evidencia que el proyecto empieza a recibir el retorno de la inversión a 5 años, son tomar en cuenta que el edificio al Año 1 empieza a entrar operativo.

Tabla F 8. Periodo de retorno del capital

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capital	-354,472.18	164,545.98	88,163.73	21,927.94	11,748.99	6,295.10
Retorno de capital	-354,472.18	-189,926.19	-47,238.13	-25,310.19	-13,561.19	-7,266.09

Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
3,372.92	1,807.20	449.48	111.79	27.80
-3,893.17	-968.30	-240.83	-59.90	-14.89

Fuente: Elaboración propia.

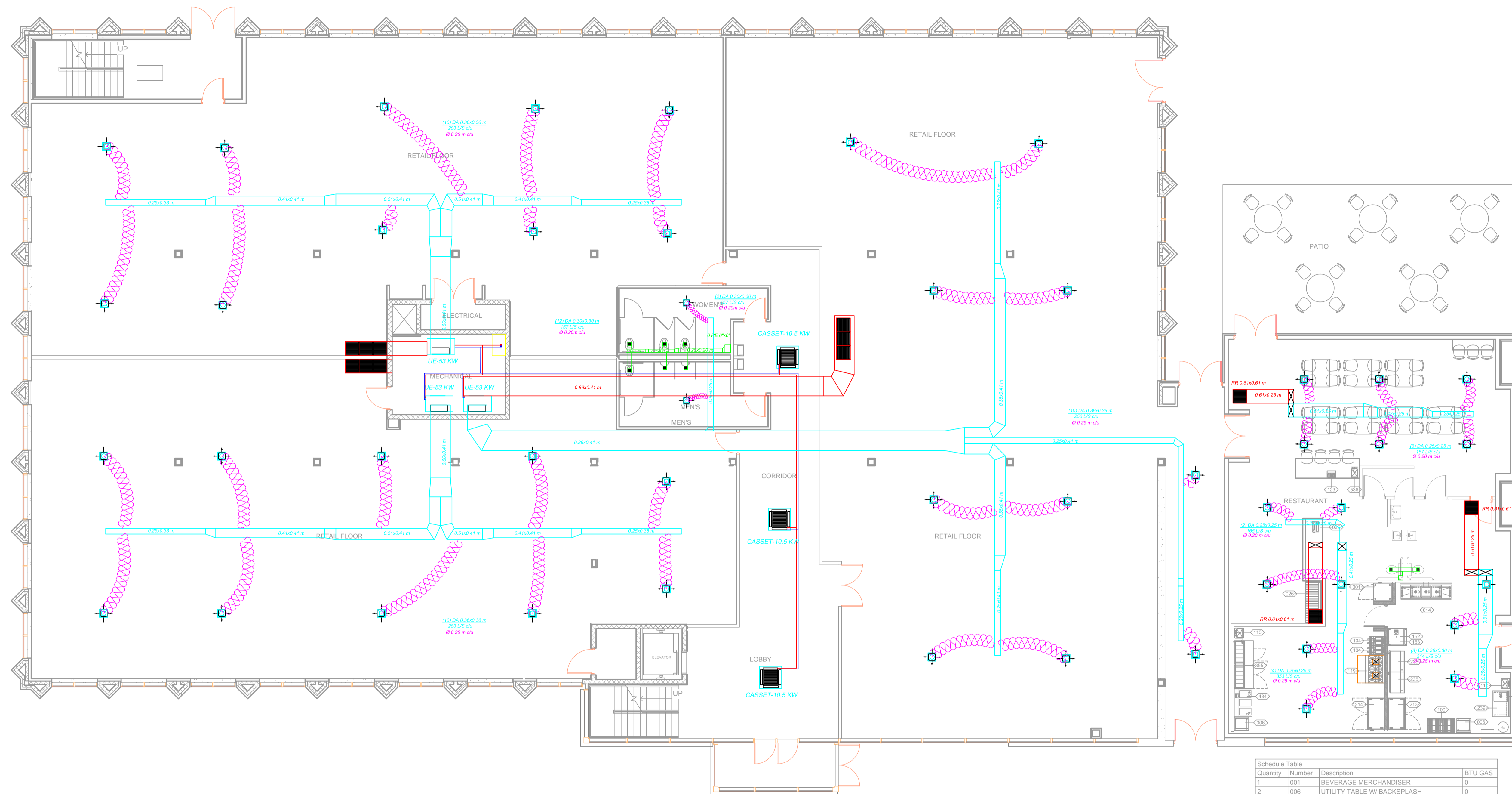
ID	Task name	Length	Start	Finish	Gantt Chart																											
					Jul '18					Ago '18					Sep '18				Oct '18				Nov '18									
					25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5								
1	☐ Implementación de un sistema de climatizacion	124 d	14/05/2018	26/10/2018																												
2	☐ Definición de parámetros iniciales	6 d	14/05/2018	19/05/2018																												
3	Diseño del sistema de climatización	1 d	14/05/2018	14/05/2018																												
4	Cálculos de carga	1 d	15/05/2018	15/05/2018																												
5	Matriz de selección del sistema	1 d	16/05/2018	16/05/2018																												
6	Selección del sistema HVAC	1 d	17/05/2018	17/05/2018																												
7	Selección de equipos del sistema HVAC	1 d	18/05/2018	18/05/2018																												
8	Dimensionamiento de redes de agua	1 d	19/05/2018	19/05/2018																												
9	☐ Reconocimiento de obra	6 d	21/05/2018	26/05/2018																												
10	Identificar la estructura afines con la instalación y	3 d	21/05/2018	23/05/2018																												
11	Identificar los procedimientos, métodos y técnicas	3 d	24/05/2018	26/05/2018																												
12	☐ Proceso de construcción	78 d	27/05/2018	11/09/2018																												
13	Establece posibles problemas en la instalación de	3 d	27/05/2018	29/05/2018																												
14	Revisar las especificaciones que deben tener las	2 d	30/05/2018	31/05/2018																												
15	Prepara el lugar de montaje de acuerdo a especifi	2 d	01/06/2018	04/06/2018																												
16	Realiza un listado de materiales, equipos y herra	2 d	05/06/2018	06/06/2018																												
17	Instalar equipos y componentes de sistemas de r	30 d	07/06/2018	18/07/2018																												
18	Verifica que la instalación de equipos y componen	7 d	19/07/2018	27/07/2018																												
19	Realiza un listado de materiales, equipos y herra	6 d	30/07/2018	06/08/2018																												
20	Instalar dispositivos electrónicos de control de inst	11 d	07/08/2018	21/08/2018																												
21	Verifica que la instalación de dispositivos electrón	15 d	22/08/2018	11/09/2018																												
22	☐ Entrega de la instlacion	33 d	12/09/2018	26/10/2018																												
23	Realizar el mantenimiento de instalaciones, segú	6 d	12/09/2018	19/09/2018																												
24	Realizar el diagnóstico, reparación de averías y p	5 d	20/09/2018	26/09/2018																												
25	Realizar operaciones de vaciado y carga de refrig	7 d	27/09/2018	05/10/2018																												
26	Configurar de pequeñas instalaciones elaborando	4 d	08/10/2018	11/10/2018																												
27	Elaborar la documentación técnica y administrativ	11 d	12/10/2018	26/10/2018																												

Project name:

Project start: mié 14 feb 2018

Project finish: vie 26 oct 2018

APÉNDICE G
Planos Esquemáticos



FIRST FLOOR TENANT PLAN

Quantity	Number	Description	BTU GAS
1	001	BEVERAGE MERCHANDISER	0
2	006	UTILITY TABLE W/ BACKSPASH	0
1	014	3 COMPARTMENT SINK	0
1	025	P.O.S. TERMINAL	0
1	026	BEVERAGE MERCHANDIZER - OPEN AIR	0
1	100	METRO SHELIVING 24" x 48"	0
2	104	FRYER - GAS	120,000
2	110	HAND SINK	0
1	119	8 BURNER RANGE W/ OVEN	358,000
1	123	BEVERAGE DISPENSER	0
1	152	ICE MAKER	0
1	153	ICE BIN	0
1	213	2-DOOR REACH-IN FREEZER	0
1	214	2-DOOR REACH-IN REFRIGERATOR	0
2	235	GAS GRIDDLE - 36	95,000
1	239	PREP SINK W/ DRAINBOARD	0
1	355	PIZZA PREP TABLE	0
1	434	STEAM TABLE	0
1	536	HAND SINK - UNDERBAR	0

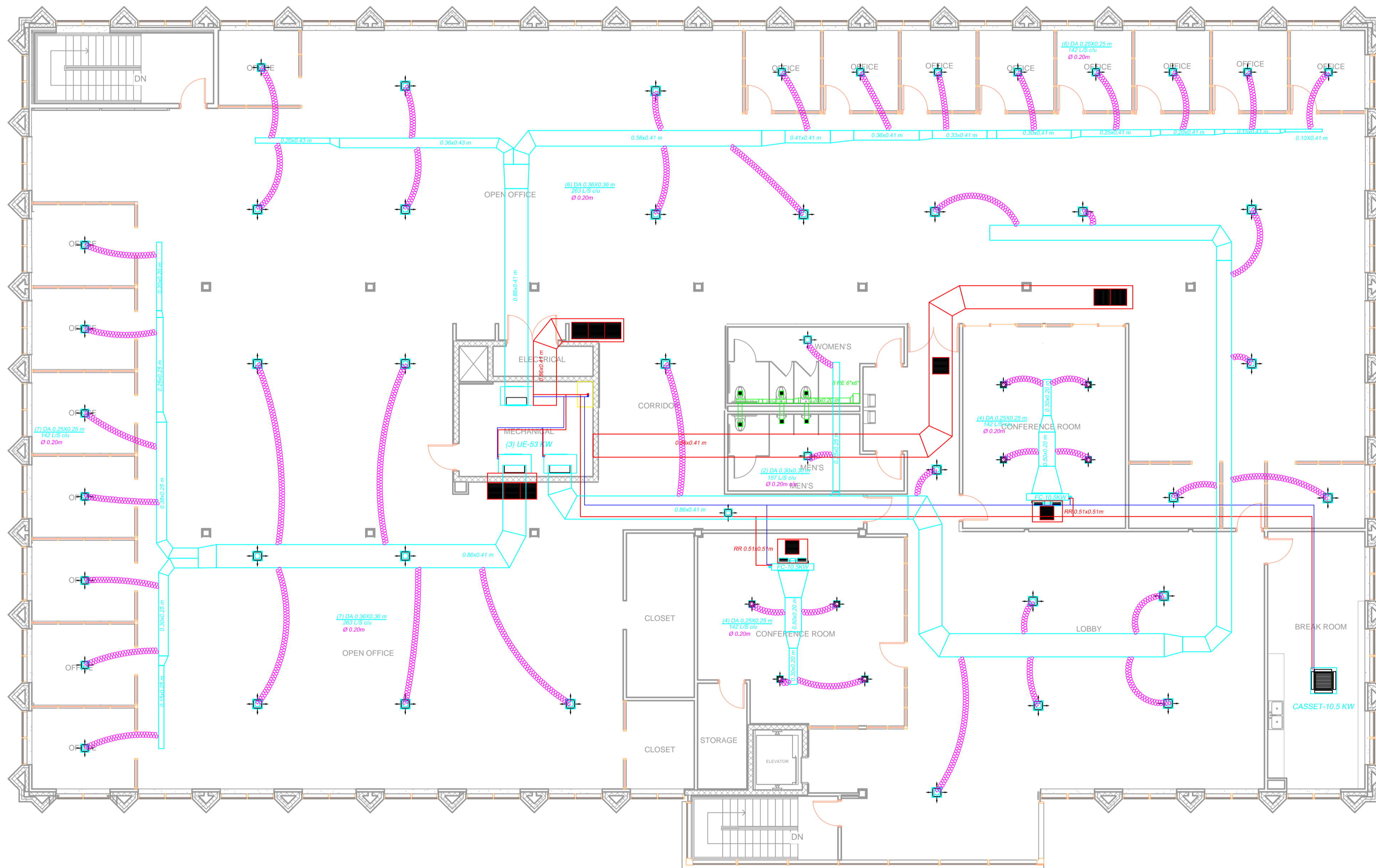
SIMBOLOGIA	
UE	UNIDAD EVAPORADORA
UC	UNIDAD CONDENSADORA
UP	UNIDAD PAQUETE
DA	DIFUSOR DE AIRE
RR	REJILLA DE RETORNO
DL	DIFUSOR LINEAL
DLR	DIFUSOR LINEAL DE RETORNO
RE	REJILLA DE EXTRACCION
RD	REJILLA DE DESCARGA
VE	VENTILADOR EXTRACTOR
VS	VENTILADOR DE SUMINISTRO
▼T	TERMOSTATO
●	DRENÁJE
—	TUBERIA DE COBRE

Planta Baja

PROYECTO:
EDIFICIO MULTIUSO

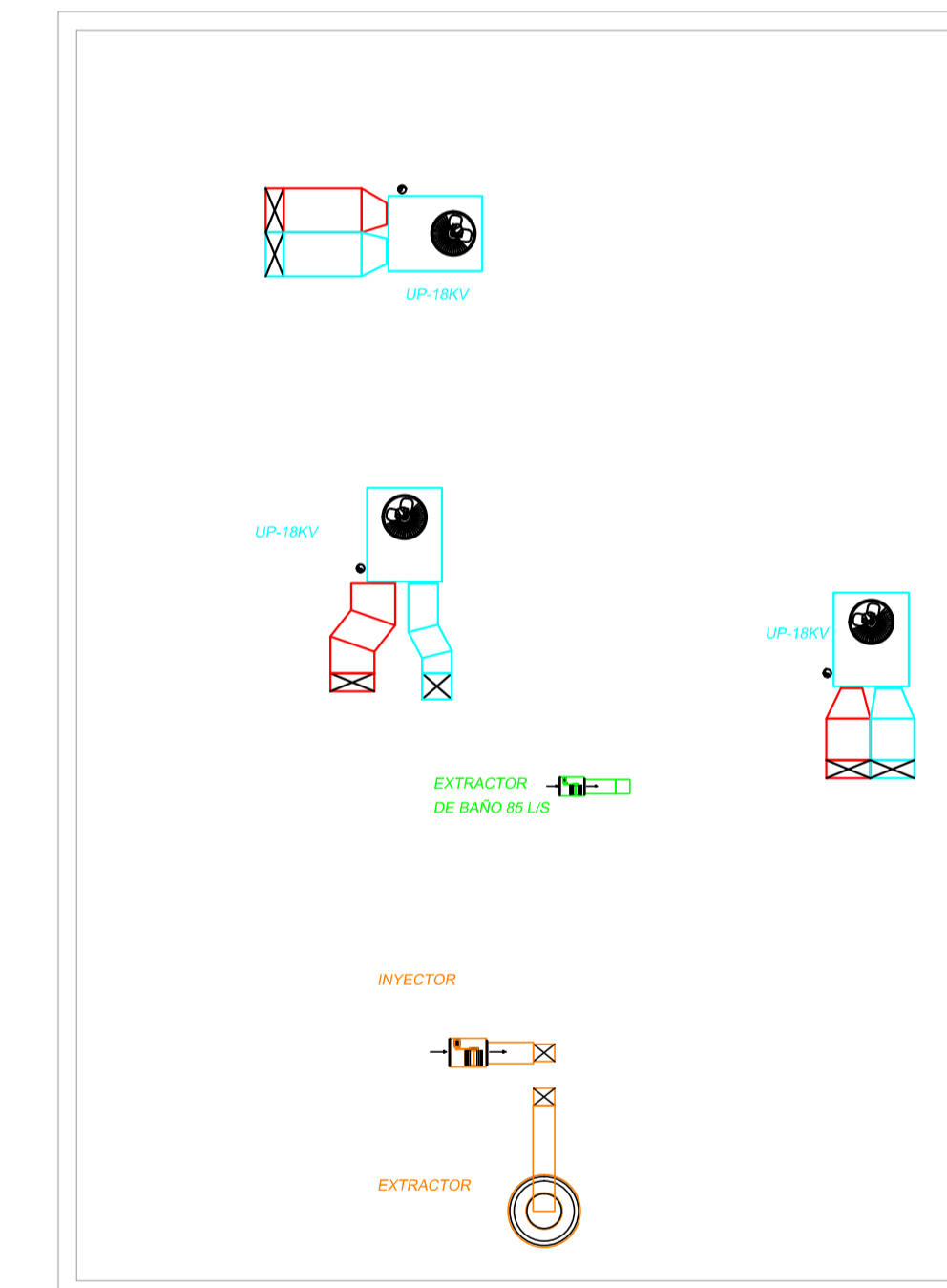
CONTIENE:
 DISEÑO DE AA/CC - PLANTA BAJA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	DIBUJÓ: Nelson Muñoz Alfonso Chillaquina
	REVISADO POR: Phd. GUILLERMO SORIANO
	FECHA: 18/02/2018
FORMATO A1	ESCALA 1: 100
	LAMINA 1/5



SECOND FLOOR TENANT PLAN

Piso 1

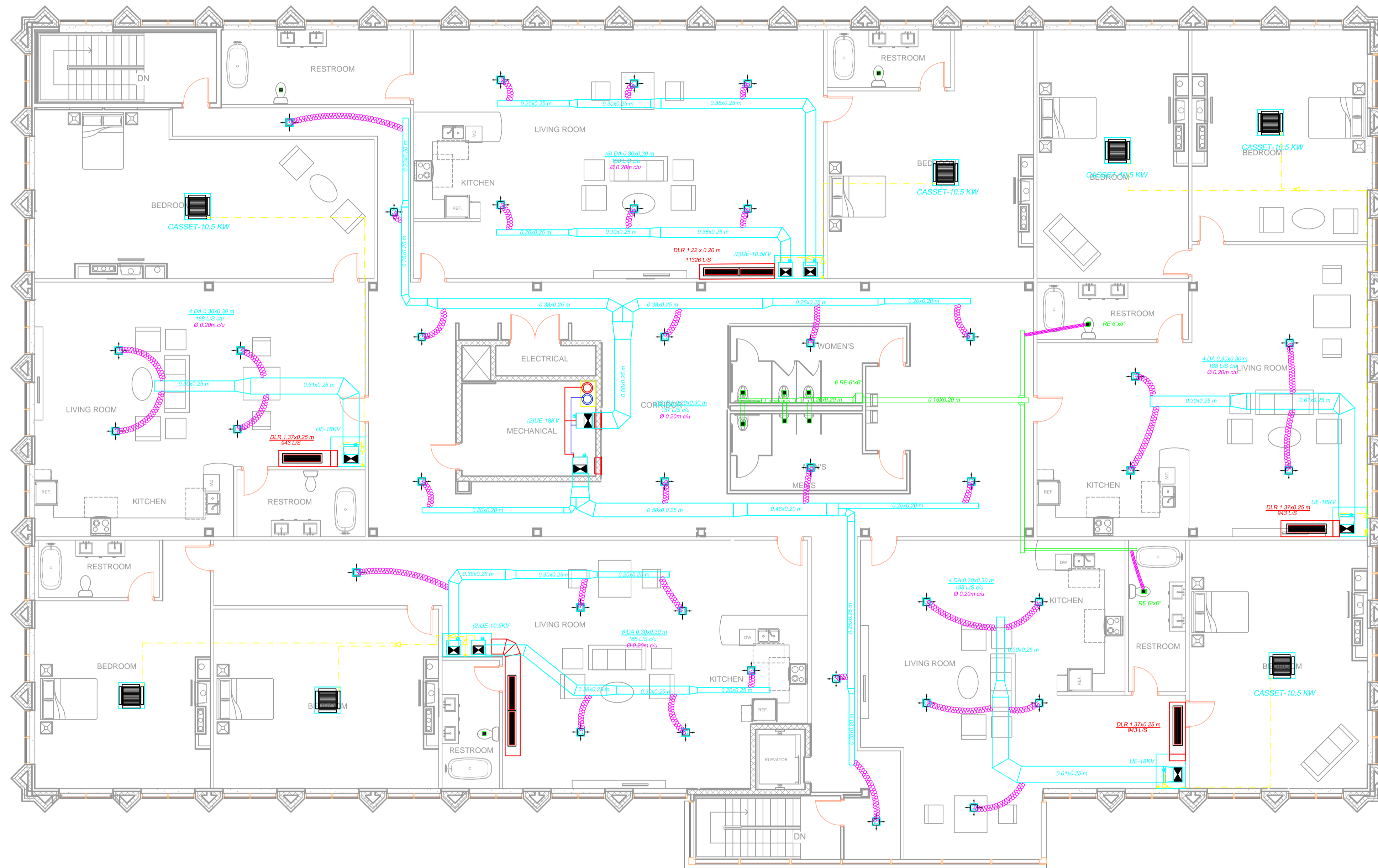


SIMBOLOGIA	
UE	UNIDAD EVAPORADORA
UC	UNIDAD CONDENSADORA
UP	UNIDAD PAQUETE
DA	DIFUSOR DE AIRE
RR	REJILLA DE RETORNO
DL	DIFUSOR LINEAL
DLR	DIFUSOR LINEAL DE RETORNO
RE	REJILLA DE EXTRACCION
RD	REJILLA DE DESCARGA
VE	VENTILADOR EXTRACTOR
VS	VENTILADOR DE SUMINISTRO
▼T	TERMOSTATO
●	DRENÁJE
—	TUBERIA DE COBRE

PROYECTO:
EDIFICIO MULTIUSO

CONTIENE:
DISEÑO DE AA/CC - PISO 1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	DIBUJO: Nelson Muñoz Alfonso Chiliquinga
	REVISADO POR: Phd. GUILLERMO SORIANO
	FECHA: 18/02/2018
FORMATO A1	ESCALA 1: 100
	LAMINA 2/5

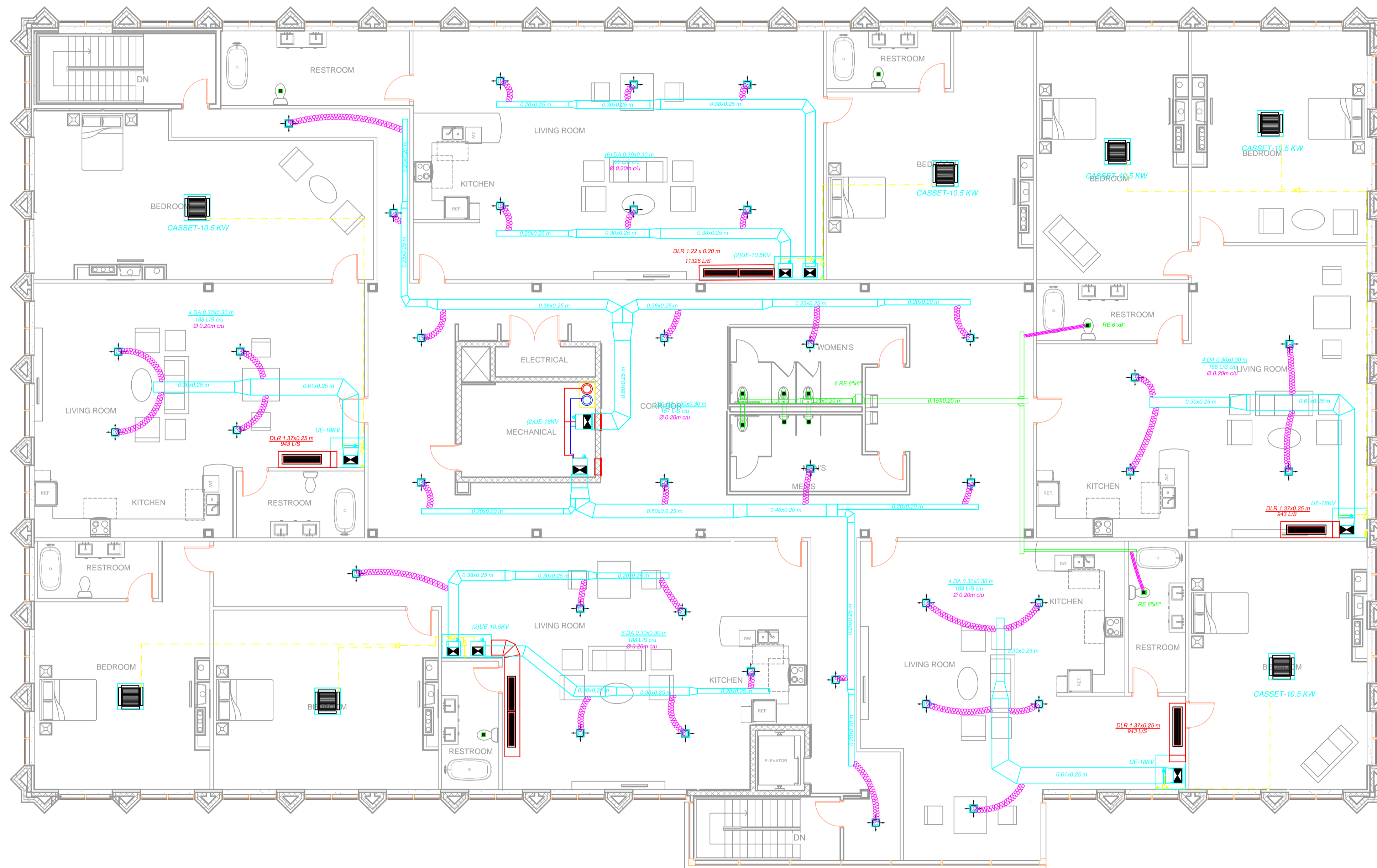


THIRD FLOOR TENANT PLAN

Piso 2

SIMBOLOGIA	
UE	UNIDAD EVAPORADORA
UC	UNIDAD CONDENSADORA
UP	UNIDAD PAQUETE
DA	DIFUSOR DE AIRE
RR	REJILLA DE RETORNO
DL	DIFUSOR LINEAL
D.L.R.	DIFUSOR LINEAL DE RETORNO
RE	REJILLA DE EXTRACCION
RD	REJILLA DE DESCARGA
VE	VENTILADOR EXTRACTOR
VS	VENTILADOR DE SUMINISTRO
▼T	TERMOSTATO
●	DRENÁJE
—	TUBERIA DE COBRE

PROYECTO: EDIFICIO MULTIUSO		
CONTIENE: DISEÑO DE AA/CC - PISO 2		
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	DIBUJÓ: Nelson Muñoz Alfonso Chiliquinga	REVISADO POR: Phd. GUILLERMO SORIANO
	FECHA: 18/02/2018	FORMATO ESCALA LAMINA A1 1: 100 3/5



THIRD FLOOR TENANT PLAN

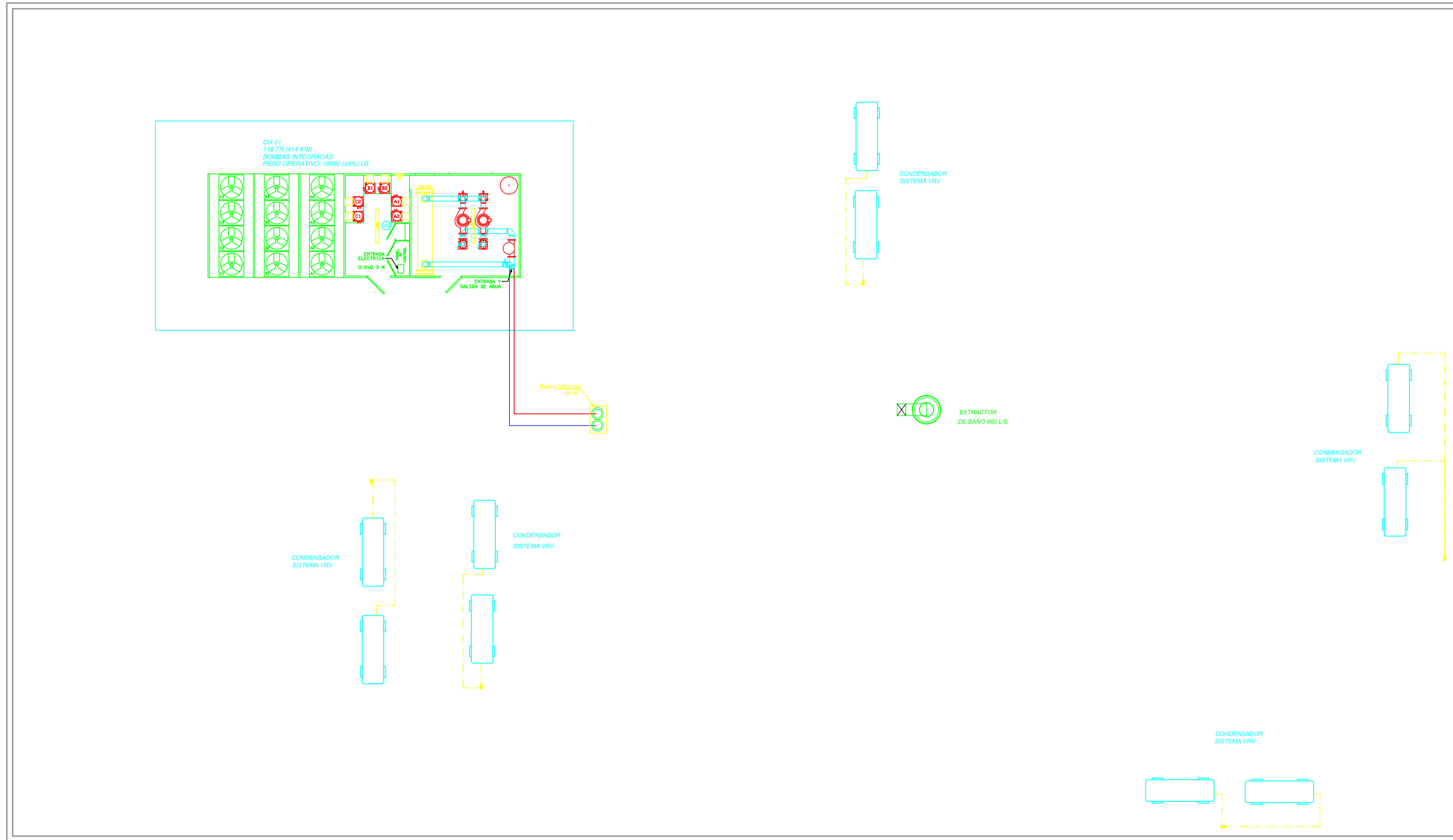
Piso 3

SIMBOLOGIA	
UE	UNIDAD EVAPORADORA
UC	UNIDAD CONDENSADORA
UP	UNIDAD PAQUETE
DA	DIFUSOR DE AIRE
RR	REJILLA DE RETORNO
DL	DIFUSOR LINEAL
DLR	DIFUSOR LINEAL DE RETORNO
RE	REJILLA DE EXTRACCION
RD	REJILLA DE DESCARGA
VE	VENTILADOR EXTRACTOR
VS	VENTILADOR DE SUMINISTRO
▼T	TERMOSTATO
●	DRENÁJE
—	TUBERIA DE COBRE

PROYECTO: **EDIFICIO MULTIUSO**

CONTIENE: **DISEÑO DE AA/CC - PISO 3**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	DIBUJO: Nelson Muñoz Alfonso Chilliquinga
	REVISADO POR: Phd. GUILLERMO SORIANO
	FECHA: 18/02/2018
FORMATO: A1	ESCALA: 1:100
	LAMINA: 4/5



SIMBOLOGIA	
UE	UNIDAD EVAPORADORA
UC	UNIDAD CONDENSADORA
UP	UNIDAD PAQUETE
DA	DIFUSOR DE AIRE
RR	REJILLA DE RETORNO
DL	DIFUSOR LINEAL
DLR	DIFUSOR LINEAL DE RETORNO
RE	REJILLA DE EXTRACCION
RD	REJILLA DE DESCARGA
VE	VENTILADOR EXTRACTOR
VS	VENTILADOR DE SUMINISTRO
▼T	TERMOSTATO
●	DRENÁJE
—	TUBERIA DE COBRE

PROYECTO:
EDIFICIO MULTIUSO

CONTIENE:
DISEÑO DE AA/CC - CUBIERTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	DIBUJÓ: Nelson Muñoz Alfonso Chilibuina
	REVISADO POR: Phd. GUILLERMO SORIANO
	FECHA: 18/02/2018
FORMATO A1	ESCALA 1: 100
	LAMINA 5/5

Cubierta

Apéndice H: Simulación energética.

Mediante el uso del software de Autodesk Revit versión estudiantil se realizó la simulación energética del sistema de chiller obteniendo lo siguiente:

Ubicación y Orientación del edificio:



Figura H 1: Ubicación geográfica del edificio

Fuente: Google maps.

El edificio multiuso se estima este ubicado cerca del aeropuerto internacional de Atatürk. Se prevee la siguiente orientación dada la ubicación del edificio:

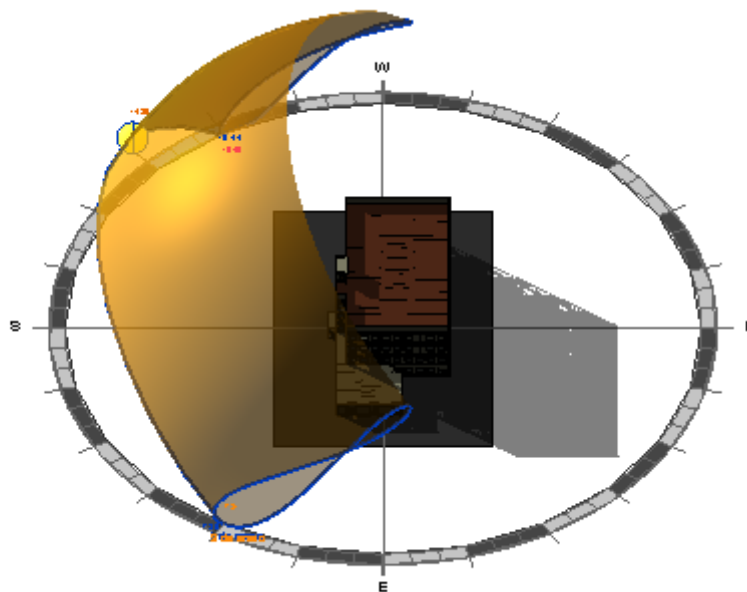


Figura H 2: Orientación del edificio.

Fuente: Autodesk Revit, 2015

Resultados del análisis energético para el sistema de unidad enfriadora de líquido (Chiller) enfriado por agua con acumulador de hielo (Ice Storage)

Monthly Heating Load

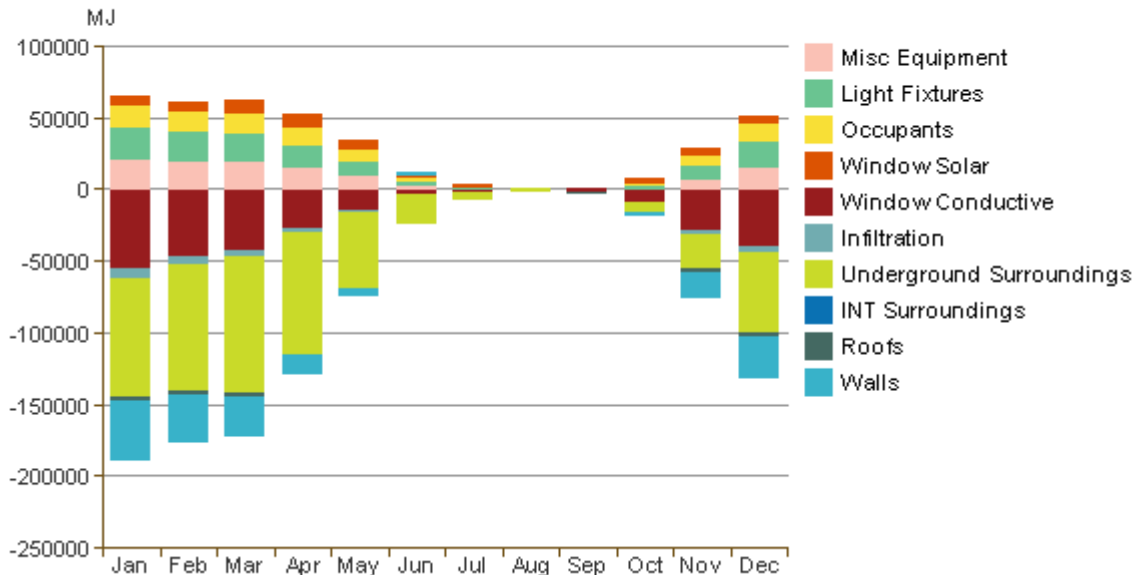


Figura H 3: Carga de calefacción por mes

Fuente: Autodesk Revit, 2015.

Monthly Cooling Load

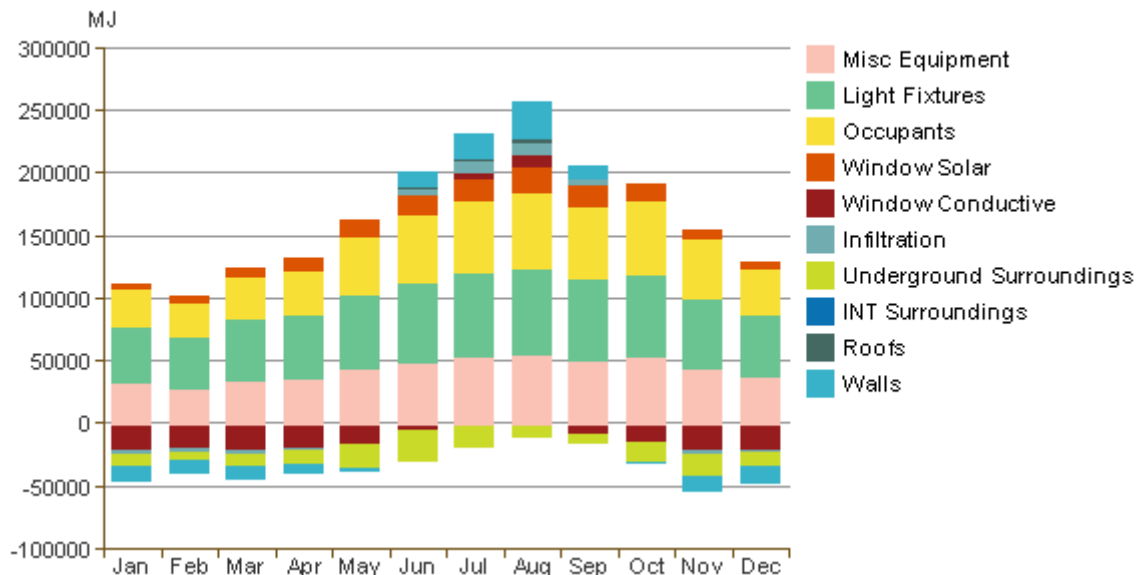


Figura H 4: Carga de aire acondicionado por mes

Fuente: Autodesk Revit, 2015.

Monthly Electricity Consumption

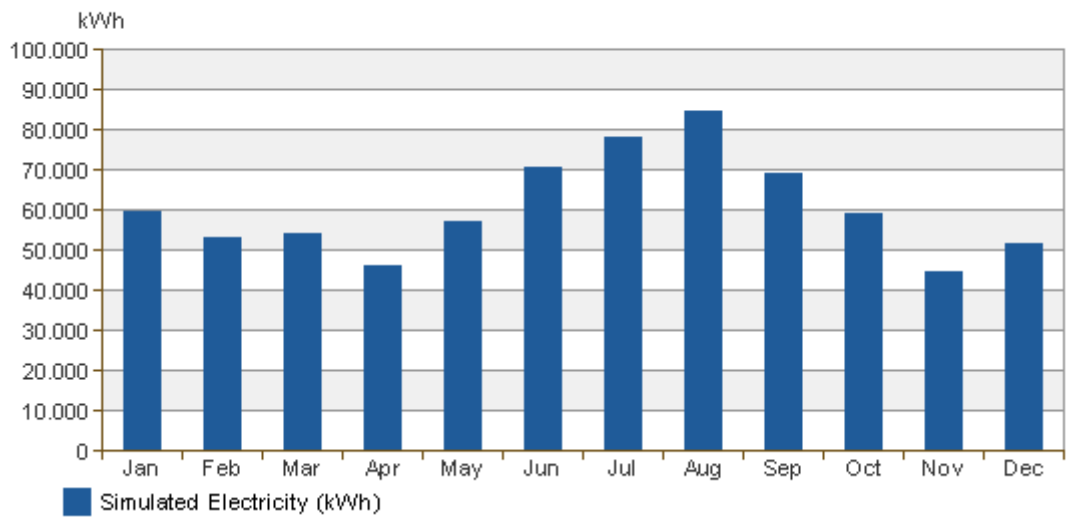


Figura H 5: Consumo eléctrico mensual

Fuente: Autodesk Revit, 2015.

Monthly Peak Demand

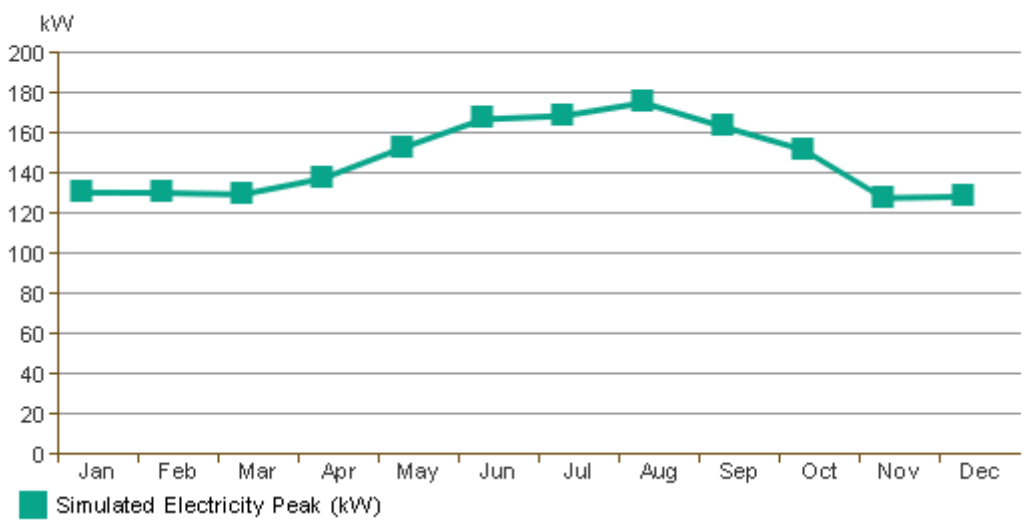


Figura H 6: Demanda pico mensual

Fuente: Autodesk Revit, 2015

Simulación del sistema VRF

Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con bomba de calor (Heat Pump)

Se procedió a realizar la simulación del sistema VRF con bomba de calor para un departamento suponiendo que todos los equipos no trabajan al mismo tiempo y para una configuración de 4 evaporadores con un solo condensador ya que es el sistema con mayor cantidad de equipos y por lo tanto el de mayor consumo, dando como resultado lo siguiente:

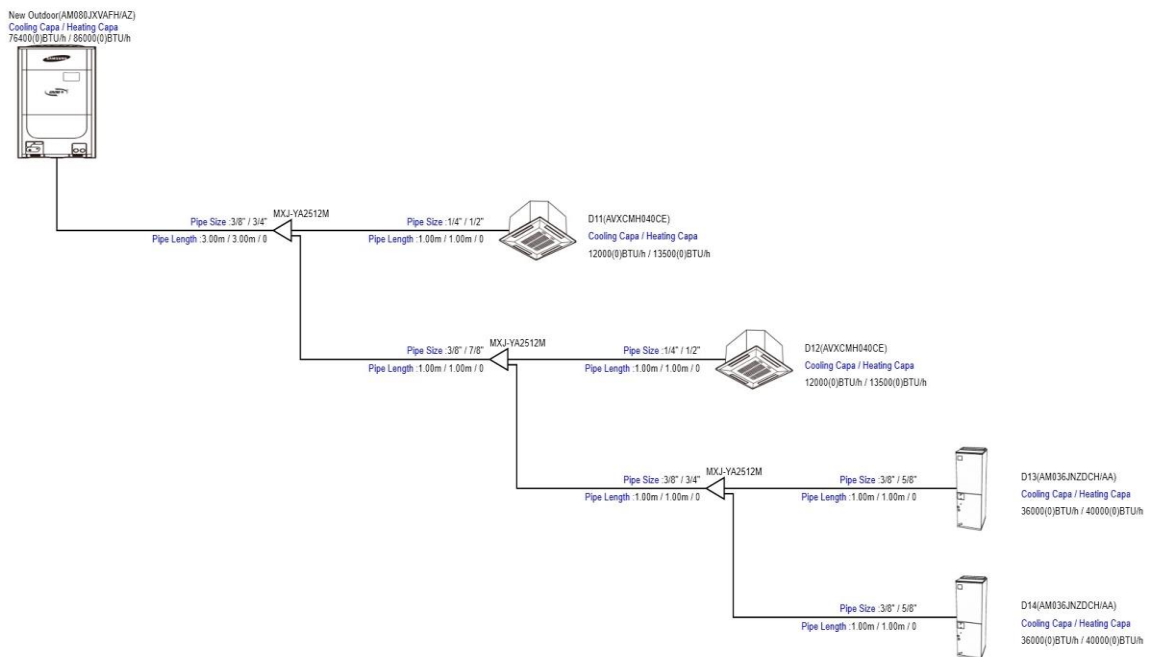


Figura H 7: Configuración del sistema VRF con bomba de calor.

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Tabla H 1. Especificaciones de la unidad exterior

Nombre del modelo			AM080JXVAFH/AZ	
Fuente de alimentación			Ø, #, V, Hz	3,3,208-230,60Hz
modo			-	HEAT PUMP
rendimiento	HP / TON		HP/TON	8
	Capacidad (Nominal)	refrigeración	kW	22.4
			BTU/h	76400
		refrigeración 46 °C	kW	-
			BTU/h	N/A

		Calefacción	kW	25.2
			BTU/h	86000
	-20 °C	Calefacción (temperatura ambiente baja.)	kW	-
			BTU/h	N/A
Potencia	Potencia Consumida (nominal)	refrigeración	kW	4.35
		Calefacción	kW	4.44
	Potencia Consumida (específica)		kW	N/A
	Corriente de entrada (nominal)	refrigeración	A	12.7
		Calefacción	A	12.9
	Max. Corriente de consumo		A	28
	Interruptor de protección		A	40
COP	Refrigeración		-	5.15
	Calefacción		-	5.68
compresor	tipo		-	SSC Scrollx1
	salida		kW x n	5.09x1
ventilador	tipo		-	Propeller
	salida		W	830
	Número de unidades		EA	1
	Caudal de aire		CFM	6003.72
	Presión estática externa	Máx.	W.G.	0.314959401
Conexiones de Tubería	Tubería de Líquido		Ø,mm(in)	9.52(3/8")
	tubería de gas		Ø,mm(in)	19.05(3/4")
	Tubería de Descarga de Gas		Ø,mm(in)	-(-)
	Tubería de Equilibrado de Aceite		Ø,mm(in)	N/A(N/A)
Cableado de campo	Cable de comunicación		mm2	-
	cable de comunicación		mm2	-
refrigerante	tipo		-	R410A
	Carga de Fabrica		lbs	12.125
sonido	Presión sonora		dB(A)	57
Dimensión externa	Peso neto		lbs	406.752
	Peso del producto		lbs	442.026
	Dimensiones netas (AncxAltxPr)		mm	880.00x1695.00x765.00
	Dimensiones embalaje (AncxAltxPr)		mm	948.00x1887.00x832.00
Rango Temp de funcionamiento	enfriamiento		°F	23.00~118.40
	Calefacción		°F	-13.00~75.20

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Tabla H 2. Especificaciones de la unidad interior

Modelo				AM036JNZDCH/AA	AVXCMH040CE
Fuente de alimentación			Ø, #, V, Hz	1,2,208-230,60Hz	1,2,208-230,60Hz
rendimiento	Capacidad (Nominal)	Refrigeración	kW	10.55	3.5169
			BTU/h	36000	12000
		Refrigeración (Sensible)	kW	7.47	2.7256
			BTU/h	25500	9300
		Calefacción	kW	11.72	3.9565
			BTU/h	40000	13500
potencia	Potencia Consumida (nominal)	refrigeración	W	218	110
		Calefacción	W	218	110
	Intensidad consumida	refrigeración	A	1.58	0.47
		Calefacción	A	1.58	0.47
ventilador	motor	tipo	-	Sirocco (ECM)	Turbo Fan
		salida	W	410	55
		Numero de unidad	EA	1	1
	Caudal de aire	A/M/B (UL)	CFM	1053.12/-/921.04	423.79/353.16/282.52
	Presión externa	Min / Std / Max	W.G.	0.10 / 0.40 / 1.00	-
Conexiones de Tubería	Tubería de Liquido		Ø,mm(in)	9.52(3/8")	6.35(1/4")
	tubería de gas		Ø,mm(in)	15.88(5/8")	12.7(1/2")
	Tubería de Condensados		Ø,mm	FPT 3/4"	VP25 (OD 32,ID 25)
Cableado de campo	Cable de comunicación		mm2	14 AWG	AWG 16~14
	cable de comunicación		mm2	2 X 16 AWG SHIELDED/-	AWG 18/16
refrigerante	tipo		-	R410A	R410A
	Método de control		-	EEV INCLUDED	EEV INCLUDED
sonido	Presión sonora	Alto / Bajo	dba	42/-	42/37
dimensiones	Peso neto		lbs	125.999	37.478
	Peso del producto		lbs	136.999	44.092
	Dimensiones netas (AncxAltxPr)		mm	533.00x1219.00x533.00	575.00x260.00x575.00
	Dimensiones embalaje (AncxAltxPr)		mm	591.00x1308.00x667.00	660.00x310.00x635.00
Tamaño de la pantalla	modelo de Panel		-		
	Peso neto panel		lbs		
	Peso del producto		lbs		
	Dimensiones netas (AncxAltxPr)		mm		
	Dimensiones embalaje (AncxAltxPr)		mm		

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Tabla H 3. Tabla de cantidades

índice	modelo	Cantidad	Observación(Categorías)
unidad exterior	AM080JXVAFH/AZ	1	DVM S(NEW)
unidad interior	AVXCMH040CE	2	4Way CASSETTE (600x600)
	AM036JNZDCH/AA	2	Multi AHU(Vertical)
tubería	MXJ-YA2512M	3	Y-Joint
Tubería de refrigerante	6.35(1/4")	2	m
	9.52(3/8")	7	m
	12.70(1/2")	2	m
	15.88(5/8")	2	m
	19.05(3/4")	4	m
	22.22(7/8")	1	m
Cantidad de Refrigerante adicional	R410A	5.004	lbs

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) con recuperación de calor (Heat Recovery)

Se procedió a realizar la simulación del sistema VRF con recuperación de calor para un departamento suponiendo la misma configuración del sistema con bomba de calor una configuración de 4 evaporadores con un solo condensador ya que es el sistema con mayor cantidad de equipos y por lo tanto el de mayor consumo, dando como resultado lo siguiente:

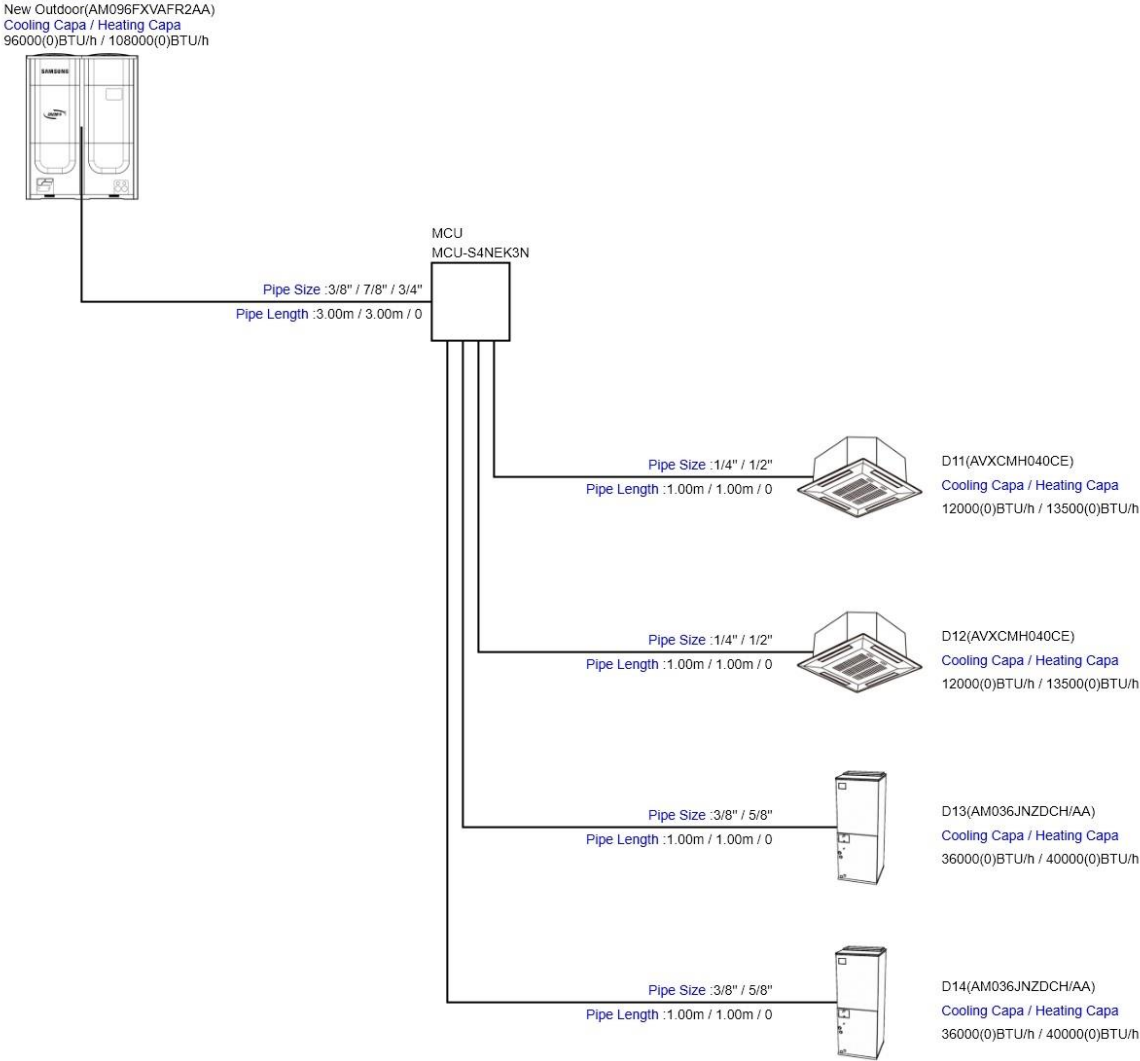


Figura H 8. Configuración del sistema VRF con bomba de calor.

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Tabla H 4. Especificaciones de la unidad exterior

Nombre del modelo			AM096FXVAFR2AA	
Fuente de alimentación			Ø, #, V, Hz	3,3,208-230,60Hz
modo			-	HEAT RECOVERY
rendimiento	HP / TON		HP/TON	10
	Capacidad (Nominal)	refrigeración	kW	28.13
			BTU/h	96000
		refrigeración 46 °C	kW	-
			BTU/h	N/A
	Calefacción	kW	31.65	
		BTU/h	108000	
-20 °C	Calefacción (temperatura ambiente baja.)	kW	-	
		BTU/h	N/A	
potencia	Potencia Consumida (nominal)	refrigeración	kW	5.64
		Calefacción	kW	6.28
	Potencia Consumida (específica)		kW	N/A
	Corriente de entrada (nominal)	refrigeración	A	15.3887
		Calefacción	A	17.135
	Max. Corriente de consumo		A	37.8
	Interruptor de protección		A	50
COP	Refrigeración		-	4.99
	Calefacción		-	5.04
compresor	tipo		-	SSC Scrollx2
	salida		kW x n	5.09x2
ventilador	tipo		-	Propeller
	salida		W	620x2
	Número de unidades		EA	2
	Caudal de aire		CFM	9182.16x2
	Presión estática externa	Max.	W.G.	0.314959401
Conexiones de Tubería	Tubería de Líquido		Ø,mm(in)	9.52(3/8")
	tubería de gas		Ø,mm(in)	22.22(7/8")
	Tubería de Descarga de Gas		Ø,mm(in)	19.05(3/4")
	Tubería de Equilibrado de Aceite		Ø,mm(in)	N/A(N/A)
Cableado de campo	Cable de comunicación		mm2	AWG
	cable de comunicación		mm2	AWG/
refrigerante	tipo		-	R410A
	Carga de Fabrica		lbs	16.314
sonido	Presión sonora		dB(A)	61
dimensión externa	Peso neto		lbs	637.136
	Peso del producto		lbs	679.023
	Dimensiones netas (AncxAltPr)		mm	1295.00x1695.00x765.00
	Dimensiones embalaje (AncxAltPr)		mm	1363.00x1887.00x832.00
Rango Temp. de funcionamiento	enfriamiento		°F	23.00~120.02

	Calefacción	°F	-13.00~75.02
--	-------------	----	--------------

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Tabla H 5. Especificaciones de las unidades interiores

modelo			AM036JNZDCH/AA	AVXCMH040CE	
Fuente de alimentación			Ø, #, V, Hz	1,2,208-230,60Hz	
rendimiento	Capacidad (Nominal)	Refrigeración	kW	10.55	3.5169
			BTU/h	36000	12000
		Refrigeración (sensible)	kW	7.47	2.7256
			BTU/h	25500	9300
		Calefacción	kW	11.72	3.9565
			BTU/h	40000	13500
potencia	Potencia Consumida (nominal)	refrigeración	W	218	110
		Calefacción	W	218	110
	Intensidad consumida	refrigeración	A	1.58	0.47
		Calefacción	A	1.58	0.47
ventilador	motor	tipo	-	Sirocco (ECM)	Turbo Fan
		salida	W	410	55
		Numero de unidad	EA	1	1
	Caudal de aire	A/M/B (UL)	CFM	1053.12/-/921.04	423.79/353.16/282.52
	Presión externa	Min / Std / Max	W.G.	0.10 / 0.40 / 1.00	-
Conexiones de Tubería	Tubería de Liquido		Ø,mm(in)	9.52(3/8")	6.35(1/4")
	tubería de gas		Ø,mm(in)	15.88(5/8")	12.7(1/2")
	Tubería de Condensados		Ø,mm	FPT 3/4"	VP25 (OD 32,ID 25)
Cableado de campo	Cable de comunicación		mm2	14 AWG	AWG 16~14
	cable de comunicación		mm2	2 X 16 AWG SHIELDED/-	AWG 18/16
refrigerante	tipo		-	R410A	R410A
	Método de control		-	EEV INCLUDED	EEV INCLUDED
sonido	Presión sonora	Alto / Bajo	dBa	42/-	42/37
dimensión	Peso neto		lbs	125.999	37.478
	Peso del producto		lbs	136.999	44.092
	Dimensiones netas (AncxAltxPr)		mm	533.00x1219.00x533.00	575.00x260.00x575.00
	Dimensiones embalaje (AncxAltxPr)		mm	591.00x1308.00x667.00	660.00x310.00x635.00
Tamaño de la pantalla	modelo de Panel		-		
	Peso neto panel		lbs		
	Peso del producto		lbs		
	Dimensiones netas (AncxAltxPr)		mm		
	Dimensiones embalaje (AncxAltxPr)		mm		

Tabla H 6. Tabla de cantidades

índice	modelo	Cantidad	Observación (Categorías)
unidad exterior	AM096FXVAFR2AA	1	DVM S(NEW)
unidad interior	AVXCMH040CE	2	4Way CASSETTE (600x600)
	AM036JNZDCH/AA	2	Multi AHU(Vertical)
tubería	MCU-S4NEK3N	1	Mode Change Unit
Tubería de refrigerante	6.35(1/4")	2	m
	9.52(3/8")	5	m
	12.70(1/2")	2	m
	15.88(5/8")	2	m
	19.05(3/4")	3	m
	22.22(7/8")	3	m
Cantidad de Refrigerante adicional	R410A	5.732	lbs

Fuente: DVM Pro Design Samsung, 2018.

Apéndice I: Resultados del cálculo de carga.

EDIFICIO MULTIUSO EN ESTAMBUL

Piso	Zona	Descripcion	Área (mts ²)	Altura (mts)	Paredes (long mt)				Paredes (mts ²)				# ventanas expuestas				Área de la ventana			Cantidad de personas estimadas	desidad de personas
					N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	alto	ancho	(mt ²)		
PLANTA BAJA	VENTAS 1	VENTAS 1	370.19	3	20.97			11.09	62.9	0.0	0.0	33.3	7			4	1.84	2.03	3.74	56	15
	VENTAS 2	VENTAS 2	389.63	3		24.60		14.05	0.0	73.8	0.0	42.1	8		5	1.84	2.03	3.74	58	15	
	VENTAS 3	VENTAS 3	486.64	3	18.97	13.89	6.47		56.9	41.7	19.4	0.0	12	7	4	1.84	2.03	3.74	73	15	
	LOBBY	LOBBY	44.68	3					0.0	0.0	0.0	0.0					1.84	2.03	3.74	4	10
	CORREDOR 1	CORREDOR 1	45.90	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	2
	CORREDOR 2	CORREDOR 2	41.06	3	2.06	2.62			6.2	7.9	0.0	0.0								1	2
	RESTAURANTE	COMEDOR	COMEDOR	110.97	3			6.90		0.0	0.0	20.7	0.0				1.84	2.03	3.74	78	70
		COCINA	COCINA	36.37	3		6.77			0.0	20.3	0.0	0.0	3			1.84	2.03	3.74	7	20
		COCINA	COCINA	42.30	3		5.39	10.30		0.0	16.2	30.9	0.0	3			1.84	2.03	3.74	8	20
		BAÑO	BAÑO	14.09	3																1
	ESCALERA 1	Escalera	24.60	3																-	-
	ESCALERA 2	Escalera	10.00	3																-	-
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.10	3																-	-
	BAÑO VENTAS	BAÑO	130.93	3																10	8
PISO 1	OFICINAS	OFICINA 1	11.46	3		3.82		3.00	0.0	11.4	0.0	9.0	2		2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 2	11.46	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 3	11.46	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 4	11.46	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 5	11.51	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 6	11.51	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 7	11.46	3				3.00	0.0	0.0	0.0	9.0			2	1.84	2.03	3.74	1	5	
		OFICINA 8	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 9	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 10	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 11	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 12	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 13	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 14	8.28	3	2.78			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 15	8.28	3	2.761			8.3	0.0	0.0	0.0	2				1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 16	8.03	3				0.0	0.0	0.0	0.0					1.84	2.03	3.74	0.4	5	
		OFICINA 17	8.59	3			2.38	0.0	0.0	7.1	0.0		1			1.84	2.03	3.74	0.4	5	
	OFICINAS ABIERTAS	OFICINAS	625.83	3	16.36	18.03	12.91	3.39	49.1	54.1	38.7	10.2	11	12	8	2	1.84	2.03	3.74	250	40
	CORREDOR	CORREDOR	160.23	3					0.0	0.0	0.0	0.0					1.84	2.03	3.74	3	2
	SALA DE CONFERENCIA 1	SALA 1	45.25	3					0.0	0.0	0.0	0.0					1.84	2.03	3.74	23	50
	SALA DE CONFERENCIA 2	SALA 2	51.15	3					0.0	0.0	0.0	0.0					1.84	2.03	3.74	26	50
	LOBBY	LOBBY	176.43	3		15.71	2.26		0.0	47.1	6.8	0.0	7	1			1.84	2.03	3.74	18	10
	SALA DE DESCANSO	SALA DE DESCANSO	34.51	3		3.61	9.57		0.0	10.8	28.7	0.0	2	6			1.84	2.03	3.74	17	50
	ESCALERAS 1	ESCALERA	24.6	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	ESCALERAS 2	ESCALERA	10	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	BAÑO	BAÑO	130.93	3					0.0	0.0	0.0	0.0								10	8
	CLOSET	CLOSET	23.64	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
CLOSET	CLOSET	8.28	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-	
BODEGA	BODEGA	7.19	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-	
PISO 2	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	55.71	3		6.53		6.98	0.0	19.6	0.0	20.9	4		4	1.84	2.03	3.74	6	10	
		DORMITORIO 2	49.53	3		8.35			0.0	25.1	0.0	0.0	6			1.84	2.03	3.74	5	10	
		SALA	129.91	3		9.21			0.0	27.6	0.0	0.0	5			1.84	2.03	3.74	39	30	
		BAÑO SALA	10.13	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	70.76	3				6.36	0.0	0.0	0.0	19.1			4	1.84	2.03	3.74	7	10	
		SALA	103.47	3				9.45	0.0	0.0	0.0	28.3			6	1.84	2.03	3.74	31	30	
		BAÑO SALA	11.83	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	60.22	3	2.96				8.9	0.0	0.0	0.0	2			1.84	2.03	3.74	6	10	
		SALA / COMEDOR / COCINA	140.85	3	15.24				45.7	0.0	0.0	0.0	10			1.84	2.03	3.74	42	30	
		BAÑO SALA	19.46	3					0.0	0.0	0.0	0.0								2	8
	DEPARTAMENTO 4	DORMITORIO 1	52.09	3	6.52		7.85		19.6	0.0	23.6	0.0	4		4	1.84	2.03	3.74	5	10	
		DORMITORIO 2	51.18	3	5.64				16.9	0.0	0.0	0.0	4			1.84	2.03	3.74	5	10	
		SALA	112.20	3			10.85		0.0	0.0	32.6	0.0		7		1.84	2.03	3.74	34	30	
		BAÑO SALA	11.98	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO	61.11	3	6.61	9.24			0.0	19.8	27.7	0.0	4	6		1.84	2.03	3.74	6	10	
		SALA	109.53	3	10.5	2.64			0.0	31.5	7.9	0.0	9	2		1.84	2.03	3.74	33	30	
		BAÑO SALA	11.98	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	CORREDOR	CORREDOR	211	3					0.0	0.0	0.0	0.0								4	2
	ESCALERAS 1	ESCALERA	24.6	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	ESCALERAS 2	ESCALERA	10	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	SALA DE MÁQUINAS	SALA DE MÁQUINAS	24.11	3					0.0	0.0	0.0	0.0								-	-
	BAÑO	BAÑO	130.93	3					0.0	0.0	0.0	0.0								10	8
PISO 3	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	55.71	3		6.53		6.98	0.0	19.6	0.0	20.9	4		4	1.84	2.03	3.74	6	10	
		DORMITORIO 2	49.53	3		8.35			0.0	25.1	0.0	0.0	6			1.84	2.03	3.74	5	10	
		SALA	129.91	3		9.21			0.0	27.6	0.0	0.0	5			1.84	2.03	3.74	39	30	
		BAÑO SALA	10.13	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	70.76	3				6.36	0.0	0.0	0.0	19.1			4	1.84	2.03	3.74	7	10	
		SALA	103.47	3				9.45	0.0	0.0	0.0	28.3			6	1.84	2.03	3.74	31	30	
		BAÑO SALA	11.83	3					0.0	0.0	0.0	0.0								1	8
	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	60.22	3	2.96				8.9	0.0	0.0	0.0	2			1.84	2.03	3.74	6	10	
		SALA / COMEDOR / COCINA	140.85	3	15.24				45.7	0.0	0.0	0.0									

Cálculo de carga zona no residencial

Piso	Zona	Descripcion	CALOR TOTAL ENFRIAMIENTO	CALOR TOTAL CALEFACCIÓN	CALOR SENSIBLE CALEFACCIÓN	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	
			W	KW	W	W	W	
PLANTA BAJA	VENTAS 1	VENTAS 1	30.9	16.0	16009	23689	7210	
	VENTAS 2	VENTAS 2	36.4	17.5	17464	28812	7610	
	VENTAS 3	VENTAS 3	43.9	22.9	22904	34319	9576	
	LOBBY	LOBBY	3.2	1.1	1055	2393	783	
	CORREDOR 1	CORREDOR 1	3.1	0.4	405	2140	1004	
	CORREDOR 2	CORREDOR 2	3.1	0.6	567	2085	998	
	RESTAURANTE	COMEDOR	COMEDOR	15.6	12.1	12131	10030	5541
		COCINA 1	COCINA 1	9.5	6.4	6419	7543	1986
		COCINA 2	COCINA 2	8.3	7.4	7440	6164	2146
	BAÑO	BAÑO	4.3	10.8	10835	4271	0	
BAÑO VENTAS	BAÑO	4.3	10.8	10835	4271	0		
PISO 1	OFICINAS	OFICINA 1	3.1	1.1	1124	2972	100	
		OFICINA 2	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 3	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 4	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 5	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 6	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 7	2.0	0.6	628	1844	119	
		OFICINA 8	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 9	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 10	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 11	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 12	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 13	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 14	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 15	0.9	0.6	608	820	109	
		OFICINA 16	0.4	0.1	141	309	95	
		OFICINA 17	1.1	0.4	410	999	112	
	OFICINAS ABIERTAS	OFICINAS	OFICINAS	81.7	35.0	34950	57466	24261
		CORREDOR	CORREDOR	6.6	1.4	1412	5226	1327
	SALA DE CONFERENCIA 1	SALA 1	SALA 1	4.7	2.0	2000	3117	1576
	SALA DE CONFERENCIA 2	SALA 2	SALA 2	5.3	2.3	2261	3523	1782
	LOBBY	LOBBY	LOBBY	16.0	5.0	4957	14056	1898
	SALA DE DESCANSO	SALA DE DESCANSO	SALA DE DESCANSO	9.3	3.4	3396	6709	2542
BAÑO	BAÑO	BAÑO	4.3	10.8	10835	4271	0	

Piso 2	CORREDOR	CORREDOR	6.6	1.9	1860	5752	876
	BAÑO	BAÑO	4.3	10.8	10835	4271	0
Piso 3	CORREDOR	CORREDOR	7.1	2.9	2874	6176	879
	BAÑO	BAÑO	4.3	10.8	10835	4271	0
			95.63	TR			

Cálculo de carga zona residencial							
Piso	Zona	Descripcion	CALOR TOTAL ENFRIAMIENTO	CALOR TOTAL CALEFACCIÓN	CALOR SENSIBLE CALEFACCIÓN	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE
			W	KW	W	W	W
PISO 2	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	7.6	2.8	2823	6992	617
		DORMITORIO 2	7.3	2.1	2112	6780	479
		SALA	16.3	5.3	5320	10813	5479
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
	DEPARTAMENTO 2	DORMITORIO 1	6.1	2.1	2127	5278	802
		SALA	14.2	4.5	4475	9652	4571
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
	DEPARTAMENTO 3	DORMITORIO 1	3.2	1.5	1470	2566	652
		SALA / COMEDOR / COCINA	20.7	6.2	6238	14544	6200
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
	DEPARTAMENTO 4	DORMITORIO 1	6.2	2.9	2884	5594	567
		DORMITORIO 2	3.3	1.7	1741	2767	561
		SALA	15.1	5.0	5019	10130	5011
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
	DEPARTAMENTO 5	DORMITORIO	8.2	3.2	3233	7564	653
		SALA	15.0	4.8	4759	10240	4728
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
	PISO 3	DEPARTAMENTO 1	DORMITORIO 1	8.9	4.8	4753	8309
DORMITORIO 2			7.8	3.7	3737	7296	466
SALA			19.1	9.0	8968	13437	5681
BAÑO SALA			1.3	2.7	2704	1073	186
DEPARTAMENTO 2		DORMITORIO 1	8.5	4.5	4452	7706	815
		SALA	17.9	7.9	7887	13118	4756
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
DEPARTAMENTO 3		DORMITORIO 1	5.3	3.4	3377	4587	686
		SALA / COMEDOR / COCINA	25.4	11.5	11450	19004	6359
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
DEPARTAMENTO 4		DORMITORIO 1	6.2	2.9	2884	5594	567
		DORMITORIO 2	4.9	3.5	3473	4371	563
		SALA	18.4	8.6	8598	13187	5211
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
DEPARTAMENTO 5		DORMITORIO	9.4	5.3	5254	8779	663
		SALA	17.3	8.5	8516	12373	4897
		BAÑO SALA	1.3	2.7	2704	1073	186
			81.0	TR			