

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Diseño del Sistema de Aire Acondicionado para la Sucursal de La Uruca del Banco Nacional de Costa Rica

Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Felipe Alvarado García

Cartago, noviembre 2021



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 12/11/2021

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Felipe Alvarado García
carné No. 2015072177, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial
presentado en la fecha 16 de noviembre, 2021, con el título DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SUCURSAL DE LA URUCA
DEL BANCO NACIONAL DE COSTA RICA

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:  _____

Correo electrónico: felipealvarado9690@gmail.com

Cédula No.: 116500923



Dedicatoria

“There is no value in anything until it's finished”

Genghis Khan

“El final es importante en todas las cosas”

Yamamoto Tsunetomo

“Puede parecer difícil al principio, pero todo es difícil al principio”

Miyamoto Musashi

Dedico este trabajo a Dios.

A mis padres, Erick Alvarado y Gina García, por su apoyo incondicional en este largo proceso demostrando amor y total entrega para con sus hijos.

A mi hermana, Ericka Alvarado, por siempre estar para mí en momentos buenos y momentos malos, siempre aconsejando y siendo un soporte vital.

A mis abuelas Isabel Bagnarello y Marielos Mata por su seguimiento y amor.

A toda mi familia, tíos, tías, primos, primas por siempre haber estado para mí en todo este proceso y siempre mostrar comprensión y respeto durante este largo camino.

Agradecimientos

A mi madre, Gina García, por su apoyo y amor incondicional. Por sus sabios consejos y por los años de paciencia y entrega; por todos los sacrificios que hizo para estar siempre con nosotros.

A mi padre, Erick Alvarado, por siempre guiarme por el camino correcto, aunque yo no quisiera seguirlo, por siempre estar para mí aconsejándome y mostrando apoyo a pesar de todo.

A mi hermana, Ericka Alvarado, por siempre ser un pilar de apoyo y una confidente en quien yo pudiera buscar refugio en momentos complejos.

A mis abuelas, Isabel Bagnarello y Marielos Mata, por sus consejos, su preocupación constante, sus cuidados y su demostración de amor materno.

A toda mi familia, tíos, tías, primos y primas, por sus consejos, apoyo y protección constante durante este proceso.

A Katherine Palma, mi asesora psicoeducativa, ya que sin su seguimiento, apoyo y consejería probablemente nunca hubiera logrado acabar este proceso. Ella siempre está demostrando ser una excelente profesional del TEC.

A todos mis amigos y amigas del TEC, Alejandro Aguilar, Jeremy Quesada, Jose Pablo Alfaro, Sussan Rodríguez, Wendy Gómez, Vanessa Alvarado, Marcos Méndez, por todos los buenos tiempos y todas las horas de estudio que compartimos juntos.

Al personal del Banco Nacional de Costa Rica, Ing. Ronald Calderón Trejos, Ing. Mónica Vargas Rodríguez y Nathanael Castellón Arguedas por su seguimiento, consejería técnica, correcciones, apoyo y ayuda durante mi práctica profesional y el desarrollo de mi proyecto de graduación. No hay palabras para agradecer todo el aprendizaje que tuve gracias a ellos.

A mis gatos, Set y Ally, por ser una fuente inagotable de amor.

Tabla de Contenidos

1. Resumen	2
2. Abstract.....	4
3. Introducción.....	5
4. Reseña de la Empresa	7
Misión del Banco Nacional de Costa Rica	8
Visión del Banco Nacional de Costa Rica.....	8
Organigrama Institucional	8
5. Planteamiento del problema	9
5.1. Descripción del problema a resolver:	9
5.2. Objetivos.....	10
5.2.1. Objetivo General:	10
5.2.2. Objetivos Específicos:	10
5.3. Justificación:	11
5.4. Viabilidad:	14
5.5. Alcance:	15
5.6. Limitaciones:	16
6. Metodología.....	17
7. Marco teórico:.....	19

7.1.	Climatización.....	19
7.2.	Confort Térmico	20
7.3.	Cálculo de Carga Térmica	22
7.3.1.	Ganancia de Calor en Recintos.....	22
7.3.1.1.	Conducción a Través de Estructuras Externas	22
7.3.1.2.	Conducción a Través de Estructuras Interiores	23
7.3.1.3.	Radiación Solar a Través de Vidrio.....	23
7.3.1.4.	Iluminación.....	23
7.3.1.5.	Personas	24
7.4.	Psicrometría.....	25
7.4.1.	Carta Psicométrica.....	26
7.5.	Diferentes Métodos de Diseño	27
7.6.	Elementos Fundamentales de un Sistema de Aire Acondicionado	28
7.6.1.	Conceptos teóricos.....	28
7.6.2.	Ciclo de Compresión de Vapor	29
7.6.3.	Componentes Principales del Ciclo de Compresión de Vapor.....	30
7.6.3.1.	Condensador	30
7.6.3.2.	Compresor	32
7.6.3.3.	Evaporador.....	32

7.6.3.4.	Válvula de Expansión.....	33
7.6.4.	Refrigerante	33
7.7.	Diferentes Sistemas de Aire Acondicionado para Confort Térmico	34
7.7.1.	Sistema de Flujo o Volumen Variable de Refrigerante (VRV / VRF).....	35
7.7.2.	Sistema Fan Coil Individual o Ventilconvector	36
7.7.3.	Sistema por Conductos Centralizado.....	37
7.8.	Análisis Financiero	38
8.	Diseño del Sistema de Aire Acondicionado.....	40
8.1.	Recintos que requieren climatización.....	40
8.2.	Condiciones climatológicas de diseño.....	42
8.3.	Cálculo de Carga Térmica	44
8.3.1.	Superficies Externas	44
8.3.2.	Ganancia debido a radiación solar a través de vidrios.....	47
8.3.3.	Ganancia de calor debido a equipos e iluminación	48
8.3.4.	Ganancia de calor debido a personas.....	50
8.3.5.	Cálculo de la ganancia total de calor de todos los recintos	51
8.4.	Selección de la tecnología del sistema de climatización.	53
8.5.	Dimensionamiento de equipos	56
8.6.	Realización de Diagramas de Montaje o de Disposición de Equipos	62

8.7.	Sistemas de climatización inteligentes	67
8.8.	Cartel de Licitación	70
8.9.	Refrigerante	71
8.10.	Análisis Financiero	73
9.	Conclusiones.....	79
10.	Recomendaciones	80
11.	Bibliografía:.....	82
12.	Anexos	87
12.1.	Anexo 1: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento en techos.....	87
12.2.	Anexo 2: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento en paredes....	88
12.3.	Anexo 3: Tipos de paredes de acuerdo con el material utilizado para su construcción. Fuente: (Pita, 2001).....	89
12.4.	Anexo 4: Factor de corrección para latitud y mes aplicado a paredes y techos. ..	90
12.5.	Anexo 5: Factor de ganancia solar máxima para vidrio expuesto a luz solar.	91
12.6.	Anexo 6: Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin dispositivos de sombra interior.	92
12.7.	Anexo 7: Factor de carga de enfriamiento para vidrio sin sombra interna en recintos con piso sin alfombrar.....	92
12.8.	Anexo 8: Carga de enfriamiento debido a diferentes equipos eléctricos.	93
12.9.	Anexo 9: Ganancia de calor debido a ocupantes de recintos climatizados.	95

12.10.	Anexo 10: Muestra de memoria de cálculo para el recinto de área de crédito.	96
12.11.	Anexo 11: Catálogos de los fabricantes Daikin, LG y Mitsubishi/Trane utilizados para dimensionar los equipos.....	99
12.12.	Anexo 12: Diagramas de disposición de equipos.....	115

Índice de Tablas

Tabla 6.1: Metodología a Seguir. Fuente: Elaboración Propia.....	17
Tabla 7.1 Información Importante de los Refrigerantes mas Implementados en la Industria. Fuente: (Legg, 2017)	34
Tabla 8.1: Recintos que Requieren Climatización. Fuente: Elaboración Propia.....	40
Tabla 8.2: Diferentes Coeficientes de Transferencia de Calor para las Distintas Superficies. Fuente: (Pita, 2001)	45
Tabla 8.3: Factores necesarios para la determinación de CLTD corregido. Fuente: (Pita, 2001).....	46
Tabla 8.4: Coeficientes para el cálculo de ganancia de calor por radiación solar a través de vidrio. Fuente: (Pita, 2001).....	47
Tabla 8.5: Ganancia de calor debido a equipos. Fuente: (ASHRAE, 2017)	49
Tabla 8.6: Valores de calor sensible y calor latente para personas. Fuente: (Pita, 2001)	50
Tabla 8.7: Ganancias de calor sensible, latente y total en unidades del sistema Inglés e Internacional. Fuente: Elaboración Propia.	52
Tabla 8.8: Dimensionamiento de unidades evaporadoras por recinto. Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 8.9: Dimensionamiento de unidades condensadoras. Fuente: Elaboración propia. ...	60
Tabla 8.10: Crecimiento financiero promedio del Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Elaboración Propia.	74
Tabla 8.11: Crecimiento porcentual de gastos del Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Elaboración Propia.	75

Tabla 8.12: Depreciación de las unidades de aire acondicionado seleccionadas para este proyecto. Fuente: Elaboración Propia.	75
Tabla 8.13: Modelo financiero para cálculo del VAN, TIR y ROI. Fuente: Elaboración Propia.....	77
Tabla 8.14: Resultados de VAN, TIR y ROI. Fuente: Elaboración Propia.....	77

Índice de Ecuaciones

Ecuación 7.1: Carga Térmica para Estructuras Externas. Fuente: (Pita, 2001).....	22
Ecuación 7.2: CLTD Corregido. Fuente: (Pita, 2001).....	22
Ecuación 7.3: Ganancia de Calor a través de estructuras interiores. Fuente: (Pita, 2001) ...	23
Ecuación 7.4: Ganancia de Calor por Radiación Solar en Vidrios. Fuente: (Pita, 2001).....	23
Ecuación 7.5 Ganancia de Calor por Iluminación. Fuente: (Pita, 2001)	24
Ecuación 7.6: Ganancia de Calor Sensible por Personas. Fuente: (Pita, 2001)	24
Ecuación 7.7: Ganancia de Calor Latente por Personas. Fuente: (Pita, 2001)	24

Índice de Figuras

Figura 4.1: Estructura Organizacional General. Fuente: Banco Nacional de Costa Rica	8
Figura 7.1: Zona de Confort Térmico. Fuente: (ASHRAE, 2020).....	21
Figura 7.2: Ejemplo de Uso de Tabla Psicrométrica Simplificada. Fuente: (Callahan et al, 2019).....	26
Figura 7.3: Tabla Psicrométrica Utilizada en este Proyecto. Fuente: ASHRAE.....	27
Figura 7.4 Ciclo de Compresión de Vapor. Fuente: (Çengel, Apraiz Buesa y Boles, 2015).....	29
Figura 7.5 Condensador Enfriado por Aire. Fuente: Daikin Industries, Ltd.	30
Figura 7.6 Condensador Enfriado por Agua. Fuente: Mitsubishi Electric.	31
Figura 7.7 Condensador Evaporativo Industrial. Fuente: SPX Cooling Technologies.	31
Figura 8.1: Condiciones Climatológicas entre los meses de abril y mayo del 2020. Fuente: IMN	42
Figura 8.2: Espacio designado para ubicar las unidades condensadoras del sistema VRV. Fuente: Elaboración Propia.	65
Figura 8.3: Ubicación de la unidad condensadora del sistema crítico del cuarto de ATM. Fuente: Elaboración Propia.	66

Datos personales

Nombre completo: Felipe Alvarado García
Número de cédula: 116500923
Número de carné: 2015072177
Edad: 25 Años
Números de teléfono: +506 6041-2396
Correos electrónicos: felipealvarado9690@gmail.com
Dirección exacta de domicilio. Heredia, Santo Domingo, Tures, 100 m Oeste de la Escuela Cristóbal Colón, Condominio Villangel, Casa #7.
Profesor Guía: Ing. Gilbert Bonilla Castillo
Profesores Lectores: Ing. Jose Alberto Garro Zavaleta
Ing. Joshua Guzmán Conejo

Datos de la Empresa

Nombre: Banco Nacional de Costa Rica
Actividad principal: Es una Empresa Mercantil dedicada a la Intermediación Financiera, de conformidad con el artículo 3 de la Ley General de la Administración Pública, se rige por las disposiciones del Derecho Privado; en especial por lo que disponen tanto el Código de Comercio como el Código Civil, que regulan los distintos contratos bancarios, tales como el de Préstamo, Cuenta Corriente, Fideicomiso y otros.
Dirección: Frente a la Agencia Auto Star Mercedes Benz en La Uruca, antiguo Auto Matra.
Asesor Industrial: Ing. Ronald Calderón Trejos
Contacto: rcalderont@bncr.fi.cr
Teléfono:+506 2212-2000

1. Resumen

El Banco Nacional de Costa Rica se aboca a la búsqueda de soluciones operativas, ambientales, sociales para los sistemas de aire acondicionado de sus sucursales. El valor en libros de estos equipos ha llegado a 0,00¢ y debido a esto se requiere una sustitución y rediseño del sistema, implementando las últimas tecnologías de climatización y aprovechando los nuevos sistemas inteligentes con comunicación en tiempo real de los parámetros más importantes de mantenimiento para dar opciones de monitoreo local y remoto.

Con el objetivo de satisfacer esta necesidad, se procedió a realizar el diseño del sistema de acondicionamiento para esta sucursal. Para este proyecto fue necesario estudiar la carga térmica de la edificación, evaluar y elegir la tecnología de aire acondicionado, mediante un análisis integral de los recintos que constituyen el establecimiento, dimensionamiento de equipos acorde con los resultados de la carga térmica, tecnologías de refrigerantes aceptadas por normativas ambientales nacionales e internacionales y las últimas tecnologías de sistemas inteligentes los cuales implementen el internet de las cosas. Posteriormente se siguió con la realización de los diagramas de montaje o disposición de equipos y una evaluación financiera para comprobar la viabilidad del proyecto de manera cuantitativa.

Con la estimación de carga térmica, se determinó que la capacidad de diseño necesaria para climatizar la edificación es de 188,6 kW. De estos 188,6 kW la capacidad sensible es 78% del total.

Una vez realizado el cálculo de carga térmica, el siguiente paso fue la selección de la tecnología. Debido al espacio limitado entre cielo suspendido y el entrepiso, aunado a la cantidad de cables de la instalación eléctrica, CCTV y del sistema de supresión de incendios, junto con la necesidad de mantener la cantidad de unidades condensadoras al mínimo, se

elige la tecnología volumen de refrigerante variable para proporcionar una solución de alta versatilidad al facilitar la conexión entre las condensadoras y evaporadoras mediante tuberías compactas de refrigerante, con lo cual se proporciona una solución factible y sencilla para sortear estos obstáculos. También fue vital contemplar las últimas tecnologías de refrigeración para poder seleccionar la opción más amigable con el ambiente, ratificando de esta manera el compromiso institucional con la carbono neutralidad y el cuidado del medio ambiente. Otro aspecto analizado para la elección de los equipos fue la capacidad de implementar sistemas inteligentes con capacidades de monitoreo remoto y local, para proporcionar una solución integral que maximice las capacidades tecnológicas de estos equipos. De acuerdo con los factores supraindicados, se eligieron los equipos que mejor se ajusten a las necesidades y compromisos del Banco Nacional de Costa Rica.

A pesar de que el costo cotizado es de 175 000 US\$ (ciento setenta y cinco mil dólares, moneda de curso legal de los Estados Unidos de Norteamérica) y después de una evaluación financiera, se comprueba la viabilidad de este proyecto.

2. Abstract

The air conditioning units of the La Uruca branch office of Costa Rica's National Bank failed, causing a lack of air conditioning in the building thus provoking discomfort among workers, clients and putting at risk temperature sensitive equipment such as servers, UPS, and ATM machines. This air conditioning units were declared obsolete by the Maintenance Department since they had completed their 10-year lifecycle. A redesign of the HVAC system is imperative.

It was necessary to perform the cooling load calculations, evaluate and select the air condition technology through a comprehensive study of the rooms that compose the establishment, sizing the air conditioning units using the thermal load calculations, creating the diagrams and blueprints necessary to express the newly designed configuration and performing a financial evaluation to demonstrate this project financial viability.

With the cooling load calculations, it was determined that the capacity needed to supply this building with air conditioning is that of 188,6 kW with the sensitive capacity composing 78% of the total load.

The next step was to select the technology to be implemented. Due to the limited ceiling space, the number of cables running through there, CCTV systems and the fire suppression systems in conjunction with the necessity to keep the condensing units to a minimum Variable Refrigerant Flow technology was selected and the units sized accordingly.

Finally, the quote for this project was 175 000 US\$ and the financial viability of this project is proven via a financial analysis.

Key Words: HVAC, Variable Refrigerant Flow, Air Conditioning, ASHRAE, confort.

3. Introducción

Acondicionar el aire de un recinto es de suma importancia para poder procurar un confort térmico en los usuarios de dichas instalaciones, también es vital para el bienestar de los ocupantes de estas edificaciones, suministrarles un aire de alta calidad, eliminando las partículas nocivas externas. De esta manera, se asegura un ambiente salubre dentro de las instalaciones y se evita la presencia del síndrome del edificio enfermo en las instalaciones. En conjunto a lo establecido con anterioridad, en establecimientos donde hay equipos con alta sensibilidad a la temperatura tales como cuartos de servidores y/o telecomunicaciones, es necesario procurar temperaturas totalmente estables que en ninguna circunstancia excedan los límites establecidos por los fabricantes de estos equipos. Debido a esto, se presenta la necesidad de establecer dispositivos de alta precisión que controlen las condiciones de temperatura, humedad y aseguren la operatividad de todos los equipos.

En este proyecto se buscará realizar el diseño del sistema de acondicionamiento de aire de la Sucursal del Banco Nacional de Costa Rica ubicado en La Uruca. Este edificio en específico requiere un rediseño de su sistema de acondicionamiento, pues esta sede tiene en funcionamiento unidades de 11 años, las cuales han sido declaradas en obsolescencia por el Departamento de Mantenimiento y requieren de un recambio inmediato.

En la Unidad de Mantenimiento nace la necesidad de realizar el cambio de unidades por obsolescencia, este departamento genera un informe de las oficinas que requieren cambios basado en un estudio técnico donde se determina cuáles sucursales son críticas. Estos insumos posteriormente se transfieren a la Unidad de Construcción y Estandarización cuya responsabilidad es el levantamiento, diseño, especificaciones, proceso de contratación, suministro e instalación de las unidades, tomando en cuenta las tecnologías de última

generación que ofrece en el mercado acorde con las políticas de institucionales de eficiencia energética e implementación de sustancias que impactan el medio ambiente.

4. Reseña de la empresa

El Banco Nacional de Costa Rica es la institución bancaria más grande de Costa Rica y está ranqueado también como el segundo banco más grande de la región centroamericana. Esta institución estatal fue fundada el 9 de octubre de 1914, durante el gobierno de Alfredo González Flores, con la finalidad de proporcionar apoyo financiero a la creciente actividad agrícola de la nación.

La Sede Central se ubica entre avenida 3 y 4 en San José centro, en el edificio denominado Casa Matriz, el cual se inauguró en el año 1982. Actualmente esta Institución emplea a más de 5000 costarricenses, sosteniendo así a miles de familias y proporcionando a millones de costarricenses un servicio financiero confiable y fidedigno.

En el año 2020, el Banco Nacional de Costa Rica ratificó su compromiso con la Carbono Neutralidad y el cuidado del medio ambiente. En este sentido, la Jefa de Sostenibilidad, Silvia Chaves indicó lo siguiente:

Hacemos banca responsable, somos aliados hacia la construcción de una Costa Rica descarbonizada, hemos identificado nuestras principales fuentes de emisión de GEI directas e indirectas, implementamos un plan de Gestión Ambiental Institucional robusto para mitigar y compensar nuestro impacto en el cambio climático (Comunicación personal, octubre, 2021).

Para cumplir con lo anterior, el Departamento de Construcción y Estandarización, ente encargado del desarrollo y ejecución de obras de infraestructura física, está realizando en conjunto con la Unidad de Mantenimiento, una propuesta de sustitución y rediseño de los sistemas de aire acondicionado que se encuentran en obsolescencia, con el fin de reducir la necesidad de mantenimiento de estas unidades e implementar tecnologías nuevas que utilicen refrigerantes más amigables con el ambiente. Este Departamento se encuentra ubicado en el

complejo Banco Nacional de Costa Rica Frente a la Agencia Auto Star Mercedes Benz en La Uruca.

Misión del Banco Nacional de Costa Rica

"Mejorar la calidad de vida del mayor número posible de personas, ofreciendo servicios financieros de excelencia, que fomenten la creación sostenible de riqueza" (Banco Nacional de Costa Rica, 2019).

Visión del Banco Nacional de Costa Rica

“Ser el mejor banco del país en el servicio al cliente” (Banco Nacional de Costa Rica, 2019).

Organigrama Institucional

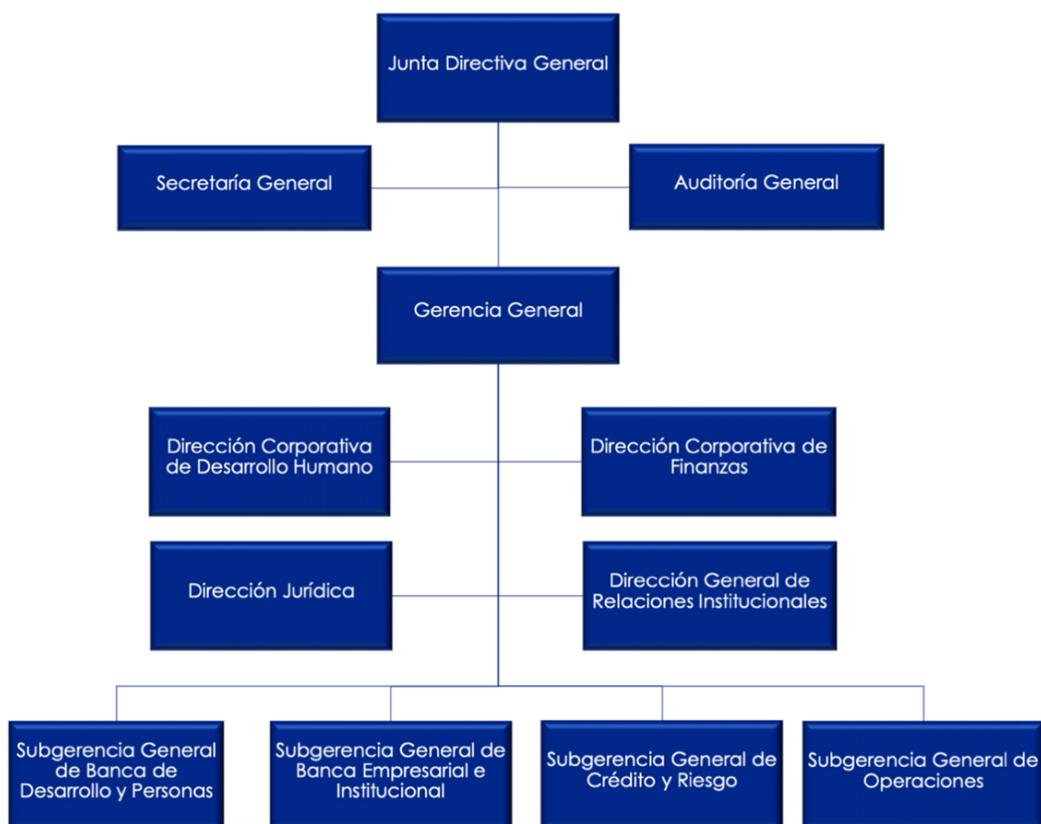


Figura 4.1: Estructura Organizacional General. Fuente: Banco Nacional de Costa Rica

5. Planteamiento del problema

5.1. Descripción del problema a resolver

¿Cumple el sistema de aire acondicionado actual con la normativa ASHRAE 55?

En países donde se experimentan altas temperaturas, siempre es deseable para una empresa proveer tanto a sus empleados como a sus clientes, un ambiente de confort térmico donde se puedan desempeñar las actividades comerciales de la manera más eficiente, a pesar de esas condiciones climatológicas. Debido a esto es importante controlar los factores de temperatura, humedad y flujo de aire e impedir la entrada de agentes externos como polvo o emisiones de automóviles e industrias mediante un sistema de climatización modernizado.

La necesidad del rediseño de esta sucursal se presenta debido a que las unidades que se encuentran en uso actualmente están en obsolescencia, pues cumplieron su ciclo de vida útil, estimado por el Banco Nacional de Costa Rica en 10 años. De no realizarse una remodelación de este sistema, se presentaría un alza en los costos de mantenimiento de dichos equipos ya que estos se encontrarían en la etapa de final de la curva de la bañera, denominada fallos por desgaste según Menčík, 2016.

Al respecto, la ingeniera Mónica Vargas, Coordinadora del Área Mecánica de la Unidad de Mantenimiento, indicó en la entrevista realizada que la Sucursal La Uruca se encuentra actualmente sin acondicionar debido, a que todos los equipos fallaron, pero los distribuidores ya no comercializan los repuestos necesarios. Esto presenta una problemática considerable, pues al no estar acondicionado este edificio, se ve impedida una atmósfera de confort para los colaboradores de la institución y esto es una situación que ha tardado meses. En este sentido Xavier & Broday (2021) establecen que al no tener un ambiente térmico adecuado la productividad disminuirá. Lo anterior muestra un problema que requiere una resolución inmediata, si se desean mantener los niveles de productividad al máximo.

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo general.

1. Diseñar el Sistema de Aire Acondicionado para la Sucursal del Banco Nacional de Costa Rica ubicada en La Uruca según la normativa ASHRAE 55.

5.2.2. Objetivos específicos.

1. Calcular la carga térmica de todos los recintos y particiones requeridos de la Sucursal Banco Nacional La Uruca.

Indicador de logro: Un documento de Microsoft Excel 2020 con el cálculo de las cargas térmicas de la edificación.

2. Seleccionar los equipos según el tipo de tecnología mediante un análisis integral de los recintos que constituyen el establecimiento acorde con la disponibilidad de los espacios internos y externos, acceso a fuentes de potencia, características ambientales y necesidades específicas de la edificación.

Indicador de logro: Un documento de Microsoft Excel 2020 detallando la selección de unidades evaporadoras, condensadoras, etc.

3. Valorar la viabilidad financiera del proyecto mediante un análisis financiero utilizando los indicadores de VAN, TIR y ROI.

Indicador de Logro: una tabla resumen de Excel detallando los costos de cada uno de los equipos, material, instalación y costo de inversión inicial en conjunto con el cálculo de los indicadores.

5.3. Justificación

En este sentido, la ingeniera Mónica Vargas, Coordinadora del Área Mecánica de la Unidad de Mantenimiento, indicó que hay 4 factores establecidos por el Departamento de Mantenimiento que determinan la necesidad de recambio de un equipo, los cuales son: valor en libros, utilización de refrigerantes declarados agotadores de la capa de ozono por la Directriz 11 del MINAE en la Ley #7223 y también declarados sustancias que producen calentamiento global con la Ratificación de la Enmienda de Kigali en la Ley #9522 de la República de Costa Rica, nivel de fallas altos en equipos y accesibilidad de repuestos. La encargada también afirmó que actualmente los equipos de la Sucursal de La Uruca poseen un nivel alto de fallas y demandan mantenimientos correctivos constantes para asegurar una operación adecuada de los equipos instalados lo cual es inaceptable y representa una necesidad de sustitución inmediata de estos.

Las unidades de acondicionamiento de esta Sucursal ya fueron declaradas en obsolescencia, pues al ser equipos que tienen 10 años o más de operación, su valor neto en libros es ₡0,00. Según el Departamento de Mantenimiento, es de suma importancia realizar un rediseño y la compra de nuevos equipos para lograr aprovechar de mejor manera los recursos y reducir la necesidad de mantenimiento de estos dispositivos. También, el Banco Nacional de Costa Rica al ser la institución líder del país en carbono neutralidad (La República, 2020), siempre busca la sustitución de tecnologías antiguas, por otras más eficientes que aprovechen de manera óptima los recursos a disposición de la empresa y cuyo consumo energético sea optimizado.

El Banco Nacional al ser una Institución comprometida con el medio ambiente, busca apearse a lo establecido por Guzmán et al (2014) en su manual técnico sobre ecoeficiencia

para sistemas de refrigeración y climatización en conjunto con la Ley 7223 “Reglamento de Control de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono”.

Por lo anterior, es necesario implementar refrigerantes amigables con el ambiente y aceptados por el MINAE con el propósito de utilizar sustancias que no produzcan daños a la capa de ozono. Las tecnologías de climatización modernas permiten la implementación de estas sustancias, por lo cual es imperativo realizar un cambio de equipos en este establecimiento e implementar soluciones con refrigerantes no agotadores de la capa de ozono ni declaradas sustancias de control como los hidrofluorocarburos (HFCs), acordes con las Leyes #7223 y #9522 de la República de Costa Rica, respectivamente, siempre y cuando la oferta comercial de tecnologías para sistemas de aire acondicionado, lo permita.

Como se indicó en el problema a resolver, y debido a la antigüedad que presentan estos equipos, existe la dificultad de obtener acceso a los repuestos necesarios para su puesta en marcha, por cuanto las empresas distribuidoras en la actualidad no los comercializan. Esto representa una necesidad inmediata de sustitución pues, ante un fallo de algún equipo, la sección del edificio encargado de climatizar quedaría sin servicio de acondicionamiento con lo cual disminuiría el confort de los trabajadores. Este representa otro de los factores establecidos por el Departamento de Mantenimiento para declarar estos equipos con necesidad de recambio.

En conjunto con lo mencionado anteriormente, el Departamento de Construcción y Estandarización desea realizar la implementación de nuevas tecnologías para que la Unidad de Mantenimiento pueda utilizar las capacidades de monitoreo remoto integradas en los equipos de última tecnología y llevar un control más estricto de la condición de estos mediante esta tecnología.

El Departamento encargado del diseño e instalación de los sistemas de aire acondicionado, actualmente, tiene 2 ingenieros a cargo de aproximadamente 25 proyectos anuales, lo cual representa una necesidad de apoyo para disminuir la carga laboral de los profesionales, mediante un practicante que facilite el diseño de un sistema de climatización.

Según lo indicado por el Ingeniero Ronald Calderón Trejos, uno de los dos encargados del diseño de sistemas de acondicionamiento para el Banco Nacional de Costa Rica, la situación óptima y a la que se desea llegar es el diseño e implementación de un sistema de aire acondicionado modernizado, con unidades de última tecnología que implementen refrigerantes amigables con el ambiente según la Ley 7223 y los lineamientos establecidos por el MINAE.

5.4. Viabilidad

El Banco Nacional de Costa Rica actualmente se encuentra en un proceso de recambio de unidades de aire acondicionado en obsolescencia y remodelación de todos los sistemas de acondicionamiento. Por lo anterior, existe viabilidad financiera, ya que la institución cuenta con la debida reserva presupuestaria para la realización del proyecto aquí relacionado.

El diseñador posee el conocimiento técnico necesario para lograr a cabalidad todos los objetivos específicos establecidos, aplicando los conocimientos aprendidos en el curso electivo “Aire Acondicionado”. Aunado a lo anterior, el Departamento de Construcción y Estandarización tiene dos ingenieros en Mantenimiento Industrial altamente capacitados y con amplia experiencia en el campo de diseño y ejecución de estos sistemas, por lo cual proporcionará un apoyo y seguimiento excepcional del practicante para que se logre completar el proyecto de manera exitosa cumpliendo con todos los parámetros establecidos con anterioridad.

Finalmente, la institución ha invertido en proporcionarles las herramientas más modernas a los ingenieros encargados del diseño de los sistemas de acondicionamiento. Estos softwares incluyen AutoCAD, software de estimación de carga térmica, entre otros. Es por ello evidente que hay una alta viabilidad técnica pues las herramientas proporcionadas por la empresa son las adecuadas para realizar los estudios de carga térmica y la selección de unidades y equipos de manera exitosa.

5.5. Alcance

El impacto principal que tendrá este proyecto será proveer a la Sucursal de la Uruca del Banco Nacional de Costa Rica, de un sistema de acondicionamiento de aire modernizado. Con este sistema, la institución podrá asegurar una situación de confort térmico mucho más fiable para tanto sus empleados como sus usuarios proporcionando para estos una estancia cómoda dentro del edificio, mientras se realizan las transacciones financieras. De esta manera, se estaría cumpliendo con las necesidades térmicas de la sucursal de manera exitosa y constante ante cualquier condición ambiental a lo largo de todo el año.

Otro impacto importante que tendrá dentro de la institución es la reducción de costos de mantenimiento por cuanto, al implementar equipos de último modelo, la fiabilidad de estos es considerablemente mayor que la de los equipos en obsolescencia que actualmente se utilizan. En conjunto con lo anterior, estos equipos al ser totalmente nuevos están provistos de una garantía ante cualquier fallo por uso normal. Por ende, se hace evidente una reducción considerable de los costos de mantenimiento para asegurar una fiabilidad adecuada de los equipos, ya que el Departamento de Mantenimiento no deberá realizarle arreglos con la frecuencia que se le dan a los equipos obsoletos y, en caso de ser necesaria una reparación, la garantía asegura que la empresa contratada sea la encargada de realizarle las obras de mantenimiento a estos dispositivos.

Finalmente, como se destacó en las secciones anteriores, al ser unidades de aire acondicionado de última tecnología, estas utilizan refrigerantes amigables con el ambiente. Esto es de suma importancia ya que el Banco Nacional al ser una institución comprometida con ser Carbono Neutral, desea minimizar su huella ambiental. Con la implementación de este tipo de refrigerantes, se estaría logrando realizar un diseño acorde con uno de los objetivos institucionales planteados por esta empresa.

5.6. Limitaciones

La distribución arquitectónica presenta una limitante debido a que la sucursal ya es un edificio construido. Debido a esto hay que adaptarse a las dimensiones que este posee en el entre cielo y las distancias que hay entre recintos. Es importante definir rutas concretas de suministro del aire acondicionado, tomando en cuenta dichas dimensiones, ahí yace la importancia de realizar visitas de campo y estudiar de manera detallada todas estas dimensiones para aprovechar al máximo el espacio disponible de la manera más eficiente.

El Departamento de Construcción y Estandarización tiene un presupuesto establecido para sus obras, por ende, este presenta una limitante financiera. Debido a esto es vital tener en cuenta el presupuesto máximo asignado para el proyecto a la hora de seleccionar los equipos para no exceder este.

Finalmente, cada tecnología de acondicionamiento de aire presenta tanto sus beneficios como sus limitantes. Por esto es necesario realizar un estudio minucioso de carga térmica y considerar las necesidades particulares del establecimiento para seleccionar la que mejor se adapte a los parámetros que se requieren satisfacer. Para esto, en conjunto con los estudios manuales, es importante corroborar utilizando software, los datos obtenidos.

6. Metodología

Tabla 6.1: Metodología a seguir. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo específico planteado	Actividad por realizar	Fuentes de información	Forma de análisis de datos	Resultados esperados
Calcular la carga térmica de todos los recintos y particiones requeridos de la sucursal BN La Uruca.	Realizar un estudio de los planos constructivos en conjunto con una recolección de información en sitio para corroborar aspectos importantes como el espacio del entre cielo y los recintos críticos por acondicionar.	Planos constructivos proporcionados por la unidad de construcción y estandarización encargado del diseño de la obra.	Utilizando los planos arquitectónicos proporcionados, determinar la información crítica para un diseño exitoso; posteriormente, se corroborará esto mediante una visita al sitio.	Establecer un conocimiento amplio de la distribución arquitectónica de la edificación mediante el análisis de la distribución de planta.
	Calcular la carga térmica de la edificación y de cada uno de sus recintos.	(Pita,2001) (ASHRAE, 2017)	Mediante la aplicación de las ecuaciones establecidas y procedimientos recomendados por la literatura mencionada se determinará la carga térmica.	Un archivo de Excel con el cálculo de carga térmica respectiva.
Seleccionar los equipos según el tipo de tecnología, mediante un análisis integral de los recintos que constituyen el establecimiento acorde con la disponibilidad de los espacios internos y externos, acceso a fuentes de potencia, características ambientales y necesidades	Realizar la selección de los equipos en base al cálculo de carga térmica. Es de suma importancia considerar el compromiso de la institución con el carbono neutralidad a la hora de escoger la tecnología a implementar para ir acorde con los	ASHRAE Standard 189.1 (ASHRAE, 2017) (Legg, 2017)	Considerando lo establecido por ASHRAE en el Estándar 189.1 para edificios eco amigables, lo establecido en la literatura de (ASHRAE, 2017) y (Legg, 2017) en conjunto con las recomendaciones proporcionadas por los ingenieros responsables	Un documento de Excel detallando la selección de los equipos de acondicionamiento en conjunto con sus tecnologías necesarias para su puesta en marcha exitosa.

específicas de la edificación.	objetivos institucionales.		de la supervisión de este proyecto se realizará la selección de los equipos	
<p>Reinterpretar la configuración actual del edificio representando los sistemas mecánicos de distribución e instalación.</p> <p>Indicador de logro: diagramas unifilares de los sistemas diseñados con los detalles respectivos para su fácil interpretación.</p>	<p>Elaborar los planos mecánicos tomando en cuenta el cálculo de carga térmica obtenido al completar el objetivo específico #1.</p>	<p>(ASHRAE, 2016)</p> <p>(Legg, 2017)</p> <p>(Grondzik, 2007)</p>	<p>Tomando en cuenta el conocimiento adquirido al realizar el estudio de los planos arquitectónicos y la visita a campo en conjunto con las normativas establecidas por ASHRAE en la literatura y las recomendaciones dadas por (Legg, 2017) y (Grondzik, 2007) acerca del diseño de sistemas de aire acondicionado, se procederá a realizar los planos mecánicos utilizando el software de diseño asistido por computadora AutoCAD.</p>	<p>Proporcionar los planos mecánicos del sistema de acondicionamiento de aire en hojas formato A3 detallando minuciosamente todos los aspectos a considerar una vez que se ejecute la obra.</p>
<p>Valorar la viabilidad financiera del proyecto mediante un análisis financiero utilizando los indicadores de VAN, TIR y ROI. Indicador de Logro: una tabla resumen de Excel detallando los costos de cada uno de los equipos, material, instalación y costo de inversión inicial en conjunto con el cálculo de los indicadores.</p>	<p>Realizar una proyección financiera con base en los equipos seleccionados.</p> <p>Realizar un análisis financiero completo calculando los indicadores de VAN, TIR y ROI.</p>	<p>Distintas cotizaciones por realizar con distintas empresas de soluciones de sistemas de acondicionamiento.</p> <p>(Blank & Tarkin, 2018)</p>	<p>Realizar un estudio de todas las opciones y seleccionar las mejores en términos de funcionalidad y precio con la finalidad de establecer una inversión total del proyecto que esté dentro del presupuesto otorgado por la institución.</p> <p>Calcular la viabilidad de este utilizando los indicadores establecidos en el libro Ingeniería Económica.</p>	<p>Una tabla resumen en Excel detallando cada uno de los equipos a instalar en conjunto con su costo y el análisis financiero realizando en conjunto con una explicación de este.</p>

7. Marco teórico

7.1. Climatización

Desde la antigüedad los humanos han buscado modificar las condiciones de temperatura dentro de recintos, con la finalidad de obtener temperaturas deseables en ubicaciones geográficas de altas temperaturas. Un ejemplo claro de esto sucedía en los antiguos imperios egipcios, en donde los esclavos del faraón transportaban grandes piedras al desierto en la noche. Esto se realizaba con la finalidad de enfriar las rocas utilizando las bajas temperaturas que se dan al ocultarse el sol en los desiertos. Cuando amanecía, estos esclavos transportaban de nuevo las piedras ya frías al palacio, para lograr reducir la temperatura interna de este mediante la transferencia de calor, logrando de manera exitosa una situación de confort térmico para el rey.

Al respecto, Pita (2001) define el acondicionamiento del aire como: “El proceso de trata del aire en un ambiente interior para establecer y mantener los estándares de temperatura, humedad, calidad y circulación de este”. Con los sistemas de acondicionamiento de aire modernos se busca lograr acondicionarlo adecuadamente, ya sea enfriándolo o calentándolo, humedeciéndolo o deshumedeciéndolo, limpiando y purificándolo acorde con lo requerimientos del recinto. Una vez acondicionado, este se circula dentro del recinto distribuyéndolo acorde con las necesidades.

7.2. Confort térmico

La norma ASHRAE/ANSI 55-2020 define el confort térmico como la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico en el cual se encuentra. Al ser todos los seres humanos distintos, siempre se presentarán dificultades para lograr un confort térmico absoluto entre todos los usuarios. En este sentido, ASHRAE (2017) establece que hay 6 factores primarios que afectan la percepción térmica de los usuarios; a continuación, se muestra un listado de estos:

1. Tasa metabólica
2. Aislamiento de la vestimenta
3. Temperatura del aire
4. Temperatura radiada
5. Velocidad del aire
6. Humedad.

Tomando en cuenta lo anterior, ASHRAE (2020) establece que la zona de confort térmico se encuentra entre 20 °C y 26°C (60°F y 69°F) con un porcentaje de humedad relativa deseado de 50% para humanos utilizando vestimenta ordinaria de trabajo y realizando labores de relativo sedentarismo (trabajo de oficina). En conjunto con lo anterior, estos proporcionan una forma gráfica de visualizarla, según se muestra a continuación:

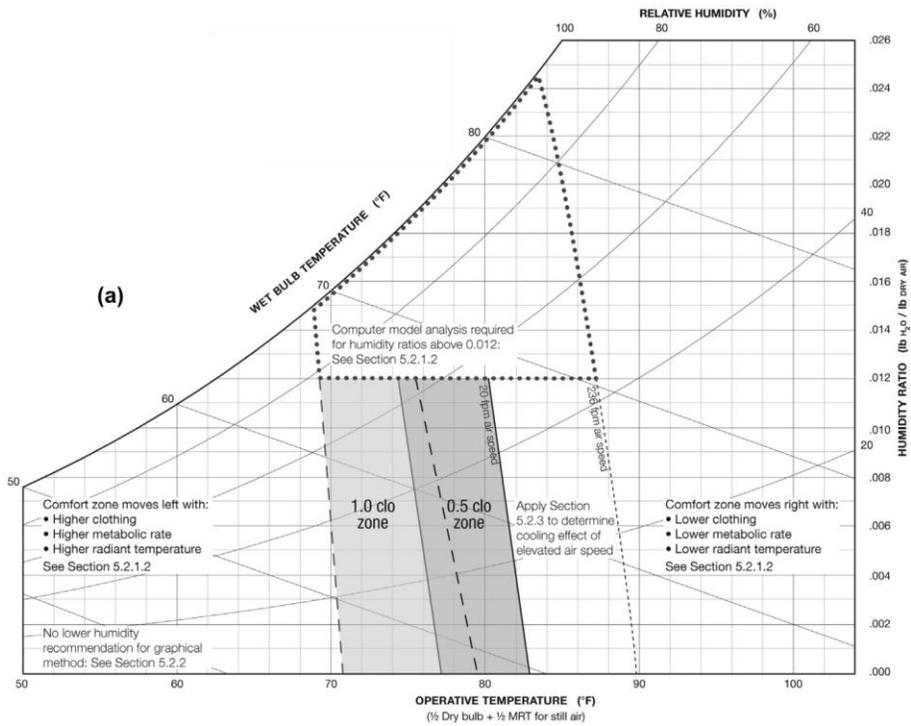


Figura 7.1: Zona de Confort Térmico. Fuente: (ASHRAE, 2020)

7.3. Cálculo de carga térmica

Al respecto, Grondzik (2007) define la carga como la velocidad a la cual es necesaria remover tanto calor latente como calor sensible del recinto por acondicionar con la finalidad de mantener estable la humedad y temperatura de bulbo seco dentro de este.

7.3.1. Ganancia de calor en recintos.

Consiste principalmente en ganancias de calor por conducción a través de techos, paredes exteriores, pisos, particiones internas, radiación solar a través de ventanas, iluminación y personas. Pita (2001) establece que esta carga se puede calcular utilizando los siguientes parámetros.

7.3.1.1. Conducción a través de estructuras externas.

Ganancias por conducción a través de techos exteriores, paredes y ventanas. Estas ganancias dependerán de la orientación de las paredes respecto a los puntos cardinales, hora del día, ubicación geográfica, características constructivas de la superficie y periodo del año. Está dado por la siguiente ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_c$$

Ecuación 7.1: Carga Térmica para Estructuras Externas. Fuente: (Pita, 2001)

Donde Q es la carga de enfriamiento para techos, paredes o ventanas en BTU/h. U es el coeficiente de transferencia de calor para la superficie (BTU/h-ft²-°F), A el área en ft² y CLTD_c el diferencial de carga de enfriamiento corregido, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85)$$

Ecuación 7.2: CLTD Corregido. Fuente: (Pita, 2001)

Donde el CLTD se determina de las tablas 6.1 y 6.2 del mismo libro (BTU), LM es el factor de corrección de latitud y mes, t_R es la temperatura ambiente y t_a es la temperatura promedio externa ambas en °F.

7.3.1.2. Conducción a través de estructuras interiores.

Es la cantidad de calor que fluye del interior de espacios sin acondicionar a espacios acondicionados a través de particiones, pisos y cielorrasos. Este está dado por:

$$Q = U \cdot A \cdot TD$$

Ecuación 7.3: Ganancia de Calor a través de estructuras interiores. Fuente: (Pita, 2001)

Donde Q es la carga de enfriamiento (BTU/h), U el coeficiente de transferencia de calor (BTU/h- ft^2 -°F), A el área en ft^2 , y TD el diferencial de temperatura entre ambos recintos (°F).

7.3.1.3. Radiación solar a través de vidrio.

Es la ganancia de calor causada por la radiación solar que pasa a través de superficies transparentes de vidrio. Esta está dada por:

$$Q = SHFG \cdot A \cdot SC \cdot CLF$$

Ecuación 7.4: Ganancia de Calor por Radiación Solar en Vidrios. Fuente: (Pita, 2001)

Donde Q es la carga de enfriamiento (BTU/h), SHFG es el factor de ganancia máximo (BTU/h- ft^2 -°F), A es Área en ft^2 , SC es el coeficiente de sombra y CLF es el factor de enfriamiento para vidrio.

7.3.1.4. Iluminación.

Los bombillos y fluorescentes generan una ganancia de calor en los recintos debido a su emisión de calor, este viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q = 3.5 \cdot W \cdot BF \cdot CLF$$

Ecuación 7.5 Ganancia de Calor por Iluminación. Fuente: (Pita, 2001)

Donde Q es la carga de enfriamiento (BTU/h), W es la potencia de iluminación en Watts, BF el factor de balastro y CLF es el factor de enfriamiento para iluminación.

7.3.1.5. Personas.

La carga térmica generada por personas está compuesta por dos partes, el calor latente y el calor sensible ambos causados por el metabolismo de estos. Estas vienen dadas por:

$$Q_s = q_s \cdot n \cdot CLF$$

Ecuación 7.6: Ganancia de Calor Sensible por Personas. Fuente: (Pita, 2001)

$$Q_l = q_l \cdot n$$

Ecuación 7.7: Ganancia de Calor Latente por Personas. Fuente: (Pita, 2001)

Donde Qs y Ql son las ganancias de calor sensibles y latentes, qs y ql son las ganancias por persona de calor sensible y latente, n es la cantidad de personas y CLF es el factor de enfriamiento para personas.

7.4. Psicrometría

Al respecto, Pita (2001) define la psicrometría como el estudio de las mezclas de vapor, agua y aire en la atmósfera. Para la correcta aplicación de este estudio es importante entender los siguientes términos definidos por Pita (2001):

Temperatura bulbo seco: temperatura censada por un termómetro convencional de mercurio.

Temperatura bulbo húmedo: la temperatura censada por un termómetro cuyo bulbo ha sido envuelto por una tela húmeda en viento rápido.

Punto de rocío: la temperatura más alta a la que el vapor en el aire empieza a condensarse si el aire fuese enfriado a temperatura constante

Relación de humedad: también conocida como el contenido de humedad, es la cantidad de vapor por libra de aire seco.

Humedad relativa: relación real entre la presión de vapor de agua en el aire con respecto a esta presión si el aire fuese saturado a la misma temperatura de bulbo seco.

Volumen específico: el volumen del aire por unidad de peso de aire seco en $\frac{ft^3}{lb}$

7.4.1. Carta psicométrica.

En este sentido, Callahan et al (2019) establecen que las cartas psicométricas son una manera portátil y simple de abreviar el proceso de cálculo de propiedades psicométricas. Estas se pueden encontrar en diferentes rangos de temperatura, diferentes altitudes y con cualquier unidad de medición que se desee. Asimismo, Pita (2001) enuncia que la tabla es una representación gráfica de las propiedades del aire en condiciones atmosféricas. Mediante esta es posible correlacionar condiciones actuales o deseadas, pero ya establecidas para determinar condiciones desconocidas. En la Figura 7.2 se muestra un ejemplo simplificado dado por Callahan et al (2019).

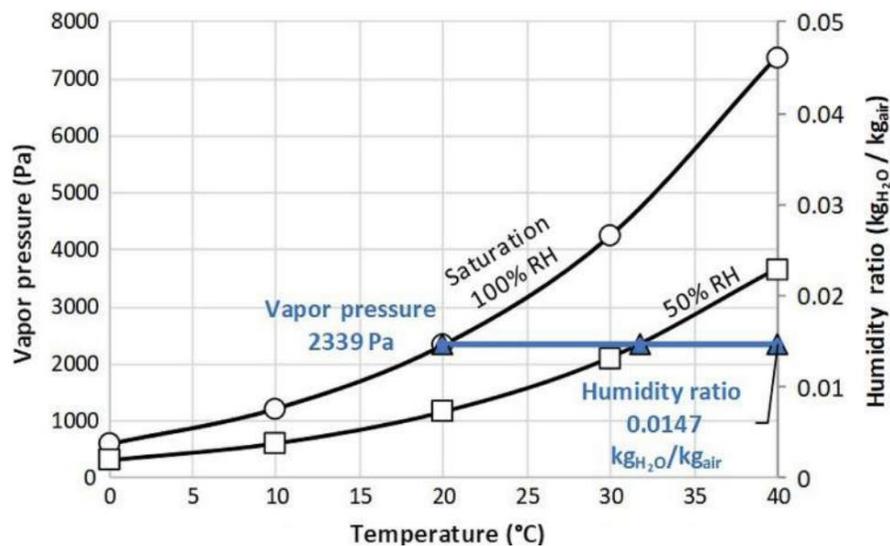


Figura 7.2: Ejemplo de Uso de Tabla Psicométrica Simplificada. Fuente: (Callahan et al, 2019)

Como es posible apreciar en la Figura 7.2, al tener el valor de presión y humedad relativa actual, es posible correlacionarlo para una situación donde la humedad relativa sea del 50% y así obtener la relación de aire-humedad. A continuación, se muestra la tabla psicométrica usada en este proyecto.

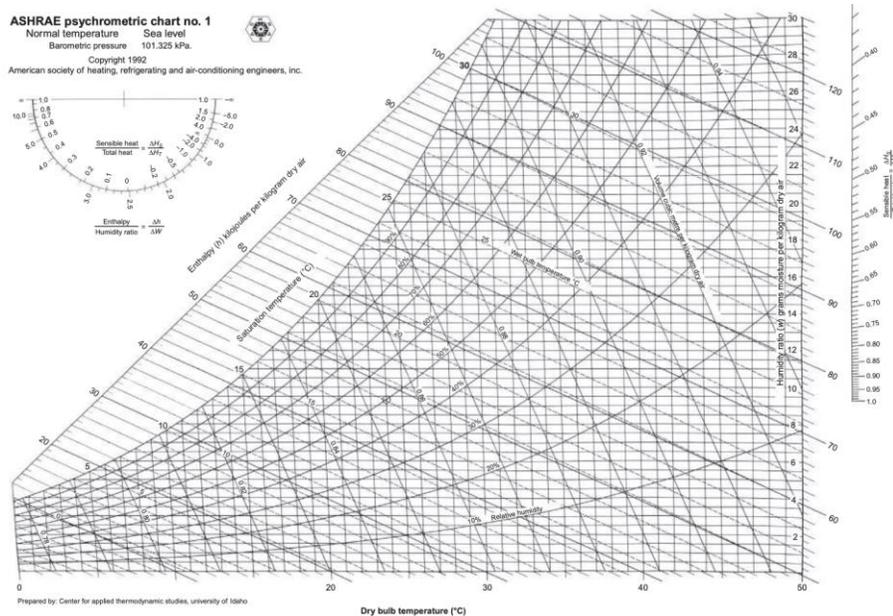


Figura 7.3: Tabla Psicométrica Utilizada en este Proyecto. Fuente: ASHRAE

7.5. Diferentes métodos de diseño

En la actualidad hay diferentes métodos de diseño para obtener las cargas térmicas requeridas en una edificación. Todas estas formas logran de una manera u otra proporcionar el nivel de confort requerido dentro de cada recinto por acondicionar. Hay métodos simplificados que parten de un factor establecido por unidad de área (ej. kW/m²); mientras que hay otros que implementan ecuaciones termodinámicas complejas refinadas durante años mediante la aplicación de estas en diseño. Las empresas fabricantes de unidades de acondicionamiento también ofrecen software de cálculo para facilitar así la selección de las unidades una vez realizado el cálculo de carga térmica necesario. Este método ofrece un nivel mucho más alto de detalle ya que puede realizar simulaciones y tomar en cuenta variables que dificultarían el diseño en caso de realizarse de manera manual.

La decisión de cual método usar recae sobre el diseñador ya que este puede buscar métodos abreviados para reducir los tiempos de diseño o también se podría buscar una un

método mucho más complejo y detallado que tome en cuenta una gran cantidad de factores y ofrezca un diseño altamente personalizado con un nivel de detalle de alto nivel.

Para este proyecto se utilizará el método planteado por Pita (2001) para el cálculo de carga térmica ejecutando todas las ecuaciones mostradas en la sección 7.3 en una tabla de Excel para cada recinto por acondicionar.

7.6. Elementos fundamentales de un sistema de aire acondicionado

Para comprender de forma adecuada el diseño de sistemas de climatización es de suma importancia interiorizar los elementos fundamentales de este y la función que cada uno de estos realiza para lograr un sistema eficaz. En esta sección primeramente se establecerán algunos conceptos básicos vitales para comprender como funciona termodinámicamente un sistema de climatización y luego se realizará una explicación de cada componente vital según establecido por Pita (2001).

7.6.1. Conceptos teóricos.

Es importante recalcar que el acondicionamiento de aire se logra mediante un proceso termodinámico denominado ciclo de refrigeración, en el cual, el calor es extraído de un objeto o recinto con un nivel térmico mayor y este es transportado a uno con un nivel térmico inferior. Çengel, Apraiz Buesa y Boles (2015) establecen que los tres ciclos básicos de refrigeración son los siguientes.

1. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor
2. Ciclo de carnot inverso
3. Ciclo de refrigeración por absorción de vapor

Según los autores, el ciclo por compresión de vapor es el más ampliamente utilizado en aplicaciones de refrigeración y climatización.

7.6.2. Ciclo de compresión de vapor.

Se detallará este ciclo, pues como fue mencionado en la sección anterior, es el de uso más común en sistemas de aire acondicionado. Es así como Çengel, Apraiz Buesa y Boles (2015) establecen que, en un ciclo ideal de compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor como un vapor saturado y mediante una compresión isentrópica se comprime hasta la presión del condensador; cabe destacar que durante este proceso el vapor gana calor hasta convertirse en vapor sobrecalentado. Posterior a esto, el refrigerante entra al condensador en un estado de vapor sobrecalentado y este es enfriado hasta un estado de líquido saturado, mediante el rechazo de calor hacia el ambiente circundante. Una vez reducida la temperatura, el refrigerante circulará a través de la válvula de expansión para ser estrangulado y así reducir su temperatura a una menor a la del espacio refrigerado o climatizado. Este vapor húmedo procede a circular por el evaporador donde este absorbe calor hasta evaporarse completamente. A continuación, se muestra una gráfica de este ciclo de compresión para facilitar la visualización de su funcionamiento.

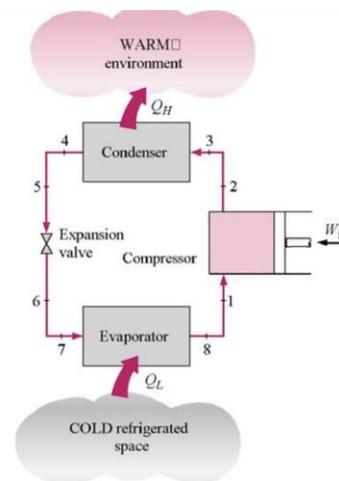


Figura 7.4 Ciclo de Compresión de Vapor. Fuente: (Çengel, Apraiz Buesa y Boles, 2015)

Para lograr este ciclo, son necesarios cuatro componentes primordiales explicados en las siguientes subsecciones.

7.6.3. Componentes principales del ciclo de compresión de vapor.

7.6.3.1. Condensador.

Acorde con Pita (2001): “El condensador rechaza del sistema la energía ganada en el evaporador y compresor. Los sumideros o disipadores de calor más convenientes hacia los cuales este calor puede ser transferido, son el aire y el agua.” Con lo anterior en consideración es posible decir que el propósito del condensador es en síntesis evacuar el calor ganado por el refrigerante durante el proceso de refrigeración y que los medios más convenientes hacia donde transferirlo son el aire atmosférico o agua.

En el mercado hay tres tipos principales de estas unidades, a continuación, se muestra un listado con una explicación breve del funcionamiento de cada uno.

1. Condensadores enfriados por aire: en estas unidades, el refrigerante circula a través de un intercambiador de calor tubular y el aire se hace circular a través de la superficie externa de este. La circulación del aire se puede realizar por convección natural o mediante un ventilador con el propósito de aumentar la transferencia de calor al exterior y así lograr un enfriamiento más rápido del refrigerante.



Figura 7.5 Condensador Enfriado por Aire. Fuente: Daikin Industries, Ltd.

2. Condensadores enfriados por agua: estos consisten en un intercambiador de carcasa y tubos donde se hace circular el agua y el refrigerante para obtener un enfriamiento de este último. El agua posterior a esto es necesario enfriarla, por lo cual, se implementa una torre de enfriamiento.



Figura 7.6 Condensador Enfriado por Agua. Fuente: Mitsubishi Electric.

3. Condensador evaporativo: en estas unidades la mayoría de calor se transfiere al ambiente circundante mediante convección natural o forzada como en los enfriados por aire, solo que, a diferencia de esto, parte de la transferencia de calor se facilita al rociar agua en los tubos del intercambiador. Con esto se aumenta la capacidad de enfriamiento de la unidad.



Figura 7.7 Condensador Evaporativo Industrial. Fuente: SPX Cooling Technologies.

7.6.3.2. Compresor.

Para sistemas de climatización y refrigeración se implementan compresores de desplazamiento positivo. La función de estos es reducir el volumen del gas en un espacio confinado para de esta manera lograr un aumento en su presión y temperatura. Pita (2001) establece que hay 4 tipos de compresores utilizados en este tipo de instalaciones, los cuales son: reciprocantes, rotativos, scroll y de tornillo. Independientemente del tipo lo que se busca con este dispositivo es aumentar la presión del refrigerante.

7.6.3.3. Evaporador.

El evaporador es un dispositivo que permite la transferencia de calor entre el aire del recinto por acondicionar y el refrigerante para, de esta manera, evacuar el calor del aire hacia el refrigerante y transportándolo hasta la unidad condensadora, hasta lograr reducir la temperatura interna del recinto. Pita (2001) establece que hay dos tipos principales de evaporadoras las cuales son:

1. Evaporadora de expansión seca o directa: en estas unidades el refrigerante fluye a través de tuberías. A diferencia de las evaporadoras inundadas, estas no tienen ningún almacenaje de refrigerante líquido en su interior.
2. Evaporadoras inundadas. este tipo posee un almacenaje de refrigerante líquido que se mantiene dentro de la unidad con la finalidad de mantener un contacto constante entre la superficie del intercambiador y el refrigerante líquido. Con esto se logra una mayor capacidad de transferencia de calor.

7.6.3.4. Válvula de expansión.

Este dispositivo busca controlar el flujo del refrigerante en su trayecto del condensador al evaporador. Su función principal, según Pita (2001) es, mediante la expansión, reducir la temperatura del refrigerante hasta que esta sea menor que la temperatura del recinto por acondicionar.

7.6.4. Refrigerante.

Esencialmente el refrigerante es el medio por el cual se evacua el calor del recinto que se desea acondicionar para posteriormente liberar este calor hacia el medio ambiente en la etapa correspondiente del ciclo. En este sentido, Legg (2017) establece que el refrigerante ideal sería no tóxico, no inflamable y debería tener las siguientes características: un potencial nulo de agotamiento de la capa de ozono (ODP), un potencial nulo de calentamiento global (GWP) y una vida atmosférica corta. Según el autor, estos últimos tres factores deberían de ser analizados a profundidad a la hora de seleccionar este tipo de sustancia.

Como se menciona en la sección 5.3, es de suma importancia tomar en cuenta el impacto ambiental del refrigerante que se selecciona y es vital considerar los lineamientos establecidos por MINAE al respecto ya que este ente es el que establece las leyes ambientales de la República. Asimismo, Pita (2001) establece que los refrigerantes se dividen en dos grandes categorías, los hidrofluorocarburos (HFCs) y los Halocarbonos (CFCs). Para facilidad de visualización, Legg (2017) proporciona una tabla con toda la información importante de este tipo de sustancias en el capítulo 9 de su libro “Air Conditioning Design” y se muestra a continuación.

Tabla 7.1 Información Importante de los Refrigerantes mas Implementados en la Industria. Fuente: (Legg, 2017)

Refrigerant	Type	ODP	GWP	Atmospheric lifetime (years)
R12	CFC	0.9	8500	102
R22	HCFC	0.06	1700	13.3
R134a	HFC	0	1300	14
R407C	HFC blend	0	1610	36
R410A	HFC blend	0	1900	36
Ammonia (R717)	Natural compound	0	0	<1
Propane (R290)	HC	0	3	<1
R1234yf	HFC unsat.	0	6	Very low
R1234ze	HFC unsat.	0	6	Very low

CFC, chlorofluorocarbon; *HCFC*, hydrochlorofluorocarbon; *HFC*, hydrofluorocarbon; *HFC*, blend consists of more than one HFC; *HC*, hydrocarbon; *ODP*, zero ozone depletion potential; *GWP*, zero global warming potential; *TEV*, thermostatic expansion valve.

7.7. Diferentes sistemas de aire acondicionado para confort térmico

En el mercado actual hay múltiples soluciones de climatización con diferentes configuraciones que se ajustan a las necesidades de la edificación que se va a acondicionar. Teniendo definidos los conceptos básicos y funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, es importante analizar las diferentes soluciones que se presentan en la industria para realizar una selección adecuada, una vez calculada la carga térmica. Debido a lo anterior, las siguientes subsecciones presentarán una explicación breve de cada uno de los sistemas.

7.7.1. Sistema de Flujo o Volumen Variable de Refrigerante (VRV / VRF).

Este tipo de tecnología fue desarrollada por la empresa japonesa Daikin en el año 1982. En esta configuración, se permite la conexión de múltiples unidades evaporadoras a una misma unidad condensadora. En conjunto con lo anterior, y, según Parcerisa y Fort (2002) este tipo de tecnología se basa en el funcionamiento del motor del compresor, el cual mediante un variador de frecuencia, permite modular el trabajo realizado por el compresor según la demanda necesaria detectada por los sensores o introducida por los usuarios en los termostatos. Lo anterior permite modificar el volumen o caudal de refrigerante suministrado a las evaporadoras, ofreciendo enfriamiento simultáneo con diferentes temperaturas en zonas individuales facilitando condiciones de climatización independientes en cada recinto y también logrando temperaturas mucho más precisas. Con esto se reduce la cantidad de equipos exteriores necesario para acondicionar por ejemplo un piso, ya que se puede utilizar una condensadora que alimente a todas las evaporadoras de esa sección del edificio. La variación del trabajo del compresor evita condiciones constantes de arranque y pare de este reduciendo drásticamente el desgaste que sufre el componente.

7.7.2. Sistema Fan Coil individual o Ventilconvector.

Este sistema consiste básicamente de un ventilador que fuerza el aire a través un serpentín donde circula agua fría por medio de tuberías climatizándolo y a la vez suministrándolo al recinto que se desea acondicionar. Esta agua se enfría en una unidad enfriadora de agua también conocida como chiller o en torres de enfriamiento y se hace circular hacia las diferentes unidades mediante tuberías. El sistema consta de un difusor por el cual sale el aire acondicionado y una rejilla por la cual retorna el aire caliente para ser climatizado. Al igual que los sistemas VRV existe la opción de tener una red de tuberías de refrigerante con retorno invertido o directo proporcionando múltiples configuraciones al diseñador.

Este sistema ofrece un beneficio enorme pues no se necesita refrigerantes químicos, solo se utiliza agua para enfriar o calentar el aire del recinto por climatizar, lo cual hace de esta una opción amigable con el ambiente.

Debido a su sencillez, este tipo de tecnología usualmente es mucho más económica que implementar unidades manejadoras de aire, pero con un costo de desempeño según ASHRAE (2017) de menor capacidad de regulación de humedad relativa y también la generación ruido adicional debido a su cercanía con los recintos por acondicionar.

7.7.3. Sistema por conductos centralizado.

Este tipo de sistema se compone de ductos con difusores en cada recinto que se desea acondicionar. Dentro de estos conductos se hace circular aire que ya ha sido previamente acondicionado y se suministra a las distintas zonas de la edificación. Los ductos pueden ser de 3 tipos de materiales distintos según Legg (2017) y son los siguientes: hojas o chapas metálicas, fibra de vidrio o flexibles los cuales se componen principalmente de aluminio.

En este sistema son necesarios dos tipos de rejillas. El primer tipo se denomina difusor, como su nombre lo indica, este tipo de rejilla va conectada al ducto que suministra el aire a los diferentes recintos y lo dirige hacia una o varias zonas de este dependiendo del número de vías. El segundo tipo son las rejillas de retorno, en este tipo de sistemas usualmente se recircula el aire para evitar un esfuerzo adicional de la manejadora de aire por acondicionador aire exterior constantemente; debido a esto, es necesario un sistema de retorno donde se garantiza una circulación constante de este aire. La manejadora de aire es el dispositivo centralizado que climatiza este y lo hace circular por los ductos hasta los distintos recintos de la edificación para su posterior extracción y recirculación. Acorde con ASHRAE (2017) este dispositivo está compuesto por serpentines de enfriamiento o calefacción, dampers, filtros, ventiladores para circular el aire, controladores electrónicos, plenum de inyección, humidificadores e intercambiadores de calor.

7.8. Análisis financiero

Para todo proyecto es vital demostrar su viabilidad financiera de manera cuantitativa realizando un análisis financiero integral tomando en cuenta las finanzas de la compañía que realizará la inversión en conjunto con los costos de este emprendimiento financiero para así poder comprobar de manera incontrovertible la factibilidad de realizar un proyecto de esta magnitud. Para esta obra civil se decide utilizar lo establecido por Blank & Tarquin, (2018) en su libro Ingeniería Económica. Para esto se toma la decisión de definir un horizonte a 10 años plazo, ya que no solo es la vida útil en libros de los equipos de climatización establecida por la Unidad de Mantenimiento, sino también es un horizonte a largo plazo recomendado por Blank & Tarquin (2018). Para la tasa de descuento se utiliza la tasa definida por el Banco Central de Costa Rica la cual es del 20%, con esto se busca aproximar este estudio financiero lo más posible a la realidad económica actual en Costa Rica.

Los indicadores que definirán de forma cuantitativa la viabilidad de este proyecto serán el VAN, TIR y ROI. El VAN es un acrónimo para Valor Actual Neto, este es un criterio de inversión recomendado por Baca (2018) y Blank & Tarquin (2018), el cual consiste en una comparación de todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos requeridos para lograr estas ganancias. Con esto se busca determinar si un proyecto generará dividendos o pérdidas. Es evidente que para comprobar la viabilidad financiera de un proyecto, es necesario que este genere ganancias o al menos no genere pérdidas, debido a esto el resultado numérico debe de ser positivo. El TIR es nuestro siguiente indicador financiero, este es un acrónimo para Tasa Interna de Rendimiento, este según Baca (2018) y Blank & Tarquin (2018), se trata de “una tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de reinversión”. De forma sintetizada es una tasa que define la deuda máxima a la que puede someterse la persona o ente para poder financiar dicha inversión.

Según Blank & Tarquin (2018) para definir que un proyecto es totalmente viable, el TIR debe de ser mayor a la tasa de descuento. Finalmente, el tercer indicador es el ROI, este es un acrónimo que para Retorno Sobre la Inversión. Este define la rentabilidad del proyecto a invertir, en otras palabras, representa el beneficio generado para la institución o inversionistas de parte de la inversión. Para que un proyecto sea rentable, el ROI debe de ser positivo, ya que valores negativos de este indicador representan pérdidas netas causadas directamente por las inversiones realizadas.

Con todos estos datos financieros establecidos y con la información económica institucional del Banco Nacional de Costa Rica, la cual es accesible en su totalidad mediante el sitio web de estados financieros auditados: <https://www.bncr.fi.cr/estados-financieros>, es posible realizar un cálculo preciso y certero para comprobar la viabilidad de esta obra. Cabe informar que para este estudio es necesario utilizar las finanzas globales de la institución, ya que es de estas de donde se apartan las cantidades monetarias para el presupuesto de las distintas obras civiles, mecánicas y eléctricas a realizar en las más de 160 sucursales bancarias que tiene esta institución en todo Costa Rica.

Finalmente, es importante destacar que este proyecto al tener aprobado su realización por parte de la Unidad de Infraestructura en conjunto con la Unidad de Mantenimiento comprueba su viabilidad financiera ya que esto quiere decir que se tiene un presupuesto alojado y se ha definido que es totalmente viable para su realización, debido a esto se da la luz verde para iniciar con los diseños y procesos de licitación. Ahora bien, sabiendo que el proyecto es viable, es imperativo corroborar esta viabilidad, mediante un estudio financiero para dejar claro y sin lugar a duda que este es total y absolutamente factible.

8. Diseño del sistema de aire acondicionado

8.1. Recintos que requieren climatización

Como se menciona en la justificación, la sucursal de La Uruca del Banco Nacional de Costa Rica realizará un recambio de todas las unidades de aire acondicionado, debido a esto es muy importante establecer una lista de todos los cuartos por acondicionar en conjunto con su área en metros cuadrados. Cabe destacar que por estándar interno de la institución, los pasillos, baños, cuartos de archivo y áreas de mantenimiento como bodegas no se acondicionan. En la Tabla 8.1 se muestra la lista de recintos por acondicionar ordenados por planta.

Tabla 8.1: Recintos que Requieren Climatización. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Recinto	Área (m^2)	Criticidad
Planta Baja	Oficina	8,96	No Crítico
	Tesorero	18,42	No Crítico
	Comedor	18,42	No Crítico
	Cuarto de Impresora	15,76	No Crítico
	Supervisor	11,14	No Crítico
	Plataforma	290,30	No Crítico
	ATM	23,58	Crítico
	Telecomunicaciones	18,42	Crítico
Total		405,00	
Planta Alta	Oficina Gerente	18,99	No Crítico
	Sala de Reuniones	18,99	No Crítico
	Jefe de Crédito	13,50	No Crítico
	Área de Crédito	252,80	No Crítico
	Oficina Área Cubiculos	15,75	No Crítico
	Área Grande Cubiculos	100,52	No Crítico
	Área Pequeña Cubículos	42,67	No Crítico
	Comedor 2P	14,84	No Crítico
	Cómputo	15,83	Crítico
	Comedor Centro de Procesamiento	24,25	No Crítico
	Embalaje	22,89	No Crítico
	Centro de Procesamiento	137,91	No Crítico
Total		374,64	

Como es posible apreciar, la función principal del primer nivel de esta sucursal es la atención al cliente con el recinto más grande, este es el denominado plataforma, el cual consiste en dos áreas de cajas con aproximadamente 10 cajeros en cada una, estos atienden a la clientela, las zonas de espera donde los clientes hacen fila y un lobby donde un colaborador institucional les da la bienvenida y los guía hacia la caja necesaria para realizar su trámite.

Además, el segundo nivel es un área mixta donde se atiende al cliente que busca ayuda financiera en la zona de crédito y el resto del establecimiento consiste en oficinas corporativas donde se realizan distintas labores. El gerente, Don Schneider Solano, indicó que hay tres recintos críticos en esta sucursal, cuyo acondicionamiento tiene que ser constante siempre. Estos tres aposentos tienen equipo crítico como servidores, UPS, bancos de baterías y las máquinas de cajeros automáticos. Todas las unidades mencionadas anteriormente, son altamente sensibles a temperaturas elevadas, por ello es imperativo procurar un ambiente de baja temperatura y humedad en estos cuartos que los contienen para así asegurar la vida útil de los equipos.

8.2. Condiciones climatológicas de diseño

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) anualmente realiza un reporte donde especifica las condiciones climatológicas experimentadas en el transcurso del año por las distintas provincias de Costa Rica y especifica las regiones de estas provincias. Estos informes son herramientas sumamente útiles ya que funcionan como base fundamental para parametrizar las condiciones climatológicas exteriores a las cuales se enfrentarán los sistemas de climatización y diseñar estos sistemas acorde a lo experimentado en el año previo. Con lo anterior enunciado, para el diseño de aire acondicionado de esta sucursal, se utilizó el Boletín Climático Volumen 2 en el cual se establece el día más caliente del año 2020 con su humedad relativa respectiva. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 8.1.



Figura 8.1: Condiciones Climatológicas entre los meses de abril y mayo del 2020. Fuente: IMN

Según este boletín, el día que presentó las temperaturas más altas fue el 30 de abril con una temperatura máxima de 33 °C y una humedad relativa del 90%.

Una vez definidas las condiciones exteriores de diseño, es de suma importancia establecer los parámetros interiores de los recintos por acondicionar. Para realizar hay que destacar que van a haber dos tipos de climatización de recintos en esta edificación. El primer tipo se aplicará a las oficinas, zonas de atención al público, etc., y se denomina de confort. Para definir las condiciones de confort térmico, es importante basarse en la normativa

ASHRAE 55 en la cual se establece que para confort térmico humano las temperaturas interiores deberán estar en el rango de 65 °F a 82 °F (18 °C a 28 °C) con una humedad relativa del 50%. Una vez definido este rango de confort, es necesario considerar el estándar del Banco Nacional de Costa Rica, el cual establece que la temperatura en el interior de todas las oficinas debe de ser de 23 °C. El valor definido por la institución respeta el rango establecido por ASHRAE, por ello se toma la decisión de utilizarlo como temperatura interna de recintos que requieren climatización de confort.

El segundo tipo de climatización que se implementará será en recintos donde hay equipo crítico denominados cuartos de IT. Para definir la humedad relativa y temperatura dentro de estos recintos es importante aplicar la normativa ASHRAE TC9.9 denominada Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices. En esta norma, se establece que el rango de temperatura deseable en un Data Center o cuarto de IT debe de ser 18 °C a 28 °C (65°F a 82°F) con una humedad relativa máxima del 50%. Basándose en estos parámetros se decidió utilizar la misma temperatura interior de diseño de 23 °C que en el primer tipo de climatización respetando la temperatura interna establecida institucionalmente para los establecimientos ya que no representará ningún peligro para los equipos críticos al estar dentro del rango establecido en la norma TC9.9.

8.3. Cálculo de carga térmica

Para realizar el cálculo de la carga térmica de todos los recintos de la edificación, es de suma importancia determinar todos los coeficientes establecidos por Pita (2001) para las fórmulas mostradas en la Sección 7.3. A continuación, se realizará una breve explicación de la importancia de los coeficientes y también se tabularán para facilitar la visualización de estos factores y la manera cómo se obtuvieron de la literatura. Cabe destacar que se presentan estos valores tabulados en el sistema de unidades dado por la literatura derivada de Pita (2001) y para el cálculo de carga térmica se hizo uso de estas unidades y, posteriormente, se realizó la conversión de estos al sistema internacional.

8.3.1. Superficies externas.

Hay múltiples características constructivas que afectan la ganancia de calor de una obra civil como se mencionó en la Sección 7.3. Es importante definir el tipo de material que constituye las paredes, techos, entreceuelos y particiones internas, así como el espesor de este, si tiene o no insulación, etc. Para este caso particular, se implementaron bloques de 8” para las paredes haciendo estas de tipo E. Para paredes internas se utilizó Gypsum sin insulación. El material de los techos es concreto ligero, al igual que los pisos.

Es fundamental definir estos materiales ya que Pita (2001) solicita un nivel de detalle alto con estos a la hora de utilizar las tablas de coeficientes de transferencia de calor, específicamente con el factor U, este es el coeficiente de transferencia general para la estructura externa (techos, paredes, vidrios). En la Tabla 8.2: Diferentes Coeficientes de Transferencia de Calor para las Distintas Superficies es posible apreciar el valor de los coeficientes para cada una de las estructuras internas y externas de esta sucursal en específico.

Tabla 8.2: Diferentes Coeficientes de Transferencia de Calor para las Distintas Superficies. Fuente: (Pita, 2001)

Superficie	$U \left(\frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} \right)$
Paredes Externas	0,585
Techos	0,134
Pisos	0,26
Paredes Internas	0,55

A todos estos factores tabulados anteriormente, es necesario realizarles ajustes, dependiendo de la orientación del edificio, zona horaria y latitud. Esto se debe a que, por ejemplo, la fachada delantera de la sucursal se encuentra orientada hacia el norte, mientras que las paredes laterales hacia el este y oeste. Debido a estas ubicaciones, estas superficies tendrán patrones de iluminación solar diferentes, lo cual causa una ganancia térmica distinta dependiendo de la hora del día y la ubicación de la superficie, asimismo, causa variaciones del valor de CLTD para cada orientación. Esto se da para todas las estructuras que reciben iluminación solar directa desde el exterior como las paredes. El techo de esta sucursal, al ser plano, tendrá un único patrón de soleamiento, por esto solo será necesario realizar el ajuste de latitud. A continuación, se muestra de manera tabulada los valores de ajuste para cada una de las superficies externas con su orientación.

Tabla 8.3: Factores necesarios para la determinación de CLTD corregido. Fuente: (Pita, 2001)

Superficie	$U \left(\frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} \right)$	CLTD ($^\circ F$)	LM	Temperatura Interior ($^\circ F$)	Temperatura Ambiente ($^\circ F$)	Factor de Corrección
Techo	0,134	65	0	73,4	77,81	1,1
Pared Este	0,585	36	-1	73,4	77,81	1,1
Pared Oeste	0,585	9	-1	73,4	77,81	1,1
Pared Sur	0,585	13	-4	73,4	77,81	1,1
Pared Norte	0,585	13	-2	73,4	77,81	1,1

Como es posible apreciar en la tabla anterior, además de los factores obtenidos de Pita (2001), hay un factor de corrección del 10%. Este fue solicitado por parte de la unidad de infraestructura del Banco Nacional de Costa Rica como una medida de sobredimensionamiento leve para compensar diversos factores como el calentamiento global, algún detalle que el ingeniero de diseño pueda obviar, un aumento en los colaboradores o clientes de la sucursal, etc.

8.3.2. Ganancia debido a radiación solar a través de vidrios.

Al respecto, Pita (2001) establece que las ventanas son una fuente de ganancia de calor considerable ya que la energía radiante del sol atraviesa con relativa facilidad el vidrio, al estar constituido de un material transparente, ello causa una elevación de temperatura en los recintos con ventanas hacia el exterior. Estos valores varían dependiendo de la ubicación geográfica, la presencia de sombra y la hora del día. Los vidrios de la Sucursal de la Uruca no tienen un factor de sombra, por lo cual la iluminación solar a estas es directa y son de tipo sencillo. La fachada frontal de este edificio tiene unos ventanales de aproximadamente 2.5 metros de alto, orientados hacia el norte, los cuales son una fuente de ganancia considerable. Las otras ventanas de la sucursal están orientadas hacia el este y oeste, la pared sur no tiene de estas ya que esta está conectada a un edificio contiguo. En la siguiente tabla se tabularán los coeficientes necesarios para el cálculo de la carga térmica debido a radiación solar a través de vidrio.

Tabla 8.4: Coeficientes para el cálculo de ganancia de calor por radiación solar a través de vidrio. Fuente: (Pita, 2001)

Superficie	Orientación	Sombra	SHGF ($\frac{BTU}{h \cdot ft^2}$)	Coeficiente de Sombra	Factor de Enfriamiento Para Vidrio
Ventana	Norte	N/A	38	0,94	0,95
Ventana	Este	N/A	228	0,94	0,3
Ventana	Oeste	N/A	38	0,94	0,95

8.3.3. Ganancia de calor debido a equipos e iluminación.

En primer lugar, para la determinación de la ganancia de calor por iluminación, se decide utilizar el método planteado por Pita (2001). Este consiste en la multiplicación de la capacidad de las luminarias por un factor de balastro y de enfriamiento para iluminación como se ha mostrado en la Ecuación 7.5. Para esto es necesario determinar la cantidad de luces en cada recinto, el tipo implementado y utilizar el factor de balastro dado según su categoría. El Banco Nacional de Costa Rica usa iluminación fluorescente de 150W por luminaria, por lo cual se utiliza el factor de balastro dado por Pita (2001) de 1,5 y un factor de enfriamiento de iluminación de 1 dado por este mismo autor. Con lo anterior es posible realizar la multiplicación de todos estos coeficientes previamente mencionados con la capacidad en Watts y la cantidad de luces en el recinto, logrando de esta manera determinar la carga térmica generada por la iluminación.

Para la determinación de la carga térmica generada por la mayoría de los equipos se utilizan los valores dados en la literatura de ASHRAE Fundamentals. Para los servidores, máquinas de cajero automático, UPS y bancos de baterías se utilizó su capacidad nominal en watts y se convirtió a su valor en BTU/h. A continuación, se mostrarán tabulados los valores de carga térmica para cada uno de los equipos presentes en esta sucursal bancaria.

Tabla 8.5: Ganancia de calor debido a equipos. Fuente: (ASHRAE, 2017)

Equipo	Ganancia (kW)
Ordenador Portátil	0,06
Ordenador Desktop	0,05
Monitor PC	0,02
Televisor	0,20
Impresora	0,21
Fotocopiadora	0,50
Microondas	0,94
Coffee Maker	1,05
Refrigerador	0,42
Servidor	1,00
UPS	0,51
Banco de Baterías	0,51
Máquina de cajero automático	1,00

8.3.4. Ganancia de calor debido a personas.

La ganancia de calor debido a personas, según Pita (2001) se compone de dos factores, calor sensible y calor latente. Ambos son resultados del metabolismo de estas y son dependientes de la actividad física realizada dentro del recinto y la cantidad de personas que lo habitan. Para el caso de esta sucursal, se determinó el número de personas en cada recinto, hablando con el gerente de la oficina y contando la cantidad de cubículos y espacios de atención al cliente durante un día, cuando la capacidad de atención llegue al máximo lo cual es común en la primera quincena y final de mes, según el gerente. Sabiendo lo anterior, a continuación se muestra la actividad realizada en la sucursal y los valores de carga sensible y latente para esta.

Tabla 8.6: Valores de calor sensible y calor latente para personas. Fuente: (Pita, 2001)

Actividad	Calor Sensible (kW)	Calor Latente (kW)
Trabajo de oficina con actividad física moderada	0,073	0,058

8.3.5. Cálculo de la ganancia total de calor de todos los recintos.

Una vez determinados todos los factores de corrección y factores de ganancia de calor, se procede a sustituir estos en las ecuaciones mostradas en la Sección 5.3 Ganancia de calor en recintos, utilizando el método planteado por Pita (2001). Asimismo, para facilidad de cálculo, se desarrolló una hoja de Microsoft Excel con las ecuaciones respectivas para cada sección de ganancia de calor y se introdujeron los valores de los factores en esta. Un ejemplo del cálculo de un recinto se puede encontrar en la sección de anexos, específicamente el anexo 12.10.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de carga térmica de enfriamiento sensible, latente y total para cada recinto que requiere acondicionamiento de la Sucursal de La Uruca del Banco Nacional de Costa Rica. Para este cálculo se utilizaron unidades del sistema inglés ya que la literatura de referencia utilizada las implementa. En todos los cálculos realizados, se utilizaron unidades del sistema inglés ya que la literatura de referencia utilizada (Pita 2001), hace uso de este sistema de unidades; no obstante, para cumplir con la Ley 5292 de la República de Costa Rica se realizó la conversión al Sistema Internacional de los resultados obtenidos, en la Tabla 8.7 se muestran estos resultados en ambos sistemas de unidades.

Tabla 8.7: Ganancias de calor sensible, latente y total en unidades del sistema inglés e Internacional. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Recinto	RLHG (kW)	RSHG (kW)	Ganancia Total (kW)
Planta Baja	Oficina	0,18	2,06	2,24
	Tesorero	0,18	2,26	2,45
	Comedor	3,02	5,91	8,92
	Cuarto de Impresora	0,31	2,17	2,48
	Supervisor	0,19	1,10	1,29
	Plataforma	0,12	5,18	5,30
	ATM	0,12	5,18	5,30
	Telecomunicaciones	0,12	2,15	2,27
Planta Alta	Oficina Gerente	0,19	3,99	4,18
	Sala de Reuniones	0,52	2,04	2,56
	Jefe de Crédito	0,64	2,47	3,12
	Área de Crédito	3,48	29,48	32,96
	Oficina Área Cubiculos	0,19	3,51	3,70
	Área Grande Cubiculos	1,34	11,21	12,56
	Área Pequeña Cubículos	0,52	6,40	6,92
	Comedor 2P	1,89	4,15	6,04
	Cómputo	0,12	3,76	3,88
	Comedor Centro de Procesamiento	1,83	4,21	6,04
	Embalaje	0,13	3,51	3,64
	Centro de Procesamiento	2,63	19,23	21,87

8.4. Selección de la tecnología del sistema de climatización.

Esta sucursal bancaria, al ser una edificación ya construida, presenta una serie de condiciones únicas las cuales hay que tomar en consideración a la hora de seleccionar la tecnología a implementar. Un ejemplo claro de esto es el entretecielo. Los bancos modernos actualmente tienen un considerable número de sistemas de seguridad tales como sistemas de CCTV, sistemas de supresión de incendios, etc. Aunado a lo anterior, al revisar el entretecielo el día del levantamiento, se notó que a través de este no solo van todos los equipos de seguridad como el cableado del sistema de CCTV, las tuberías de los aspersores, los cableados de los detectores de humo y alarmas de incendios del sistema de supresión de incendios, también por esta sección del edificio corren tuberías EMT las cuales suministran de flujo eléctrico a las luminarias y cableado Ethernet para conexión a internet entre otros sistemas de tuberías.

Tomando en consideración esta gran cantidad de obstáculos, el tratar de implementar una solución de climatización que utilice ductos, elevaría los costos de mano de obra considerablemente, pues sería necesario procurar la reubicación segura y normada de todos estos sistemas, lo cual presentaría un trabajo adicional y ello eleva los costos de la obra. Con base en lo expuesto con anterioridad, se tomó la decisión de no implementar un sistema con ductos para el suministro y retorno del aire climatizado.

Otro aspecto importante para considerar son las dos solicitudes realizadas por la institución para el diseño del sistema. La primera solicitud fue la de no poner las unidades condensadoras en los techos. Esta solicitud se realizó con fines de seguridad ocupacional ya que la entidad bancaria desea proteger a los técnicos en mantenimiento, al evitar el acceso de estos a áreas donde podrían poner su vida o su integridad en riesgo, a pesar de que su seguridad se puede garantizar mediante arneses, la institución desea mantener al mínimo la

necesidad de utilizarlos. Debido a ello, es necesario mantener la cantidad de unidades condensadoras al mínimo ya que no hay mucha área disponible en la periferia de la edificación. Asimismo, es necesario tratar de mantener una fachada “limpia” sin saturar las paredes de condensadoras, ya que la estética del edificio se vería afectada negativamente. La segunda solicitud hace referencia a lo que se mencionó previamente y fue en síntesis que se tratara de implementar la menor cantidad de unidades condensadoras posibles para climatizar las áreas de confort. Para los recintos críticos los cuales son 3, si se permite utilizar una condensadora para cada uno ya que estos sistemas deben ser independientes y operar siempre, por ende, es deseable procurar esta independencia y operatividad al mantenerlos apartados. Tomando en cuenta que es necesario climatizar 18 recintos para confort, la tecnología por elegirse debe poder implementar una configuración de suministro mediante una única condensadora a múltiples unidades evaporadoras.

Finalmente, el último aspecto que se desea considerar es la eficiencia del sistema. El Banco Nacional al estar comprometido con la carbono neutralidad y la protección del medio ambiente, busca siempre implementar tecnologías altamente eficientes donde se aprovechen al máximo los recursos utilizados.

Considerando lo expuesto previamente en esta sección, es posible resumir las características principales de la tecnología a implementar en este proyecto. El sistema deberá ser altamente eficiente, no utilizar ductos como medio de distribución y retorno de aire acondicionado y deberá hacer uso de la menor cantidad de unidades condensadoras posibles. Debido a lo anterior, se toma la decisión en conjunto con el asesor industrial de implementar una solución con la tecnología de Volumen Variable de Refrigerante, también conocida como Flujo Variable de Refrigerante. En primer lugar, se decidió esta tecnología ya que con una sola unidad condensadora se puede suministrar de refrigerante a múltiples unidades

evaporadoras. Esto facilita mantener al mínimo el número de condensadoras en la periferia del edificio, al utilizar una única para suministrar de refrigerante el circuito de la planta baja y otra para llevarlo al circuito de la planta alta. Según Tatum (2019) los sistemas VRV permiten una mejora en la eficiencia energética entre un 40% a un 50% sobre unidades manejadoras de aire ubicadas en techo mencionadas en la norma ASHRAE 90.1, haciendo de esta opción una de las más eficientes energéticamente disponibles en el mercado. Finalmente, pero de igual importancia, los sistemas VRV no utilizan ductos ya que el refrigerante se suministra mediante tuberías desde la unidad condensadora hasta las evaporadoras y de vuelta, debido a esto se mantiene al mínimo la necesidad de sortear o en caso de necesidad reubicar los elementos que bloqueen el paso de estas tuberías.

Como valor agregado, los sistemas VRV en Costa Rica hacen uso del refrigerante R410, el cual es aceptado por MINAE y no es un gas agotador de la capa de ozono. Esto permite al Banco Nacional continuar como una entidad carbono neutral y amigable con el ambiente al estar respetando los lineamientos establecidos por las entidades gubernamentales dedicadas al cuidado del ambiente.

Para los recintos críticos se utilizarán sistemas mini Split para asegurar la independencia de estos cuartos críticos del resto de climatización de confort. Esta independencia y operatividad se permite ya que estas unidades irán conectadas a UPS y bancos de baterías asegurando su funcionamiento inclusive en caso de que haya un fallo en el fluido eléctrico.

8.5. Dimensionamiento de equipos

Para el dimensionamiento de los equipos de acondicionamiento se utilizó el software VRV Express de Daikin en conjunto con catálogos de las empresas Daikin, LG y Mitsubishi/Trane. Se escogieron estas marcas específicamente ya que las tres empresas preseleccionadas para el proceso de licitación con el Banco Nacional manejan únicamente estas tres marcas. El Banco Nacional solicitó no seleccionar una marca específica ya que esto entorpecería el proceso de licitación, la solicitud fue específicamente de dimensionar los equipos para que las 3 empresas preseleccionadas puedan concursar sin problema alguno en igualdad de condiciones. Por esto se decide utilizar catálogos de las 3 marcas que manejan estos distribuidores y así dimensionar estos equipos.

Además, el software VRV Express presenta una manera simple e intuitiva de dimensionar los equipos al dar las opciones de asignar los recintos, la cantidad de evaporadoras a ubicar en estos y el calor a evacuar de estos, de esta manera se establecen las capacidades de las unidades evaporadoras. Con las evaporadoras dimensionadas, se eligen las que pertenecerán al circuito de la planta alta y al de la planta baja, de esta manera dimensionando las unidades condensadoras.

Cabe destacar que en esta sucursal hay acceso a fluido eléctrico trifásico, por lo cual, fue posible implementar únicamente dos condensadoras para todos los recintos que serán climatizados para confort. Los catálogos se utilizaron con la finalidad de asegurar que los resultados obtenidos mediante el software sean los correctos para la marca Daikin y que las capacidades de las unidades evaporadoras y condensadoras seleccionadas sean compatibles con las marcas LG y Mitsubishi/Trane. El dimensionamiento mediante catálogos se realizó en base al cálculo de carga térmica mencionado en la sección 0.

Los equipos de cuartos críticos se eligieron mediante catálogos únicamente ya que el software VRV Express solo permite dimensionamiento de equipos de volumen variable de refrigerante. Como se mencionó en la sección anterior, estos equipos serán unidades mini Split y serán sistemas independientes del sistema de confort. Con esto se sabe que se tendrán 3 unidades condensadoras pertenecientes a los sistemas de climatización crítico. El dimensionamiento de estos se realizó con base en el cálculo de carga térmica mencionado en la sección 0.

Para los recintos cuya área es grande y de alta carga térmica tales como la plataforma, comedores, área de crédito y recintos de cubículos, se decide utilizar unidades evaporadoras tipo casete de 4 vías. Esta decisión se toma con la finalidad de facilitar un flujo de aire uniforme y permitir que todos los usuarios y empleados que estén en estos recintos puedan hacer sus labores y trámites con un aire acondicionado balanceado procurando así un estado de confort térmico uniforme. Para los recintos de pequeñas tales como oficinas, cuartos de fotocopiadoras, etc. Se implementan unidades tipo casete de 1 vía ya que al colocarse en alguna de las 4 paredes que conforman la habitación el aire acondicionado se movilizará equitativamente dentro de esta y se procurará un ambiente de confort térmico.

Con todo lo anterior establecido, a continuación, se muestran dos tablas. La Tabla 8.8: Dimensionamiento de unidades evaporadoras por recinto. Fuente: Elaboración propia., muestra las capacidades necesarias de los equipos evaporadores según el recinto en conjunto con el tipo de tecnología, refrigerante a implementar, variables eléctricas y cantidad de vías. La Tabla 8.9: Dimensionamiento de unidades condensadoras. Fuente: Elaboración propia., muestra las capacidades necesarias de las unidades exteriores a implementar en conjunto con sus variables eléctricas y factor de diversidad máximo.

Tabla 8.8: Dimensionamiento de unidades evaporadoras por recinto. Fuente: Elaboración propia.

Sistema	Oficinas	Evaporadoras	Capacidad Diseño Total (kW)	Capacidad Diseño Sensible (kW)	Variables Eléctricas	Refrigerante	Estilo	Tipo	Vías
1	Oficina	UE 1-1	3,7	2,8	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Tesorero	UE 1-2	3,7	2,8	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Comedor	UE 1-3	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Cuarto de Impresora	UE 1-4	3,7	2,8	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Supervisor	UE 1-5	1,8	1,5	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Plataforma	UE 1-6	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 1-7	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 1-8	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 1-9	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Área Pequeña Cub	UE 1-10	9,1	7,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Comedor 2P	UE 1-11	7,3	6,1	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Área Grande Cub	UE 1-12	7,3	6,1	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 1-13	7,3	6,1	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Oficina Área Cub	UE 1-14	5,8	4,4	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
2	Oficina Gerente	UE 2-1	5,8	4,4	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Sala de Reuniones	UE 2-2	2,9	2,3	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Jefe de Crédito	UE 2-3	3,7	2,8	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Área de Crédito	UE 2-4	11,5	8,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 2-5	11,5	8,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 2-6	11,5	8,9	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Comedor La Virtual	UE 2-7	7,3	6,1	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
	Embalaje	UE 2-8	4,6	3,5	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	1
	Centro de Procesamiento	UE 2-9	5,8	5,2	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
		UE 2-10	5,8	5,2	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
UE 2-11		5,8	5,2	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4	

		UE 2-12	5,8	5,2	1/220-230V/60Hz	R410A	Cassette	Flujo variable ref.	4
3	Telecomunicaciones	UE 3-1	2,3	NA	1/220-230V/60Hz	R410A	MiniSplit	inverter	1
4	ATM	UE 4-1	5,3	NA	1/220-230V/60Hz	R410A	MiniSplit	inverter	1
5	Cómputo	UE 5-1	3,9	NA	1/220-230V/60Hz	R410A	MiniSplit	inverter	1

Tabla 8.9: Dimensionamiento de unidades condensadoras. Fuente: Elaboración propia.

Sistema	Oficinas	Condensadoras	Capacidad Diseño (kW)	Variables Eléctricas
1	Oficina	UC-01	81,39	3/220-240V/60Hz
	Tesorero			
	Comedor			
	Cuarto de Impresora			
	Supervisor			
	Plataforma			
	Área Pequeña Cub			
	Comedor 2P			
Área Grande Cub				
Oficina Área Cub				
2	Oficina Gerente	UC-02	74,96	3/220-240V/60Hz
	Sala de Reuniones			
	Jefe de Crédito			
	Área de Crédito			

	Comedor La Virtual			
	Embalaje			
	Centro de Procemiento			
3	Telecomunicaciones	UC-03	2,30	1/220-240V/60Hz
4	ATM	UC-04	5,30	1/220-240V/60Hz
5	Cómputo	UC-05	3,90	1/220-240V/60Hz

8.6. Realización de Diagramas de Montaje o de Disposición de Equipos

Para la realización de los diagramas unifilares del sistema de aire acondicionado, primero fue necesario procurar que las dimensiones actuales de la edificación sean las plasmadas en los planos constructivos. Como se mencionó previamente en este documento, estas dimensiones se aseguraron en la primera visita al sitio, por la necesidad de conocer las áreas de los recintos para poder realizar el cálculo de carga térmica. Con lo anterior definido, se procedió a realizar los diagramas unifilares de todos los equipos requeridos en los recintos. En los cuartos de mayor carga térmica tales como el centro de embalaje, área de crédito, plataforma entre otros, se decidió poner múltiples unidades evaporadoras para poder distribuir de mejor manera el aire y que todo el recinto quede climatizado, así procurando un acondicionamiento homogéneo de estos.

Asimismo, las unidades evaporadoras de estos recintos no se colocaron de manera simétrica para así evitar flujos cruzados donde se concentre la mayoría del aire climatizado y dejando zonas calientes donde este no llegue. Esto último se realizó bajo el consejo del asesor industrial Ronald Calderón, ya que, con su amplia experiencia, destacó la importancia de evitar la simetría en el posicionamiento de las unidades evaporadoras. Las evaporadoras, tipo casete de una vía y los mini Split se colocaron en los recintos especificados buscando siempre la ubicación óptima para climatizarlos.

Un detalle muy importante para mostrar en estos diagramas son los tableros eléctricos donde se decidió conectar los equipos. Para esto se explicará la decisión de cual tablero y por qué. Las unidades VRV se decidieron conectar al tablero principal del primer piso TP-01. Esta decisión se basó en cuatro criterios, el primero siendo la cercanía del tablero a los sistemas de climatización. Se corroboró que este era el más cercano a la fuente de flujo eléctrico trifásica y a las unidades condensadoras, por lo cual se reducirían los costos al

minimizar la cantidad de cable necesario a implementar para lograr la conexión de estos equipos a la electricidad.

El segundo criterio es la búsqueda de utilizar al máximo los softwares de mantenimiento incluidos en la compra de los equipos. Una funcionalidad altamente útil para el departamento de mantenimiento es un análisis de consumo energético en tiempo real, el cual se puede lograr de manera óptima al conectar todos los equipos a un mismo tablero, ya que el aparato de corriente medición se conectaría al conductor que alimenta las unidades permitiendo una medición de esta variable en tiempo real para todos los sistemas.

El tercer criterio corresponde a la capacidad del tablero en sí. A esto compete si este tiene alimentación trifásica, la capacidad de las barras, del disyuntor principal y del conductor de la acometida. Sabiendo que las unidades condensadoras del sistema VRV consumirán la mayor corriente y tomando un estimado de esta como de 214^a, es importante verificar los aspectos mencionados anteriormente para asegurar que la elección del tablero sea la correcta. La capacidad de las barras de este tablero es de 225A, efectivamente tiene una alimentación trifásica, lo cual es más que suficiente para soportar las cargas de los circuitos de los equipos como es posible corroborar con las variables eléctricas mostradas en las Tablas Tabla 8.8 y Tabla 8.9. El conductor del alimentador principal se verificó mediante la remoción de la envolvente del tablero, esto con la finalidad de corroborar que el calibre que tiene este es el adecuado para soportar la carga de las unidades. El alimentador tiene un calibre 1/0 AWG y 2 conductores por fase. Según la norma NFPA 70, específicamente la tabla 310.15(B)(16), los conductores calibre #1/0 AWG tienen una capacidad de 125A. Para el caso del conductor de nuestro alimentador principal, al ser 2 conductores por fase se tiene una capacidad de 250A. Lo anterior comprueba que la capacidad del conductor del alimentador es suficiente para soportar la carga de los equipos. Finalmente, el disyuntor colocado para este tablero es

de 225 A, la misma capacidad de las barras. Todo lo anterior demuestra que el tablero TP-01 tiene la capacidad de soportar los circuitos correspondientes al sistema VRV diseñado.

Para los sistemas de cuarto críticos, se tomó la decisión, en conjunto con el estándar interno del BNCR, de conectarlas a los tableros de emergencias TE-01 para los circuitos de la planta baja y TE-02 para los circuitos de la planta alta. Ambos tableros también tienen una capacidad de barras de 225 A, un disyuntor principal de 225 A y un conductor de 1/0 AWG 2 conductores por fase. Esto se hace ya que estos tableros van directo a la planta eléctrica de emergencia ubicada en el sótano del edificio, por lo cual, en caso de un corte del fluido eléctrico prolongado siempre tendrán alimentación gracias a este generador.

El último criterio utilizado fue la cantidad de espacios disponibles en el tablero, ya que se tendrán al menos 10 circuitos por alimentar (uno por sistema de climatización). Este tablero tiene 72 espacios con 21 de estos en uso, lo cual deja espacio suficiente para todos los circuitos necesarios para esta solución planteada.

Las unidades condensadoras del sistema VRV se ubicaron en lo que era un parqueo de motocicletas a nivel de planta baja al aire libre. Esta ubicación es la óptima ya que los equipos quedan dentro de los portones del complejo de edificaciones del Banco Nacional de Costa Rica, el cual está resguardado por oficiales de seguridad 24/7 y también con CCTV. En tres puntos cardinales las condensadoras están resguardadas de la intemperie al estar rodeadas de edificios, esto las protege de iluminación solar directa y de lluvia. En la Figura 8.2 es posible apreciar el espacio designado para las condensadoras del sistema VRV, cabe destacar que la imagen fue tomada cuando aún era un parqueo para motocicletas, la institución eliminó los espacios de parqueo y los reasignó a otra ubicación dentro del complejo.



Figura 8.2: Espacio designado para ubicar las unidades condensadoras del sistema VRV. Fuente: Fotografía tomada.

Finalmente, dos de las unidades condensadoras de los sistemas críticos se ubicaron a nivel de piso dentro del patio de sol ubicado adentro de la sucursal. Estas unidades climatizan el cuarto de cómputo de la planta alta y el cuarto de telecomunicaciones de la planta baja; se escogió esta ubicación debido a la cercanía que hay con los recintos por climatizar.

La última unidad condensadora se colocó en una saliente de concreto del segundo piso, esto se realizó con la finalidad de que este equipo estuviese lo más cerca posible al cuarto de ATM, el cual se encarga de climatizar. Cabe destacar que en esta ubicación hay una de las condensadoras del sistema obsoleto, por lo cual ya la base de concreto está realizada y es posible reutilizarla para nuestro sistema nuevo. Esta saliente es accesible mediante una

ventana corrediza ubicada en la fachada este del área de crédito, y tiene un espacio de aproximadamente 3 metros alrededor para que los técnicos en mantenimiento puedan realizar labores sin ningún riesgo a su salud; con esto se respeta la solicitud de cuidar el ámbito de seguridad ocupacional de los encargados de mantenimiento. En la Figura 8.3 se puede apreciar la imagen de la saliente donde se ubicará esta condensadora.



Figura 8.3: Ubicación de la unidad condensadora del sistema crítico del cuarto de ATM. Fuente: Fotografía tomada.

Los diagramas de montaje o de disposición de equipos finales se pueden encontrar en el Anexo 12.12.

8.7. Sistemas de climatización inteligentes

En esta sección se comentará la importancia de implementar sistemas de aire acondicionado interconectados al internet de las cosas (IoT) para facilitar no solo el control de climatización por parte de los usuarios, sino también para hacer énfasis en el software de mantenimiento predictivo que se puede implementar en las unidades de acondicionamiento.

Como se ha mencionado previamente, la Unidad de Mantenimiento de Aires Acondicionados, liderada por la Ing. Mónica Vargas, está en un proceso de modernización considerable y están adoptando las nuevas tecnologías que conlleva la Industria 4.0 mediante la compra de un software que unifique todas las mediciones tomadas en tiempo real y las muestre en el servidor de esta Unidad. Actualmente tienen una base de datos donde pueden observar información vital individual de las unidades de aire acondicionado modernas que el BNCR tiene implementadas, haciendo uso del software de mantenimiento de las marcas comerciales y accediendo a su panel principal mediante una dirección IP única para cada equipo, con la finalidad de estudiar los valores más importantes tales como consumo energético, presión de refrigerante, temperaturas, caudal de refrigerante, velocidad, equipos encendidos y apagados, etc.

En conjunto con poder analizar estas mediciones en tiempo real, el software de los equipos tiene incorporadas alarmas preprogramadas modificables por los usuarios, las cuales indican de posibles fallos pronto a suceder, permiten diagnosticar la fuente de una falla específica y también llevar un registro de los mantenimientos preventivos que se le han hecho a los equipos en conjunto con una descripción de las labores realizadas. Debido a esto y como se mencionó previamente en la sección 5.3, es de suma importancia que los equipos que se instalarán incluyan como parte de su compra, este software propietario de cada marca comercial. Con esto se busca poder incorporar los datos que se recolecten mediante este a los

servidores de la Unidad de Mantenimiento haciendo uso del software que se comprará para unificar toda esta información. Las tres marcas que manejan las empresas preseleccionadas para el proceso de licitación de esta sucursal son: Daikin, LG y Mitsubishi/Trane, incluyen software de mantenimiento predictivo con la compra.

Otro aspecto importante de la interconexión de los equipos de aire acondicionado al Internet de las Cosas es facilitar el control de estos a los usuarios. Mediante las aplicaciones de los fabricantes, es posible controlar los equipos de climatización haciendo uso de dispositivos inteligentes tales como celulares inteligentes, tabletas y ordenadores. Con esto los usuarios pueden controlar las temperaturas individuales de los recintos, establecer horarios de uso con encendido y apagado automático durante días laborales, definir temperaturas máximas y mínimas en recintos específicos, monitorear el consumo de los recintos individuales para así verificar que ninguno de los colaboradores esté usando indebidamente el sistema de climatización y, en caso de que a alguien se le olvide apagar alguna de las unidades evaporadoras o condensadoras, poder acceder a la aplicación desde cualquier lugar, con cualquier dispositivo que tenga acceso a internet y apagarla de manera sencilla. Es importante destacar que las tres marcas de equipos mencionadas con anterioridad manejan aplicaciones de control de climatización.

Todos estos aspectos son vitales para considerar a la hora de seleccionar una marca o un proveedor ya que la utilización a cabalidad del mundo de facilidades tecnológicas que estos sistemas de climatización modernizados ofrecen, permite optimizar la utilización de recursos valiosos de la empresa tales como costos de consumo energético u horas hombre de mantenimiento. Esto a su vez reduce drásticamente los costos asociados y permite utilizar de mejor manera estos recursos previamente mencionados. Además de esto fue solicitado por parte de la unidad de mantenimiento que los equipos a instalar tengan estas capacidades y

como se demostró en esta sección, se cumple con esta solicitud al corroborar que las tres marcas por licitar lo posean.

8.8. Cartel de licitación

Como valor agregado al diseño del sistema de climatización, se decidió realizar el cartel de la licitación de la obra, con la previa aprobación del asesor industrial. Este cartel consiste en tres documentos, el primero es el plano mecánico o diagrama de montaje de equipos, el segundo es una tabla con las especificaciones técnicas de todos los equipos por ser instalados; el último consta de un PDF ya redactado en el cual se establecen las responsabilidades y condiciones a cumplir por parte de la empresa que licita la obra para poder someter la cotización y ofertar de manera exitosa en este proceso en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP).

Para la realización del cartel fue necesario únicamente realizar los diagramas de disposición de equipos los cuales se explican en la sección 8.6, y se pueden encontrar en el Anexo 12.12. El otro documento que se debe de realizar son las tablas de especificaciones técnicas de las unidades condensadoras y evaporadoras. Estas tablas deben contener toda la información de las variables eléctricas, las capacidades de los equipos, tipo de tecnología y el refrigerante a utilizar. Estas se realizaron en la sección 8.5, y son específicamente las Tablas Tabla 8.8: Dimensionamiento de unidades evaporadoras por recinto. Fuente: Elaboración propia. y Tabla 8.9: Dimensionamiento de unidades condensadoras. Fuente: Elaboración propia.

Con estos documentos realizados y añadiendo el documento donde se detallan las condiciones en las cuales la empresa licitante debe someter la cotización para el concurso de licitación, se completa el cartel. Este compendio de documentos será vital en la siguiente sección donde es necesario realizar cotizaciones para obtener un valor de la obra con la finalidad de realizar un análisis financiero correcto.

8.9. Refrigerante

Un componente del sistema de climatización importante de discutir es el refrigerante seleccionado para el sistema, explicar el porqué de la selección y fundamentar su uso basándose en las normativas nacionales e internacionales respecto al uso de sustancias agotadoras de ozono.

El aspecto principal que propició la selección del refrigerante R-410A fue que es el único que se maneja en el país para aplicaciones en sistemas VRV por parte de las empresas contratistas. Debido a esto, no hay flexibilidad en el diseño para poder optar por otras opciones en casos donde un sistema VRV es la única manera de resolver la necesidad de climatización de una edificación. No obstante, aunque este gas sea la única opción para el sistema de climatización diseñado debido a una oferta de mercado muy limitada para estas tecnologías, es imperativo asegurar que la elección respete los lineamientos establecidos por MINAE en las Leyes #7223 y #9522 de la República de Costa Rica, así como en el Manual de Buenas Prácticas de Refrigeración y el Protocolo de Montreal.

Según el Protocolo de Montreal, el gas R-410A se introdujo en la última década para realizar un proceso de recambio y declaración de obsolescencia del gas R-22 y actualmente es el más utilizado en la industria de aire acondicionado debido a su elevada eficiencia energética, capacidad de refrigeración superior y sus cualidades de no toxicidad ni inflamabilidad. Con lo anterior mencionado, es importante tomar en cuenta que el Reglamento (UE) n° 517/2016 iniciará el proceso de eliminación gradual de los gases fluorados a partir del 1 enero del 2025. Costa Rica de igual manera iniciará este proceso en el año 2025, gradualmente reduciendo el uso de este gas en un periodo de aproximadamente 10 años para así empezar a implementar las nuevas tecnologías que surjan en ese tiempo.

Afortunadamente este proyecto y las unidades de acondicionamiento seleccionadas tendrán una vida útil en libros de 10 años, según la Unidad de Mantenimiento. Por ello, estos equipos estarán fuera de uso 4 años, antes de que el gas R-410A sea declarado como agotador de la capa de ozono por MINAE y se prohíba su implementación en sistemas de climatización y refrigeración. Con esto se asegura de forma incontrovertible el compromiso institucional con la carbono neutralidad y el respeto a los lineamiento establecidos por los entes regulatorios costarricenses encargados del cuidado del medio ambiente.

Es importante destacar que UNEP (2020) aún permite la implementación de sistemas de climatización con uso de gases hidrofluorocarbonados (HFC) y aún no ha sido declarado agotador de la capa de ozono, por lo cual se puede utilizar ampliamente sin riesgo alguno a la capa de ozono que se busca proteger. El recambio que busca la Unión Europea a partir del año 2025, según Unión Europea (2014) es con la finalidad de implementar nuevas tecnologías, con vidas atmosféricas mucho menores para así poder resguardar aún más el medio ambiente.

Finalmente se contemplarán las leyes #7223 y #9522. En primer lugar, la Ley 7223 denominada “Aprobación del Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono” se establecen los lineamientos de la adherencia de la República de Costa Rica al protocolo de Montreal, debido a esto y acorde con esta ley, es posible utilizar este refrigerante seleccionado sin ninguna objeción jurídica ya que este protocolo no lo declara agotador de la capa de ozono, por lo que se puede usar de manera libre. La Ley 9522 es la aprobación de la enmienda al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono publicada en el 2016, donde en ninguna parte de este documento se realiza la declaratoria de que el R-410A es agotador de la capa de ozono. Con todo esto es posible concluir que dadas las limitaciones del mercado nacional respecto a refrigerantes para la

tecnología VRV y la necesidad de implementar este tipo de sistema la selección de R-410, fue acertada.

8.10. Análisis financiero

Previo al análisis financiero, es importante estimar el costo de la obra para poder continuar con el cálculo de los indicadores. Para la estimación de los costos, se cotizó con múltiples empresas encargadas de la instalación de sistemas de climatización. Las tres empresas preseleccionadas se incluyeron en esta solicitud de cotizaciones. Todo esto se realizó con la autorización del asesor industrial Ronald Calderón Trejos. Afortunadamente se obtuvo una respuesta positiva por parte de la empresa Confort Climático, una de las preseleccionadas para el proceso de licitación.

Con la cotización realizada por esta empresa es posible establecer que el valor aproximado de la obra por realizar será de \$175 000 (ciento setenta y cinco mil dólares, moneda de curso legal de los Estados Unidos de Norteamérica) y se incluye instalación, puesta en marcha, softwares de mantenimiento y control. También incluye servicios con aproximadamente 14 visitas anuales de mantenimiento preventivo. Con el valor de la obra definido, se procede a determinar las ganancias brutas anuales, crecimiento anual de estas, costos administrativos, gastos por depreciación de equipos, gastos financieros, etc.

El Banco Nacional de Costa Rica, al ser una entidad financiera pública, anualmente publicaba un informe denominado “Memoria Anual” antes del 2015; posterior al 2015, se denomina “Reporte de Sostenibilidad”, en el cual se detalla de manera minuciosa todos los ingresos y egresos que ha tenido la institución mostrando por completo los estados financieros. Esto se realiza con la finalidad de mostrar una transparencia al público y facilitar el proceso de auditoría por parte de la Superintendencia General de Entidades Financieras

(SUGEF). El documento “Información Financiera Requerida por la Superintendencia General de Entidades Financieras del Año 2020” se utilizará como referencia para determinar los datos económicos necesarios para realizar el análisis financiero. Los documentos denominados “Memoria Anual” se utilizarán para estimar el crecimiento de los ingresos y egresos de la institución en los próximos 10 años.

Utilizando las Memorias Anuales desde el 2012 hasta el 2020, este último es el último año en del cual se tienen los datos financieros completos se procedió a determinar la tasa de crecimiento de la institución entre un año y otro. Mediante un promedio de estos datos es posible estimar la tasa de crecimiento promedio para así poder proyectar las ganancias de los próximos 10 años de la institución de manera lineal y poder aproximar de forma cuantitativa los datos financieros en el horizonte definido.

Cabe destacar que el presupuesto para inversión de nuevos activos del Banco Nacional es tomado de las ganancias netas de la institución, debido a esto se ve la necesidad de utilizar los ingresos globales por año del ente financiero.

Tabla 8.10: Crecimiento financiero promedio del Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Elaboración Propia.

Año	Crecimiento de Ganancia (%)
2012-2013	-12
2013-2014	28
2014-2015	-60
2015-2016	-48
2017-2018	115
2019-2020	26
Porcentaje de ganancia promedio	8,20

Con estos mismos reportes anuales y de la misma manera en que se determinó porcentualmente el crecimiento de las ganancias brutas de la entidad financiera, se determinan los índices de crecimiento de gastos por deterioro de activos, gastos financieros, otros gastos operativos y gastos administrativos.

Tabla 8.11: Crecimiento porcentual de gastos del Banco Nacional de Costa Rica. Fuente: Elaboración Propia.

Gastos	Crecimiento (%)
Deterioro de activos	15
Recuperación de activos	15
Financieros	10
Otros gastos operativos	2,3
Gastos administrativos	1,21

Teniendo definidos los estados financieros del Banco Nacional, se procede a establecer un horizonte financiero de 10 años. Se elige este horizonte ya que es la vida útil en libros definida por la Unidad de Mantenimiento para este tipo de equipos. Para la depreciación de las unidades definidas para este proyecto, se realiza el cálculo de depreciación en línea recta definido por (Blank & Tarquin, 2018). Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8.12: Depreciación de las unidades de aire acondicionado seleccionadas para este proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Depreciación Línea Recta				
Bienes	Histórico	Años Depreciables	Valor de Rescate	Costo
Unidades de Aire	₡ 109 550 000,00	10	₡0	₡ 109 550 00,00
			Total	₡ 109 550 00,00

Con todos estos datos se procede a realizar el modelo financiero con un horizonte a 10 años plazo utilizando lo establecido por (Blank & Tarquin, 2018) para el cálculo del VAN, TIR y ROI. En la tabla Tabla 8.13

Tabla 8.13: Modelo financiero para cálculo del VAN, TIR y ROI. Fuente: Elaboración Propia.

Modelo Financiero	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ganancias		₺ 495 515 712 678,00	₺ 536 148 001 117,60	₺ 580 112 137 209,24	₺ 627 681 332 460,40	₺ 679 151 201 722,15	₺ 734 841 600 263,37	₺ 795 098 611 484,96	₺ 860 296 697 626,73	₺ 930 841 026 832,12	₺ 1 007 169 991 032,35
Utilidad Bruta		₺ 495 515 712 678,00	₺ 536 148 001 117,60	₺ 580 112 137 209,24	₺ 627 681 332 460,40	₺ 679 151 201 722,15	₺ 734 841 600 263,37	₺ 795 098 611 484,96	₺ 860 296 697 626,73	₺ 930 841 026 832,12	₺ 1 007 169 991 032,35
Gastos por Depreciación Aire		-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00	-₺ 10 955 000,00
Gasto por Deterioro de Activos		-₺ 71 983 085 678,00	-₺ 82 780 548 529,70	-₺ 95 197 630 809,16	-₺ 109 477 275 430,53	-₺ 125 898 866 745,11	-₺ 144 783 696 756,87	-₺ 166 501 251 270,41	-₺ 191 476 438 960,97	-₺ 220 197 904 805,11	-₺ 253 227 590 525,88
Gastos por Recuperación de Activos		-₺ 9 537 340 014,00	-₺ 10 967 941 016,10	-₺ 12 613 132 168,52	-₺ 14 505 101 993,79	-₺ 16 680 867 292,86	-₺ 19 182 997 386,79	-₺ 22 060 446 994,81	-₺ 25 369 514 044,03	-₺ 29 174 941 150,63	-₺ 33 551 182 323,23
Gastos Financieros		-₺ 243 800 159 127,00	-₺ 268 180 175 039,70	-₺ 294 998 192 543,67	-₺ 324 498 011 798,04	-₺ 356 947 812 977,84	-₺ 392 642 594 275,63	-₺ 431 906 853 703,19	-₺ 475 097 539 073,51	-₺ 522 607 292 980,86	-₺ 574 868 022 278,94
Otros Ingresos Operativos		₺ 169 066 810 318,00	₺ 177 520 150 833,90	₺ 186 396 158 375,60	₺ 195 715 966 294,38	₺ 205 501 764 609,09	₺ 215 776 852 839,55	₺ 226 565 695 481,53	₺ 237 893 980 255,60	₺ 249 788 679 268,38	₺ 262 278 113 231,80
Otros Gastos Operativos		-₺ 113 856 686 441,00	-₺ 116 475 390 229,14	-₺ 119 154 324 204,41	-₺ 121 894 873 661,12	-₺ 124 698 455 755,32	-₺ 127 566 520 237,69	-₺ 130 500 550 203,16	-₺ 133 502 062 857,83	-₺ 136 572 610 303,56	-₺ 139 713 780 340,54
Gastos Administrativos		-₺ 193 857 050 199,00	-₺ 196 202 720 506,41	-₺ 198 576 773 424,54	-₺ 200 979 552 382,97	-₺ 203 411 404 966,81	-₺ 205 872 682 966,91	-₺ 208 363 742 430,80	-₺ 210 884 943 714,22	-₺ 213 436 651 533,16	-₺ 216 019 235 016,71
Utilidad Antes de Impuestos		₺ 31 537 246 537,00	₺ 39 050 421 630,45	₺ 45 957 287 434,55	₺ 52 031 528 488,33	₺ 57 004 603 593,31	₺ 60 559 006 479,03	₺ 62 320 507 364,12	₺ 61 849 224 231,78	₺ 58 629 350 327,18	₺ 52 057 338 778,85
Impuestos de Renta (siempre 30%)		-₺ 9 461 173 961,10	-₺ 11 715 126 489,13	-₺ 13 787 186 230,36	-₺ 15 609 458 546,50	-₺ 17 101 381 077,99	-₺ 18 167 701 943,71	-₺ 18 696 152 209,24	-₺ 18 554 767 269,53	-₺ 17 588 805 098,15	-₺ 15 617 201 633,66
Utilidad despues de Impuestos		₺ 22 076 072 575,90	₺ 27 335 295 141,31	₺ 32 170 101 204,18	₺ 36 422 069 941,83	₺ 39 903 222 515,31	₺ 42 391 304 535,32	₺ 43 624 355 154,89	₺ 43 294 456 962,25	₺ 41 040 545 229,03	₺ 36 440 137 145,20
Recuperación de Depreciación Aire		₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00	₺ 10 955 000,00
Inversión inicial (Aires)	-₺ 109 550 000,00										
Recuperación de la Inversión Inicial Aire											₺ -
Fujo Neto de Efectivo	-₺ 109 550 000,00	₺ 22 087 027 575,90	₺ 27 346 250 141,31	₺ 32 181 056 204,18	₺ 36 433 024 941,83	₺ 39 914 177 515,31	₺ 42 402 259 535,32	₺ 43 635 310 154,89	₺ 43 305 411 962,25	₺ 41 051 500 229,03	₺ 36 451 092 145,20

Tabla 8.14: Resultados de VAN, TIR y ROI. Fuente: Elaboración Propia.

Tasa de Descuento	20%
Inflación	1%
Tasa de Descuento Ajustada por Inflación	21,45%
Flujos Descontados	₺ 86 537 286 227,05
Inversión inicial (Compra de Activos)	-₺ 109 550 000,00
Valor Actual Neto del Proyecto	₺ 86 427 736 227,05
Tasa Interna de Retorno	20185%
Recuperación de la Inversión Inicial	1 Mes
Retorno Sobre la Inversión	9192,70

Es posible apreciar en la tabla Tabla 8.14 los resultados del VAN, TIR y ROI. El resultado el TIR es mucho mayor al de la tasa de descuento, lo cual según Blank & Tarquin (2018) quiere decir que el proyecto es altamente viable. El resultado del VAN fue un número positivo, ello también según Blank & Tarquin (2018) denota la viabilidad financiera de ejecutar esta inversión.

Es posible notar que los valores de estos indicadores son particularmente altos, y efectivamente son elevados. Esto se debe a que el Banco Nacional de Costa Rica trabaja como un conglomerado financiero, y al generar un flujo de dinero en el rango de los miles de millones colones anuales, hace que de manera comparativa a una inversión de 109 550 000 ₡ se vea muy pequeña. Por ello, los indicadores establecen que el proyecto es total y absolutamente viable, ya que, al tener tanta disponibilidad de capital, el Banco Nacional puede realizar dichas inversiones y recuperar el dinero invertido en un periodo muy corto. La viabilidad de este proyecto se conocía previo a la realización de este diseño por cuanto ya se contaba con la aprobación del presupuesto para el rediseño del sistema de la agencia BN Uruca; sin embargo, siempre es importante comprobar de manera cuantitativa esta viabilidad previamente establecida. He ahí la importancia de esta sección respecto al proyecto.

9. Conclusiones

1. Se diseñó de manera satisfactoria el sistema de aire acondicionado para la Sucursal de La Uruca del Banco Nacional de Costa Rica, según la normativa ASHRAE 55.
2. Se calculó exitosamente la carga térmica de todos los recintos y particiones requeridos de la Sucursal del Banco Nacional, ubicada en La Uruca.
3. Se seleccionaron de forma precisa, los equipos según el tipo de tecnología mediante un análisis integral de los recintos que constituyen el establecimiento acorde con la disponibilidad de los espacios internos y externos, acceso a fuentes de potencia, características ambientales y necesidades específicas de la edificación.
4. Se comprobó la viabilidad financiera del proyecto mediante un análisis financiero utilizando los indicadores de VAN, TIR y ROI.

10. Recomendaciones

- Se recomienda que la empresa encargada del servicio de instalación respete los artículos 440.22, 440.32 y 440.12 (A) de la norma NFPA 70 respecto a los ramales y circuitos eléctricos de sistemas de aire acondicionado.
- Los equipos por instalar deben estar certificados por Underwriters Laboratories (UL).
- Es vital implementar supresores de pico para cuidar la integridad de los controladores electrónicos de las unidades evaporadoras y condensadoras.
- Los desagües deben ser de tubería Termex, asilados con aislante de mínimo 25.4mm o 1in de espesor de pared.
- Las tuberías de refrigeración deberán tener aislante de al menos 50.8mm o 2in con una densidad mínima de $25 \frac{kg}{m^3}$ y máxima de $38 \frac{kg}{m^3}$.
- Todas las estructuras metálicas que se instalen deben estar recubiertas con al menos 2 manos de pintura anticorrosiva.
- Los conectores de tubería deben ser de cobre roscado para evaporadoras y condensadoras.
- Los codos por instalar deben ser de radio largo.
- Toda la soportaría para sujetar las tuberías de refrigeración y desagües deberá ser plástica, los soportes y anclajes deberán ser en varillas de metal o varillas roscadas para anclarse a bases o angulares e instalarse con una distancia máxima de 1.5 m una de otra.
- El controlador de velocidad del inversor de las unidades condensadoras debe permitir transiciones suaves entre velocidades y transiciones suaves entre la velocidad más baja y la velocidad más alta.

- Las recargas de refrigerante se deben realizar por peso y utilizando balanzas electrónicas para corroborar este.
- Los soportes deben ser metálicos, con un acabado superficial galvánico y deberán permitir movimientos longitudinales de la tubería debido a expansiones térmicas.
- Las tuberías no deben quedar aprisionadas o prensadas por los soportes.
- Las varillas para la sujeción de los elementos deberán tener como diámetro mínimo 10mm.
- Se recomienda la ubicación de bolardos o barreras de concreto o metálicas en la periferia inmediata de las unidades condensadoras para frenar cualquier vehículo en caso de algún descontrol, protegiendo de esta manera la integridad de estos equipos.

11. Bibliografía

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (2016). *2016 ASHRAE Handbook - Heating Ventilating and Air-Conditioning Systems and Equipment (I-P Edition)*. Peachtree Corner, Georgia. Retrieved From: https://app-knovel-com.ezproxy.itcr.ac.cr/web/toc.v/cid:kpASHRAEM6/viewerType:toc//root_slug:ashrae-handbook-heating/url_slug:ashrae-handbook-heating?q=ASHRAE&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2016). *ASHRAE TC9.9 Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best.* Atlanta, Ga.: The Society

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (2017). *ASHRAE HANDBOOK 2017 [S.I. & I.P.]*. Peachtree Corners, Georgia: ASHRAE. Retrieved from: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASHRAEP2/ashrae-handbook-fundamentals/ashrae-handbook-fundamentals>

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2017). *ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1-2017: Standard for the Design of High-Performance Green Buildings*. Atlanta, Ga.: The Society

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2019). *2019 ASHRAE Handbook Heating, Ventilating, and Air-*

Conditioning Applications (S-I Edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASHRAEVC/ashrae-handbook-heating/ashrae-handbook-heating>

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2020). *ASHRAE 55 Standard Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, Ga.: The Society

Aprobación del Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA. § N° 7223 (1998).

Aprobación de la enmienda al Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (2016), LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA. § N° 9522 (2018).

Baca Urbina, G. (2015). *Fundamentos de ingeniería económica* (6th ed.). México D.F. (México): McGraw-Hill.

Banco Nacional de Costa Rica. (2012). *Memoria Anual 2012*. San José.

Banco Nacional de Costa Rica. (2013). *Memoria Anual 2013*. San José.

Banco Nacional de Costa Rica. (2014). *Memoria Anual 2014*. San José.

Banco Nacional de Costa Rica. (2015). *Memoria Anual 2015*. San José.

Banco Nacional de Costa Rica. (2016). *Reporte Anual de Sostenibilidad 2016*. San José.

- Banco Nacional de Costa Rica. (2017). Reporte Anual de Sostenibilidad 2017. San José.
- Banco Nacional de Costa Rica. (2018). Reporte Anual de Sostenibilidad 2018. San José.
- Banco Nacional de Costa Rica. (2019). Reporte Anual de Sostenibilidad 2019. San José.
- Banco Nacional de Costa Rica. (2020). Reporte Anual de Sostenibilidad 2020. San José.
- Blank, L. and Tarquin, A., 2018. Engineering Economy. 8th ed. New York City, NY: McGraw-Hill.
- Bueno, A., de Paula Xavier, A., & Eduardo Broday, E. (2021). Evaluating the Connection between Thermal Comfort and Productivity in Buildings: A Systematic Literature Review. Basel: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Callahan, C., Elansari, A. and Fenton, D., (2019). Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities. Duxford (etc.): Elsevier, pp.271-310.
- Çengel, Y., Apraiz Buesa, I. and Boles, M., (2015). Termodinámica. 8th ed. México [etc.]: McGraw Hill.
- Daikin. (2020). Catalogo VRV IV Serie S. Daikin
- Daikin. (2020). FTK-A Series Wall Mounted Catalogue. Daikin
- H. Gong, E. S. Jones, R. E. Alden, A. G. Frye, D. Colliver and D. M. Ionel. (2020) *Demand Response of HVACs in Large Residential Communities Based on Experimental Developments*. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). Detroit,

MI. pp. 4545-4548, doi: 10.1109/ECCE44975.2020.9235465. Retrieved from:
<https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.itcr.ac.cr/document/9235465>

Garza, J. (2020). Banco Nacional obtiene reconocimiento Carbono Neutral Plus en todas sus instalaciones. La República. Retrieved 12 April 2021, from <https://www.larepublica.net/noticia/banco-nacional-obtiene-reconocimiento-carbono-neutral-plus-en-todas-sus-instalaciones>.

Guzmán, G. et al (2014). Manual técnico sobre ecoeficiencia para sistemas de refrigeración y climatización. MINAE/PNUD. Costa Rica

Instituto Meteorológico Nacional. (2020). Boletín Climático (p. 3). San José: Instituto Meteorológico Nacional.

Lawrence, T., Darwich, A. K., & Means, J. K. (2018). ASHRAE GreenGuide : Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings: Vol. Fifth edition. ASHRAE. Retrieved from:
<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.itcr.ac.cr/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTgyMTMzN19fQU41?sid=d8fd5c99-84ac-4ead-b53e-b0a52e804fd6%40pdc-v-sessmgr01&vid=1&format=EB&rid=1>

LG. (2019). Multi V Catalogue. LG

LG. (2019). Split Systems Brochure. LG

Legg, R. (2017). *Air Conditioning System Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Menčík, J. (2016). Bathtub Curve. Retrieved 12 April 2021, from <https://www.intechopen.com/books/concise-reliability-for-engineers/bathtub-curve>.
- Mitsubishi/Trane. (2019). CityMulti VRF Catalogue. Mitsubishi Electric
- Parcerisa, J. and Fort, I., 2002. Sistemas VRV para el Acondicionamiento del Aire. Técnica Industrial, (246), pp.56-59.
- Pita, E., González Pozo, V., & Sánchez Cifuentes, A. (2001). *Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas* (2nd ed.). Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Tatum, R. (2021). How Variable Refrigerant Flow (VRF) Improve HVAC Energy Efficiency. Facilities. Retrieved 14 September 2021,
- UNEP, Ozone Secretariat. (2020). Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (14th ed.).
- Unión Europea. (2014). Reglamento (UE) n° 517/201: sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 842/2006. Unión Europea.
- Y. Chiba, Y. Marif, A. Boukaoud, L. Meredef and Y. Kaidi. (2018). *Impact of green buildings on HVAC system located in Algeria*. International Conference on Applied Smart Systems (ICASS), Medea, Algeria. pp. 1-4, doi: 10.1109/ICASS.2018.8652071. Retrieved from: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.itcr.ac.cr/document/8652071>
- Vargas, M. (2021). ¿Que factores determinan la necesidad de recambio de equipos en el Banco Nacional de Costa Rica? [En Persona].

12. Anexos

12.1. Anexo 1: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento en techos.

Roof No	Description of Construction	Weight, lb/ft ²	U-value, BTU/h-ft ² -°F	Solar Time																								Hour of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Without Suspended Ceiling																															
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	79	84
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9	16	-3	74	77
3	4-in. lightweight concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29 (0.122)	0.206	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68
5	1-in. wood with 2-in. insulation	9	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71
6	6-in. lightweight concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	64	63
7	2.5-in. wood with 1-in. ins.	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	19	6	56	50
8	8-in. lightweight concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30	18	8	53	45
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27
With Suspended Ceiling																															
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	-4	78	82
2	1-in. wood with 1-in. ins.	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60
3	4-in. lightweight concrete	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	18	13	47	34
5	1-in. wood with 2-in. ins	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	18	5	57	52
6	6-in. lightweight concrete	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	54	47	42	37	20	7	54	47
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29
8	8-in. lightweight concrete	33	0.093	39	36	3	3	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	44	42	21	14	46	32
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) ins.	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33	19	20	38	18
10	2.5-in. wood with 2-in. ins	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	22	22	33	11
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16

Fuente: (Pita, 2001)

12.2. Anexo 2: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento en paredes.

North Latitude Wall Facing	Solar Time, h																								Hr of				
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	GLTD	CLTD	CLTD	CLTD	
																									Maxi-	Mini-	Maxi-	Differ-	
Group A Walls																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	24	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	26	1	18	27	9	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
Group B Walls																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	36	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9	
Group C Walls																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17		
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	
Group D Walls																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	22	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
Group E Walls																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Group F Walls																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	23	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	1	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	2	45	43		
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	2	53	48		
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
Group G Walls																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Fuente: (Pita, 2001)

12.3. Anexo 3: Tipos de paredes de acuerdo con el material utilizado para su construcción. Fuente: (Pita, 2001)

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft ²)	U-Value (BTU/h•ft ² •°F)
4-in. Face brick + (brick)			
C	Air space + 4-in. face brick	83	0.358
D	4-in. common brick	90	0.415
C	1-in. insulation or air space + 4-in. common brick	90	0.174–0.301
B	2-in. insulation + 4-in. common brick	88	0.111
B	8-in. common brick	130	0.302
A	Insulation or air space + 8-in. common brick	130	0.154–0.243
4-in. Face brick + (heavyweight concrete)			
C	Air space + 2-in. concrete	94	0.350
B	2-in. insulation + 4-in. concrete	97	0.116
A	Air space or insulation + 8-in. or more concrete	143–190	0.110–0.112
4-in. Face brick + (light or heavyweight concrete block)			
E	4-in. block	62	0.319
D	Air space or insulation + 4-in. block	62	0.153–0.246
D	8-in. block	70	0.274
C	Air space or 1-in. insulation + 6-in. or 8-in. block	73–89	0.221–0.275
B	2-in. insulation + 8-in. block	89	0.096–0.107
4-in. Face brick + (clay tile)			
D	4-in. tile	71	0.381
D	Air space + 4-in. tile	71	0.281
C	Insulation + 4-in. tile	71	0.169
C	8-in. tile	96	0.275
B	Air space or 1-in. insulation + 8-in. tile	96	0.142–0.221
A	2-in. insulation + 8-in. tile	97	0.097
Heavyweight concrete wall + (finish)			
E	4-in. concrete	63	0.585
D	4-in. concrete + 1-in. or 2-in. insulation	63	0.119–0.200
C	2-in. insulation + 4-in. concrete	63	0.119
C	8-in. concrete	109	0.490
B	8-in. concrete + 1-in. or 2-in. insulation	110	0.115–0.187
A	2-in. insulation + 8-in. concrete	110	0.115
B	12-in. concrete	156	0.421
A	12-in. concrete + insulation	156	0.113
Light and heavyweight concrete block + (finish)			
F	4-in. block + air space/insulation	29	0.161–0.263
E	2-in. insulation + 4-in. block	29–37	0.105–0.114
E	8-in. block	47–51	0.294–0.402
D	8-in. block + air space/insulation	41–57	0.149–0.173
Clay tile + (finish)			
F	4-in. tile	39	0.419
F	4-in. tile + air space	39	0.303
E	4-in. tile + 1-in. insulation	39	0.175
D	2-in. insulation + 4-in. tile	40	0.110
D	8-in. tile	63	0.296
C	8-in. tile + air space/1-in. insulation	63	0.151–0.231
B	2-in. insulation + 8-in. tile	63	0.099
Metal curtain wall			
G	With/without air space + 1- to 3-in. insulation	5–6	0.091–0.230
Frame wall			
G	1-in. to 3-in. insulation	16	0.081–0.178

Fuente: (Pita, 2001)

12.4. Anexo 4: Factor de corrección para latitud y mes aplicado a paredes y techos.

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dec	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	0	-7
24	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	9	3	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dec	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	12
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dec	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	-12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dec	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

Fuente: (Pita, 2001)

12.5. Anexo 5: Factor de ganancia solar máxima para vidrio expuesto a luz solar.

20° N. Lat											36° N. Lat										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232	22	22	24	90	166	219	247	252	252	155	
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263	26	26	57	139	195	239	248	239	232	199	
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284	30	33	99	176	223	238	232	206	192	238	
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287	35	76	144	196	225	221	196	156	135	262	
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283	38	107	168	204	220	204	165	116	93	272	
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279	47	118	175	205	215	194	150	99	77	273	
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278	39	107	165	201	216	199	161	113	90	268	
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280	36	75	138	190	218	212	189	151	131	257	
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275	31	31	95	167	210	228	223	200	187	230	
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258	27	27	56	133	187	230	239	231	225	195	
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230	22	22	24	87	163	215	243	248	248	154	
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136	

24° N. Lat											40° N. Lat										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133	
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180	
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223	
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283	34	71	140	190	224	223	205	170	154	252	
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265	
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267	
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262	
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247	
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215	
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177	
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132	
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113	

28° N. Lat											44° N. Lat										
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	25	25	35	117	183	235	251	247	238	196	17	17	17	64	138	189	232	248	252	109	
Feb.	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160	
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206	
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240	
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257	
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278	47	108	169	205	215	203	171	132	115	261	
July	41	114	170	208	215	190	140	80	57	276	37	96	159	198	215	206	179	144	128	254	
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272	34	66	132	180	214	215	202	177	165	236	
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199	
Oct.	30	30	71	151	204	236	238	217	202	229	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157	
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195	18	18	18	64	135	186	227	244	248	109	
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179	15	15	15	49	115	175	217	240	246	89	

32° N. Lat											48° N. Lat										
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR	
Jan.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85	
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138	
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188	
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226	
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247	
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252	
July	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244	
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223	
Sep.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182	
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136	
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85	
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65	

Fuente: (Pita, 2001)

12.6. Anexo 6: Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin dispositivos de sombra interior.

Type of Glazing	Nominal Thickness, in (Each light)	Without Shading	With Interior Shading					
			Venetian Blinds		Roller Shades			
			Medium	Light	Dark	Opaque	Translucent	
Single glass								
Clear	¼	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44	
Heat absorbing	¼	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
Double glass								
Clear	¼	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40	
Heat absorbing	¼	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	

Fuente: (Pita, 2001)

12.7. Anexo 7: Factor de carga de enfriamiento para vidrio sin sombra interna en recintos con piso sin alfombrar.

Dir.	Room Mass	Solar Time																							
		0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	L	.00	.00	.00	.00	.01	.64	.73	.74	.81	.88	.95	.98	.98	.94	.88	.79	.79	.55	.31	.12	.04	.02	.01	.00
	M	.12	.09	.07	.06	.05	.33	.45	.53	.61	.69	.76	.82	.85	.86	.85	.81	.80	.70	.60	.43	.32	.24	.19	.15
	H	.24	.21	.19	.18	.16	.43	.48	.51	.56	.61	.66	.71	.73	.74	.73	.71	.71	.62	.52	.42	.36	.32	.29	.26
NE	L	.00	.00	.00	.00	.01	.51	.83	.88	.72	.47	.33	.27	.24	.23	.20	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.03	.02	.02	.02	.02	.24	.45	.57	.58	.49	.41	.36	.32	.29	.27	.24	.21	.17	.13	.10	.07	.06	.05	.04
	H	.08	.07	.07	.06	.06	.27	.43	.49	.45	.37	.32	.29	.28	.27	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.12	.11	.10	.09
E	L	.00	.00	.00	.00	.00	.42	.76	.91	.90	.75	.51	.30	.22	.18	.16	.13	.11	.07	.02	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.03	.02	.02	.02	.01	.20	.41	.57	.65	.64	.55	.44	.36	.31	.26	.23	.19	.16	.12	.09	.07	.06	.04	.04
	H	.08	.08	.07	.06	.06	.24	.40	.50	.53	.50	.41	.33	.30	.28	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.10	.09
SE	L	.00	.00	.00	.00	.00	.27	.58	.81	.93	.93	.81	.59	.37	.27	.21	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
	M	.04	.03	.02	.02	.02	.13	.31	.48	.62	.69	.69	.61	.50	.41	.35	.30	.25	.20	.15	.12	.09	.07	.06	.05
	H	.10	.09	.08	.08	.07	.18	.32	.45	.53	.56	.54	.47	.39	.35	.32	.29	.26	.23	.19	.17	.15	.14	.12	.11
S	L	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.15	.23	.39	.62	.82	.94	.93	.80	.59	.38	.26	.16	.06	.02	.01	.00	.00	.00
	M	.05	.04	.04	.03	.02	.05	.09	.14	.24	.38	.53	.65	.72	.71	.63	.52	.42	.33	.24	.18	.14	.11	.09	.07
	H	.13	.12	.10	.09	.09	.11	.14	.17	.25	.36	.47	.55	.58	.56	.49	.41	.36	.30	.25	.21	.19	.17	.16	.14
SW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.13	.16	.19	.23	.39	.62	.82	.94	.94	.81	.54	.19	.07	.03	.01	.00	.00
	M	.08	.07	.05	.04	.03	.05	.07	.09	.12	.15	.17	.26	.40	.54	.66	.73	.72	.61	.43	.31	.23	.17	.13	.10
	H	.15	.14	.12	.11	.10	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.26	.37	.48	.56	.59	.57	.47	.33	.27	.23	.21	.19	.17
W	L	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.10	.13	.15	.16	.18	.31	.55	.78	.92	.93	.73	.25	.10	.04	.01	.01	.00
	M	.08	.07	.05	.04	.04	.06	.08	.10	.12	.13	.15	.21	.35	.50	.63	.71	.67	.46	.33	.24	.18	.14	.11	.11
	H	.14	.13	.12	.11	.10	.10	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.21	.33	.45	.54	.58	.52	.33	.26	.22	.19	.18	.16
NW	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.14	.17	.20	.22	.23	.24	.31	.53	.78	.92	.81	.28	.10	.04	.02	.01	.00
	M	.08	.06	.05	.04	.03	.05	.07	.10	.13	.15	.17	.19	.20	.24	.36	.51	.64	.66	.46	.32	.23	.17	.13	.10
	H	.13	.12	.11	.10	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.19	.23	.33	.46	.55	.53	.33	.25	.21	.18	.16	.15
Hor.	L	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.25	.45	.64	.80	.91	.97	.97	.91	.80	.64	.44	.23	.08	.03	.01	.00	.00	.00
	M	.07	.06	.05	.04	.03	.06	.14	.26	.40	.53	.64	.73	.78	.80	.77	.70	.59	.45	.33	.24	.19	.14	.11	.09
	H	.16	.15	.13	.12	.11	.13	.20	.29	.39	.48	.56	.61	.65	.65	.63	.57	.49	.40	.32	.28	.25	.22	.20	.18

Fuente: (Pita, 2001)

12.8. Anexo 8: Carga de enfriamiento debido a diferentes equipos eléctricos.

	Continuous, W	Energy Saver Mode, W
Computers^a		
Average value	55	20
Conservative value	65	25
Highly conservative value	75	30
Monitors^b		
Small monitor (330 to 380 mm)	55	0
Medium monitor (400 to 460 mm)	70	0
Large monitor (480 to 510 mm)	80	0

	Continuous, W	1 page per min., W	Idle, W
Laser Printers			
Small desktop	130	75	10
Desktop	215	100	35
Small office	320	160	70
Large office	550	275	125
Copiers			
Desktop copier	400	85	20
Office copier	1,100	400	300

Appliance	Maximum Input Rating, W	Recommended Rate of Heat Gain, W
Mail-processing equipment		
Folding machine	125	80
Inserting machine, 3,600 to 6,800 pieces/h	600 to 3300	390 to 2150
Labeling machine, 1,500 to 30,000 pieces/h	600 to 6600	390 to 4300
Postage meter	230	150
Vending machines		
Cigarette	72	72
Cold food/beverage	1150 to 1920	575 to 960
Hot beverage	1725	862
Snack	240 to 275	240 to 275
Other		
Bar code printer	440	370
Cash registers	60	48
Check processing workstation, 12 pockets	4800	2470
Coffee maker, 10 cups	1500	1050 sens., 450 latent
Microfiche reader	85	85
Microfilm reader	520	520
Microfilm reader/printer	1150	1150
Microwave oven, 28 L	600	400
Paper shredder	250 to 3000	200 to 2420
Water cooler, 30 L/h	700	350

Appliance	Size	Energy Rate, W		Recommended Rate of Heat Gain, ^a W			
		Rated	Standby	Without Hood		With Hood	
				Sensible	Latent	Total	Sensible
Electric, No Hood Required							
Barbeque (pit), per kilogram of food capacity	36 to 136 kg	88	—	57	31	88	27
Barbeque (pressurized) per kilogram of food capacity	20 kg	210	—	71	35	106	33
Blender, per litre of capacity	1.0 to 3.8 L	480	—	310	160	470	150
Braising pan, per litre of capacity	102 to 133 L	110	—	55	29	84	40
Cabinet (large hot holding)	0.46 to 0.49 m ³	2080	—	180	100	280	85
Cabinet (large hot serving)	1.06 to 1.15 m ³	2000	—	180	90	270	82
Cabinet (large proofing)	0.45 to 0.48 m ³	2030	—	180	90	270	82
Cabinet (small hot holding)	0.09 to 0.18 m ³	900	—	80	40	120	37
Cabinet (very hot holding)	0.49 m ³	6150	—	550	280	830	250
Can opener		170	—	170	—	170	0
Coffee brewer	12 cup/2 brnrs	1660	—	1100	560	1660	530
Coffee heater, per boiling burner	1 to 2 brnrs	670	—	440	230	670	210
Coffee heater, per warming burner	1 to 2 brnrs	100	—	66	34	100	32
Coffee/hot water boiling urn, per litre of capacity	11 L	120	—	79	41	120	38
Coffee brewing urn (large), per litre of capacity	22 to 38 L	660	—	440	220	660	210
Coffee brewing urn (small), per litre of capacity	10 L	420	—	280	140	420	130
Cutter (large)	460 mm bowl	750	—	750	—	750	0
Cutter (small)	360 mm bowl	370	—	370	—	370	0
Cutter and mixer (large)	28 to 45 L	3730	—	3730	—	3730	0
Dishwasher (hood type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	380	—	50	110	160	50
Dishwasher (hood type, water sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	380	—	56	123	179	56
Dishwasher (conveyor type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	41	97	138	44
Dishwasher (conveyor type, water sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	44	108	152	50
Display case (refrigerated), per cubic metre of interior	0.17 to 1.9 m ³	1590	—	640	0	640	0
Dough roller (large)	2 rollers	1610	—	1610	—	1610	0
Dough roller (small)	1 roller	460	—	460	—	460	0
Egg cooker	12 eggs	1800	—	850	570	1420	460
Food processor	2.3 L	520	—	520	—	520	0
Food warmer (infrared bulb), per lamp	1 to 6 bulbs	250	—	250	—	250	250
Food warmer (shelf type), per square metre of surface	0.28 to 0.84 m ²	2930	—	2330	600	2930	820
Food warmer (infrared tube), per metre of length	1.0 to 2.1 m	950	—	950	—	950	950
Food warmer (well type), per cubic metre of well	20 to 70 L	37400	—	12400	6360	18760	6000
Freezer (large)	2.07 m ³	1340	—	540	—	540	0
Freezer (small)	0.51 m ³	810	—	320	—	320	0
Griddle/grill (large), per square metre of cooking surface	0.43 to 1.1 m ²	29000	—	1940	1080	3020	1080
Griddle/grill (small), per square metre of cooking surface	0.20 to 0.42 m ²	26200	—	1720	970	2690	940
Hot dog broiler	48 to 56 hot dogs	1160	—	100	50	150	48
Hot plate (double burner, high speed)		4900	—	2290	1590	3880	1830
Hot plate (double burner stockpot)		4000	—	1870	1300	3170	1490
Hot plate (single burner, high speed)		2800	—	1310	910	2220	1040
Hot water urn (large), per litre of capacity	53 L	130	—	50	16	66	21
Hot water urn (small), per litre of capacity	7.6 L	230	—	87	30	117	37
Ice maker (large)	100 kg/day	1090	—	2730	—	2730	0
Ice maker (small)	50 kg/day	750	—	1880	—	1880	0
Microwave oven (heavy duty, commercial)	20 L	2630	—	2630	—	2630	0
Microwave oven (residential type)	30 L	600 to 1400	—	600 to 1400	—	600 to 1400	0
Mixer (large), per litre of capacity	77 L	29	—	29	—	29	0

Fuente: (ASHRAE, 2017)

12.9. Anexo 9: Ganancia de calor debido a ocupantes de recintos climatizados.

Degree of Activity		Total Heat Adults		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
		Adult Male	Adjusted M/F ^a		
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater—night	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drug store, bank	550	500	250	250
Sedentary work	Restaurant ^b	490	550	275	275
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Bowling ^c	Bowling alley	1500	1450	580	870
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

Fuente: (Pita, 2001)

12.10. Anexo 10: Muestra de memoria de cálculo para el recinto de área de crédito.

Información Importante:

Proyecto	Sucursal BNCR
Ubicación	La Uruca
Recinto	Área de Crédito
Latitud	9,947,495,774,087,680
Fecha pico	30 Abril
Hora max	12 md

	Interior	Exterior
BS °F	73,4	91,4
°C	23	33
BH °F	64,18	88,7
°C	17,88	31,51
% HR	50	90
Agua		
Ta °F		77,81
Altura cielo del recinto (ft)		8,5
Area del recinto (ft2)		2721,17
Volumen (ft3)		23129,95
T aire de suministro °F		91,4

Fc, Factor de corrección	1,1
--------------------------	-----

Carga de enfriamiento debido a conducción por superficies exteriores:

Techos exteriores	U (A.7)	Área (ft2)		CLTD Tabla (6,1)	LM	CLTD °F			Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
		Largo	Ancho			Temp cuarto	Temp exterior	CLTD Corregido		
	0,13	70,00	54,00	65,00	0,00	73,40	77,81	62,41	31611,91	34773,10
									Total	34773,10

Paredes	Dir.	Color	U (A,7; 6,3)	Área (ft2)		CLTD °F					Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
				Largo	Ancho	CLTD	LM (6.4)	Temp cuarto	Temp exterior	CLTD Corregido		
	E	Gris	0,59	8,73	9,84	36,00	1,00	73,40	77,81	32,41	1628,71	1791,58
Total											1791,58	

Carga de enfriamiento debido a conducción por superficies interiores:

Partición	U (A,7; 6,3)	Área (ft2)		TD °F		Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
		Largo	Ancho	Sin AC	Con AC		
Baños	0,55	20,07	9,84	73,4	77,81	479,01	526,91
Oficina Gerente	0,55	14	9,84	73,4	77,81	334,14	367,55
Sala de Reuniones	0,55	14	9,84	73,4	77,81	334,14	367,55
Jefe de Crédito	0,55	20	9,84	73,4	77,81	477,34	525,07
Centro de Procesamiento	0,55	43	9,84	73,4	77,81	1026,28	1128,91
Área de Cubículos	0,55	46	9,84	73,4	77,81	1097,88	1207,67
Total							4123,65

Cielos	U (A,7; 6,3)	Área (ft2)		TD °F		Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
		Largo	Ancho	Sin AC	Con AC		
Planta Alta						0	0
No Aplica							
Total							0

Pisos	U (A,7; 6,3)	Área (ft2)		TD °F		Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
		Largo	Ancho	Sin AC	Con AC		
Cajitas de Seguridad	0,26	25,03	6	77,81	73,4	160,14	176,15
Oficina Supervisor	0,26	12	10	77,81	73,4	137,59	151,35
Total							327,51

Ganancia por radiación solar:

Vidrios	Dir.	Sombra	SHGF (6,6)	Área (ft2)		SC (6,7)	CLF (6,8)	Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)
				Largo	Ancho				
	N	No	38	55	7,99	0,94	0,95	14912,29	16403,52
	E	no	228	20	7,99	0,94	0,3	10274,50	11301,95
Total									27705,47

Ganancia de calor debido a iluminación:

Iluminación y equipos	Watts	BF	CLF	Q sin Fc	Q, Fc (RSHG)	
Iluminación incandescente		1	1	0	0	
Iluminación fluorescente	150	1,25	1	637,50	8415	
Equipo eléctrico (W)	59				2011,90	
Otros equipos (Btu/h)	Coffee Maker				3580	3080
	Televisor				682	
	Impresoras				3706,60	
Total					18395,50	3080

Ganancia de calor debido a ocupantes:

	q (6,13)	n	CLF (6,14)	Q sin Fc	Q, Fc (RLHG)
Latente	200	40	1	8000	8800
Sensible	250	40	1	10000	11000

Ganancia de calor debido a infiltración en este ejemplo no hay debido a que la puerta del recinto conecta a recintos climatizados:

	CFM	TC	Wi'-Wo'	Q sin Fc	Q, Fc
Latente	28,76		0	0	0
Sensible	28,76	0		0	0
	Abertura (ft)	Área (ft2)	Tasa (3,4)	CFM	
Ventanas				0	
Puertas residenciales				0	
Puertas no residenciales		28,76	1	28,76	
			Total	28,76	

Carga de enfriamiento total:

Carga Enfriamiento	11880	100569,75	Btu/h	112449,75
			TONS	9,37
			kW	32,96

12.11. Anexo 11: Catálogos de los fabricantes Daikin, LG y Mitsubishi/Trane utilizados para dimensionar los equipos.

Daikin:

Unidades interiores

Cassette de montaje en techo (flujo circular con sensor)



MODELO		FXFSQ25AVE	FXFSQ32AVE	FXFSQ40AVE	FXFSQ50AVE	FXFSQ63AVE	FXFSQ71AVE
Fuente de energía		1 fase, 60 Hz, 220 V					
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	2,400	3,100	3,900	4,800	6,100	6,900
	Btu/h	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200	27,300
	kW	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1	8.0
Capacidad de calefacción	kcal/h	2,800	3,400	4,300	5,400	6,900	7,700
	Btu/h	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300	30,700
	kW	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	9.0
Consumo de energía	Enfriamiento	0.049		0.059		0.214	
	Calefacción	0.045		0.055		0.210	
Estructura		Placa de acero galvanizado					
Flujo de aire (A/M/B)	m³/min	12.5/10.8/9.0		13.5/11.4/9.0		30/25/20	
	cfm	441/381/318		476/402/318		1,059/883/706	
Nivel de sonido (A/M/B)	dB(A)	30/28/25		32/29/25		44/39/34	
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)		204x840x840			288x840x840		
Peso de la máquina		20				26	
Conexiones de tuberías	Líquido	φ6.4				φ9.5	
	Gas	φ12.7				φ15.9	
	Drenaje	VP25 (diám. ext., 32/diám. int., 25)					
Panel (opcional)	Modelo	BYCSP125BW1					
	Color	Blanco Fresh					
	Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	50x950x950					
	Peso	5.5					

MODELO		FXFSQ80AVE	FXFSQ90AVE	FXFSQ100AVE	FXFSQ112AVE	FXFSQ125AVE
Fuente de energía		1 fase, 60 Hz, 220 V				
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	7,700	8,600	9,600	10,800	12,000
	Btu/h	30,700	34,100	38,200	42,700	47,800
	kW	9.0	10.0	11.2	12.5	14.0
Capacidad de calefacción	kcal/h	9,000	9,600	10,800	12,000	13,800
	Btu/h	34,100	38,200	42,700	47,800	54,600
	kW	10.0	11.2	12.5	14.0	16.0
Consumo de energía	Enfriamiento	0.214				
	Calefacción	0.210				
Estructura		Placa de acero galvanizado				
Flujo de aire (A/M/B)	m³/min	30/25/20				
	cfm	1,059/883/706				
Nivel de sonido (A/M/B)	dB(A)	44/39/34				
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)		288x840x840				
Peso de la máquina		26				
Conexiones de tuberías	Líquido	φ9.5				
	Gas	φ15.9				
	Drenaje	VP25 (diám. ext., 32/diám. int., 25)				
Panel (opcional)	Modelo	BYCSP125BW1				
	Color	Blanco Fresh				
	Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	50x950x950				
	Peso	5.5				

Nota: Las especificaciones se basan en las siguientes condiciones:

- Enfriamiento: Temp. interior: 27 °CDB, 19 °CWB, Temp. exterior: 35 °CDB, Longitud equivalente de las tuberías: 7.5 m, Diferencia de nivel: 0 m.
 - Calefacción: Temp. interior: 20 °CDB, Temp. exterior: 7 °CDB, 6 °CWB, Longitud equivalente de las tuberías: 7.5 m, Diferencia de nivel: 0 m.
 - La capacidad de la unidad interior es solo a modo de referencia. La capacidad real de la unidad interior se basa en el índice de capacidad total. (Ver el libro de datos de ingeniería para obtener más detalles.)
 - Nivel de sonido: Valor de conversión de cámara anecoica, medido a los 1.5 m hacia abajo desde el centro de la unidad.
- Durante la operación real, estos valores suelen ser un poco más altos como resultado de las condiciones ambientales.

Fuente: (Daikin, 2020)

Cassette de montaje en techo (1-via)



MODELO			FXEQ20AVE	FXEQ25AVE	FXEQ32AVE	FXEQ40AVE	FXEQ50AVE	FXEQ63AVE	
Fuente de energía			1 fase, 60 Hz, 220 V						
Capacidad de enfriamiento	kcal/h		1,900	2,400	3,100	3,900	4,800	6,100	
	Btu/h		7,500	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200	
	kW		2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1	
Capacidad de calefacción	kcal/h		2,200	2,800	3,400	4,300	5,400	6,900	
	Btu/h		8,500	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300	
	kW		2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	
Consumo de energía	Enfriamiento	kW	0.026	0.027	0.034	0.046	0.048	0.067	
	Calefacción	kW	0.022	0.023	0.030	0.042	0.044	0.063	
Estructura			Placa de acero galvanizado						
Flujo de aire (A/M/B)	Enfriamiento	m³/min	6.0/5.4/4.9/4.4/4.0	6.9/6.4/5.8/5.3/4.8	8.0/7.5/7.0/6.3/5.5	9.8/8.8/7.8/7.0/6.2	12.5/11.4/10.4/9.5/8.7	15.0/13.6/12.2/11.0/9.8	
		cfm	212/191/173/155/141	244/226/205/187/169	282/265/247/222/194	346/311/275/247/219	441/402/367/335/307	530/480/431/388/346	
	Calefacción	m³/min	6.0/5.6/5.1/4.7/4.2	7.2/6.7/6.1/5.6/5.0	8.6/8.0/7.4/6.7/6.0	10.2/9.3/8.4/7.6/6.8	14.0/12.8/11.6/10.7/9.8	16.9/15.3/13.6/12.3/11.0	
		cfm	212/198/180/166/148	254/237/215/198/177	304/282/261/237/212	360/328/297/268/240	494/452/409/378/346	597/540/480/434/388	
Nivel de sonido (A/M/B)	Enfriamiento	dB(A)	30/29/28/27/26	32/31/30/29/28	35/34/33/32/30	38/37/35/33/31	38/37/35/33/31	43/41/39/37/35	
	Calefacción	dB(A)	33/31/29/28/26	35/33/31/30/26	38/36/34/33/31	41/39/37/35/33	41/39/37/36/34	45/44/42/40/38	
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)		mm	200x840x470						
Peso de la máquina		kg	17		18		23		
Conexiones de tuberías	Líquido	mm	φ6.4						φ9.5
	Gas		φ12.7						φ15.9
	Drenaje		PVC26 (diám. ext., 26/diám. int., 20)						
Panel (opcional)	Modelo		BYEP40AW1				BYEP63AW1		
	Color		Blanco Fresh						
	Dimensiones (Al. x An. x Prof.)		mm	80x950x550				80x1,350x550	
	Peso		kg	8.0				10.0	

Fuente: (Daikin, 2020)

Unidades interiores

Cassette de montaje en techo (flujo circular con sensor)



MODELO		FXFSQ25AVE	FXFSQ32AVE	FXFSQ40AVE	FXFSQ50AVE	FXFSQ63AVE	FXFSQ71AVE
Fuente de energía		1 fase, 60 Hz, 220 V					
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	2,400	3,100	3,900	4,800	6,100	6,900
	Btu/h	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200	27,300
	kW	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1	8.0
Capacidad de calefacción	kcal/h	2,800	3,400	4,300	5,400	6,900	7,700
	Btu/h	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300	30,700
	kW	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	9.0
Consumo de energía	Enfriamiento	0.049		0.059	0.214		
	Calefacción	0.045		0.055	0.210		
Estructura		Placa de acero galvanizado					
Flujo de aire (A/M/B)	m³/min	12.5/10.8/9.0		13.5/11.4/9.0	30/25/20		
	cfm	441/381/318		476/402/318	1,059/883/706		
Nivel de sonido (A/M/B)	dB(A)	30/28/25		32/29/25	44/39/34		
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	mm	204x840x840			288x840x840		
Peso de la máquina	kg	20				26	
Conexiones de tuberías	Líquido	φ6.4				φ9.5	
	Gas	φ12.7				φ15.9	
	Drenaje	VP25 (diám. ext., 32/diám. int., 25)					
Panel (opcional)	Modelo	BYCSP125BW1					
	Color	Blanco Fresh					
	Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	mm	50x950x950				
	Peso	kg	5.5				

MODELO		FXFSQ80AVE	FXFSQ90AVE	FXFSQ100AVE	FXFSQ112AVE	FXFSQ125AVE
Fuente de energía		1 fase, 60 Hz, 220 V				
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	7,700	8,600	9,600	10,800	12,000
	Btu/h	30,700	34,100	38,200	42,700	47,800
	kW	9.0	10.0	11.2	12.5	14.0
Capacidad de calefacción	kcal/h	9,000	9,600	10,800	12,000	13,800
	Btu/h	34,100	38,200	42,700	47,800	54,600
	kW	10.0	11.2	12.5	14.0	16.0
Consumo de energía	Enfriamiento	0.214				
	Calefacción	0.210				
Estructura		Placa de acero galvanizado				
Flujo de aire (A/M/B)	m³/min	30/25/20				
	cfm	1,059/883/706				
Nivel de sonido (A/M/B)	dB(A)	44/39/34				
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	mm	288x840x840				
Peso de la máquina	kg	26				
Conexiones de tuberías	Líquido	φ9.5				
	Gas	φ15.9				
	Drenaje	VP25 (diám. ext. , 32/diám. int., 25)				
Panel (opcional)	Modelo	BYCSP125BW1				
	Color	Blanco Fresh				
	Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	mm	50x950x950			
	Peso	kg	5.5			

Nota: Las especificaciones se basan en las siguientes condiciones:

- Enfriamiento: Temp. interior: 27 °CDB, 19 °CWB, Temp. exterior: 35 °CDB, Longitud equivalente de las tuberías: 7.5 m, Diferencia de nivel: 0 m.
- Calefacción: Temp. interior: 20 °CDB, Temp. exterior: 7 °CDB, 6 °CWB, Longitud equivalente de las tuberías: 7.5 m, Diferencia de nivel: 0 m.
- La capacidad de la unidad interior es solo a modo de referencia. La capacidad real de la unidad interior se basa en el índice de capacidad total. (Ver el libro de datos de ingeniería para obtener más detalles.)
- Nivel de sonido: Valor de conversión de cámara anecoica, medido a los 1.5 m hacia abajo desde el centro de la unidad. Durante la operación real, estos valores suelen ser un poco más altos como resultado de las condiciones ambientales.

Fuente: (Daikin, 2020)

Job Name:	
Tag#	



Submittal Data Sheet	FTK12NMVJU / RK12NMVJU
1-Ton Wall Mounted Cooling Only System	



Complete warranty details available from your local dealer or at www.daikincomfort.com. To receive the 12-Year Parts Limited Warranty, online registration must be completed within 60 days of installation. Online registration is not required in California or Quebec. If product is installed in a commercial application, limited warranty period is 5 years.

Efficiency	
Cooling	
SEER	19
EER	12.5

Performance	
Cooling (Btu/hr)	
Rated (Min/Max)	10,900 (4,400 / 13,300)
Sensible @ AHRI	9,480
Moisture Removal gal/h	.45
Standard Operating Range	50°F – 115°F
Extended Operating Range*	-4°F – 115°F
Rated Cooling Conditions: Indoor: 80°F DB/67°F WB Outdoor: 95°F DB/75°F WB	
*With field settings and wind baffle	

Indoor Specifications		
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	M
	434	311
	L	SL
247	145	
Sound (dBA) H / M / L / SL	45 / 37 / 30 / 19	
Dimensions (H x W x D) (in)	11-1/4 x 30-5/16 x 8-3/4	
Weight (Lbs)	18	

Electrical		
	208/60/1	230/60/1
System MCA	12.2	12.2
System MFA	15	15
Compressor RLA	7.5	7.5
Outdoor fan motor FLA	.15	.15
Outdoor fan motor W	18	18
Indoor fan motor FLA	.23	.23
Indoor fan motor W	28	28
MFA: Max. fuse amps MCA: Min. circuit amps (A) FLA: Full load amps (A) RLA: Rated load amps (A) W: Fan motor rated output (W)		

Outdoor Specifications		
Compressor	Hermetically Sealed Swing Type	
Refrigerant	R-410A	
Refrigerant Oil	PVE (FVCSOK)	
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	1,105
	SL	865
Sound Power Level (dBA)	49	
Dimensions (H x W x D) (in)	21-5/8 x 26-9/16 x 11-3/16	
Weight (Lbs)	60	

Piping	
Liquid (in)	1/4
Gas (in)	3/8
Drain (in)	5/8
Max. Interunit Piping Length (ft)	65.625
Max. Interunit Height Difference (ft)	49.25
Chargeless (ft)	32.8
Additional Charge of Refrigerant (oz/ft)	.21

Fuente: (Daikin, 2020)

Job Name:	
Tag#	



Submittal Data Sheet	FTK18NMVJU / RK18NMVJU
1.5-Ton Wall Mounted Cooling Only System	



Efficiency	
Cooling	
SEER	18
EER	12.5

Performance	
Cooling (Btu/hr)	
Rated (Min/Max)	18,000 (5,500 / 20,000)
Sensible @ AHRI	14,480
Moisture Removal gal/h	1.0
Operating Range	50°F – 115°F
Rated Cooling Conditions:	Indoor: 80°F DB/67°F WB Outdoor: 95°F DB/75°F WB

Complete warranty details available from your local dealer or at www.daikincomfort.com. To receive the 12-Year Parts Limited Warranty, online registration must be completed within 60 days of installation. Online registration is not required in California or Quebec. If product is installed in a commercial application, limited warranty period is 5 years.

Indoor Specifications		
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	M
	713	579
	L	SL
	448	403
Sound (dBA) H / M / L / SL	49 / 44 / 38 / 33	
Dimensions (H x W x D) (in)	11-5/8 x 39 x 10-3/8	
Weight (Lbs)	27	

Electrical		
	208/60/1	230/60/1
System MCA	18.3	18.3
System MFA	20	20
Compressor RLA	10.0	10.0
Outdoor fan motor FLA	.45	.45
Outdoor fan motor W	69	69
Indoor fan motor FLA	.30	.30
Indoor fan motor W	46	46

MFA: Max. fuse amps MCA: Min. circuit amps (A) FLA: Full load amps (A)
RLA: Rated load amps (A) W: Fan motor rated output (W)

Outdoor Specifications		
Compressor	Hermetically Sealed Swing Type	
Refrigerant	R-410A	
Refrigerant Oil	PVE (FVC50K)	
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	2,461
	SL	2,108
Sound Power Level (dBA)	54	
Dimensions (H x W x D) (in)	28-15/16 x 34-1/4 x 12-5/8	
Weight (Lbs)	97	

Piping	
Liquid (in)	1/4
Gas (in)	1/2
Drain (in)	5/8
Max. Interunit Piping Length (ft)	98.4
Max. Interunit Height Difference (ft)	65.625
Chargeless (ft)	32.8
Additional Charge of Refrigerant (oz/ft)	.21

Fuente: (Daikin, 2020)

Job Name:	
Tag#	



Submittal Data Sheet	FTK24NMVJU / RK24NMVJU
2-Ton Wall Mounted Cooling Only System	



Complete warranty details available from your local dealer or at www.daikincomfort.com. To receive the 12-Year Parts Limited Warranty, online registration must be completed within 60 days of installation. Online registration is not required in California or Quebec. If product is installed in a commercial application, limited warranty period is 5 years.

Efficiency	
Cooling	
SEER	18
EER	12.5

Performance	
Cooling (Btu/hr)	
Rated (Min/Max)	21,200 (5,500 / 24,000)
Sensible @ AHRI	15,760
Moisture Removal gal/h	1.2
Operating Range	50°F – 115°F
Rated Cooling Conditions:	Indoor: 80°F DB/67°F WB Outdoor: 95°F DB/75°F WB

Indoor Specifications		
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	M
	713	579
	L	SL
	512	403
Sound (dBA) H / M / L / SL	53 / 45 / 39 / 34	
Dimensions (H x W x D) (in)	11-5/8 x 39 x 10-3/8	
Weight (Lbs)	27	

Electrical		
	208/60/1	230/60/1
System MCA	18.3	18.3
System MFA	20	20
Compressor RLA	12.0	12.0
Outdoor fan motor FLA	.38	.38
Outdoor fan motor W	58	58
Indoor fan motor FLA	.30	.30
Indoor fan motor W	46	46

MFA: Max. fuse amps MCA: Min. circuit amps (A) FLA: Full load amps (A)
RLA: Rated load amps (A) W: Fan motor rated output (W)

Outdoor Specifications		
Compressor	Hermetically Sealed Swing Type	
Refrigerant	R-410A	
Refrigerant Oil	PVE (FVC50K)	
Airflow Rate (cfm)	Cooling	
	H	2,101
	SL	1,762
Sound Power Level (dBA)	55	
Dimensions (H x W x D) (in)	28-15/16 x 34-1/4 x 12-5/8	
Weight (Lbs)	108	

Piping	
Liquid (in)	1/4
Gas (in)	5/8
Drain (in)	5/8
Max. Interunit Piping Length (ft)	98.4
Max. Interunit Height Difference (ft)	65.625
Chargeless (ft)	32.8
Additional Charge of Refrigerant (oz/ft)	.21

Fuente: (Daikin, 2020)

LG:

4 WAY CASSETTE HIGH SENSIBLE (840 X 840)



ARNU07GTA4 / ARNU09GTA4 / ARNU12GTA4
ARNU15GTA4 / ARNU18GTA4

Model	Unit	ARNU07GTA4	ARNU09GTA4	ARNU12GTA4	ARNU15GTA4	ARNU18GTA4
Cooling Capacity	kW	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6
Heating Capacity	kW	2.5	3.2	4	5	6.3
Power Input (H/M/L)	W	18 / 15 / 12	19 / 15 / 12	22 / 17 / 14	25 / 17 / 14	27 / 18 / 14
Dimensions (W x H x D)	mm	840 x 246 x 840				
Shipping	mm	922 x 318 x 917				
Fan	Type	Turbo Fan				
Motor Output x Number	W	135 x 1				
Air Flow Rate (H/M/L)	m ³ /min	130 / 110 / 110	135 / 110 / 110	140 / 130 / 120	150 / 130 / 120	160 / 140 / 120
Motor Type		BLDC	BLDC	BLDC	BLDC	BLDC
Air Filter	Type	Pre Filter				
Liquid Side	mm (inch)	Ø9.52 (3/8)				
Gas Side	mm (inch)	Ø15.88 (5/8)				
Pipe Connections	Drain Pipe (Internal Dia.)	mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Weight	kg	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5
Sound Pressure Level (H/M/L)	dB(A)	35 / 33 / 30	35 / 33 / 30	37 / 35 / 33	39 / 35 / 33	40 / 35 / 33
Sound Power Level (H/M/L)	dB(A)	42 / 38 / 36	42 / 38 / 36	43 / 40 / 38	44 / 40 / 38	45 / 41 / 38
Power Supply	R, V, Hz	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50
Communication Cable	mm x No.	1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60
Model Name		PT-UMC1	PT-UMC1	PT-UMC1	PT-UMC1	PT-UMC1
External Color		PT-MCHW0	PT-MCHW0	PT-MCHW0	PT-MCHW0	PT-MCHW0
Disipation Panel (Accessory)		Morning Fog				
RAL Code		RAL 9001				
Net Dimensions (W x H x D)	mm	950 x 25 x 950				
Net Weight	kg	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3

Note: 1. Performance tested under EN14511
 2. Capacities are based on the following conditions
 - Cooling: Indoor temp. 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB, Outdoor temp. 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 - Heating: Indoor temp. 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB, Outdoor temp. 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 3. Due to our policy of innovation, some specifications may be changed without notification.



ARNU24GTA4 / ARNU28GTA4
ARNU36GTA4 / ARNU42GTA4

Model	Unit	ARNU24GTA4	ARNU28GTA4	ARNU36GTA4	ARNU42GTA4
Cooling Capacity	kW	7.1	8.2	10.6	12.3
Heating Capacity	kW	8	9.2	11.9	13.8
Power Input (H/M/L)	W	47 / 39 / 31	52 / 43 / 31	64 / 47 / 34	104 / 75 / 53
Dimensions (W x H x D)	mm	840 x 288 x 840			
Shipping	mm	922 x 360 x 917			
Fan	Type	Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan
Motor Output x Number	W	135 x 1	135 x 1	135 x 1	135 x 1
Air Flow Rate (H/M/L)	m ³ /min	220 / 200 / 180	230 / 210 / 180	260 / 230 / 200	300 / 260 / 230
Motor Type		BLDC	BLDC	BLDC	BLDC
Air Filter	Type	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter
Liquid Side	mm (inch)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)
Gas Side	mm (inch)	Ø15.88 (5/8)	Ø15.88 (5/8)	Ø15.88 (5/8)	Ø15.88 (5/8)
Pipe Connections	Drain Pipe (Internal Dia.)	mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Weight	kg	25.6	25.6	25.6	25.6
Sound Pressure Level (H/M/L)	dB(A)	42 / 40 / 38	43 / 41 / 38	46 / 42 / 39	48 / 45 / 42
Sound Power Level (H/M/L)	dB(A)	48 / 45 / 43	49 / 47 / 43	52 / 48 / 44	55 / 51 / 48
Power Supply	R, V, Hz	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50
Communication Cable	mm x No.	1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60
Model Name		PT-UMC1	PT-UMC1	PT-UMC1	PT-UMC1
External Color		PT-MCHW0	PT-MCHW0	PT-MCHW0	PT-MCHW0
Disipation Panel (Accessory)		Morning Fog	Morning Fog	Morning Fog	Morning Fog
RAL Code		RAL 9001	RAL 9001	RAL 9001	RAL 9001
Net Dimensions (W x H x D)	mm	950 x 25 x 950			
Net Weight	kg	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3	5.0 / 6.3

Note: 1. Performance tested under EN14511
 2. Capacities are based on the following conditions
 - Cooling: Indoor temp. 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB, Outdoor temp. 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 - Heating: Indoor temp. 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB, Outdoor temp. 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 3. Due to our policy of innovation, some specifications may be changed without notification.

Accessories

Chassis	ARNU07GTA4	ARNU09GTA4	ARNU12GTA4	ARNU15GTA4	ARNU18GTA4
Drain Pump					
Cassette Cover			PTDCM		
Refrigerant Leakage Detector			PRLDNV50		
EEV Kit			-		
Independent Power Module			PRIP0		
Robot Cleaner					
Pre Filter (washable / anti-fungus)					
Ion Generator					
CO ₂ Sensor					
Ventilation Kit			PTVK430		
IR Receiver					
Zone Controller					
Dry Contact (with additional accessory)			PORVCB000 (1 point contact) PORVCB300 (8 points for thermostat compatible) PORVCB400 (2 points input) PORVCB500 (Modbus)		
External Input (1 point)					
WiFi			PWFMD0200		

Accessories

Chassis	ARNU24GTA4	ARNU28GTA4	ARNU36GTA4	ARNU42GTA4
Drain Pump				
Cassette Cover			PTDCM	
Refrigerant Leakage Detector			PRLDNV50	
EEV Kit			-	
Independent Power Module			PRIP0	
Robot Cleaner				
Pre Filter (washable / anti-fungus)				
Ion Generator				
CO ₂ Sensor				
Ventilation Kit			PTVK430	
IR Receiver				
Zone Controller				
Dry Contact (with additional accessory)			PORVCB000 (1 point contact) PORVCB300 (8 points for thermostat compatible) PORVCB400 (2 points input) PORVCB500 (Modbus)	
External Input (1 point)				
WiFi			PWFMD0200	

Fuente: (LG, 2019)

1 WAY CASSETTE



ARNU07GTUC4 / ARNU09GTUC4 / ARNU12GTUC4
ARNU18GTTC4 / ARNU24GTTC4

Model	Unit	ARNU07GTUC4	ARNU09GTUC4	ARNU12GTUC4	ARNU18GTTC4	ARNU24GTTC4	
Cooling Capacity	kW	2.2	2.8	3.6	5.6	7.1	
Heating Capacity	kW	2.5	3.2	4.0	6.3	7.1	
Power Input (H / M / L)	Nominal W	20 / 18 / 16	22 / 20 / 18	24 / 22 / 20	38 / 28 / 24	51 / 33 / 26	
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	860 x 132 x 450	860 x 132 x 450	860 x 132 x 450	1,180 x 132 x 450	
	Shipping	mm	1,129 x 259 x 538	1,129 x 259 x 538	1,129 x 259 x 538	1,499 x 259 x 538	
Fan	Type		Cross Flow Fan	Cross Flow Fan	Cross Flow Fan	Cross Flow Fan	
	Motor Output x Number	W x No.	30 x 1	30 x 1	30 x 1	30 x 1	
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	8.2 / 7.3 / 6.4	9.2 / 8.6 / 8.2	10.0 / 9.2 / 8.2	13.3 / 12.1 / 10.9	14.6 / 13.3 / 11.5
	Motor Type		BLDC	BLDC	BLDC	BLDC	
Air Filter			Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter	
Pipe Connections	Liquid Side	mm (inch)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	
	Gas Side	mm (inch)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	
	Drain Pipe (Internal Dia.)	mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	
Weight	Body	kg	13.6	13.6	13.6	15.6	
Sound Pressure Levels (H / M / L)	dB(A)	32 / 29 / 25	35 / 34 / 32	38 / 35 / 32	40 / 37 / 35	43 / 40 / 36	
Sound Power Levels (H / M / L)	dB(A)	47 / 44 / 41	50 / 48 / 47	52 / 50 / 47	56 / 51 / 48	59 / 53 / 50	
Power Supply	Ø, V, Hz	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	
Communication Cable	mm ² x No.	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C	
Decoration Panel (Accessory)	Model Name		PT-UUC (Grill) PT-UUD (Panel)	PT-UUC (Grill) PT-UUD (Panel)	PT-UTC (Grill) PT-UTD (Panel)	PT-UTC (Grill) PT-UTD (Panel)	
	Exterior Color		Noble White	Noble White	Noble White	Noble White	
	RAL Code		RAL 9003	RAL 9003	RAL 9003	RAL 9003	
	Net Dimensions (W x H x D)	mm	1,100 x 34 x 500	1,100 x 34 x 500	1,100 x 34 x 500	1,420 x 34 x 500	1,420 x 34 x 500
	Net Weight	kg	4.6 / 5.3	4.6 / 5.3	4.6 / 5.3	5.5 / 6.5	5.5 / 6.5

Note: 1. Performance tested under EN14511
 2. Capacities are based on the following conditions
 - Cooling: Indoor temp. 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB, Outdoor temp. 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 - Heating: Indoor temp. 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB, Outdoor temp. 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 3. Due to our policy of innovation, some specifications may be changed without notification

Accessories

Chassis	ARNU07GTUC4	ARNU09GTUC4	ARNU12GTUC4	ARNU18GTTC4	ARNU24GTTC4
Drain Pump		○			○
Cassette Cover		-			-
Refrigerant Leakage Detector		PRLDNV50			PRLDNV50
EEV Kit		PRGK024A0			-
Independent Power Module		PRIP0			PRIP0
Robot Cleaner		-			-
Pre Filter (washable / anti-fungus)		○			○
Ion Generator		-			-
CO ₂ Sensor		-			-
Ventilation Kit		-			-
IR Receiver		-			-
Zone Controller		-			-
Dry Contact (with additional accessory)		PDRYCB000 (1 point contact) PDRYCB300 (8 points for thermostat compatible) PDRYCB400 (2 points input) PDRYCB500 (Modbus)		PDRYCB000 (1 point contact) PDRYCB300 (8 points for thermostat compatible) PDRYCB400 (2 points input) PDRYCB502 (Modbus)	
External Input (1 point)		○			○
Modbus		-			-

Fuente: (LG, 2019)

1 WAY CASSETTE



ARNU07GTU4 / ARNU09GTU4 / ARNU12GTU4

Model	Unit	ARNU07GTU4	ARNU09GTU4	ARNU12GTU4
Cooling Capacity	kW	2.2	2.8	3.6
Heating Capacity	kW	2.5	3.2	4.0
Power Input (E/E-L)	Normal W	20 / 18 / 16	22 / 20 / 18	24 / 22 / 20
Dimensions (W x H x D)	Body mm	860 x 132 x 450	860 x 132 x 450	860 x 132 x 450
	Shipping mm	1,129 x 259 x 538	1,129 x 259 x 538	1,129 x 259 x 538
	Cross Flow Fan			Cross Flow Fan
Fan	Motor Output x Number W x No.	30 x 1	30 x 1	30 x 1
	Min. Power Fan (W x H x D) mm	82.7 / 3.7 / 6.4	9.2 / 6.7 / 8.3	10.0 / 7.3 / 8.2
	Motor Type	BLDC	BLDC	BLDC
Air Filter	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter
	Liquid Side mm (inch)	86.35 (3.4)	86.35 (3.4)	86.35 (3.4)
Pipe Connection	Gas Side mm (inch)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)
	Drain Pipe (Internal Dia.) mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Moisture	kg	13.6	13.6	13.6
Sound Pressure Levels (Lp / M / L)	dB(A)	32 / 29 / 26	35 / 34 / 32	38 / 35 / 32
Sound Power Levels (Lp / M / L)	dB(A)	47 / 44 / 41	50 / 48 / 47	52 / 50 / 47
Power Supply	Ø, V, Hz	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50
Communication Cable	mm x No.	1Ø - 1.5 x 2C	1Ø - 1.5 x 2C	1Ø - 1.5 x 2C
	Model Name	PF10C (Panel)	PF10C (Panel)	PF10C (Panel)
	Exterior Color	White/White	White/White	White/White
Refrigerant	RAL Code	RAL 9003	RAL 9003	RAL 9003
Panel	Material	ABS	ABS	ABS
Accessories	W x H x D mm	1,100 x 34 x 500	1,100 x 34 x 500	1,100 x 34 x 500
	Weight	4.6 / 5.3	4.6 / 5.3	4.6 / 5.3

Note: 1. Performance tested under EN14511
 2. Capacitors are based on the following conditions:
 - Cooling: Indoor temp. 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB, Outdoor temp. 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 - Heating: Indoor temp. 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB, Outdoor temp. 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 3. Due to our policy of innovation, some specifications may be changed without notification.

Accessories

Accessory	ARNU07GTU4	ARNU09GTU4	ARNU12GTU4
Drain Pump	-	Ø	-
Cassette Cover	-	-	-
Functional Leakage Detector	-	PRLDN50	-
EVV Kit	-	PRG024A0	-
Independent Power Module	-	PRIP0	-
Ballast Choke	-	-	-
Pre Filter (separable / anti-fungus)	-	Ø	-
Ion Generator	-	-	-
CO ₂ Sensor	-	-	-
Humidifier Kit	-	-	-
IR Remote	-	-	-
Zone Controller	-	-	-
Dry Contact (with additional accessory)	-	DDRYC8000 (1 point contact) DDRYCB300 (3 points for thermostat compatible) DDRYCB400 (2 points input) DDRYCB500 (Modbus)	-
External Input (1 point)	-	Ø	-
Wi-Fi	-	PWFMD200	-



ARNU18GTTD4 / ARNU24GTTD4

Model	Unit	ARNU18GTTD4	ARNU24GTTD4
Cooling Capacity	kW	5.6	7.1
Heating Capacity	kW	6.3	7.1
Power Input (E/E-L)	Normal W	38 / 28 / 24	51 / 33 / 26
Dimensions (W x H x D)	Body mm	1,180 x 132 x 450	1,180 x 132 x 450
	Shipping mm	1,499 x 259 x 538	1,499 x 259 x 538
	Cross Flow Fan		Cross Flow Fan
Fan	Motor Output x Number W x No.	30 x 1	30 x 1
	Min. Power Fan (W x H x D) mm	13.3 / 3.7 / 7.0	14.6 / 3.3 / 7.1
	Motor Type	BLDC	BLDC
Air Filter	Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter
	Liquid Side mm (inch)	86.35 (3.4)	86.35 (3.4)
Pipe Connection	Gas Side mm (inch)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)
	Drain Pipe (Internal Dia.) mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Moisture	kg	15.6	15.6
Sound Pressure Levels (Lp / M / L)	dB(A)	40 / 37 / 35	43 / 40 / 36
Sound Power Levels (Lp / M / L)	dB(A)	56 / 51 / 48	59 / 53 / 50
Power Supply	Ø, V, Hz	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50
Communication Cable	mm x No.	1Ø - 1.5 x 2C	1Ø - 1.5 x 2C
	Model Name	PF10C (Panel)	PF10C (Panel)
	Exterior Color	White/White	White/White
Refrigerant	RAL Code	RAL 9003	RAL 9003
Panel	Material	ABS	ABS
Accessories	W x H x D mm	1,420 x 34 x 500	1,420 x 34 x 500
	Weight	5.5 / 6.5	5.5 / 6.5

Note: 1. Performance tested under EN14511
 2. Capacitors are based on the following conditions:
 - Cooling: Indoor temp. 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB, Outdoor temp. 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 - Heating: Indoor temp. 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB, Outdoor temp. 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB, Interconnecting piping length 7.5m, Level difference of zero
 3. Due to our policy of innovation, some specifications may be changed without notification.

Accessories

Accessory	ARNU18GTTD4	ARNU24GTTD4
Drain Pump	-	Ø
Cassette Cover	-	-
Functional Leakage Detector	-	PRLDN50
EVV Kit	-	-
Independent Power Module	-	PRIP0
Ballast Choke	-	-
Pre Filter (separable / anti-fungus)	-	Ø
Ion Generator	-	-
CO ₂ Sensor	-	-
Humidifier Kit	-	-
IR Remote	-	-
Zone Controller	-	-
Dry Contact (with additional accessory)	-	DDRYC8000 (1 point contact) DDRYCB300 (3 points for thermostat compatible) DDRYCB400 (2 points input) DDRYCB500 (Modbus)
External Input (1 point)	-	Ø
Wi-Fi	-	PWFMD200

Fuente: (LG, 2019)



ARUM261LTE5 / ARUM280LTE5 / ARUM300LTE5 / ARUM320LTE5

HP		26'	28	30	32	
Model Name	Combination Unit	ARUM261LTE5	ARUM280LTE5	ARUM300LTE5	ARUM320LTE5	
	Independent Unit	ARUM140LTE5 ARUM120LTE5	ARUM160LTE5 ARUM120LTE5	ARUM180LTE5 ARUM120LTE5	ARUM200LTE5 ARUM120LTE5	
Capacity	Cooling (Rated) kW	72.8	78.4	84.0	89.6	
	Heating (Rated) kW	72.8	78.4	84.0	89.6	
	Heating (Max) kW	81.9	88.2	94.5	100.8	
Input	Cooling (Rated) kW	16.26	18.47	18.49	20.35	
	Heating (Rated) kW	14.98	17.13	16.97	19.05	
	Heating (Max) kW	17.98	20.65	20.20	22.95	
EER		4.48	4.24	4.54	4.40	
SEER		-	-	-	-	
COP	Rated Capacity	4.86	4.58	4.95	4.70	
	Max. Capacity	4.56	4.27	4.68	4.39	
SCOP		-	-	-	-	
Exterior	Color	Warm Gray / Dawn Gray	Warm Gray / Dawn Gray	Warm Gray / Dawn Gray	Warm Gray / Dawn Gray	
	RAL Code (Classic)	RAL 7044 / RAL 7037	RAL 7044 / RAL 7037	RAL 7044 / RAL 7037	RAL 7044 / RAL 7037	
Heat Exchanger	Type	Wide Louver Plus / Black Fin	Wide Louver Plus / Black Fin	Wide Louver Plus / Black Fin	Wide Louver Plus / Black Fin	
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll	Hermetically Sealed Scroll	Hermetically Sealed Scroll	Hermetically Sealed Scroll	
	Combination x No.	(Inverter) x 2	(Inverter) x 2	(Inverter) x 3	(Inverter) x 3	
	Motor Output x Number	W x No.	5,300 x 2	5,300 x 2	(5,300 x 2) + (4,200 x 1)	(5,300 x 2) + (4,200 x 1)
	Oil Type		FVC68D (PVE)	FVC68D (PVE)	FVC68D (PVE)	FVC68D (PVE)
	Oil Charge	cc	7,800	7,800	9,100	9,100
Fan	Type	Propeller fan	Propeller fan	Propeller fan	Propeller fan	
	Motor Output x Number	W x No.	(900 x 2) + (1,200 x 1)			
	Air Flow Rate (High)	m ³ /min x No.	(320 x 1) + (240 x 1)			
	Drive		DC INVERTER	DC INVERTER	DC INVERTER	DC INVERTER
Pipe Connections #1	Discharge	Side / Top	TOP	TOP	TOP	
	Liquid Pipe	mm (inch)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)
	Low Pressure Gas Pipe	mm (inch)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)
Pipe Connections #2	High Pressure Gas Pipe	mm (inch)	Ø 28.58 (1-1/8)	Ø 28.58 (1-1/8)	Ø 28.58 (1-1/8)	Ø 28.58 (1-1/8)
	Liquid Pipe	mm (inch)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)	Ø 19.05 (3/4)
Dimensions (W x H x D)	Gas Pipe	mm (inch)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)	Ø 34.9 (1-3/8)
	mm x No.		(1,240 x 1,690 x 760) x 1 + (930 x 1,690 x 760) x 1	(1,240 x 1,690 x 760) x 1 + (930 x 1,690 x 760) x 1	(1,240 x 1,690 x 760) x 1 + (930 x 1,690 x 760) x 1	(1,240 x 1,690 x 760) x 1 + (930 x 1,690 x 760) x 1
Dimensions (W x H x D) - Shipping	mm x No.		(1,280 x 1,825 x 796) x 1 + (960 x 1,825 x 796) x 1	(1,280 x 1,825 x 796) x 1 + (960 x 1,825 x 796) x 1	(1,280 x 1,825 x 796) x 1 + (960 x 1,825 x 796) x 1	(1,280 x 1,825 x 796) x 1 + (960 x 1,825 x 796) x 1
Net Weight	kg x No.		(237 x 1) + (215 x 1)	(237 x 1) + (215 x 1)	(300 x 1) + (215 x 1)	(300 x 1) + (215 x 1)
Shipping Weight	kg x No.		(250 x 1) + (225 x 1)	(250 x 1) + (225 x 1)	(312 x 1) + (225 x 1)	(312 x 1) + (225 x 1)
Sound Pressure Level	Cooling	dB(A)	62.5	62.8	63.1	63.8
	Heating	dB(A)	63.5	63.8	64.1	65.8
Sound Power Level	Cooling	dB(A)	90.8	91.5	93.0	93.8
	Heating	dB(A)	94.5	95.2	96.0	96.8
Communication Cable	mm ² x No. (VCTF-SB)		1.0 - 1.5 x 2C			
Refrigerant	Refrigerant Name		R410A	R410A	R410A	R410A
	Precharged Amount in Factory	kg	23.0	23.0	25.5	25.5
	t-CO ₂ eq.		48.0	48.0	53.2	53.2
	Control		Electronic Expansion Valve	Electronic Expansion Valve	Electronic Expansion Valve	Electronic Expansion Valve
Power Supply	Ø, V, Hz		3, 380 - 415, 50	3, 380 - 415, 50	3, 380 - 415, 50	3, 380 - 415, 50
			3, 380, 60	3, 380, 60	3, 380, 60	3, 380, 60
Number of Maximum Connectable Indoor Units ¹⁾			42 (52)	45 (56)	49 (60)	52 (64)

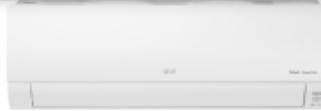
1) The numbers in parentheses means maximum connectable indoor units in accordance with outdoor units combination. The recommended ratio is 130% (2.2kW criteria)

Fuente: (LG, 2019)

WH Series

Built-In Wi-Fi

Indoor Unit : WH24SLN-1B / Outdoor Unit : WH24SLU-1B
 Indoor Unit : WH30SRN-1B / Outdoor Unit : WH30SRU-1B
 Indoor Unit : WH34SRN-1B / Outdoor Unit : WH34SRU-1B



Model				WH24SL-1B	WH30SR-1B	WH34SR-1B
Indoor Unit			Unit	WH24SLN-1B	WH30SRN-1B	WH34SRN-1B
Outdoor Unit				WH24SLU-1B	WH30SRU-1B	WH34SRU-1B
Rated Capacity	Cooling		kW	7.10	8.50	9.40
	Heating		kW	8.00	9.00	10.30
Capacity Range	Cooling	Min - Max	kW	1.0 - 8.60	2.0 - 9.50	2.0 - 11.20
	Heating	Min - Max	kW	1.0 - 10.60	2.0 - 12.0	2.0 - 12.8
Power Input	Cooling	Rated	kW	1,890	2,260	2,680
	Heating	Rated	kW	1,990	2,240	2,740
Running Current	Cooling	Rated	A	8.40	10.10	12.00
	Heating	Rated	A	8.90	10.00	12.30
Full Load Amps			A	12.70	16.00	16.00
EER			W/W	3.76	3.76	3.51
AEER			-	3.75	3.76	3.51
COP			W/W	4.02	4.02	3.76
ACOP			-	4.02	4.01	3.76
Energy Label / Star Ratings	Cooling		-	3.0 STAR	3.0 STAR	2.5 STAR
	Heating		-	3.5 STAR	3.5 STAR	3.0 STAR
Power Supply			Ø, V, Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz	1Ph, 220-240V, 50Hz
Indoor	Air Flow Rate	Max / H / M / L / SL	L/s	383 / 283 / 233 / 183	516 / 416 / 350 / 283	516 / 416 / 350 / 283
	Sound Pressure Level	Cooling, Max / H / M / L / SL	dB(A)	- / 49 / 44 / 40 / 30	- / 51 / 46 / 42 / 33	- / 51 / 46 / 42 / 33
	Dimensions (W x H x D)	Net	mm	1060 x 360 x 265	1200 x 360 x 265	1200 x 360 x 265
	Weight	Net	kg	16.6	18.50	18.50
Outdoor	Compressor		-	Twin Rotary	Twin Rotary	Twin Rotary
	Condenser	Corrosion Protection	-	Gold	Gold	Gold
	Sound Pressure Level	Cooling, Rated	dB(A)	55	55	55
		Heating, Rated	dB(A)	56	57	57
	Sound Power Level		dB(A)	66	66	66
	Dimensions (W x H x D)	Net	mm	870 x 800 x 320	950 x 832 x 330	950 x 832 x 330
	Weight	Net	kg	55.0	67.1	67.1
Operation Range	Cooling	°C DB	-10 ~ 48	-10 ~ 48	-10 ~ 48	
	Heating	°C DB	-15 ~ 24	-15 ~ 24	-15 ~ 24	
Field Connections						
Circuit Breaker			A	20	25	25
Power Supply Guide			No.	3 Core + Earth	3 Core + Earth	3 Core + Earth
Power Supply to Unit			-	Outdoor	Outdoor	Outdoor
Power and Communication Cable			No. x mm ²	4 x 1.0 (Including Earth)	4 x 1.0 (Including Earth)	4 x 1.0 (Including Earth)
Field Piping						
Piping	Size	Liquid	mm(inch)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)
		Gas	mm(inch)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)
	Connections Method	Indoor / Outdoor	-	Flared / Flared	Flared / Flared	Flared / Flared
Drain Hose Size	O.D, I.D		mm	20, 15	20, 15	20, 15
Between Indoor & Outdoor	Piping Length	Min - Max	m	3 ~ 30	3 ~ 30	3 ~ 30
		Pre-Charge Length	m	7.5	7.5	7.5
	Max. Elevation Difference		m	20	20	20
Piping Connection Heat Insulation			-	Both liquid and gas pipes	Both liquid and gas pipes	Both liquid and gas pipes
Refrigerant Charge	Type		-	R32	R32	R32
	Pre Charge		g	1750	2000	2000
	Additional Charge		g/m	20	20	20
	Control		-	Electronic Expansion Valve	Electronic Expansion Valve	Electronic Expansion Valve

Fuente: (LG, 2019)

Mitsubishi/Trane:

TPLFYP***EM140(1)A			SPECIFICATIONS: TPLFYP CEILING-CASSETTE INDOOR UNIT					
Model Name			TPLFYP006EM140A	TPLFYP008EM140A	TPLFYP012EM140A	TPLFYP015EM140A	TPLFYP018EM141A	
Power Source			208/230V, 1-Phase, 60Hz					
Cooling Capacity		BTUH *1	6,000	8,000	12,000	15,000	18,000	
Heating Capacity		BTUH *1	6,700	9,000	13,500	17,000	20,000	
Power Consumption	Cooling	W	20	30	30	30	40	
	Heating	W	20	20	20	20	40	
Current	Cooling	A	0.19	0.31	0.31	0.31	0.43	
	Heating	A	0.14	0.26	0.26	0.26	0.38	
External Finish Color (Munsell No.)			MUNSELL (6.4Y 8.9/0.4)					
Dimensions	Height	In.	10-3/16	10-3/16	10-3/16	10-3/16	11-3/4	
	Width	In.	33-3/32					
	Depth	In.	33-3/32					
Net Weight *2	Unit/Panel	Pounds	46 / 11	46 / 11	46 / 11	46 / 11	55 / 11	
Heat Exchanger			Cross Fin (Aluminum Plate Fin and Copper Tube)					
Fan	Type x Quantity		Turbo Fan x 1					
	Airflow Rate *3	CFM	300 - 424 - 459 - 494	494 - 530 - 565 - 600	494 - 530 - 565 - 600	530 - 547 - 565 - 600	636 - 671 - 742 - 812	
	Motor Type		DC Motor					
	Motor Output	W	50	50	50	50	120	
Air Filter			PP honeycomb (long life filter, anti-bacterial type)					
Refrigerant Pipe Dimensions	Liquid (High Pressure) (Flare)	In.	1/4					
	Gas (Low Pressure) (Flare)	In.	1/2					
Drain Pipe Dimension (O.D.)		In.	1-1/4					
Sound Pressure Levels (As Measured in an Anechoic Room)*3		Low-Mid1-Mid2-High	dB(A)	19 - 23 - 25 - 27	27 - 29 - 30 - 31	27 - 29 - 30 - 31	28 - 29 - 30 - 31	28 - 30 - 32 - 34

Model Name			TPLFYP024EM140A	TPLFYP030EM140A	TPLFYP036EM140A	TPLFYP048EM140A	
Power Source			208/230V, 1-Phase, 60Hz				
Cooling Capacity		BTUH *1	24,000	30,000	36,000	48,000	
Heating Capacity		BTUH *1	27,000	34,000	40,000	54,000	
Power Consumption	Cooling	W	40	40	70	110	
	Heating	W	40	40	70	110	
Current	Cooling	A	0.43	0.45	0.73	1.01	
	Heating	A	0.38	0.40	0.68	0.96	
External Finish Color (Munsell No.)			MUNSELL (6.4Y 8.9/0.4)				
Dimensions	Height	In.	11-3/4				
	Width	In.	33-3/32				
	Depth	In.	33-3/32				
Net Weight *2	Unit/Panel	Pounds	55 / 11				
Heat Exchanger			Cross Fin (Aluminum Plate Fin and Copper Tube)				
Fan	Type x Quantity		Turbo Fan x 1				
	Airflow Rate *3	CFM	636 - 671 - 742 - 812	636 - 706 - 777 - 812	777 - 883 - 989 - 1,095	777 - 953 - 1,095 - 1,236	
	Motor Type		DC Motor				
	Motor Output	W	120				
Air Filter			PP honeycomb (long life filter, anti-bacterial type)				
Refrigerant Pipe Dimensions	Liquid (High Pressure) (Flare)	In.	3/8				
	Gas (Low Pressure) (Flare)	In.	5/8				
Drain Pipe Dimension (O.D.)		In.	1-1/4				
Sound Pressure Levels (As Measured in an Anechoic Room)*3		Low-Mid1-Mid2-High	dB(A)	28 - 30 - 32 - 34	28 - 31 - 33 - 35	35 - 37 - 39 - 41	36 - 39 - 42 - 45

Fuente: (Mitsubishi/Trane, 2019)



SPECIFICATIONS: TPMFYF
CEILING-CASSETTE INDOOR UNIT

TPMFYF***BM140F			TPMFYF006BM140F	TPMFYF008BM140F	TPMFYF012BM140F	TPMFYF015BM140F
Model Name			TPMFYF006BM140F	TPMFYF008BM140F	TPMFYF012BM140F	TPMFYF015BM140F
Power Source			208/230V, 1-phase, 60Hz			
Cooling Capacity		BTUH *1	6,000	8,000	12,000	15,000
Heating Capacity		BTUH *1	6,700	9,000	13,500	17,000
Power Consumption	Cooling	W	40			50
	Heating	W	40			50
Current	Cooling	A.	0.20		0.21	0.26
	Heating	A.	0.20		0.21	0.26
External Finish Color (Munsell No.)			Gelle: 6.4Y 8.9/0.4			
Dimensions	Height	In.	9-1/16			
	Width	In.	31-31/32			
	Depth	In.	15-9/16			
Net Weight	Unit	Pounds	31			
Heat Exchanger			Cross Fin			
Fan	Type x Quantity		Line flow fan x 1			
	Airflow Rate *2	CFM	230 - 254 - 283 - 307	258 - 283 - 304 - 328	258 - 283 - 304 - 328	272 - 307 - 343 - 378
	Motor Type		DC Brushless Motor			
Air Filter			Polypropylene Honeycomb			
Refrigerant Pipe Dimensions	Liquid (High Pressure) (Flare)	In.	1/4			
	Gas (Low Pressure) (Flare)	In.	1/2			
Condensate Lift Mechanism (Standard)		In.	23-5/8			
Drain Pipe Dimension (O.D.)		In.	1			
Sound Pressure Levels (As Measured in an Anechoic Room) *2	(Low-Mid1 - Mid2-High)	dB(A)	27 - 30 - 33 - 35	32 - 34 - 36 - 37	32 - 34 - 36 - 37	33 - 35 - 37 - 39

NOTES:

*1 Cooling/Heating capacity indicates the maximum value at operation under the following conditions:
Cooling | Indoor: 80° F (27° C) D.B. / 67° F (19° C) W.B., Outdoor: 95° F (35° C) D.B.
Heating | Indoor: 70° F (21° C) D.B., Outdoor: 47° F (8° C) DR/43° F (6° C) W.B.

*2 Airflow rate/sound levels are at (Low-Mid1 - Mid2-High).

Ventilation Air: Providing sufficient ventilation air is an important part of every building design.

AHRI/ATC standard 52 provides the minimum ventilation air requirements. Also check local codes.

Specifications are subject to change without notice.

LIMITED WARRANTY | Seven-year compressor and one-year parts. Extended warranty of up to 10 years is available. See our website for details on specific additional application installation coverage.

Fuente: (Mitsubishi/Trane, 2019)

SPECIFICATIONS: TPKFYF

WALL-MOUNTED INDOOR UNIT



TPKFYP*** (B,H,K)M142(A,B)

Model Name			TPFYF 006BM142B	TPKFYP 008HM142A	TPKFYP 012HM142A	TPKFYP 015HM142A	TPKFYP 018KM142A	TPKFYP 024KM142A	TPKFYP 030KM142A
Power Source			208/230V, 1-Phase, 60Hz						
Cooling Capacity		BTUH *1	6,000	8,000	12,000	15,000	18,000	24,000	30,000
Heating Capacity		BTUH *1	6,700	9,000	13,500	17,000	20,000	27,000	34,000
Power Consumption	Cooling	W	8	30				70	
	Heating	W	30	30				70	
Current	Cooling	A	0.15	.30				0.50	
	Heating	A	0.15	.30				0.50	
External Finish		Munsell No.	1.0Y 9.2/0.2						
Dimensions	Height	In.	11-5/8					14-3/8	
	Width	In.	32-1/8	35-3/8				46-1/16	
	Depth	In.	8-7/8	9-13/16				11-5/8	
Net Weight	Unit	Pounds	22	29				46	
Heat Exchanger			Cross Fin (Aluminum Plate Fin and Copper Tube)						
Fan	Type x Quantity		Line Flow Fan x 1						
	Airflow Rate *2	CFM	170 - 180 - 200 - 210	320 - 370 - 413			320 - 370 - 425	570 - 920	710 - 920
	Motor Type		Single-phase Induction Motor	Direct-driven DC Motor					
Air Filter			Polypropylene Honeycomb						
Refrigerant Pipe Dimensions	Liquid (High Pressure) (Flare)	In.	1/4				3/8		
	Gas (Low Pressure) (Flare)	In.	1/2				5/8		
Drain Pipe Dimension (I.D.)		In.	5/8						
Sound Pressure Levels *2		dB(A)	32 - 33 - 35 - 36	34 - 39 - 43			36 - 41 - 45	39 - 49	43 - 49

Fuente: (Mitsubishi/Trane, 2019)



TQHP*(3/4)BL41AN

SPECIFICATIONS			MODEL NAMES			
VOLTAGES	208/230V		TQHP2883BL41AN	TQHP3123BL41AN	TQHP3363BL41AN	TQHP3603BL41AN
		With 2 TQHP1443AL41AN	With 1 TQHP1443AL41AN and 1 TQHP1683AL41AN	With 2 T TQHP1683AL41AN	With 1 TQHP1683AL41AN and 1 TQHP1923AL41AN	
	460V		TQHP2884BL41AN	TQHP3124BL41AN	TQHP3364BL41AN	TQHP3604BL41AN
		With 2 TQHP1444AL41AN	With 1 TQHP1444AL41AN and 1 TQHP1684AL41AN	With 2 TQHP1684AL41AN	With 1 TQHP1684AL41AN and 1 TQHP1924AL41AN	
Power Source			208/230V, 3-Phase, 60Hz 460V, 3-Phase, 60Hz			
Capacity (Nominal) *1	Cooling	BTUH	288,000	312,000	336,000	360,000
	Heating	BTUH	323,000	350,000	378,000	405,000
Operating Range			9% to 100%	9% to 100%	8% to 100%	8% to 100%
Compressor	Type x Quantity		Refer to:	Refer to:	Refer to:	Refer to:
	Lubricant					
Circulating Water	Water Flow Rate	GPM (L/s)	TQHP1443AL41AN	TQHP1443AL41AN TQHP1683AL41AN	TQHP1683AL41AN	TQHP1683AL41AN TQHP1923AL41AN
	Pressure Drop	Fl. (psi)				
	Max Water Pressure	psi (MPa)				
Refrigerant	Type					
External Finish						
Dimensions	Height	In.	TQHP1444AL41AN	TQHP1444AL41AN TQHP1684AL41AN	TQHP1684AL41AN	TQHP1684AL41AN TQHP1924AL41AN
	Width	In.				
	Depth	In.				
Net Weight		Pounds				
Sound Pressure Level (As Measured in an Anechoic Room)			57	58	59	60
Protection Devices	High Pressure Protection		High pressure sensor, High pressure switch			
	Compressor/Fan		Overheat protection/Thermal switch			
	Inverter		Overheat and Overcurrent Protection			
Refrigerant Pipe Dimensions	Liquid (High Pressure) (Brazed)	In.	3/4			
	Gas (Low Pressure) (Brazed)	In.	1-3/8		1-5/8	
Indoor Unit Connectable	Total Capacity		50 to 150% of outdoor unit capacity			
	Model/Quantity		P06-P96/2-50	P06-P96/2-50	P06-P96/2-50	P06-P96/2-50
Inlet Water Temperature Range	Cooling		50 to 113° F			
	Heating		50 to 113° F			
Efficiency Ratings (Ducted/ Non-Ducted) *4	EER		11.4/13.8	11.2/13.0	11.1/12.3	11.2/12.1
	IEER		18.5/20.6	17.6/20.4	16.8/20.1	17.5/20.3
	COP		4.92/5.27	4.80/5.26	4.67/5.25	4.64/5.14

Fuente: (Mitsubishi/Trane, 2019)

NT(X/Y)WST Model



Indoor Unit

NTXWST06/09/12/15JA112A*
NTYWST06/09/12/15JA112A*

NTXWST18A112A*
NTYWST18A112A*

Outdoor Unit

NTXSST09/12/15JA112A*
NTYSST09/12/15JA112A*

* To confirm compatibility with the MX Model multi-zone system, refer to MX Model page.

NTXSST18A112A*
NTYSST18A112A*

Remote Controller

Eco Cool
 Blue Fin
 Nano Platinum
 Smart Cooling
 Auto-Stop
 Auto
 J-Net
 Powerful
 Smart
 Auto
 Group Control
 M-NET

USNAP
 Wi-Fi
 T-STAT
 MX
 Flex
 Failure Recall

Indoor Unit			NTYW-ST06A112A*	NTYW-ST12A112A*	NTYW-ST15A112A*	NTYW-ST18A112A*	NTYW-ST24A112A*	NTYW-ST30A112A*	NTYW-ST36A112A*	
Outdoor Unit			NTYSST09A112A*	NTYSST12A112A*	NTYSST15A112A*	NTYSST18A112A*	NTYSST24A112A*	NTYSST30A112A*	NTYSST36A112A*	
Cooling	Capacity	Rated ¹	BTU/H	9,000	12,000	14,000	18,000	22,000	30,700	34,600
	Capacity Range	Min-Max	BTU/H	3,600-12,200	1,500-13,600	3,100-18,200	5,800-22,000	8,200-31,400	9,800-33,600	9,800-34,600
	Power Input	Rated ¹	W	585	209	1,080	1,340	1,800	3,300	4,249
	Moisture Removal	Pints/h		1.5	2.5	2.7	2.1	5.1	9.9	11.9
	Sensible Heat Factor			0.820	0.770	0.780	0.870	0.750	0.640	0.620
Heating	Capacity at 47°F	Rated ²	BTU/H	—	—	—	—	—	—	—
	Capacity Range	Min-Max	BTU/H	—	—	—	—	—	—	—
	Power Input at 47°F	Rated ²	W	—	—	—	—	—	—	—
	Capacity at 17°F	Rated ²	BTU/H	—	—	—	—	—	—	—
	Capacity at 5°F	Max ³	BTU/H	—	—	—	—	—	—	—
Efficiency	SEER			24.6	23.1	21.6	20.5	20.5	18.0	15.1
	EER			15.4	13.0	13.0	13.4	12.5	9.1	8.2
	HSPF			—	—	—	—	—	—	—
	COP			—	—	—	—	—	—	—
	ENERGY STAR [®] Certified			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Air Flow Rate - Cooling (Quiet-Low-Med-High-Silent)	Dry	CFM	145-170-237-321-399	145-170-237-321-399	205-272-335-420-533	258-332-417-522-646	308-409-544-628-738	389-630-848-887	389-630-848-887	
	Wet	CFM	109-134-201-285-354	109-134-201-285-354	175-237-309-385-498	232-299-375-470-581	347-420-487-562-661	350-576-703-798	350-576-703-798	
Air Flow Rate - Heating (Quiet-Low-Med-High-Silent)	Dry	CFM	—	—	—	—	—	—	—	
Sound Pressure Level (Quiet-Low-Med-High-Silent)	Cooling	dB(A)	19-22-30-37-43	19-22-30-37-45	25-32-38-44-49	28-33-38-44-49	34-41-45-49-53	32-42-49-51	32-42-49-51	
	Heating	dB(A)	—	—	—	—	—	—	—	
External Static Pressure	In. W.G.		—	—	—	—	—	—	—	
	Condensate Lift Mechanism	Max. Distance	In. (mm)	—	—	—	—	—	—	
Dimensions	H	In. (mm)	11-5/8 (295)	11-5/8 (295)	11-5/8 (295)	12 (305)	12-13/16 (325)	14-3/8 (365)	14-3/8 (365)	
	W	In. (mm)	21-7/16 (708)	21-7/16 (708)	21-7/16 (708)	26-5/16 (822)	43-5/16 (1100)	48-1/16 (1170)	48-1/16 (1170)	
	D	In. (mm)	9-1/8 (232)	9-1/8 (232)	9-1/8 (232)	9-13/16 (250)	9-3/8 (238)	11-5/8 (295)	11-5/8 (295)	
	Weight	Lbs (kg)	22 (10.0)	22 (10.0)	22 (10.0)	28 (13.0)	37 (17.0)	40 (18.0)	40 (18.0)	
MCA	A		7.0	7.0	9.0	14.0	17.1	21.0	21.0	
	MOCP	A	15	15	15	15	20	25	25	
Outdoor Unit	H	In. (mm)	21-5/8 (550)	21-5/8 (550)	21-5/8 (550)	34-5/8 (880)	34-5/8 (880)	33-7/16 (850)	33-7/16 (850)	
	W	In. (mm)	31-1/2 (800)	31-1/2 (800)	31-1/2 (800)	33-1/16 (840)	33-1/16 (840)	33-1/16 (840)	33-1/16 (840)	
	D	In. (mm)	11-1/4 (286)	11-1/4 (286)	11-1/4 (286)	13 (330)	13 (330)	126 (327)	126 (327)	
	Weight	Lbs (kg)	81 (36.7)	81 (36.7)	81 (36.7)	121 (55)	119 (54)	126 (57)	126 (57)	
Air Flow Rate (Cooling/Heating)	CFM		1220/—	1220/—	1240/—	1600/—	1700/—	1940/—	1940/—	
	Cooling/Heating	dB(A)	48	49	49	54	55	55	56	
Sound Pressure Level	Cooling	dB(A)	—	—	—	—	—	—	—	
	Heating	dB(A)	—	—	—	—	—	—	—	
Piping	Gas (O.D.)	In. (mm)	3/8 (9.52)	3/8 (9.52)	1/2 (12.7)	1/2 (12.7)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	
	Liquid (O.D.)	In. (mm)	1/4 (6.35)	1/4 (6.35)	1/4 (6.35)	1/4 (6.35)	3/8 (9.52)	3/8 (9.52)	3/8 (9.52)	
	Indoor Drain	In. (mm)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	5/8 (15.88)	
	Max. Length	ft (m)	65 (20)	65 (20)	65 (20)	100 (30)	100 (30)	100 (30)	100 (30)	
Max. Height	ft (m)	40 (12)	40 (12)	40 (12)	50 (15)	50 (15)	50 (15)	50 (15)		
	V. ph, Hz		208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	208/230, 1, 60	
Electrical	Recommended Breaker Size	A	15	15	15	15	20	25	25	
	Refrigerant Type		R410A							
Guaranteed Temperature Operation Range	Cooling ⁴	*F DB [°C DB]	14.0 to 115.0 [-10.0 to 46.0]							
	Heating	*F DB [°C DB]	—	—	—	—	—	—	—	

Fuente: (Mitsubishi/Trane, 2019)

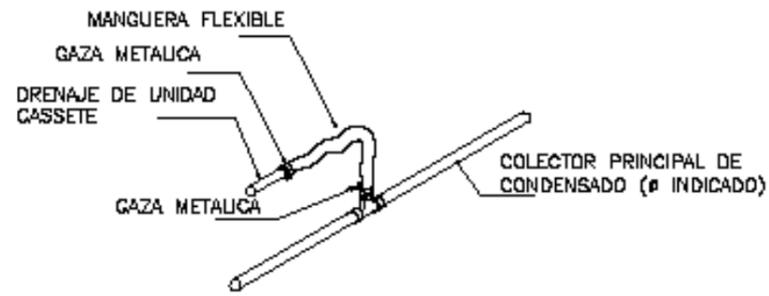
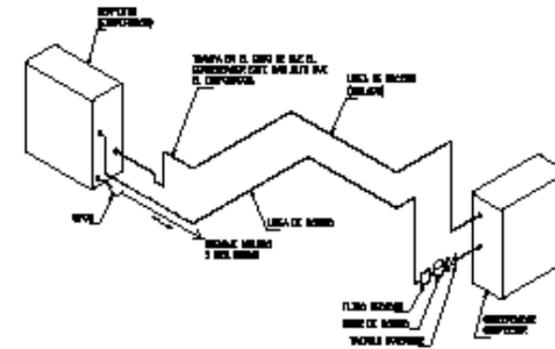
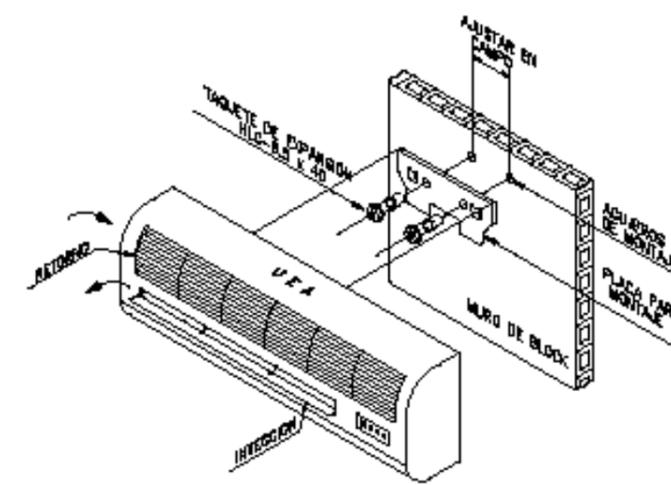


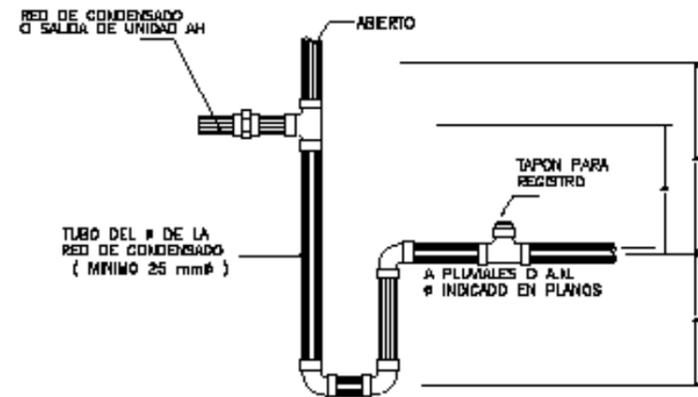
DIAGRAMA CONEXION
CONDENSADO PARA CASSETE
SIN ESCALA



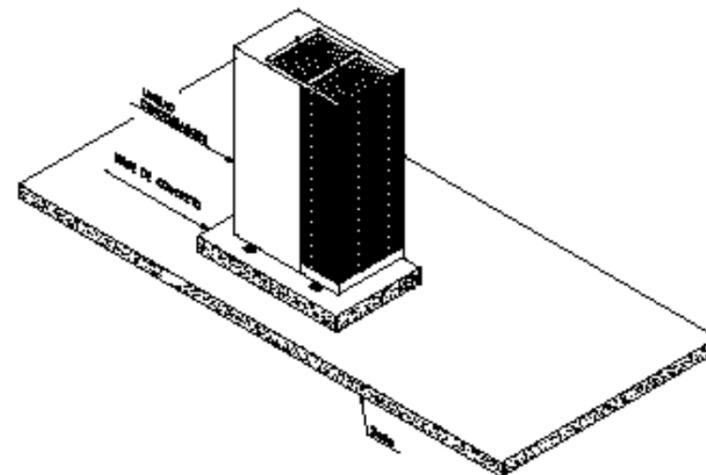
DETALLE DIAGRAMA TUBERIAS DE REFRIGERANTE
SIN ESCALA



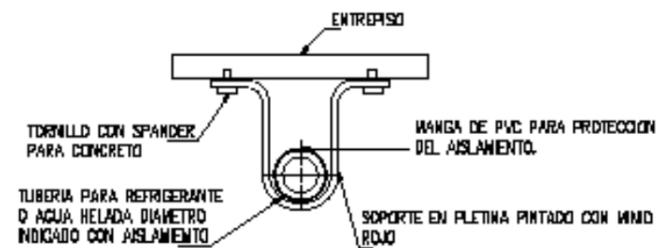
UNIDAD Mini Split
SIN ESCALA



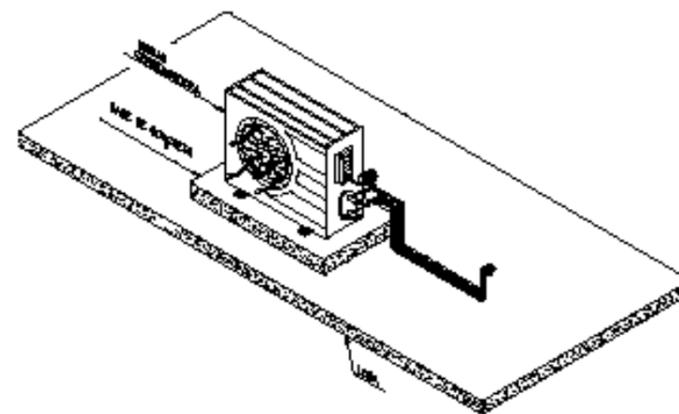
DETALLE DE SALIDA DE CONDENSADO
SIN ESCALA



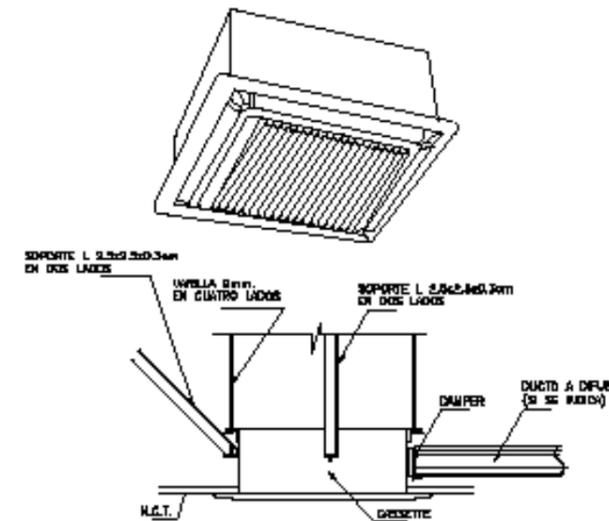
Detalle Unidad Condensadora VRF
SIN ESCALA



DETALLE SOPORTE PARA TUBERIA
DE REFRIGERACION Y AGUA HELADA
SIN ESCALA



Detalle Condensadora Minisplit
SIN ESCALA



LOS SOPORTES DEBEN ANCLARSE PROPIAMENTE EN LA ESTRUCTURA.

UNIDAD CASSETE
SIN ESCALA

REVISOR DE PLAN



Sección de Construcción
Proyecto: Diseño del Sistema de Aire Acondicionado La Uruca
Proyectista: Banco Nacional de Costa Rica
vía telefónica 4-09-9785

Revisado: Felipe Alvarado Guevara
Proyectista: Fernando Muñoz
Revisor: Felipe Alvarado Guevara
Fecha: 2022-03-08
Proyectista: Fernando Muñoz
Revisor: Felipe Alvarado Guevara
Fecha: 2022-03-08
Proyectista: Fernando Muñoz
Revisor: Felipe Alvarado Guevara
Fecha: 2022-03-08
Proyectista: Fernando Muñoz
Revisor: Felipe Alvarado Guevara
Fecha: 2022-03-08

Fecha	Revisado	Revisor
2022		

12.13. Anexo 13. Cotización de Confort Climático



Señores: Banco Nacional de Costa Rica

Referencia: A136-21

Atención. Proveeduría

Referencia: "SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SUCURSAL DEL BANCO NACIONAL EN LA URUCA"

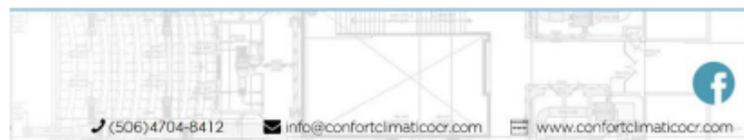
Estimados señores: Confort Climático de Costa Rica S.A, Cédula Jurídica 3-101-653197, tiene el agrado de presentar a ustedes la siguiente oferta por el Suministro e Instalación del Sistema de Aire Acondicionado.

Todos los equipos cumplen de acuerdo a especificaciones y planos, además entendemos y aceptamos todos los puntos solicitados en el cartel.

A. ALCANCE DE LA OFERTA:

Sistema de aire acondicionado VRF marca Mitsubishi/Trane

Qty	Model	Description
---	PAR-FL32MA-E	Wireless remote controller
1	PAC-YG60MCA-J	DIDO Controller
1	PUHY-P950TSKA	R410A Y Series Outdoor Unit
1	PUHY-P900TSKA	R410A Y Series Outdoor Unit
1	MUY-GL09NA-U2	R410A MandS Series Outdoor Unit
1	MUY-GL18NA-U1	R410A MandS Series Outdoor Unit
1	MUY-GL12NA-U2	R410A MandS Series Outdoor Unit
4	PMFY-P40VBM-E	Ceiling Cassette (One-Way) Indoor Unit
6	PLFY-P100VBM-E	Ceiling-Cassette (Four-Way) Indoor Unit
1	PMFY-P20VBM-E	Ceiling Cassette (One-Way) Indoor Unit
4	PLFY-P80VBM-E	Ceiling-Cassette (Four-Way) Indoor Unit



(506)4704-8412

info@confortclimaticocr.com

www.confortclimaticocr.com



Page 1 of 5

Qty	Model	Description
2	PLFY-P63VLMD-E	Ceiling cassette(2-way air flow) type Indoor Unit
4	PLFY-P63VBM-E	Ceiling-Cassette (Four-Way) Indoor Unit
1	PMFY-P32VBM-E	Ceiling Cassette (One-Way) Indoor Unit
3	PLFY-P125VBM-E	Ceiling-Cassette (Four-Way) Indoor Unit
1	PLFY-P50VLMD-E	Ceiling cassette(2-way air flow) type Indoor Unit
1	MSY-GL09NA-U1	Wall -Mounted Indoor Unit
1	MSY-GL18NA-U1	Wall -Mounted Indoor Unit
1	MSY-GL12NA-U1	Wall -Mounted Indoor Unit
7	CMY-Y302S-G2	Branch Joint
9	CMY-Y202S-G2	Branch Joint
6	CMY-Y102LS-G2	Branch Joint
2	CMY-Y102SS-G2	Branch Joint
2	CMY-Y300CBK2	Twinning Kit
1	TE-200A	System Remote Controller
1	PWEB Master	Software License
1	Charge Master	Software License
1	PAC-SC51KUA-J	Power Supply
---	PAR-FA32MA-W	Wireless Signal Receiver
3	MAC-334IF-E	Control Interface

Materiales y mano de obra de instalación:

- Suministro e instalación de un lote tuberías de cobre tipo L, con soldadura de plata.
- Suministro e instalación de un (1) lote de tuberías de PVC SDR 26 para drenaje de las unidades evaporadoras.
- Obra civil necesaria para la instalación de los equipos de aire acondicionado y ventilación.
- Acometidas eléctricas de potencia y control para los sistemas de aire acondicionado según requerimientos técnicos, se incluyen todos los cables, conectores y dispositivos necesarios para la correcta instalación de los equipos de aire acondicionado.
- Desinstalaciones de equipos según cartel y su respectiva gestión de desecho.



B. PRECIO: El precio del Sistema de aire acondicionado, incluyendo impuestos, es el siguiente:

Sistema de aire acondicionado:

\$143,000.00

(Ciento cuarenta y tres mil dólares con 00/100)

Precio total anual del servicio Mantenimiento preventivo con impuesto al valor agregado incluido (14 visitas): "Suministro e instalación del sistema de aire acondicionado para la sucursal del Banco Nacional".

\$23,500.00

(Veintitrés mil quinientos dólares con 00/100)

Precio total anual del servicio Mantenimiento preventivo post garantía con impuesto al valor agregado incluido: "Suministro e instalación del sistema de aire acondicionado para la sucursal del Banco Nacional".

\$8,500.00

(Ocho mil quinientos dólares con 00/100)

Gran total:

\$175,000.00

(Ciento setenta y cinco dólares con 00/100)



RUBRO	Porcentaje%
Mano de obra	33%
Insumos	52%
Gastos administrativos	5%
Utilidad	10%
Total	100%

C. VIGENCIA DE LA OFERTA: Según cartel

D. PLAZO DE ENTREGA: 3 meses

E. GARANTÍA TÉCNICA: Según lo indicado en el cartel

Esperando que la presente sea de su conveniencia, nos suscribimos,

Ing. Gerardo Vargas Chaves
Representante Legal
 Confort Climático de Costa Rica S.A.
info@confortclimaticocr.com
 Tel/Fax: 4704-8412

