

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO ENTRE EL USO DE LOS SISTEMAS
DE AA TIPO CONSTANTE VERSUS EL USO DE LOS SISTEMAS TIPO
MULTI V 5 EN LAS INSTALACIONES DEL HOTEL ORQUIDEAS - LIMA -
2019”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

DELGADO HUERTAS, BRAYHAM BRAULIO

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Este trabajo de suficiencia va dedicado a mi familia que sin su constante estímulo, amor y paciencia incondicional, no hubieran hecho realidad este sueño.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores de universidad y asesor por su disposición y paciencia para transmitirme sus conocimientos adquiridos a través de sus estudios y experiencias profesionales durante mi estadía universitaria.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Justificación del problema	3
1.3. Delimitación de la investigación	3
1.3.1. Teórica	3
1.3.2. Temporal.	3
1.3.3. Espacial.....	3
1.4. Formulación del problema	3
1.4.1. Problema general.	3
1.4.2. Problemas específicos.	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2.1 Antecedentes Nacionales.....	5
2.2.2 Antecedentes Internacionales.	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Sistemas de aire acondicionado.....	9

2.2.2 Casos típicos de comodidad humana del aire acondicionado	9
2.2.3 Como funciona un sistema de aire acondicionado	10
2.2.4 Componentes del equipo de acondicionamiento.....	10
2.2.5 Sistemas de aire acondicionado.....	11
2.2.5.1 Tipos de aire acondicionado de compresor constante.	11
2.2.5.2 Tipos de aire acondicionado multi v (VRV - VRF).	15
2.2.6 Diferencia de los sistemas de aa tipo constante con los tipo MUTI (inverter) ..	18
2.2.6.1 Aires acondicionados de eficiencia estándar vs alta eficiencia inverter.....	19
2.2.6.2 Relación de SEER con EER y COP General para ambas tecnologías	19
2.2.6.3 Descripción de funcionamiento de un Motor Inverter de Aire Acondicionado.	20
2.2.7 Gases refrigerantes.....	21
2.2.8 Tipos de refrigerante.	22
2.2.8.1 Refrigerante R-22.....	22
2.2.8.1 Refrigerante R-410a.....	23
2.2.8.3 Refrigerante R-32.....	24
2.3. Definición de términos básicos.....	27
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.	29
3.1. Análisis técnico de los sistemas de aire acondicionado instalados en el hotel orquideas.....	29
3.1.1 Descripción de los diferentes sistemas de climatización.....	29
3.1.2 Explicación del funcionamiento de un sistema expansión directa convencional bomba calor.....	31
3.1.3 Descripción de las Ventajas y desventajas de un sistema expansión directa convencional con equipos MULTI V.....	32
3.1.4 Soluciones multi v 5.....	34
3.1.4.1 Sistema multi v 5 heat recovery.	34

3.1.2 Soluciones de control.	36
3.2 Diseño con el software latscad multi v 5 en las instalaciones de hotel orquideas.	37
3.2.1 Descripción del programa.....	38
3.2.2 Condiciones para el diseño de aa del hotel orquideas con tecnología MULTI V	39
3.2.3 Resultados de diseño.....	40
3.2.4 Selección de líneas frigoríficas.....	43
3.2.5 Árbol del sistema.....	44
3.3 Presupuesto.	45
3.3.1. Outdoor units.....	45
3.3.2. Indoor units.....	45
3.3.3. Branchs	46
3.3.4. Accesorios.....	47
3.3.5. Otras cotizaciones de materiales y mano de obra.....	47
3.4 Análisis técnico económico de los consumos eléctricos de dos tecnologías diferentes de aire acondicionado.....	48
3.4.1 Análisis del sistema convencional con compresor constante.	48
3.4.2 Análisis simulado del sistema multi v 5.	48
3.4.2.1 Potencia unidad exterior simulada por LatsCAD.	48
3.4.2.2 Potencia unidad interior simulada por LatsCAD.	49
3.4.2.3 Potencia cajas recuperadoras simulada por LatsCAD.	49
3.4.2.4 Análisis de las potencias obtenidas Multi v 5	50
3.4.3 Variables	50
3.4.5 Se realizó el análisis por medio de una factura de consumos eléctricos del hotel.	51

3.4.6 Cálculo de inversión de proyecto con depreciación de acuerdo con la vida útil de los equipos, gastos de mantenimiento vs los ingresos (ahorros).....	54
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
Bibliografía	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.	11
Figura 2: Diagrama de un equipo tipo ventana.....	12
Figura 3: Diagrama de un equipo tipo Split	14
Figura 4: Diagrama de un equipo tipo Multi V	15
Figura 5: Esquema de un sistema VRV con recuperación de calor.	18
Figura 6: Gráfica comparativa temperatura/presión R-22 - R-410a.....	24
Figura 7: Unidad exterior convencional con compresor constante del tipo Heat pump con gas refrigerante R-22.....	29
Figura 8: Unidad interior de baja estática con gas refrigerante R-22	30
Figura 9: Sistema convencional bomba calor en modo refrigeración con su respectiva válvula de 4 vías.....	30
Figura 10: Sistema convencional bomba calor en modo calefacción con su respectiva válvula de 4 vías.....	31
Figura 11: Unidad exterior con compresor convencional del tipo frio o calor r-22.....	33
Figura 12: Unidad exterior con compresor convencional del tipo frio o calor r-22.....	33
Figura 13: Unidad exterior Multi v 5 Heat Recovery con tecnología inverter - r410a.	34
Figura 14: Comparativo de eficiencia máxima.....	35
Figura 15: Control de detección doble.....	35
Figura 16: Compresor inverter de última generación	36
Figura 17: Software de diseño multi v – LATS CAD.....	38
Figura 18: Software de diseño multi v – LatsCAD	39
Figura 19: Árbol del sistema uc-p2-01-1-1 realizado por el LatsCAD.....	44
Figura 20: Catálogo de línea ARUM140LTE5 y ARUM200LTE5	49
Figura 21: Facturación física de consumos hotel Orquídeas	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de funcionamiento de un motor inverter de aire acondicionado.	21
Tabla 2: Código de colores para los balones de algunos refrigerantes comunes.	23
Tabla 3: Propiedades físicas R-32.	25
Tabla 4: Designación numérica de los principales refrigerantes	26
Tabla 5: Inventario de los equipos de aire acondicionado hotel Orquídeas San Isidro - lima.....	37
Tabla 6: Condiciones de temperatura para el diseño de los sistemas AA MULTI V 5 del hotel Orquídeas en la Ciudad de Lima	39
<i>Tabla 7:</i> Condiciones de diseño realizados por el software lastcad	40
Tabla 8: Equipos exteriores seleccionando el modelo automáticamente además de la cantidad de unidades interiores, combinación ratio y cantidad de refrigerante.	41
Tabla 9: Equipos exteriores seleccionando potencias frigoríficas.	42
Tabla 10: Equipos exteriores seleccionando su MCA, eficiencia energética en Cooling y Heating además de la selección automática de la presión del sonido.....	42
Tabla 11: Sistema uc-p2-01-1-1 donde el LatsCAD determina las longitudes máximas y mínimas de instalación	43
Tabla 12: Análisis simulado de los sistemas convencionales.....	48
Tabla 13: Las potencias de las unidades interiores:54.5kw.	49
Tabla 14: Potencia de las cajas recuperadoras hr box/distributor:208kw.....	49
Tabla 15: Potencia total multi v 5: 672.10 kW	50
Tabla 16: De variables	50
Tabla 17: Análisis de la factura para realizar el comparativo de consumo.	52
Tabla 18: Análisis de consumo con sistemas MULTI V 5.....	53
Tabla 19: Se considera fdp mínimo para no pagar la energía reactiva	53
Tabla 20: Ahorro de los sistemas MULTI V 5 vs los sistemas convencionales constante.	53
Tabla 21: Consideraciones generales del análisis de factura	54
Tabla 22: Costo por mantenimiento MULTI V 5	54

Tabla 23: Cronograma mensual de mantenimiento del tiempo de garantía en su primer año no se aplica.	55
Tabla 24: Cronograma mensual de mantenimiento después de la garantía	55
Tabla 25: Inversión durante el año de garantía	56
Tabla 26: Inversión después de la garantía – 2do año.....	56
Tabla 27: Gastos de mantenimiento preventivo por año	56
Tabla 28: Tabla del retorno de la inversión del proyecto	57
Tabla 29: Resumen de la tabla del retorno de la inversión del proyecto	57
Tabla 30: Características del proyecto de inversión.....	57
Tabla 31: Desarrollo del proyecto de inversión	58
Tabla 32: Cálculo del VAN y TIR del proyecto.	58

INTRODUCCIÓN

Escoger el aire acondicionado, más adecuado para las instalaciones del hotel es sencillo. Lo primero que tenemos que valorar es el nivel de eficiencia energética de los equipos, que nos permitirá saber cuál es el que menos consume y que menos impacto tiene sobre el medio ambiente. En el mercado peruano de aire acondicionado es amplísimo, se trata de examinar inicialmente las ofertas de varios fabricantes con el fin de analizar las características técnicas de cada unidad de AA. Hoy un equipo de aire acondicionado Split es uno de los sistemas de climatización más extendidos a nivel doméstico y comercial. (BARROS-ALVAREZ, y otros, 2017 Pág 2)

En el inmueble el estudio son los sistemas de aire acondicionado instalados y en este caso son del tipo Split. Hoy por hoy estos equipos son muy utilizados por su fácil, agradable y económico montaje de instalación y sobre todo son de amplio comercio en el mercado. Se han realizado varios estudios comparativos, y se ha demostrado que los sistemas más eficientes actualmente están basados en la tecnología de Volumen de Refrigerante Variable. En el cual se encontró que el VRF es hasta un 20% más eficiente que los equipos convencionales con compresores constante. Sin embargo, este estudio no tuvo ninguna validación con mediciones en condiciones reales. (pág. 2).

Para calcular la carga térmica presente en el recinto instalado hay mucho métodos, elaboración manual como también herramientas computacionales, verificándose que los equipos instalados cumplan con la misma carga térmica con los sistemas MULTI V; además se considera la caracterización energética del recinto, donde se identifica el sistema de mayor consumo para su estudio y la predicción del potencial de ahorro que se obtendría con un cambio de tecnología; El potencial de ahorro se determina por medio del modelamiento y simulación del recinto con el uso de la nueva tecnología seleccionada, en este caso el MULTI V 5. (pág. 2)

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel nacional, la utilización del acondicionamiento de aire representa el consumo total de energía eléctrica en el sector terciario. Sin embargo, se descubre que las tecnologías de climatización representan un alto porcentaje del consumo de energía eléctrica en la mayoría de los subsectores para este caso en el sector hotelero.

El no realizar un buen manejo de la energía traería consecuencias tremendamente graves tanto en la parte ambiental como económica. En estos casos se requiere por hacer un buen uso de la energía, el hacer un uso eficiente de la energía eléctrica que tiene un peso muy considerable por la gran problemática energética que se vive en estos últimos años esto hace que el costo de manufactura de la energía eléctrica sea demasiado elevado para el consumidor final, como industrias, como hogares, comercios, servicios.

La energía eléctrica la utilizamos todos los días, a partir desde que nos levantamos incluso hasta que descansamos y pocos pensamos en cómo administrar esta fuente no exclusivamente para ahorrar dinero, sino para ayudar también a nuestro medio ambiente y debemos tener claro que nuestro ambiente es la que se ve perjudicada con nuestros derroches energéticos.

El subsector hotelero se caracteriza por contener altos consumos de energía eléctrica cuando se refiere a sistemas de aire acondicionado, en esta utilización, se presentan los resultados consolidados de los consumos y usos inadecuados. Por ello se pone en evidencia que se requieren procedimientos que contribuyan a reducir el consumo energético.

1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Se busca conocer los dos tipos de aire acondicionado en aspectos técnicos, se realizará el análisis de dos tecnologías diferentes de climatización, donde nuestro recurso será el ahorro de consumo eléctrico obtenido gracias a simulaciones MULTI V inverter. Por tanto, estas herramientas permitirán determinar una relación entre beneficios económicos y confort.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Teórica: Está determinada como una propuesta tecnológica que quisiéramos ejecutar en base a la diferencia de los dos tipos de tecnologías.

Se aplicará algunos conocimientos técnicos y cálculos de diseño, cargas térmicas y consumo eléctrico para dar fin a lo planteado. (BARROS-ALVAREZ, y otros, 2017 Pág 2)

1.3.2. Temporal: Comprende el período de: setiembre a noviembre 2019.

1.3.3. Espacial: Se realizará las recopilaciones de datos para el monitoreo eléctrico en las instalaciones del aire acondicionado del HOTEL ORQUIDEAS en San Isidro-Lima.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cómo realizar el análisis técnico económico entre el uso de un sistema de aire acondicionado tipo constante versus el uso del sistema tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019?

1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

¿Cuál será la metodología comparativa para realizar el análisis y selección del uso de los sistemas de aire acondicionado, así lograr implementar los sistemas de aire

acondicionado tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019?

¿Qué herramientas utilizar para obtener datos e información del nuevo diseño de instalación y lograr implementar los sistemas de aire acondicionado tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019?

¿Cómo se realizará el análisis técnico económico en las instalaciones para el hotel con el fin de lograr implementar los sistemas de aire acondicionado del tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Se realizará el análisis técnico económico entre dos tipos de sistemas de aire acondicionado y lograr evaluar la inversión del proyecto del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Evaluar los conocimientos técnicos necesarios del uso de los dos tipos de sistemas de aire acondicionado y lograr implementar los sistemas de aire acondicionado del tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019.

Se logrará realizar una modificación del diseño existente a uno nuevo, usando un software donde el cálculo será con la misma capacidad térmica, así obtener dato de equipos del nuevo diseño de instalación y de esa forma lograr implementar los sistemas de aire acondicionado del tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019.

Se realizará un modelamiento basado en hojas de cálculo, en dónde podremos obtener el análisis técnico económico de los consumos de energía y también la inversión del proyecto del hotel con el fin de lograr implementar los sistemas de aire acondicionado del tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS - LIMA; 2019.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

A lo largo de esta investigación se logró encontrar varias tesis, artículos y trabajos que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas tenemos:

2.2.1 Antecedentes Nacionales

(Cabrera Correa, 2019). En su tesis titulada: *“Propuesta de ahorro de energía para optimizar el consumo eléctrico en iluminación y aire acondicionado, hospital Naylamp i, Chiclayo 2016”*. Los autores concluyeron lo siguiente:

Los métodos planteados y el uso de la tecnología aplicada permitirán incitar a los usuarios el aprovechamiento de la energía de forma apropiada y eficaz sin dejar de lado la calidad de vida del beneficiario reduciendo de tal modo los gastos y colaborando a proteger los bienes y recursos energéticos.

La disminución de energía en los equipos de luminaria es de 45% y en acondicionamiento de aire es de 42% según lo estudiado es muy confortador si se trata de ahorro.

Lo invertido en métodos tecnológicos es de S/316,838.51 soles y el ahorro económico alcanzado es de S/ 92,703.27 soles al año, recuperándose en 5 años lo invertido, de este modo se cumple con el ahorro deseado en teleconferencias, telemedicina, clases virtuales, streaming, etc. en dicho distrito.

(Fiestas Farfan, 2011). En su tesis titulada: *“Ahorro energético en el sistema eléctrico de la universidad de Piura – campus Piura”*. El autor concluyó lo siguiente:

El ahorro energético es un tema que cualquier ingeniero proyectista, como de mantenimiento o de operaciones, teniendo en cuenta para su diseño, un plan de mantenimiento o de programación de trabajos.

Utilizando el ingenio se puede economizar o ahorrar dinero mediante la gestión de las cargas dentro de un sistema de utilización.

La única manera que se puede ahorrar energía de manera Cte a lo largo del tiempo es el mejoramiento del rendimiento eléctrico de las instalaciones y de las cargas, sin embargo, esto perpetuamente traerá consigo una inversión económica que se puede estudiar.

El manipular equipos modernos garantiza trabajar con equipos de una eficiencia elevada ya que actualmente la tendencia que se tiene en el mundo es trabajar.

(Sanchez Cabezas Sthidf, 2017). En su tesis titulada: *"Diseño de un sistema de aire acondicionado con volumen de refrigerante variable de 1140 m² para el ahorro de energía eléctrica de Sunat de villa el salvador."* El autor concluyo lo siguiente:

El sistema de aire acondicionado con volumen de refrigerante variable de 1140 m² se diseñó bajo las condiciones exteriores máximas de forma que asegure el confort humano. El uso de un sistema que trabaja a carga parcial principalmente garantiza que el consumo de energía se adapte a las condiciones de requeridas por el usuario generando así un ahorro energético.

Se logró determinar el calor sensible y latente en los ambientes administrativos y de atención al público de la SUNAT con los planos de arquitectura y la ubicación geográfica del inmueble y así obtener la carga térmica que emite cada ambiente. Es importante resaltar que la carga térmica obtenida no es exacta, sin embargo, los criterios tomados para este cálculo hicieron que el error sea mínimo.

En concordancia de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador quien en su investigación cito que el consumo energético por un sistema VRV en un año es prácticamente la mitad del consumo de energía ante un sistema central, para esta investigación se encuentran valores de ahorro energético parecido entre un 40% y 50% de ahorro en consumo energético comparado ante un sistema convencional.

2.2.2 Antecedentes Internacionales.

(Betancur Gomez & Villa Robles, 2014). En su tesis titulada: “*Estudio técnico y de inversión para el montaje del sistema de aire acondicionado del centro de reuniones de la iglesia cristiana cuadrangular central, del municipio de Barrancabermeja, Santander*”. El autor concluyo lo siguiente:

Según la metodología vista de la evaluación de proyectos, para llevar a cabo la evaluación técnica y económica se requiere de conocimientos y elementos de cada uno de los aspectos que conforman los grupos de proceso planteados y demás análisis requeridos por los que el evaluador del proyecto considere pertinentes con el fin de garantizar el éxito del proyecto.

Teniendo en cuenta los altos costos que representa un sistema de aire acondicionado en el período de adquirirlo, se resalta que tan importante es evaluar diferentes alternativas que se ajusten, efectivamente, a las necesidades del proyecto y que permitan disponer ser eficientes en cuanto al mantenimiento y el consumo eléctrico; teniendo en cuenta que por medio de estudios exhaustivos se pueda determinar que el sistema para implementar corresponde de modo óptima y eficaz.

(Bolívar Hernández & Martínez Gómez, 2014). En su tesis titulada: “*Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque G de la universidad autónoma del Caribe*”. El autor concluyo lo siguiente:

En primer término, se supuso un sobre dimensionamiento de los sistemas de aire acondicionado; lo cual queda demostrado con la simulación del comportamiento energético realizando el cálculo de carga térmica del recinto mediante el uso del software Hidrofive del Cype.

Cabe registrar que los equipos estudiados cuentan con tecnologías obsoletas que utilizan gas refrigerante R-22; por esto en este proyecto se está recomendando alternar por equipos que trabajen con el gas refrigerante R410-A que también es amigable con el medio ambiente.

De esta forma, con las recomendaciones se pretende optimizar la eficiencia energética de los equipos, resguardar el medio ambiente y reducir el derroche del consumo económico.

(Davila, Gomez, Pedro, & Carlos, 2004). *“Estudio de factibilidad de cambio de sistema de aire acondicionado, por un sistema de caudal variable de refrigerante”*. El autor concluyó lo siguiente:

En cuanto al sistema existente:

El sistema que está actualmente en funcionamiento no cumple con los requerimientos de acondicionamiento para estas áreas.

Se deben repotenciar las unidades que no están funcionando al 100%.

El sistema no mantiene una rutina de mantenimiento con la finalidad de tener en buen funcionamiento el sistema y alargar su vida útil.

El sistema MULTI V reúne todas las ventajas obtenidas de una Cte., investigación y desarrollo de nuevas soluciones.

Garantiza ahorros de energía de un 30% hasta un 60% en costos de electricidad comparados con los sistemas convencionales de compresor Cte, (chillers y otros sistemas de expansión directa).

Garantiza ahorro hasta un 70% en costos de mantenimiento.

Garantiza ahorro entre un 30% a un 45% en costos de acometidas eléctricas.

A pesar de las ventajas anteriores los precios por toneladas instaladas **NO** son más costosos que los sistemas convencionales de la misma potencia con las mismas características.

Los sistemas vienen diseñados para trabajar con el gas refrigerante ecológico (opcional). Amplia gama de unidades interiores (unidades evaporadoras) que pueden ser útiles de acuerdo con la necesidad como en el diseño: Equipos tipo Split Cassettes de 1, 2 y 4 vías, Pared, tipo Techo, Fan Coils de baja o alta ESP, y consolas de piso con o sin envolvente.

El estudio técnico económico realizado al nuevo sistema MULTI V es factible, ya que se recupera la diferencia en inversión a mediano plazo.

2.2 BASES TEÓRICAS.

2.2.1 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Los sistemas de aire acondicionado se componen de elementos que permiten la refrigeración o enfriamiento de ambientes en las edificaciones de goce público o de viviendas. el aire acondicionado es el proceso termodinámico que enfría, limpia y circula el aire, y además de controlar el contenido de humedad. en situaciones ideales logra todo esto de manera simultánea. (Martinez, 2015,pág 12).

2.2.2 CASOS TIPICOS DE COMODIDAD HUMANA DEL AIRE ACONDICIONADO

- En residencias
- Edificios de oficinas
- Hospitales
- Hoteles
- Bancos
- Restaurantes

- Supermercados
- Iglesias
- Teatros auditorios. (Ceballos Rosado; 2009; Pág.11)

2.2.3 COMO FUNCIONA UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

El aire acondicionado toma aire del interior de un recinto luego recorriendo por tubos de cobre que están a baja temperatura estos están enfriados por intermedio de un líquido haciendo que a la vez se enfríe por medio de la unidad externa, parte donde el aire se devuelve a una temperatura mínimo y una porción sale expulsada por el panel posterior del aparato, el sensor de temperatura está en el panel delantero y cuando pase el aire por este sensor esta calcule la temperatura a la que está el ambiente dentro del recinto, y de esa forma estará regulando que tan frío y que proporción debe trabajar el equipo compresor y el condensador. (Trejo Garcia & Reyes Abundis, 2009,Pág 12)

2.2.4 COMPONENTES DEL EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO.

Los sistemas de aire acondicionado tienen componentes fundamentales, comunes en los diferentes tipos de equipos, y que son los asignados de proporcionar la producción e impulsión del aire frío. Caso común de tener estos componentes cada tipo tiene sus características en específico. Los sistemas de aire acondicionado constan de 4 elementos principales básicos. (Colocho Lopez, Daza Jimenez, & Guzman Alvarez, 2011,Pág 32.)

Sus 4 elementos principales son:

- El Compresor.
- El Condensador.
- El Evaporador.
- EEV.

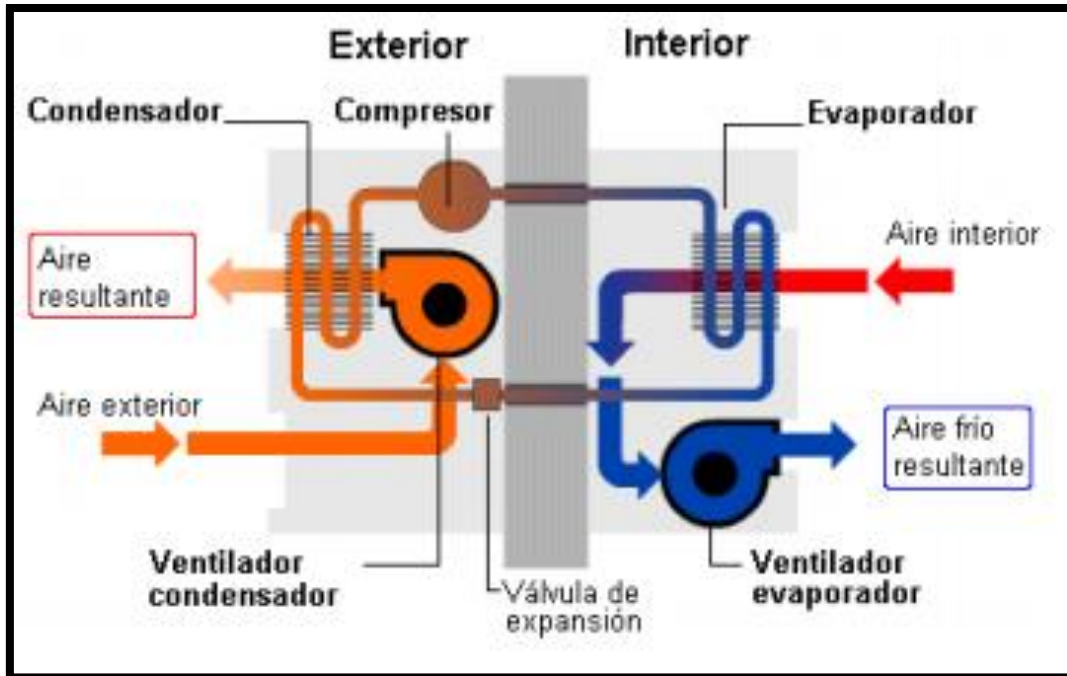


FIGURA 1: Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.

Fuente: Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura; 2011; pág. 32

2.2.5 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

2.2.5.1 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE COMPRESOR CONSTANTE.

Tipo paquete: El más conocido es del tipo ventana, aire acondicionado que tiene forma cubica que contiene todas las 4 partes funcionales en un sistema de AA. En su instalación solamente debe realizarse un boquete a la pared para que pueda sobresalir una mitad del aparato en la parte externa y la otra mitad en el interior a climatizar. Se trata de equipos que se utilizaban hace algunos años y que actualmente ya están quedando en desuso.

Ventajas: Bajo valor de montaje, cómodo y fácil mantenimiento.

Inconvenientes: Suelen gastar más de energía eléctrica por el tipo de compresor en este caso el on off o constante.

Por lo general, son bastante ruidosos y en algunos lugares casi no se permiten al tener que hacer un gran aislador acústico en la pared del edificio.(elaireacondicionado.com, 2019, parr. 1)



FIGURA 2: Diagrama de un equipo tipo ventana

Fuente: [https://elaireacondicionado.com/://www.](https://elaireacondicionado.com/)

Tipo Split:

Las unidades tipo Split están divididas en dos partes: una unidad montada en el exterior y otra en el interior.

La unidad exterior está compuesta por compresor, condensador, ventilador para la refrigeración del condensador y el dispositivo de expansión.

La unidad interior lleva filtro de aire, evaporador (serpentín de refrigeración) y ventilador. Ambas, se vinculan por cañerías que conducen fluido refrigerante, además de las correspondientes conexiones eléctricas. La unidad exterior debe ser instalada de tal manera que pueda estar debidamente ventilada, ya que el condensador es enfriado por aire. En algunos casos, al no preverse en el proyecto de arquitectura el lugar de ubicación, estas unidades aparecen en balcones, voladizos o en la fachada

misma del edificio, lo cual va en contra de su estética. (Arq. Jorge M. Mas, 2011, pág. 8)

Las unidades separadas tienen el compresor y el condensador fuera del ambiente, por lo que las unidades interiores son más silenciosas que las unidades de tipo ventana. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el ruido que realizan los primeros, lo hacen en el exterior. (pág. 8)

Ventajas

Brindan bajo costo de instalación, ya que no requieren de grandes espacios para las salas de máquinas, o instalaciones especiales. (pág. 8)

Independizan distintos sectores (en caso de que se ubique un equipo en cada uno de los locales o sectores del edificio).

Bajo nivel de ruido en el interior del local en el caso de las unidades interiores. (pág. 8)

Desventajas

Aire de impulsión con alcance reducido. Poca satisfacción de los requisitos térmicos. No incorporan aire exterior al local, solo trabajan con aire de recirculación. (pág. 8)

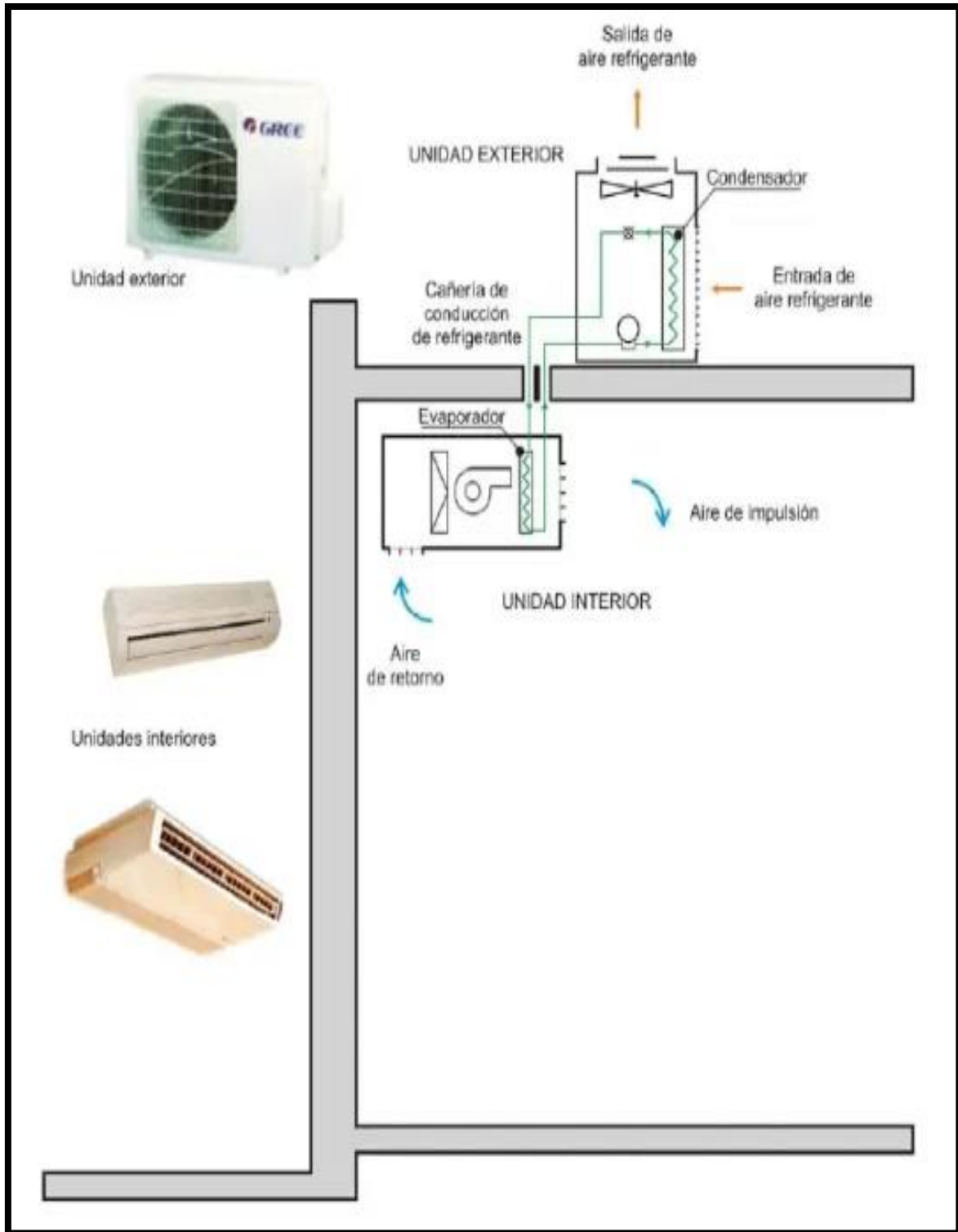


FIGURA 3: Diagrama de un equipo tipo Split

Fuente: (Arq. Jorge M. Mas, 2011, pág. 8)

2.2.5.2 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO MULTI V (VRV - VRF)

El vocablo MULTI V exacto sería “caudal de refrigerante variable”. Son sistemas de aire acondicionado cuyo trabajo es semejante al de un sistema **FRÍO SOLO, HEAT PUMP Y HEAT RECOVERY**, solo que se ajustan al criterio del ingeniero proyectista en el diseño, que explicaremos más adelante. Los sistemas MULTI V tienen la capacidad de poder transformar el caudal de refrigerante aportado a los intercambiadores de evaporación - condensación, controlando así más eficazmente las circunstancias de temperatura de los ambientes a climatizar. (Jañez, 2014, Pág 25.)

Los sistemas MULTI V 5 de acondicionamiento de aire han resultado de la evolución de los sistemas “Multi Split” que son sistemas de bomba térmica reversible que permiten conectar varias unidades interiores con una sola unidad exterior a través de dos y hasta tres tuberías de cobre por donde circula el fluido refrigerante pero la desventaja es que tienen compresores no inverter o constantes. (pág. 25)



FIGURA 4: Diagrama de un equipo tipo Multi V

Fuente: (LG HVAC SOLUTION, pág. 17)

Todo sistema MULTI V 5 Proporciona alta eficiencia con baja vibración y bajo nivel de ruido Seis válvulas de derivación. Prevenga el daño del compresor debido a un

exceso de refrigerante comprimido de manera más eficiente que 4 válvulas de derivación.

I. Inyección de vapor

Maximice la capacidad de calentamiento mediante la compresión en dos etapas

II. Cojinete mejorado con material PEEK

Sistema recientemente inventado motivado por PEEK (polieteretercetona) que se utiliza para motores aeronáuticos para aumentar el rango de operación y la durabilidad

III. Amplio rango de operación de 10 a 165Hz

Eficiencia de carga mejorada en todos los rangos de operación

IV. HiPORTM (retorno de aceite a alta presión)

Resolver la pérdida de eficiencia del compresor causada por el retorno de aceite

V. Gestión Inteligente del aceite

Detección de nivel de aceite en tiempo real. (ELECTRONICS, 2017, Pág 16)

De esa forma el compresor podrá trabajar a menor o mayor provecho de rendimiento dependiendo de los datos de recibidos del sistema de control central local (termostatos). Cuando el compresor trabaja en su mínima potencia esta suministra un caudal de refrigerante menor hacia el evaporador/condensador, disminuyendo el total de calor absorbido/cedido a la habitación. Así el control de temperatura del recinto es considerablemente más justo y preciso. Este control frecuencial del compresor disminuye los paros y puestas en funcionamiento de su marcha que son motivo de desgaste del mismo compresor. (ELECTRONICS, 2017, Pág 16)

Con este sistema se consigue beneficiar de una autonomía climática en cada ambiente climatizado. Cada evaporador o unidad interior podrá trabajar de forma autónoma o independiente de las demás, solicitando la cantidad necesaria de refrigerante que se necesite. por tanto, la EEV o válvula de expansión electrónica

dejará recorrer la cantidad adecuada de gas refrigerante que deberá entrar en la batería. (pág. 16)

Con el sistema MULTI V 5 proporcionar condiciones climáticas más preciso.

Por eso se entiende que Los compresores de los sistemas de acondicionamiento de aire convencionales son regulados por una acción todo-nada, es decir, el compresor se pone en trabajo cuando el termostato percibe una temperatura menor a la de su punto de consigna programado en el termostato y se detiene cuándo se detecta una temperatura mayor. En cambio, en los sistemas MULTI V 5 la regulación de la temperatura es proporcionado. La cantidad de fluido refrigerante bombeado a las baterías aumenta o disminuye proporcionalmente a la proximidad de la temperatura del recinto con respecto a la programación realizada en el termostato. (pág. 16)

Sistema MULTI V con recuperación de calor

El concepto de la recuperación de calor consiste en intentar aprovechar las pérdidas energéticas que se producen en un sistema común de acondicionamiento de aire. La evaporación de fluido refrigerante para enfriar un local conlleva la condensación de este y la consiguiente cesión de calor a otro medio. Este calor de condensación se suele desperdiciar hacia el exterior en sistemas “aire-aire”. La recuperación de calor permite poder aprovechar ese calor y llevarlo hacia otro local donde se precise calefacción. Esto se consigue distribuyendo el fluido refrigerante de manera conveniente. El refrigerante en estado gaseoso que proviene de las unidades evaporadoras se llevará hacia las unidades solicitadas de calefacción, produciéndose allí la condensación del gas. Seguidamente el líquido condensado volverá a las unidades evaporadoras. (Iván Gas Fort & Jordi Dosta Parcerisa, 2002)

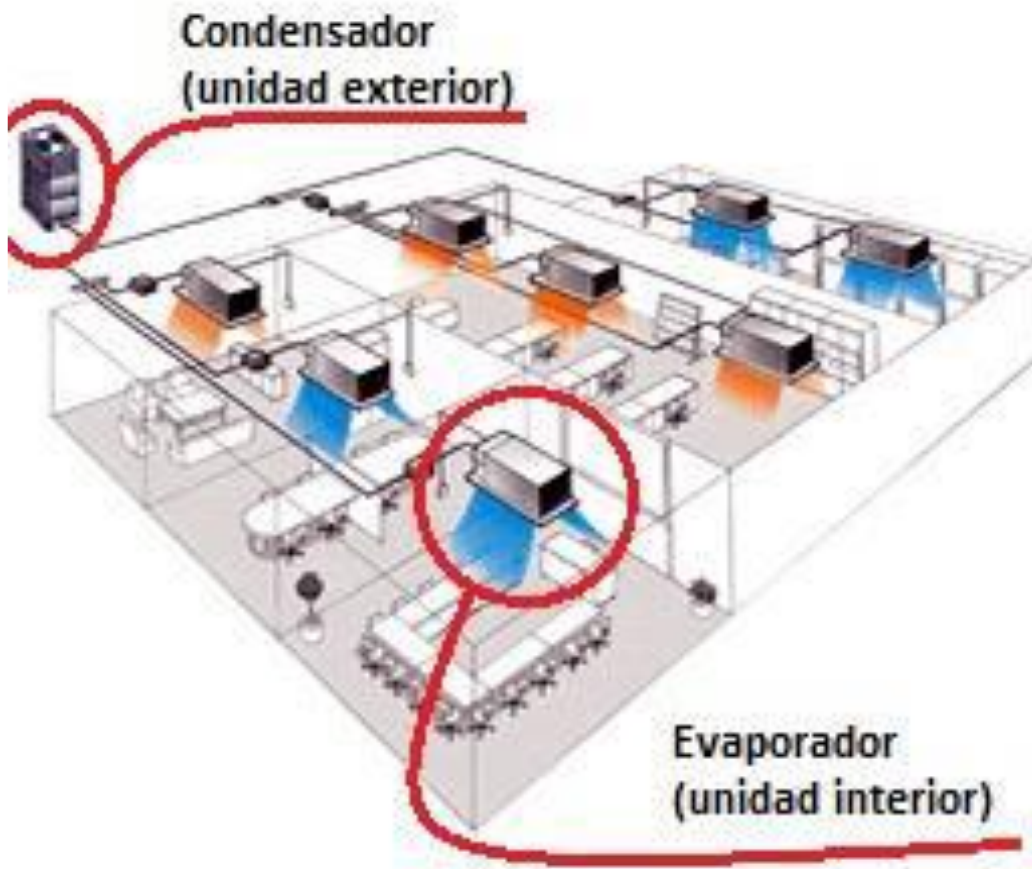


FIGURA 5: Esquema de un sistema VRV con recuperación de calor.

Fuente: (Jañez, pág. 27)

Esta comercialización ingeniosa del gas refrigerante se consigue gracias a un sistema de control electrónico sofisticado. Las patentes de los sistemas MULTI V o VRF pertenecen a empresas multinacionales que han asociado sus avances en material electrónico y de controles a estos sistemas de acondicionamiento de aire. En asimilación a la relativa sencillez del dispositivo frigorífico de estos sistemas, el componente electrónico y de control aplicado es realmente complejo. (pág. 27)

2.2.6 DIFERENCIA DE LOS SISTEMAS DE AA TIPO CONSTANTE CON LOS TIPO MUTI V 5 (INVERTER)

2.2.6.1 Aires acondicionados de eficiencia estándar vs alta eficiencia inverter.

La alta eficiencia en Aires Acondicionado viene definida hoy en día por dos factores importantes a tener en cuenta al momento de elegirlos: el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y el EER (Energy Efficiency Ratio). Ambos factores se encargan de medir que tan bien las unidades de aire enfrían el área destinada y la cantidad de energía necesaria para este propósito (PG.& E, 2006).(Bravo & Cano, 2017, Pág. 64).

2.2.6.2 Relación de SEER con EER y COP General para ambas tecnologías

El SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) viene a suplantar a una descripción previa como es el EER (Energy Efficiency Ratio), que se considera en la actualmente inferiormente completa y estricta que la primera. En el caso de los aparatos de aire acondicionado con bomba de calor, se empleaba el coeficiente de rendimiento COP (Coefficient Of Performance), como sucede en el caso anterior, se cambiará por otro más exacto: el Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP), como se mencionaba anteriormente por efectos de uso este último no se tomará en cuenta como objeto del presente estudio. (Bravo & Cano, pág. 67)

El SEER viene descrito en las etiquetas de los aparatos, por lo que resulta considerablemente más simple estimar el nivel de eficiencia energética del aire acondicionado. Para establecerlo, se divide la productividad de energía de enfriamiento durante su uso anual establecido entre el ingreso de energía eléctrica total en vatios-horas durante el igual periodo. La gran ventaja es que de confiarnos del SEER y no del EER para averiguar la verdadera eficiencia energética de nuestro aparato de aire acondicionado, es que en el final de los casos se medía la KW del artefacto a plena carga, es decir, enfriando al máximo de su potencial, mientras que con el SEER se mide con cargas parciales (100%, 75%, 48%, 22%) que realmente, se acomoda más al uso que le podemos dar en nuestro caso a los recintos o nuestra propia casa; cuanto más grande sea el SEER, más eficiente será el equipo que vayamos a comprar, pero también su costo será más elevado. (Bravo & Cano, pág. 67)

2.2.6.3 Descripción de funcionamiento de un Motor Inverter de Aire Acondicionado.

Este puede trabajar de forma similar a un motor de tres fases CC sin escobillas (BLDC) el cual requiere administración electrónica para funcionar ya que necesita un microcontrolador, que utiliza una entrada de sensores que indican la posición del rotor, para energizar las bobinas del estator en el momento correcto. El tiempo adecuado permite un control preciso de velocidad y torsión, así como garantiza que el motor funcione con el pico de eficiencia. Un motor BLDC se conoce por ser «sincrónico» porque el campo magnético generado por el estator y el rotor giran a la misma frecuencia. Un beneficio de este arreglo es que los motores BLDC no ejercen el «deslizamiento» típico de los motores de inducción, también cuentan con respuesta dinámica más rápida, operación sin ruido y mayores rangos de velocidad. El estator del motor BLDC compromete las láminas de acero, con ranuras axiales para alojar la misma cantidad de bobinados en la periferia interna, si bien el estator del motor BLDC se asemeja a un motor de inducción, el bobinado se distribuye de manera diferente. El rotor está construido de imanes permanentes con pares de polo N-S de dos a ocho. (Bravo & Cano, pág. 70)

La mayor cantidad de pares de imanes aumentan la torsión y disminuyen el denominado rizado de torsión, que equilibra la potencia que llega del motor. Tradicionalmente, los imanes de ferrita se utilizaron como imanes permanentes, pero las unidades actuales tienden a usar imanes de tierra rara. Si bien estos imanes son más costosos, generan mayor densidad de flujo, permitiendo que el rotor sea más pequeño para un par de torsión dado. El uso de estos imanes poderosos es un motivo clave por el que los motores BLDC ofrecen mayor potencia que el motor CC de escobilla del mismo tamaño. (pág. 70)

Tabla 1: Descripción de funcionamiento de un motor inverter de aire acondicionado.

Características de Funcionamiento	INVERTER Eficiencia 16	NO INVERTER Eficiencia 10
Temperatura de Confort programada	Optima y Constante	Cambios bruscos en la temperatura siempre mayores o menores a la programada
Tiempos de funcionamiento del compresor	Constante, desacelerando el compresor cuando ya no se requiere su potencia térmica neta y acelerando cuando esta lo demande, velocidad variable	Apagados y encendidos constantes, provocando picos de consumos al arranque, reduciendo la vida útil de la máquina, velocidad fija
Tipo de refrigerante que utiliza	Amigable con el medio ambiente R-410a	Perjudicial para el medio ambiente R-22
Volumen de flujo de refrigerante	Variable	Fijo
Costo de operación en C\$/h	14.8826	23.8122
EER	14	8.75

Fuente: (Bravo & Cano, pág. 71)

2.2.7 GASES REFRIGERANTES

De forma general el gas refrigerante es cualquier cuerpo o substancia que actúe como causante del enfriamiento, absorbiendo calor de un cuerpo ajeno o substancia. A partir del punto de vista de la refrigeración por compresión mecánica, se puede determinar el refrigerante como el canal para el transporte del calor desde donde lo absorbe al evaporarse, a bajas temperaturas y presiones, incluso donde lo desprende al condensarse a temperatura y presiones altas. (Monroy, 2012, pág 39)

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración. Cualquier substancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede trabajar como gas refrigerante, en función o condición del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, tendrá una aplicación aprovechable comercialmente. (pág. 39)

2.2.8 TIPOS DE REFRIGERANTE.

2.2.8.1 Refrigerante R-22.

El difluorclorometano se relaciona íntimamente del grupo de los HCFCs. Tiene un bajo potencial de debilitación de la capa de ozono y un potencial de calentamiento global no muy alto, es decir las características ecológicas del R-22 son mejores que las del R-12 o del R502. Es un refrigerante claro con un poco olor a cloroformo, y es más venenoso que el R-12, no presenta combustión ni explosión en atmósfera de oxígeno. La refrigeración industrial produce aceites de alta calidad para el R-22. A temperaturas más altas que 330°C, el R-22 se descompone en aparición de metales produciendo las mismas sustancias que el R-12. Es poco soluble en agua. La fracción de humedad en él no debe exceder 0,0025%. El coeficiente de transferencia de calor durante la ebullición y condensación es 25% - 30 % más alto que el de R-12. Sin embargo, el R-22 tiene más alta presión de condensación y temperatura de descarga (en máquinas refrigerantes). (CORZANTES, 2009,Pág 47)

La concentración de tolerancia de este refrigerante en el aire es de 3000 mg/m³ bajo exposición de una hora. Este refrigerante es ampliamente usado para obtener temperaturas bajas en dispositivos de refrigeración de compresión, en sistemas de aire acondicionado y en bombas de calentamiento. Por su poder de efectividad R-502 y R-22 son relativamente similares. Los dispositivos refrigerantes que usan R-502 como fluido actuante pueden ser adaptados para usar R-22. Sin embargo, como se estableció arriba, R22 tiene más alta presión de vapor saturado y consecuentemente más alta temperatura de descarga. (pág. 47)

Tabla 2: Código de colores para los balones de algunos refrigerantes comunes.

REFRIGERANTE N°	COLOR
R-11	NARANJA
R-12	BLANCO
R-13	AZUL CLARO / BANDA AZUL OSCURO
R-22	VERDE
R-123	GRIS CLARO (PLATA)
R-134a	AZUL CLARO (CELESTE)
R-401a (MP-39)	ROJO-ROSADO (CORAL)
R-401B (MP-66)	AMARILLO-CAFE (MOSTAZA)
R-402a (HP-80)	CAFE CLARO (ARENA)
R-402B (HP-81)	VERDE ACEITUNA
R-404a (HP-62)	NARANJA
R-407C (AC-9000)	GRIS
R-500	AMARILLO
R-502	MORADO CLARO (ORQUÍDEA)
R-503	AZUL-VERDE (ACQUA)
R-507 (AZ-50)	MARRÓN
R-717	PLATA

Fuente: (SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES, pág. 48); www.ari.org

2.2.8.1 Refrigerante R-410a

El R410A es una mezcla casi azeotrópica compuesta de R-125 y R-32; actualmente se utiliza fundamentalmente en los nuevos equipos de aire acondicionado que van apareciendo en el mercado como sistemas MULTI V. Es un producto químicamente estable, con un bajo deslizamiento (Glide) de temperatura y baja toxicidad. A pesar del carácter inflamable del R-32, la formulación global del producto hace que este no sea inflamable, incluso en caso de fugas. Está clasificado como A1 grupo L1. (SERVEI, 2011, Pág 1)

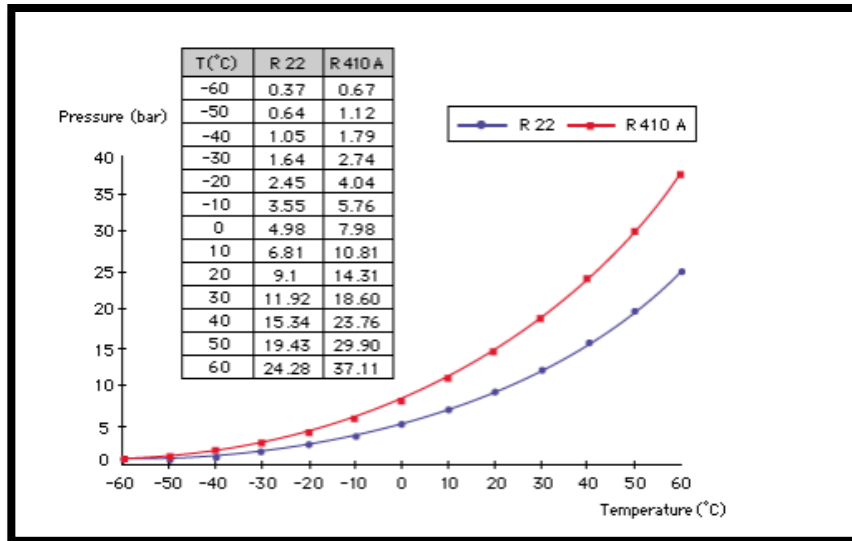


FIGURA 6: Gráfica comparativa temperatura/presión R-22 - R-410a.

Fuente: www.gas-servei.com; (SERVEI, 2011, Pág 1).

2.2.8.3 Refrigerante R-32

El gas refrigerante con cero agotamientos para la capa de ozono y tiene bajo potencial del efecto invernadero o calentamiento atmosférico, utilizado en estado puro en pequeños equipos nuevos de aire acondicionado y refrigeración, así como también ha sido comúnmente utilizado componente en distintas mezclas HFC. El R-32 es adecuado para nuevos equipos especialmente diseñados para R-32, en aplicaciones que normalmente habrían utilizado R410A. Dispone de un PCA (GWP) de 675, el cual está dentro de los límites aceptados para gases refrigerantes utilizados en equipos nuevos (Split) con una carga inferior a 3 kg puestos en el mercado a partir del 1/01/2025 según el reglamento Europeo CE N°517-2014. Algunas de sus características son:

Es un refrigerante más eficiente energéticamente que el R-410A y con PCA (GWP) de 675, 68% inferior al R410A.

Su capacidad de refrigeración es similar al R-22 y R-502. El equipo precisa un 30% menos de carga de refrigerante en comparación al R-410A. Mismas tuberías y lubricantes (POE) que el R-410A.

Clasificación de seguridad: A2L, de baja toxicidad e inflamabilidad. (Ficha técnica R-32, Pág 1)

Tabla 3: Propiedades físicas R-32.

PROPIEDADES FÍSICAS		R-32
Fórmula		CH ₂ F ₂
Peso molecular		52.024
Densidad del líquido (25 °C)	Kg/l	0.9588
Punto de ebullición (1atm)	°C	-51.7
Viscosidad del líquido (20 °C)	cP	0.121
Viscosidad del vapor (20 °C)	cP	0.01238
Tensión superficial (20 °C)	mN/m	7.0
Presión del vapor (25 °C)	bar	16,897
Calor específico del líquido (25 °C)	kJ/kg.K	1.884
Calor específico del vapor (25 °C)	kJ/kg.K	0.82633
Punto de congelación	°C	-136
Temperatura crítica	°C	78,35
Presión crítica	bar	58.16
Densidad crítica	Kg/l	0.429756
Calor de vaporización a punto de ebullición (25 °C)	kJ/kg	270.22
Densidad del vapor (Air=1)		1,86
Presión de vapor a 20°C	mmHg	10319
Densidad del vapor a 20°C	g/ml	0.98
Limites de inflamación (Alto)	% v/v	31.0 ASTM 681-85
Limites de inflamación (Bajo)	% v/v	14.0 ASTM 681-85
Solubilidad del R-32 en agua a 25°C	log	0.21
COP		95
Inflamabilidad		A2L
ODP		0
PCA (GWP)		675
Toxicidad		No

Fuente: www.gas-servei.com; (Ficha técnica R- 32, pág. 3)

Tabla 4: Designación numérica de los principales refrigerantes

Refr. N°	NOMBRE QUÍMICO	FORMULA QUÍMICA
Serie Metano		
10	Tetraclorometano (Tetracloruro de carbono)	CCl ₄
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃
20	Triclorometano (cloroformo)	CHCl ₃
21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂
23	Trifluorometano	CHF ₃
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH ₃ Cl
50	Metano	CH ₄
Serie Etano		
110	Hexacloroetano	CCl ₃ CCl ₃
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F
150a	1,1-Dicloroetano	CH ₃ CHCl ₂
152a	1,1-Difluoroetano	CH ₃ CHF ₂
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH ₃ CH ₂ Cl
170	Etano	CH ₃ CH ₃
Hidrocarburos		
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
600a	2-Metilpropano (isobutano)	CH(CH ₃) ₃
Compuestos Inorgánicos		
702	Hidrógeno	H ₂
704	Helio	He
717	Amoniaco	NH ₃
718	Agua	H ₂ O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N ₂
732	Oxígeno	O ₂
744	Dióxido de Carbono	CO ₂
764	Dióxido de Azufre	SO ₂
Mezclas Zeotrópicas		
400	R-12/114 (60/40)	
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
407B	R-32/125/134a (10/70/20)	
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
410A	R-32/125 (50/50)	
Mezclas Azeotrópicas		
500	R-12/152a (73.8/26.2)	
502	R-22/115 (48.8/51.2)	
503	R-223/13 (40.1/59.9)	
507	R-125/143a (50/50)	

*Los números entre paréntesis indican el porcentaje de cada componente de la mezcla.

Fuente: (Monroy, pág. 78)

2.3. Definición de términos básicos.

AIRE ACONDICIONADO: Un aire acondicionado es aquel aparato que procesa el aire ambiente, enfriándolo, limpiándolo y controlando de manera simultánea la humedad del mismo al momento de salir. El aire acondicionado, puede ser considerado como refrigeración de confort en el hogar u oficina, ya que hay otro tipo de refrigeración la cual se considera industrial. (Aire acondicionado)

BOMBA CALOR: Una bomba de calor es, a grandes rasgos, una máquina que se basa en un ciclo de refrigeración reversible. Este tipo de equipos tienen dos partes fundamentales, el foco caliente y el foco frío. Cuando se aplica energía eléctrica al sistema, uno de los focos aumenta su temperatura (desprende energía) mientras que el otro la disminuye (absorbe energía). (Bomba de calor, 2013)

CONDENSADOR: Un condensador es un intercambiador térmico, en cual se pretende que el fluido refrigerante que lo recorre cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor (García Garrido)

CONSUMO ENERGETICO: El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado. Enfocándonos en los hogares, el consumo energético está integrado por el consumo de energía eléctrica y de gas y esto aplica en los sistemas de AA se concreta en el consumo de productos derivados del petróleo. (Blog de Consumo energetico, 2019)

COMPRESOR: El compresor es el encargado de generar el efecto contrario a la válvula de expansión. Genera una fuerza comprimiendo el gas que llega del evaporador en estado gaseoso. Esta presión aumenta la temperatura del gas que vuelve a su estado líquido y se calienta. (Aire acondicionado, 2019)

EEV: Las válvulas de expansión electrónicas son las únicas que permiten el funcionamiento ideal de la unidad evaporadora, manteniéndolo lleno de líquido y gas

refrigerante, y haciendo que sólo salga el gas sobrecalentado para no ingresar líquido refrigerante al compresor. (Válvulas de Expansión Electrónica EEV)

EVAPORADOR: El evaporador se encuentra en el ambiente interior y es el encargado de realizar el intercambio de calor entre los fluidos refrigerantes. Es en la unidad evaporadora donde se tiene lugar el paso de la energía térmica desde un medio al otro: mientras uno de ellos se enfría, el otro se calienta y se evapora. (Evaporador: Que es y para que sirve).

SOFTWARE LATS HVAC: es un programa integrado de selección de modelos de productos LG HVAC que permite una selección precisa y rápida del mejor modelo adecuado para cada sitio. Además de la selección del modelo, es posible realizar una estimación más rápida del diámetro de la tubería de refrigerante y del refrigerante adicional, junto con la impresión automática de informes. (LG HVAC SOLUTION)

SOFTWARE LATSCAD: Mide automáticamente segmentos de tubería y calcula la carga de refrigerante, mientras que el software de diseño anterior requería que los ingenieros midieran y escribieran manualmente las longitudes de las tuberías, un trabajo largo y tedioso. Esta mejora por sí sola reduce el tiempo de diseño y proporciona grandes ahorros de costos a las empresas que usan el programa, que ahora pueden usar el tiempo de diseño de manera más eficiente. (LG Electronics USA, 2015)

UNIDAD EXTERIOR: La unidad exterior alberga el condensador y el compresor en el que el gas frigorífico o refrigerante pasa de gas a estado líquido. A partir esta unidad se expulsa el aire caliente (del calor que hemos “quitado” del ambiente interno) al ambiente externo. (Aire acondicionado, 2019)

UNIDAD INTERIOR: La unidad interior asimismo llamada Split contiene la unidad evaporadora, donde ocurre el paso de extracción del aire caliente, que brinda su calor al gas refrigerante. Adentro de la unidad interior, hay un aparato ventilador que distribuye el creciente flujo de aire enfriado a la habitación. Esta unidad interior cuenta asimismo con sensores que miden la temperatura conectados al termostato. (Aire acondicionado, 2019)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO INSTALADOS EN EL HOTEL ORQUIDEAS.

3.1.1 Descripción de los diferentes sistemas de climatización.

Se ha realizado la propuesta de venta de equipos MULTI V 5 al HOTEL ORQUIDEAS, con fines a la preventa de estos sistemas se busca demostrar al cliente la comparativa técnica referente al funcionamiento de ambos sistemas de aire acondicionado, los convencionales instalados (compresor contaste) y los sistemas Multi V (compresores y ventiladores inverter).

Se buscará explicar sobre la eficiencia de sus equipos con los productos que actualmente se tiene en nuestro país.

Como se sabe en un hotel en muchos casos por condiciones premium se requiere adecuar los ambientes tanto en verano como en invierno y lo que se busca proporcionar es aire frío o aire caliente, por eso existen varias opciones posibles en el mercado cuando se busca climatizar el aire de un recinto y en este caso para las habitaciones de un hotel,

En este proyecto se dispuso para el hotel, unidades de aire acondicionado del tipo Heat pump Expansión Directa convencional.



FIGURA 7: Unidad exterior convencional con compresor constante del tipo Heat pump con gas refrigerante R-22

Fuente: Elaboración propia



FIGURA 8: Unidad interior de baja estática con gas refrigerante R-22

Fuente: Elaboración propia

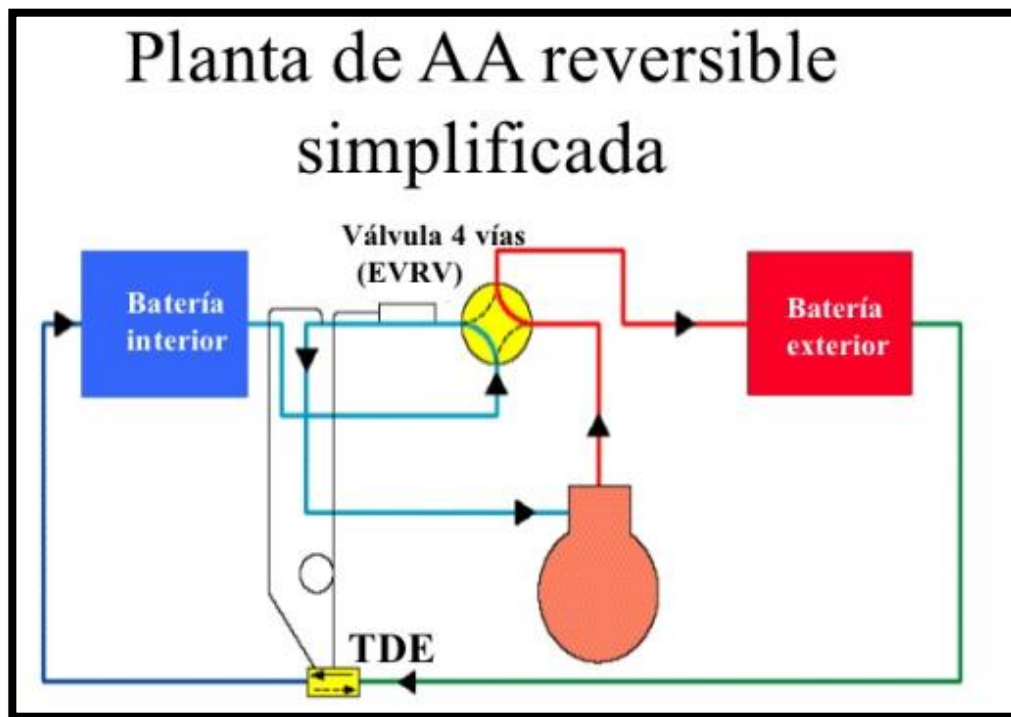


FIGURA 9: Sistema convencional bomba calor en modo refrigeración con su respectiva válvula de 4 vías

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/1130451/> - aplicación típica

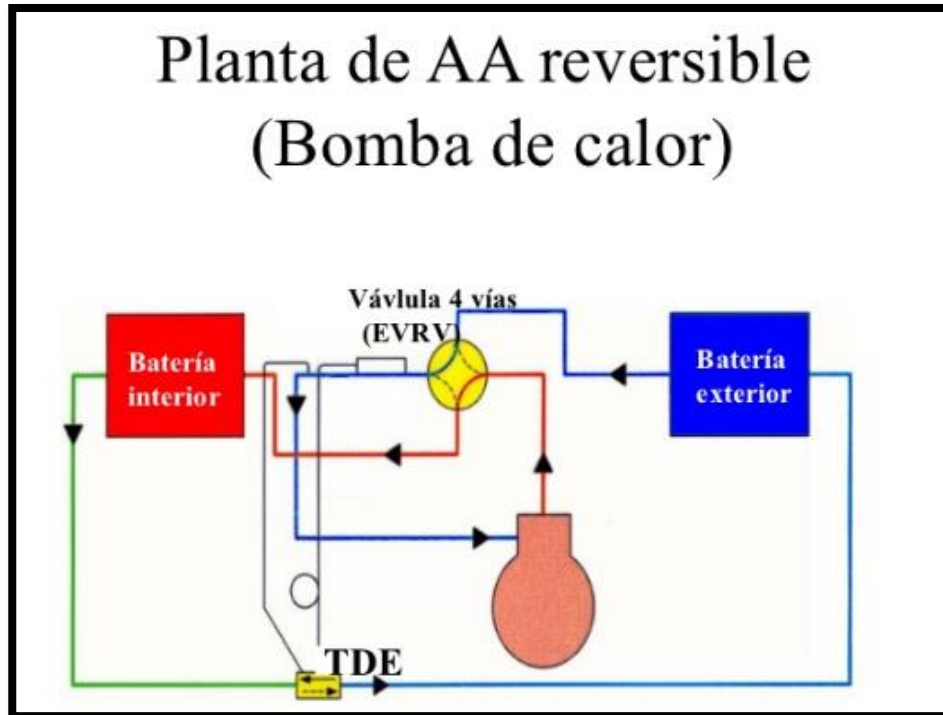


FIGURA 10: Sistema convencional bomba calor en modo calefacción con su respectiva válvula de 4 vías

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/1130451/> - aplicación típica

3.1.2 Explicación del funcionamiento de un sistema expansión directa convencional bomba calor.

El trabajo de un sistema Heat pump viene dado por el período o ciclo de compresión al igual que en el ciclo de enfriamiento, lo diferente al equipo de solo frío con el sistema Heat pump es que en ésta se incorpora una válvula llamada de cuatro vías, para regularizar la dirección del flujo de calor. Es habitual de que el sistema Heat pump se pueda manejar tanto como en calefacción y como en modo enfriamiento y este exige que las baterías interiores y exteriores funcionen como condensador y como evaporador, equitativamente, en régimen de calefacción y como evaporador y condensador en régimen de refrigeración.

3.1.3 Descripción de las Ventajas y desventajas de un sistema expansión directa convencional con equipos MULTI V.

La importante ventaja en los sistemas de expansión directa es el bajo coste inicial del montaje, y estos equipos utilizan pocos componentes electrónicos. Pero si se requiere climatizar grandes espacios como en edificios con salas independientes, se tendrá una unidad exterior, por lo tanto si tenemos decenas de unidades exteriores tendremos un colapso en la azotea y en algunos casos se verían convenientes instalarse en lugares donde visiblemente malogren la estética de la arquitectura, además que nos saldría una suma saturada de tuberías de cobre para transportar el refrigerante por ende también aumentaría la compra de balones de refrigerante, con lo que tendremos un gasto más elevado. El notable obstáculo es el agotamiento eléctrico, esta técnica se regula mediante sus componentes de control presostatos y termostatos donde se tiene un nivel de temperaturas y presiones que hacen que el compresor del tipo invariable se ponga en movimiento y se pare según las necesidades térmicas. Esto se traduce en un ascenso formidable del consumo energético debido a que el compresor es accionado por un motor eléctrico que al arranque genere un pico de consumo de electricidad considerablemente alto, si esto se une a los continuos marcha-paro del motor y que la velocidad de este no es escalable, al concluir el día se habrá consumido grandes cantidades de energía.

Actualmente los sistemas de aire acondicionado del hotel ORQUIDEAS cuentan con el fluido refrigerante R-22 y algunos con R410A actualmente en el mercado nacional como internacional ya se puso escaso por temas de eficiencia y contaminación ambiental, en caso de que se encuentre a la venta estos tendrán valores muy elevados, siendo esto una desventaja.



FIGURA 11: Unidad exterior con compresor convencional del tipo frío o calor r-22

Fuente: (Boletín técnico de eficiencia energética)



FIGURA 12: Unidad exterior con compresor convencional del tipo frío o calor r-22

Fuente: (Boletín técnico de eficiencia energética)

3.1.4 SOLUCIONES MULTI V 5.

El sistema MULTI V 5 es lo mismo que decir VRF o VRV es cuestión al tipo de tecnología que usan las determinadas marcas de aire acondicionado en el mercado nacional o internacional.

Como sabemos según los estándares de calidad en un hotel de 5 estrellas se requieren los servicios PREMIUM por eso le damos a conocer también nuestros sistemas con recuperadores de calor (MULTI V 5 HEAT RECOVERY).



FIGURA 13: Unidad exterior Multi v 5 Heat Recovery con tecnología inverter - r410a

Fuente: (LG HVAC SOLUTION).

3.1.4.1 SISTEMA MULTI V 5 HEAT RECOVERY.

- **Eficiencia máxima.**

Los equipos MULTI V 5 garantizan la mejor eficiencia energética por sus tecnologías y soluciones innovadoras.

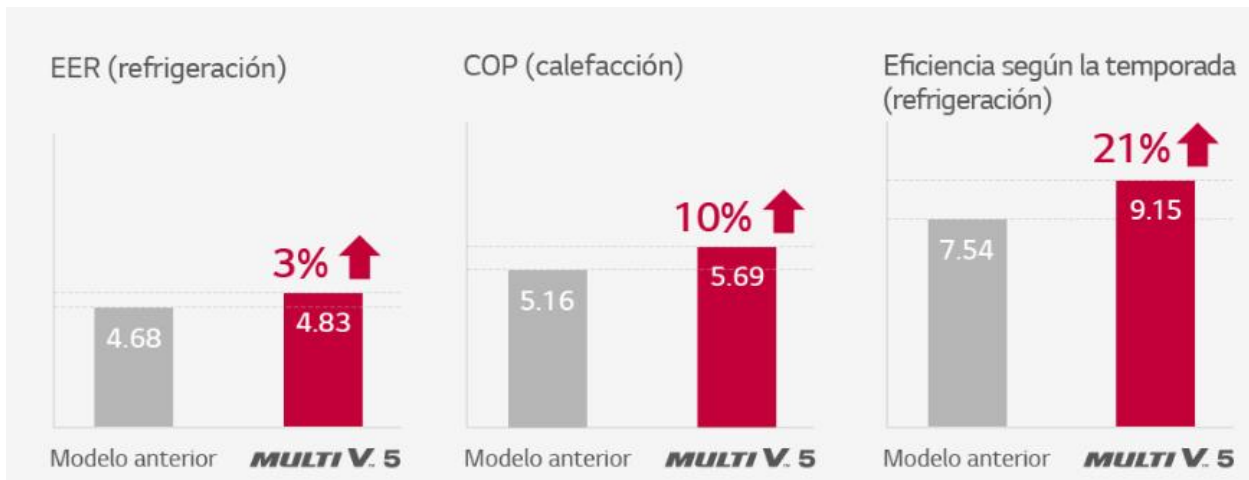


FIGURA 14: Comparativo de eficiencia máxima

Fuente: (LG HVAC SOLUTION) www.lg.com/mx/multi-v-5

- **Control de detección doble.**

El control de detección doble detecta las temperaturas y la humedad para un trabajo económico y funcionamiento placentero.



FIGURA 15: Control de detección doble

Fuente: (LG HVAC SOLUTION) www.lg.com/mx/multi-v-5

- **Compresor Inverter de última generación.**

El compresor con tecnología Inverter de última generación ayuda a optimizar la eficiencia energética y la fiabilidad del compresor.



FIGURA 16: Compresor inverter de última generación

Fuente: (LG HVAC SOLUTION) www.lg.com/mx/multi-v-5

- **Gran capacidad con instalación flexible.**

Con mejoras en las piezas principales, la unidad exterior MULTI V 5 puede suministrar una gran capacidad de hasta 26 HP. Esto permite un uso manejable del espacio al reducir el área de instalación y reducir significativamente el peso total instalado. Se puede realizar combinaciones de hasta cuatro módulos MULTI V 5 de 26 HP C/U

Según la comparativa al modelo anterior que MULTI V IV se redujo:

23% de reducción en espacio de instalación.

15% de reducción en el peso del producto. (LG HVAC SOLUTION)

3.1.2 SOLUCIONES DE CONTROL.

MULTI V 5 ofrece una amplia gama de soluciones de control efectivas que satisfacen las necesidades específicas de cada edificio y su escena de usuario. Estos sistemas de control están equipados con una interfaz amigable para el usuario, un entorno flexible de enclavamiento, administración de energía y un controlador individual inteligente para condiciones de control optimizadas y administración inteligente de edificios.

- AMPLIA GAMA DE TERMOSTATOS.
- AMPLIA GAMA DE CONTACTOS SECOS.
- CONTROL CENTRALIZADO CON PROTOCOLOS INTERNOS DE LG ELECTRONICS
- CONTROL CENTRALIZADO CON PROTOCOLOS BACNET PARA BMS-ACP BACNET
- CONTROL CENTRALIZADO DE ADMINISTRACION DE ENERGIA – PDI
- CONTROL INDIVIDUAL DE ADMINISTRACION REMOTA

3.2 DISEÑO CON EL SOFTWARE LATSCAD MULTI V 5 EN LAS INSTALACIONES DE HOTEL ORQUIDEAS.

Se logrará realizar una modificación del diseño existente a uno nuevo usando un software (LATS CAD) vinculado con el AutoCAD donde se determinará la misma capacidad térmica instalada y lograr implementar los sistemas de aire acondicionado del tipo MULTI V 5 en las instalaciones del HOTEL ORQUIDEAS – LIMA, cuyo diseño estará en los anexos.

Se realizó el inventario de los equipos de aire acondicionado, en este caso son modelos Split del tipo FAN COIL BOMBA CALOR.

Tabla 5: Inventario de los equipos de aire acondicionado hotel Orquídeas San Isidro - lima.

OPCION 1	CANT.
EVAPORADOR EQUIPO 1	78
CONDENSADOR EQUIPO 2	78

Fuente: Elaboración propia

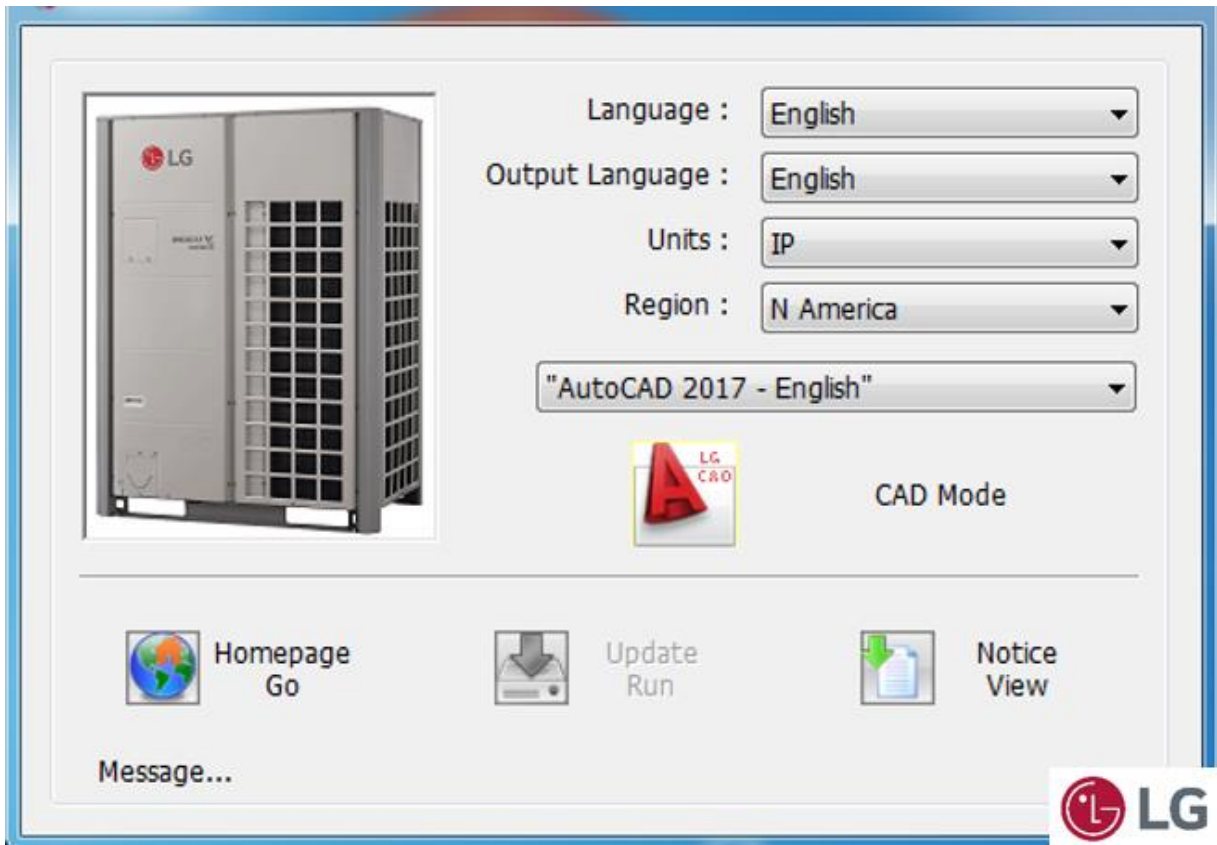


FIGURA 17: Software de diseño multi v – LATS CAD

Fuente: (LG HVAC SOLUTION). LG Electronics usa, inc.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.

Las soluciones técnicas de LG Air Conditioner (LATS) CAD presentan varias herramientas para reducir el tiempo de dibujo y diseño hasta en un 80%.

Para nuestro caso se selecciona una región y nosotros en PERÚ tenemos la región LATAM de Latinoamérica.

Tiene acceso a la línea de productos Multi V y Home Comfort Solutions de LG para usar en su diseño.

Coloque los componentes, haga funcionar las líneas de refrigerante y drenaje, y conecte el cableado de comunicación con facilidad. Los proyectos de varios pisos se pueden diseñar conectando pisos con tubos y tubos de control de cables, y se pueden

crear diagramas de control y tubos isométricos con un clic de un botón y colocarlos en el dibujo.

3.2.2 CONDICIONES PARA EL DISEÑO DE AA DEL HOTEL ORQUIDEAS CON TECNOLOGIA MULTI V

Tabla 6: Condiciones de temperatura para el diseño de los sistemas AA MULTI V 5 del hotel Orquídeas en la Ciudad de Lima

		ENFRIAMIENTO	CALEFACCION
Outdoor	TEMPERATURA DE BULBO SECO [°C]	30.0	14.5
	TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO [°C]	24.4	13.1
	RH [%]	63.5	86.0
Indoor	TEMPERATURA DE BULBO SECO [°C]	23.9	20.0
	TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO [°C]	17.8	13.6
	RH [%]	55.0	50.0

Fuente: Elaboración propia

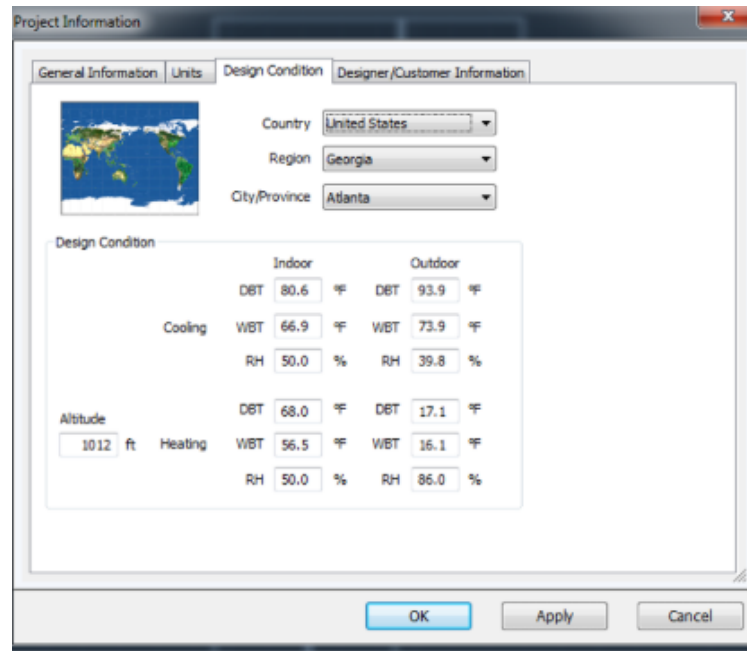


FIGURA 18: Software de diseño multi v – LatsCAD

Fuente: (LG HVAC SOLUTION) . LG ELECTRONICS USA, INC.

3.2.3 RESULTADOS DE DISEÑO

1) INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO

Site Location: Perú – Lima

Tabla 7: CONDICIONES DE DISEÑO REALIZADOS POR EL SOFTWARE LASTCAD

		<i>Cooling</i>	<i>Heating</i>
<i>Outdoor</i>	DB Temp [°C]	30.0	14.5
	WB Temp [°C]	24.4	13.1
	RH [%]	63.5	86.0
<i>Indoor</i>	DB Temp [°C]	23.9	20.0
	WB Temp [°C]	17.8	13.6
	RH [%]	55.0	50.0

Fuente: Elaboración propia - LATSCAD

2) RESUMEN DEL EDIFICIO

Building name: **HOTEL ORQUIDEAS - HEAT RECOVERY**

Building type:

Building description: Total 10FL

Location of equipments: Rooftop Floor

Lo que hace el programa es utilizar la base de datos de toda la gama de equipos MULTI V que tiene el LatsCAD de esta forma ayuda calcular la potencia frigorífica para cada ambiente y esta selección es automática con el diseño CAD y posteriormente debe brindar la ratio de capacidad adecuado de las cargas térmicas totales del local la cantidad de equipos interiores con las unidades exteriores.

El software compila las combinaciones con una ratio de 50% hasta un 130% de capacidad entre unidad exterior y unidad interior.

En las Tablas se demuestran el resumen de equipos que se han seleccionado para los diferentes recintos de todo el hotel con sus potencias frigoríficas para condiciones

extremas de verano e invierno, además de brindarte la combinación por ratio, cantidad de refrigerante adicional.

Tabla 8: Equipos exteriores seleccionando el modelo automáticamente además de la cantidad de unidades interiores, combinación ratio y cantidad de refrigerante.

ODU No.	Model name	Weight [kg]	No. of IDU	Combination ratio [%]	Add. Ref. Amount [kg]
UC-P2-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	7	80.36	9.31
UC-P3-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	9.36
UC-P4-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	8.96
UC-P5-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	9.43
UC-P6-011- 1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	9.05
UC-P7-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	7.4
UC-P8-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	6.93
UC-P9-01-- 1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	6.87
UC-P10-01- -1-1	ARUM140LTE5	237x1	8	91.84	6.76
UC-P1-01-- 1-1	ARUM200BTE5	300x1	7	107.14	14.47

Fuente elaboración propia - LatsCAD

Tabla 9: Equipos exteriores seleccionando potencias frigoríficas.

ODU No.	Rated TC/Corrected TC [kW]		Rated PI/Corrected PI [kW]		Dimensions [mm]
	Cooling	Heating	Cooling	Heating	
UC-P2-01-- 1-1	39.2/27.4	44.1/36.3	8.68/3.85	9.72/5.90	{1240x1690x760}x1
UC-P3-01-- 1-1	39.2/31.4	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P4-01-- 1-1	39.2/31.5	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P5-01-- 1-1	39.2/31.4	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P6-011- 1	39.2/31.5	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P7-01-- 1-1	39.2/31.9	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P8-01-- 1-1	39.2/32.0	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P9-01-- 1-1	39.2/32.0	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P10-01- -1-1	39.2/32.1	44.1/41.1	8.68/5.07	9.72/7.52	{1240x1690x760}x1
UC-P1-01-- 1-1	56.0/52.2	63.0/67.2	11.50/9.20	11.84/11.10	{1240x1690x760}x1

Fuente: Elaboración propia - LatsCAD

Tabla 10: Equipos exteriores seleccionando su MCA, eficiencia energética en Cooling y Heating además de la selección automática de la presión del sonido.

ODU No.	Power Supply [Ø/ V/ Hz]	MCA [A]	Rated COP/ Corrected COP	Rated EER/ Corrected EER	Sound pressure [dB]
UC-P2-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/6.15	4.52/7.12	60
UC-P3-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.19	60
UC-P4-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.21	60
UC-P5-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.20	60
UC-P6-011- 1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.22	60
UC-P7-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.30	60
UC-P8-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.32	60
UC-P9-01-- 1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.32	60
UC-P10-01- -1-1	3/380- 415/50,3/380/60	25.5	4.54/5.47	4.52/6.33	60
UC-P1-01-- 1-1	3/220- 240/50,3/220/60	71.4	5.32/6.06	4.87/5.67	62

Fuente: Elaboración propia – LatsCAD

3.2.4 SELECCIÓN DE LÍNEAS FRIGORÍFICAS

Según el diseño realizado hay 10 sistemas MULTI V 5, pues solo se tomará como muestra el sistema del piso 2, en el ANEXO 1 los demás árboles del sistema, donde el software nos indica las dimensiones de las tuberías, distancias mínimas y máximas del sistema UC-P2-01-1-1.

Tabla 11: Sistema uc-p2-01-1-1 donde el LatsCAD determina las longitudes máximas y mínimas de instalación

ODU No. UC-P2-01-1-1

Items	Limited value	Current level
Total pipe length	1000 m	98.2 m
Longest equivalent pipe length	175 m	72.1 m : ARNU15GL2G4[i2]
Longest top pipe length after first branch	40 m	29.0 m : ARNU15GL2G4[i2]
Difference in height (Above : indoor, Below : outdoor)	110 m	
Difference in height (Above : outdoor, Below : indoor)	110 m	28.5 m : ARNU15GL2G4[i7]
Difference in height (indoor - indoor)	40 m	0.0 m : ARNU15GL2G4[i1]- ARNU15GL2G4[i1]
Longest real pipe length	150 m	64.6 m : ARNU15GL2G4[i2]
Height difference between HR unit and HR unit (within same branch)	30 m	0.0 m
Height difference between HR unit and HR unit (serial connection)	5 m	0.0 m
Height difference between Indoor Unit and HR unit	15 m	0.5 m

Fuente: Elaboración propia – LatsCAD

3.2.5 ÁRBOL DEL SISTEMA.

Del mismo modo se tomará un árbol de los 10 sistemas realizados por el software LATSCAD.

Tenemos el árbol donde está distribuido según las dimensiones a escala del proyecto CAD según su arquitectura, con esto nosotros tenemos las distancias de tuberías, modelo de equipos, caja recuperadora adecuada, cantidad de refrigerante, diseño final CAD que se verá plasmado en el anexo 1 con su respectivo reporte.

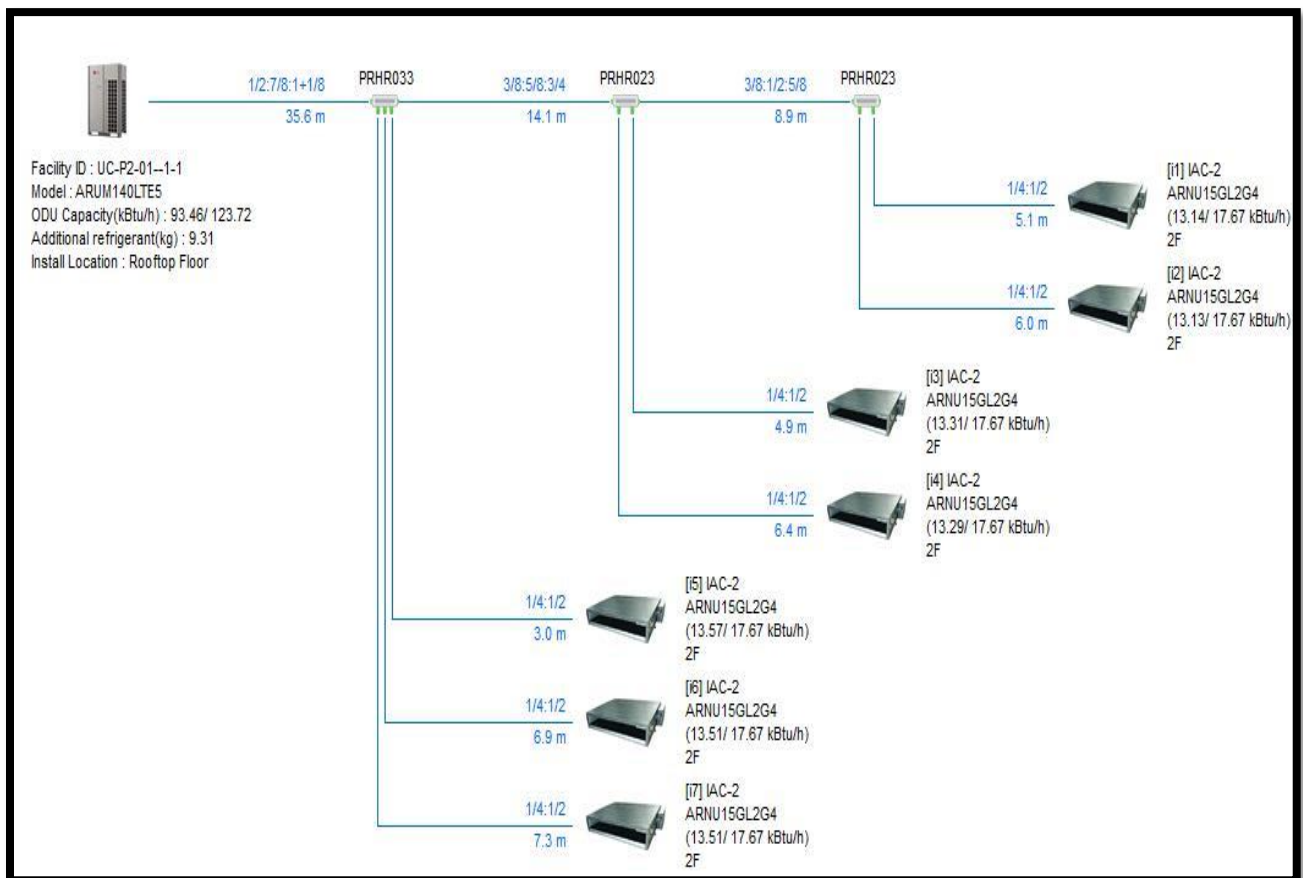


FIGURA 19: Árbol del sistema uc-p2-01-1-1 realizado por el LatsCAD

Fuente: Elaboración propia - LatsCAD

3.3 PRESUPUESTO.

Para esta simulación es necesario tener lo presupuestos y valoraciones de los equipos MULTI V, accesorios, traslados, mano de obra y otros de los precios reflejados en la tabla son sin I.G.V.

3.3.1. OUTDOOR UNITS

MODEL NAME	DESCRIPTION	QUANTITY	NEW PRICE	TOTAL PRICE
ARUM140LTE5	Unidad condensadora MultiV 5 Black Ocean Fin de 14 HP o 133,770 btu/hr, tipo frio-calor Simultáneo, en 380V / 3 / 60Hz, con gas R410a.	9		
ARUM140LTE5.EWGBLEU	Unidad condensadora MultiV 5 Black Ocean Fin de 14 HP o 133,770 btu/hr, tipo frio-calor Simultáneo, en 380V / 3 / 60Hz, con gas R410a.	9	\$ 4,826.73	\$ 43,440.57
ARUM200LTE5	Unidad condensadora MultiV 5 Black Ocean Fin de 20 HP o 191,100 btu/hr, tipo frio-calor Simultáneo, en 380V / 3 / 60Hz, con gas R410a.	1		
ARUM200LTE5.EWGBLEU	Unidad condensadora MultiV 5 Black Ocean Fin de 20 HP o 191,100 btu/hr, tipo frio-calor Simultáneo, en 380V / 3 / 60Hz, con gas R410a.	1	\$ 6,045.60	\$ 6,045.60
TOTAL		10		\$ 49,486.17

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. INDOOR UNITS

MODEL NAME	DESCRIPTION	QUANTITY	NEW PRICE	TOTAL PRICE
ARNU76GB8A4.ANCBLAT	Unidad evaporadora tipo fan coil alta estática de 76,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	1	\$ 1,609.07	\$ 1,609.07

ARNU15GL2G4.ANCBLAT	Unidad evaporadora tipo fan coil baja estática de 15,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	67	\$ 451.93	\$ 30,279.31
ARNU18GL2G4.ANCBLAT	Unidad evaporadora tipo fan coil baja estática de 18,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	1	\$ 481.86	\$ 481.86
ARNU24GL3G4.ANCBLAT	Unidad evaporadora tipo fan coil baja estática de 24,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	4	\$ 499.07	\$ 1,996.28
ARNU12GSJN4.AMBBLAT	Unidad evaporadora tipo Pared Estándar Plasma de 12,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	1	\$ 328.44	\$ 328.44
ARNU15GSJN4.AMBBLAT	Unidad evaporadora tipo Pared Estándar Plasma de 15,000 btu/hr, en 220V/1Ø/60Hz	4	\$ 369.14	\$ 1,476.56
TOTAL		78		\$ 36,171.52

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. BRANCHS:

MODEL NAME	DESCRIPTION	QUANTITY	NEW PRICE	TOTAL PRICE
ARBLN03321.ENCXLEU	Conector tipo "Y". Para evaporadoras	1	\$ 60.70	\$ 60.70
ARBLB07121.ENCXLEU	Conector tipo "Y". Para evaporadoras - Sistema Heat Recovery	1	\$ 137.36	\$ 137.36
PRHR033.ENCXLEU	3 branch Unit	17	\$ 916.31	\$ 15,577.27
PRHR023.ENCXLEU	2 branch Unit	12	\$ 727.97	\$ 8,735.64
PRHR043.ENCXLEU	4 branch Unit	1	\$ 1,095.46	\$ 1,095.46
TOTAL		32		\$ 25,606.43

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.ACCESORIES:

MODEL NAME	DESCRIPTION	QUANTITY	NEW PRICE	TOTAL PRICE
PACS5A000.ENCXLEU	AC Smart 5 – Same shape as previous model – Embedded BACnet Gateway functions	1	\$ 1,946.17	\$ 1,946.17
PREMTB100.ENCXLEU	Termostato para evaporador Deluxe. Color Blanco Táctil con sensor Humedad	73	\$ 97.13	\$ 7,090.49
PQWRHQ0FDB.ENCXLEU	Control remoto inalámbrico para evaporador tipo pared, cassette, piso-techo. Frio-calor	5	\$ 41.10	\$ 205.50
TOTAL		79		\$ 9,242.16

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. OTRAS COTIZACIONES DE MATERIALES Y MANO DE OBRA:

INVERSIÓN DE EQUIPOS	S/407,432.00
INVERSION TUBERIAS	S/15,000.00
INVERSION AILAMIENTO	S/3,000.00
INVERSION TRANSPORTE	S/2,000.00
INVERSION MANO DE OBRA	S/14,000.00
INVERSION FINAL	S/441,432.00

FUENTE: elaboración propia

3.4 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS DE DOS TECNOLOGÍAS DIFERENTES DE AIRE ACONDICIONADO.

3.4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA CONVENCIONAL CON COMPRESOR CONSTANTE.

Se obtuvo las Potencias totales de los sistemas de aire acondicionado del HOTEL por medio de un medidor digital de pulsos instalado especialmente para las cargas de aire acondicionado del HOTEL ORQUIDEAS.

Teniendo para un grupo de unidades evaporadores y condensadoras el valor de 142,031.25 KW-h de energía en un mes. De allí analizaremos los consumos eléctricos, en función a lo obtenido por la potencia total que suma los equipos del hotel, esta simulación se realizará por los parámetros de potencia obtenida a través del diseño de los sistemas MULTI V 5.

Tabla 12: Análisis simulado de los sistemas convencionales.

OPCION 1	POTENCIAS UNITARIAS				POTENCIAS TOTALES		POT. TOTAL C/HABITAB.		ENERGIA (KW-H)	ENERGIA (KVAR-H)
	KW	fdp	KVARS	CANT.	KW TOTAL	KVARS TOTAL	KW C/HAB	KVARS C/HAB		
EVAPORADOR EQUIPO 1	4	0.8	3	78	65.00	234.00	48.75	175.5		
CONDENSADOR EQUIPO 2	3.5	0.8	2.63	78	945.00	204.75	708.75	153.56		
SUM. equipo 1 y 2					1010.00	438.75	757.50	329.06	142,031.25	61,699.22

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 ANÁLISIS SIMULADO DEL SISTEMA MULTI V 5.

3.4.2.1 Potencia unidad exterior simulada por LatsCAD.

Según el catálogo de Línea / Capacidad indica que para 9 unidades multi v 5 simulados en el diseño del LATSCAD de modelo ARUM140LTE5 se tiene una potencia de 352.8 KW, más un módulo adicional de modelo ARUM200LTE5 con potencia de 56KW, siendo el total de: 408.8KW



Multi V 5 Outdoor Unit			
CHASSIS	Model Name	Capacity(kW)	Model
UXA	ARUM080LTE5	22.4	
	ARUM100LTE5	28.0	
	ARUM120LTE5	33.6	
UXB	ARUM140LTE5	39.2	
	ARUM160LTE5	44.8	
	ARUM180LTE5	50.4	
	ARUM200LTE5	56.0	
	ARUM220LTE5	61.6	
	ARUM240LTE5	67.2	
	ARUM260LTE5	72.8	

FIGURA 20: Catálogo de línea ARUM140LTE5 y ARUM200LTE5

Fuente: Catálogo LG ELECTRONICS PERÚ

3.4.2.2 Potencia unidad interior simulada por LatsCAD.

Tabla 13: Las potencias de las unidades interiores:54.5kw.

Type of equipment	Description
High Static Duct	22400(W) / 25200(W)
Low Static Duct	4500(W) / 5000(W)
Low Static Duct	5600(W) / 6300(W)
Low Static Duct	7100(W) / 8000(W)
Wall Mounted	3600(W) / 4000(W)
Wall Mounted	4500(W) / 5000(W)
Wall Mounted	4500(W) / 5000(W)
	KW TOTAL : /54.5(KW)

Fuente: Elaboración propia LatsCAD

3.4.2.3 Potencia cajas recuperadoras simulada por LatsCAD.

Tabla 14: Potencia de las cajas recuperadoras hr box/distributor:208kw

Model Name	No of ports	Max kW
PRHR033	3	69.5
PRHR023	2	69.5
PRHR043	4	69.5
		KW TOTAL: / 208.5KW

Fuente: Elaboración propia LatsCAD

3.4.2.4 Análisis de las potencias obtenidas Multi v 5

Tabla 15: Potencia total multi v 5: 672.10 kW

OPCION 2	POTENCIAS UNITARIAS			CANT.	POTENCIAS TOTALES		POT. TOTAL C/HABITAB.		ENERGIA (KW-H)	ENERGIA (KVAR-H)
	KW	fdp	KVARS		KW TOTAL	KVARS TOTAL	KW C/HAB	KVARS C/HAB		
MULTI V 5	45.83	0.93	18.11	10	672.10	181.13	504.08	135.85	89,288.26	24,063.29

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Variables

Tabla 16: De variables

VARIABLES	
HABILITABILIDAD	0.75
HORAS DE FUNCION	10
Porcentaje de Encendido (No Inverter)	62.5%
Factor por Carga parcial (No Inverter)	1.00
Porcentaje de Encendido (Inverter)	100%
Factor por Carga parcial (Inverter)	0.59
Parámetros Variables	
La habitabilidad se considera 75% (este parametro varia dependiendo el mes)	
Se estima un funcionamiento por equipo de 10 Horas	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.5 SE REALIZÓ EL ANÁLISIS POR MEDIO DE UNA FACTURA DE CONSUMOS ELÉCTRICOS DEL HOTEL.

Recibo Nro. 24880092
ORQUÍDEAS S.A.
 Amador Reyna Nro. 320 San Isidro,
 San Isidro UMA 27
 Voto de Contrato: 31/07/2019
 RUC: 20384928537

Vencimiento: 21/01/2019
 Período de Facturación: 12/2018 Fecha de Emisión: 04/01/2019

R:73 - I: 2915
 Hoja 01
 MP-00120

NIS 281000286

Datos del Suministro

Domicilio: Amador Reyna Nro. 320 San Isidro, San Isidro LIMA 27

Sistema Eléctrico: San Isidro
 Sector Típico: Z
 Tarifa: MT3
 Pot. Cóm. HP (Kw): 650
 Pot. Cóm. FP (Kw): 650
 Dem. Máx (Kw): 308.4546
 Dem. Media HP (Kw): 208.08888
 Numero Horas Punta: 120
 Potencia (Kw): 308.4546
 Tensión: Media 10 KV
 Calificación de Potencia: 0.07
 Medidor: 17538094 ELSTER
 Tipo de Medidor: Eléctrico 4 Hilos
 Tipo de Conexión: CS 3 Trifásico - Aéreo

Troncal: PA111
 S.E.: SE30488

Período de Consumo: 01/12/2018 - 31/12/2018

Tipo de Consumo	Lect. Ant.	Lect. Act.	CMB	Consumo
Activa en Hora Punta	285.8894	5047.9320	454.5455	24.730.6388
Activa en Hora Fuera de Punta	4083.1754	4223.7480	454.5455	102.270.2382
Energía Reactiva	2523.9688	2683.3711	454.5455	83.037.5018
Potencia en Hora Punta	0.6488	0.8780	454.5455	308.4546
Potencia en Hora Fuera de Punta	0.6722	0.8980	454.5455	308.4546

Concepto de Facturación

Descripción	Importe
Carga Fija Mensual	7.55
Energía Activa en Hora Punta (24.730.6388 kWh * 0.2333 \$ / kWh)	5.709.85
Energía Activa Fuera de Punta (102.270.2382 kWh * 0.1948 \$ / kWh)	21.283.45
Energía Reactiva (23.966.7887 kWh * 0.0481 \$ / kWh)	1.074.44
Potencia de Generación en hora Punta (308.4546 kW * 46.23 \$ / KW Mes)	14.259.86
Potencia de Distribución en Hora Punta (307.0226 kW * 14.93 \$ / KW Mes)	4.583.85
Parcial Consumos Mes	46.078.81
Mantenimiento y Reparación	15.05
Alumbrado Público	1.078.55
Subtotal	48.073.31
I.G.V. 18.00 %	8.653.20
Aporte E. Rural Ley 28749 111	1.113.04
Redondeo Anterior	0.17
Redondeo Actual	-0.22
Total del mes \$/	57.839.50

Mes	Consumo (kWh)
Dic-17	100,000
Ene-18	100,000
Feb-18	100,000
Mar-18	100,000
Abr-18	100,000
May-18	100,000
Jun-18	100,000
Jul-18	100,000
Ago-18	100,000
Sep-18	100,000
Oct-18	100,000
Nov-18	100,000
Dic-18	100,000

Consumo Mensual en Soles

Mes	Consumo (Soles)
Nov-18	49,703.00
Oct-18	46,017.00

Recargo FOSE 1,716.79

Información Importante

Cajero 21.01.19
CAJERO GENERAL FINANZAS

Información Complementaria

Los derechos de crédito representados por este comprobante de pago han sido transferidos en dominio fiduciario a un fideicomiso administrado por La Fiduciaria S. A.

*Este ser apropiado por personas inescrupulosas que ofrecen servicios de instalación eléctrica y/o manipulación de los componentes de medición, estas personas lo pueden en grave riesgo a ser sancionadas con CARCEL, además del pago por la energía no registrada. La manipulación al medidor o conexión ilegal para evitar el pago del servicio de luz está considerado como un delito penal sancionado con "CARCEL", el mismo que está tipificado en el Código Penal Artículo 188(1) y Artículo 188. El órgano regulador OSINERGMIN, de acuerdo al Anexo 4 de la Resolución 028-2003-05/CD, está facultado a sancionar a los infractores con multas de hasta 100 UIT. (1). DENUNCIAR al 066-5017967

TOTAL A PAGAR \$/ *57,839.50**

Recibo Nro. 24880092

FIGURA 21: Facturación física de consumos hotel Orquídeas

Fuente: Elaboración propia

Se automatiza el recibo en una hoja de cálculos como plantilla para tener referencia de los consumos actuales y realizar la comparativa.

Tabla 17: Análisis de la factura para realizar el comparativo de consumo.

Energía Activa HP	24,730.64	18%
Energía Activa HFP	109,370.24	82%
Energía Reactiva	63,537.05	
Potencia Gen en HP	308.45	
Potencia Dist. en HFP	307.02	
fdp	0.90	

TARIFA MT3:				
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	7.55		S/ 7.55
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kWh	23.33	24730.6388	S/ 5,769.66
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kWh	19.46	109370.2382	S/ 21,283.45
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.61	23306.7887	S/ 1,074.44
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:	S/./kW-mes	46.23	308.4546	S/ 14,259.86
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:	S/./kW-mes	14.93	307.0228	S/ 4,583.85
Alumbrado publico, mantenimiento y reposicion				S/ 1,094.50
SUBTOTAL				S/ 48,073.31
SUBTOTAL (INC IGV)				S/ 56,726.50
APORTE RURAL				S/ 1,114.49
TOTAL				S/ 57,840.99

Fuente: Elaboración propia

Se automatiza el recibo en una hoja de cálculo, pero esta vez con el Análisis de los sistemas MULTI V 5 para verificar consumos eléctricos como plantilla para tener referencia de los consumos actuales

Tabla 18: Análisis de consumo con sistemas MULTI V 5.

Activa HP	15,003.87
Activa HFP	66,354.01
Energía Reactiva	25,901.12
Potencia en HP	55.03
Potencia en HFP	307.02
fdp	0.95

TARIFA MT3:					
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	7.55		S/	7.55
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	23.33	15,003.87	S/	3,500.40
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	19.46	66,354.01	S/	12,912.49
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.61	25,901.12	S/	1,194.04
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:	S/./kW-mes	46.23	55.03	S/	2,544.02
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:	S/./kW-mes	14.93	307.02	S/	4,583.85
Alumbrado publico, mantenimiento y reposicion				S/	1,094.50
SUBTOTAL				S/	25,836.85
SUBTOTAL (INC IGV)				S/	30,487.49
APORTE RURAL				S/	774.94
TOTAL				S/	31,262.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Se considera fdp mínimo para no pagar la energía reactiva

fdp min	0.96
---------	------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Ahorro de los sistemas MULTI V 5 vs los sistemas convencionales constante.

AHORRO	S/	26,578.56
PORCENTAJE DE AHORRO ELECTRICO		18%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Consideraciones generales del análisis de factura

CONSIDERACIONES
*La Energía activa en HP y FHP mantendrán la misma proporción (18% Y 82%)
*la potencia para la distribución en hp se mantiene, aunque disminuirá después de 6 meses (307 kw)

Fuente: Elaboración propia

3.4.6 CÁLCULO DE INVERSIÓN DE PROYECTO CON DEPRECIACIÓN DE ACUERDO CON LA VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS, GASTOS DE MANTENIMIENTO VS LOS INGRESOS (AHORROS).

Tabla 22: Costo por mantenimiento MULTI V 5

	COSTO MANTTO MULTI V 5
COSTO POR MANTTO PREVENTIVO C/3M	S/15,000.00
MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS: SE TOMA MONTO DEL REPUESTO MAS CARO EN ESTE CASO EL DEL COMPRESOR INVERTER	S/3,028.60
COSTO TARJETA PCB	S/1,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Cronograma mensual de mantenimiento del tiempo de garantía en su primer año no se aplica.

CRONOGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO TIEMPO DE GARANTIA EN SU PRIMER AÑO												
MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
MANTTO PREVENTIVO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PUESTA EN MARCHA, CORRECTIVOS POR GARANTIA NO APLICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Cronograma mensual de mantenimiento después de la garantía

CRONOGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO DESPUES DE LA GARANTIA												
MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
MANTTO PREVENTIVO	X	X	OK	X	X	OK	X	X	OK	X	X	OK
PUESTA EN MARCHA, CORRECTIVOS POR GARANTIA NO APLICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Inversión durante el año de garantía

AÑO DE GARANTIA - AÑO 1													
	PERIODO 0	PERIODO MENSUAL 1	PERIODO MENSUAL 2	PERIODO MENSUAL 3	PERIODO MENSUAL 4	PERIODO MENSUAL 5	PERIODO MENSUAL 6	PERIODO MENSUAL 7	PERIODO MENSUAL 8	PERIODO MENSUAL 9	PERIODO MENSUAL 10	PERIODO MENSUAL 11	PERIODO MENSUAL 12
INVERSION INICIAL	S/441,432.00												
FLUJO DE CAJA - COSTES DE AHORRO ELECTRICO MANTENIMIENTO [SOLES/1MES]	S/441,432.00	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56
													S/318,942.72
												INVERSION FIJA DE AHORRO	S/318,942.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Inversión después de la garantía – 2do año

DESPUES DE LA GARANTIA - AÑO 2													
	PERIODO 0	PERIODO MENSUAL 1	PERIODO MENSUAL 2	PERIODO MENSUAL 3	PERIODO MENSUAL 4	PERIODO MENSUAL 5	PERIODO MENSUAL 6	PERIODO MENSUAL 7	PERIODO MENSUAL 8	PERIODO MENSUAL 9	PERIODO MENSUAL 10	PERIODO MENSUAL 11	PERIODO MENSUAL 12
INVERSION INICIAL	S/441,432.00												
FLUJO DE CAJA - COSTES DE AHORRO ELECTRICO VS	S/441,432.00	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56
													S/247,364.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Gastos de mantenimiento preventivo por año

SE REALIZA 4 MANTENIMIENTOS PREVENTIVO POR AÑO Y LA SUMA DEL MONTO TOTAL EN SOLES	S/46,314.24
---	-------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Tabla del retorno de la inversión del proyecto

GANANCIA EN EL PRIMER AÑO MES DOCE	GANANCIA EN EL MES 13	GANANCIA EN EL MES 14	GANANCIA EN EL MES 15	GANANCIA EN EL MES 16	GANANCIA EN EL MES 17	GANANCIA EN EL MES 18
S/318,942.72	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56	S/26,578.56	S/26,578.56	S/11,578.56
	S/345,521.28	S/372,099.84	S/383,678.40	S/410,256.96	S/436,835.52	S/448,414.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Resumen de la tabla del retorno de la inversión del proyecto

INVERSION INICIAL	INVERSION TOTAL FIJA GANADA EN EL PRIMER AÑO - MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18
S/441,432.00	S/318,941.72	S/354,521.28	S/372,099.84	S/383,678.40	S/410,256.96	S/436,835.52	S/448,414.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Características del proyecto de inversión

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO DE INVERSION	
MONTO DE INVERSION	S/441,432.00
TASA DE DESCUENTO	15%
VIDA UTIL - AÑOS	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Desarrollo del proyecto de inversión

	AÑO DE GARANTIA										
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS - AE	- S/441,432.00	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72	S/318,942.72
GASTOS - MP- MC	S/441,432.00	S/1,000.00	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24	S/46,314.24
FLUJO NETO	- S/441,432.00	S/317,942.72	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48	S/272,628.48

Fuente: Elaboración propia

TASA DE DESCUENTO 15%

Tabla 32: Cálculo del VAN y TIR del proyecto.

	VAN	S/966,230.95
INGRESOS	TIR	65%
NETO	TIR	65.42%

Fuente: Elaboración propia

TIR: cuando es de valor negativo donde los flujos de efectivo del proyecto (antes de ser traídos al valor presente, año 0) el proyecto genera flujos que aún no han sido traídos al presente por eso hace que no sea rentable.

Y para este proyecto no es así, mayor es el TIR entonces mayor será la rentabilidad para aceptar o aprobar el proyecto

CONCLUSIONES

Se concluye como primer procedimiento para una venta es conveniente brindar al cliente nuevas opciones en climatización y para este proyecto es fundamental brindar inducción las nuevas soluciones MULTI V, y de esta forma interpretamos lo que desean con lo que queremos ofrecer.

En estos cálculos realizados de las dos instalaciones estudiadas en el proyecto se han realizado con la ayuda del software de LatsCAD. En algunos casos se ha tratado de comparar los cálculos realizados manualmente, la ventaja es que mediante el software brindar más información técnica para este proyecto (incluyendo características eléctricas MULTI V).

Una vez trabajado con la misma capacidad térmica se hace objeto al análisis de estudio, para las dos instalaciones de aire acondicionado (sistemas MULTI V y sistemas convencional CONSTANTE), se ha llevado a cabo la selección de equipos de climatización gracias al aplicativo utilizado, la selección de las cajas Heat Recovery, el cálculo de tuberías frigoríficas, el cálculo de los aislamientos térmicos, el cálculo de ahorro de energía eléctrica y la inversión inicial (presupuesto de la instalación), y los costes anuales de funcionamiento de los sistemas.

Conclusión energética: Los sistemas MULTI V son sistemas con un 18 % más eficiente (en el consumo mensual de energía eléctrica) a comparación de los equipos convencionales de compresor constante.

Conclusión a la inversión económica: Por medio de los cálculos de inversión para este proyecto MULTI V se tiene en cuenta el costo inicial calculado es de S/.441,432.00 y haciendo el estudio económico a su inversión inicial y a los costes de funcionamiento a lo largo de los años (costes de la energía eléctrica y mantenimiento) se llega a la conclusión que el sistema MULTI V 5 que a partir de los 10 años de funcionamiento se obtendrán beneficios económicos en comparación al sistema de Expansión Directa convencional de compresor constante.

RECOMENDACIONES

Al instalar los sistemas de caudal variable refrigerante MULTI V brindan muchos beneficios por ello son recomendados en el mercado nacional ya que gracias a estas tecnologías ayudamos al freno de la energía eléctrica consumida: este servicio es el que hace a muchos clientes gusten por este estilo en climatización, ya que la tecnología MULTI V consigue un ahorro energético medio que oscila entre el 11 y el 20 por ciento, contribuyendo así a la eficiencia energética de los edificios.

La aplicación de soluciones MULTI V inverter:

Dispone del control de su espacio, permitiendo un servicio individualizado. Sencilla instalación: los sistemas MULTI V no son pesados en asimilación con otros equipos, como las enfriadoras. También se cuentan con diseños modulares que facilitan las instalaciones y se vuelven considerablemente más sencillas.

Fácil Gestión de energía con los sistemas de control centralizado ya que una de estas soluciones brinda el beneficio de administrar lo que se desea consumir, estas administraciones generan reportes descargables en cualquier lapso de tiempo, de conveniencia en forma mensual.

Mantenimiento económico: El servicio de mantenimiento en post venta en los equipos multi v en cuanto a repuestos son uno de los mejores en el mercado nacional este sistema no es complejo en absoluto ya que LG ELECTRONICS brinda asesorías al servicio del mantenimiento y gestión de repuestos.

Se recomienda inducir con temas de eficiencia energética al cambio de hábitos de consumo de energía eléctrica y también realizar campañas para sensibilizar el gasto de la energía y esto de modo constante y creciente, estas actividades brindan oportunidades de ahorro, que, al ser aplicadas, se ven reflejadas en ahorros económicos en la factura mensual y de alguna forma ayudaríamos a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Bibliografía

- (2013). Obtenido de Bomba de calor: <https://nergiza.com/que-es-una-bomba-de-calor/>
- (2019, parr. 4). Obtenido de elaireacondicionado.com:
<https://www.elaireacondicionado.com/articulos/tipos-de-sistemas-de-aire-acondicionado>
- Aire acondicionado*. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Aire_acondicionado
- Aire acondicionado*. (27 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/como-funciona-el-aire-acondicionado-infografia.html>
- Arq. Jorge M. Mas. (2011, pág. 8). *CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOSSISTEMAS*.
- BARROS-ALVAREZ, M., BALBIS-MOREJON, M., TOVAR-OSPINO, I., CASTROPEÑA, J., LEON-SIADO, L., SILVA-ORTEGA, J., & ROSALES VILLA, D. (2017 Pág 2). Comparación del consumo energético entre las tecnologías de aire acondicionado mini split y volumen de refrigerante variable en un edificio educativo. *REVISTA ESPACIOS*, 19.
- Betancur Gomez, D. A., & Villa Robles, J. A. (2014). *“Estudio técnico y de inversión para el montaje del sistema de aire acondicionado del centro de reuniones de la iglesia caudrangular central, del municipio de barrancabermeja, santander.* Santander.
- Blog de Consumo energetico*. (2019). Obtenido de <https://www.mipodo.com/blog/diccionario/consumo-energetico-que-es/>
- Bolívar Hernández, L. p., & Martínez Gómez, M. (2014). *Estudio de eficiencia energetica de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificacion del bloque g de la universidad autonoma del caribe*. Barranquilla.
- Bravo, J., & Cano, A. (2017, Pág. 64). *Propuesta para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica como fuente primaria de un sistema de climatizacion basado en equipos ahorrativos de Tecnología inverter en los auditorios carlos martinez riva, fernado gordillo , roberto gonzales*.
- Cabrera Correa, S. S. (2019). *Propuesta de ahorro de energia para optimizar el consumo electrico en iluminacion y aire acondicionado, hospital naylamp I, chiclayo 2016*.

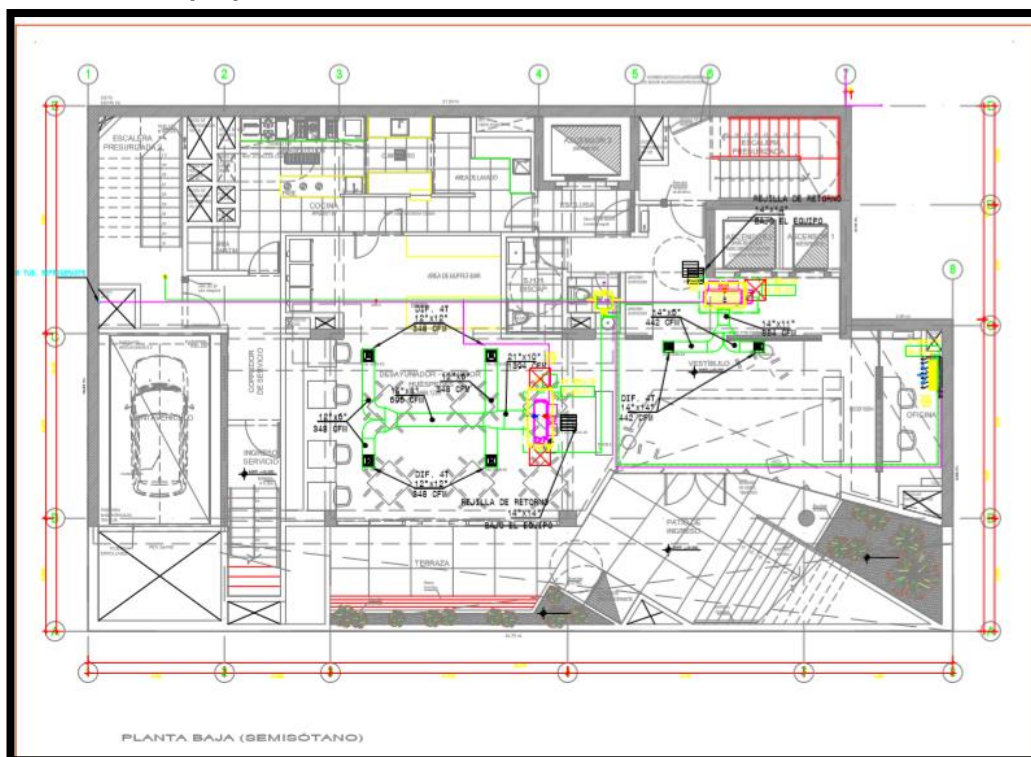
- colocho lopez, n., daza jimenez, p., & Guzman alvarez, m. (2011,Pág 32.). *Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura*. Antigua Cuscatlan.
- CORREA, C. (2019). *"Propuesta de ahorro de energía para optimizar"*. Chiclayo.
- CORZANTES, J. D. (2009,Pág 47). *SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES*. Guatemala.
- Davila, G., Gomez, C., Pedro, P., & Carlos, J. (2004). *estudio de factibilidad de cambio de sistema de aire acondicionado, por un sistema de caudal variable de refrigerante*. Caracas.
- elaireacondicionado.com. (2019, parr. 1). *elaireacondicionado.com*. Obtenido de <https://www.elaireacondicionado.com/articulos/tipos-de-sistemas-de-aire-acondicionado>
- ELECTRONICS, L. (2017, Pág 16). *LG HVAC SOLUTION*.
- energética, B. t. (2018, pag 5.). *Boletín técnico de eficiencia energética*.
- Evaporador: Que es y para que sirve.* (s.f.). Obtenido de <https://www.josebernad.com/evaporador-que-es-y-para-que-sirve/>
- Fiestas Farfan, B. (2011). *Ahorro energético en el sistema eléctrico de la universidad de Piura -Campus piura*. Piura.
- García Garrido , S. (s.f.). *CICLO AGUA-VAPOR EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS*. Obtenido de <http://www.cicloaguavapor.com/condensador>
- Iván Gas Fort, & Jordi Dosta Parcerisa. (SEPTIEMBRE de 2002). <http://www.tecnicaindustrial.es/>. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-2115-sistemas-vrv-acondicionamiento-aire.aspx>
- Jañez, N. N. (2014,Pág 25.). *ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO CON SISTEMA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE V.R.V RESPECTO AL SISTEMA DE EXPANSION DIRECTA*. CATALUNYA.

- LG Electronics USA. (2015). Obtenido de <https://www.prnewswire.com/news-releases/lg-electronics-introduces-lats-cad-2-software-reducing-vrf-design-time-by-up-to-80-percent-300188614.html>
- Martinez, C. G. (2015,pág 12). *Sistemas de acondicionamiento de aire en arquitectura. guatemala.*
- Monroy, J. P. (2012, pág 39). *LOS REFRIGERANTES Y EL MEDIO AMBIENTE.* Barcelona.
- Sanchez Cabezas Sthidf, I. (2017). *"Diseño de un sistema de aire acondicionado con volumen de refrigerante variable de 1140m2 para el ahorro de energia electrica de suant de villa el salvador.* Lima.
- SERVEI, G. (2011, pag 1). *Ficha tecnica R- 410a; GAS SERVEI.* Obtenido de www.gas-servei.com.
- SERVEY, G. (Pág 1). *Ficha tecnica R- 32.* Obtenido de www.gas-servei.com.
- Trejo Garcia, P. M., & Reyes Abundis, H. (2009,Pág 12). *Calculo y seleccion del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en puerto vallarta,Jalisco.* Mexico, D.F.
- Válvulas de Expansión Electrónica EEV.* (s.f.). Obtenido de <http://www.supercontrols.com.ar/productos/controles-para-refrigeracion/valvulas-de-expansion-electronica-eev/>
- XDXF. (FX). *CDZ.*

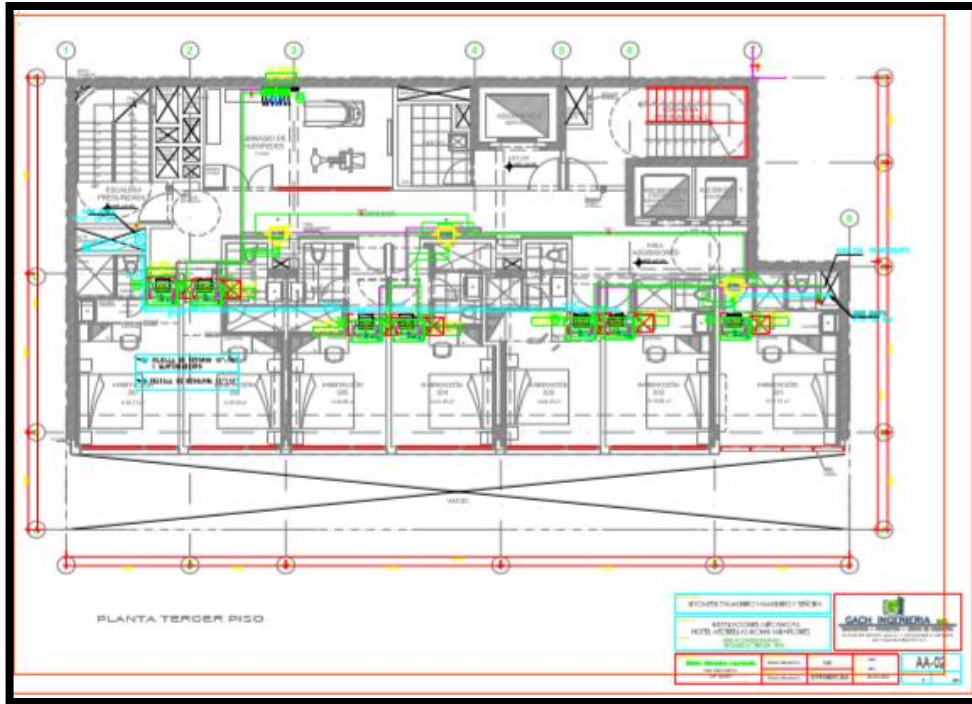
ANEXOS



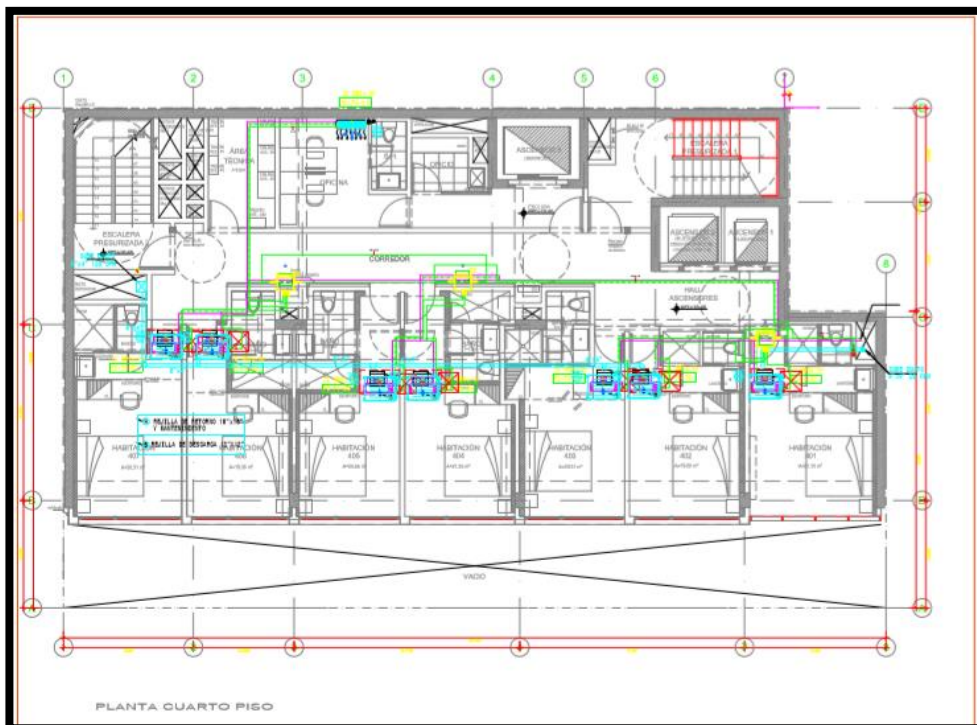
Anexo 1: Diseño del Árbol de los sistemas Multi v5
Fuente: Elaboración propia



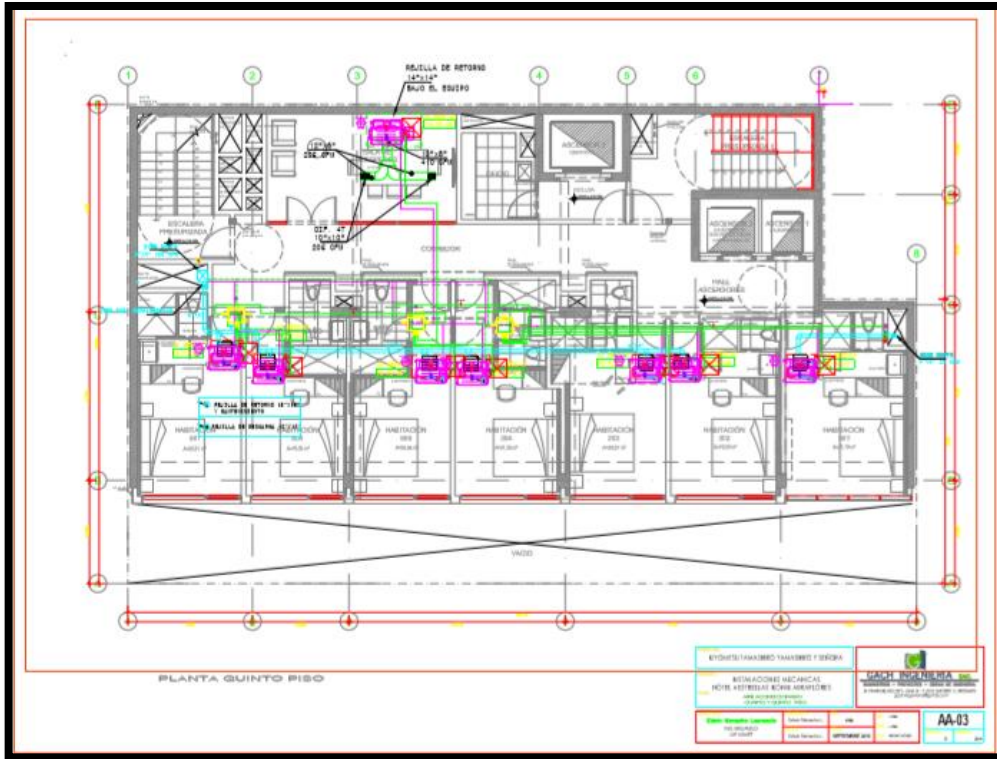
Anexo 2: Diseño en LatsCAD Planta baja
Fuente: Elaboración propia



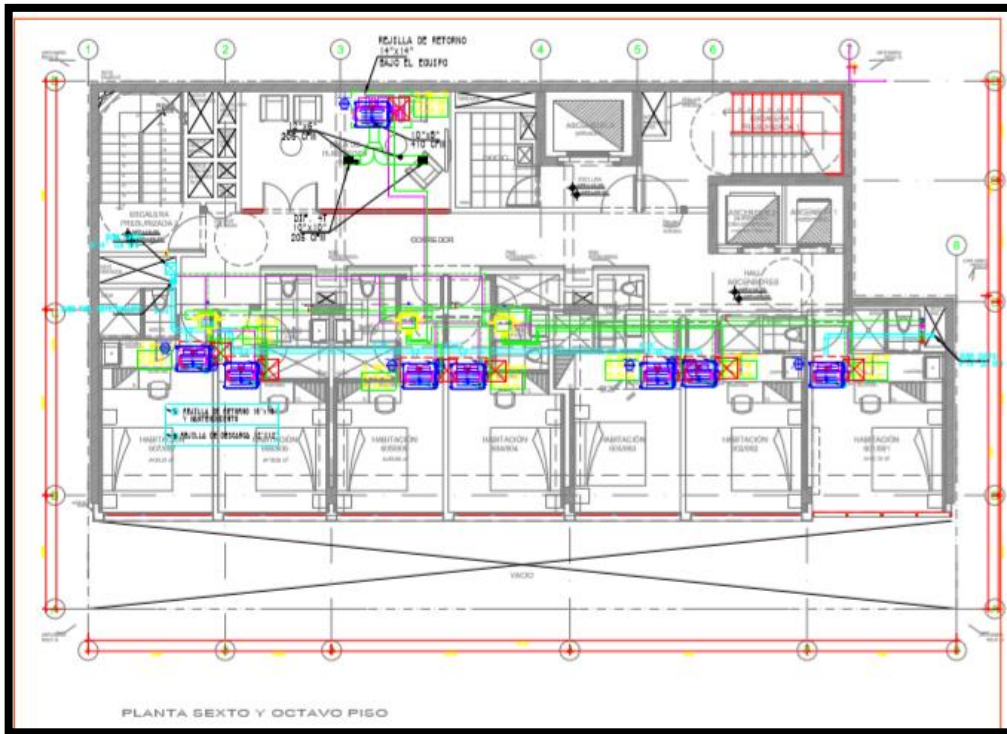
Anexo 5: Diseño en LatsCAD Planta Piso 3
 Fuente: Elaboración propia



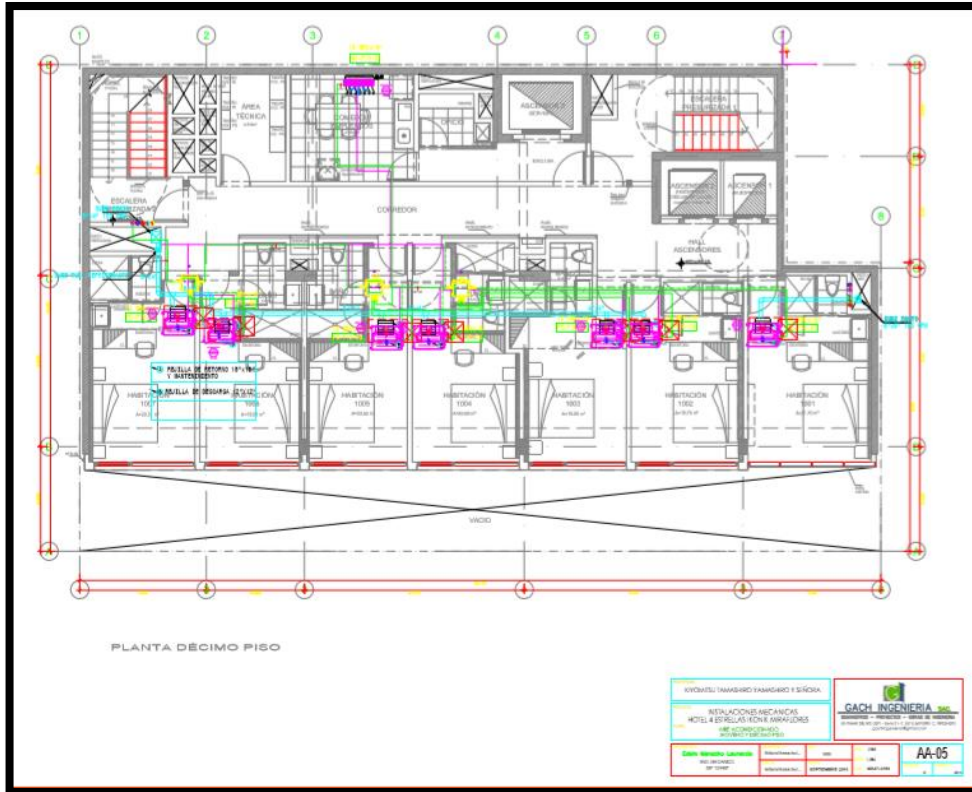
Anexo 6: Diseño en LatsCAD Planta Piso 4
 Fuente: Elaboración propia



Anexo 7: Diseño en LatsCAD Planta Piso 5
 Fuente: Elaboración propia



Anexo 8: Diseño en LatsCAD Planta Piso 6 y Piso 8
 Fuente: Elaboración propia



Anexo 11: Diseño en LatsCAD Planta Piso 9
 Fuente: Elaboración propia

IDU No.	Room name	Power Supply [Ø/ V/ Hz]	MCA [A]	Sound pressure [dB]
[i1]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i2]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i3]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i4]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i5]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i6]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i7]IAC-2	2F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28

Anexo 12: Resumen de selección
 Fuente: Elaboración propia

IDU No.	Room name	Power Supply [Ø/ V/ Hz]	MCA [A]	Sound pressure [dB]
[i1]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i2]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i3]IAC-7	3F	1/220-240/50,1/220/60	0.31	42/39/32
[i4]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i5]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i6]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i7]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28
[i8]IAC-2	3F	1/220-240/50,1/220/60	1	33/30/28

Anexo 13: Resumen de selección
Fuente: Elaboración propia

IDU No.	Rated TC/Corrected TC/Room load [kW]			Rated PI/Corrected PI [kW]	
	Cooling	S. Cooling	Heating	Cooling	Heating
[i1]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i2]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i3]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i4]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i5]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i6]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.8/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i7]IAC-2	4.5/4.0/0.0	3.3/2.9/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085
[i8]IAC-2	4.5/4.1/0.0	3.3/2.9/0.0	5.0/5.1/0.0	0.085/0.085	0.085/0.085

Anexo 14: Resumen de selección
Fuente: Elaboración propia

Ø Liquid [mm (inch)]	Length [m]	Ø Gas [mm (inch)]	Length [m]
6.35(1/4)	473.0	12.7(1/2)	473.0
9.52(3/8)	181.2	15.88(5/8)	23.9
12.7(1/2)	249.1	19.05(3/4)	5.5
15.88(5/8)	38.3	12.7:15.88(1/2:5/8)	54.4
		15.88:19.05(5/8:3/4)	14.1
		19.05:22.2(3/4:7/8)	83.3
		22.2:28.58(7/8:1+1/8)	287.4

Anexo 15: Resumen de selección
Fuente: Elaboración propia

Items	Limited value	Current level
Total pipe length	1000 m	120.1 m
Longest equivalent pipe length	175 m	76.9 m : ARNU12GSJN4[i2]
Longest top pipe length after first branch	40 m	35.6 m : ARNU12GSJN4[i2]
Difference in height (Above : indoor, Below : outdoor)	110 m	
Difference in height (Above : outdoor, Below : indoor)	110 m	36.5 m : ARNU12GSJN4[i2]
Difference in height (indoor - indoor)	40 m	4.5 m : ARNU24GL3G4[i4]- ARNU12GSJN4[i2]
Longest real pipe length	150 m	73.9 m : ARNU12GSJN4[i2]
Height difference between HR unit and HR unit (within same branch)	30 m	3.5 m
Height difference between HR unit and HR unit (serial connection)	5 m	0.0 m
Height difference between Indoor Unit and HR unit	15 m	1.5 m

Anexo 16: Resumen de selección
Fuente: Elaboración propia