



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Optimización de recursos mediante la evaluación y
determinación de cargas térmicas en equipos de aire
acondicionado del Laboratorio Blufstein**

Monografía Técnica

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad – M4

AUTOR

Elvis Luis RIVERA DUEÑAS

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Rivera, E. (2019). *Optimización de recursos mediante la evaluación y determinación de cargas térmicas en equipos de aire acondicionado del Laboratorio Blufstein*. Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos. Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

- **Código ORCID del autor:**
- **Código ORCID del asesor:**
- **DNI o pasaporte del autor:** 25701373
- **Grupo de investigación:**
- **Institución que financia la investigación:**
- **Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:**
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- **Año o rango de años que la investigación abarcó:**
07.03.2018 – 05.03.2019



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA
MODALIDAD M-4

Siendo las 10:00 a.m del día sábado 05 de enero de 2019, en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO y con la asistencia de los miembros Mg. Ing. ELISEO PAEZ APOLINARIO y MSc. Ing. WILSON EMILIO ALVARADO TORRES de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de Titulación Profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, del Bachiller:

ELVIS LUIS RIVERA DUEÑAS

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller ELVIS LUIS RIVERA DUEÑAS, a realizar la Exposición del Trabajo de la Monografía Técnica titulada "OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS MEDIANTE LA EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO BLUFSTEIN".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

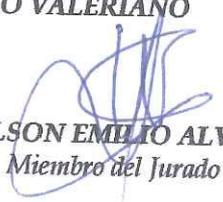
Dieciseis 16

El Presidente del Jurado Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller ELVIS LUIS RIVERA DUEÑAS Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 11:30 horas, del mismo día, se levantó la sesión.


Dr. Ing. MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO
Presidente del Jurado


Mg. Ing. ELISEO PAEZ APOLINARIO
Miembro del Jurado


MSc. Ing. WILSON EMILIO ALVARADO TORRES
Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y fuerza para lograr mis objetivos.

A la memoria de mis padres Luis francisco y Eda por su ejemplo de perseverancia y por enseñarme a luchar por las metas que me proponga.

A Haydee mi esposa y Eda Romina mi hija por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos por sus palabras de aliento en todo momento.

INDICE GENERAL

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I TRAYECTORIA PROFESIONAL.....	10
CAPÍTULO II CONTEXTO EN LA QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA	
2.1 Actividad Económica de la Empresa.....	14
2.1.1 Datos de la Empresa.....	14
2.1.2 Principales Clientes.....	15
2.1.3 Mercado.....	15
2.2 Visión.....	15
2.3 Misión.....	15
2.4 Área, Cargo y Funciones Desempeñadas.....	16
2.5 Experiencia Profesional Realizada en la Organización.....	16
CAPÍTULO III SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	
3.1 Identificación del Problema.....	18
3.2 Formulación del Problema.....	19
3.2.1 Problema General.....	19
3.2.2 Problemas Específicos.....	19
3.3 Objetivos.....	20
3.3.1 Objetivo General.....	20
3.3.2 Objetivos Específicos.....	20
3.4 Justificación del Proyecto.....	20
3.4.1 Justificación Económica.....	20
3.4.2 Justificación Ecológica y social.....	20
3.4.3 Justificación personal y profesional	20
3.5 Delimitación del Informe	21
3.5.1 Delimitación espacial.....	21
3.5.2 Delimitación temporal.....	21
3.5.3 Delimitación conceptual.....	21
3.6 Variables e Hipótesis.....	22
3.6.1 Definición de las variables.....	22
3.6.2 Operacionalización de variables.....	22
3.7 Hipótesis General e Hipótesis específicas.....	22
3.7.1 Hipótesis General.....	22
3.7.2 Hipótesis específicas.....	22
CAPÍTULO IV MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	
4.1 Antecedentes de estudio	24
4.2 Definición de Términos..	25

4.3 Marco Teórico y Conceptual	30
4.3.1 Historia del Aire Acondicionado.....	30
4.3.2 Ciclo Inverso de Carnot (Ciclo de Refrigeración).....	31
4.3.3 Elementos del Ciclo de Refrigeración.....	33
4.3.4 Tipos de Aires Acondicionados.....	35
4.3.5 Eficiencia Energética en Aires Acondicionados.....	38
4.3.6 Definición del acondicionamiento del Aire.....	38
4.3.7 El Calor.....	44
4.3.8 Transferencia de Calor.....	45
4.3.9 Temperatura.....	47
4.3.10 Cálculo de Carga Térmica.....	48
4.3.11 Componentes de la Carga Térmica	49
4.3.12 Método de Cálculo de Carga o balance Térmico.....	50
CAPÍTULO V CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS	
5.1 Necesidades del área o sede.....	56
5.2 Estudio Previo.....	56
5.3 Calculo de carga.....	56
5.4 Selección del equipo.....	56
5.5 Condiciones de Diseño.	57
5.6 Localización y área del Proyecto	57
5.7 Condiciones de Interiores y Exteriores	57
5.8 Calculo de la Carga Térmica en el Laboratorio.....	58
5.8.1 Condiciones de Diseño Interiores y Exteriores del Laboratorio.....	59
5.9 Metodología del Cálculo Térmico.....	59
5.9.1 Carga Térmica Generada a Través de Paredes Exteriores.....	62
5.9.2 Carga Térmica Generada por Conducción a Través de Vidrios Externos..	63
5.9.3 Carga Térmica Generada a Través de Paredes Internas.....	63
5.9.4 Carga Térmica Generada por Radiación a Través de Vidrios Externos.....	64
5.9.5 Carga Térmica Generada a Través de Las Luminarias.....	65
5.9.6 Carga Térmica Generada a Través de Las Personas.....	65
5.9.7 Transferencia de Calor a Través de Equipos.....	66
5.9.8 Transferencia de Calor Por Infiltración.....	66
5.10 Resultados.....	68
CAPÍTULO VI METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	
6.1. Tipo de Investigación.....	70
6.2 Diseño de la investigación.....	70
6.3 Parámetros básicos de investigación.....	70
CAPÍTULO VII ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	
7.1 Concepto de Mantenimiento.....	72
7.1.1 Tipos de Mantenimiento.....	72
7.2 Estrategias de Mantenimiento para equipos de Aire Acondicionado.....	73
7.3 Flujograma de trabajo para equipos de Aire Acondicionado.....	74
7.4 Indicadores de Mantenimiento.....	76
7.5 Rutinas de Mantenimiento.....	77

7.6 Costos de los Mantenimientos.....	81	
CAPÍTULO VIII ANALISIS DE RESULTADOS		
8.1 Carga Térmica para aire acondicionado.....	82	
8.2 Selección de equipo para aire acondicionado.....	82	
8.3. Ventajas del equipo seleccionado.....	85	
8.4 Resultados.....	87	
8.5 Discusión de Resultados.....	87	
CAPITULO IX CONCLUSIONES.....		88
CAPITULO X RECOMENDACIONES.....		89
CAPITULO XI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		90
ANEXOS.....		91

RESUMEN

El presente informe de experiencia profesional describe un proyecto de optimización del consumo energético mediante evaluación y determinación de cargas térmicas de los recintos del laboratorio Blufstein para determinar si los equipos de aire acondicionado instalados fueron seleccionados adecuadamente y corresponden a las necesidades del laboratorio.

Este problema fue detectado en el Laboratorio Blufstein el año 2017 por los altos costos en los recibos de consumo eléctrico que seguirán aumentando en un período muy corto por el deterioro de la capa de ozono que tiende a elevar la temperatura global del planeta. Cabe destacar que el consumo eléctrico de los equipos de Aire acondicionado representaron entre el 30% al 40% del consumo total del laboratorio.

Para realizar una correcta gestión energética de los equipos de aire acondicionado en el laboratorio fue necesario calcular las cargas térmicas de todos los recintos para saber la cantidad de calor que debería ser extraído y seleccionar los equipos más apropiados buscando optimizar el uso de los recursos energéticos y obtener un ahorro en el consumo eléctrico.

El objetivo planteado fue identificar las opciones de optimización que permitan mejorar la eficiencia del Sistema de Aire Acondicionado, usando tecnología moderna que resulte más económico a mediano y largo plazo y la factibilidad de cambio del sistema convencional tipo Split por un sistema de caudal variable de Refrigerante (CVR) con tecnología inverter para esto se tomó en cuenta aspectos técnicos y económicos pues supone una mejora para el medio ambiente y un ahorro monetario en lo que al pago de facturas de energía se refiere.

Esta propuesta de mejora será acompañada de un adecuado plan de mantenimiento que asegure la confiabilidad y disponibilidad de estos equipos.

En esta investigación se utilizaron diversas herramientas para el análisis de cargas térmicas en el laboratorio con el objeto de proponer recomendaciones que mejoren la eficiencia energética en el laboratorio.

ABSTRACT

This report of professional experience describes a project to optimize energy consumption by evaluating and determining thermal loads of Blufstein laboratory to determine if the installed air conditioning equipment was properly selected and corresponds to the needs of the laboratory.

This problem was detected in the Blufstein Laboratory in 2017 for the high costs in electricity consumption that will continue to increase for deterioration of the ozone layer that tends to increase the global temperature of the planet. It should be noted that electrical consumption of air conditioning equipment represents between 30% to 40% of the total consumption of the laboratory.

For a correct energy management of air conditioning equipment in the laboratory, was necessary to calculate the thermal loads in order to know the heat quantity that to be extracted and select the most appropriate equipment in order to optimize the use of energy and obtain savings in electricity consumption.

The objective was to identify optimization options that improving the efficiency of the installed Air Conditioning System, using modern technology that is more economical in the medium and long time and feasibility of changing the conventional Split type to system of variable flow of refrigerant (CVR) with inverter technology taking technical and economic aspects for improvement for the environment and a monetary saving. This improvement proposal will be accompanied by an adequate maintenance plan that ensures the reliability and availability of these equipment.

In this research, various tools were used for the analysis of thermal loads in the laboratory in order to propose recommendations that improve the energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

La empresa Blufstein Laboratorio Clínico pertenece al sector salud, se desarrolla como integradora de soluciones para sus clientes y forma parte de la Corporación suiza UNILABS, en la actualidad es uno de los primeros centros de análisis clínicos del país con 24 sedes a nivel nacional, proporcionando una gran variedad de servicios diferenciales en términos de calidad, precisión, rapidez y calidad de atención.

En el año 2017 Blufstein Laboratorio Clínico detecta un excesivo consumo de energía eléctrica en sus procesos y decide realizar un plan de optimización de consumo energético.

Para el logro de este objetivo fue necesario un estudio exhaustivo de todas las variables al interior de la edificación cuantificando las cargas térmicas de los recintos del laboratorio para conocer la capacidad real de refrigeración de los equipos de aire acondicionado analizando la energía que se gasta contrastándola con la que se debería gastar. Para de esta manera ofrecer soluciones y alternativas de mejora ante la posible baja eficiencia.

Durante el desarrollo de este Proyecto se identificaron los equipos y se realizó una comparación del consumo energético entre el sistema de climatización convencional tipo mini Split con un sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) también conocido como tecnología inverter, considerando las mismas condiciones de carga interna y externas.

La finalidad del presente proyecto es ofrecer recomendaciones para el mejoramiento de la eficiencia energética del laboratorio con la elección de equipos de aire acondicionado que cumpla con los requerimientos energéticos para el bienestar y confort de sus ocupantes.

En el Capítulo I, Se describe la Trayectoria Profesional del autor donde se especifican cronológicamente roles y funciones, actividades, aprendizaje empírico y formal. También se precisa la experiencia significativa y estudios realizados.

En el capítulo II, se describe el contexto general de la empresa en el que se desarrolló la experiencia, se describe aspectos generales del Laboratorio Blufstein, su estructura orgánica, la visión y la misión, los productos y los servicios que brinda.

En el capítulo III, se describe la situación problemática y la formulación del problema el cual se refiere en este caso a optimizar el consumo energético de los equipos de aire acondicionado del laboratorio, el objetivo general y los específicos así también la justificación del proyecto.

En el capítulo IV, se desarrolla el marco teórico-conceptual estableciendo los antecedentes del caso, las bases teóricas-científicas necesarias y la base conceptual.

En el Capítulo V desarrolla los procedimientos de cálculo de cargas térmicas.

En el Capítulo VI se refiere a Metodología de la Investigación.

En el capítulo VII se desarrolla las Estrategias de Mantenimiento.

En el capítulo VIII se desarrolla el análisis de resultados.

En el capítulo IX, se desarrollan las conclusiones del proyecto.

En el capítulo X, se desarrollan las recomendaciones del proyecto.

En el Capítulo XI se refiere a la referencia Bibliográfica.

CAPÍTULO I

TRAYECTORIA PROFESIONAL

La trayectoria profesional se detalla en el cuadro que se presenta a continuación:

Febrero 2015 – Hasta la actualidad

Empresa: Blufstein Laboratorio Clínico S.A.

Cargo: Jefe de Mantenimiento

Descripción de tareas:

Jefe de Mantenimiento, responsable de la planificación, programación, supervisión y control de cumplimiento del mantenimiento preventivo y predictivo de equipos de laboratorio e infraestructura de todas las sedes del grupo Blufstein empresa con certificación ISO 9001 (24 sedes). Elaboración del plan anual de mantenimiento.

Gestión y supervisión del mantenimiento correctivo de equipos e infraestructura, Programación de las tareas del personal de mantenimiento, Estimación del tiempo y materiales para mantenimiento y reparaciones.

Gestión de repuestos para mantenimiento, evaluación de proveedores, Manejo de indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad de equipos y fallas.

Noviembre 2011 - Enero 2015

Empresa: FGA Ingenieros S.A.

Cargo: Jefe de Mantenimiento

Descripción de tareas:

Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria de la empresa (Maquinas PLC, Hidráulicas, Compresoras, Granalladoras, Grúas y montacargas) Planificación, Programación, Supervisión y control de mantenimiento. Coordinación, negociación y evaluación de proveedores de servicios. Realización

de Ordenes de trabajo, elaboración de plan anual de mantenimiento. Modificación y mejora de programas de mantenimiento. Implementación de nuevos procedimientos de mantenimiento.

Abril 2010 - Octubre 2011

Empresa: Termodinámica S.A.

Cargo: Ingeniero Residente Mecánico

Descripción de tareas:

Planificación, Supervisión y Control de producción en la Fabricación, Instalación y montaje de una Torre de enfriamiento y Planta de tratamiento (Backus - Ate).

Diciembre 2008 - Marzo 2010

Cielos del Perú S.A.

Cargo: Ingeniero de Mantenimiento

Diciembre 2008 - Marzo 2010

Descripción de tareas:

Ingeniero de Mantenimiento en el departamento de Ingeniería y planificación, Encargado del programa de Confiabilidad, Elaboración de Memorias técnicas y Órdenes de Ingeniería. Diseño de reparaciones estructurales, encargado del programa de envejecimiento estructural.

Abril 2005 - Noviembre 2008

Star Perú S.A.

Cargo: Jefe de Flota B737

Descripción de tareas:

Jefe de Flota B737, Elaboración de programa de Mantenimiento, programación y planificación de tareas de Mantenimiento Predictivo y correctivo, encargado del

programa de confiabilidad, Elaboración de Ordenes de Ingeniería, Diseño de Reparaciones Estructurales, Elaboración de memorias técnicas.

Agosto 1998 - Octubre 2004

Aero Continente S.A.

Cargo: Analista de Planificación de Mantenimiento

Descripción de tareas:

Analista de Ingeniería y Planificación, Encargado de programar, planificar tareas de mantenimiento predictivo y correctivo, Curso de especialización en Estructuras. Mecánico de mantenimiento Aeronáutico en avión sistemas y motores Lic. DGAC 4901. Estudios Abr 2016 - Dic 2017 Perú.

FORMACION ACADEMICA

Universidad Nacional del Callao – UNAC-Perú

Maestría en Gerencia de Mantenimiento (Maestría - Egresado)

Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM - Perú

Ingeniería Mecánica de Fluidos (Grado obtenido - Bachiller)

Abril 1991 - Diciembre 1996

IDIOMAS

Instituto Cultural Peruano Británico - Perú

Ingles Básico, Intermedio, Avanzado (Egresado)

Abril 2006 - Julio 2008

OTROS CURSOS

Instituto Tecsup.

Curso Ms Project y gestión de proyectos. Año 2014.

Curso Gestión de Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Año 2013.

Centro de extensión de la Universidad nacional de Ingeniería

Técnico en Autocad (Básico, Intermedio y Avanzado). Año 2011

Ofimática – (excel, word, power point, access). Año 2010

Curso de Estructuras Boeing – Miami USA. Año Junio 2010

Curso de monitoreo con Condición Pratt & Whitney – Connecticut USA.

Año Febrero 2007.

CAPÍTULO II

CONTEXTO EN LA QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA

2.1 Actividad Económica de la Empresa.

Blufstein es un laboratorio de análisis clínico fundado el año 1997 cuenta con alto nivel en tecnología, orientado a alcanzar la excelencia en el servicio al cliente.

El año 2001, recibió la acreditación del CAP (College of American Pathologists), la más exigente de las acreditaciones de laboratorios clínicos a nivel internacional. El año 2002 logró también la certificación ISO 9001:2008.

En Septiembre del 2017 Unilabs el grupo suizo más importante de Europa adquirió el 90% de las acciones del Laboratorio Clínico Blufstein, con lo cual se convierte en el primer laboratorio clínico del país y uno de los primeros de Latinoamérica. Unilabs está presente en 12 países y cuenta con 196 laboratorios y 44 unidades de diagnóstico en todo el mundo.

Los mejores estándares en materiales y equipos son empleados por personal óptimamente capacitado, los cuales desarrollan las últimas técnicas en sus diferentes locales de moderna infraestructura. Es así que empresas de renombre nacional e internacional vienen requiriendo cada vez más los servicios de Blufstein Laboratorio Clínico. Así mismo, las EPS del Perú y múltiples empresas de salud estatales y privadas sostienen sólidos convenios con nuestro laboratorio.

2.1.1 Datos de la Empresa

Razón Social: BLUFSTEIN LABORATORIO CLINICO S.A.

Domicilio Legal: Av. Jorge Basadre Nro. 1133, San Isidro, Lima 27 - Perú

Teléfono: (51-1) 222-0550

RUC:20299942423

2.1.2 Principales Clientes

- CLÍNICA JAVIER PRADO.
- CLÍNICA RICARDO PALMA.
- CLÍNICA SAN JUDAS TADEO
- CLÍNICA INTERNACIONAL EN LIMA Y OTRAS CIUDADES.
- ESSALUD Y EPS DEL PERU

2.1.3 Mercado

En la actualidad, El laboratorio Blufstein perteneciente al grupo Unilabs está presente en 12 países, en Europa, Emiratos Árabes y Perú. Con más de 196 laboratorios y 44 unidades de imagen y un catálogo de más de 2.500 pruebas de diagnóstico, el grupo Unilabs con sede en Ginebra, emplea a más de 6.800 personas en todo el mundo, explota instalaciones de laboratorio y diagnóstico médico en 14 países, y genera ingresos anuales de 790 Millones de euros.

2.2 Visión

“Ser reconocidos como líderes de Laboratorios de referencia a nivel nacional e internacional en el análisis clínico, ofreciendo soluciones innovadoras en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades relevantes a la salud humana y veterinaria”.

2.3 Misión

“Satisfacer con eficiencia, calidad y alto nivel profesional las necesidades de salud de todas aquellas personas que requieran de nuestros servicios. Estar en el núcleo y origen de cualquier decisión terapéutica eficaz”

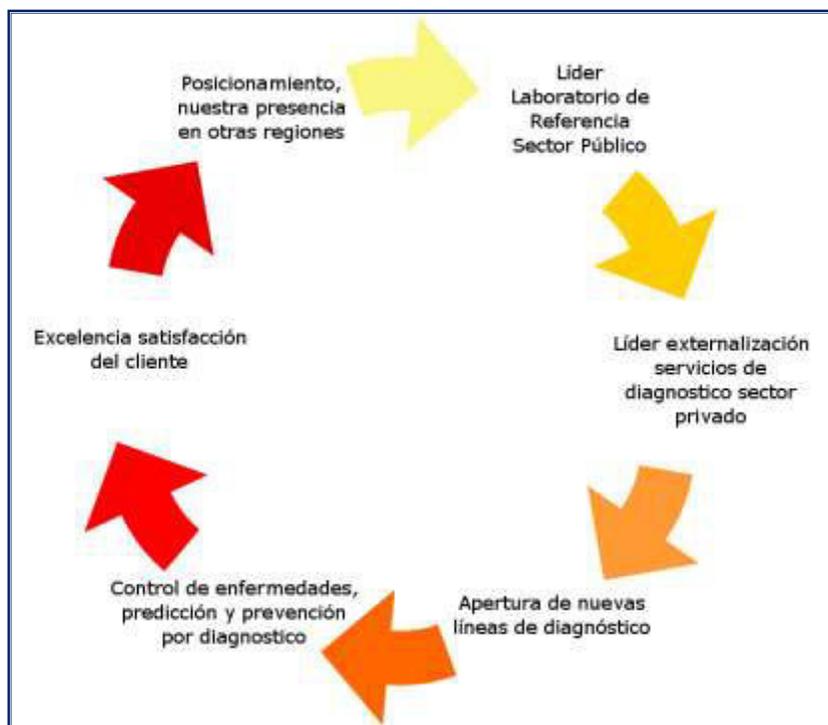


Fig. 1 Misión y Visión de Blufstein Laboratorio Clínico

2.4 Área, Cargo y Funciones Desempeñadas

El autor de este informe de experiencia profesional se desempeña como Jefe en el Área de Mantenimiento, el equipo de esta área se encargó de realizar este Proyecto de optimización de eficiencia energética de los equipos de Aire Acondicionado con el objetivo de reducir el consumo de energía en el laboratorio.

2.5 Experiencia Profesional Realizada en la Organización

A continuación se muestran las funciones realizadas dentro de la organización.

Efectuar inspecciones de las instalaciones del Laboratorio Blufstein para detectar el estado de los equipos, fallas, consumo excesivo de energía y recomendar las reparaciones y/o acciones correctivas pertinentes.

Definir en conjunto con los miembros de cada área los indicadores de mantenimiento para que cumplan con los objetivos definidos por la organización.

Elaborar el plan de Mantenimiento de equipos del laboratorio, mantener actualizado el listado maestro de equipos y los registros de todas las actividades de Mantenimiento.

Atender las solicitudes y reclamos por servicio, mantenimiento y reparaciones, e impartir las correspondientes órdenes para la solución de éstos problemas.

Cumplir con las normas y procedimientos en materia de seguridad integral, establecidos por la organización.

Inspeccionar el progreso, calidad y cantidad de trabajos ejecutados.

Tramitar requisiciones de materiales de mantenimiento y reparaciones.

Apoyar en el proceso de Auditoría Interna al Sistema de Gestión de Calidad



Fig. 2 funciones dentro de la organización

CAPÍTULO III

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

3.1 Identificación del Problema

Los equipos de aire acondicionado fueron instalados en el Laboratorio Blufstein para mantener temperaturas y humedad adecuadas para los pacientes, equipos y personal que labora en ellas. Sin embargo estos equipos consumen demasiada energía eléctrica por lo cual se deben buscar alternativas de mejora con equipos más eficientes. Además de esto el sistema de aire acondicionado que se instale deberá ser capaz de disipar eficazmente la energía liberada por los distintos focos de calor existentes en el laboratorio como estufas, autoclaves, mecheros, placas, baños maría, motores y equipos analíticos que trabajen a temperatura elevada, como espectrofotómetros de absorción atómica, etc.

El Laboratorio Blufstein detecto el año 2017 que el gasto en energía eléctrica en sus equipos de Aire Acondicionado representaba entre el 30% y el 40% del consumo total de energía eléctrica por lo cual surge la importancia de llevar a cabo una operación eficiente de los equipos y una eficaz gestión de mantenimiento que asegure la disponibilidad de los equipos.

El laboratorio busca ser más competitivo ya sea ahorrando energía de distintas fuentes, cambiando equipos, mejorando los hábitos de consumo de energía o aplicando diferentes tecnologías, esto con la finalidad de ser más eficientes energéticamente con la intención de optimizar sus costos operativos reduciendo su facturación de consumo eléctrico.

Para esto deben realizar primero un diagnóstico energético y evaluar las alternativas de cambio para que les permita tomar la mejor decisión.

Esto impulso a realizar un estudio del caso particular del local central del Laboratorio Blufstein, donde su edificación tiene más de diez años de antigüedad, por lo cual hay mayor posibilidad de lograr una mejora de la eficiencia energética, específicamente en los equipos de aire acondicionado.

- A. No se dispone de valores de medición de cargas térmicas en cada uno de los recintos del laboratorio que permitan evaluar si la capacidad de los equipos instalados corresponden a las necesidades del laboratorio.
- B. No existe un eficaz plan de mantenimiento de equipos de aire acondicionado que asegure la disponibilidad y confiabilidad de los equipos para la mejora de las operaciones del laboratorio.
- C. No existen un diagnóstico real del estado y del consumo energético de los equipos de Aire acondicionado para buscar alternativas para optimizar recursos energéticos y económicos para la empresa.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida la cuantificación de cargas térmicas, la optimización del programa de mantenimiento y el diagnóstico del consumo eléctrico se relaciona con la mejora de la eficiencia energética en el Laboratorio Blufstein?

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- a) ¿Cómo se va a cuantificar las cargas térmicas de los recintos del laboratorio Blufstein para determinar si la capacidad de los equipos instalados actualmente corresponde a las necesidades reales del laboratorio?
- b) ¿Cómo la optimización del programa de Mantenimiento de equipos de Aire acondicionado hace posible la mejora en su disponibilidad y confiabilidad?
- c) ¿En qué medida el diagnóstico del consumo eléctrico y la selección de equipos idóneos de Aire acondicionado se relaciona con ahorro de energía y la reducción de costos para el laboratorio?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar las cargas térmicas, optimizar el programa de mantenimiento y diagnosticar el consumo eléctrico para mejorar la eficiencia energética en el Laboratorio Blufstein.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Cuantificar las cargas térmicas de los recintos del laboratorio Blufstein para determinar si la capacidad de los equipos instalados actualmente corresponde a las necesidades reales del laboratorio.
- b) Optimizar el programa de Mantenimiento de equipos de Aire acondicionado para mejorar su disponibilidad y confiabilidad.
- c) Diagnosticar el consumo eléctrico y seleccionar equipos idóneos para el suministro de aire acondicionado que garanticen el ahorro de energía y la reducción de costos para el laboratorio.

3.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

3.4.1 Justificación económica y ahorro energético: Este proyecto traerá beneficios económicos para el laboratorio con el ahorro de costos en el pago de recibos de consumo eléctrico que según estudios previos oscila entre el 20-25%.

3.4.2 Justificación Ecológica y Social: Este proyecto de adquisición de equipos inverter traerá consigo el uso de un refrigerante ecológico R-410 A que es HFC, en reemplazo del R22 HCFC este no contamina la capa de ozono, disminuirá las emisiones de CO₂, proporciona confort térmico sin cambios bruscos de temperatura y disminuirá el ruido.

3.4.3 Justificación personal y profesional: Este proyecto que sugiere el uso de tecnología inverter más eficiente que las convencionales, mejorara la gestión energética de estos equipos con medidas planificadas y llevadas a cabo para

conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía manteniendo inalterables los niveles de confort y productividad.

3.5 DELIMITACIÓN DEL INFORME

3.5.1 Delimitación espacial

Esta investigación se encuentra en el ámbito de la Ingeniería área de Mantenimiento específicamente en el área de mantenimiento de equipos de aire acondicionado, por lo tanto el trabajo descrito está delimitado dentro de las instalaciones de la sede central de Blufstein laboratorio Clínico.

3.5.2 Delimitación temporal

El presente informe, de la descripción de la experiencia profesional se realiza en el período Febrero 2015 hasta la actualidad (2018).

3.5.3 Delimitación conceptual

El presente estudio se encuentra en el ámbito de la ingeniería, área de Mantenimiento, por lo tanto se toma como modelo teórico las variables descritas a continuación:

3.6 VARIABLES E HIPÓTESIS

3.6.1 Definición de las variables

Se han identificado las siguientes variables:

- a) Variable X = Diagnóstico del consumo energético y Uso de tecnología inverter.
- b) Variable Y = Plan de Ahorro de energía

3.6.2 Operacionalizacion de variables

Variables	Indicadores	Medición
Variable Independiente Diagnostico energético	Equipos de Aire Acondicionado Pérdida de Energía	Facturación eléctrica Mensual Eficiencia
Variable Dependiente Plan de ahorro de energía	Pérdida de Energía. Pérdida Económica. Laboratorio con eficiencia energética	Instrumentos de medición eléctrica. Indicadores económicos.

Tabla 1: Operacionalizacion de variables

3.7 Hipótesis General e hipótesis específicas

3.7.1 Hipótesis General

Si se cuantifican las cargas térmicas, se optimiza el programa de mantenimiento y se diagnostica el consumo eléctrico se mejorara la eficiencia energética en el Laboratorio Blufstein.

3.7.2. Hipótesis Específicas

- a) Si se cuantifican las cargas térmicas de los recintos del laboratorio se determinara si la capacidad de los equipos instalados actualmente corresponde a sus necesidades reales.
- b) Si se optimiza el programa de Mantenimiento de equipos de Aire acondicionado se mejorara su disponibilidad y confiabilidad.
- c) Si se diagnostica el consumo eléctrico y seleccionan equipos idóneos para el suministro de aire acondicionado se ahorrara energía y se reducirán los costos.

CAPÍTULO IV

MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía con el uso eficiente de la energía de este modo se optimizan los procesos productivos y el empleo de la energía. Para obtener resultados favorables en cuanto a la Eficiencia Energética, es necesario un estudio exhaustivo de todas las variables al interior de la edificación o local analizando la energía que se gasta contrastándola con la que se debería gastar. Para de esta manera ofrecer soluciones y alternativas de mejora ante la posible baja eficiencia. Todo esto se desarrolló en el presente proyecto de investigación, desde el ámbito de los equipos de aire acondicionado.

Este estudio compara el comportamiento del consumo energético para dos tecnologías diferentes de climatización al interior del Laboratorio Blufstein.

Durante el desarrollo de esta investigación se identificaron los equipos, se calculó sus cargas térmicas y se realizó una comparación del consumo energético entre el sistema de climatización convencional tipo mini Split con un sistema con tecnología inverter, considerando las mismas condiciones de carga. interna y externas.

La finalidad de la presente investigación es ofrecer recomendaciones para el mejoramiento de la eficiencia energética del laboratorio con la elección de equipos de aire acondicionado más eficientes.



Fig. 3 Eficiencia Energética

4.1 Antecedentes de estudio

Existen diversos trabajos de investigación relacionados con el presente proyecto, pero con diferentes unidades de análisis.

- En la biblioteca Central de la Universidad Católica del Perú se encuentra la Tesis Diseño del Sistema de Aire Acondicionado de una Oficina Zonal Publica en Pucallpa, cuyo autor es Gustavo Dorregaray Portilla, que presento y sustento para obtener el grado de Ingeniero Mecánico, en el año 2008.
- En la Biblioteca Central de la Universidad de Carabobo-España, se encuentra la Tesis Diseño del Plan de Ahorro Energético en el Edificio Escorpio, Universidad de Carabobo, cuyo autor es Eva Monagas, quien presento y sustento para obtener el grado de Ingeniero Electrónico, en el año 2010. El siguiente estudio consta del diseño preliminar del Plan de Ahorro Energético de las dependencias de la Universidad de Carabobo ubicadas en Edificio Escorpio para su aprobación, en virtud de dos inspecciones realizadas al edificio que arrojaron una ineficiencia considerable y pérdidas de energía y dinero se adecuo la implementación de un plan energético para optimizar los equipos eléctrico y lograr una eficiencia energética.
- En la Biblioteca Central de la Universidad Politécnica de Latacunga-Ecuador, se encuentra la Tesis Auditoría Energética de la Escuela Politécnica del Ejercito", cuyo autor es- Franklin Marcelo Núñez Salguero, quien presentó y sustentó para obtener el grado de Ingeniero de Ejecución en Electromecánica, en el año 2005.

Realizar una campaña del uso racional de la energía eléctrica, en la cual intervengan todos los miembros de la ESPE - LATACUNGA, ya que una adecuada cultura de consumo puede llegar hacer fundamental al momento de reducir costos por facturación de energía eléctrica.

4.2 Definición de Términos

Para hacer una explicación clara de los objetivos del presente trabajo de investigación es necesario dejar en claro una serie de fundamentos teóricos que lo sustentan.

Ashrae: Siglas del inglés de American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado). (García Almiñana, 2007)

Climatización: Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.

Eficiencia energética: Obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.

Refrigeración: Proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo o un espacio.

Termohigrometro: Instrumento utilizado para medir tres variables fundamentales: Temperatura, y Humedad del Aire.

Blower: Ventilador encargado de extraer el aire e impulsarlo a través del evaporador del ciclo de refrigeración de los aires acondicionados.

Calor: Es la forma o manifestación de energía propia de los movimientos a que están sujetas las moléculas que constituyen los cuerpos. Al calentarse un cuerpo aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos, según la cantidad de calor entregada, en el proceso de enfriamiento ocurre lo contrario. El calor puede cuantificarse entonces teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales: intensidad de calor y cantidad de calor.

Calor Sensible: Cantidad de calor que se suministra o sustrae en una sustancia a presión constante para aumentar o disminuir la temperatura respectivamente.

Calor Latente: Cantidad de calor que se suministra o sustrae de una sustancia para pasar de un estado físico a otro sin variar su temperatura.

Entalpia: Cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

Humedad relativa: Cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para saturar el aire.

Humedad absoluta: Cantidad de vapor de agua por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos). Es uno de los modos de valorar la cantidad de vapor contenido en el aire, lo que sirve, con el dato de la temperatura, para estimar la capacidad del aire para admitir o no mayor cantidad de vapor.

Refrigerante R-22: Es un clorodifluormetano comúnmente usado en los sistemas de aire acondicionado y en varias otras aplicaciones de refrigeración. Su principal ventaja es el bajo punto de fusión (-157°C); sin embargo su impacto al medio ambiente es negativo.

Refrigerante R-410A: Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE como no tóxico y no inflamable. Contiene en su composición HFC (Hidrofluorocarbonado). Es más eficiente que el R-22, sin embargo las presiones a las que trabaja son 1,6 veces más altas.

Temperatura bulbo seco: Es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.

Termómetro de bulbo húmedo: Es un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua. Al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua.

Volumen Específico: Se define como el volumen por unidad de masa. Es decir, el recíproco de la densidad.

Zona de Confort: El ser humano está cómodo bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está cómoda en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21° C y 29° C.

Carga Térmica: La carga térmica en aire acondicionado, llamada también carga de refrigeración, la cual se define como la cantidad neta de calor que se retira del recinto. (Pita, 2005)

Aire atmosférico: Es una mezcla de aire seco y vapor de agua, se llama también aire húmedo. (Pita, 2005)

Termómetro: Es un instrumento o dispositivo que permite medir la temperatura promedio de un cuerpo o medio circundante que se encuentre en contacto con este.

El termómetro más utilizado es el de mercurio, el cual aprovecha el principio básico de que al disminuir la temperatura el fluido se contrae y al aumentar esta la sustancia se dilata, con esto y con una escala pre-establecida en el dispositivo de medición, se pueden realizar la toma de la temperatura a la que se encuentre un cuerpo o medio.

Temperatura: Es una medida de la actividad térmica de las partículas que componen un cuerpo. (Pita, 2005)

Temperatura del punto de rocío: Temperatura a partir de la cual empieza a condensar el vapor de agua. Es la temperatura a la cual la presión del vapor de agua corresponde con la presión de saturación del vapor de agua. (García Almiñana, 2007)

Relación de Humedad: La relación de humedad, también llamada humedad específica, es el peso del vapor de agua por libra de aire seco, expresado en lb/lb de aire seco, o en granos de agua por libra de aire seco. (Pita, 2005)

$$W = m_w / m_a$$

Ecuación 1. Relación de Humedad.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005.

En donde:

W: relación de humedad.

m_w : peso del vapor de agua (lb).

m_a : peso de aire seco (lb).

Humedad relativa: Es la relación de presión real de vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco, se expresa porcentual. Las presiones de saturación del vapor de agua se encuentran en las tablas de vapor, a la temperatura de bulbo seco. (Pita, 2005).

$$HR = P_w / P_{ws} \times 100\%$$

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005.

En donde: HR: Humedad relativa (%).

Pw: presión parcial de vapor de agua a la temperatura de bulbo seco.

Pws: Presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de bulbo seco.

Volumen específico: Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco, se puede expresar en ft³/lb, también se puede describir en m³/kg. (Pita, 2005)

Unidad Térmica Británica: Esta es definida como la cantidad de calor necesario para cambiar la temperatura de una libra (1 lb) de agua de 1 °F a 59 °F, su unidad es el Btu por sus siglas del inglés British thermal unit (Pita, 2005)

Entalpía específica: Es el contenido de calor del aire por unidad de peso de aire, por unidad de peso, se simboliza con una h y se expresa en el sistema inglés Btu/lb de aire seco y en el SI como kJ/kg. (Pita, 2005)

Laboratorio Clínico: Adaptar los métodos de la física y de la química analítica y de otras disciplinas básicas, al estudio de los líquidos y tejidos del ser humano, con el fin de servir de apoyo a la clínica, suministrándole información fiable y útil para el correcto diagnóstico de las enfermedades, para el seguimiento de su curso evolutivo y para el control de la eficacia de la terapéutica aplicada. Para llevar a cabo esta labor se desarrolla una serie de actividades: (Morrison Treseler, 1995)

Laboratorio de Bacteriología: En el laboratorio de bacteriología se desarrollan técnicas de diagnóstico directo e indirecto de las infecciones ocasionadas por bacterias y hongos. Las diferentes unidades procesan las distintas muestras clínicas, según su procedencia y la búsqueda de determinados patógenos, para obtener un máximo rendimiento de los distintos abordajes. (Asenjo Sebastián, Bohigas Santasusagna, Prat Marín, & Trilla García, 2006)

Laboratorio de serología: En el laboratorio de serología se realiza análisis de sangre para detectar la presencia de anticuerpos contra un microorganismo en específico.

Ciertos microorganismos estimulan al cuerpo para producir anticuerpos durante el desarrollo de una infección activa. (Morrison Treseler, 1995)

Laboratorio de hematología: En un laboratorio de hematología se realizan análisis en los cuales se reportan los valores correspondientes a la cantidad y

distribución porcentual de las distintas células de la sangre, el valor de hemoglobina y los llamados índices hematimétricos.

El estudio de hematología se realiza al analizar una muestra de sangre que debe ser tomada en un tubo que contenga un anticoagulante, sustancia que impedirá la coagulación de la sangre con el fin de que puedan ser evaluadas las distintas células que la conforman y se depositan en un tubo al vacío con tapa morada, para su identificación. (Morrison Treseler, 1995)

Laboratorio de Bioquímica: La química clínica es un grupo de análisis de laboratorio, tanto cuantitativa y cualitativamente, que se efectúan en la fracción sérica de la sangre de un individuo; glucosa, urea y creatinina, estas técnicas conllevan a análisis Clínicos, análisis de laboratorio, pruebas de laboratorio y estudios de laboratorio. (Asenjo Sebastián, Bohigas Santasusagna, Prat Marín, & Trilla García, 2006)

Acondicionamiento del aire: Proceso de tratamiento del aire en un ambiente interior, con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento para mantener las condiciones de confort. (Pita, 2005)

Ventilación: Es el método de controlar los contaminantes ambientales en el lugar de trabajo. La ventilación no modifica las características del aire, con respecto a su temperatura, humedad relativa, se centra en el movimiento del aire y su consiguiente desplazamiento y traslación. (Carnicer Royo, 1998)

Renovaciones o cambios de aire: Es la cantidad de aire necesaria para efectuar una ventilación puede depender entre otros factores de: (Carnicer Royo, 1998)

- Dimensiones y características del recinto.
- Actividad a realizar en el recinto.
- Calor a disipar.



Fig. 4 Acondicionamiento de aire en el Laboratorio

Psicrometría: La psicrometría es la ciencia que estudia la determinación de las propiedades termodinámicas del aire húmedo, así como el empleo de dichas propiedades para analizar las condiciones y procesos que afectan al aire húmedo. Según el modelo de ASHRAE define la psicrometría como el estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y la utilización de estas propiedades para el análisis de las condiciones y de los procesos en los que interviene el aire húmedo. (García Almiñana, 2007).

La carta psicrométrica: Las propiedades del aire atmosférico se pueden representar en tablas o en forma de gráfica. A la forma gráfica se le llama carta psicrométrica, el empleo de esta es universal por qué aporta gran cantidad de información en forma muy sencilla en forma muy sencilla y por qué ayuda a estudiar los procesos de acondicionamiento del aire.

4.3 Marco Teórico y Conceptual

4.3.1 Historia del Aire Acondicionado.

En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor.

- La presión y la temperatura están directamente relacionadas.

No fue hasta 1906 que Carrier, siendo empleado de la Buffalo Forge Company, patentó su primer equipo como un aparato para tratar el aire.

Actualmente en la sociedad muchos productos y servicios vitales dependen del control del clima interno; la comida, la ropa que vestimos y la biotecnología de donde se obtienen químicos, plásticos y fertilizantes.

El aire acondicionado juega un rol importante en la medicina moderna, desde sus aplicaciones en cuidados de bebés y las salas de cirugía hasta sus usos en laboratorios de investigación.

El aire acondicionado ha hecho posible el crecimiento y desarrollo de las áreas tropicales, proporcionando los medios para más y mejores vidas productivas. Docenas de ciudades desérticas, desde el Ecuador hasta Arabia Saudita no existirían aún hoy, Sin la habilidad del hombre para controlar su medio ambiente.

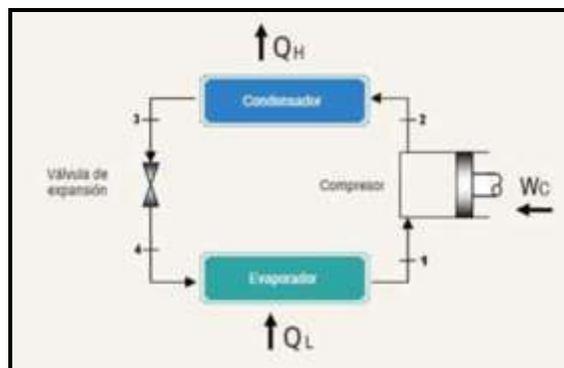


Fig. 5 Elementos básicos del Ciclo de Refrigeración

4.3.2 Ciclo Inverso de Carnot (Ciclo de Refrigeración).

De acuerdo con Lord Kelvin es imposible transformar en trabajo el calor que se toma de una única fuente de temperatura uniforme mediante una transformación que no produzca ningún otro cambio en los sistemas que intervienen en ella, para realizarla se necesitan por lo menos dos fuentes a dos temperaturas distintas, T_1 y T_2 . Si están dichas fuentes, se puede transformar el calor en trabajo por medio del proceso siguiente, denominado ciclo de Carnot. Al considerar un fluido cuyo estado pueda representarse sobre un diagrama P - V , (presión-volumen) se observan dos transformaciones adiabáticas (se dice que una transformación de un sistema

termodinámico es adiabática si es reversible y si el sistema esta térmicamente aislado de tal modo que no pueda haber intercambio de calor entre él y el medio circulante mientras se realiza la transformación) y dos transformaciones isotérmicas correspondientes a las temperaturas T_1 y T_2 (es la transformación durante la cual la temperatura del sistema permanece constante).

Estas cuatro curvas se interceptan en los puntos A, B, C y D como se muestra en la siguiente figura.

El ciclo inverso de Carnot empieza por el punto C, se comprime adiabáticamente de C a B, enseguida viene una compresión isotérmica de B a A, luego una expansión adiabática de A a D y se regresa a C con una expansión isotérmica de D a C. Sobre el gas se realiza trabajo durante la compresión, y el gas realiza trabajo durante la expansión. El trabajo neto, es la diferencia representada en el diagrama P-V como el área C, B, A, D.

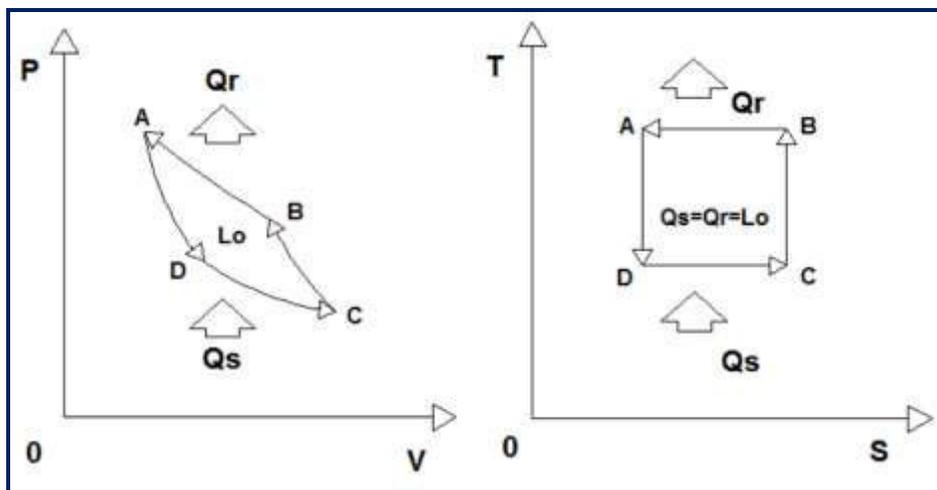


Fig. 6 Ciclo inverso de Carnot

Sean AB y CD las isotermas de temperatura T_1 y T_2 respectivamente. AC Y BD son las adiabáticas.

La transformación cíclica reversible ABCDA, es lo que se llama un ciclo de Carnot y se dice que una transformación es reversible cuando los sucesivos estados de la transformación difieren de los estados de equilibrio en cantidades infinitesimales. Una transformación reversible se realiza en la práctica variando muy lentamente las condiciones externas para así permitir que el sistema se ajuste gradualmente a las nuevas condiciones. Por ejemplo: se puede producir una expansión reversible

en un gas encerrándolo dentro de un cilindro con un émbolo móvil y desplazado este hacia afuera muy lentamente. Si se desplaza bruscamente se formarían corrientes en la masa gaseosa en expansión y los estados intermedios dejarían de ser estados de equilibrio.

4.3.3 Elementos del Ciclo de Refrigeración

El sistema consiste básicamente en cuatro dispositivos indispensables para conseguir un ciclo termodinámico cerrado y varios equipos auxiliares sin ser absolutamente necesarios.

Una forma sencilla y breve de explicar sin entrar en detalles de precisión y el recorrido que realiza el refrigerante a lo largo de un ciclo completo en una máquina de refrigeración es la siguiente:

El refrigerante es aspirado por el compresor. En ese instante los gases son comprimidos a alta presión recibiendo una energía mecánica y pasando a la cámara de descarga. El gas recalentado pasa así al condensador donde se enfría al ceder calor al medio que lo rodea, normalmente aire, hasta llegar a la temperatura a la cual se condensa pasando así al estado líquido. La temperatura a la cual se produce este cambio depende de la presión existente en esos momentos en el condensador y de la naturaleza del refrigerante que utilice el sistema.

El refrigerante en estado líquido sale del condensador y se dirige a la válvula de expansión. Dicha válvula hace pasar el refrigerante a través de un orificio muy pequeño provocándole una fuerte pérdida de presión llevando de este modo al refrigerante a una presión y temperatura inferior entrando en ese estado en el evaporador. Una vez que se encuentra en el interior del evaporador el refrigerante comienza a hervir debido al calor que absorbe del medio circulante, hasta pasar todo a estado gaseoso. Todo este proceso se debe a que la temperatura a la cual se evapora el refrigerante es muy baja. El gas se dirige entonces al compresor donde es aspirado de nuevo por éste y dando comienzo un nuevo ciclo.

Los elementos principales del ciclo de refrigeración son:

Válvula de Expansión

Es un dispositivo de diseño especial que dosifica y controla automáticamente el

flujo del refrigerante en la línea del líquido al evaporador, haciendo que la presión del refrigerante disminuya

Evaporador

La forma y el modelo de serpentín dependen del tipo de enfriamiento deseado, ya que en su interior circula el refrigerante el cual mediante la absorción del calor del medio que lo rodea se transforma del estado líquido al estado de vapor.

Compresor

El compresor puede ser de tipo recíprocante, centrífugo o rotatorio, el cual tiene por objetivo elevar la temperatura del gas refrigerante a un valor tal que su punto de condensación sea superior a la temperatura de los medios disponibles para que se realice la condensación.

La construcción y aplicación de este compresor también está en función del refrigerante manejado.

Condensador

Consta de un serpentín destinado a transformar el vapor refrigerante de alta presión, que proporciona el compresor, en líquido refrigerante a la misma presión, mediante el contacto con aire y/o agua del medio ambiente. Al igual que los otros dispositivos también existen diferentes tipos de condensadores.

Los elementos auxiliares que requieren en estos sistemas son:

- Separadores de Aceite
- Filtro Deshidratador
- Indicadores de Fluido.
- Manómetros
- Sensores Eléctricos.
- Termómetros.
- Válvulas de Seccionamiento o de servicio.
- Controles para protección de equipo.

Los siguientes pasos pueden hacer más comprensibles el ciclo y el flujo del refrigerante.

a) Por aspecto práctico el ciclo del refrigerante empieza en el orificio del dispositivo de control.

- b) El líquido de alta temperatura y de alta presión reduce los parámetros cuando entra en la válvula de expansión (dispositivo de control).
- c) El dispositivo de control gobierna el flujo del refrigerante y separa el lado de alta y el lado de baja presión del sistema.
- d) El refrigerante se evapora al absorber calor del evaporador.
- e) La capacidad de evaporación se controla con el compresor.
- f) El vapor refrigerante sale del evaporador con un sobre calentamiento de aproximadamente 10°F, esto es, 10°F más que la temperatura de evaporación.

Los refrigerantes:

Son fluidos que absorben calor al evaporarse a baja presión y lo cede al condensarse a alta temperatura y presión.

Se han utilizado varios refrigerantes a lo largo de la historia, habiendo demostrado que algunos son mejores que otros en ciertos aspectos. Se podría afirmar que cada uno tiene sus factores a favor y en contra. En estos tiempos, se introduce un criterio importantísimo que quizás no se manejaba antes con tanto esmero y es el cuidado del medio ambiente, ante esto han aparecido nuevos refrigerantes denominados ecológicos como es el caso del R-134 A, R-410 A y el R-140 A.

Refrigerante R-410 A Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE como no tóxico y no inflamable. Contiene en su composición HFC (Hidro fluor carbonado). Es más eficiente que el R-22, sin embargo las presiones a las que trabaja son 1,6 veces más altas.

4.3.4 Tipos de Aires Acondicionados

En el mercado existen multitud de tipos de sistemas de aire acondicionado; estos varían según su forma y funcionamiento. Son diversos los tipos teniendo en cuenta cada una de las marcas existentes; sin embargo a continuación solo serán relacionados los que han sido objeto de estudio dentro del presente proyecto investigativo.

Sistema de Aire Acondicionado Central: Este es un equipo de descarga indirecta, mediante red de conductos y emisión de airea través de rejillas en pared o difusores en techo. El control es individual por equipo, y se realiza de acuerdo

con las condiciones de confort de la habitación más representativa. El equipo necesita una toma de aire exterior. Se puede colocar en un falso techo o en un armario, existiendo modelos horizontales y verticales.

Split (Consola de Pared): Resuelve necesidades de confort en recintos pequeños. Son de fácil instalación y relativo bajo costo de la misma; aparte de un mantenimiento más espaciado y relativamente fácil. Cabe anotar que son de baja capacidad¹⁵.

Split (Consola de Techo): Es especial para recintos con alta rotación de personas y ambientes abiertos. Es de instalación relativamente sencilla y de bajo costo para el tipo de aplicación. Debido a que se ubican en ambientes con alta rotación de personas, el mantenimiento debe ser periódico.

Tecnología Inverter: Considerada una buena propuesta para contribuir al ahorro energético y el cuidado del medioambiente, la tecnología inverter cuenta con características ampliamente recomendables a consecuencia de los beneficios que ofrece.

La tecnología o sistema Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico. En lugar de arrancar y parar frecuentemente, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala. Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor.

Un sistema de climatización tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura (24°C), lo hará repitiendo continuamente ciclos de encendido/apagado, mientras que uno con Inverter llevará más rápidamente la habitación a la citada temperatura sin necesitar después esos ciclos.



Fig. 7 Tipos de Aires Acondicionados



Fig. 8 Aires Acondicionado Multi split Inverter

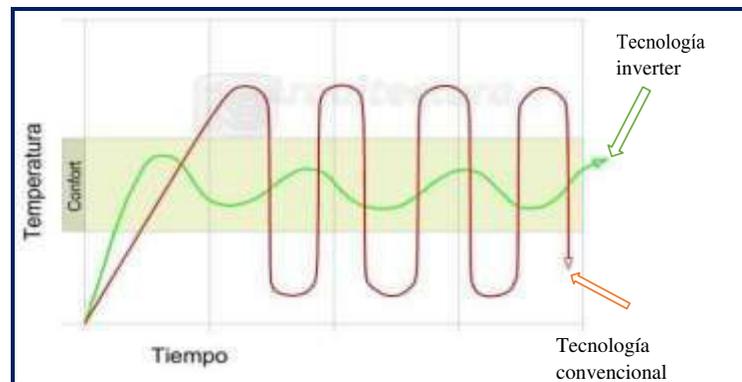


Fig. 9 Comparación Aire acondicionado inverter vs Convencional

La línea roja representa la temperatura en una habitación empleando un sistema convencional, y la línea verde la de uno con Inverter.

El cuadrante amarillo representa el área de confort térmico, es decir entre 23 °C y 25 °C, los aires acondicionados convencionales (línea roja) mantienen la temperatura interna por encima o por debajo de esa temperatura dando al

ocupante la sensación de frío excesivo y las máquinas tienden a trabajar mayor tiempo para alcanzar la zona de confort con sus continuos arranques y apagados, que se traduce en deterioro de la máquina. Algo que no ocurre con los sistemas inverter (línea verde) mantienen esta zona de manera precisa ya que no tienden a estar enciende y apaga el equipo, sino solo disminuye las revoluciones de acuerdo a la demanda por lo que una vez ubicado en esta temperatura se mantiene constante, sin apagar totalmente el compresor del equipo.

4.3.5 Eficiencia Energética en Aires Acondicionados

En los aires acondicionados, la eficiencia energética compara la cantidad de energía eléctrica que consume el equipo para absorber el calor generado por el recinto. A nivel internacional la eficiencia de los aires acondicionados es comúnmente medido por el Factor de Eficiencia de Energía Ambiental (SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio). A medida que este índice sea mayor, representa una mejor tecnología y por lo tanto mayor eficiencia del Aire Acondicionado.

$$\text{SEER} = \text{Q total} / \text{Potencia real}$$

Donde Q Total (Calor Total) es la suma de Calor Sensible (Qs) y Calor Latente (Ql); y Potencia real es el producto de multiplicar el amperaje y el voltaje que consume un equipo.

Es necesario aclarar que no existe una organización que determine el rango de eficiencia energética permitido; por tanto los estudios se han basado en las normativas existentes en países que sirven de ejemplo, como es el caso de Estados Unidos. Para 1990 en este país, se encomendó un índice SEER mínimo de 1027, por lo cual también se recomienda de esta manera.

Sin embargo, para tener una mejora considerablemente mayor en la eficiencia energética, se recomienda usar un SEER de 13 BTU/Watt para nuevas tecnologías.

4.3.6 Definición del acondicionamiento del Aire.

El acondicionamiento de aire es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las

condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire adentro de los locales.

Correctamente empleado, el termino acondicionamiento de aire significa controlar la temperatura, la circulación, la humedad y la pureza del aire que respiramos y en el que vivimos o, hablando en términos más generales, el acondicionamiento del aire completo del aire significa calentar el aire en invierno, enfriarlo en verano, circular el aire y renovarlo en estas dos estaciones del año, humedecerlo (añadirle humedad) cuando es demasiado seco y filtrar o lavar el aire para privarle el polvo y los posibles microbios que contengan tanto en el verano como en el invierno, cualquier sistema que solo realiza una o dos funciones, pero no todas ellas, no es un sistema completo de acondicionamiento del aire.

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire (aunque a menudo no del todo). Los segundos tienen un/unos acondicionador/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema centralizado. Para que un sistema de acondicionamiento lleve a cabo su función en forma adecuada debe operar en forma simultánea y continua sobre las magnitudes siguientes:

- Temperatura
- Calefacción
- Refrigeración
- Humedad
- Humificación
- Desumidificación
- Velocidad
- Distribución del aire
- Niveles de ruido
- Pureza
- Filtración
- Esterilizado

Condiciones para el acondicionamiento del aire.

Es posible calcular en determinadas condiciones, valores promedio de las propiedades psicométricas del aire en las que el ser humano goza al máximo bienestar, las cuales son:

- a) La temperatura del aire
- b) La humedad del aire.
- c) El movimiento del aire.
- d) La pureza del aire.

El acondicionamiento del aire como proceso consiste en tratar de modo que queden reguladas simultáneamente su temperatura, su humedad, su pureza y su distribución, a fin de que cumplan las condiciones exigidas por el espacio acondicionado en cualquier época del año.

Obtener una carga de enfriamiento es por lo general, más costoso que una de calentamiento. El tamaño de la unidad necesaria se determina con exactitud calculando la ganancia o pérdida de calos del área que se ha de acondicionar.

El aire acondicionado comprende calefacción, refrigeración, humidificación, deshumidificación, ventilación, limpieza de impurezas y circulación del aire.

La composición volumétrica del aire puro se establece dentro de los siguientes parámetros:

Composición Volumétrica del Aire	
Oxígeno	20.99%
Anhidrido carbónico	0.44%
Nitrógeno	78.03%
Vapor de agua	Variable
Otros Gases	0.04%

Tabla 2: Composición Volumétrica del Aire

Impurezas: humos de sulfuros, ácidos, polvos, cenizas, minerales, microorganismos, etc.

La cantidad de vapor de agua en el aire varía de lugar y de acuerdo a las condiciones atmosféricas locales, siendo normalmente de 1% a 3% de la masa de la mezcla.

Zona de Confort: El ser humano esta confortable bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está confortable en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21° C y 29° C.

Aplicaciones del Acondicionamiento del Aire.

El uso del aire acondicionado tiene dos aplicaciones:

- Mantener el confort humano.
- Controlar un proceso industrial.

Las condiciones que deben mantenerse en un proceso industrial dependen de la naturaleza del mismo o de los materiales que se manejan, mientras que en un sistema para la comodidad humana, las condiciones son dictadas por las demandas del cuerpo y por lo tanto. Es necesario conocer las funciones esenciales de este para saber lo que es requerido de un sistema para el acondicionamiento del aire.

El acondicionamiento de aire en casas particulares, que antiguamente se consideraba un lujo exorbitante, es hoy una necesidad en todos los lugares con climas extremos. Las necesidades básicas para una instalación de aire acondicionado son pues, equipo fácilmente accesible, simplicidad de diseño y facilidad de instalación.

Acondicionamiento ambiental del laboratorio Clínico

El propósito del acondicionamiento del aire es obtener una situación de confort termohigrometrico para el personal ubicado en un área, salvo en aquellas situaciones que requieran determinadas condiciones de temperatura o humedad, en cuyo caso estos parámetros vendrán fijados por criterios diferentes al confort. El ambiente general del laboratorio puede ser acondicionado actuando sobre la temperatura, la humedad relativa, el índice de ventilación y la humedad del aire, teniendo en cuenta los condicionantes propios del laboratorio. En el caso en que el

laboratorio se halle integrado en un edificio y comparta con otras instalaciones un sistema general de aire acondicionado, a la propia dificultad de acondicionar adecuadamente el laboratorio, se añaden otros problemas: la propagación de un posible incendio y la dispersión de contaminaciones residuales del laboratorio hacia instalaciones anexas.

Por todo ello, la recomendación básica al diseñar un sistema de acondicionamiento para un laboratorio, es que tal sistema sea independiente y exclusivo. Partiendo de esta base, y sin entrar en detalles de cálculo ni constructivos, se comentan algunos aspectos que deben ser tenidos en cuenta en el proyecto.

Características específicas del laboratorio Clínico

El proyecto del acondicionamiento ambiental para el laboratorio Clínico debe considerar ciertas peculiaridades que han de influir notablemente en el diseño de los sistemas. Las más relevantes en este sentido son las posibles situaciones termohigrométricas generadas por la propia actividad del laboratorio, los focos de calor existentes los sistemas de extracción localizada de contaminantes, la posible contaminación química y la existencia de áreas de actividades específicas.

Situaciones termohigrométricas

En principio, las situaciones más apartadas del confort termohigrométrico que pueden plantearse en los laboratorios vendrán determinadas por las condiciones externas y por determinadas instalaciones propias, tales como focos de calor o instalaciones frigoríficas. Las condiciones más incómodas suelen presentarse durante la realización de ciertas tareas o técnicas que impliquen la utilización de focos de calor directo o indirecto. Estas situaciones provocarán el manifiesto disconfort del operador y una mayor predisposición a los errores. Por otro lado, unas condiciones térmicas sensiblemente apartadas de las anormales pueden ser el origen de errores metodológicos.

No son frecuentes las situaciones de disconfort creadas por bajas temperaturas en épocas invernales, puesto que, aunque se carezca de sistemas acondicionadores, siempre estarán presentes algunos elementos o aparatos calefactores. En estos casos es necesario llamar la atención sobre los riesgos de incendio, explosión y contactos eléctricos que pueden introducir en el laboratorio las unidades eléctricas

de calefacción, desaconsejándolas absolutamente.

Por otra parte, si el laboratorio dispone de recintos frigoríficos para conservar o almacenar muestras o materiales, el personal pasar bruscamente de situaciones termohigrométricas convencionales a otras que pueden alcanzar varios grados por debajo de cero. En tales casos, además del lógico equipamiento mediante prendas de abrigo, es conveniente que el área inmediata al acceso de estas instalaciones frigoríficas, se encuentre en situación de adaptación termohigrométrica.

Focos de calor

El sistema de aire acondicionado deberá ser capaz de disipar eficazmente la energía liberada por los distintos focos de calor existentes en el laboratorio: estufas, autoclaves, muflas, mecheros, placas, baños maría y mantas calefactoras, motores, además de los instrumentos analíticos que trabajen a temperatura elevada, como pueden ser espectrofotómetros de absorción atómica, cromatografos de gases, etc.

Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción localizada del laboratorio (vitrinas de gases, cabinas de seguridad biológica, campanas), retiran al exterior un considerable volumen de aire, que es sustraído directamente del propio laboratorio. Son muy considerables las pérdidas de energía (calor en invierno y frío en verano) que provocan las mencionadas extracciones, debiéndose prever, en el proyecto del acondicionamiento de aire, los suministros adicionales de aire tratado que compensen tales pérdidas.

Contaminación química

Como ya se indicara con anterioridad, deberá resolverse previa y satisfactoriamente todo tipo de contaminación generada en el laboratorio, si se pretenden mantener las prestaciones del futuro sistema de acondicionamiento de aire. En efecto, si en el laboratorio se presentan episodios de contaminación no resueltos por los sistemas de extracción localizada existentes, se recurre a extractores implantados en muros o ventanas, o bien a la apertura de estas e incluso de las puertas. Además de lo dudoso e inadecuado de tales recursos, se

producirá la descompensación del sistema acondicionador así como una posible contaminación de zonas anexas.

Áreas específicas dependiendo del tamaño del laboratorio y de sus líneas de trabajo, es frecuente encontrar distintas zonas o áreas especializadas en diversas actividades: sala de balanzas, de instrumental, zona común, zonas limpias, almacén, etc. Es obvio que todas estas áreas específicas no requieren las mismas exigencias. Si además se cuenta con zonas especiales dedicadas a estufas, baños maría, u otras actividades que requieran fuertes aportes energéticos, el acondicionamiento de semejantes áreas deberá presentar

Características especiales.

El sistema de aire acondicionado debe ser capaz de disipar la energía desprendida en las distintas áreas del laboratorio, de generar y mantener un clima adecuado en cada una de ellas, y finalmente, de compensar con aire limpio y tratado, todo el volumen de aire retirado por los sistemas extractores.

Siempre desde el punto de vista del acondicionamiento del aire, puntualizando aspectos ya contemplados y considerando ciertas circunstancias habituales del laboratorio que ya deberá tener controlados los posibles riesgos químicos y biológicos.

Este deberá presentar las siguientes características:

Elevado número de equipos generadores de calor.

Parte de los equipos generan más calor latente que sensible.

Bajo índice de utilización simultánea de equipos.

Elevado volumen de aire evacuado por las extracciones.

Áreas en las que debe limitarse el movimiento de aire.

Zonas de diferente exigencia.

Posible existencia de zonas limpias.

4.3.7 El Calor

El calor es una forma de energía, transferida en virtud de una diferencia de temperatura. El calor existe en todos los cuerpos, en cualquier parte, en mayor o menor grado. Como cualquier forma de energía no puede ser creada ni destruida, aunque otra forma de energía pueda convertirse en calor y viceversa.

Cuanto más se calienta un material cualquiera, tanto más rápido es el movimiento de las moléculas de las que toda sustancia o materia está compuesta.

Si se aplica suficiente cantidad de calor, el líquido hervirá y se convertirá en vapor. De manera natural, el calor viaja en una sola dirección de un objeto o área más caliente a una más fría.

Calor Sensible

Es el calor que podemos sentir o medir con algún instrumento. Es el calor que causa un cambio en la temperatura de la sustancia, pero no un cambio en el estado. Por ejemplo, si se calienta agua sobre una llama, podemos sentir la elevación de la temperatura sumergiendo un dedo en el agua. Cuando la temperatura de un líquido o de una sustancia cualquiera se eleva, está absorbiendo calor sensible y, por el contrario, cuando baja la temperatura de una sustancia, está desprendiendo calor sensible.

Calor Latente

El termino calor latente se refiere a la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado físico de una sustancia sin variar su temperatura, de sólido a líquido o de líquido a vapor. La palabra latente significa “oculto”, no es percibido por los sentidos. Para hacer que una sustancia sufra un cambio físico, y pase del estado sólido al líquido, o del estado líquido al de vapor, hay que añadirle una cantidad considerable de calor. Este calor latente es almacenado en la sustancia y lo devuelve de nuevo cuando la sustancia retorna a su estado inicial cuando se enfría.

4.3.8 Transferencia de Calor

Es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura y ocurre solamente cuando hay una diferencia de entre ellas. Existen tres maneras de efectuarse esta transferencia de calor:

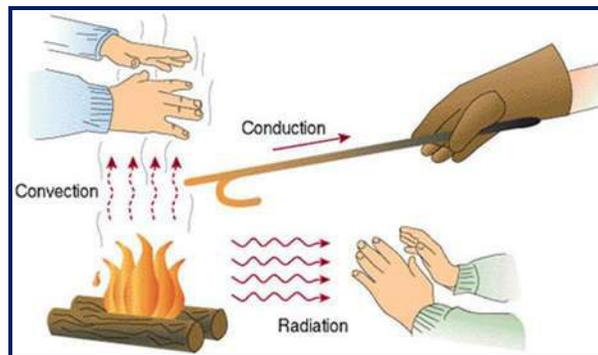


Fig. 10 Transferencia de Calor

Por Conducción

Se da a través de un medio estacionario que puede ser un sólido o un fluido. Ocurre a escalas atómicas por actividad molecular, cuando chocan unas contra otras, donde las partículas más energéticas entregan energía a las menos energéticas produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas

Por Convección

Es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural, producida solo por las diferencias de las densidades de la materia o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo el aire en un ventilador o el agua en una bomba. Solo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

Por Radiación

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas y transportada por ondas electromagnéticas por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética.

4.3.9 Temperatura

Cuanto más se concentre sobre un punto de un cuerpo una cantidad de energía calorífica dada, tanto más elevada será la temperatura de dicho punto. La temperatura se mide en grados.

Temperatura de Rocío

Es la temperatura debajo de la cual el vapor de agua en el aire, comienza a condensarse. También es el punto de 100% de humedad. La humedad relativa de una muestra de aire, puede determinarse por su punto de rocío. Existen varios métodos para determinar la temperatura del punto de rocío.

Esta es la temperatura a la cual se condensará la humedad sobre una superficie. La escala para las temperaturas de punto de rocío es idéntica que la escala para las temperaturas de bulbo húmedo; es decir, es la misma escala para ambas propiedades. Sin embargo, las líneas de la temperatura de punto de rocío, corren horizontalmente de izquierda a derecha. Cualquier punto sobre una línea de punto de rocío constante, corresponde a la temperatura de punto de rocío sobre la escala, en la línea curva de la carta.

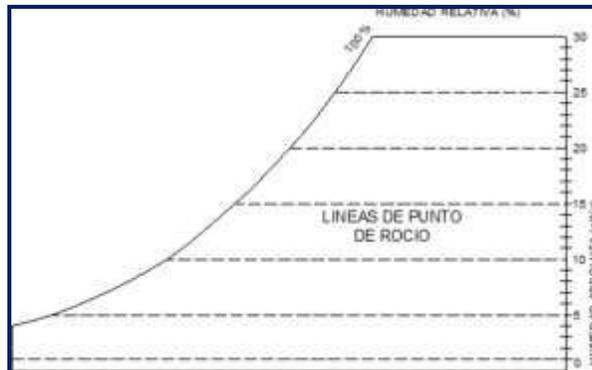


Fig. 11 Líneas de la temperatura de punto de rocío

Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH)

Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada en agua, en el seno de aire en rápido movimiento.

La temperatura del bulbo húmedo (Tbh), se representada de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

Temperatura de Bulbo Seco (TBS)

Es la temperatura del aire tal como lo indica un termómetro, cuando nos referimos a la temperatura de aire nos estamos refiriendo a la temperatura del bulbo seco del aire.

La temperatura del bulbo seco (Tbs), se representa sobre la horizontal en el eje de las abscisas, a la vez se extienden líneas verticales desde la parte inferior hasta la parte alta de la carta

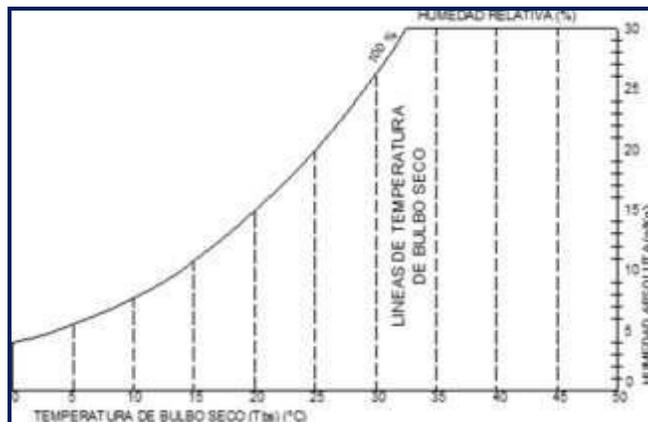


Fig. 12 Líneas de la temperatura del bulbo seco

4.3.10 Cálculo de Carga Térmica

El cálculo de carga térmica o balance térmico del espacio por refrigerar es importante en la selección correcta del equipo, permitiendo diseñar los elementos que componen una instalación de refrigeración. Esta carga térmica se define como el fenómeno que tiende a modificar tanto la temperatura como la humedad absoluta dentro de un recinto; es decir, la cantidad de calor que debe ser retirada del sitio por refrigerar para obtener la temperatura deseada.

Para determinar la carga térmica en aire acondicionado, llamada también carga de refrigeración, se suma las entradas y salidas de energía térmica totales producidas por la transmisión de calor a través de paredes, calor generado por la iluminación artificial y equipo, número de ocupantes, infiltración y radiación solar cada uno de estos factores se calcula individualmente y al final se suman todos los valores obtenidos.

A continuación se muestra como se calcula cada una de las cargas térmicas.

- a. Condiciones de diseño; tales como temperatura, humedad, tanto en interiores como exteriores.
- b. Dimensiones del recinto; tales como largo, ancho y alturas, según planos arquitectónicos.
- c. Dimensiones de ventanas; tales como largo y ancho, además de la ubicación según los puntos cardinales.
- d. Ganancias de calor en el recinto (Pita, 2005) son:
 - i. Conducción a través en la estructura exterior
 - ii. Conducción en paredes interiores
 - iii. Radiación a través de los vidrios
 - iv. Personas
 - v. Equipos
 - vi. Ventilación
 - vii. Infiltración del aire exterior

4.3.11 Componentes de la Carga Térmica

Generalmente, en refrigeración, las cargas se dividen en interiores y exteriores:

Cargas Exteriores

- Cargas a través de paredes, techos y suelos: Existe un tipo de carga sensible, producto de la transferencia de calor que se da a través de las superficies de la edificación. Esta situación aportará un calor que hará que se aumente la temperatura del aire.
- Cargas a través de superficies acristaladas y ventanales: Es en su totalidad carga sensible. Se da una transmisión de calor a través de superficies semitransparentes, lo que induce en gran parte una transferencia de calor por radiación.
- Cargas por ventilación: En muchas edificaciones se toma el aire externo, ya sea para mantener la pureza en el aire o para facilitar la respiración. Debido a que este aire se encuentra a diferente temperatura, y que tiene un porcentaje diferente de vapor de agua; se puede hablar de carga latente y carga sensible.

Carga por infiltración: Las edificaciones cuentan con puertas y ventanas por medio de las cuales entra una cierta cantidad de aire del exterior que no es controlada; e

induce en una cierta cantidad de carga latente y sensible.

Cargas Interiores

Cargas por ocupantes: Los seres humanos, teniendo en cuenta la actividad que ejecuten y la temperatura ambiente a la que se encuentren, disipan una cierta cantidad de calor. Esta carga se da bajo forma sensible y latente.

Cargas por Iluminación: La iluminación sustenta cierto consumo de energía, la cual se transformara en energía térmica. Esta incide en la edificación bajo la forma de carga sensible.

Carga debido a máquinas y motores: La cantidad de calor que disipen depende de la naturaleza de la máquina. Sin embargo, son capaces de aportar tanto carga sensible como latente.

4.3.12 Método de Cálculo de Carga o balance Térmico

El balance térmico general de cualquier lugar, se calcula sumando las entradas y salidas de energía térmica totales producidas por la transmisión de calor a través de paredes, calor generado por la iluminación artificial y equipo, número de ocupantes, infiltración y radiación solar cada uno de estos factores se calcula individualmente y al final se suman todos los valores obtenidos.

A continuación se muestra como se calcula cada una de las cargas térmicas.

Carga Térmica Generada A Través de Paredes, Techos y Vidrios

La ganancia de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCEe... (1)$$

Donde:

Q = ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, pared o vidrio, BTU/h

U = coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios
BTU/h-ft⁻² -°F

A = área del techo, pared o vidrios, ft²

DTCEe = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F

Los valores de DTCE que se encuentran deben de ser corregidos como sigue:

$$DTCEe = [(DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_0 - 85)] \times f \dots (2)$$

Donde:

DTCEe = valor corregido de DTCE, °F.

DTCE = temperatura de la tabla 25 o 26, °F

LM = corrección para latitud al color y mes

K = corrección debido al color de la superficie puede tomar los siguientes valores:

1.0, para superficies oscuras o áreas industriales.

0.5, para techos de color claro en zonas rurales.

0.65, para paredes de color claro en zonas rurales.

t_R = temperatura del recinto °F

t_0 = temperatura de diseño exterior promedio °F

f = factor de corrección para la ventilación de cielo raso (solo para techos)

f = 0.75 para ventiladores de entrepiso en los demás casos, usar f = 1.0

Los valores que se muestran en las tablas se basan a una temperatura de diseño interior de 78°F y una temperatura exterior, promedio diario, de 85°F con paredes y techos de colores oscuros, para el 21 de julio, a una latitud de 40°N.

Para los casos de vidrios el DTCEe corregida se calcula como sigue:

$$DTCEe = DTCE + (78 - t_R) + (t_0 - 85) \dots (3)$$

Calor Transferido a Través del Piso, Divisiones y Cielos Rasos

El calor que pasa desde los espacios anteriores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielo rasos se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DT \dots (3)$$

Donde:

Q = velocidad de transferencia de calor de la división, piso o cielo raso, BTU/h

U = coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso
BTU/h-ft -°F

A = área del techo, pared o vidrios, ft²

DT = diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados, °F

Si no se conoce la temperatura del espacio sin acondicionar, se emplea con frecuencia una aproximación que consiste en suponer que esta 5°F menos la temperatura exterior.

Carga Térmica Generada por Radiación Solar a Través de Vidrios.

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor del recinto. Su valor varía con la hora, orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FCGS \times A \times CS \times FCE \dots(4)$$

Donde:

Q = ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU/h

FGCS = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h – ft²

A = área del vidrio, ft²

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

Carga Térmica Generada por Alumbrado y Equipos.

Todos los sistemas de iluminación, ya sean incandescentes No fluorescentes, básicamente transforman la energía eléctrica que reciben para su operación en calor, el cual se desprende en su totalidad y se disipa en el interior del espacio que se desea refrigerar.

La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE\dots (5)$$

Donde:

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/h

W = capacidad de alumbrado, watts

FB = factor de balastra

FB = 1.25 para alumbrado fluorescente

FB = 1.0 para alumbrado incandescente, no hay pérdidas adicionales

FCE = factor de carga de enfriamiento para alumbrado

Este factor FCE toma en cuenta el almacenamiento por la ganancia de calor de las luminarias y depende del tiempo de encendido del alumbrado, encendido del sistema

de aire acondicionado, tipos de luminarias, características de la construcción y cantidad de ventilación mecánica en el recinto.

Sin embargo se debe tener en cuenta que el factor FCE es igual a la unidad, es decir no hay efecto de almacenamiento cuando:

El sistema de aire acondicionado trabaja durante las horas de ocupación.

El sistema de aire acondicionado trabaja más de 16 horas.

Se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa (oscilación de temperatura)

Carga Generada por Equipos

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente.

Carga Térmica Generada por Personas.

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente.

Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado con las personas son:

$$Q_s = q_c \times n \times FCE \dots (6)$$

$$Q_l = q_l \times n \dots (7)$$

Donde:

Q_s, Q_l = ganancia de calor sensible y latente

q_s, q_l = ganancia de calor sensible y latente por persona

n = número de personas

FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas

Nota:

El factor FCE, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debida a las personas.

Si el sistema de aire acondicionado de aire se apaga durante la noche no se debe de incluir almacenamiento de calor y el FCE =1.0

Transferencia de Calor a Los Alrededores

Algo de la ganancia de calor sensible al recinto se transfiere a través de la estructura hacia lo alrededores y nunca aparece como parte de la carga del recinto, es por eso que se debe corregir las ganancias de calor sensible obtenidas por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipos, usando las siguientes ecuaciones.

$$F_C = 1 - 0.02 K... (8)$$

$$K = (U_M A_M + U_g A_g)/L... (9)$$

F_C = Factor para corregir cada ganancia de calor sensible de recinto

K = Conductancia de la unidad de longitud, BTU/h – ft -°F

L = Longitud de la pared exterior, ft

U_w , U_g = Coeficiente de transferencia de calor.

w = pared, g = vidrio, BTU/h – ft² - °F

A_w , A_g = área de la pared o del vidrio, ft²

Transferencia de Calor Por Ventilación

En general se admite algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el latente de este aire son mayores que el del aire del recinto, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento.

Sin embargo, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, pero no de la carga del recinto Las ecuaciones para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente debidas al aire de ventilación son:

$$Q_C = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}... (2)$$

$$Q_S = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_u - W) ... (2)$$

Donde:

Q_C , Q_S = cargas de calor sensible y latente debidas al aire de ventilación, Btu/h.

CFM = flujo de aire de ventilación, ft³/min.

CT = cambio de temperatura entre el aire exterior e interior, °F.

We, Wi = relación de humedad exterior e interior, g de agua/lb aire seco

El calor Q_T total retirado del aire de ventilación es $Q_T = Q_c + Q_s$

Transferencia de Calor Por Infiltración

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto.

La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire en el invierno tienen ventilación mecánica que emplea algo de aire del exterior, con lo cual se reduce o se elimina la infiltración, porque se crea una presión positiva dentro de la construcción, en este caso, el aire de ventilación nos da una carga en el recinto, sino una carga para el equipo de enfriamiento.

Método de Las Fisuras

Este método supone que se puede medir o establecer una tasa de infiltración del aire con exactitud, por pie de fisura, la siguiente tabla es una lista de tasas típicas de infiltración en los reglamentos de energía, basada en un viento de 25MPH.

Tabla 3 Tasas máximas de infiltración para diseño a través de ventanas y puertas exteriores.

COMPONENTE	TASA DE INFILTRACION
VENTANAS	0.75 CFM / FT DE FISURA
PUERTAS	1 CFM / FT DE FISURA

Tabla 3: Tasas máximas de infiltración

Las longitudes y áreas de las fisuras se deben determinar mediante los planos de la construcción o mediciones de campo.

CAPÍTULO V

CALCULO DE CARGAS TÉRMICAS

5.1 Necesidad del área o sección

El proyecto nace para atender una necesidad del área o sección del laboratorio, bajo esta premisa se parte por efectuar una entrevista a los usuarios que permita obtener los datos suficientes para la realización del sistema de aire acondicionado, atendiendo a sus necesidades para de este modo plantear la mejor solución.

5.2 Estudio preliminar

Como primer paso, se realizó una vista preliminar, en la cual se recopilaron datos de relevancia, como: la temperatura actual del recinto, altura del suelo al cielo raso, materiales constructivos de paredes y cielos rasos, ubicación y dimensiones de ventanas. También se documentó el equipo actual instalado y la capacidad eléctrica del recinto, para el caso particular de Blufstein laboratorio clínico.

Para determinar las condiciones ambientales, se realizó un estudio de las temperaturas ambientales y humedades relativas de la provincia de Lima, durante un cierto periodo de tiempo, para este dato se tomó la información del Senamhi.

Se deben analizar el total de factores que generan la afectación directa dentro del sistema, trazando con ellos las diferentes condiciones que influyen, tanto para mantener las condiciones idóneas para la conservación de las condiciones confort en cada uno de los recintos del laboratorio. Se deben considerar las diferentes normativas o parámetros para que el sistema entre a operar en cumplimiento con las políticas del ASHRAE.

5.3 Cálculo de Carga Térmica

Se realizó un procedimiento para el cálculo de carga térmica para cada una de las Áreas del laboratorio clínico, siguiendo la metodología descrita por ASHRAE, para llegar al valor total de carga térmica.

5.4 Selección de equipo

Con base en el valor de carga térmica calculada para cada recinto y al total de carga térmica, se escoge el equipo idóneo que cumpla con la demanda calculada.

Este equipo debe estar acorde con las normas y consideraciones necesarias, en respuesta a la necesidad del cliente y al cuidado del medio ambiente.

5.5 Condiciones de Diseño

Para realizar el cálculo de cargas térmicas del sistema del aire acondicionado de este proyecto se requiere información del diseño de la edificación y se va analizar las condiciones del clima en años anteriores para verificar las temperaturas máximas y mínimas que se dan en el distrito de San isidro donde se encuentra en local.

5.6 Localización y Área del Proyecto

El Laboratorio clínico blufstein está ubicado en la ciudad de Lima distrito de San isidro, tiene una Latitud 12° 7' 0" Sur y una Longitud 77°3'0" Oeste.

5.7 Condiciones de Interiores y Exteriores

Las condiciones interiores son las que se obtiene en la zona de confort, y las condiciones exteriores se utilizan los datos suministrados por Senamhi.

Se muestra las temperaturas máximas y mínimas de los meses enero, febrero, marzo de los años 2015,2016.

Tabla 4: Temperatura Máximas en los años 2015 y 2016

MES	TEMPERATURA °C	
	2015	2016
Enero	28	30
Febrero	30	31
Marzo	31.5	30
Abril	27	29
Mayo	28	27
Junio	27	28
Julio	26	26
Agosto	23	25
Septiembre	24	26
Octubre	25	26
Noviembre	24	27
Diciembre	28	28

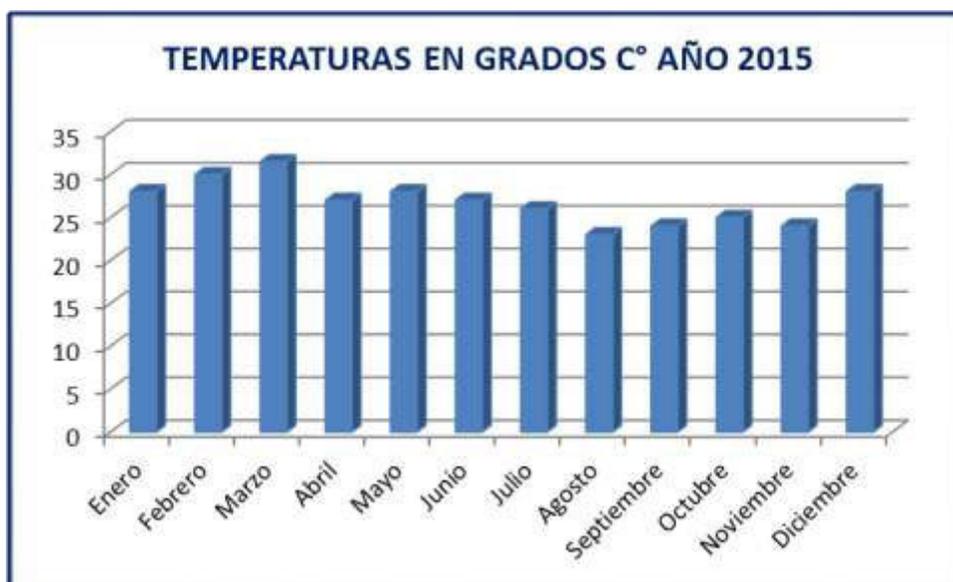


Fig. 13 Grafico de Temperatura Máximas en el año 2015

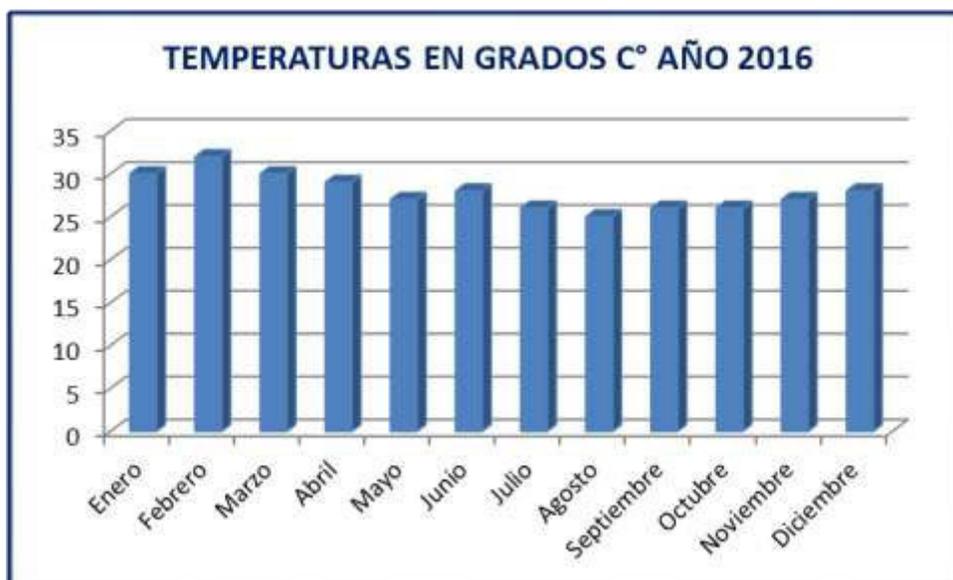


Fig. 14 Grafico de Temperatura Máximas en el año 2016

5.8 Cálculo de la Carga Térmica en el Laboratorio clínico blufstein

Localización del proyecto: El Laboratorio clínico blufstein está ubicado en la ciudad de Lima distrito de San isidro, tiene Según el Senamhi:

Latitud 12° 7' 0" Sur

Longitud 77°3'0" Oeste

5.8.1 Condiciones de Diseño Interiores y Exteriores del Laboratorio

Las condiciones interiores de diseño se consideraron a las establecidas por las normas ASHARE para el confort humano, por lo que se tomó los siguientes valores:

Temperatura de Bulbo Seco : 71°F

Humedad Relativa : 50 %

Para las condiciones exteriores de diseño se tomaran en cuenta una estadística de las temperaturas y humedad relativa obtenidas del Senamhi para nuestro cálculo, tomando en cuentas las temperaturas máximas obtenidos para evitar que el sistema se ineficiente cuando se presente dicha condición, para nuestro caso se ha obtenido estos valores.

Temperatura de Bulbo Seco: 88.7°F

Humedad Relativa : 90.5 %

5.9 Metodología del Cálculo Térmico

Para realizar el cálculo térmico de este proyecto se consideraron las estadísticas de las temperaturas obtenidas desde el años 2015 hasta 2016, años en que se registraron las mayores temperaturas en la ciudad de lima.

Este cálculo fue realizado para la máxima temperatura en estos dos años y esto se dio el 21 de marzo del 2015 a las 2:00 pm, fecha en la que se obtuvo la máxima temperatura para un día y para una determinada hora.

Las temperaturas de bulbo seco exterior de los meses de marzo y febrero, obtenidas de las estadísticas de las temperaturas máximas se le tuvieron que agregar un factor de corrección tanto para la hora y para el mes.

TBS Ext (Marzo sin Corrección) = 88.7 °F

Los valores corregidos de las temperaturas de bulbo seco exterior para los meses de marzo y febrero que se obtuvieron fueron:

TBS Ext (Marzo) = 87.8 °F

A continuación se muestra el procedimiento como se realizó la corrección a las temperaturas del bulbo seco en el día y hora señalados en el proyecto del cálculo térmico del Laboratorio.

Lugar : LABORATORIO BLUFSTEIN - SAN ISIDRO
 Fecha : 21 de Marzo 2015 Hora : 2p.m.
 Longitud : 77°3'0" Oeste Latitud : 12° 7' 0" Sur

TBS _{EXT} (SIN CORREGIR) =	88.7 °F
-------------------------------------	---------

Condiciones de diseño	BS (°F)	BH (°F)	HR (%)
Exterior	87.8		86.8
Interior	71		50

Corrección de la Temperatura exterior T₀

Para el 21 de Marzo del 2015 a las 2pm

Corrección en función de la Hora

T _{Max} (°C)	31.5°C
T _{Min} (°C)	20° C

DT _h (°C) =	T _{max} (°C) - T _{Min} (°C) =	11.5°C
------------------------	---	--------

De la Tabla 30	factor C= 0.5 °C
----------------	------------------

T' _{EXTERIOR} (°C) = TBSEXT (°C) - Factor C _{MES}

T' _{EXTERIOR} (°C) =	31° C
-------------------------------	-------

Corrección en función del Mes

MES	T max	Mes	T max
Enero	28	Julio	26
Febrero	30	Agosto	23
Marzo	31.5	Septiembre	24
Abril	27	Octubre	25
Mayo	28	Noviembre	24
Junio	27	Diciembre	28

DTMES = sumatoria TMAX /12 = 26.8 °C

De la Tabla 31	factor C= 0 °C
----------------	----------------

T ₀ = T' _{EXTERIOR} (°C) - Factor C _{MES}
--

T ₀ =	31 °C
------------------	-------

Corrección de temperatura de bulbo seco del mes de Marzo

Lugar : LABORATORIO BLUFSTEIN - SAN ISIDRO
Fecha : Febrero Hora : 02:00 p.m.
12° 06' 51"
Longitud : 77° 3' 27" Latitud : SUR

TBS _{EXT} (SIN CORREGIR) =	89.6 °F
-------------------------------------	---------

Condiciones de diseño	BS (°F)	BH (°F)	HR (%)
Exterior	88.7		90.5
Interior	71		50

Área: Micobacteriología

5.9.1 Carga Térmica Generada a Través de Paredes Exteriores.

Aplicando la ecuación (1) del Cap. 4 obtenemos la carga térmica para las paredes:

$$Q = U \times A \times DTCE_{ext} \quad (1)$$

Determinamos el Área de la pared:

Tabla 5 Dimensiones del área

Estructura	Largo (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Área (ft ²)
PARED ext	7	2.40	16.80	180.83
VENTANA	4.00	1.60	6.40	68.89
VENTANA	4.00	1.60	6.40	68.89

Según esto se obtiene el área efectiva de la pared 1.

$$\text{Area pared} = \text{Area pared} - (2 \text{ Ventanas})$$

$$\text{Area de pared} = 43.05 \text{ ft}^2$$

Ahora determinamos el coeficiente global de transferencia de calor (U).

Se verifico que la Pared pertenece al grupo de construcción tipo D, usando la tabla 30 se obtiene el valor del coeficiente global de transferencia de calor:

$$U = 0.415 \text{ Btu/hr} - \text{ft}^2 - ^\circ\text{F}$$

Las coordenadas de la pared 1 SW latitud sur a las 2 pm, usando estos valores

El valor de LM se considera a partir de la tabla 31 que presenta los valores según orientación (SW) del local, latitud (12°) para el mes de marzo a las 2:00 pm

Tabla 6 Valor de LM

LATITUD	MES	SW
12° S	MARZO	-1° F

Por lo tanto el valor de LM = -1°F según la tabla 28.

Los valores de K son debido a las correcciones debido al color de la superficie, es decir para nuestro caso K=1.0 por tener superficie oscura.

Se considera el valor de f=1.0 (sin ventilación de cielo raso)

$$Q = U \times A \times DTCE_e \quad (1)$$

Calculamos el DTCEe con los datos obtenido.

$$DTCEe = [(DTCE + LM) \times K + (78 - tR) + (t0 - 85)] \times f \dots (2)$$

$$DTCEe = [(10 - 1) \times 1 + (78 - 71) + (87.8 - 85)] \times 1$$

$$DTCEe = 18.8^\circ F$$

$$U = 0.415 \text{ Btu/h} - \text{ft}^2 - F$$

$$A = 43.05 \text{ ft}^2$$

$$Q = U \times A \times DTCEe$$

$$Q = 0.415 \times 43.05 \times 18.81 = \mathbf{335.88 \text{ Btu/hr}}$$

5.9.2 Carga Térmica Generada Por Conducción A Través de Vidrios Externos

Utilizando la ecuación

$$DTCEe = [DTCE + (78 - tR) + (t0 - 85)] \dots (3)$$

Hallamos el valor de DTCE de la tabla 29 DTCE = 13°F

Reemplazamos los valores en la ecuación (3)

$$DTCEe = [13 + (78 - 71) + (87.8 - 85)] = 22.8^\circ F$$

Luego reemplazamos en la ecuación (1) y hallamos la carga térmica por conducción a través de la ventana

$$QCV = U \times A \times DTCEe = 1.04 \times 137.78 \times 22.8 = \mathbf{3267.04 \text{ Btu/hr}}$$

5.9.3 Carga Térmica Generada a Través de Paredes Internas

Realizando el análisis similar que el cálculo anterior se obtiene:

$$Q = U \times A \times DT \dots (4)$$

$$A = 4.00 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} = 9.60 \text{ m}^2 = 103.33 \text{ ft}^2$$

Determinamos el valor del coeficiente global de transferencia de calor a través de divisiones (U) de la tabla 27 se obtiene.

$$U = 0.415 \text{ Btu/h} - \text{ft}^2 - ^\circ F$$

DT = Se emplea con frecuencia una aproximación de 5 °F menos que la T0

Reemplazando los valores en (4)

$$QP = 0.415 \times 103.33 \times ((87.8 - 5) - 75)$$

$$QP = 334.48 \text{ Btu/hr}$$

5.9.4 Carga Térmica Generada por Radiación a Través de Los Vidrios

Externos.

Las ganancias de calor por radiación a través de los vidrios que se ubican hacia el exterior, se calcula según la ecuación siguiente:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE \dots (5)$$

Tabla 7 Medidas de las ventanas de Micobacteriología

	ANCHO (m)	ALTO (m)	AREA (m ²)	AREA (ft ²)	UBICACIÓN
VENTANA 1	4.00	1.60	6.40	68.89	EXTERIOR
VENTANA 2	4.00	1.60	6.40	68.89	EXTERIOR

Determinamos el factor de ganancia máxima de calor solar – FGCS (Btu/h –ft²)

El valor de FGCS se obtuvo de la tabla 33 para el mes de marzo a las 2:00 pm Latitud 12° SW.

Para nuestro caso que se encuentra en el hemisferio sur con coordenadas SW, obtenemos la orientación en el hemisferio norte con coordenadas NW, con esto realizamos nuestros cálculos y vamos a las tabla 25 para obtener el valor del factor de ganancia máxima de calor solar.

Tabla 8 Equivalencias de orientación

<i>Orientación en el hemisferio Sur</i>	<i>Orientación equivalente en el hemisferio Norte</i>
Noreste	Sureste
Este	Este
Sureste	Noreste
Sur	Norte (sombra)
Suroeste	Noroeste
Oeste	Oeste
Noroeste	Suroeste
Norte (sombra)	Sur

$$FGCS = 156 \text{ Btu/h} - \text{ft}^2$$

Determinamos el valor del coeficiente de sombreado CS, para nuestro caso se va usar un tipo de vidrios sencillo sin sombreado interior, usando la tabla 30 se tiene:

El valor de CS = 0.94

Hallamos el valor del factor de carga de enfriamiento FCE, para nuestro análisis se tiene una construcción media de pared exterior de 4 in, con ubicación geográfica de la pared SW a las 2:00 pm , con esto vamos a la tabla 36 y obtenemos el valor de $FCE = 0.30$

Teniendo todos los valores reemplazamos en la ecuación (5)

$$Q_{VP1} = FCGS \times A_{V1} \times CS \times FCE \quad Q_{VP1} =$$

$$Q_{VP1} = 156 \times 137.78 \times 0.94 \times 0.30$$

$$Q_{VP1} = 6061.21 \text{ Btu/hr}$$

5.9.5 Carga Térmica Generada a Través de Las Luminarias

La ganancia de calor generado por el alumbrado se calcula con la siguiente expresión

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE \dots (6)$$

La tipo de alumbrado que se tiene esta área son pantallas fluorescentes.

Para este caso hallamos la carga térmica generada a través de las bombillas dicroicas

El factor de balastra está relacionado directamente con el tipo de fluorescente es decir en nuestro caso $FB = 1.25$

El factor de carga de enfriamiento para el alumbrado hace referencia al almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado, el cual depende de cuánto tiempo esta encendido el alumbrado y trabaja el sistema de enfriamiento en nuestro caso el sistema de enfriamiento trabaja durante las horas de ocupación por lo que se recomienda $FCE = 1$

Reemplazamos los valores en la ecuación (6)

$$Q = 12 \times (3.4 \times 32 \times 1.25 \times 1) = \mathbf{1632.00 \text{ Btu/hr}}$$

Determinamos las cargas térmicas de las diferentes luminarias del local.

5.9.6 Carga Térmica Generada a Través de Personas

Las ganancias de calor por las personas se dan a través de la actividad que se realice dentro del recinto, según la expresión siguiente:

$$Q_s = q_s \times n \times FCE \dots (7)$$

$$Q_l = q_l \times n \dots (8)$$

Las ganancias de calor sensible y latente por persona se definen de la tabla 34, para nuestro caso específico se determinaron por la actividad de laboratorio

Tabla 9 Carga Térmica Generada a Través de Personas en el Laboratorio

ACTIVIDAD	APLICACIÓN	CALOR SENSIBLE q_s (Btu/h)	CALOR LATENTE q_l (Btu/h)
Trabajo ligero o camina despacio	Laboratorio	315	325

Se considera el factor de carga de enfriamiento $FCE = 1$, debido que el sistema de aire acondicionado se apaga por las noches.

Reemplazando en la ecuación (7) para el calor sensible:

$$Q_s = 315 \times 7 \times 1 = 2205 \text{ Btu/hr}$$

Reemplazando en la ecuación (8) para el calor latente:

$$Q_l = 325 \times 7 = 2275 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_p = Q_s + Q_l = 4480 \text{ Btu/hr}$$

5.9.7 Carga Térmica Generada a Través de Equipos

Determinamos la potencia de cada equipo mediante la tabla; en la figura se muestran los resultados

Tabla 10 Ganancia de calor por equipos

Equipo	Cantidad	Potencia (w)	Calor Btu/ Hr
Cabina de bioseguridad	3	400	4092
Centrifugas Beckman	4	170	2318.8
Microscopios	3	40	409.2
Rotadores O2	2	150	1023
Analizador BD	2	1200	8184
		Total	16027

5.9.8 Transferencia de Calor por Infiltración

La ganancia de calor por infiltración a través de ventanas y puertas que se ubican hacia el exterior, se calcula con las siguientes expresiones, considerando el método de las fisuras.

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT \dots (9)$$

$$Q_l = 0.68 \times CFM \times (W_e - W_i) \dots (10)$$

Los CFM para esta sección se calcularon a través del método de las fisuras que pretende calcular una tasa de infiltración por pie de fisura.

Los valores de la temperatura del bulbo seco exterior e interior para el mes de marzo son:

$$\text{TBS EXT} = 87.8 \text{ }^\circ\text{F} \quad \text{TBS INT} = 71 \text{ }^\circ\text{F}$$

Usando la carta psicométrica determinamos la relación de humedad para las condiciones del aire exterior e interior con los valores de temperatura de bulbo seco exterior 87.8°F e interior 71°F, la humedad relativa para aire exterior 86.8% y para el aire interior de 50%.

$$\text{We} = 174 \text{ g agua/lb aire seco} \quad \text{Wi} = 66 \text{ g agua/lb aire seco}$$

Con estos valores determinamos la ganancia calor sensible y latente por las fisuras de las ventanas y puertas, se tiene que el perímetro es 80.03 ft.

Para Las Ventanas

Reemplazamos en la ecuación (9) y obtenemos el valor de la tasa de infiltración.

$$\text{Tasa de infiltración} = 0.75 \text{ cfm / ft de fisura}$$

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}$$

$$Q_s = 1.1 \times (0.75 \times 80.03) \times (87.8 - 71)$$

$$Q_s = 1109.14 \text{ Btu/hr}$$

Reemplazamos en la ecuación (10)

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (\text{We} - \text{Wi})$$

$$Q_l = 0.68 \times (0.75 \times 80.03) \times (174 - 66)$$

$$Q_l = 4408.56 \text{ Btu/hr}$$

Para las Puertas

$$\text{Perímetro de la puerta} = 36.74 \text{ ft}$$

Reemplazamos en la ecuación (9) y obtenemos el valor de la tasa de infiltración.

$$\text{Tasa de infiltración} = 1 \text{ cfm / ft de fisura}$$

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}$$

$$Q_s = 1.1 \times (1 \times 36.74) \times (87.8 - 71) = 678.88 \text{ Btu/hr}$$

Reemplazamos en la ecuación (10)

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (\text{We} - \text{Wi})$$

$$Q_l = 0.68 \times (1 \times 36.74) \times (174 - 66) = 2698.19 \text{ Btu/hr}$$

5.10 Resultados de los valores hallados en las siguientes tablas:

Tabla 11 Resultado de la ganancia de calor sensible por infiltración de ventana

COEFICIENTE	PERIMETRO (FT)	TASA DE INFILTRACION (CFM /FT)	CAMBIO DE TEMPERATURA DE AIRE EXTERIOR (CT)	CARGA DE CALOR SENSIBLE Q (BTU/H)
1.1	466.33	0.75	16.8	6463.33
CARGA TOTAL (Q)				6463.33
TR				0.54

Tabla 12 Resultado de la ganancia de calor latente por infiltración de ventana

COEFICIENTE	PERIMETRO (FT)	TASA DE INFILTRACION (CFM /FT)	RELACION DE HUMEDAD EXTERIOR EN INTERIOR (WE-WI)	CARGA DE CALOR LATENTE Q (BTU/H)
0.68	466.33	0.75	108	25685.45
CARGA TOTAL (Q)				25685.45
TR				2.14

Tabla 13 Resultado de la ganancia de calor sensible por infiltración de la puerta

COEFICIENTE	PERIMETRO (FT)	TASA DE INFILTRACION (CFM /FT ⁹)	CAMBIO DE TEMPERATURA DE AIRE EXTERIOR (CT)	CARGA DE CALOR SENSIBLE Q (BTU/H)
1.1	41.32	1	16.8	763.59
CARGA TOTAL (Q)				763.59
TR				0.064

Tabla 14 Resultado de la ganancia de calor latente por infiltración de la puerta

COEFICIENTE	PERIMETRO (FT)	TASA DE INFILTRACION (CFM /FT)	RELACION DE HUMEDAD EXTERIOR EN INTERIOR (WE-WI)	CARGA DE CALOR LATENTE Q (BTU/H)
0.68	41.32	1	108	3034.54
CARGA TOTAL (Q)				3034.54
TR				0.253

Finalmente sumando todas las cargas térmicas en esta área tenemos un total:

QT en Micobacteriología = 24669.50 Btu / hora

El mismo procedimiento de calculo se realizo en todas las áreas los resultados los resumimos en las siguientes tablas.

Calculo de Carga Térmica

Con base en las normas y parámetros de ASHRAE, se calculó la carga térmica para cada uno de los recintos de Blufstein laboratorio clínico, los valores de carga

térmica para cada recinto recopilan en la Tabla 15. Cargas Térmicas totales para cada recinto de Blufstein laboratorio clínico.

Recinto	Nombre del Area	Carga total			Carga Sensible		Indice de carga termica y Area	
		Q (Btu/Hr)	Q (Ton)	Q (Kw)	Q (Btu/Hr)	Q (Kw)	Btu (hft2)	W/ M ²
1	Micobacteriologia	24669.50	2.1	7.23	1043.96	0.31	86.77	273.58
2	Biologia Molecular	21358.28	1.8	6.26	1043.96	0.31	101.27	319.32
3	Bioquimica	15273.22	1.3	4.48	1298.96	0.38	91.55	288.67
4	Hematologia	17400.84	1.5	5.10	1298.96	0.38	51.90	163.64
5	sala de recepción	6100.08	0.5	1.79	533.96	0.16	76.52	241.26
6	Pre-analítica	15090.1	1.3	4.42	788.96	0.23	96.80	305.21
7	Inmunologia	19706.1	1.6	5.78	788.96	0.23	141.85	447.24
8	Parasitologia	14884.47	1.3	4.36	2573.96	0.75	68.53	216.08
9	Microbiologia	8843.15	0.7	2.59	1298.96	0.38	40.60	128.03
10	Banco de sangre	12983.09	1.1	3.80	533.96	0.16	114.06	359.63
11	Tamizaje de banco de sangre	3755.54	0.3	1.10	788.96	0.23	37.65	118.71
12	Area Medica	4208.76	0.4	1.23	788.96	0.23	40.73	128.42
13	Area Administrativa	5627.51	0.5	1.65	533.96	0.16	57.85	182.40
Carga termica total		169900.64	14.4	49.79	13316.48	3.91	1006.08	3172.19

Como se observa en la tabla 15, se dan los valores de carga térmica para cada uno de los recintos que componen Blufstein laboratorio clínico y la suma de carga térmica total para el laboratorio clínico, se nota que la carga térmica total da un valor de 169900.64 Btu/h, en unidades del SI es 49.79 kW.

CAPÍTULO VI

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

6.1 Tipo de Investigación:

La investigación realizada es de **tipo tecnológica y de nivel aplicada**, esto según la definición de Ciro Espinoza Montes en su libro Metodología de Investigación Tecnológica quien define a la investigación tecnológica como aquella que tiene el propósito de aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad, sus niveles son experimentación y aplicación.

6.2 Diseño de la investigación

La presente investigación, dada la naturaleza de las variables materia de investigación, responde al de un diseño de investigación **No experimental**, debido a que la información requerida es tomada directamente del lugar donde se realiza el estudio y se aplicará a los equipos de aire acondicionado del local central del Laboratorio Blufstein.

6.2.1 Parámetros básicos de investigación

- ❖ Cargas térmicas de los recintos del local central del Laboratorio.
- ❖ Equipos de aire acondicionado del local central del Laboratorio.
- ❖ Facturación eléctrica.

4.2.2 Etapas de la investigación

TABLA NÚMERO 4.5
ETAPAS DE LA INVESTIGACION

Objetivos secundarios	Descripción de la actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Diagnostico energetico	1. Recopilación y análisis de información preliminar												
	2. Revisión de la factura eléctrica												
	3. Identificación de equipos y áreas consumidoras de energía eléctrica												
	4. Identificación de hábitos de consumo												
	5. Identificación de oportunidades de mejoras												
	6. Recomendaciones para el ahorro de energía eléctrica												
Análisis Energético	7. Simulación												
	8. Propuestas de mejora												
diseño conceptual de las instalaciones	9. Revisión de documentación												
	10. propuesta de mejoras												
Mejoras a las condiciones previstas	11. Analisis costo beneficio												
	12. indicadores energeticos												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Etapas de la investigación

CAPÍTULO VII

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

7.1 Concepto de Mantenimiento

Conjunto de operaciones y actividades necesarias para que equipos, instalaciones, industrias etc. Puedan seguir funcionando adecuadamente y buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones.

Para el mantenimiento de equipos de aire acondicionado se pueden distinguir 4 tipos principales que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que se realizan.

7.1.1 Tipos de Mantenimiento

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento Correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento Predictivo: Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

Mantenimiento Autónomo: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de

datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve.

7.2 Estrategias de Mantenimiento para equipos de Aire Acondicionado

En esta sección se definen y se explican las estrategias y la estructura que seguirá el área de mantenimiento para la gestión de equipos de aire acondicionado del laboratorio Blufstein. En el siguiente gráfico se observan los cinco procesos principales de la gestión de mantenimiento.

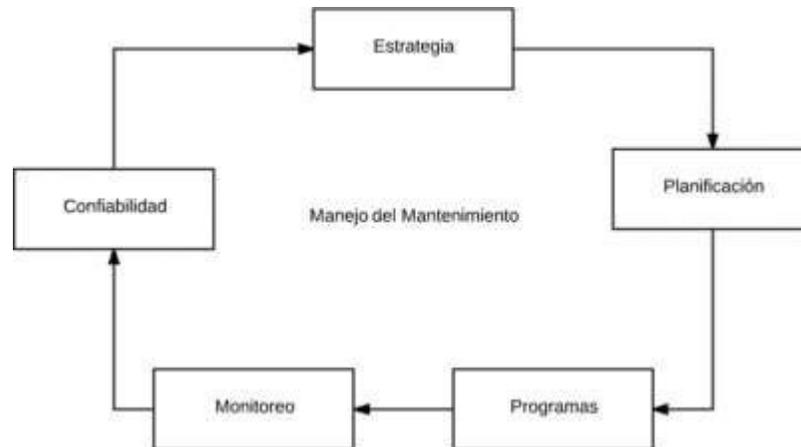


Fig. 15 Estrategias de Mantenimiento

Estrategia: Mostrado en el cuadro inicial del diagrama hace referencia a la toma de decisiones. Basados en las características del área, el tipo de trabajo y los equipos a los que se les debe brindar el servicio.

Planificación: En esta parte de toma de decisiones se decide qué tipo de mantenimiento se dará a los respectivos equipos, si es necesario reemplazar unidades, si es mejor reparar que cambiar partes por unas nuevas, entre otras. Para el Mantenimiento no programado, se trabaja con el diagrama de diagnóstico de fallas. Cumplido todo el proceso se vuelve al área de "Estrategia", en donde basados en la retroalimentación y los resultados obtenidos, se toman decisiones en cuanto a la mejora de los programas, la planificación y cualquier aspecto que se considere necesario.

Programación: Se fundamenta en el orden de realización de las actividades de mantenimiento según los modelos planteados y tomando en cuenta la periodicidad; se basa en el orden en que se deben realizar los mantenimientos según su

urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento y del material necesario.

La programación del mantenimiento se dará según el equipo y la inspección que se realicen esta programación puede ser diaria, semanal, quincenal, mensual, Trimestral, anual etc.

Monitoreo: Se dará seguimiento a las tareas programadas y se registrara cada trabajo realizado para la respectiva retroalimentación del programa. Además de las órdenes de trabajo, las cuales deben ser archivadas, con esto se tendrá una base de datos para equipos de aire acondicionado del laboratorio.

Se busca tener un historial detallado de cada falla en los equipos, de forma que se pueda establecer condiciones y trabajar los programas de mantenimiento con base en ellos. También se debe mantener un orden estricto de la cantidad de tiempo en que se realizan los trabajos de mantenimiento en cada área.

Confiabilidad: Para obtener datos para análisis de confiabilidad de equipos se trabaja con los índices o indicadores de mantenimiento de forma que se sepa si el trabajo se está realizando de buena manera. Estos indicadores otorgan una herramienta útil para determinar la eficiencia del trabajo, y poder retroalimentar y dar mejoras de acuerdo con lo que se observa.

7.3 Flujograma de trabajo para equipos de aire acondicionado

Este flujograma se dividirá en tres partes, la del solicitante que normalmente es el supervisor del área, la jefatura de mantenimiento y el área técnica de mantenimiento.

El proceso comienza con una solicitud de mantenimiento donde el supervisor del área o cualquier otro empleado puede solicitar a la jefatura de Mantenimiento que se realice un determinado trabajo, ya sea de tipo programado o no programado.

La Jefatura de mantenimiento analizara la capacidad del área de mantenimiento de realizar el trabajo. Se toman en cuenta aspectos como la capacidad de mano de obra disponible en ese momento, principalmente cuando se trata de trabajos no programados que puedan afectar la realización de trabajos planificados en otras áreas o locales. También se analiza los materiales y herramientas necesarias para el trabajo. Por último, se toma en cuenta la urgencia, valorando la criticidad del equipo que haya fallado o el tipo de trabajo por realizar. Si es factible la realización

del servicio se envía la orden de trabajo al área técnica de mantenimiento con los respectivos procedimientos que serán cumplidos en el tiempo establecido, concluido el servicio la orden de trabajo se devuelve con la respectiva firma del encargado del área solicitante y se almacena como parte de la documentación necesaria para el seguimiento e historial.

SOLICITANTE	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	AREA TECNICA DE MANTENIMIENTO
--------------------	----------------------------------	--------------------------------------

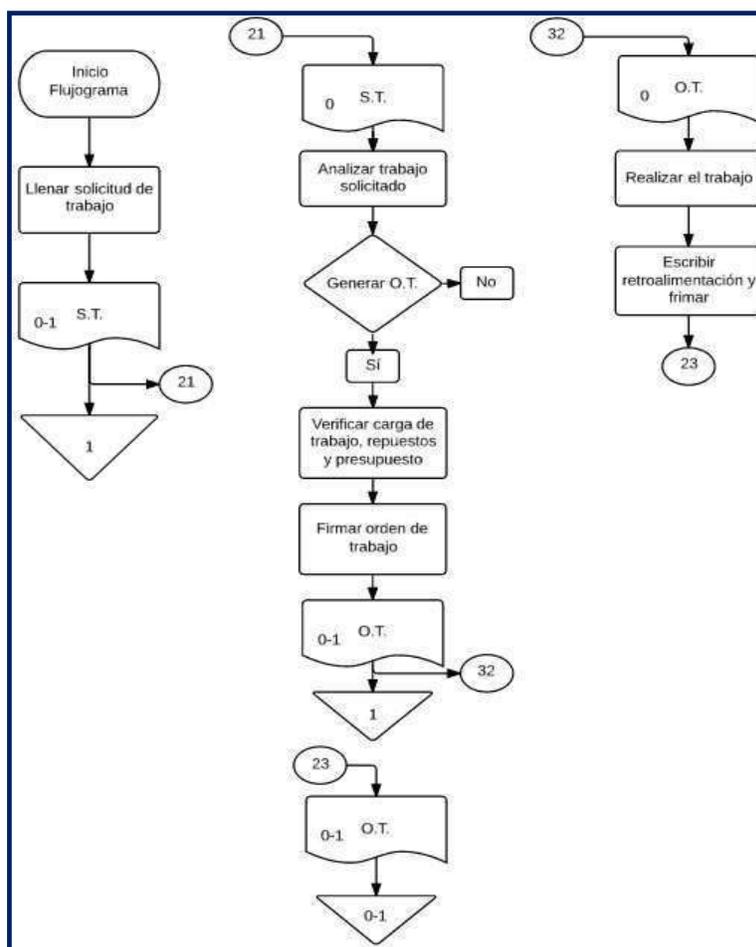


Figura 16 Flujograma de trabajo

Se propone trabajar rutinas que se ajusten a una frecuencia mensual. Es decir, realizar una visita de mantenimiento por mes a cada área o local.

7.4 Indicadores de Mantenimiento

Al establecer esta estrategia para gestionar el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado del laboratorio, este sufrirá cambios conforme se vayan implementando los procesos. Se debe entonces emplear herramientas que permitan evaluar la efectividad de los trabajos de mantenimiento, con la finalidad de retroalimentación y mejoras estas herramientas son los Indicadores de Mantenimiento.

Los indicadores son importantes para las empresas pues estos van acorde al desempeño y metas acordadas, varían en función de la organización, exponen y señalan deficiencias, eliminan actividades innecesarias, proveen un sistema de alerta temprana para procesos con mal funcionamiento.

7.4.1 MTBF (Tiempo promedio entre fallas): Indica una medida del tiempo en cualquier unidad de tiempo deseada, preferiblemente horas, y el número de fallas registradas en ese mismo periodo. Se busca que este indicador se encuentre alrededor del 100% de horas de operación, es decir, que las fallas sean lo más cercanas a cero.

7.4.2 MTTR (Tiempo promedio entre reparaciones): representa la cantidad de tiempo que dura la reparación entre la cantidad de fallas. Las unidades de tiempo deben coincidir unas con otras, para que los indicadores tengan coherencia. Se busca que los tiempos de reparación sean lo más bajos posibles.

7.4.3 Disponibilidad de equipos: Se realiza por medio de la información obtenida de los indicadores anteriores. Este indicador es una probabilidad de que un sistema operativo o equipo esté disponible cuando se requiera su uso. Se recomienda establecer una tabla comparativa con los datos de disponibilidad de los equipos por área del laboratorio con el objetivo de señalar tendencias, evidenciar el efecto del programa de mantenimiento y/o determinar las causas de los problemas.

7.4.4 Confiabilidad: Este indicador da la probabilidad de que un equipo desempeñe su función para el cual fue diseñado. Cuanto más cercano sea este valor a 100%, más representa la eficiencia de los trabajos de mantenimiento.

Se deben calcular estos indicadores una vez que se tenga información disponible, en un rango de tiempo relativamente confiable. Se propone comenzar el cálculo de los indicadores luego de un periodo de 3 a 6 meses posterior a la implementación de la gestión de mantenimiento.

Estos indicadores otorgan la posibilidad de cuantificar las variables que se presentan en el mantenimiento por lo que son de vital importancia a la hora de retroalimentar y mejorar el programa de mantenimiento.

7.5 Rutinas de Mantenimiento

Culminada la estructura de trabajo se establecen las rutinas de mantenimiento programado para todas las áreas del laboratorio, estos se realizarán de forma diaria, semanal, quincenal y mensual dependiendo de la naturaleza del trabajo.

7.5.1 Frecuencias de Trabajo

En la Tabla siguiente se observa la simbología para las rutinas de mantenimiento. Estas son actividades de mantenimiento para las unidades condensadoras, las unidades evaporadoras, las unidades de aire acondicionado; al lado se dispone de la frecuencia, duración aproximada y la periodicidad de cada una.

Simbología para las frecuencias de mantenimiento

Frecuencias de Trabajo	
Intervalo	Simbologia
Diario	D
Quincenal	Q
Mensual	M
Trimestral	T
Semestral	S
Anual	A

Tabla 16 Frecuencias de Trabajo

7.5.2 Mantenimiento programado para unidades de aire acondicionado

Programa de mantenimiento de Dispositivos de Expansión

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración(minutos)
1	Revisar presencia de fugas	M	10
2	Comprobar contenido de humedad en las válvulas	S	60
3	Verificar que no existan tapones por suciedad	T	60
4	Verificar los visores de líquido	M	10
5	Limpieza en los tapones de los filtros	T	30
6	Verificar el ajuste de las válvulas	M	10
7	Verificar el estado de la aguja	M	20
8	Limpieza de los elementos móviles (aguja y tobera)	T	60
9	Limpieza de tuberías de compensación	A	240
10	Verificar estado del bulbo	M	20

Tabla 17 Mantenimiento de Dispositivos de Expansión

Programa de mantenimiento de la unidad Evaporadora

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración(minutos)
11	Revisar temperatura de funcionamiento	M	10
12	Limpieza externa del equipo	M	30
13	Limpieza de ventiladores y sus aspas	M	30
14	Limpieza de filtros de retorno de aire	M	20
15	Monitorear temperaturas de succión	M	10
16	Limpieza de drenajes de condensación.	M	20
17	Limpieza de bandeja de condensación	M	20
18	Limpieza de serpentín: Soplado, lavado con químico	M	30
19	Limpieza de turbinas.	M	30
20	Mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia	M	20
21	Verificación de motor de turbinas y lubricación	M	30
22	Verificar carga de refrigerante	M	20
23	Verificar carga de aceite	M	60
24	Revisar presencia de fugas	M	10
25	Revisar tornillería del Condensador	M	30

Tabla 18 Mantenimiento de Unidad Evaporadora

Programa de mantenimiento de la unidad Condensadora

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración(minutos)
26	Limpiar y engrasar elementos mecánicos	M	30
27	Verificación de carga de refrigerante con lectura de presiones	M	30
28	Revisar presencia de fugas	M	10
29	Limpieza de serpentín soplado, lavado o aplicación de químico	M	30
30	Limpieza de tuberías (líquido, succión y descarga)	M	120
31	Verificación de dispositivos de protección presostatos	M	20
32	Verificar aceite en el compresor	M	20
33	Verificación electromecánica de compresor	M	20
34	Sellado de salida de tubería	M	20
35	Mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia	M	30
36	Verificar que no existan dispositivos disparados	M	10
37	Revisar estado de conexiones, contactores, relays.	M	10
38	Medir con voltímetro los voltajes de alimentación	T	30
39	Medición de amperajes del sistema	T	30

Tabla 19 Mantenimiento de Unidad Condensadora

Tabla 20 Herramientas necesarias para el Mantenimiento de Equipos

Ítem	Descripción de la Herramienta
1	Amperímetro, voltímetro y ohmímetro
2	Juego de desatornilladores
3	Juego de llaves Allen
4	Manómetros
5	Grasa y aceite
6	Limpiador
7	Cinta aislante

Adicionalmente, se requiere de equipos más específicos para la realización de estas tareas como:

Equipo para recuperación: se componen de un tanque de recuperación, una báscula y una máquina de recuperación. Se utilizan para extraer todo el refrigerante del sistema y poder realizar limpiezas. La báscula permite analizar la cantidad de gas refrigerante extraído y ver si se necesita una recarga.

Torquímetro: se debe utilizar sobre todo cuando los fabricantes señalan el valor de ajuste de los elementos roscados. Se utilizan para evitar fugas en los compresores o en sellos mecánicos.

Termómetros: de tipo láser, permite detectar anomalías en las temperaturas de elementos con difícil acceso al tacto.

Detectores de fugas: permiten detectar cuando se dan fugas de gas refrigerante, pueden venir en tipos como flama de gas, electrónicos, agua jabonosa o de luz fluorescente. Una detección de fuga temprana evita que se deba emplear mucho dinero en volver a cargar el sistema a su nivel adecuado.

Bomba de vacío: es un sistema de mangueras que al conectarse con los equipos reducen su presión interna y provocan que el agua hierva, además succiona los gases y los expulsa del sistema. Se debe realizar un vacío cuando se tenga por seguro que no existan fugas en el equipo.

Vacuómetro: se utiliza junto a la bomba de vacío para medir el nivel de vacío adecuado en el sistema. Se realiza esto mediante la medición de la presión en las tuberías durante y después del proceso de vacío.

Debido a que se propone un plan de trabajo mensual para cada área del laboratorio, no se toman en cuenta las frecuencias para trabajos diarios ni semanales. Sin embargo, se insta a los operadores de los locales a realizar inspecciones diarias de mantenimiento autónomo que reflejen el estado de los equipos como:

Inspección visual de fugas, ya sea de refrigerante o lubricantes.

Inspección visual de escarcha o formación de hielo. No debe existir.

Inspección visual del funcionamiento de los ventiladores en los evaporadores.

Estas acciones sencillas pueden determinar si los equipos se encuentran realizando su función y colaborar a mantener su buen estado.

7.6 Costos de los Mantenimientos

Parte vital en la aplicación de esta estrategia de mantenimiento es tener una visión general de los costos y verificar que se dé un impacto positivo en esto. Los costos de mantenimiento se dividen en:

El costo directo de mantenimiento, es decir, mano de obra, materiales, herramientas, equipos y repuestos.

El costo debido a paros en las operaciones

El costo debido a defectos de calidad en los productos por fallas en las funciones de los equipos.

Costo del deterioro de los equipos por mantenimiento adecuado o falta del mismo

Costo del mantenimiento excesivo

Para el laboratorio Blufstein resulta muy complicado cuantificar los costos por paros de operación. Por lo cual es muy importante reportar los costos de mantenimiento en cada O.T. que se ejecute. Los documentos creados para las O.T. contienen el espacio para listar los precios de materiales y herramientas, esto junto con la mano de obra, permite llevar un control de los costos.

Para poder implementar la estructura propuesta, se debe realizar una inversión. Esta se calcula con base en el personal que se debe contratar y se analiza si es necesario en cuanto a compra de materiales o equipos.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 Carga Térmica para aire acondicionado

Con base en las normas y parámetros de ASHRAE, se calculó la carga térmica para cada uno de los recintos de Blufstein laboratorio clínico, los valores de carga térmica para cada recinto recopilan en la Tabla 1. Cargas Térmicas totales para cada recinto de Blufstein laboratorio clínico.

Tabla 21. Cargas Térmicas totales para cada recinto de Blufstein laboratorio clínico.

Recinto	Nombre del Area	Carga total			Carga Sensible		Indice de carga termica y Area	
		Q (Btu/Hr)	Q (Ton)	Q (Kw)	Q (Btu/Hr)	Q (Kw)	Btu (hft2)	W/ M ²
1	Micobacteriologia	24669.50	2.1	7.23	1043.96	0.31	86.77	273.58
2	Biología Molecular	21358.28	1.8	6.26	1043.96	0.31	101.27	319.32
3	Bioquimica	15273.22	1.3	4.48	1298.96	0.38	91.55	288.67
4	Hematologia	17400.84	1.5	5.10	1298.96	0.38	51.90	163.64
5	sala de recepcion	6100.08	0.5	1.79	533.96	0.16	76.52	241.26
6	Pre-analítica	15090.1	1.3	4.42	788.96	0.23	96.80	305.21
7	Inmunologia	19706.1	1.6	5.78	788.96	0.23	141.85	447.24
8	Parasitologia	14884.47	1.3	4.36	2573.96	0.75	68.53	216.08
9	Microbiología	8843.15	0.7	2.59	1298.96	0.38	40.60	128.03
10	Banco de sangre	12983.09	1.1	3.80	533.96	0.16	114.06	359.63
11	Tamizaje de banco de sangre	3755.54	0.3	1.10	788.96	0.23	37.65	118.71
12	Area Medica	4208.76	0.4	1.23	788.96	0.23	40.73	128.42
13	Area Administrativa	5627.51	0.5	1.65	533.96	0.16	57.85	182.40
Carga termica total		169900.64	14.4	49.79	13316.48	3.91	1006.08	3172.19

Como se observa en la tabla 21, se dan los valores de carga térmica para cada uno de los recintos que componen Blufstein laboratorio clínico y la suma de carga térmica total para el laboratorio clínico, se nota que la carga térmica total da un valor de 169900.64 Btu/h, en unidades del SI es 49.79 kW.

Se tiene que la carga sensible arroja un valor total de 13 316 Btu/h, en unidades del SI da un valor de 3,91 kW. Esto aumenta el valor de carga térmica es el equipo usado en cada recinto y lo estrecho de cada recinto, lo cual genera la existencia de muy poco espacio entre los equipos usados. También se evidencian los índices de

carga térmica, dando que el recinto que cuenta con el valor más alto es el recinto de Inmunología con 141.85 Btu/ (h ft²), en unidades del SI 447.24 W/m², esto debido a la alta ganancia térmica de los equipos usados.

8.2 Selección de equipo para aire acondicionado

Selección de equipos

En base a los valores de carga térmica, se selecciona el equipo adecuado que cumpla con la demanda respectiva para tal caso, se selecciona al fabricante LG, el cual cuenta con equipos de última generación, los resultados se observan a continuación.

Tabla 22. Unidad Condensadora ARUN216BTE4

UNIDAD CONDENSADORA	MODELO	CAPACIDAD			REFRIGERANTE	ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS
		Btu/h	Tons	kW		
UC-1	ARUN216BTE04	216 000	18	63	R410A	50, 60 Hz. 208 V, 3 fases

En la tabla 22 se evidencia la unidad condensadora, la cual es un equipo externo y se ubicará en el patio central del laboratorio, se nota que la capacidad nominal de este equipo es de 216 000 Btu/h (18 Tons), en unidades del SI 63 kW, también se observan las especificaciones eléctricas del equipo. Se escoge esta unidad un poco más grande que la recomendada ARUN192BTE04, de 192 000 Btu/h en unidades del SI 56 kW. Esta decisión se tomó para dejar un margen en el caso que el laboratorio desee climatizar más recintos del laboratorio y no tener que adicionarla más unidades condensadores.

Tabla 23. Unidades Evaporadoras seleccionadas.

Item	Ubicación	Area	CAPACIDAD TOTAL		CARGA LATENTE		PESO	DESCRIPCION				
			Kw	Btu/hr	Kw	Btu/hr		Kg	Refrigerante	Unidad	Equipo	Marca
Nivel 1	Nivel 1	Micobacteriología	7.23	24669	0.30	1023.0	15.9	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU153TQC4
Nivel 1	Nivel 1	Biología Molecular	6.26	21347	0.30	1023.0	21.8	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU283TPC4
Nivel 1	Nivel 1	Bioquímica	4.48	15277	0.38	1295.8	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU183TNC4
Nivel 1	Nivel 1	Hematología	5.10	17391	0.38	1295.8	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU243TNC4
Nivel 1	Nivel 1	sala de recepción	1.79	6104	0.16	545.6	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU073TNC4
Nivel 1	Nivel 1	Pre-analítica	4.42	15072	0.23	784.3	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU183TNC4
Nivel 1	Nivel 1	Inmunología	5.78	19710	0.23	784.3	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU243TNC4
Nivel 1	Nivel 1	Parasitología	4.37	14902	0.75	2557.5	24.4	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU183TNC4
Nivel 1	Nivel 1	Microbiología	2.59	8832	0.38	1295.8	22.3	R-410A	UC-01	Cassette 2 vías	LG	ARNU183TLC4
Nivel 1	Nivel 1	Banco de sangre	3.80	12958	0.16	545.6	22.3	R-410A	UC-01	Cassette 2 vías	LG	ARNU183TLC4
Nivel 1	Nivel 1	Tamizaje de banco de sangre	1.10	3751	0.23	784.3	13.2	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU053TRC4
Nivel 1	Nivel 1	Area Medica	1.23	4194	0.23	784.3	13.2	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU053TRC4
Nivel 1	Nivel 1	Area Administrativa	1.65	5627	0.16	545.6	13.2	R-410A	UC-01	Cassette 4 vías	LG	ARNU073TRC4

En la tabla 23 se observan las características de las unidades evaporadoras para cada recinto, como: ítem, ubicación, capacidad tanto en unidades del sistema inglés como en sistema internacional toneladas de refrigeración, tipo de refrigerante y unidad condensadora que los alimenta, tipo de equipo (cassette de 2 y 4 vías), marca y modelo.

Tabla 24. Datos Eléctricos de las unidades evaporadoras seleccionadas.

Item	Ubicación	Area	Datos Electricos					
			potencia (W)	Corriente Eléctrica (A)	Fases	Voltaje (V)	Marca	Modelo
UE-1A	Nivel 1	Micobacteriología	30	0.20	1	220	LG	ARNU153TQC4
UE-1B	Nivel 1	Biología Molecular	33	0.15	1	220	LG	ARNU283TPC4
UE-1C	Nivel 1	Bioquímica	144	0.56	1	220	LG	ARNU183TNC4
UE-1D	Nivel 1	Hematología	144	0.56	1	220	LG	ARNU243TNC4
UE-1E	Nivel 1	sala de recepción	144	0.56	1	220	LG	ARNU073TNC4
UE-1F	Nivel 1	Pre-analítica	144	0.56	1	220	LG	ARNU183TNC4
UE-1G	Nivel 1	Inmunología	144	0.56	1	220	LG	ARNU243TNC4
UE-1H	Nivel 1	Parasitología	144	0.56	1	220	LG	ARNU183TNC4
UE-1I	Nivel 1	Microbiología	70	0.37	1	220	LG	ARNU183TLC4
UE-1J	Nivel 1	Banco de sangre	70	0.37	1	220	LG	ARNU183TLC4
UE-1K	Nivel 1	Tamizaje de banco de sangre	30	0.20	1	220	LG	ARNU053TRC4
UE-1L	Nivel 1	Area Medica	30	0.20	1	220	LG	ARNU053TRC4
UE-1M	Nivel 1	Area Administrativa	30	0.20	1	220	LG	ARNU073TRC4

En la tabla 24 se observan los datos eléctricos para las unidades evaporadoras seleccionadas como ítem, ubicación, corriente eléctrica, potencia, voltaje, marca y modelo.

Tabla 25. Comparación entre la carga Térmica Instalada y la carga térmica calculada.

Recinto	Area	Carga termica Instalada		Carga termica Calculada		Diferencia
		Btu / Hr	Watts	Btu / Hr	Watts	%
1	Micobacteriologia	12000	3517	12815	3756	0.06
2	Biologia Molecular	24000	7034	21358	6260	0.11
3	Bioquimica	24000	7034	15273	4476	0.36
4	Hematologia	36000	10551	17401	5100	0.52
5	sala de recepcion			6100	1788	
6	Pre-analitica	24000	7034	15090	4422	0.37
7	Inmunologia	24000	7034	19706	5775	0.18
8	Parasitologia			14884	4362	
9	Microbiologia			8843	2592	
10	Banco de sangre	24000	7034	12983	3805	0.46
11	Tamizaje de banco de sangre			3756	1101	
12	Area Medica			4209	1233	
13	Area Administrativa			5628	1649	

En la tabla 25, se evidencia como en la mayoría de los recintos, la carga térmica calculada es menor a la carga instalada, este hecho evidencia que la carga térmica instalada está por demás, con lo cual existe un desperdicio de energía, esto se demuestra por la diferencia porcentual entre la carga térmica instalada y la calculada.

8.3 Ventajas del equipo seleccionado

Tecnología de última generación

Equipos de última generación del tipo con tecnología Inverter en sus compresores, de forma que pueden modular la generación térmica y adaptarla perfectamente a la demanda real, con un ahorro energía de 10 al 50%. (LG, 2016).

Tabla 26. Comparación entre los equipos Instalados y seleccionados.

Recinto	Area	Equipo Instalado		Equipo Seleccionado	
		Tipo	Potencia (Watts)	Tipo	Potencia (Watts)
1	Micobacteriologia	Mini split	3200	CASSETE DE 4 VIAS	3000
2	Biologia Molecular	Mini split	7300	CASSETE DE 4 VIAS	1440
3	Bioquimica	Mini split	3200	CASSETE DE 4 VIAS	1440
4	Hematologia	Mini split	7300	CASSETE DE 4 VIAS	1440
5	sala de recepcion	Mini split	3200	CASSETE DE 4 VIAS	1440
6	Pre-analitica	Mini split	3100	CASSETE DE 4 VIAS	1440
7	Inmunologia	Mini split	3200	CASSETE DE 4 VIAS	1440
8	Parasitologia	Mini split	3100	CASSETE DE 4 VIAS	3000
9	Microbiologia	Mini split	7300	CASSETE DE 2 VIAS	1440
10	Banco de sangre	Mini split	2750	CASSETE DE 2 VIAS	3000
11	Tamizaje de banco de sangre	Mini split	3100	CASSETE DE 4 VIAS	3000
12	Area Medica	Mini split	3200	CASSETE DE 4 VIAS	3000
13	Area Administrativa	Mini split	2750	CASSETE DE 4 VIAS	3000

8.3 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos durante el diagnóstico y estudio de eficiencia energética de los equipos de Aire Acondicionado realizado en la sede central del laboratorio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27 resultados obtenidos en el diagnóstico de eficiencia energética

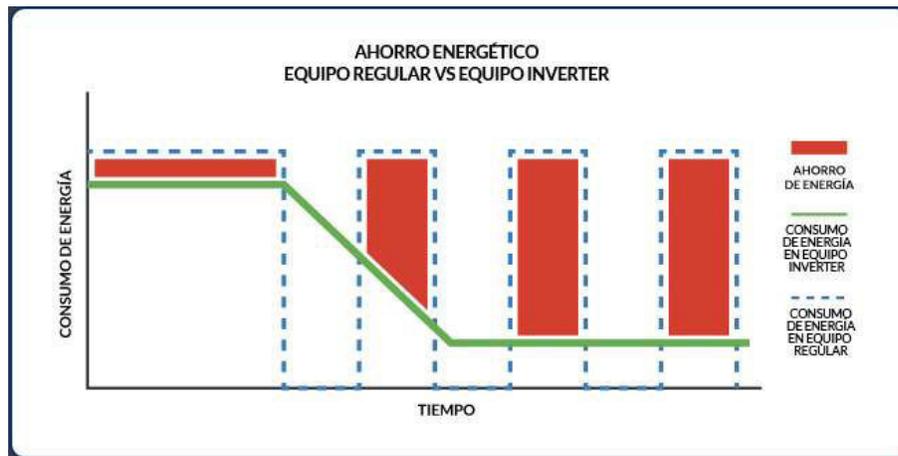
Medida	Energía eléctrica ahorrada
Sistema de Climatización Inverter	1 70,000 KW/Hr
Sistema de Climatización Convencional	62,000 KW/Hr

8.4 Discusión de Resultados

En la comparación de la hipótesis con los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto se determina que los resultados obtenidos son similares con los planteados, en la hipótesis se mencionó que se va lograr el ahorro de energía y luego de finalizar el diagnostico se demostró el ahorro obtenido en consumo de energía en kw-h/año, esto se logró aplicando las recomendaciones hechas durante el diagnostico aplicado.

un sistema de climatización de alta eficiencia Inverter se obtuvo el ahorro de 170,000kwh/año y aplicando Sistema de Climatización Convencional se obtuvo el ahorro de 62,000kwh/año.

Fig. 17 comparación de Ahorro Energético entre equipo Convencional vs Inverter



CAPITULO IX

CONCLUSIONES

A. Se concluye que a partir del análisis sistemático realizado para este proyecto aplicando las medidas recomendadas se obtiene un ahorro de energía eléctrica para el laboratorio, con el uso del Sistema de Climatización Inverter un ahorro anual de 170,000 kwh/año, con el sistema de climatización Convencional un ahorro de 62,000 kwh/año.

B. Se optimizo el programa de mantenimiento de equipos de aire acondicionado elaborando una estrategia de mantenimiento presentado en el capítulo VII de este informe indicando el proceso y flujograma a seguir para gestionar el mantenimiento de estos equipos, esto bajo parámetros de eficiencia energética, indicadores de mantenimiento y análisis de riesgos, esto permitirá utilizar de manera confiable los equipos de aire acondicionado del laboratorio.

C. A partir de los resultados del estudio en el capítulo VIII tablas 21 y 22 se muestran la unidad condensadora y las unidades evaporadoras seleccionadas para cada recinto del laboratorio estos son equipos de última generación con tecnología Inverter que se adaptan a las necesidades de cada ambiente, haciendo que se consuma solamente la energía que realmente se necesita, con esto se optimizara la eficiencia energética y beneficios económicos provenientes del ahorro de energía eléctrica en el laboratorio.

CAPITULO X

RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda inculcar temas de eficiencia energética a los empleados del laboratorio, cambio de hábitos de consumo y realizar campañas de sensibilización en el uso de la energía esto de manera constante y progresiva, estas actividades brindan oportunidades de ahorro, que al ser aplicadas, se verán reflejadas en ahorros de energía.

- B. Se recomienda que la ejecución del diagnóstico energético de las instalaciones del laboratorio sean lo más completa posible tomando en cuenta todos los factores que influyen para obtener resultados veraces que ayuden en la toma de decisiones de mejora.

- C. Se recomienda que el laboratorio cambie el Sistema Convencional por el Sistema Inverter con lo cual tendría un ahorro del 27% anual en el pago de recibos de consumo eléctrico.

CAPITULO XI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2009). ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta, EEUU.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2013). HVAC Design manual for hospital and clinics (Second ed.). Atlanta.

PERRIN, Richard (2008). Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies. (1st. Edition). United States of America. ISBN N° 978-0-470-17079-3

DORREGARAY PORTILLA, Gustavo (2008). Diseño del Sistema de Aire Acondicionado de una Oficina Zonal Publica en Pucallpa.

MONAGAS, Eva (2010). Diseño del Plan de Ahorro Energético en el Edificio Escorpio, Universidad de Carabobo-España.

NÚÑEZ SALGUERO, Franklin Marcelo (2005). Tesis Auditoría Energética de la Escuela Politécnica del Ejército.

ANEXOS

Tabla 28 Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debido a techos planos, 1°F

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in (8)	7	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in (10)	9	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 29 Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debido a paredes al sol, 1°F

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Paredes grupo A																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12
Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	22	10	27	17	
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	-16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	8	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47
SW	5	4	3	1	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	6	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 30 Descripción de grupos de construcción de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 31 Corrección de la DTCE por latitud y mes (LM), para aplicar a paredes y techos, latitudes Norte, °F

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 32 corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitudes norte, °F

Hora	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD,F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook Product Directory.*

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 33 Radiación solar a través de vidrio factores de ganancias máxima de calor solar para vidrio Btu/h – ft², latitudes norte

0 Grados											16 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR		NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR		
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248	
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275	
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291	
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289	
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282	
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277	
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277	
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282	
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282	
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270	
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246	
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	29	29	41	132	-198	241	254	233	212	234	

8 Grados											24 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR		NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR		
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214	
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249	
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275	
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283	
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282	
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279	
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278	
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277	
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266	
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244	
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213	
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199	

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 34 Radiación solar a través de vidrio factores de ganancias máxima de calor solar para vidrio Btu/h – ft², latitudes norte.

32 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Abr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
Jun.	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
Jul.	40	111	167	20-4	215	194	150	96	72	273
Agos.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dic.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

48 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Abr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
Jun.	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
Jul.	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Agos.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sept.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dic.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

40 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Abr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
Jun.	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
Jul.	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Agos.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sept.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dic.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

56 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Abr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
Jun.	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
Jul.	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Agos.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sept.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dic.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 35 Coeficiente de sombreado para vidrios con o sin sombreado interior por persianas venecianas enrollables.

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
						Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas		Traslúcidas
Oscuro	Claro	Claro								
VIDRIO SENCILLO	Sencillo									
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^c	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
	Absorbente de calor ^c	3/8	0.34	0.60						
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
	Vidrio recubierto reflector		0.24	0.30	0.25	0.23				
			0.40	0.33	0.29					
			0.50	0.42	0.38					
			0.60	0.50	0.44					
VIDRIO AISLANTE	Doble ^d									
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71 ^e	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro adentro									
	Claro afuera	1/4	0.61 ^e	0.81						
	Claro adentro									
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36 ^e	0.55						
	Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18					
			0.30	0.27	0.26					
			0.40	0.34	0.33					
Triple	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 36 Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior (Incluye vidrio reflector y absorbente de calor).

Latitud norte.		Hora solar, h																							
Ventana hacia él	Construc- ción del recinto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		N	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12
	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
NE	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
E	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
S	L	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
SW	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
W	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
NW	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.83	0.71	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.30	0.52	0.73	0.81	0.67	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05
IIORA	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.10	0.26	0.43	0.59	0.72	0.81	0.87	0.87	0.83	0.74	0.60	0.44	0.27	0.15	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.13	0.29	0.45	0.60	0.72	0.81	0.85	0.84	0.79	0.70	0.56	0.40	0.23	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07

L = Construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.
M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.
H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.
Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 37 Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado.

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^a			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero													
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

^a Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

^b La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*.

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 38 Correcciones en las temperaturas del proyecto en función de la hora considerada

INTERVALO DE VARIACIÓN DIARIA DE TEMPERATURA (EN LAS 24 HORAS)* (°C)	TEMPERATURA SECA O HÚMEDA	HORA SOLAR									
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
5	Seca	-4,7	-3,5	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,1	-2,7	-4,2	-9,0
	Húmeda	-1,0	-1,1	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,0	-1,0
7*5	Seca	-6,2	-4,7	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,1	-3,2	-5,2	-7,2
	Húmeda	-1,5	-1,1	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,5	-1,9
10	Seca	-7,4	-5,2	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,5	-3,8	-6,0	-8,5
	Húmeda	-2,0	-1,4	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,9	-1,7	-2,2
12*5	Seca	-8,4	-5,5	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,7	-4,1	-6,5	-9,5
	Húmeda	-2,2	-1,6	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,1	-1,7	-2,5
15	Seca	-9,4	-6,5	-3,0	-0,5	0	-0,5	-1,9	-4,8	-7,7	-10,5
	Húmeda	-2,4	-1,6	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,3	-1,8	-3,0
17*5	Seca	-10,5	-7,0	-3,5	-0,5	0	-0,5	-2,6	-5,9	-8,8	-12,2
	Húmeda	-2,9	-1,8	-0,7	0	0	0	-0,5	-1,7	-2,4	-3,5
20	Seca	-12,0	-8,0	-4,1	-0,5	0	-0,5	-3,4	-7,5	-10,3	-13,8
	Húmeda	-3,5	-2,2	-1,1	0	0	0	-0,7	-1,7	-2,9	-4,0
22*5	Seca	-13,5	-9,0	-4,5	-0,5	0	-0,5	-3,9	-8,0	-11,7	-15,5
	Húmeda	-3,9	-2,3	-1,1	0	0	0	-1,1	-2,2	-3,4	-4,7
25	Seca	-14,5	-9,5	-4,5	-1,1	0	-1,1	-4,5	-8,9	-13,3	-17,2
	Húmeda	-3,9	-2,8	-1,1	0	0	-0,5	-1,1	-2,2	-4,5	-5,5

* La oscilación diaria de la temperatura seca es la diferencia entre la temperatura más alta y la más baja durante un periodo de 24 horas de un día de proyecto. (Ver Tabla 1 para el valor de oscilación diaria para una ciudad particular).

Ecuación: Temperatura de ambiente exterior de proyecto a la hora que se considera = Temperatura de proyecto de la Tabla 1 + factor de corrección de la Tabla 2.

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 39 Correcciones en las temperaturas del proyecto en función de la mes considerada.

INTERVALO DE VARIACIÓN ANUAL DE TEMPERATURA (°C)*	TEMPERATURA SECA O HÚMEDA (°C)	MES									
		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
65	Seca	-19,0	-12,0	-6,1	-2,5	0	0	-4,9	-12,2	-22,0	
	Húmeda	-11,1	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-2,0	-5,9	-13,0	
60	Seca	-16,5	-11,0	-6,1	-2,1	0	0	-3,6	-9,3	-16,5	
	Húmeda	-8,3	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-8,9	
55	Seca	-16,0	-10,5	-6,0	-1,8	0	0	-3,6	-9,0	-15,0	
	Húmeda	-7,8	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-7,8	
50	Seca	-16,0	-10,5	-5,0	-1,8	0	0	-3,6	-9,0	-14,5	
	Húmeda	-7,8	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-7,8	
45	Seca	-14,0	-9,2	-4,5	-1,8	0	0	-3,6	-6,9	-11,5	
	Húmeda	-7,3	-5,1	-2,8	-1,1	0	0	-1,1	-3,4	-6,4	
40	Seca	-7,8	-5,5	-2,5	-0,5	0	0	-2,5	-4,1	-8,2	
	Húmeda	-3,9	-2,7	-2,3	0	0	0	-0,5	-2,3	-3,9	
35	Seca	-5,5	-4,0	-1,7	-0,5	0	0	-1,1	-3,0	-6,2	
	Húmeda	-2,4	-1,8	-1,1	0	0	0	-0,5	-1,9	-3,0	
30	Seca	-3,7	-2,8	-1,7	-0,5	0	0	-1,1	-2,5	-4,5	
	Húmeda	-1,9	-1,2	-0,8	0	0	0	-0,5	-1,4	-2,4	
25	Seca	-1,5	-1,1	-1,0	-0,5	0	0	-1,1	-1,9	-3,2	
	Húmeda	-1,3	-1,0	-0,4	0	0	0	-0,5	-1,0	-1,2	

* La oscilación anual de temperaturas es la diferencia entre temperaturas secas de proyecto normales en invierno y verano (Tabla 1).

Ecuación: Temperatura de ambiente exterior de proyecto = Temperatura del ambiente exterior de la Tabla 1 + correcciones de la Tabla 3.

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 40 Condiciones de proyecto recomendadas para ambientes interiores invierno y verano

TIPO DE APLICACIÓN	VERANO					INVIERNO				
	DE LUJO		PRÁCTICA COMERCIAL			CON HUMECTACIÓN			SIN HUMECTACIÓN	
	Temperatura seca (°C)	Hum. rel. %	Temperatura seca (°C)	Hum. rel. %	Variación de temperatura (°C) **	Temperatura seca (°C)	Hum. rel. %	Variación de *** temperatura (°C)	Temperatura seca (°C)	Variación de temperatura (°C) ***
CONFORT GENERAL Apartamento, Chalet hotel, Oficina, Colegio, Hospital, etc.	23-24	50-45	25-26	50-45	1 a 2	23-24	35-30	-1,5 a -2	24-25	-2
TIENDAS COMERCIALES (Ocupación de corta duración) Bancos, Barbero y peluquería, Grandes almacenes, Supermercados, etc.	24-26	50-45	26-27	50-45	1 a 2	22-23	35-30 ****	-1,5 a -2	23-24	-2
APLICACIONES DE BAJO FACTOR DE CALOR SENSIBLE (Carga latente elevada) Auditorio, Iglesia, Bar, Restaurante, Cocina, etc.	24-26	55-50	26-27	60-50	0,5 a 1	22-23	40-35	-1 a -2	23-24	-2
CONFORT INDUSTRIAL Secciones de montaje, Salas de máquinas, etc.	25-27	55-45	26-29	60-50	2 a 3	20-22	35-30	-2 a -3	21-23	-3

* La temperatura seca de proyecto para el ambiente interior debería ser reducida cuando hay paneles radiantes calientes, adyacentes a los ocupantes, e incrementada cuando aquéllos son fríos, a fin de compensar el incremento o disminución con el calor radiante intercambiado desde el cuerpo. Un panel frío o caliente puede ser un cristal sin sombras o muros exteriores acristalados (calientes en verano, fríos en invierno), o tabiques delgados con espacios adyacentes calientes o fríos. Un suelo directamente sobre tierra y muros por debajo del nivel del suelo son paneles fríos durante el invierno y con frecuencia también durante el verano. Tanques calientes, hogares y máquinas son paneles calientes.

** La variación de temperatura es por encima de la posición del termostato durante la máxima carga térmica en verano.

*** La variación de temperatura es por debajo de la posición del termostato durante la máxima carga térmica en invierno (sin luces, ocupantes o aportaciones solares).

**** La humectación durante el invierno se recomienda para tiendas de confección, para conservar la calidad del género.

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 41 Descripción de grupos de ventanas.

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior	Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83	0.96
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4"	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4"	0.65	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2"	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2"	0.59	0.49	0.56
recubrimiento de baja emisión ¹ e = 0.20	0.32	0.38	0.32	recubrimiento de baja emisión ¹ e = 0.20	0.49	0.38	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.48	0.50
Vidrio aislante - triple ¹ Espacio de aire de 1/4"	0.39	0.44	0.38	Tragaluz ² 11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2"	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4"	0.50	0.50	0.44	Domos de plástico ³ de pared sencilla	1.15	0.80	--
Lámina de plástico sencilla				de pared doble	0.70	0.48	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Descripción	Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Ventanas Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
unidad aislante - doble espacio de aire de 1/4"	0.55	0.56	--	Marco de madera - 60% vidrio	0.90	0.95	0.90
espacio de aire de 1/2"	0.43	0.45	--	Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
Tragaluz ² 6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 ⁴	1.20 ⁴
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
— con divisor del hueco	0.49	0.46	0.38	Marco de madera	1.00	1.10 ⁴	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

* vidrio de 1/8"
¹ vidrio de 1/4"
² recubrimiento en ambas superficies del vidrio que dan al espacio de aire
³ diseño de la ventana: vidrio de 1/4" - vidrio de 1/8" - vidrio de 1/4"
⁴ dimensiones nominales
⁵ basados en la superficie de la abertura
⁶ con aislamiento térmico

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita

Tabla 42 Descripción de grupo de puertas.

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.28 .06	.29 .05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.15 .04	.29 .05
PISOS		
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso Marco de madera: Sin aislamiento Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in) Cubierta de concreto: Sin aislamiento Aislamiento R-7	.33 .08 .08 .10	.27 .08 .43 .09
PUERTAS		
Madera maciza: de 1 in de espesor de 1 1/2 in de espesor de 2 in de espesor	.61 .47 .42	.64 .49 .43
Acero: de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.56 .46 .39	.59 .47 .40

Fuente: Acondicionamiento de aire – Edward C. Pita