



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Carrera: Ingeniería En Mantenimiento Industrial.



*Cálculo de carga térmica para el suministro de aire acondicionado del laboratorio clínico
y planes de mantenimiento preventivo para equipo de aire acondicionado clínico,
Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.*

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Mario José Camareno Núñez

Cartago, Noviembre 2016.



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Información del Estudiante

Nombre: Mario José Camareno Núñez.

Cédula: 1-1242-0836

Carné ITCR: 200869216

Dirección de su residencia en época lectiva y no lectiva: Urbanización la Yerris, de la entrada este del supermercado Maxipalí, 25 metros al sur, 100 metros al este y 75 metros al sur, casa color ladrillo, verja negra a mano derecha, San Rafael, Oreamuno, Cartago, Costa Rica.

Teléfono en época lectiva y no lectiva: 8953-6023 ó 2591-6438

Email: mc7735078@gmail.com ó mc7735078@hotmail.com

Información del Proyecto

Nombre del Proyecto: Cálculo de carga térmica para el suministro de aire acondicionado del laboratorio clínico y planes de mantenimiento preventivo para equipo de aire acondicionado clínico, Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

Profesor Asesor: Ing. Ignacio Del Valle Granados.

Asesor Industrial: Ing. Gregory Acuña Rivas.

Horario de trabajo del estudiante: lunes a jueves de 7:00 a 16:00 y viernes de 7:00 a 15:00.

Información de la Empresa

Nombre: Benemérito Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez-CCSS

Dirección: 300 metros sur de la Plaza Mayor, Avenida 6, Calle 2, Cartago, Costa Rica

Teléfono: 2550-19-99

Actividad Principal: Servicios médicos generales y especializados para los habitantes de la zona de Cartago y se atiende a poblaciones de Tarrazú, Dota, León Cortés, Desamparados, Frailes y San Cristóbal.

Dedicatoria

Dedicado a Dios, primeramente, por haberme permitido nacer y formar parte como estudiante del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Dedico este triunfo a mi madre Ruth Auxiliadora Núñez Morales, gracias a sus enseñanzas y regaños, formo en mí en carácter luchador, de jamás darse por vencido, por más grande que parezca el obstáculo.

A mi hermana Sofía Vanessa Camareno Núñez, por el apoyo y consejos brindados en estos años de estudio y superación.

Dedico este triunfo al Sr. Charles Lawrence Fowler, por todas las enseñanzas brindadas que solo un padre puede brindar, padre es él que cría no necesariamente el que engendra.

También dedico este triunfo a mis abuelos paternos Roger Camareno Chavarría (qdDg) y Elizabeth Chacón Jiménez por sus enseñanzas.

Dedico este triunfo a la Srta. Lizbeth del Carmen Castro Sánchez, por apoyo incondicional y desinteresado, a ella mil gracias.

Agradecimientos

A gradezco a Dios en primera instancia por haberme dado la vida y vivir en este momento y poder lograr ingresa y ser egresado del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En especial externo mi agradecimiento a mi profesor asesor Ing. Ignacio Del Valle Granados, por enseñanzas, en materia aire acondicionado, refrigeración, entre otros. Que le han dado forma a mi conocimiento y aportes a este proyecto, de igual manera externo mi agradecimiento al profesor Ing. Oscar Monge Ruiz, por las sugerencias brindadas a este trabajo. Ellos muchas gracias.

Externar mi gran agradecimiento a los diferentes profesores que, tenido durante mi permanencia en el ITCR, tanto profesores de la escuela de electromecánica como de otras escuelas, por todas las enseñanzas brindadas, a todos ellos muchas gracias. En especial quiero agradecer al profesor Fernando Corrales Thames (qdDg) profesor de la escuela de química, por haberme brindado la oportunidad de ser tutor del curso de química básica I, desde mi segundo semestre como estudiante, hasta la actualidad. También agradecer al profesor Lic. Walter Vargas Mena, por ser un gran mentor para mi conocimiento de la materia de química y me permitió ser hasta la actualidad tutor, tanto de taller para repitentes, éxito académico y tutoría convencional. Agradezco la guía y consejos del profesor Ing. Eligio Astorga Cordero, ya que gracias a sus enseñanzas y consejos avance en la carrera como estudiante.

Quiero agradecer al personal del departamento de orientación y psicología (DOP), por sus enseñanzas en materia de didáctica y pedagogía, las cuales han sido de gran relevancia para mi vida como estudiante, para futuro como profesional.

Un agradecimiento muy especial al personal del departamento de ingeniería y mantenimiento del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, en especial al Ing. Gregory Acuña Rivas, por sus enseñanzas y consejos para este proyecto.

Un agradecimiento muy especial al personal del departamento proyectos de la empresa Ecoaire, en especial al Ing. José Navarro Bejarano, por las sugerencias y recomendaciones para la buena formulación y diseño del proyecto.

Un agradecimiento muy especial al personal del departamento de ingeniería de la empresa Clima Ideal y en especial al Ing. Mario Blanco B. por sus aportes técnicos en materia de aire acondicionado y formulación de proyectos.

Un agradecimiento muy especial a todas mis amistades, por el apoyo incondicional durante el desarrollo de la carrera.

Todos ellos muchas gracias.

Tabla de contenido	
Información del Estudiante	i
Información del Proyecto	i
Información de la Empresa	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen Ejecutivo	xiv
Abstract	xv
1. Introducción	1
1.1 Reseña de la empresa	1
1.2 Misión	2
1.5 Proceso Productivo	4
1.5.1 Esquema organizacional Área de Ingeniería y Mantenimiento	4
1.5.2.3 Grupo Mecánica	5
1.5.2.4 Grupo obra Civil	6
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivos Específicos	7
3. Alcances	8
4. Limitaciones	9
5. Definición del problema	10
5.1 Diseño de aire acondicionado y ventilación	10
5.2 Recintos que requieren sistemas de aire acondicionado	10
5.3 Recintos que requieren ventilación	11
6. Marco Teórico	12
6.1 Definiciones Básicas	12
6.1.1 ASHRAE	12
6.1.1 Carga Térmica	12
6.1.2 Aire atmosférico	12
6.1.3 Termómetro	12
6.1.4 Temperatura	12
6.1.5 Temperatura de bulbo seco	12

6.1.6	Temperatura de bulbo húmedo	12
6.1.9	Humedad relativa	13
6.1.10	Volumen específico	14
6.1.11	Unidad Térmica Británica	14
6.1.12	Entalpía específica.....	14
6.1.13	Laboratorio Clínico	14
6.1.14	Laboratorio de Bacteriología	15
6.1.15	Laboratorio de serología.....	15
6.1.16	Laboratorio de hematología.....	15
6.1.18	Acondicionamiento del aire	16
6.1.19	Ventilación	16
6.1.20	Renovaciones o cambios de aire.....	16
6.2	Psicrometría.....	16
6.2.2	La carta psicométrica.....	17
6.3	Cálculo de Carga Térmica para aire acondicionado	18
6.3.1	Conducción de calor a través de la estructura exterior.....	19
6.3.2	Conducción de calor a través del vidrio	20
6.3.3	Conducción de calor a través de la pared interior	21
6.3.4	Radiación a través del vidrio.....	22
6.3.5	Ganancia por Alumbrado	22
6.3.6	Ganancia por personas	23
6.3.7	Ganancias de calor por equipo	24
6.3.8	Transferencia de calor a los alrededores	24
6.4	Carga de enfriamiento o refrigeración.....	25
6.4.1	Infiltraciones.....	25
6.4.2	Ganancia de calor en ductos	30
6.5	Ventilación.....	30
6.5.1	Renovaciones o cambios de aire.....	30
6.5.2	Presión total, estática y dinámica.....	32
6.5.3	Perdidas de presión por fricción en tramos rectos	34
6.5.4	Pérdidas de presión en conexiones de ductos.....	34
6.5.5	Pérdidas de presión totales de un ducto de ventilación	35

7. Procedimiento	36
7.1 Necesidad del proyecto	36
7.2 Estudio preliminar	36
7.3 Cálculo de Carga Térmica	36
7.4 Selección de equipo	36
7.5 Planos del Proyecto	36
7.6 Rutinas de Mantenimiento	37
7.7 Costos y análisis financiero del Proyecto	37
8. Proceso de Diseño	38
8.1 Visita preliminar al lugar	38
8.2 Planos Arquitectónicos del lugar	38
8.3 Temperatura y humedad relativa Exterior	38
8.4 Metodología empleada	40
9. Resultado	41
9.1 Carga Térmica para aire acondicionado	41
9.2 Selección de equipo para aire acondicionado	43
9.3 Ventilación	48
9.4 Selección de equipo para ventilación	49
10. Análisis de Resultados	52
10.1 Situación actual del laboratorio clínico hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez	52
10.2 Ventajas del equipo seleccionado	54
10.2.1 Tecnología de última generación	55
10.2.2 Tipo de refrigerante	57
10.2.3 Requisitos del Cartel de licitación	58
11. Rutinas de Mantenimiento	65
12. Análisis Financiero	70
12.1 Comparación de cargas Térmicas a diferentes temperaturas	70
12.2 Comparación de valores de EER (energy eficiencia ratio).	71
12.3 Inversión Inicial y costos operativos	73
13. Conclusiones	75
14. Recomendaciones	76

14. Bibliografía.....	77
16. Apéndices.....	80
Apéndice 1. Muestra de Cálculo: cálculo de carga térmica.....	80
17. Anexos.....	101
Anexo 1. Temperatura interna de diseño, según ASHRAE HVAC design manual for Hospital and Clinics	101
Anexo 2. Carta Psicométrica para el laboratorio de Bacteriología (Puesto1)	102
Anexo 3. Corte del Plano arquitectónico del recinto del laboratorio bacteriológico	103
Anexo 4. Valores de DTCE para cálculo de carga en la pared oeste	104
Anexo 5. Valores de DTCE para cálculo de carga en la pared norte.....	105
Anexo 6. Descripción de grupos de paredes para determinar el valor de U	106
Anexo 7. Factores de corrección latitud-mes (LM) para los valores de DTCE	107
Anexo 8. Valor de U y DTCE para techos	108
Anexo 9. Coeficiente global de transferencia de calor para el vidrio. Btu/ (h ft²°F) .	109
Anexo 10. Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio	109
Anexo 11. Factor de ganancia máxima de radiación para el vidrio.....	110
Anexo 12. Coeficiente de sombreado para vidrios sencillos.....	111
Anexo 13. Factor de carga por enfriamiento para un vidrio sin sombra.....	112
Anexo 14. Especificaciones técnicas de Luminarias fluorescentes Sylvania	113
Anexo 15. Tasa de Ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado	115
Anexo 16. Requisitos de ventilación para ocupantes.....	116
Anexo 17. Distribución Porcentual de carga térmica para el recinto bacteriología (Puesto 1)	117
Anexo 18. Cambios de aire por hora de aire fresco y recirculación	118
Anexo 19. Tarifas Eléctricas vigentes para los meses de octubre a diciembre del 2016.....	119
Anexo 20. Cambios de aire/hora recomendados para el laboratorio de bacteriología, según ASHRAE HVAC desidn manual for hospitals and clinics.....	120
Anexo 21. Resultado de carga térmica para el recinto bacteriología (Puesto 1), con el software HAP5.0	121
Anexo 22. Propuesta Costo del Equipo de Aire acondicionado y equipo de extracción para el recinto laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.....	122

Anexo 23. Ficha Técnica de las Unidades Evaporadoras.....	128
Anexo 24. Ficha Técnica Unidad Condensadora.....	129
Anexo 25. Formulario de mantenimiento Preventivo.....	130
Anexo 26. Bitácora de equipo para aire acondicionado.....	131
Anexo 27. Tipo de cambio del dólar para las fechas 5, 6 y 7 de noviembre de 2016	132

Índice de Tablas.

Tabla 1. Cargas Térmicas totales para cada recinto, laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.....	41
Tabla 2. Caudal de ventilación y confort para cada recinto del laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez	43
Tabla 3. Unidad Condensadora ARUN216BTE4	44
Tabla 4. Unidades Evaporadores seleccionada.	45
Tabla 5. Datos Eléctricos de las unidades evaporadoras seleccionadas.	46
Tabla 6. Caudal y caída de presión estática para el suministro de aire para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de refrigeradores.	48
Tabla 7. Caudal y caída de presión estática para la extracción de aire para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de refrigeradores.	48
Tabla 8. Equipo de ventilación seleccionado para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.....	49
Tabla 9. Datos Eléctricos el equipo de ventilación seleccionado para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.....	50
Tabla 10. Accesorios del Equipo de Ventilación para Bacteriología (Puesto 2) y Cuarto de cámaras.	50
Tabla 11. Difusores y ductos seleccionadas para la ventilación de Bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.....	51
Tabla 12. Rejillas y ductos seleccionadas para la ventilación de Bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.....	51
Tabla 13. Equipo de aire acondicionado actual en el laboratorio clínico del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.	52
Tabla 14. Comparación entre la carga Térmica Instalada y la carga térmica calculada	54
Tabla 15. Potencia Eléctrica del equipo instalado y el equipo seleccionado.....	56
Tabla 16. Comparacion de carga térmica a 21 °C y a 24 °C.....	70
Tabla 17. Referencias de tarifas eléctricas vigentes de octubre a diciembre del 2016 .	71
Tabla 18. Consumos anuales del equipo instalado y el equipo por instalar.....	72
Tabla 19. Consumo y monto del costo entre la carga térmica Instala y la carga térmica por instalar.....	73
Tabla 20. Inversión del Proyecto de aire acondicionado y ventilación para el laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.	74
Tabla 21. Costos de operación anuales.....	74
Tabla 22. Condiciones de diseño del laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).	80
Tabla 23. Dimensiones y áreas del Laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).	81
Tabla 24. Áreas del recinto Laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).	81
Tabla 25. Ganancia de calor a través del techo y pared externa, recinto bacteriología (Puesto 1).....	84
Tabla 26. Conducción a través del vidrio, recinto bacteriología. (Puesto 1).....	86
Tabla 27. Conducción de calor a través de las Paredes Interiores, recinto bacteriología (Puesto 1).....	88
Tabla 28. Radiación a través del vidrio, recinto bacteriología (Puesto 1).	89

Tabla 29. Ganancia de calor por alumbrado, recinto bacteriología (Puesto 1).	90
Tabla 30. Ganancias de calor por personas, recinto bacteriología (Puesto 1).	92
Tabla 31. Ganancias de calor por equipo, recinto bacteriología (Puesto 1).	93
Tabla 32. Carga Térmica del recinto bacteriología (Puesto 1), sin corregir	94
Tabla 33. Carga térmica corregido recinto bacteriología (Puesto 1).	96
Tabla 34. Humedad relativa y relación de humedad para el recinto de bacteriología (Puesto 1).	97
Tabla 35. Calor por ventilación para el recinto de bacteriología (Puesto 1).	98
Tabla 36. Carga térmica total para el recinto de bacteriología (Puesto 1).	99
Tabla 37. Caudal de aire para el recinto bacteriología (Puesto1).	100

Índice de Figuras.

Figura 1. Fachada Norte Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.....	2
Figura 2. Esquema Organizacional Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.....	4
Figura 3. Carta Psicométrica, unidades en Sistema Ingles de Ingeniería.	17
Figura 4. Carta psicométrica, en unidades del Sistema Internacional.....	18
Figura 5. Propiedades Físicas de algunas sustancias.	28
Figura 6. Cambios de aire mínimos por hora. Norma INTE 31-08-08-97.....	31
Figura 7. Coeficientes de fricción para un codo rectangular de radio uniforme sin álabes.....	35
Figura 8. Temperaturas de la Provincia de Cartago entre los años 1997-2015.....	39
Figura 9. Distribución porcentual de la carga térmica total en cada recinto.	42
Figura 10. Diagrama de Conexión de los Equipos Seleccionados para aire acondicionado.....	47
Figura 11. Minisplit de Banco de sangre en mal estado.....	53
Figura 12. Curvas de temperatura de un sistema tradicional versus un sistema con tecnología inverter.	55

Índice de Ecuaciones.

Ecuación 1. Relación de Humedad.	13
Ecuación 2. Humedad relativa.....	14
Ecuación 3. Conducción a través de la estructura exterior (techos, paredes y vidrios).	19
Ecuación 4. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento, en techos y paredes exteriores.	19
Ecuación 5. Conducción a través de la estructura exterior, en techos y Paredes.	19
Ecuación 6. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento, en vidrios.	21
Ecuación 7. Conducción a través de la estructura exterior, en vidrios.....	21
Ecuación 8. Conducción de calor a través de la pared interior.	21
Ecuación 9. Radiación a través de los vidrios.	22
Ecuación 10. Ganancia debida por alumbrado.	22
Ecuación 11. Ganancia de calor sensible debida a personas.....	23
Ecuación 12. Ganancia de calor latente debida a personas.....	23
Ecuación 13. Ganancia de calor por equipo.....	24
Ecuación 14. Potencia eléctrica.	24
Ecuación 15. Factor de corrección para las ganancias de calor sensible en el recinto.	25
Ecuación 16. Factor de Conductancia por unidad de longitud.....	25
Ecuación 17. Carga de Calor sensible debido a la ventilación.	26
Ecuación 18. Carga de calor latente debido a la ventilación.....	26
Ecuación 19. Ecuación del calor sensible.....	26
Ecuación 20. Densidad.	26
Ecuación 21. Ecuación de calor latente. Página 41.	28
Ecuación 22. Masa de Vapor de vapor de agua.	29
Ecuación 23. Ganancia de Calor en ductos.....	30
Ecuación 24. Caudal mínimo de aire de ventilación, en unidades del SI, en m ³ /h.....	32
Ecuación 25. Caudal mínimo de aire de ventilación, en CFM (ft ³ /min).	32
Ecuación 26. Presión total de un fluido.....	32
Ecuación 27. Presión Dinámica de un fluido.....	33
Ecuación 28. Velocidad del fluido.....	33
Ecuación 29. Presión dinámica.	33
Ecuación 30. Pérdidas de Presión en conexiones de tuberías.	34
Ecuación 31. Caída total de presión a través de un ducto.	35

Resumen Ejecutivo

En esta práctica de especialidad, se ha desarrollado un proyecto que se compone de dos partes, ambas relacionadas entre sí. La parte técnica es en el área mecánica, más específicamente en el área de termofluidos y la otra parte es de administración del mantenimiento.

La parte técnica consiste en el cálculo de carga térmica para el suministro de aire acondicionado del laboratorio clínico, perteneciente al Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, ubicado en el cantón central de la provincia de Cartago. Para iniciar el cálculo de carga térmica se hicieron varias vistas a los recintos, para la realización de un levantamiento de los datos más importantes del laboratorio como: materiales de construcción, red eléctrica, espacios disponibles, temperatura interna, equipos en cada recinto, número de personas que trabajan en cada recinto y una verificación del equipo del aire acondicionado instalado actualmente. Se procedió a realizar los cálculos basados en ASHRAE, específicamente en los capítulos de ASHRAE handbook fundamentals y HVAC design manual for Hospital and Clinics. De los recintos estudiados habrá dos que solo se les instalará ventilación, tanto extracción como inyección de aire fresco, para esto se basará en la norma nacional vigente INTE 31-08-08-03.

Luego de calcular la carga térmica, se procedió a seleccionar el equipo, diseñar los ductos, basado en criterio de caudal, sonido y pérdidas por la conducción del aire. De los recintos estudiados, se propuso un diseño de aire acondicionado que permita hacer un presupuesto que sirva a la hora de recibir ofertas de diferentes proveedores de equipos de aire acondicionado. De igual manera se procedió a calcular el caudal de aire de ventilación y caídas de presión para los dos recintos seleccionados.

La parte administrativa consiste en realizar los planes y rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado y ventilación seleccionados para el laboratorio clínico. Por último, se realizará un análisis financiero del proyecto

Palabras claves: ASHRAE, aire acondicionado, carga térmica, ventilación, mantenimiento preventivo, análisis financiero.

Abstract

In this specialty practice, it has developed a project that consists of two parts, both related. The technical part is in the mechanical area, more specifically in the area of thermal fluids and the other part is maintenance management.

The technical part is calculating thermal load for air conditioning supply clinical laboratory, belonging to Maximiliano Peralta Jiménez Hospital, located in the central region of the province of Cartago. To start calculating thermal load several views of the enclosure were made to carry out a survey of the most important laboratory data such as building materials, electrical grid, space available, internal temperature, teams in each venue, number of people they are working in each enclosure and a check of air conditioning equipment currently installed. He proceeded to perform calculations based on ASHRAE, specifically in the volumes of ASHRAE Handbook HVAC design fundamentals and Manual for Hospital and Clinics. Enclosures have studied two are only installed ventilation, both extraction and injection of fresh air, this will be based on the national standard INTE 31-08-08-03.

After calculating the thermal load, we proceeded to select the team, designing products, based on criteria of flow, sound and conduction losses air. Enclosures studied This was proposed a design that allows air conditioning make a budget to serve in receiving offers from different providers of air conditioning equipment.

The administrative part is to make plans and preventive maintenance routines for air conditioning equipment and selected for the clinical laboratory ventilation. Finally, a financial analysis of the project will be made

Keywords: ASHRAE, air conditioning, heat load, ventilation, preventive maintenance, financial analysis.

1. Introducción

1.1 Reseña de la empresa

El hospital Benemérito Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, más conocido como Hospital Max Peralta, es un centro médico estatal, perteneciente a la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), ubicado en la provincia de Cartago, siendo el más importante de la provincia.

Nombrado así el 13 de agosto de 1922, en honor al distinguido médico cartaginés Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, el cual al concluir sus estudios de secundaria parte Estados Unidos de América a estudiar medicina, se gradúa de la Universidad de Pensilvania, como médico y cirujano en 1896, e incorporado posteriormente a la Facultad de Medicina de Costa Rica el 27 de julio de 1896, cual funge como primer director del centro hospitalario hasta el día de su muerte, pone su vida al servicio del pueblo cartaginés, muere el 26 de enero de 1922, al fallecer deja su capital en beneficio de la institución, esto en común acuerdo con la Hermandad de la Caridad de Cartago.

Debido a su tamaño y especialización tiene categoría clase A, el status de categoría A, lo obtuvo según el artículo 7º de la sesión N° 7548 del 17 de mayo de 2001, suscrito por la Junta Directiva de la Caja Costarricense de Seguro Social y siendo el primero fuera de la provincia de San José. Su área de atención incluye toda la provincia de Cartago, así como la zona de los santos.

En la actualidad cuenta con los servicios de diálisis peritoneal ambulatoria, hemodiálisis, programa de anticoagulados, soporte nutricional, broncoscopia y terapia respiratoria, ostomizados, cirugías complejas como Whipple, esplenectomía laparoscópica, sustitución de aorta abdominal, quimioterapia, oncología médica y quirúrgica, cirugía de tumores, geriatría, perinatología (embarazo de alto riesgo), neurología pediátrica, gastroenterología pediátrica, nefrología, rehabilitación, ginecología oncológica y un gran Centro de Detección Temprana de Cáncer Gástrico, En el área de Emergencias Hospitalarias se han desarrollado unidades de soporte pediátrico, inhaloterapia, sala de choque, laboratorio y farmacia satélite, se han

incorporado cuatro especialistas en emergencias, se cuenta además con el Servicio de Emergencias Ginecoobstétricas abierta las 24 horas de otras áreas.



Figura 1. Fachada Norte Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

Referencia: Elaboración propia.

1.2 Misión

Contribuir a la salud de las personas, familia y comunidad, mediante actividades de promoción, prevención, curación, rehabilitación, investigación y docencia, considerando los siguientes criterios:

- Prestación de los servicios orientada a la satisfacción de los usuarios.
- Apertura en la innovación de la gestión, que impacte en la prestación de servicios.
- Gestión eficiente de los recursos.
- Cumplimiento de los estándares de calidad.
- Capacitación continua y motivación a los trabajadores.
- Fortalecer una coordinación y colaboración entre instituciones que impacten en la salud de la población.
- Fortalecer una coordinación y colaboración entre instituciones que impacten en la salud de la población.
- Armonía con el medio ambiente.

1.3 Visión

Seremos un hospital modelo con un trato humanizado.

1.4 Información de la empresa

Nombre: Benemérito Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez-CCSS

Dirección: 300 metros sur de la Plaza Mayor, Avenida 6, Calle 2, Cartago, Costa Rica

Teléfono: 2550-19-99

Actividad Principal: Servicios médicos generales y especializados para los habitantes de la zona de Cartago y se atiende a poblaciones de Tarrazú, Dota, León Cortés, Desamparados, Frailes y San Cristóbal.

1.5 Proceso Productivo

1.5.1 Esquema organizacional Área de Ingeniería y Mantenimiento

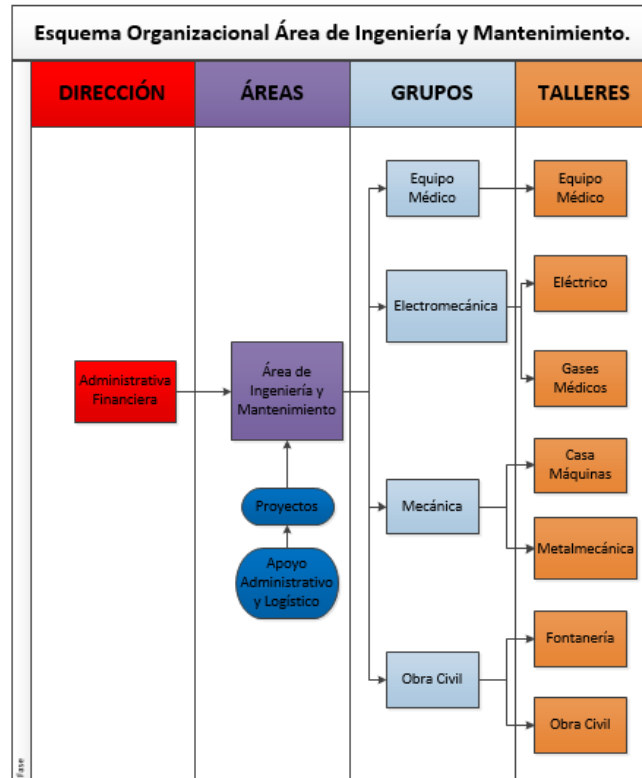


Figura 2. Esquema Organizacional Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

Referencia: Elaboración propia. Basado en el Manual Organización SIM 2014. Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, CCSS.

1.5.2 Área de Ingeniería y Mantenimiento

Es el responsable de realizar en el ámbito hospitalario, las acciones relacionadas con la conservación y mantenimiento de alta, mediana y baja complejidad, el desarrollo de la infraestructura y sistemas electromecánicos. Otorga la asesoría en su ámbito de competencia a las autoridades correspondientes. Para el cumplimiento efectivo de las actividades definidas en esta área de trabajo, se realizan acciones para el desarrollo de la gestión sustantiva y funciones básicas de soporte administrativo, que en conjunto permiten lograr efectividad en el cumplimiento de los objetivos y las metas

establecidas. Dichas funciones están asignadas a la jefatura del área y su personal de apoyo: secretaria, bodeguera, asistente administrativo, dibujante y arquitecta.

1.5.2.1 Grupo Médico

Es el responsable de gestionar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los siguientes elementos del recurso físico: sistemas y equipos de aire acondicionado, ventilación y extracción de aire, sistema eléctrico (tomas, iluminación, tableros, alimentación de equipos, supresión), sistema de sonido, relojes marcadores, sistema CCTV, sistema de radiocomunicación, sistema de CATV y televisores, sistema de puesta a tierra planta eléctrica y su transferencia, telefonía, red y equipos, cableado estructurado, sistema de detección de incendios, ventiladores, negatoscopios, cepillos, microondas, carros termo, aire comprimido médico, equipos de vacío, oxígeno, óxido nitroso y sistema de alarmas de gases médicos.

1.5.2.2 Grupo Electromecánico

Es el responsable de gestionar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los siguientes elementos del recurso físico: sistemas y equipos de aire acondicionado, ventilación y extracción de aire, sistema eléctrico (tomas, iluminación, tableros, alimentación de equipos, supresión), sistema de sonido, relojes marcadores, sistema CCTV, sistema de radiocomunicación, sistema de CATV y televisores, sistema de puesta a tierra planta eléctrica y su transferencia, telefonía, red y equipos, cableado estructurado, sistema de detección de incendios, ventiladores, negatoscopios, cepillos, microondas, carros termo, aire comprimido médico, equipos de vacío, oxígeno, óxido nitroso y sistema de alarmas de gases médicos.

1.5.2.3 Grupo Mecánica

Es responsable de gestionar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los siguientes elementos del recurso físico: sistema de vapor y retorno de condensados, sistema de diésel, sistema de aire comprimido industrial, sistema de gas LP, sistema de supresión de incendios, sistema de aguas servidas, sistema de agua caliente, sistema de agua potable, lavatorios, inodoros, orinal, ducha, elevadores, montacargas / estibadores, equipo de nutrición y correo neumático.

1.5.2.4 Grupo obra Civil

Es responsable de gestionar el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los siguientes elementos del recurso físico: piso, paredes, ventanas, puertas, cerrajería, pintura, cielo, techo, hojalatería y mobiliario.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar el sistema de aire acondicionado para el recinto del laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar las condiciones de diseño óptimas, para la implementación de un sistema de suministro de aire acondicionado para el laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.
2. Seleccionar el equipo para el sistema de aire acondicionado del recinto laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez
3. Realizar los planes y rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado seleccionado para el recinto de laboratorio clínico.
4. Realizar el análisis financiero del proyecto.

3. Alcances

Este proyecto se realizará de acuerdo a los objetivos propuestos en sección 2, se realizará un diseño del sistema de aire acondicionado para el recinto del laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, para el cual se seleccionaron 13 aposentos del laboratorio clínico. Esta selección de estos 13 aposentos se realizó basado en la criticidad de cada uno de los recintos y la necesidad de confort, tanto para los colaboradores y usuarios de las instalaciones, como para el buen funcionamiento y de los equipos utilizados en cada uno de los laboratorios, también se escogieron estos aposentos, pensando en la capacidad eléctrica del hospital. Se procederá a calcular el caudal de suministro de aire fresco y caídas de presión, para ventilación, este procedimiento se aplicará en dos aposentos, aparte de los aposentos seleccionados en el diseño de aire acondicionado.

Para cada una de las áreas definidas, se seguirá el procedimiento señalado por ASHRAE, en sus volúmenes de ASHRAE handbook fundamentals y HVAC design manual for Hospital and clinics y para la parte de ventilación se usará la norma nacional vigente INTE 31-08-08-97 ventilación de los lugares de trabajo.

Mediante el uso de esta metodología se calculará la carga térmica de refrigeración para aire acondicionado, tal que este valor de carga térmica sea el ideal para que pueda cubrir la necesidad que se requiere, para así llevar a cabo mejor el proceso de análisis de muestras médicas y así poder establecer la mejor alternativa posible y brindar la óptima solución para el proceso de análisis de muestras.

Con el valor de carga térmica calculado se procederá a seleccionar el equipo adecuado, esto mediante un fabricante de equipo de aire acondicionado y se procederá a diseñar tuberías y ductos del sistema.

Con el equipo ya seleccionado y conociendo las especificaciones técnicas se procederá a realizar un programa de mantenimiento del mismo, para así procurar una mayor vida útil y confiabilidad del equipo.

Procederá a realizar un análisis financiero del proyecto, para así proyectar en términos financieros la viabilidad del proyecto.

4. Limitaciones

El proyecto culmina con la entrega del diseño de aire acondicionado, este diseño conlleva el cálculo de carga térmica, selección de equipo, diseño de ductos y tuberías, para los aposentos seleccionados para la instalación de aire acondicionado.

Gracias al análisis financiero, se llega a un monto aproximado de los costos de inversión, de energía y de mantenimiento.

La realización del cartel de licitación e implementación del proyecto, no se contemplará en este documento, ya que por cuestiones de tiempo sería imposible contemplarlo como un posible objetivo del proyecto de práctica profesional. Además, que el proceso de licitación pública es un proceso lento y conlleva muchos procesos administrativos, que no contempla los objetivos del este proyecto de graduación.

5. Definición del problema

5.1 Diseño de aire acondicionado y ventilación

En el laboratorio clínico del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, se presenta la problemática que cada uno de los recintos son pequeños y estrechos, en donde los equipos usados para el análisis de los diferentes tipos de muestras, se encuentran muy cercanos unos de otros. En estos recintos trabajan varias personas a la vez, esto genera un espacio confinado, con nula ventilación natural, esto en los recintos en donde no se cuenta con ningún sistema de aire acondicionado.

En los recintos donde se cuenta con aire acondicionado, se tienen sistemas del tipo minisplit, de diferentes marcas y capacidades y algunos de ellos averiados, además en estos recintos, los equipos instalados se encuentran a temperaturas de 21°C, este valor de temperatura es baja comparada con la temperatura de confort que ronda los 24 a 25 °C, con humedades relativas que ronda entre los 50 a 60%, con lo cual se debe analizar si esta es la temperatura es idónea o no.

También se cuenta con dos recintos, en los cuales se diseñarán sistemas de ventilación. Con estas consideraciones se procederá a diseñar los sistemas de aire acondicionado y ventilación.

5.2 Recintos que requieren sistemas de aire acondicionado

Los recintos que requieren aire acondicionado son los siguientes:

1. Bacteriología (puesto 1).
2. Hormonas.
3. Química Clínica.
4. Hematología.
5. Ventanilla Hematología.
6. Serología.
7. Banco de Sangre.
8. Sala de donación.
9. Pasillo banco de sangre.

10. Tamizaje banco de sangre.
11. Secretaría laboratorio.
12. Jefatura laboratorio Clínico.
13. Reporte exámenes de hospital

5.3 Recintos que requieren ventilación

Los recintos que requieren ventilación son:

1. Bacteriología (Puesto 2).
2. Sala de Cámaras.

6. Marco Teórico

6.1 Definiciones Básicas

6.1.1 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)

6.1.1 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)

6.1.2 Aire atmosférico

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

6.1.3 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.

6.1.4 Temperatura

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

6.1.5 Temperatura de bulbo seco

Temperatura o temperatura de bulbo seco es la temperatura del aire, tal como la indica un termómetro, se designa como BS. (Pita, 2005)

6.1.6 Temperatura de bulbo húmedo

Parámetro indicativo del contenido de humedad del aire. Cuanto menor sea la humedad, menor será la temperatura del bulbo húmedo. Cuanto menor sea la

humedad, menor será la temperatura del bulbo húmedo, esta temperatura se obtiene en un termómetro de mecha húmeda. Al exponer el termómetro húmedo a una corriente de aire, se produce una evaporación espontánea del agua de la parte expuesta de la mecha intentando saturar el aire que se traduce en un descenso de la temperatura del termómetro por enfriamiento evaporativo, se designa como BH. (Pita, 2005)

6.1.7 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)

6.1.8 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)

$$W = \frac{m_w}{m_a}$$

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).

6.1.9 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).

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

Ecuación 2. Humedad relativa

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

En donde:

HR: Humedad relativa (%).

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

P_{ws} : Presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de bulbo seco.

6.1.10 Volumen específico

Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco, se puede expresar en ft^3/lb , también se puede describir en m^3/kg . (Pita, 2005)

6.1.11 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)

6.1.12 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)

6.1.13 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 la esta labor se desarrolla una serie de actividades: (Morrison Treseler, 1995)

- Asistenciales.
- Docente.
- Investigación.

6.1.14 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)

6.1.15 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)

6.1.16 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 f que puedan ser evaluadas las distintas células que la conforman y se depositan un tubo al vacío con tapa morada, para su identificación. (Morrison Treseler, 1995)

6.1.17 Laboratorio de Química Clínica

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)

6.1.18 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)

6.1.19 Ventilación

Es el método de controlar los contaminantes ambientales en el lugar de trabajo. (Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica, 2001)

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)

6.1.20 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.

6.2 Psicrometría

La psicrometría es la ciencia que estudia 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 psicometría 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)

6.2.2 La carta psicométrica

Las propiedades del aire atmosférico se pueden representar en tablas o en forma de gráfica. A la forma gráfica se le llama carta psicométrica, el empleo de esta es universal por que 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.

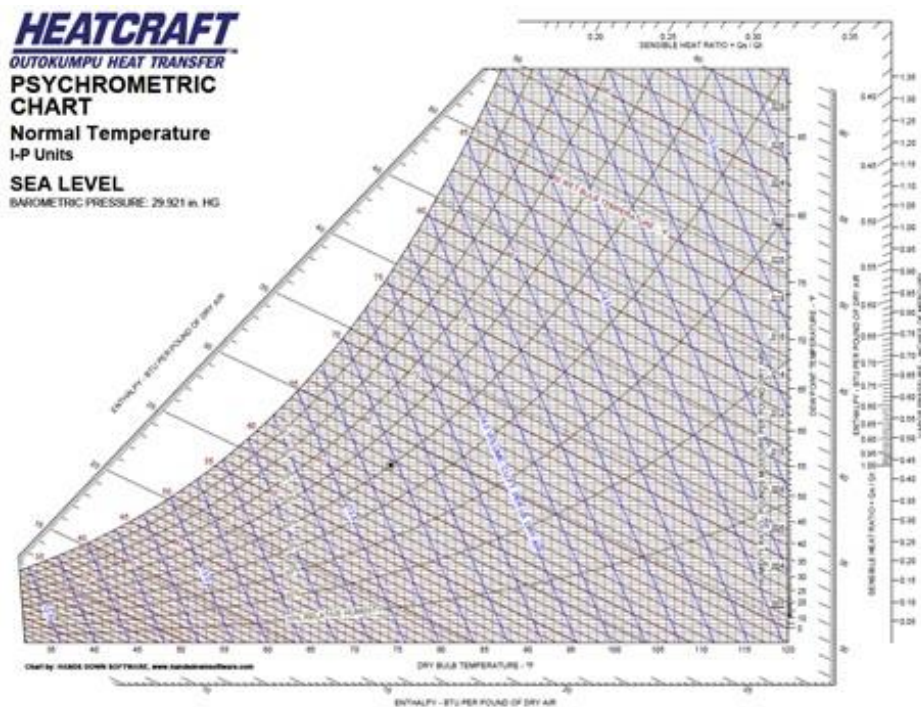


Figura 3. Carta Psicométrica, unidades en Sistema Ingles de Ingeniería.

Fuente. Heatcraft company

La carta psicométrica también se representa en unidades del SI, la cual se muestre a continuación.

HEATCRAFT
OUTOKUMPU HEAT TRANSFER
PSYCHROMETRIC
CHART
Normal Temperature
SI Units
SEA LEVEL
 BAROMETRIC PRESSURE: 101.325 kPa

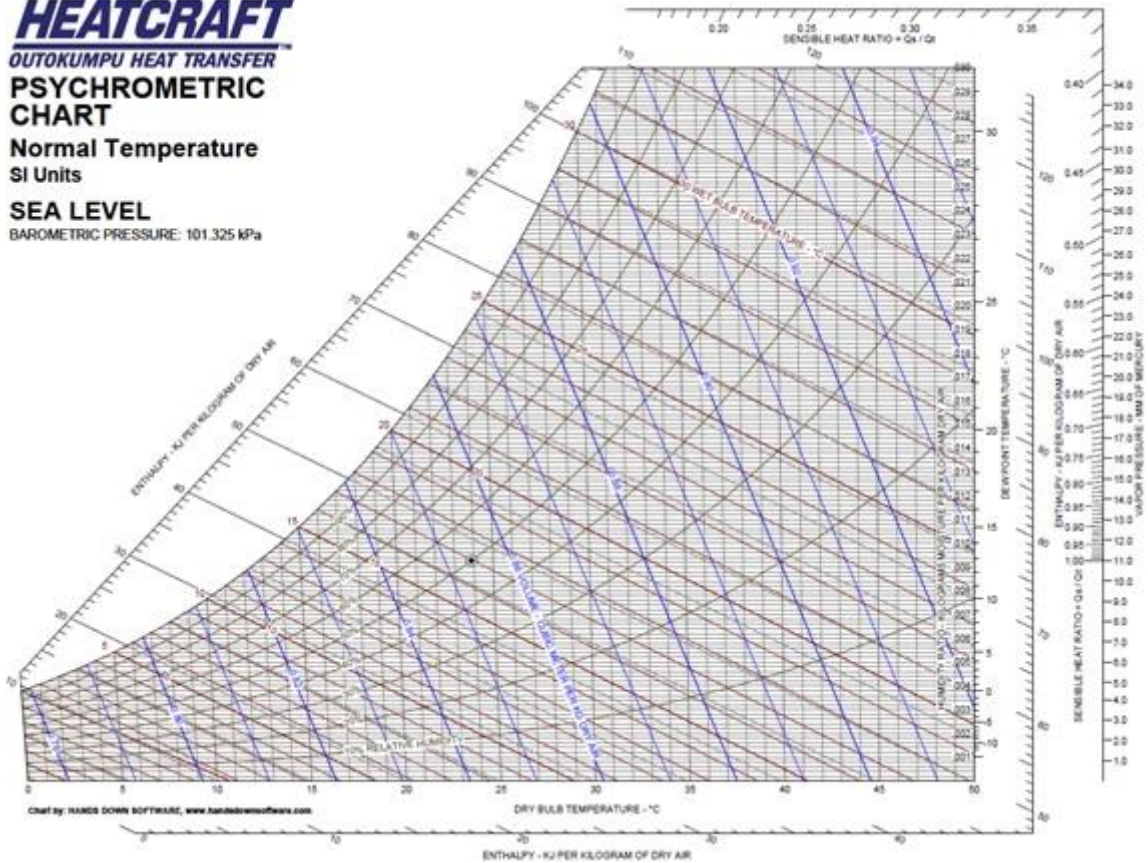


Figura 4. Carta psicrométrica, en unidades del Sistema Internacional.

Fuente. Heatcraft company

6.3 Cálculo de Carga Térmica para aire acondicionado

Para determinar la carga térmica en aire acondicionado, llamada también carga de refrigeración, los datos necesarios para calcular la carga térmica son:

1. Condiciones de diseño; tales como temperatura, humedad, tanto en interiores como exteriores.
2. Dimensiones del recinto; tales como largo, ancho y alturas, según planos arquitectónicos.
3. Dimensiones de ventanas; tales como largo y ancho, además de la ubicación según los puntos cardinales.
4. Ganancias de calor en el recinto (Pita, 2005) son:

- 4.1 Conducción a través en la estructura exterior
- 4.2 Conducción en paredes interiores
- 4.3 Radiación atreves de los vidrios
- 4.4 Personas
- 4.5 Equipos
- 4.6 Ventilación
- 4.7 Infiltración del aire exterior

6.3.1 Conducción de calor a través de la estructura exterior

Según pita, las ganancias de calor por conducción a través de paredes exterior, techo y vidrios se calculan según la ecuación 3.

$$Q = UxAxDTCEe$$

Ecuación 3. Conducción a través de la estructura exterior (techos, paredes y vidrios).

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 136.

En donde la diferencia de temperatura para carga de enfriamiento para el cálculo de techos y paredes (DCTE_e) se calcula de la siguiente manera;

$$DTCEe = [(DTCE + LM)xK + (78 - Tr) + (To - 85)]xf$$

Ecuación 4. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento, en techos y paredes exteriores.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 137.

Por lo tanto, sustituyendo las ecuaciones 3 y 4 se obtiene

$$Q = UxAx[(DTCE + LM)xK + (78 - Tr) + (To - 85)]xf$$

Ecuación 5. Conducción a través de la estructura exterior, en techos y Paredes.

Fuente: Elaboración propia.

En donde:

- Ganancia de neta del recinto por conducción a través de paredes (Q), $\frac{BTU}{h}$
- Coeficiente general de transferencia de calor para las paredes (U) $\frac{BTU}{h ft^2 \text{ } ^\circ F}$

- Factor de corrección al color de la superficie (K)
- Temperatura del recinto (T_r), °F.
- Temperatura de diseño exterior (T_o), °F.
- Factor de corrección para ventilación del cielo raso (f)
- Área de la pared o techo (A), ft²
- Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento para paredes y techos (DTCE).

Los valores de factor de corrección al color de la superficie (K), van de acuerdo al color de la superficie (Pita, 2005):

- 1 para superficies oscuras o áreas industriales.
- 0,5 para techos de color claro o en zonas rurales.
- 0,65 para paredes de color claro en zonas rurales.

El factor de corrección para ventilación del cielo raso (f), solo se usa para cielo rasos, utiliza los siguientes valores, de acuerdo a la presencia o ausencia de techo falso (Pita, 2005):

- 0,75 para ventiladores de entepiso (techo falso).
- 1 para todos los demás casos.

6.3.2 Conducción de calor a través del vidrio

Para el cálculo de la conducción a través del vidrio se utiliza la ecuación 3, vista en el apartado 6.3.1. El diferencial de temperatura para carga de enfriamiento (DCTE_e), para la conducción a través del vidrio, es diferente al usado en la sección 6.3.1, ya que esta conducción de calor no toma en cuenta los valores de longitud y mes (LM), el factor de corrección al color de la superficie (K) y factor de corrección para ventilación del cielo raso (f), estos factores no aplican en el cálculo de conducción a través del vidrio, estos factores (LM, K y f), se utilizan solo para la conducción de calor a través del techos y paredes exteriores (Pita, 2005).

La diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DCTEe) para la conducción a través del vidrio se calcula:

$$DTCEe = DTCE + (78 - Tr) + (To - 85)$$

Ecuación 6. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento, en vidrios.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 142.

Por lo tanto, sustituyendo la ecuación 6 en la ecuación 3, se encuentra la ecuación para calcular la conducción de calor a través del vidrio, obteniéndose:

$$Q = UxAx[DTCE + (78 - Tr) + (To - 85)]$$

Ecuación 7. Conducción a través de la estructura exterior, en vidrios.

Fuente: Elaboración propia.

En donde:

- Ganancia de neta del recinto por conducción a través del vidrio (Q), $\frac{BTU}{h}$
- Coeficiente general de transferencia de calor para el vidrio (U) $\frac{BTU}{h ft^2 ^\circ F}$,
- Temperatura del recinto (Tr), °F.
- Temperatura de diseño exterior (To), °F.
- Área de la pared o techo (A), ft²
- Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento del vidrio (DTCE).

6.3.3 Conducción de calor a través de la pared interior

Según pita, las ganancias de calor por conducción a través de paredes interiores.

$$Q = UxAxDT$$

Ecuación 8. Conducción de calor a través de la pared interior.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 142

En donde la DT es la diferencia de temperatura entre el recinto sin acondicionar y el recinto acondicionado, en °F, se debe tomar en cuenta que según Pita (2005), que

la temperatura interior es la temperatura exterior menos 5 °F, este valor se debe al fenómeno conocido como radiación del cuerpo oscuro (Pita, 2005).

6.3.4 Radiación a través del vidrio

Para el cálculo de la radiación a través del vidrio, se calcula con la siguiente formula;

$$Q = FGCSxAxCSxFCE$$

Ecuación 9. Radiación a través de los vidrios.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 142.

Donde:

- Factor de ganancia máxima de calor solar (FGCS), $\frac{BTU}{h\ ft^2}$
- Coeficiente de sombreado (CS), CS = 1, vidrio sencillo claro (Pita, 2005)
- Factor de carga de enfriamiento para el vidrio (FCE).

6.3.5 Ganancia por Alumbrado

La ecuación para calcular la ganancia debida alumbrado es:

$$Q = 3,41xWxFBxFCE$$

Ecuación 10. Ganancia debida por alumbrado.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 149.

- Ganancia de neta del recinto por alumbrado (Q), $\frac{Btu}{h}$
- Factor de balastro (FB).
- Factor de carga por enfriamiento; FCE.
- W: Capacidad del alumbrado, Watts

El factor de balastro, toma en cuenta las pérdidas de calor en el balastro, un valor típico es de 1,25 para el alumbrado fluorescente y un valor de 1 para alumbrado incandescente, por lo tanto, para alumbrado incandescente no hay pérdidas adicionales (Pita, 2005).

Para el factor de carga de enfriamiento, se toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado, este efecto depende de cuánto tiempo está encendido el alumbrado, trabajo de enfriamiento, construcción del edificio, tipo de unidades de alumbrado y la ventilación. Así que se utiliza usar un valor $FCE = 1$, cuando, no se tengan las siguientes condiciones:

- El sistema de enfriamiento sólo trabaja durante las horas de ocupación.
- El sistema de enfriamiento trabaja más de 16 horas.
- Se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas que no se ocupa.

En caso que exista alguna de estas condiciones se consultara los valores brindados por ASHRAE (Pita, 2005).

6.3.6 Ganancia por personas

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes; el calor sensible y el calor latente, este es debido a la transpiración. La velocidad de ganancia de calor debida de calor debido a las personas depende de la actividad física que se realice, las velocidades están determinadas para una temperatura de 78 °F BS (Pita, 2005)

Para calcular las ganancias se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$Q_s = q_s x n x FCE$$

Ecuación 11. Ganancia de calor sensible debida a personas.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 151.

$$Q_l = q_l x n$$

Ecuación 12. Ganancia de calor latente debida a personas.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 151.

- Q_s y Q_l : Ganancias de calor sensible y latente debido a las personas.
- q_s y q_l ganancias de calor sensible y latente por persona.

- n: número de personas.
- FCE: factor de carga de enfriamiento para personas.

Si durante la noche se apaga el sistema de aire acondicionado, no habrá almacenamiento de calor y el FCE = 1 (Pita, 2005)

6.3.7 Ganancias de calor por equipo

La ganancia de calor debida a los equipos eléctricos, se pueden encontrar en datos de placa o consultando los catálogos de los respectivos equipos, por lo general estos datos vienen dados en Watts, por lo tanto, se pueden calcular mediante la ecuación de potencia eléctrica, tomando en cuenta que estos valores se deben convertir a Btu/h con el factor de conversión de que en $1\text{ W} = 3,41\text{ Btu/h}$

$$Q = 3,41xW$$

Ecuación 13. Ganancia de calor por equipo

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 151.

$$P = VxI$$

Ecuación 14. Potencia eléctrica.

Fuente: Introducción al análisis de circuitos. Boylestad R, 2004. Página 103.

W: Potencia del equipo en Watts (W).

Q: Ganancia de calor por equipo, $\frac{Btu}{h}$

P: Potencia eléctrica en Watts (W)

V: Diferencia de potencial o voltaje en Volts (V).

I: Corriente Eléctrica en Ampere (A).

6.3.8 Transferencia de calor a los alrededores

Parte de la ganancia del calor sensible del recinto se transfiere a través de la estructura hacia los alrededores, este fenómeno no se contempla en el cálculo de la carga térmica, está perdida de calor sensible se debe corregir las ganancias de calor

sensible en el recinto producidas por conducción (techos, paredes y vidrios) radiación solar a través de los vidrios, alumbrado, personas y equipo, este factor de corrección se calcula con las siguientes formulas.

$$F_c = 1 - 0,02K$$

Ecuación 15. Factor de corrección para las ganancias de calor sensible en el recinto.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 156.

$$K = \frac{U_w A_w + U_g A_g}{L}$$

Ecuación 16. Factor de Conductancia por unidad de longitud.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 156.

F_c: Factor de corrección para las ganancias de calor sensible en el recinto.

K: Conductancia de la unidad de longitud, Btu/ (h ft °F)

L: Longitud total de la pared exterior, ft.

6.4 Carga de enfriamiento o refrigeración

Una vez calculadas las ganancias máximas de calor, tanto latente como sensible se procede a calcular la carga de refrigeración o enfriamiento, esta es la carga a la que se somete el equipo de producción de frío, estas ganancias pueden provenir de:

- Infiltraciones.
- Ganancia de calor en ductos.

6.4.1 Infiltraciones

Por lo general se filtra una cantidad de aire exterior por las fisuras de puertas y ventanas, este hecho ocasiona una carga de calor, tanto calor sensible como calor latente, ya que el calor sensible y latente de este aire que entra es mayor que el aire de enfriamiento. Este exceso de calor se elimina por lo general con el equipo de enfriamiento del sistema de aire acondicionado, por este hecho esta ganancia de calor no está dentro del cálculo de ganancia de calor de los recintos, así que, para calcular la carga térmica total por cada recinto, esta ganancia se suma a la carga del recinto

luego de corregirla con el factor corrección de cargas de calor sensible, visto en la sección anterior (Pita, 2005).

Para calcular las cargas de calor sensible y calor latente, se usan las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = 1,1 \times CFM \times CT$$

Ecuación 17. Carga de Calor sensible debido a la ventilación.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 159.

$$Q_l = 0,68 \times CFM \times (w_e' - w_i')$$

Ecuación 18. Carga de calor latente debido a la ventilación.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 159.

- Q_s y Q_l : Ganancias de calor sensible y latente debido a la ventilación, $\frac{Btu}{h}$
- CFM: siglas del inglés cubic feet per minute, flujo de aire de ventilación, ft^3/min
- CT: Cambio de temperatura entre el aire exterior e interior, °F
- w_e y w_i : relación de humedad exterior e interior, en g de agua/lb de aire seco.

Ambas ecuaciones se deducen del siguiente procedimiento matemático:

$$Q_s = m \times c \times CT$$

Ecuación 19. Ecuación del calor sensible.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 58.

- m es la masa en libras (lb) de aire.
- c es el calor específico en Btu/ (lb °F), en donde para el aire vale $C = 0,24 \text{ Btu}/(\text{lb } ^\circ\text{F})$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 20. Densidad.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 21.

- ρ es la densidad, para el caso del aire la densidad es $\rho = 0,075 \text{ lb}/ft^3$

- m es la masa en libras (lb).
- V es el volumen en ft^3

Tomando la ecuación 20, se encuentra que la masa es $m = \rho x V$, así que sustituyendo en la ecuación 19 se obtiene:

$$Q_s = \rho x V x c x CT = 0,075 \frac{lb}{ft^3} x 0,24 \frac{Btu}{lb \text{ } ^\circ F} x \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} x V x CT$$

$$Q_s = 1,1 \frac{Btu \text{ min}}{ft^3 \text{ } ^\circ F \text{ h}} x \dot{V} x CT$$

Como se agrega el factor de conversión de horas a minutos en el análisis, se llega a la conclusión que la ecuación se arregló para poder ser utilizada con el flujo volumétrico \dot{V} de aire de ventilación en CFM y que el valor $1,1 \frac{Btu \text{ min}}{ft^3 \text{ } ^\circ F \text{ h}}$ se deduce como un factor de conversión para poder encontrar el valor de flujo de calor sensible en Btu/h.

Los valores de calor específico y densidad del aire se tomaron de la figura

TABLA 2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNAS SUSTANCIAS

Sustancia	Densidad lb/pie ³	Calor específico BTU/lb-F	Nota
Agua	62.4	1.0	A 32-60°F
Hielo	57.2	0.50	
Vapor	(Tabla A.3)	0.45	Promedio para vapor de agua en aire
Aire	0.075	0.24	A 70°F y 14.7 psia
Mercurio	849.0		A 32°F

Figura 5. Propiedades Físicas de algunas sustancias.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005, Página 20.

De manera similar se realiza para la obtención de la ecuación 18, para este caso el calor latente se calcula con la ecuación 21.

$$Q_L = m_w \times C_L$$

Ecuación 21. Ecuación de calor latente. Página 41.

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

- m_w : Masa de vapor de agua agregado o eliminado (lb_{agua}/h).
- C_L : Calor específico de vaporización (Btu/lb), para el aire en condiciones normales es aproximadamente 1055 Btu/lb, según Pita página 192.

La masa de vapor de agua se calcula con la ecuación 22.

$$m_w = m_a(w'_e - w'_i)$$

Ecuación 22. Masa de Vapor de vapor de agua.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 191.

- m_w : Masa de vapor de agua agregado o eliminado (lb_{agua}/h).
- m_a : flujo de aire (lb/h)
- w_e y w_i : relación de humedad exterior e interior, en g de agua/lb de aire seco.

Tomando la ecuación 20, se encuentra que la masa de aire es $m_a = \rho_a \times V_a$, así que sustituyendo en la ecuación 22 se obtiene:

$$m_w = \rho_a \times V_a \times (w'_e - w'_i)$$

Se tiene que la densidad del aire es 0,075 lb/ft³, según la figura 5 y como en 1 lb H₂O=7000 gH₂O/lb_{aireseco}, se tiene:

$$m_w = \rho_a \times V_a \times (w'_e - w'_i) = 0,075 \frac{lb}{ft^3} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ lb aireseco}}{7000 \text{ g H}_2\text{O}} \times V_a \times (w'_e - w'_i)$$

$$m_w = \frac{V_a \times (w'_e - w'_i) \text{ lb min lb aireseco}}{1556 \text{ ft}^3 \text{ h g H}_2\text{O}}$$

Sustituyendo en la ecuación 21, los datos de C_L y m_w se obtienen:

$$Q_L = \frac{V_a \times (w'_e - w'_i) \text{ lb min lb aireseco}}{1556 \text{ ft}^3 \text{ h g H}_2\text{O}} \times 1055 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$Q_L = \frac{0,68 \times V_a \times (w'_e - w'_i) \text{ Btu min lb aireseco}}{\text{ft}^3 \text{ h g H}_2\text{O}}$$

Como se agrega el factor de conversión de horas a minutos en el análisis, se llega a la conclusión que la ecuación se arregló para poder ser utilizada con el flujo volumétrico de aire de ventilación en CFM y que el valor $0,68 \frac{\text{Btu min lb H}_2\text{O}}{\text{ft}^3 \text{ h}}$ se deduce como un factor de conversión para poder encontrar el valor de flujo de calor latente en Btu/h.

6.4.2 Ganancia de calor en ductos

El aire acondicionado que pasa por los ductos gana calor. Si el ducto pasa a través de espacios acondicionados, la ganancia de calor ocasiona un efecto de enfriamiento, pero para los ductos que para los ductos genera una pérdida de calor sensible que se le deba sumar a la carga sensible del recinto.

$$Q = UxAxDT$$

Ecuación 23. Ganancia de Calor en ductos.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 161.

6.5 Ventilación

La ventilación se define como la extracción del aire en el interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior a fin de evitar su encarecimiento, eliminando el calor, el polvo, vapor y olores perjudiciales para las personas dentro del recinto (Carnicer Royo, 1998).

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).

6.5.1 Renovaciones o cambios de aire

Es la cantidad de aire mínima que se debe cambiar, durante un tiempo determinado, ya sea horas o minutos. Las renovaciones de aire para un proceso de ventilación pueden depender entre otros factores (Carnicer Royo, 1998).

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

Para el caso de Costa Rica, se rige mediante la norma nacional vigente INTE 31-08-08-97, en la figura 6, se muestran los diferentes cambios de aire mínimos, según el tipo de actividad que se realice en el recinto.

Local destinado a:	Número mínimo de cambios por hora
Apartamentos en general	5
Archivos	5
Aulas de clase en general	12
Bancos (Oficinas y público)	8
Barberías	15
Bares	25
Billares	25
Boleras (Bowling)	25
Boites	25
Cafeterías	10
Capillas funerarias	15
Cervecerías	25
Cocinas de restaurantes	30
Cocinas de viviendas	30
Comedores	10
Comercios	10
Cuartos y pasillos	5
Cuartos y hoteles	10
Despachos (Oficinas)	8
Depósitos (generales)	10
Discotecas y similares	25
Dormitorios en general	5
Fábricas (ambiente laboral en general)	10
Farmacias (preparación de fármacos)	12
Garajes	12
Gimnasios	20
Laboratorios	10
Oficinas públicas	8
Oficinas privadas	10
Peluquerías	20
Restaurantes	10
Sala de conferencias	10
Salas y recibos	5
Salas de baile	25
Salas sanitarias	8
Salones de belleza	15
Teatros y otros sitios de reunión públicos	10
Tiendas por departamentos	12
Viviendas en general	8

Figura 6. Cambios de aire mínimos por hora. Norma INTE 31-08-08-97.

Fuente: Norma INTE 31-08-08-97.

Con estos datos de cambios de aire y con el volumen del recinto es posible calcular el caudal de aire mínimo que requiere el recinto, mediante las siguientes formulas:

$$Q = \frac{\text{cambios}}{h} \times V$$

Ecuación 24. Caudal mínimo de aire de ventilación, en unidades del SI, en m³/h

Fuente: Ventilación Industrial. Carnicer Royo E, tercera Ed, 1998. Página 20.

Q: Caudal de aire (m³/h).

V: volumen del recinto (m³)

$$Q = 0,58813 \times \frac{\text{cambios}}{h} \times V$$

Ecuación 25. Caudal mínimo de aire de ventilación, en CFM (ft³/min).

Fuente: Elaboración Propia.

Q: Caudal de aire (CFM).

V: volumen del recinto (m³)

Sabiendo que el numero 0,58813 es el factor de conversión de m³/h a ft³/min (CFM).

6.5.2 Presión total, estática y dinámica

Otro factor importante en la selección de equipos de ventilación es la caída de presión, para tan efecto se analizarán la presión dinámica, presión estática y presión total.

La presión total se define como:

$$P_T = P_v + P_s$$

Ecuación 26. Presión total de un fluido.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 221.

P_v: Presión dinámica.

P_s: Presión estática.

PT: Presión Total.

La presión dinámica se define como la presión que presenta un fluido en movimiento a través de un ducto y se calcula:

$$P_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$

Ecuación 27. Presión Dinámica de un fluido

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 221.

P_v: Presión dinámica (ft de fluido).

v: Velocidad (ft/s).

g: Constante gravitacional, 32.2 ft²/s, en unidades del SI 9,81 m²/s.

$$v = \sqrt{2 \times g \times P_v}$$

Ecuación 28. Velocidad del fluido.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 221.

P_v: Presión dinámica (ft de fluido).

v: Velocidad (ft/s).

g: Constante gravitacional, 32,2 ft²/s, en unidades del SI 9,81 m²/s.

También la presión dinámica se puede calcular a partir de solo la velocidad, mediante la expresión, sustituyendo las ecuaciones 27 y 28, obteniendo así la ecuación 29.

$$P_v = \left(\frac{v}{4000} \right)^2$$

Ecuación 29. Presión dinámica.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 221.

P_v: Presión dinámica (in de agua).

v: Velocidad (ft/s).

Sabiendo que el número 4000 es factor de conversión para obtener pulgadas de agua.

6.5.3 Pérdidas de presión por fricción en tramos rectos

Las pérdidas de fricción en tramos rectos a través de un ducto son evaluados a través de una pérdida de carga por unidad de longitud, en unidades del sistema inglés:

Para suministro: $\frac{0,1 \text{ in de agua}}{100 \text{ ft}}$

Para retorno $\frac{0.05 \text{ in de agua}}{100 \text{ ft}}$

Estos datos son tomados del capítulo 34 de ASHRAE duct design (diseño de ductos).

6.5.4 Pérdidas de presión en conexiones de ductos

Uno de los procedimientos para calcular estas pérdidas es mediante el método de coeficientes de pérdidas, y se usará la ecuación 30:

$$P_f = CxP_v = Cx\left(\frac{v}{4000}\right)^2$$

Ecuación 30. Pérdidas de Presión en conexiones de tuberías.

Fuente: Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas. Pita E, 2005. Página 237.

Pf: pérdida de presión a través de la conexión (in de agua).

C: Coeficiente de pérdidas.

Pv: Presión dinámica en la conexión (in de agua).

V: velocidad (ft/min).

El coeficiente de pérdidas (C), se determina mediante las tablas contenidas en el capítulo 34 de ASHRAE duct design (diseño de ductos), un ejemplo de estos datos se muestra en la figura 7.

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

		C_p Values										
r/W		H/W										
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50		1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75		0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00		0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50		0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00		0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
		Angle Factor K										
θ		0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K		0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

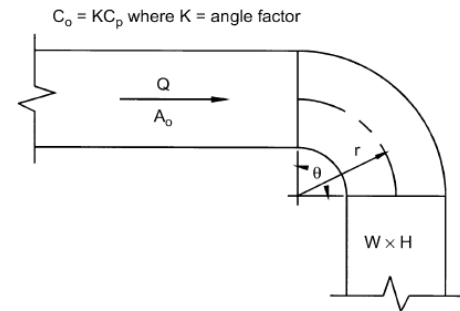


Figura 7. Coeficientes de fricción para un codo rectangular de radio uniforme sin álabes.

Fuente: Chapter 34. Duct desig. ASHRAE Página 54.

6.5.5 Pérdidas de presión totales de un ducto de ventilación

Las pérdidas totales de presión se calculan, mediante la suma de todas las caídas de presión, contemplando las caídas en tramos rectos y las caídas de todos los accesorios escogidos.

$$P_f = P_{tramos\ rectos} + P_{accesorios}$$

Ecuación 31. Caída total de presión a través de un ducto.

Fuente: Chapter 34. Duct desig. ASHRAE Página 2.

7. Procedimiento

7.1 Necesidad del proyecto

El proyecto nace para atender una necesidad del cliente, por ende, bajo esta premisa se parte por efectuar una entrevista que permita obtener los datos suficientes para la realización del sistema de aire acondicionado, atendiendo a las necesidades que el cliente establezca, para así plantear la mejor solución.

7.2 Estudio preliminar

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 y la norma nacional vigente INTE 31-08-08-97 entre otras.

7.3 Cálculo de Carga Térmica

Realizar el debido procedimiento para el cálculo de carga térmica para cada uno de los recintos del laboratorio clínico, siguiendo la metodología descrita por ASHRAE, para llegar al valor total de carga térmica que va a demandar el laboratorio clínico.

7.4 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.

7.5 Planos del Proyecto

Realizar los planos de la instalación electromecánica del sistema de aire acondicionado y ventilación, con cada una de las especificaciones de los equipos y

materiales, planos con detalles constructivos de cada una de las instalaciones, de tal forma que puedan ser presentados al cliente solicitante

7.6 Rutinas de Mantenimiento

Basado en el equipo seleccionado, en manuales de uso de estos, se diseñan las rutinas de mantenimiento preventivo para el equipo seleccionado. Esto para aumentar el rendimiento y la vida útil del equipo, para así evitar fallas inesperadas y que puedan afectar el buen funcionamiento del equipo.

7.7 Costos y análisis financiero del Proyecto

Una vez efectuada la escogencia de los equipos necesarios para el proyecto se realizan las estimaciones de los costos que incurrirá el proyecto, por la adquisición del equipo y accesorios necesarios para los sistemas de aire acondicionado y ventilación

8. Proceso de Diseño

Para el diseño del sistema de aire acondicionado, como etapas previas se deben tomar en cuenta:

8.1 Visita preliminar al lugar

Como primer paso, se realizó una visita 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, si lo hubiera, y la capacidad eléctrica del recinto, para el caso particular el laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez se localiza en la provincia de Cartago, en el centro del país.

8.2 Planos Arquitectónicos del lugar

Se deben tener los planos del sitio, para así poder agilizar el proceso de toma de medidas, por lo general, siempre existen, en el caso particular los planos fueron aportados por el departamento de ingeniería y mantenimiento.

8.3 Temperatura y humedad relativa Exterior

Para determinar estas condiciones ambientales, se debe hacer un estudio de las temperaturas ambientales y humedades relativas de la provincia de Cartago, durante un cierto periodo de tiempo, para este dato se tomará la información brindada por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el cual tiene datos de temperatura desde el año 1997 hasta 2015, el cual fue consultado el día 22 de Julio de 2016.

Se nota que la mayor temperatura será en el mes de setiembre arrojando un valor de 25,1 °C y una humedad relativa máxima 91%, para el mes de noviembre, tomándose como valor próximo del 90% de humedad relativa, según el Instituto Meteorológico Nacional.

ITCR

Ubicación: Cartago

Lat: 9° 50' 59" Norte Lon: 83° 54' 0" Oeste Altitud: 1395 m.s.n.m.

Tipo: Automatica

Período: 1998 - 2015

Promedios mensuales

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa(%)	Lluvia (mm)	Días con lluvia (mm)
	Max.	Min.	Med.			
ENE	21.8	13.5	17.6	90	64.6	17
FEB	22.7	13.4	18.0	87	39.8	12
MAR	23.4	13.7	18.6	87	23.1	11
ABR	24.5	14.9	19.7	87	35.8	12
MAY	24.9	16.0	20.4	89	168.5	21
JUN	24.7	16.1	20.4	90	184.1	23
JUL	23.8	15.7	19.8	90	139.9	23
AGO	24.5	15.7	20.1	90	142.1	22
SEP	25.1	15.6	20.4	89	205.2	24
OCT	24.5	15.8	20.2	89	223.4	24
NOV	22.8	15.3	19.0	91	140.2	22
DIC	22.0	14.4	18.2	90	82.3	21

Figura 8. Temperaturas de la Provincia de Cartago entre los años 1997-2015.

Fuente. Instituto Meteorológico Nacional.

8.4 Metodología empleada

La metodología empleada para el cálculo de carga térmica será la mostrada en el libro de texto Acondicionamiento del aire. Principios y Sistemas de Edward G. Pita, que es la misma metodología empleada por el American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). En sus capítulos de handbook fundamentals y HVAC design manual for Hospital and clinics, se utilizarán las ecuaciones matemáticas y para hacer el cálculo más rápido se emplearán hojas de Excel, programadas para recibir los datos y dar el resultado.

También el proyecto tendrá dos recintos donde solo se tendrá ventilación, los cuales son, un cuarto de cámaras de refrigeración y el puesto 2 del laboratorio de bacteriología. Para lo cual se seguirá con la norma nacional vigente INTE_31-08-08-03, del Instituto Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) y también lo expuesto en el libro de texto ventilación industrial. Cálculo y aplicaciones de Enrique Carnicer Royo.

9. Resultado

9.1 Carga Térmica para aire acondicionado

Con base en las normas y parámetros de ASHRAE, se calcula la carga térmica para cada uno de los recintos del laboratorio clínico del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, los valores de carga térmica para cada recinto recopilan en la tabla 1.

Tabla 1. Cargas Térmicas totales para cada recinto, laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez

Recinto	Nombre de Recinto	Carga Total			Carga Sensible		Índice de carga térmica y área	
		Q (Btu/h)	Q (Ton)	Q(kW)	Q (Btu/h)	Q(kW)	Btu/(h ft ²)	W/m ²
1	Bacteriología (puesto 1)	12 815,14	1,1	3,76	1 043,96	0,31	86,77	273,58
2	Hormonas	21 358,28	1,8	6,26	1 043,96	0,31	101,27	319,32
3	Química Clínica	15 273,22	1,3	4,48	1 298,96	0,38	91,55	288,67
4	Hematología	17 400,84	1,5	5,10	1 298,96	0,38	51,90	163,64
5	Ventanilla Hematología	6 100,08	0,5	1,79	533,96	0,16	76,52	241,26
6	Serología	15 090,10	1,3	4,42	788,96	0,23	96,80	305,21
7	Banco de Sangre	19 706,10	1,6	5,78	788,96	0,23	141,85	447,24
8	Sala de donación	14 884,47	1,3	4,36	2 573,96	0,75	68,53	216,08
9	Pasillo banco de sangre	8 843,15	0,7	2,59	1 298,96	0,38	40,60	128,03
10	Tamizaje banco de sangre	12 983,09	1,1	3,80	533,96	0,16	114,06	359,63
11	Secretaría laboratorio	3 755,54	0,3	1,10	788,96	0,23	37,65	118,71
12	Jefatura laboratorio Clínico	4 208,76	0,4	1,23	788,96	0,23	40,73	128,42
13	Reporte Exámenes de Hospital	56 275,51	0,5	1,65	533,96	0,16	57,85	182,40
Total de carga térmica		158 046	13,5	46	13316	3,90		

Referencia: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 1, se dan los valores de carga térmica para cada uno de los recintos que componen el laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez y la suma de carga térmica total para el laboratorio clínico, se nota que la carga térmica total da un valor de 158 046 Btu/h, en unidades del SI es 46 kW.

Se tiene que la carga sensible arroja un valor total de 13 316 Btu/h, en unidades del SI da un valor de 3,90 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 laboratorio de hormonas con 101,27 Btu/ (h ft²), en unidades del SI 319,32 W/m², esto debido a la alta ganancia térmica de los equipos usados.

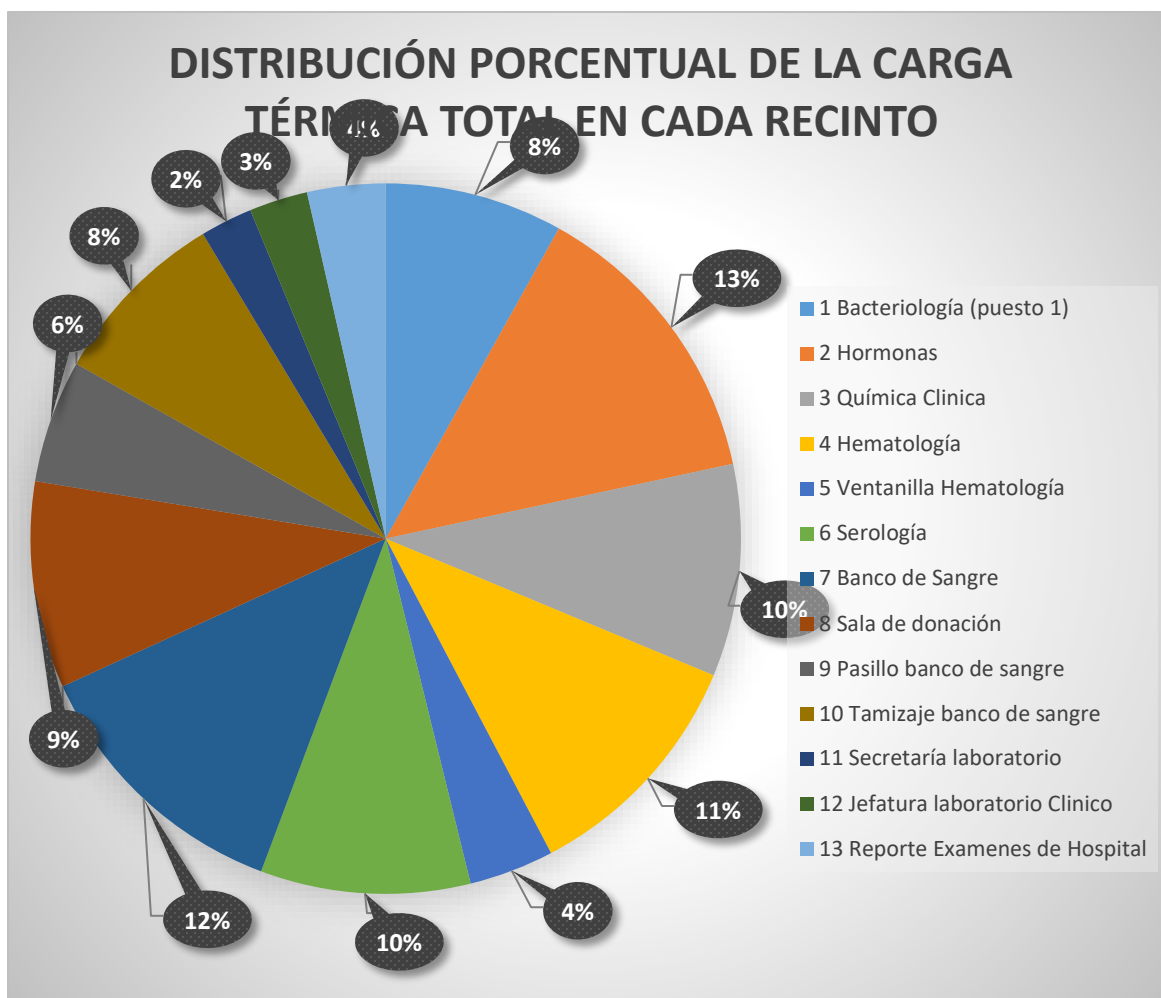


Figura 9. Distribución porcentual de la carga térmica total en cada recinto.

Referencia: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 9, el mayor porcentaje de carga térmica lo tiene el laboratorio de hormonas, esto debido a la cantidad de calor disipado de calor del equipo que funciona en este recinto.

Tabla 2. Caudal de ventilación y confort para cada recinto del laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez

Recinto	Nombre de Recinto	Caudal de ventilación		Caudal de confort	
		CFM (ft ³ /min)	m ³ /h	CFM (ft ³ /min)	m ³ /h
1	Bacteriología (puesto 1)	40,4	68,6	121,1	205,9
2	Hormonas	53,5	91,0	160,5	272,9
3	Química Clínica	45,6	77,5	136,8	232,6
4	Hematología	93,5	158,9	280,4	476,8
5	Ventanilla Hematología	22,2	37,8	22,2	37,8
6	Serología	48,6	82,6	145,7	247,8
7	Banco de Sangre	45,6	77,5	384,7	654,1
8	Sala de donación	64,1	109,0	384,7	654,1
9	Pasillo banco de sangre	56,9	96,8	170,7	290,3
10	Tamizaje banco de sangre	29,1	49,5	87,4	148,5
11	Secretaría laboratorio	27,3	46,4	27,3	46,4
12	Jefatura laboratorio Clínico	28,2	48,0	28,2	48,0
13	Reporte Exámenes de Hospital	24,5	41,6	24,5	41,6
Caudal total		579	985	1974	3357

Referencia: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 2, se dan los valores de caudal para cada uno de los recintos que componen el laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, la suma de caudal total de ventilación 579 CFM, en unidades del SI 985 m³/h para y el caudal de confort total es de 1974 CFM, en unidades del SI 3357 m³/h

9.2 Selección de equipo para aire acondicionado

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 cuarta generación, los más modernos con los que cuente este fabricante, los resultados se observan a continuación.

Tabla 3. Unidad Condensadora ARUN216BTE4

UNIDAD CONDENSADORA	MODELO	CAPACIDAD			REFRIGERANTE	ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS
		Btu/h	Tons	kW		
UC-01	ARUN216BTE04	216 000	18	63	R410A	50, 60 Hz. 208 V, 3 fases

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 3 se evidencia la unidad condensadora, la cual es un equipo externo y se ubicará en el patio central del hospital, 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 una prevista en dado caso que el departamento de ingeniería y mantenimiento del hospital desee climatizar más recintos del laboratorio y no tener que adicionarla más unidades condensadores.

Tabla 4. Unidades Evaporadores seleccionada.

TABLA UNIDADES EVAPORADORAS NIVEL 1.												
ITEM	Ubicación	Área servida	Capacidad Total		Carga latente		Peso	Descripción				
			kW	Btu/h	kW	Btu/h	kg	Refrigerante	Unidad condensadora	equipo	Marca	modelo
UE-1A	Nivel 1	Bacteriología (Puesto 1).	3,76	12 822 (1,1 Tons)	0,30	1 023,0	15,9	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU153TQC4
UE-1B	Nivel 1	Hormonas	6,26	21 347 (1,8 Tons)	0,30	1 023,0	21,8	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU283TPC4
UE-1C	Nivel 1	Química Clínica	4,48	15 277 (1,3 Tons)	0,38	1 295,8	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU183TNC4
UE-1D	Nivel 1	Hematología	5,10	17 391 (1,5 Tons)	0,38	1 295,8	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU243TNC4
UE-1E	Nivel 1	Ventanilla Hematología	1,79	6 104 (0,5 Tons)	0,16	545,6	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU073TNC4
UE-1F	Nivel 1	Serología	4,42	15 072 (1,3 Tons)	0,23	784,3	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU183TNC4
UE-1G	Nivel 1	Banco de sangre	5,78	19 710 (1,6 Tons)	0,23	784,3	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU243TNC4
UE-1H	Nivel 1	Sala de donación	4,37	14 902 (1,2 Tons)	0,75	2 557,5	24,4	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU183TNC4
UE-1I	Nivel 1	Pasillo banco de sangre	2,59	8 832 (0,8 Tons)	0,38	1 295,8	22,3	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 2 VÍAS	LG	ARNU183TLC4
UE-1J	Nivel 1	Tamizaje Banco de sangre	3,80	12 958 (1,1 Tons)	0,16	545,6	22,3	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 2 VÍAS	LG	ARNU183TLC4
UE-1K	Nivel 1	Secretaría Laboratorio	1,10	3 751 (0,3 Tons)	0,23	784,3	13,2	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU053TRC4
UE-1L	Nivel 1	Jefatura Laboratorio Clínico	1,23	4 194 (0,3 Tons)	0,23	784,3	13,2	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU053TRC4
UE-1M	Nivel 1	Reporte Exámenes laboratorio	1,65	5 627 (0,5 Tons)	0,16	545,6	13,2	R-410A	UC-01	CASSETTE DE 4 VÍAS	LG	ARNU073TRC4

Referencia. Informe selección de equipo LATS multiV. Fabricante LG

En la tabla 4 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 5. Datos Eléctricos de las unidades evaporadoras seleccionadas.

ITEM	Ubicación	Área servida	Datos Eléctricos					
			Potencia (W)	Corriente Eléctrica (A)	fases	Voltaje (V)	Marca	Modelo
UE-1A	Nivel 1	Bacteriología (Puesto 1).	30	0,20	1	208	LG	ARNU153TQC4
UE-1B	Nivel 1	Hormonas	33	0,15	1	208	LG	ARNU283TPC4
UE-1C	Nivel 1	Química Clínica	144	0,56	1	208	LG	ARNU183TNC4
UE-1D	Nivel 1	Hematología	144	0,56	1	208	LG	ARNU243TNC4
UE-1E	Nivel 1	Ventanilla Hematología	144	0,56	1	208	LG	ARNU073TNC4
UE-1F	Nivel 1	Serología	144	0,56	1	208	LG	ARNU183TNC4
UE-1G	Nivel 1	Banco de sangre	144	0,56	1	208	LG	ARNU243TNC4
UE-1H	Nivel 1	Sala de donación	144	0,56	1	208	LG	ARNU183TNC4
UE-1I	Nivel 1	Pasillo banco de sangre	70	0,37	1	208	LG	ARNU183TLC4
UE-1J	Nivel 1	Tamizaje Banco de sangre	70	0,37	1	208	LG	ARNU183TLC4
UE-1K	Nivel 1	Secretaría Laboratorio	30	0,20	1	208	LG	ARNU053TRC4
UE-1L	Nivel 1	Jefatura Laboratorio Clínico	30	0,20	1	208	LG	ARNU053TRC4
UE-1M	Nivel 1	Reporte Exámenes Laboratorio	30	0,20	1	208	LG	ARNU073TRC4

Referencia. Informe selección de equipo LATS multiV. Fabricante LG

En la tabla 5 se observan los datos eléctricos para las unidades evaporadoras seleccionadas como ítem, ubicación, corriente eléctrica, potencia, voltaje, marca y modelo.

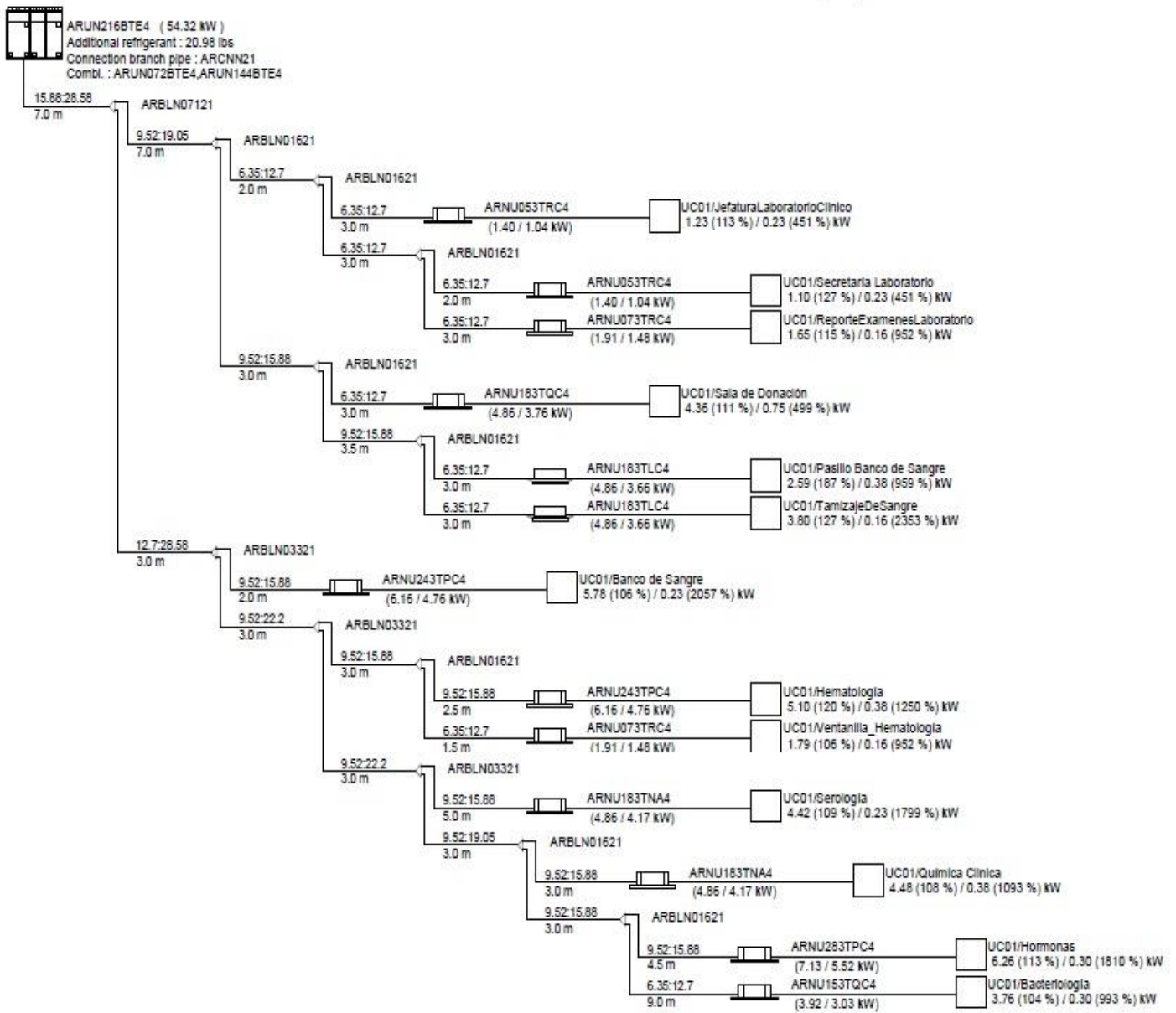


Figura 10. Diagrama de Conexión de los Equipos Seleccionados para aire acondicionado.

Referencia: LATS multiV. Fabricante LG

En la figura 10 se observa el diagrama de conexión de la unidad condensadora a cada una de las unidades evaporadoras, mostrándose los tramos rectos entre los equipos, así como el diámetro de cada tubería, con sus respectivos modelos y capacidades, tanto la capacidad total como la capacidad de calor sensible.

9.3 Ventilación

Para analizar los recintos que llevan ventilación, se deben calcular dos parámetros básicos, los cuales son el caudal de aire a suministrar y extraer y la caída de presión a través de los ductos y accesorios, para el suministro de aire se resumen estos datos en la tabla 6.

Tabla 6. Caudal y caída de presión estática para el suministro de aire para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de refrigeradores.

SUMINISTRO					
ITEM	RECINTO	CAUDAL		ΔP_e	
		CFM (ft ³ /min)	m ³ /s	in H ₂ O	Pa
VIB-01	Bacteriología (Puesto 2)	343	202	0,21	51,64
VIC-01	Cuarto Refrigeradores	368	216	0,12	30,38

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestran los valores de Caudal y la caída de presión estática para el suministro de aire de los dos recintos requeridos, en los cuales se observan los valores en unidades del sistema inglés y en el sistema internacional.

La parte de extracción de aire se resume en la tabla 7.

Tabla 7. Caudal y caída de presión estática para la extracción de aire para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de refrigeradores.

EXTRACCIÓN					
ITEM	RECINTO	CAUDAL		ΔP_e	
		CFM (ft ³ /min)	m ³ /s	in H ₂ O	Pa
VEB-01	Bacteriología (Puesto 2)	343	202	0,20	49,08
VEC-01	Cuarto Refrigeradores	368	216	0,18	45,26

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestran los valores de Caudal y la caída de presión estática para la extracción de aire de los dos recintos requeridos, en los cuales se observan los valores en unidades del sistema inglés y en el SI.

9.4 Selección de equipo para ventilación

Con los valores vistos en las tablas de la sección 9.3, se selecciona el equipo adecuado para suplir la necesidad de ventilación de estos dos recintos. Para la selección de equipo se escoge el fabricante Greenheck, el equipo seleccionado se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Equipo de ventilación seleccionado para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.

EXTRACTORES E INYECTORES DE BACTERIOLOGÍA (PUESTO 2) Y CUARTO DE CAMARAS										
ITEM	UBICACIÓN	ÁREA SERVIDA	MODELO	CAUDAL		ΔP_e		VELOCIDAD VENTILADOR (RPM)	POTENCIA DE OPERACIÓN (hp)	POTENCIA DE OPERACIÓN (W)
				cfm (ft ³ /min)	m ³ /h	in H ₂ O	Pa			
VEB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	GB-081-6	343	583	0,11	27	835	0,04	30
VEC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	GB-081-6	368	626	0,18	45	951	0,05	37
VIB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	CSP-A390	343	583	0,16	39	1350	0,07	52
VIC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	CSP-A391	368	626	0,14	35	1350	0,07	52

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 8 se observan las características de los equipos seleccionados para ventilación, se muestran características como: caudal, caída de presión, potencia de operación, en unidades del sistema inglés y del sistema métrico, también muestra el modelo del equipo seleccionado.

Las características eléctricas y accesorios de los equipos usados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 9. Datos Eléctricos el equipo de ventilación seleccionado para los recintos de bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.

EXTRACTORES E INYECTORES DE BACTERIOLOGÍA Y CUARTO DE CAMARAS												
ITEM	UBICACIÓN	ÁREA SERVIDA	MODELO	DATOS ELÉCTRICOS								
				VELOCIDAD ROTOR (RPM)	POTENCIA		VOLTAJE	FASES	FRECUENCIA (Hz)	PESO		RUIDO (dB)
W	HP	kg	lb									
VEB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	GB-081-6	1725	124	1/6	115	1	60	23	51	44
VEC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	GB-081-6	1725	124	1/6	115	1	60	35	76	46
VIB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	CSP-A390	1350	138	1/5	115	1	60	10	23	50
VIC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	CSP-A391	1350	138	1/5	115	1	60	10	23	50

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 9 se muestran las características eléctricas de los equipos de ventilación seleccionados, características como: velocidad del rotor del motor, potencia en el sistema inglés y en el sistema internacional, voltaje, fases, frecuencia, peso y nivel de ruido del equipo seleccionado.

Tabla 10. Accesorios del Equipo de Ventilación para Bacteriología (Puesto 2) y Cuarto de cámaras.

ITEM	UBICACIÓN	ÁREA SERVIDA	ACCESORIOS
VEB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	Motor con sobrecarga térmica NEMA-3R, viene con la unidad Caja de conexiones de cable y Montada Calificación sísmica para el diseño Categoría F por las Normas,IBC-2012 y ASCE 7-05 , Garantía de la unidad: 1 año (Estándar)
VEC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	Motor con sobrecarga térmica NEMA-3R, viene con la unidad Caja de conexiones de cable y Montada Calificación sísmica para el diseño Categoría F por las Normas IBC-2012 y ASCE 7-05, Garantía de la unidad: 1 año (Estándar)
VIB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	Motor con sobrecarga térmica, con aprobación CS, para trabajar a 40 °C de temperatura ambiente de uso continuo, UL/cUL Listado 507 - ventilador eléctrico material de la rueda de polipropileno
VIC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	Motor con sobrecarga térmica, con aprobación CS, para trabajar a 40 °C de temperatura ambiente de uso continuo, UL/cUL Listado 507 - ventilador eléctrico material de la rueda de polipropileno

Referencia: Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestran los accesorios que va a llevar el equipo, como: protecciones y certificados y pruebas realizadas por organismos internacionales.

Las características de las rejillas y difusores se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11. Difusores y ductos seleccionadas para la ventilación de Bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.

ITEM	UBICACIÓN	ÁREA SERVIDA	DIFUSORES Y DUCTOS						
			Cantidad	Marca	Modelo	Caudal total		Dimensiones	
						CFM (ft ³ /min)	m ³ /s	pulgadas (in)	mm
VIB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	2	Airguide	AVP-FM-3 vías	343	202	9x9	229x229
VIC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	2	Airguide	AVP-FM-4 vías	400	235	9x9	229x229

Referencia: Elaboración propia.

Tabla 12. Rejillas y ductos seleccionadas para la ventilación de Bacteriología (Puesto 2) y cuarto de cámaras.

ITEM	UBICACIÓN	ÁREA SERVIDA	REJILLAS Y DUCTOS						
			Cantidad	Marca	Modelo	Caudal total		Dimensiones	
						CFM (ft ³ /min)	m ³ /s	pulgadas (in)	mm
VEB-01	NIVEL 1	Bacteriología (Puesto 2)	2	Airguide	RA-OB	358	211	8x8	203x203
VEC-01	NIVEL 1	Cuarto Refrigeradores	4	Airguide	RA-OB	400	235	6x6	152x152

Referencia: Elaboración propia.

En las tablas 11 y 12 se observan las características de difusores y rejillas, tales como: caudal y dimensiones de los ductos, tanto en unidades del sistema inglés y en el sistema internacional, así como la marca y modelo.

10. Análisis de Resultados

10.1 Situación actual del laboratorio clínico hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez

Tabla 13. Equipo de aire acondicionado actual en el laboratorio clínico del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

#Recinto	Recinto	Equipo actual						
		Marca	Potencia Eléctrica (W)	Tipo de equipo	capacidad			
					Btu/h	W	Tons	Tipo de Refrigerante
1	Bacteriología	Carrier	3 200	Minisplit	12 000	3 517	1	R22
2	Hormonas	York	7 300	Minisplit	24 000	7 034	2	R22
3	Química Clínica	Carrier	3 200	Minisplit	24 000	7 034	2	R22
4	Hematología	York	7 300	Minisplit	36 000	10 551	3	R22
5	Ventanilla Hematología	No tiene equipo						
6	Serología	Innovar	3 100	Minisplit	24 000	7 034	2	R22
7	Banco de Sangre	Carrier	3 200	Minisplit	24 000	7 034	2	R22
8	Sala de donación	No tiene equipo						
9	Pasillo banco de sangre	No tiene equipo						
10	Tamizaje banco de sangre	Miller	2 750	Minisplit	24 000	7 034	2	R22
11	Secretaría laboratorio	No tiene equipo						
12	Jefatura laboratorio Clínico	No tiene equipo						
13	Reporte Exámenes de Hospital	No tiene equipo						

Referencia: Elaboración propia.

El laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez en la actualidad no cuenta con un sistema de aire acondicionado centralizado, en algunos recintos cuenta con unidades tipo minisplit, los cuales se muestran en la tabla 13. Como se puede notar en la tabla 13 mucho de este equipo es obsoleto y viejo, pues existen muchas unidades que se encuentran en mal estado, como es el caso de la unidad de

que se encuentra en el recinto banco de sangre, el cual si funciona, ya que el ventilador si funciona, pero no enfría, de las unidades vistas en el laboratorio, es la que se encuentra el peor estado.



Figura 11. Minisplit de Banco de sangre en mal estado.

Elaboración propia.

Otra característica que se puede notar en la tabla es que en todos equipos se utiliza el de refrigerante el R22, el cual es un refrigerante del tipo hidroclorofluorocarbono (HCFC), cuya fórmula química es CHClF_2 , el cual es dañino para la capa de ozono, aunque es muy utilizado en instalaciones de aire acondicionado de baja y media potencia, se debe tener en claro que a partir del año 2010 se podrá recargar de manera pura en instalaciones existentes y a partir de ese mismo año quedara como prohibida su utilización, permitiendo el uso del R22 reciclado hasta el año 2015 (Ficha Técnica R22, 2009).

También se realizó un análisis comparativo de la carga térmica de los equipos instalados actualmente, con la carga térmica calculada, siguiendo la metodología ASHRAE, los resultados se observan en la tabla 14.

Tabla 14. Comparación entre la carga Térmica Instalada y la carga térmica calculada

#Recinto	Recinto	Carga Térmica Instalada		Carga Térmica calculada		Diferencia %
		capacidad en		Capacidad en		
		Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	
1	Bacteriología (Puesto 1)	12 000	3 517	12 815	3 756	6%
2	Hormonas	24 000	7 034	21 358	6 260	11%
3	Química Clínica	24 000	7 034	15 273	4 476	36%
4	Hematología	36 000	10 551	17 401	5 100	52%
5	Ventanilla Hematología			6 100	1 788	
6	Serología	24 000	7 034	15 090	4 422	37%
7	Banco de Sangre	24 000	7 034	19 706	5 775	18%
8	Sala de donación			14 884	4 362	
9	Pasillo banco de sangre			8 843	2 592	
10	Tamizaje banco de sangre	24 000	7 034	12 983	3 805	46%
11	Secretaría laboratorio			3 756	1 101	
12	Jefatura laboratorio Clínico			4 209	1 233	
13	Reporte Exámenes de Hospital			5 628	1 649	

Referencia: Elaboración propia.

Como se nota en la tabla 14, 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.

10.2 Ventajas del equipo seleccionado

Como se vio en la sección 9 de resultados, se seleccionó el equipo marca LG, la escogencia de este equipo se debe a varios factores entre ellos se encuentran:

10.2.1 Tecnología de última generación

El fabricante LG cuenta con equipos de cuarta generación, recién salidos al mercado, esta tecnología son equipos VRF (variety refrigeration frecuencia), con tecnología inverter en sus compresores, de forma que pueden modular la generación térmica y adaptarla perfectamente a la demanda sin necesidad de depósitos de inercia térmica ni otros elementos intermedios que siempre suponen pérdidas, manteniendo la curva de eficiencia dentro de la zona de confort, esto permite que exista una mayor eficiencia del equipo, permitiendo porcentajes de ahorro energía de 10 a 50%. (LG, 2016).

Se puede observar en la figura 11 como se comporta la curva de eficiencia de un sistema tradicional de aire acondicionado versus un sistema con tecnología inverter.

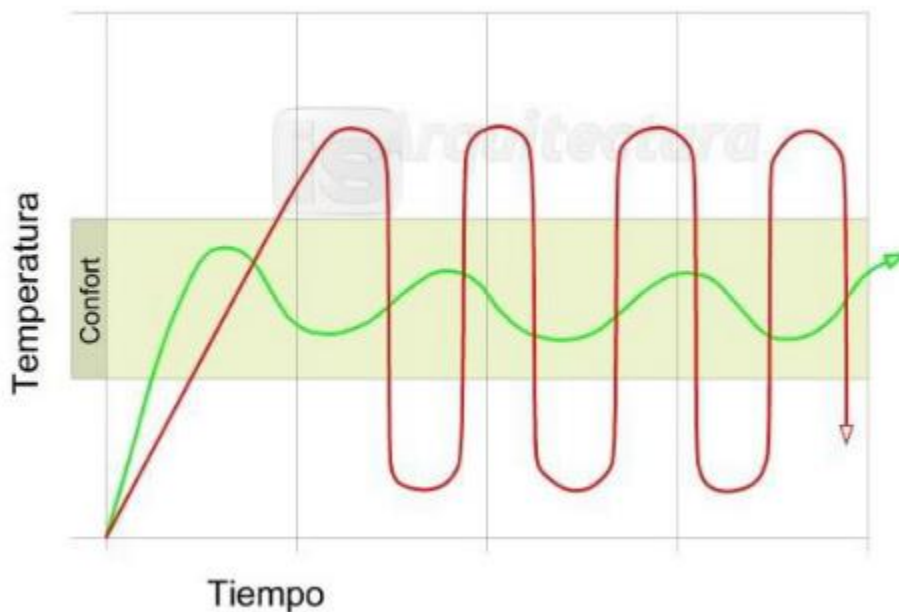


Figura 12. Curvas de temperatura de un sistema tradicional versus un sistema con tecnología inverter.

Referencia: Aire-acondicionado con tecnología inverter.

Se nota en la figura 12 como la tecnología inverter se mantiene dentro de la zona de confort térmico, mientras el sistema tradicional se puede salir con el paso del tiempo.

Como se observa en la tabla 15, la comparación de potencia eléctrica de cada uno de los equipos, tanto el existente como el seleccionado.

Tabla 15. Potencia Eléctrica del equipo instalado y el equipo seleccionado.

#Recinto	Recinto	Equipo instalado		Equipo Seleccionado	
		Tipo de equipo	Potencia Eléctrica instalada (W)	Tipo de equipo	Potencia Eléctrica (W)
1	Bacteriología (Puesto 1)	Minisplit	3 200	CASSETTE DE 4 VÍAS	30
2	Hormonas	Minisplit	7 300	CASSETTE DE 4 VÍAS	144
3	Química Clínica	Minisplit	3 200	CASSETTE DE 4 VÍAS	144
4	Hematología	Minisplit	7 300	CASSETTE DE 4 VÍAS	144
5	Ventanilla Hematología	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 4 VÍAS	30
6	Serología	Minisplit	3 100	CASSETTE DE 4 VÍAS	144
7	Banco de Sangre	Minisplit	3 200	CASSETTE DE 4 VÍAS	144
8	Sala de donación	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 4 VÍAS	30
9	Pasillo banco de sangre	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 2 VÍAS	144
10	Tamizaje banco de sangre	Minisplit	2 750	CASSETTE DE 2 VÍAS	30
11	Secretaría laboratorio	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 4 VÍAS	30
12	Jefatura laboratorio Clínico	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 4 VÍAS	30
13	Reporte Exámenes de Hospital	No hay equipo instalado		CASSETTE DE 4 VÍAS	30

Referencia: Elaboración propia.

Se observa porcentualmente el uso de potencia eléctrica para el equipo seleccionado es mucho más bajo que para el equipo instalado.

10.2.2 Tipo de refrigerante

Una desventaja de los equipos actuales es el tipo de refrigerante usado, pues estos utilizan refrigerante R22, el cual es dañino para el medio por ser hidroclorofluorocarbono (HCFC), este refrigerante fue descontinuado en el año 2010 y para el año 2015, su uso será totalmente prohibido. Por esta razón, se escoge el equipo marca LG, ya que estas unidades solo usan refrigerante R410A, el cual es el sustituto idóneo para el R22.

El protocolo de Montreal es un documento firmado por la totalidad de países de del mundo, en Montreal, Canadá, entrando en vigencia el 16 de setiembre de 1987 a nivel mundial y aprobado en Costa Rica por la ley 7223 del 8 de abril de 1991, el cual propone la eliminación de los refrigerantes dañinos a la capa de ozono(Elizondo Hernández & Alfaro Monge, 2014)

El refrigerante R410A es una mezcla de dos gases HFC casi azeotrópica R-32 y R-125, con una temperatura de ebullición de $-52,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un ODP de cero, por lo tanto no es dañino a la capa de ozono. Según ASHRAE, lo clasifica como un gas A1/A1, es decir no es toxico ni inflamable en caso de fugas, por ende, es un gas de alta seguridad (Ficha Técnica R22, 2009)

Posee una capacidad frigorífica volumétrica muy superior al R22, esto permite el uso de compresores de menor desplazamiento para obtener una misma potencia de refrigeración y tienen mejores propiedades de intercambio térmico, esto posibilita la reducción del tamaño de los equipos, haciéndolos menos pesados, más compactos y fáciles en su mantenimiento e instalación.

10.2.3 Requisitos del Cartel de licitación

El hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez por ser un centro de salud que tiene como objetivo primordial salvaguardar y prolongar la vida de los seres humanos, requiere garantizarse que sus proveedores en equipos tan críticos como el sistema de climatización que se pretende implementar en el laboratorio clínico, tengan los siguientes requisitos invariables que se plasman en el pliego cartelario que se requiere en el expediente de compra, estos requisitos son un resumen del cartel de licitación, el cual exige el hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, con lo cual se expone a continuación:

- El oferente deberá estar legalmente capacitado para trabajar y ejercer en el país, de acuerdo con las disposiciones correspondientes contenidas en el Código de Comercio de Costa Rica, la Ley de la Contratación Administrativa y su Reglamento; el Registro de Proveedores de la C. C. S. S., en el momento de presentar su oferta. El oferente deberá indicar en forma clara, la condición en que participa, si es como empresa individual o en consorcio. Si optase por esta última modalidad, deberá cumplirse estrictamente con lo establecido por el artículo 72 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa, en adelante R. L. C. A.
- Las empresas participantes deberán estar inscritas y activas ante el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) por un período no menor a 5 años. Lo anterior en cumplimiento al artículo 52 de la ley orgánica del CFIA. El Oferente deberá aportar toda la documentación necesaria para verificar este requisito.
- El oferente deberá contar con el software y la interface suministrada por el fabricante de los equipos, donde se verifique todas las funciones operativas de los equipos, hacer pruebas de arranque, revisar el funcionamiento mediante el control de temperaturas, aperturas de válvulas, observación de revoluciones de los compresores, etc. El uso de este software debe estar incluido en la capacitación del personal técnico que el Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez asigne.

- El oferente deberá realizar la selección de equipos mediante el software del fabricante de los equipos, donde se muestre las capacidades reales de las unidades, el oferente debe indicar en su oferta que la propuesta está realizada comprobando mediante software que los equipos están correctamente seleccionados en cuanto a distancia y diámetros de tuberías, el plano facilitado por la administración se debe tomar como base, pero el oferente deberá realizar sus propios cálculos según distancias en planta.
- También el hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez solicita dentro de su licitación el tipo y características del personal con que debe contar la empresa, las cuales se detallan a continuación.
- El oferente deberá contar con al menos dos (2) Ingenieros, con cinco (5) o más años en planilla de la empresa ofertante, los cuales fungirán como directores del proyecto. (Presentar información que respalde lo antes solicitado: planilla de la CCSS). Los ingenieros deben estar graduados en ingeniería mecánica o ingeniería electromecánica, deben ser miembros activos del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (Presentar certificación del CFIA) con una experiencia mínima de 5 años en instalación de aires acondicionados y al menos 6 años en la instalación de equipos similares a los solicitados en la presente contratación (VRV, precisión, extracción e inyección).
- El oferente debe aportar con la oferta una declaración jurada de los años de experiencia de los ingenieros, adjuntando los títulos del profesional y currículum vitae de cada profesional certificada por un abogado, de forma tal que se acredite la experiencia solicitada. En caso de renuncia de un ingeniero debe nombrarse otro ingeniero de la misma especialidad y con igual experiencia en un plazo máximo de tres días.
- Los dos (2) ingenieros deberán de presentar su debida certificación de fábrica donde se demuestre que se encuentran capacitados para instalar los equipos de la marca ofertada, esto aplica para todos los equipos de volumen variable, Equipos de Precisión y Equipos de Extracción. (No se aceptan cartas del fabricante, solo títulos donde se indique la certificación respectiva)

- El oferente deberá aportar certificación emitida por la Caja Costarricense Seguro Social de que el Director del Proyecto propuesto se encuentra dentro de planilla de la empresa según requerimientos (presentar información que acredite: planilla de la CCSS).
- El oferente deberá adjuntar los documentos que certifiquen que los ingenieros se encuentran debidamente incorporado y al día en sus obligaciones con el Colegio Profesional respectivo.
- Para los trabajos eléctricos del proyecto el oferente deberá acreditar en la oferta un ingeniero Eléctrico o en Mantenimiento Industrial con experiencia en diseño eléctrico de 3 años y con el mismo período de incorporado en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos con una experiencia mínima de tres proyectos de mínimo 25 KVA cada uno. El oferente deberá adjuntar los títulos que acrediten el ingeniero propuesto, en conjunto con la certificación del CFIA debidamente certificados por un abogado.
- El oferente deberá contar con 4 técnicos en aire acondicionado o refrigeración en planilla debe presentar información que acredite: planilla de la CCSS, de los cuales al menos dos (2) deben estar certificados en instalación y mantenimiento de los equipos de la marca ofertada VRV, para garantizar la certificación no se aceptaran cartas del fabricante, solo títulos donde se indique la certificación respectiva. Loa totalidad de técnicos solicitados deben contar con experiencia de 3 años o más de trabajar en aire acondicionado o refrigeración, esta experiencia deberá ser certificada mediante declaración jurada y con curriculum vitae por el oferente.
- En caso de que se deba realizar algún cambio en el personal de servicio asignado al Contrato, deberá ser comunicado al Administrador del Contrato con anticipación para verificar que quién le sustituye cumple los requisitos del cartel y dar el aval respectivo al cambio (Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez (HMP), 2015)

Según lo indicado anteriormente se realizó una investigación en el mercado de empresas que cumplieran con los requisitos que solicita el Servicio de ingeniería y

mantenimiento. Encontrándose que a nivel nacional el número de empresas con este perfil es reducida.

Continuando con el resumen, además como estrategia para garantizar que los equipos sean de la mejor calidad y confiabilidad, se especifican que los equipos sean fabricados y probados con los siguientes estándares, entre otras normativas.

Los materiales, equipos, métodos de instalación y definiciones incluidos en planos entregados por el contratista deberán cumplir con los siguientes códigos según se indique (Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez (HMP), 2015)

- ASHRAE American Society of Heating and Refrigerating Air Conditioning Engineers.
- ARI Air Conditioning And Refrigeration Institute
- AMCA Air Movement and Control Association
- SMACNA Sheet Metal and Air Conditioning Contractors
- NPC National Plumbing Code
- ANSI American National Standards Institute
- ASME *American Society of Mechanical Engineers, ASME*
- ASSE American Society of Safety Engineers
- ASTM American of Testing Materials: estándares aplicables a esta sección según se indique
- UL Underwriter Laboratories
- ETL (Intertek Listed)
- Certificaciones: ARI Standard 210 y ARI Standard 360
- CSA Canadian Standards Association
- NEC Código eléctrico Nacional última versión

- Los materiales a utilizar en toda la obra motivo de este contrato, serán nuevos y de la mejor calidad en su clase, de acuerdo con lo especificado. Todos los trabajos de instalación se efectuarán de acuerdo con las mejores prácticas modernas, a efectos de tener los mejores resultados en cuanto a servicio, eficiencia, apariencia de operación y mantenimiento.
- Los equipos deberán ser totalmente armados en fábrica con la capacidad mínima para suplir las necesidades de cada área y todos los motores mayores a 0,8 kW serán de alta eficiencia. La administración adjunta los planos de los sistemas, sin embargo es responsabilidad del contratista determinar mediante los software de los equipos propuestos los equipos definitivos que se instalaran según los recintos a climatizar, las capacidades mínimas aceptadas serán las indicadas en los planos adjuntos en este cartel, no obstante en caso de requerir mayor tonelaje según software de la casa fabricante de los equipos ofertados debido a las distancias de tuberías para conectar las evaporadoras a las condensadoras del VRV por recinto, el contratista deberá realizar las modificaciones requeridas siempre respaldado por los cálculos efectuados mediante el software especializado el cual deberá ser presentado en la oferta como requisito indispensable para participar en el presente concurso.
- Todos los equipos deben suministrarse completos con sus accesorios y controles eléctricos. Cualquier material o accesorio que se necesite debe ser suministrado e instalado sin costo extra.
- Los controles deben incluir entre otros, termostatos electrónicos de pared con interruptores de encendido y apagado los cuales deben ser certificados UL, humidistatos, relés, arrancadores, protectores en todas las fases, luces pilotos, alarmas, interruptores, transformadores y disyuntores.
- Aun cuando no se indique detalladamente en las especificaciones se deberán suministrar todos los accesorios que sean necesarias para dejar los sistemas incluidos en este cartel funcionando según criterio del ingeniero en Mantenimiento Industrial del Hospital Dr. Maximiliano Peralta.

- Todos los motores eléctricos deberán de funcionar de manera silenciosa y serán de la potencia necesaria para operar los equipos sin sobrecargarse. Deberán ser tropicalizados, cumplir con las normas NEMA y sus características deben verificarse antes de efectuar los pedidos para corroborar que sean compatibles con el sistema eléctrico del Centro Médico.
- Los equipos a suministrar deberán tener una empresa representante en el país, que le pueda garantizar a la C.C.S.S. un buen servicio de Mantenimiento y Repuestos.
- Antes de realizar la selección y el pedido de los equipos de aire acondicionado y ventilación, el contratista deberá solicitar la autorización correspondiente a la inspección del hospital acompañando su solicitud con toda la literatura técnica del fabricante que permita seleccionar plenamente al equipo, procedimiento de selección completo. Indicación de los modelos seleccionados de cada catálogo, garantía de repuestos y una nota escrita de la empresa representante en el país, donde asume las responsabilidades del caso además se deberá entregar a la inspección del hospital la garantía de fábrica donde directamente la fábrica asume la garantía sobre los equipos propuestos.
- Queda a juicio de la CCSS aceptar o no los equipos, aun cuando lo ofrecido cumpla con las condiciones técnicas del proyecto, basando su decisión en los antecedentes que tenga la empresa representante en el país.
- Las Unidades de aire acondicionado deben suplirse bajo las características eléctricas que disponga la oficina de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital.
- Todas las Unidades tanto de aire acondicionado y refrigeración, deberán operar con el refrigerante R-410. Se deberá garantizar por escrito un almacenamiento de repuestos y el personal necesario para el debido mantenimiento de los equipos a instalar por medio de la empresa representante en el país.
- No se permite por ningún concepto el soportar tuberías o equipos con alambre.
- El precio cotizado por el oferente debe incluir el costo total de la obra. No se aceptarán bajo ningún pretexto, extra derivado por elementos, trabajos o

accesorios, o cualquier otro necesario, no incluido en la oferta original para la correcta ejecución de las obras. La oferta debe de incluir todo lo necesario, aunque no haya quedado expreso en planos y/o especificaciones, para llevar a buen término la obra. (Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez (HMP), 2015)

Según lo indicado se puede notar que la adquisición del equipo está supeditada a requisitos de la empresa proveedora y a requisitos que debe cumplir el equipo, por lo que al realizar la consulta a diferentes empresas proveedoras, se redujo la lista a tres empresas que podrían cumplir con lo especificado anteriormente; sin embargo, al explicarles el proyecto únicamente una de las tres empresas brindó la información necesaria que permitiera seleccionar el equipo adecuado, esto según los valores de cargas térmicas calculadas en el proyecto, esto con el objetivo de ganar en confiabilidad con equipo tecnología de punta que garantice el resultado exacto de las pruebas de laboratorio.

11. Rutinas de Mantenimiento

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Unidad Evaporadora

- Limpieza de filtros de retorno de aire.
- Limpieza de drenajes de condensación a presión con agua, aire o uso de sonda.
- Limpieza de bandeja de condensación.
- Verificación de sifón de drenaje de condensación.
- Limpieza de consola de unidad de descarga directa.
- En su defecto de difusores y rejillas de retorno de sistemas de ductos.
- Limpieza de serpentín: Soplado, lavado o aplicación de químico.
- Limpieza de turbinas.
- Verificación y mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia, incluye: verificación de arranque “coordinado” de dispositivos, verificación de termostato, verificación de cables recalentado y cambio de terminales averiadas.
 - Verificación electromecánica de motor de turbinas, lubricación y aplicación de dieléctrico.

Unidad Condensadora

- Ajuste de carga de refrigerante.
- Verificación y mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia, incluye: verificación de arranque “coordinado” de dispositivos, verificación de termostato, verificación de cables recalentado y cambio de terminales de compresor
 - Verificación de dispositivos de protección: presostatos de baja y alta presión, protección por retardo de arranque de compresor y operación de protector térmico del compresor.
 - Verificación de carga de refrigerante mediante lectura de presiones en línea de succión y descarga.

- Verificación electromecánica de compresor.
- Limpieza de serpentín: soplado, lavado o aplicación de químico.
- Impermeabilizado de cañuela.
- Sellado de salida de tubería.

DESCRIPCION DETALLADA DE LOS TRABAJOS

UNIDADES EVAPORADORAS.

Procedimientos Misceláneos.

- Limpieza de filtro de retorno de aire.
- Limpieza de bandeja de condensación.
- Limpieza de drenajes de condensación mediante soplado de aire o agua o desbloqueo con sonda.
- Verificación de sifón de drenaje.
- Limpieza de consola de unidad.
- Limpieza de serpentín: Soplado, lavado o aplicación de químico.
- Cambio o reposición de tornillos
- Verificación de temperatura de suministro de caudal de aire.

Verificación de condiciones de serpentín de evaporación.

- Verificación y diagnóstico de presencia de escarcha o congelamiento en líneas de refrigerante.
- Verificación y diagnóstico de presencia de escarcha o congelamiento en serpentín de evaporación.
- Verificación de uniformidad de llenado del serpentín.
- Verificación de nivel de abolladuras, ruptura o deterioro por aplicación de ácido de las aletas de aluminio del serpentín.

Verificaron y mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia.

- Verificación de arranque y corte de motores de turbinas por señal de termostato.
- Verificación de termostato: Termostatos mecánicos verificación de calibración, Termostatos digitales: verificación de programación.
- Verificación de recalentamiento de cables.
- Verificación y cambio de terminales recalentadas.
- Mantenimiento de contactores (en el caso de ser desarmables).

UNIDADES CONDENSADORAS

Procedimientos Misceláneos.

- Tratamiento químico, soplado o lavado de serpentín de condensación.
- Encerado de partes metálicas externas de unidad condensadora.
- Verificación de anclaje unidad condensadora.
- Cambio o reposición de tornillos

Verificación condiciones electromecánicas.

- Verificación de temperatura al tacto de línea de succión y descarga.
- Verificación de temperatura o presencia de escarcha antes y después de filtro deshidratador.

Verificación y mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia.

Verificación de arranque y corte de motor de abanico y compresor.

- Verificación de recalentamiento de cables.
- Verificación y cambio de terminales recalentadas en sistema de control y potencia.
- Mantenimiento de contactores (en el caso de ser desarmables).
- Verificación y cambio de terminales de bornes de compresor.

Verificación y mantenimiento electromecánico.

- Limpieza de motor de abanico.
- Lubricación de motor de abanico.
- Verificación de exceso de resistencia en rotación excéntrica o desplazamiento axial del eje motor de abanico.
- Verificación de estado de anclaje motor de abanico.
- Verificación de RLA de motor de abanico.
- Verificación electromecánica de compresor.
- Verificación de balanceo y/o deformación de aspas de abanico.
- Verificación de hules de soporte de compresor.
- Verificación de carga de refrigerante mediante lectura de presiones en succión y descarga.

Verificación de dispositivos de protección.

- Verificación de presostatos de baja y alta presión.
- Verificación de protector térmico del compresor.
- Verificación de instalación y protección de dispositivo de retardo de arranque

Verificación de esta físico y condiciones de tendido de tuberías de refrigerante.

- Verificación de trampa (s) de aceite en línea de succión.
- Verificación de estado encañuelado.
- Verificación de anclajes y soportes.
- Verificación de declives.

EQUIPOS DE INYECCION Y EXTRACCION.

- Medición y toma de datos
- Limpieza de aspas y motores.
- Revisión, limpieza y mantenimiento de sistemas de control y potencial
- Revisión de los dispositivos de arranque.
- Revisión de cableado e instalación eléctrica interna.
- Revisión y cambio de terminales dañadas.
- Lubricación de motores, rodamientos y aplicación de dieléctrico.
- Revisión de la tensión de las fajas. Corregir si es necesario.
- Revisión y ajuste del alineamiento de fajas y poleas.
- Cambio y/o reposición de tornillos si es necesario.
- Limpieza general del equipo, carcasa, ducto expuesto y base.

12. Análisis Financiero

12.1 Comparación de cargas Térmicas a diferentes temperaturas

Para la realización de este análisis financiero se tomaron en cuenta varios factores: el cálculo de carga térmica para una temperatura interna de 70 °F, en unidades del SI 21 °C y para una temperatura interna de 75 °F, en unidades del SI 24 °C, a partir de estos dos cálculos se determina una diferencia de carga térmica y a partir de valor se estima cuanto tiempo trabajaran los equipos y en base a este se estima un ahorro, en colones.

Tabla 16. Comparación de carga térmica a 21 °C y a 24 °C

Nombre de Recinto	Carga Total a 21°C		Carga Total a 24°C	
	Q (Btu/h)	Q(kW)	Q (Btu/h)	Q(kW)
Bacteriología (puesto 1)	13 629	3,99	12 815	3,76
Hormonas	22 038	6,46	21 358	6,26
Química Clínica	16 110	4,72	15 273	4,48
Hematología	18 396	5,39	17 401	5,10
Ventanilla Hematología	6 612	1,94	6 100	1,79
Serología	16 050	4,70	15 090	4,42
Banco de Sangre	20 643	6,05	19 706	5,78
Sala de donación	15 955	4,68	14 884	4,36
Pasillo banco de sangre	11 840	3,47	8 843	2,59
Tamizaje banco de sangre	13 695	4,01	12 983	3,80
Secretaría laboratorio	5 645	1,65	3 756	1,10
Jefatura laboratorio Clínico	6 017	1,76	4 209	1,23
Reporte Exámenes de Hospital	6 254	1,83	5 628	1,65
Total de carga térmica	172 885	50,67	158 046	46,32
Diferencia de carga térmica	14 839	4,35		

Referencia: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 16 los resultados de carga térmica calculada para 21 °C y para 24 °C (recomendación de ASHRAE HVAC design manual for Hospital and clinics), se nota que a 24 °C el valor de carga térmica es menor que a 21 °C, esta característica es esperable, ya que 21 °C se encuentra en una fuera de la zona de

confort, por lo tanto da una diferencia de carga térmica de 14839 Btu/h, en unidades del SI es 4,35 kW, en contra de la carga de la temperatura de diseño de 21 °C, por lo que se elige como temperatura de diseño interior el calor de 24 °C.

La tarifa eléctrica para las asociaciones de beneficencia, en esta categoría está incluido el hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez. Para el cuarto trimestre del año 2016, que comprende los meses de octubre a diciembre y estipulado por ley en el diario la gaceta número 188, es de 43,22 colones/kWh.

Estimando que las horas de uso al día son de 10 horas (de las 600 a las 1600 horas) y estimando que el equipo trabaje un estimado de 300 días al año (de lunes a sábado), dejando el equipo apagado los domingos y los días feriados y tomando que la diferencia de carga térmica es de 4,35 kW, se obtienen los datos de la tabla número 17.

Tabla 17. Referencias de tarifas eléctricas vigentes de octubre a diciembre del 2016

Rubros	
Horas de uso por día	10
Días de uso al año	300
Tarifa, según JASEC (colones/kWh)	¢43,22
Consumo estimado (kWh)	13 050
Monto de ahorro estimado al año	¢564.021

Referencia: Elaboración propia, datos tomados de la página de JASEC.

Como se puede observar en la tabla 17, se nota que el monto del ahorro anual será de ¢564 021 colones, por lo tanto en estos términos se recomienda la temperatura de 24 °C, como temperatura interior de diseño.

12.2 Comparación de valores de EER (energy eficiencia ratio).

Otra oportunidad de ahorro que se nota es, en la que se compara la potencia eléctrica que consumen los equipos actuales con respecto a los equipos a instalar, así que asumiendo que las condiciones de uso del equipo se mantengan igual a las vistas

en la tabla 17 y conociendo el EER (energy efficiency ratio), tanto para los equipos instalados como para los seleccionados, se observan en la tabla 18.

Tabla 18. Consumos anuales del equipo instalado y el equipo por instalar.

#Recinto	Recinto	Equipo instalado			Equipo por instalar		
		Btu/h	EER	consumo (kWh)	Btu/h	EER	consumo (kWh)
1	Bacteriología (puesto1)	12 000	10,5	2 571	12 815	15	1 922
2	Hormonas	24 000	9,3	5 806	21 358	15	3 204
3	Química Clínica	24 000	10,5	5 143	15 273	15	2 291
4	Hematología	36 000	11,2	7 232	17 401	15	2 610
5	Ventanilla Hematología			0	6 100	15	915
6	Serología	24 000	10,5	5 143	15 090	15	2 264
7	Banco de Sangre	24 000	10,5	5 143	19 706	15	2 956
8	Sala de donación			0	14 884	15	2 233
9	Pasillo banco de sangre			0	8 843	15	1 326
10	Tamizaje banco de sangre	24 000	10,0	5 400	12 983	15	1 947
11	Secretaría laboratorio			0	3 756	15	563
12	Jefatura laboratorio Clínico			0	4 209	15	631
13	Reporte Exámenes de Hospital			0	5 628	15	844
			Consumo (kWh)	36439	Consumo (kWh)		23707

Referencia: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 18 con el equipo actual instalado tiene EER bajos, lo cual conlleva a una baja eficiencia, según la directriz de regulaciones de eficiencia energética (directriz 011), del ministerio de ambiente y energía (MINAE), establece que se debe comprar equipos de aire acondicionado tipo split con EER que tengan un valor mínimo de 12,2 para capacidades desde menores a 12000 hasta 36000 Btu/h y de 36000 Btu/h hasta 60000 Btu/h un valor mínimo de 11,5 de EER, en el caso de

paquetes el valor mínimo de EER 11, estos valores pueden ser mayores a los estipulados (Zúñiga , Protti, & Alfaro, 2016.). Por lo tanto, se observa que los equipos seleccionados cumplen con la directriz 011-MINAE, en cambio los equipos instalados actualmente no cumplen con la directriz 011, también es importante recalcar que los valores de EER también deben especificarse en los datos de placa de los equipos, en algunos equipos instalados no viene especificado, se tuvieron que buscar por modelo en catálogos de los equipos. Se observa que los equipos instalados consumen 36 439 kWh al año y el consumo del equipo instalado consume anualmente 23 707 kWh, lo que se refleja en una diferencia anual de consumo de 35%.

Tabla 19. Consumo y monto del costo entre la carga térmica Instalada y la carga térmica por instalar.

Rubro	Instalada	por instalar
Consumo estimado al año (kWh)	36 439	23 707
Monto de ahorro estimado al año	₡ 1.574.876	₡ 1.024.614

Referencia: Elaboración propia.

Como se nota en la tabla 19, se evidencia que el costo anual de consumo del equipo actualmente instalado tendrá un costo estimado de ₡ 1.574.876 colones y el costo anual de consumo del equipo por instalar tendrá un costo anual de ₡ 1.024.614 colones, asumiendo que las condiciones del tiempo de uso y tarifa se mantuvieran durante un año, estimando que los equipos trabajan a un 75 % de la carga máxima nominal, según dato de placa.

12.3 Inversión Inicial y costos operativos

La inversión inicial del proyecto será de \$ 91 200 dólares, de este monto se tienen \$ 88.288 dólares en equipo, tanto equipo de aire acondicionado como en ventilación, incluye también transporte (equipos, material y personal), mano de obra, no incluye ningún trabajo de orden civil como pasantes para ductos o tuberías, elementos para ocultar ductos o tuberías, bases de concreto entre otros. El costo anual del

mantenimiento preventivo durante la garantía (un año) tiene un monto de \$2.912 dólares (Ecoaire S. A, 2016).

Tabla 20. Inversión del Proyecto de aire acondicionado y ventilación para el laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.

Rubro	Monto (\$)	Monto (₡)
Equipo	\$ 88.288,00	₡ 48.421.554
Costo mantenimiento	\$ 2.912,00	₡ 1.597.086
Monto total de inversión	\$ 91.200,00	₡ 50.018.640

Referencia: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el tipo de cambio para la compra del dólar según el Banco Central de Costa Rica es de ₡ 548,45 y que este valor se mantuvo constante los días 5,6 y 7 de noviembre (ver anexo 22), se conoce el monto en colones del proyecto, con los respectivos detalles de costo de equipo, mano de obra y materiales, dentro de este rubro se contempla el transporte del equipo y personal.

Los costos operativos anualmente, asumiendo que la tarifa eléctrica y el precio del dólar no varíe significativamente, se tiene que:

Tabla 21. Costos de operación anuales.

Rubro	Monto anual	
	dólares (\$)	Colones (₡)
Consumo Eléctrico	\$ 1.826	₡ 1.024.614
Costos de mantenimiento	\$ 2.912	₡ 1.597.086
Monto Total	\$ 4.738	₡ 2.621.700

Referencia: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 21, los costos de operación anuales dan un estimado de \$ 4.738, en colones sería ₡ 2.621.700 al tipo de cambio actual, este valor se estima asumiendo que los valores de tarifas eléctricas no cambien durante el año.

13. Conclusiones

- Se determinaron las condiciones óptimas de diseño, temperatura interna y humedad relativa, siendo estas 24 °C y 50% HR.
- Se calculó la carga térmica para el recinto del laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez. Con valor total nominal de 158 100 Btu/h, en unidades del SI de 46,5 kW.
- Se seleccionó el equipo idóneo para el suministro de aire acondicionado para el recinto del laboratorio clínico del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez, cuya especificación de referencia se encuentran en las tablas 3, 4 y 5.
- Se realizaron las rutinas de mantenimiento preventivo para el equipo de aire acondicionado seleccionado para el recinto laboratorio clínico, cuyos protocolos se encuentran en el capítulo 11 del presente informe.
- Se realizó el análisis financiero del proyecto, resultando que el costo de operación y mantenimiento al año tendrá un monto de \$ 4.738 dólares, equivalente a ₡ 2.621.700 colones, con costo inicial de \$ 91.200 dólares, equivalente a ₡ 50.018.640, al tipo de cambio actual.

14. Recomendaciones

- Pintar las paredes exteriores de un color claro (blanco o marfil) para que refleje la luz solar y pueda disminuir la carga térmica.
- Pintar los techos de un color claro (blanco o marfil) para que refleje la luz solar y pueda disminuir la carga térmica.
- En caso de futuras remodelaciones estructurales se recomienda usar materiales con un bajo coeficientes de conducción, para disminuir el valor de la carga térmica.
- Los vidrios de los recintos que den hacia el exterior se les puede poner un tinte para oscurecerlo y bajar el coeficiente de sombreado y así bajar la carga térmica.
- Para futuros proyectos en aire acondicionado en el hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez se recomienda usar equipo con refrigerante R410A, esto con fines de ahorro energético.
- Instalar cajas guarda termostatos para evitar la manipulación de estos por parte de los colaboradores del laboratorio clínico.
- No poner objetos que obstaculicen las vías de difusores y rejillas en los recintos de Bacteriología (Puesto 2) y cámaras de refrigeración.
- Crear Bases de datos que contemplen un historial de mantenimiento para los sistemas de aire acondicionado y ventilación del hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.
- Se recomienda una efectiva gestión del mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado por instalar, esto asegura un aumento de la vida útil, evita fallos inesperados.
- Para compra de equipo, ya sea de refrigeración, climatización o iluminación se recomienda basarse en la directriz 011- MINAE. Compras públicas sustentables para la adquisición de equipos ambientales eficientes.
- Se recomienda realizar fichas técnicas de los equipos de aire acondicionado, tanto unidades evaporadoras y condensadoras.

- Se recomienda realizar formularios de control de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado.

14. Bibliografía

Ecoaire S. A. (2016). Oferta. Laboratorio clínico hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez. San José., Costa Rica.

Adfer , D. (08 de Junio de 2007). Aire Acondicionado con tecnología inverter. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://blog.is-arquitectura.es/2007/06/08/aire-acondicionado-con-tecnologia-inverter/>

Air Guide Company. (2014). Diffuseer Performance data. Model Series AVPT, AVPT-OB, AVPROB, JST. Florida, USA.

Air Guide Company. (2014). Fixed return grilles. Models RA (OB), RAAG(OB), RAAGME(OB). Florida, USA.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers . (2009). ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta, EEUU: ASHRAE Research.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers . (2013). HVAC Design manual for hospital and clinics (Second ed.). Atlanta: ASHRAE Research.

Asenjo Sebastián, M. Á., Bohigas Santasusagna, L., Prat Marín, A., & Trilla García, A. (2006). Gestión diaria del hospital (Tercera. ed.). Madrid, España: Elsevier Masson.

Carnicer Royo, E. (1998). Ventilación Industrial (Tercera ed.). Madrid, España: Editorial Paraninfo.

Carrier Air Conditioning. (2014). Software Hourly Analysis Program 5.0. USA.

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2008). Termodinámica. México D.F., México.: Mcgraw-Hill.

Ecoaire S. A. (2016). Oferta. Laboratorio clínico hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez. San José., Costa Rica.

Elizondo Hernández, R., & Alfaro Monge, M. (2014). Implementacion del Protocolo de Montreal en Costa Rica. Ministerio de ambiente y energía., Oficina Técnica del ozono. San José, Costa Rica: MINAE.

Ficha Técnica R22. (2009). Ficha Técnica R22. Recuperado el 30 de Setiembre de 2016, de [http://www.construnario.com/ebooks/6730/fluidos%20frigor%C3%ADficos/gases%20refrigerantes%20\(hcfc\)/r22/ficha%20t%C3%A9cnica/files/publication.pdf](http://www.construnario.com/ebooks/6730/fluidos%20frigor%C3%ADficos/gases%20refrigerantes%20(hcfc)/r22/ficha%20t%C3%A9cnica/files/publication.pdf)

García Almiñana, D. (2007). Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado. (Primera ed.). Barcelona, España: Editorial UOC.

Greenheck fan company. (2015). Software CAPS engineer. USA.

Greenheck fan company. (Octubre de 2016). Laboratorio Clínico ventilación HMP - Submittal. Cartago, Costa Rica.

Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez (HMP). (2014). Manual Organizacional Departamento de servicios de Ingeniería y mantenimiento (SIM). Caja Costarricense del Seguro Social. Cartago: CCSS.

Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez (HMP). (2015). Sistema de acondicionamiento climático, extracción e inyección de aire del área de Gastroenterología y Farmacia, incluido el equipo de precisión para Cuarto principal de Informática. Caja Costarricense del Seguro Social. Cartago: CCSS.

Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica. (2001). INTE 31-08-08-97. Ventilacion de los lugares de trabajo., Primera. San José, Costa Rica: INTECO.

LG. (2016). Multi V. Ceiling cassette indoor unit Engineering manual. USA.

LG Electronics. (2015). Software LATS MultiV. USA.

LG Electronics. (Febrero de 2016). Multi V IV Ceiling Cassette indoor unit. Users manual. USA.

LG Electronics. (Febrero de 2016). Multi V IV. Ceiling cassette indoor unit. Engineering manual. USA.

LG Electronics. (Febrero de 2016). Multi V IV. Engineering manual. Variable refrigerant flow outdoor units 6,0 to 42,0 tons. USA.

McQuay International. (2001). Software Design Tools. Duct sizer. USA.

Morrison Treseler, K. (1995). Clinical laboratory diagnostic test. Significance and nursing implications. (Third ed.). Englewood, New Jersey, United States of America: Appleton & Lange.

Pita, E. G. (2005). Acondicionamiento del Aire. Principios y Sistemas. Un Enfoque Energético (Primera ed.). México D.F, México: Compañía Editoria Continental.

Trane Company. (2015). Software varitrane duct designer (trial version). USA.

Zúñiga , R., Protti, M., & Alfaro, P. (2016.). Compras públicas sustentables para la adquisición de equipos ambientalmente Eficientes (refrigeración climatización e iluminación). Regulaciones de eficiencia energética. (directriz 011-MINAE). San José, Costa Rica.: MINAE.

16. Apéndices

Apéndice 1. Muestra de Cálculo: cálculo de carga térmica

Para la presente muestra de cálculo de carga térmica se tomará como referencia el capítulo 6 del libro de texto Acondicionamiento del aire. Principios y sistemas, de Edward G. Pita, el cual a su vez se basa en la metodología de cálculo de ASHRAE (Fundamentals Handbook, 2005).

Laboratorio de Bacteriología (Puesto 1)

El Recinto debe contar con las siguientes condiciones de diseño, las cuales se resumen en la tabla 22, la temperatura interior de diseño se seleccionó por recomendación de ASHRAE HVAC design manual for Hospital and clinics, con un valor de 75 °F, en unidades del sistema internacional aproximadamente 24 °C (Ver Anexo 1)

Tabla 22. Condiciones de diseño del laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).

		BS °C	BS °F	BH °F	HR %	W lb _{humedad} /lb _{aireseco}
Condiciones de Diseño	Exterior	25,1	77,2	75	90	0,0182
	Interior	24	75	62,9	50	0,0096

Referencia: Elaboración propia.

Para conocer los datos de temperatura de bulbo húmedo, se procede a buscarlos en la carta psicométrica (Ver Anexo 2).

Con las condiciones de diseño definidas, se procede a realizar las medidas de las dimensiones del recinto, para este caso se cuenta con los planos arquitectónicos, se toma el aposento y se obtienen las medidas correspondientes (ver anexo 3)

Con todas las dimensiones, también se cuenta con ubicación y dimensiones de las ventanas del recinto, se resume esta información en las siguientes tablas

Tabla 23. Dimensiones y áreas del Laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).

Dimensiones: Bacteriología		Ventanas: Hacia el norte	
Largo	4,40 m	Largo	2,30 m
Ancho	3,12 m	Ancho	1,52 m
Altura	2,50 m		

Referencia: Elaboración propia.

Tabla 24. Áreas del recinto Laboratorio de Bacteriología (Puesto 1).

Áreas Bacteriología		Áreas Ventanas: Hacia el norte		Volumen del recinto
Techo	Pared Oeste	3,50 m ²	37,61 ft ²	34,32 m ³
13,73 m ²	7,80 m ²			
147,69 ft ²	83,92 ft ²			
				1 211 ft ³

Referencia: Elaboración propia.

Con la información ya recopilada se procede a calcular cada una de las pérdidas por calor.

Ganancia debida a la conducción de calor a través de la estructura exterior

Solo las paredes oeste y norte tienen contacto con el exterior, la cual están construida en concreto, también se tomará como estructura externa el techo, el cual estará construido en lámina de metal se tomará como referencia las ecuaciones 3, 4 y 5 para la realización del cálculo.

La ecuación para el cálculo de la ganancia a través de la pared exterior, será la ecuación 3.

$$Q = UxAxDTCEe$$

El valor del diferencial de temperatura para carga de enfriamiento corregido (DCTEe), se calcula con la ecuación 4:

$$DCTEe = [(DTCE + LM)xK + (78 - Tr) + (To - 85)]xf$$

Por lo tanto, sustituyendo las ecuaciones 3 y 4 se obtiene la ecuación 5:

$$Q = UxAx[(DTCE + LM)xK + (78 - Tr) + (To - 85)]xf$$

Así; para el valor de DTCE, para la hora solar 14 y para un grupo de paredes letra E, el diferencial de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) da un valor de 14 °F, en el SI 7,78 K, para la pared oeste y para la pared norte 13 °F, en el SI 7,22 K, esto según la descripción mostrada en el anexo 4 y 5.

El valor de U se toma de la tabla mostrada en el anexo 6, en la cual como la pared es del grupo E, se toma como un bloque de ladrillo de 4 pulgadas, por lo tanto, el coeficiente de transferencia (U) tiene un valor de 0,319 Btu/ (h ft² °F), este valor en unidades del SI es U = 1,81015 W/ (K m²) este valor aplica para las paredes norte y oeste.

Para la corrección de latitud y mes (LM) se escoge un valor de -1 °F, en el SI - 0,5556 K, a 8° latitud norte, el cual es el más aproximado para la provincia de Cartago, este se muestra en el anexo 7, esto se cumple para la pared oeste y norte.

El valor del factor de corrección por color (K) se tomará el valor de 1, siendo de color oscuro o en zona industrial, este dato aplica para ambas paredes, norte y oeste, este dato es tomado del libro de texto Acondicionamiento del aire. Principios y sistemas, de Edward G. Pita, capítulo 6, página 137, primera edición, décima reimpresión. Con los datos anteriores se procede a calcular, utilizando la ecuación 5:

Para la pared oeste:

$$Q = 0,319 \frac{BTU}{h ft^2 \text{°F}} x 83,92 ft^2 x [(14 - 1)x1 + (78 - 75) + (77,2 - 85)] \text{°F} x 1$$

$$Q = 218,92 \frac{BTU}{h} = 64,16 W$$

Para la pared norte.

Para la pared dirigida al norte, tiene el detalle que en esta se localiza una ventana fabricada de vidrio transparente, según la tabla 24, el área de la ventana es de 37,61

ft², la pared norte en total, tiene un área 4,40 m x 2,50 m, como las dimensiones están en metros se deben convertir a pies, este factor es 1 m = 3,28 ft, por lo tanto, el área de la pared norte se calcula como:

$$A = A_{total} - A_{ventana}$$

$$A = 4,40 \times 2,50 \times (3,28)^2 - 37,61$$

$$A = 80,73 \text{ ft}^2 = 7,50 \text{ m}^2$$

Aplicando la ecuación 5 se obtiene

$$Q = 0,319 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} \times 80,73 \text{ ft}^2 \times [(13 - 1) \times 1 + (78 - 75) + (77,2 - 85)] \text{ } ^\circ\text{F} \times 1$$

$$Q = 184,86 \frac{BTU}{h} = 54,18 \text{ W}$$

Para el techo.

Tomando la ecuación 5 para realización del cálculo y los valores de corrección de latitud y mes (LM), el factor de corrección por color (K) y temperaturas de diseño iguales a los que se tomaron para el cálculo de paredes exteriores. Se procede a buscar el valor de U para un techo de lámina de acero 1 o 2 in, para la hora solar 14, con cielo raso suspendido, se encuentra un diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento, DTCE = 77 °F, en el SI de 42,78 K. Encontrando también un coeficiente de transferencia (U) que tiene un valor de 0,134 Btu/ (h ft² °F), este valor en unidades del SI es U = 0,76056 W/ (K m²), ver el anexo 8.

$$Q = 0,134 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} \times 147,69 \text{ ft}^2 \times [(77 - 1) \times 1 + (78 - 75) + (77,2 - 85)] \text{ } ^\circ\text{F} \times 1$$

$$Q = 1408,66 \frac{BTU}{h} = 412,77 \text{ W}$$

En total por transferencia de techo y pared exterior, se obtiene sumando todas las ganancias, para todas las paredes y el techo, dando un valor total de:

$$Q = (1408,66 + 184,86) \frac{BTU}{h} = 1593,51 \frac{BTU}{h} = 467,01 \text{ W}$$

Los resultados de las ganancias de calor a través de la pared exterior se resumen en la tabla 25.

Tabla 25. Ganancia de calor a través del techo y pared externa, recinto bacteriología (Puesto 1).

Conducción a través de estructura exterior					
Parámetros	Techo	Pared			
		Este	Oeste	Norte	Sur
DTCE (°F)	77			13	
To (°F)	77,2			77,2	
U [Btu/(h ft ² °F)]	0,134			0,319	
A (ft ²)	147,69			80,73	
Q (Btu/h)	1 408,66	0	0	184,86	0
				ΣQ(Btu/h)	1 593,51

Referencia: Elaboración propia.

Conducción de calor a través del vidrio.

Para el cálculo de la conducción de calor a través del vidrio, se utiliza la ecuación 3, la misma ecuación utilizada para el cálculo de la conducción de calor a través de techos y paredes.

$$Q = UxAxDTCE$$

Para el cálculo de la diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DCTEe), se calcula con la ecuación 6, este DCTEe difiere del DCTEe usado para el cálculo de conducción de calor a través de techos y paredes, pues los factores de latitud y mes (LM), corrección al color de la superficie (K) y el factor de corrección por ventilación del cielo raso (f), solo se aplican a la conducción de calor de techos y paredes, por lo tanto la ecuación queda de esta manera:

$$DTCEe = DTCE + (78 - Tr) + (To - 85)$$

Combinando la ecuación 3 con la ecuación 6, se obtiene la ecuación 7:

$$Q = UxAx[DTCE + (78 - Tr) + (To - 85)]$$

Tomando como valor de coeficiente de transferencia (U) 0,104 Btu/ (h ft² °F), este valor en unidades del SI es U = 0,59030 W/ (K m²). Este valor se escoge para un vidrio plano sencillo, ver anexo 9.

Las condiciones de temperatura exterior de diseño y la temperatura de interna del recinto, se toman de la tabla 22.

El área del vidrio se toma de la tabla 24, cual tiene un valor de 37,61 ft², en unidades del SI es 3,50 m².

La diferencia de conducción de carga térmica de enfriamiento a través del vidrio (DTCE), para la hora solar 14, tiene un valor de 13 °F, en unidades del SI 7,222 K, ver anexo 10.

Con los datos numéricos listos, se calcula la conducción de calor a través del vidrio, con ayuda de la ecuación 7.

$$Q = 0,104 \frac{BTU}{h ft^2 \text{°F}} \times 37,61 ft^2 \times [13 + (78 - 75) + (77,2 - 85)] \text{°F}$$

$$Q = 31,99 \frac{BTU}{h} = 9,38 W$$

Cuando se tienen todas las conducciones de calor a través de todos los vidrios, se procede a sumar todos los valores, para el caso específico, solo existe conducción de calor a través del vidrio para la ventana norte; por lo tanto, la conducción total tendrá un valor de:

$$Q = 31,99 \frac{BTU}{h} = 9,38 W$$

Los resultados se resumen en la tabla 26.

Tabla 26. Conducción a través del vidrio, recinto bacteriología. (Puesto 1).

Conducción a través del vidrio				
Parámetros	Este	Oeste	Norte	Sur
DTCE (°F)			13	
To (°F)			77,2	
U [Btu/(h ft ² °F)]			0,104	
A (ft ²)			37,61	
Q (BTU/h)	0	0	31,99	0
			ΣQ(Btu/h)	31,99

Referencia: Elaboración propia.

Conducción de calor a través de la pared interior

Según Pita, las ganancias de calor por conducción a través de paredes interiores se calculan según la ecuación 8.

$$Q = UxAxDT$$

En donde la DT es la diferencia de temperatura entre el recinto sin acondicionar y el recinto acondicionado, en °F, se debe tomar en cuenta que según Pita (2005), que la temperatura interior es la temperatura exterior menos 5 °F, para compensar el fenómeno de radiación del cuerpo negro (Pita, 2005), los valores de temperaturas del recinto se ven en la tabla 21, tomando como la temperatura sin acondicionar de 77,2 °F, en unidades del SI 25,1 °C y como temperatura acondicionado de 75 °F, en unidades del SI 23,89 °C, así que el DT se calcula:

$$DT = (77,2 - 5 - 75) \text{ °F}$$

$$DT = -2,8 \text{ °F} = -1,556 \text{ K}$$

El recinto cuenta con tres paredes internas, al este y al oeste, ambas tienen la misma área, la cual tiene dimensiones de (3,12x 2,50) metros, arrojando un valor de:

$$A = 3,12 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$$

$$A = 7,80 \text{ m}^2 \times \frac{(3,28)^2 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} = 83,92 \text{ ft}^2$$

También se cuenta con una pared al sur, la cual tiene dimensiones de (4,40x2,50) metros, arrojando un valor de:

$$A = 4,40 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$$

$$A = 11 \text{ m}^2 \times \frac{(3,28)^2 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} = 118,34 \text{ ft}^2$$

El valor de U se toma de la tabla mostrada en el anexo 5, la pared es del grupo E, se toma como bloque de ladrillo de 4 pulgadas, por lo tanto, el coeficiente de transferencia (U) tiene un valor de 0,319 Btu/ (h ft² °F), este valor en unidades del SI es U = 1,81015 W/ (K m²), este valor es el mismo que se aplica a las paredes exteriores, ya que ambas son del mismo material este valor aplica para las paredes sur, este y oeste.

Pared oeste y este.

$$Q = 0,316 \frac{\text{BTU}}{\text{h ft}^2 \text{°F}} \times 83,92 \text{ ft}^2 \times -2,8 \text{ °F}$$

$$Q = -75,54 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = -22,14 \text{ W}$$

Ambas paredes tienen las mismas dimensiones, igual coeficiente de transferencia y ambos se someten al mismo diferencial de temperatura, por ello, ambas paredes tienen igual conducción de calor.

Pared sur.

$$Q = 0,316 \frac{\text{BTU}}{\text{h ft}^2 \text{°F}} \times 118,34 \text{ ft}^2 \times -2,8 \text{ °F}$$

$$Q = -106,53 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = -31,22 \text{ W}$$

Para la obtención total de la conducción a través de la pared interior:

$$Q = (-75,54 + -75,54 + -106,36) \frac{BTU}{h}$$

$$Q = -257,62 \frac{BTU}{h} = -75,50 W$$

En la tabla 27, se resume los resultados encontrados, para la conducción a través de la pared interior.

Tabla 27. Conducción de calor a través de las Paredes Interiores, recinto bacteriológica (Puesto 1).

Paredes Interiores				
Parámetros	Este	Oeste	Norte	Sur
U Btu/(h ft ² °F)	0,319	0,319		0,319
A (ft ²)	83,92	83,92		118,3424
DT (°F)	-2,8	-2,8		-2,8
Q (BTU/h)	-75,54	-75,54	0	-106,53
			ΣQ(Btu/h)	-257,62

Referencia: Elaboración propia.

Radiación a través del vidrio.

Para el cálculo de la radiación a través del vidrio, se calcula con la ecuación 9;

$$Q = FGCSxAxCSxFCE$$

Solo existe una ventana hacia el norte, este vidrio tiene por área 37,61 ft², en unidades del SI es 3,50 m², este dato se toma de la tabla 24.

El Factor de ganancia máxima de calor solar (FGCS), el FGCS se determina a 8° latitud norte, para una ventana en dirección norte, para el mes de julio, dando un valor de $77 \frac{BTU}{h ft^2}$, en unidades básicas del SI $242,78 \frac{W}{m^2}$, ver anexo 11.

El Coeficiente de sombreado (CS) es escoge un vidrio sencillo claro con un espesor nominal de 3/32 a 1/4 de pulgada y sin sombreado, arrojando un valor de Coeficiente de sombreado de CS = 1, este coeficiente es adimensional, ver anexo 12.

El factor de carga de enfriamiento para el vidrio (FCE), se escoge para la hora solar 14, para un vidrio ubicado hacia el norte, para una construcción ligera (L) y para un vidrio sencillo, arrojando un valor de 0,82. Siendo este un dato adimensional, ver anexo 13.

Con todos los datos se procede a encontrar la ganancia de calor por radiación a través del vidrio, con la ecuación 9:

$$Q = 77 \frac{BTU}{h \text{ ft}^2} \times 37,61 \text{ ft}^2 \times 1 \times 0,82$$

$$Q = 2374,78 \frac{BTU}{h} = 695,98 \text{ W}$$

El recinto solo cuenta con una ventana dirigida hacia el norte, por ende, la ganancia total de calor por radiación a través del vidrio da un total de:

$$Q = 2374,78 \frac{BTU}{h} = 695,98 \text{ W}$$

Los resultados se resumen en la tabla 28.

Tabla 28. Radiación a través del vidrio, recinto bacteriología (Puesto 1).

Radiación a través de vidrio				
Parámetros	Este	Oeste	Norte	Sur
FGCS Btu/(h ft ²)			77	
A (ft ²)			37,61	
CS			1	
FCE			0,82	
Q (BTU/h)	0	0	2374,78	0
			ΣQ(Btu/h)	2 374,78

Referencia: Elaboración propia.

Ganancia por Alumbrado

Para calcular la ganancia de calor debida alumbrado se utiliza la ecuación 10, cual es:

$$Q = 3,41 \times W \times FB \times FCE$$

Para la cual el número 3,41 es el factor de conversión de Watts a Btu/h, el cual es:
 $1 \text{ W} = 3,41 \text{ Btu/h}$.

En el recinto las luminarias utilizadas son tubos fluorescentes, los cuales tienen potencias de 36 W, Modelo T8, código 0001416, denominación F26W/33-640, luz blanca fría, con una temperatura de color de 4000 K, longitud de 1200 mm, marca Sylvania, ver anexo 14.

Factor de balastro (FB), un valor típico para tubos fluorescentes es el $\text{FB} = 1,25$ y como se encontró que todas las luminarias son fluorescentes, FB será igual a 1,25, este es un valor adimensional (Pita, 2005).

Factor de carga por enfriamiento (FCE), se toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado, este efecto depende de cuánto tiempo está encendido el alumbrado, trabajo de enfriamiento, construcción del edificio, tipo de unidades de alumbrado y la ventilación. Así que se recomienda usar un valor FCE será igual a 1, este valor es un valor adimensional (Pita, 2005).

Teniendo todos los valores se calcula la ganancia por alumbrado:

$$Q = 3,41 \frac{\text{Btu}}{\text{h W}} \times 36 \text{ W} \times 1,25 \times 1$$

$$Q = 1\,381,05 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 404,75 \text{ W}$$

Los resultados de la ganancia por alumbrado se resumen en la tabla 29.

Tabla 29. Ganancia de calor por alumbrado, recinto bacteriología (Puesto 1).

Alumbrado				
# Luminarias	Potencia (W)	FB	FCE	$\Sigma Q(\text{Btu/h})$
9	36	1,25	1	1 381,05

Referencia: Elaboración propia.

Ganancia de calor debido a las personas.

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes; el calor sensible y el calor latente, este es debido a la transpiración.

Para calcular las ganancias se utilizan la ecuación 11, para calcular el calor sensible y la ecuación 12, para calcular el calor latente de las personas.

$$Q_s = q_s \times n \times FCE$$

$$Q_l = q_l \times n$$

Los valores de calor sensible y latente por persona para una actividad sentado, trabajo ligero, son respectivamente $q_s = q_l = 255 \frac{Btu}{h \text{ persona}}$, este valor en unidades del SI es $74,733 \frac{W}{\text{persona}}$, ver anexo 15

Según Pita en la página 151, el factor de carga de enfriamiento para personas (FCE), será 1, si el sistema de aire acondicionado se apaga durante la noche, por lo tanto, no habrá almacenamiento de calor, así que como el sistema de aire acondicionado si se apaga durante la noche el $FCE = 1$.

El número total de personas en el recinto se estima a partir del número máximo de personas que pueden estar en el recinto simultáneamente, el número de personas estimadas es de 4 personas simultáneamente.

Así que la ganancia de calor por personas es:

$$Q_s = 255 \frac{Btu}{h \text{ persona}} \times 4 \text{ personas} \times 1 = 1020 \frac{Btu}{h} = 298,93 \text{ W.}$$

$$Q_l = 255 \frac{Btu}{h \text{ persona}} \times 4 \text{ personas} = 1020 \frac{Btu}{h} = 298,93 \text{ W.}$$

La ganancia total de calor por personas es la suma de ambas cargas, tanto la Q_s como Q_l :

$$Q_{Total} = (1020 + 1020) \frac{Btu}{h}$$

$$Q_{Total} = 2040 \frac{Btu}{h} = 597,87 \text{ W.}$$

Los Resultados se resumen en la tabla 30.

Tabla 30. Ganancias de calor por personas, recinto bacteriología (Puesto 1).

Personas					
# personas	qs Btu/(h persona)	FCE	Qs Btu/h	qL Btu/(h persona)	QL Btu/h
4	255	1	1 020	255	1 020
ΣQ(Btu/h)					2 040

Referencia: Elaboración propia.

Ganancia de calor debido al equipo

Para calcular las ganancias de calor debido al equipo, se utiliza la ecuación 13 $Q = 3,41xW$.

La cual consiste en multiplicar 3,41 (que es el factor de conversión de Watts a Btu/h, $1 W = 3,41 Btu/h$) por la potencia en Watts del equipo, también se debe agregar la cantidad de equipos que hay en el recinto.

La potencia en Watts del equipo se determinó mediante catálogos o manuales de uso de los mismos equipos o por datos de placa.

Estos equipos solo generan calor sensible, ya que no producen ningún tipo de cambio de estados en el ambiente, tal como condensación.

Luego se procedió a calcular la ganancia:

$$\text{Impresora Epson: } Q = 3,41 \times 120 W = 409,2 \frac{Btu}{h} = 120 W$$

$$\text{Computadoras: } Q = 3 \times 3,41 \times 300 W = 3069 \frac{Btu}{h} = 900 W$$

$$\text{Vtek 2 Compact: } Q = 3,41 \times 600 W = 2046 \frac{Btu}{h} = 600 W$$

$$\text{Incubadora: } Q = 3,41 \times 300 W = 1023 \frac{Btu}{h} = 300 W$$

Al final se procede a calcular el total de ganancia de calor por el equipo:

$$Q = (409,2 + 3069 + 2046 + 1023) \frac{Btu}{h}$$

$$Q = 6547,20 \frac{Btu}{h} = 1920 W$$

Tabla 31. Ganancias de calor por equipo, recinto bacteriología (Puesto 1).

Equipo					
Equipo	Potencia (W)	Cantidad equipo	qs (Btu/h)	qL (Btu/h)	Q (Btu/h)
impresora Epson	120	1	409,2		409,2
Computadoras	300	3	3069		3069
Vtek 2 Compact	600	1	2046		2046
Incubadora	300	1	1023		1023
				ΣQ(Btu/h)	6 547,2

Referencia: Elaboración propia.

Carga térmica total en el recinto bacteriología (Puesto 1)

En este punto se procede a sumar todas ganancias de calor calculadas para este recinto:

$$Q = (1593,51 + 31,99 + -257,62 + 2374,78 + 1381,05 + 2040 + 6547,20) \frac{Btu}{h}$$

$$Q = 13 710,92 \frac{Btu}{h} = 4018,29 W$$

Este valor en Btu/h se transforma a toneladas de aire producido:

$$Q = 13 710,92 \frac{Btu}{h} \times \frac{1 ton}{12000 \frac{Btu}{h}} = 1,14 ton$$

Este cambio a toneladas por lo general se realiza, pues la mayoría de catálogos tienen sus equipos en toneladas, por lo tanto, para así poder seleccionar el equipo, los resultados se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Carga Térmica del recinto bacteriología (Puesto 1), sin corregir

Ganancia de calor	Q(Btu/h)	Q (W)
Conducción a través de la estructura externa	1593,51	467,01
Conducción a través del vidrio	31,99	9,38
Conducción a través de paredes interiores	-257,62	-75,50
Radiación a través del vidrio	2374,78	695,98
Ganancia de calor por alumbrado	1381,05	404,75
Ganancia de calor por personas	2040,00	597,87
Ganancia de calor por equipo	6547,20	1918,80
Total de ganancia de calor	13 710,92	4 018,29
Toneladas de refrigeración (ton)	1,14	

Referencia: Elaboración propia.

Transferencia de calor a los alrededores

Parte de la ganancia del calor sensible del recinto se transfiere a través de la estructura hacia los alrededores, este fenómeno no se contempla en el cálculo de la carga térmica, por lo tanto, esta pérdida de calor sensible se debe corregir, en las ganancias de calor sensible en el recinto producidas por conducción (techos, paredes y vidrios), radiación solar a través de los vidrios, alumbrado, personas y equipo, para corregir la carga térmica se debe calcular un factor de corrección, utilizando la ecuación 15.

$$F_c = 1 - 0,02K$$

El factor de conductancia por unidad de longitud se calcula con la ecuación 16

$$K = \frac{U_w A_w + U_g A_g}{L}$$

Para calcular el factor de conductancia por unidad de longitud (K), se debe conocer el área total de la pared (A_w), la cual se calcula con los datos recopilados en la tabla 23, esta área tiene un total de:

$$A_w = ((3,12 + 3,12 + 4,40) \times 2,50) \text{m}^2 \times (3,28)^2 \text{ft}^2$$

$$A_w = 286,17 \text{ft}^2 = 26,60 \text{m}^2$$

El área total del vidrio (A_g), es de 37,61 ft², en unidades del SI es 3,50 m², este dato se toma de la tabla 24.

El coeficiente de calor a través de la pared (U_w), es el mismo usado para el cálculo de ganancias de conducción a través de la pared, el cual tiene un valor de 0,319 Btu/(h ft² °F), este valor en unidades del SI es $U = 1,81015 \text{ W}/(\text{K m}^2)$ y para el coeficiente de calor a través del vidrio (U_g), es el mismo usado para el cálculo de ganancias de conducción a través del vidrio, el cual tiene un valor de 0,104 Btu/(h ft² °F), este valor en unidades del SI es $U = 0,59030 \text{ W}/(\text{K m}^2)$.

La longitud total de la pared exterior (L), se calcula como:

$$L = (4,40 + 3,12)m \times 3,28 \text{ ft}$$

$$L = 24,67 \text{ ft} = 7,52 \text{ m}$$

Con los datos recopilados se procede a calcular los valores de K y Fc:

$$K = \frac{0,319 \text{ Btu}/(\text{h ft}^2 \text{ °F}) \times 286,17 \text{ ft}^2 + 0,104 \text{ Btu}/(\text{h ft}^2 \text{ °F}) \times 37,61 \text{ ft}^2}{24,67 \text{ ft}}$$

$$K = 3,8597 \frac{\text{Btu}}{\text{h ft} \text{ °F}}$$

Con este valor de K se calcula el factor de corrección:

$$F_c = 1 - 0,02 \frac{\text{ft} \text{ °F h}}{\text{Btu}} \times 3,8597 \times \frac{\text{Btu}}{\text{h ft} \text{ °F}}$$

$$F_c = 0,92231$$

Por lo tanto, la carga térmica corregida es:

$$Q_{\text{corregida}} = 0,92231 \times 13427,89 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 12391,34 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 3631,56 \text{ W}$$

$$Q_{\text{corregida}} = 12391,34 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ ton}}{12000 \text{ Btu}/\text{h}} = 1,03 \text{ ton de refrigeración}$$

Los datos cálculos se notan en la tabla 33.

Tabla 33. Carga térmica corregido recinto bacteriología (Puesto 1).

Uw	Aw	Ug	Ag	L
0,319 Btu/(h ft ² °F)	286,17 ft ²	0,104 Btu/(h ft ² °F)	37,61 ft ²	24,67 ft
1,81015 W/(m ² K)	26,60 m ²	0,5903 W/(m ² K)	3,50 m ²	7,52 m
K	Fc			
3,8597 Btu/(h ft ² °F)	0,92231			
Q sin corregir	Q corregido			
13 427,89 Btu/h 3,93 kW	12 391,34 Btu/h 3,63 kW			
Toneladas de refrigeración corregida				
1,03				

Referencia: Elaboración propia.

Ventilación

Por lo general, se filtra una cantidad de aire exterior por las fisuras de puertas y ventanas, este hecho ocasiona una carga de calor, tanto calor sensible como calor latente, debido a que el calor sensible y latente de este aire que entra es mayor que el aire de enfriamiento.

Este exceso de calor se elimina por lo general con el equipo de enfriamiento del sistema de aire acondicionado, por este hecho esta ganancia de calor no está dentro del cálculo de ganancia de calor de los recintos, esta ganancia de calor se suma a la carga del recinto luego de corregirla con el factor corrección de cargas de calor sensible, visto en la sección anterior (Pita, 2005).

Para calcular las cargas de calor sensible y calor latente, se usan las siguientes ecuaciones 17 y 18

$$Q_s = 1,1 \times CFM \times CT$$

$$Q_l = 0,68 \times CFM \times (w'_e - w'_i)$$

El valor de CFM (cubic feet per minute) es el flujo de volumétrico de aire ventilación que puede infiltrarse, esto es el aire de ventilación necesario por persona; para este caso corresponde a las actividades realizadas en un hospital, por lo tanto, el flujo

volumétrico será de 10 CFM (ft³/min), este valor en el SI será de 0,004723 m³/s, ver anexo 16.

El cambio de temperatura (CT) corresponde al cambio de temperatura entre el aire exterior e interior, para el caso estudiado el CT es:

$$CT = (77,2 - 75) \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$CT = 2,2 \text{ } ^\circ\text{F} = 1,222 \text{ K}$$

Usando la ecuación 17, con las unidades respectivas del factor de conversión se obtiene:

$$Q_s = 1,1 \frac{\text{Btu min}}{\text{ft}^3 \text{ } ^\circ\text{F h}} \times 10 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times 2,2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q_s = 23,96 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 7,02 \text{ W}$$

Para el cálculo del calor latente se deben encontrar la relación de humedad, tanto exterior como interior, estos valores se buscaron en la carta psicrométrica (ver anexo 1), estos valores en la carta psicrométrica están en lb_{humedad}/lb_{aireseco}, estas se deben convertir a granos H₂O/lb_{aireseco}, con el factor de conversión de 1 lb H₂O=7000 gH₂O/lb_{aireseco}, se evidencia en la tabla 34.

Tabla 34. Humedad relativa y relación de humedad para el recinto de bacteriología (Puesto 1).

		HR %	W lb _{humedad} /lb _{aireseco}	W g _{H₂O} /lb _{aireseco}
Condiciones de Diseño	Exterior	90	0,0182	126
	Interior	50	0,0096	67,2

Referencia: Elaboración propia.

Usando la ecuación 18, con las unidades respectivas del factor de conversión se obtiene:

$$Q_L = \frac{0,68 \text{ Btu min lb aireseco}}{\text{ft}^3 \text{ h g H}_2\text{O}} \times 10 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times (126 - 67,2) \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{lb aireseco}} =$$

$$Q_L = 399,84 \frac{Btu}{h} = 117,20 W$$

El calor total por ventilación se calcula como:

$$Q_T = Q_s + Q_L$$

$$Q_T = (23,96 + 399,84) \frac{Btu}{h}$$

$$Q_T = 423,80 \frac{Btu}{h} = 124,20 W$$

Tabla 35. Calor por ventilación para el recinto de bacteriología (Puesto 1).

Ventilación					
cfm (ft ³ /min)	CT (°F)	Qs (BTU/h)	We g _{humedad} /lb _{aireseco}	Wi g _{humedad} /lb _{aireseco}	QL (BTU/h)
10	2,2	23,96	126	67,2	399,84
ΣQ(Btu/h)					423,80

Referencia: Elaboración propia.

Carga térmica Total

Teniendo los valores de la carga térmica corregida y el valor de carga térmica por ventilación, se obtiene la carga térmica total, para el recinto de bacteriología

$$Q_T = Q_{cooregido} + Q_{ventilacion}$$

$$Q_T = (12391,41 + 423,80) \frac{Btu}{h}$$

$$Q_T = 12815,14 \frac{Btu}{h} = 3755,76 W$$

$$Q_{corregida} = 12815,14 \frac{Btu}{h} \times \frac{1 \text{ ton}}{12000 \frac{Btu}{h}} = 1,07 \text{ ton de refrigeración}$$

Todas las cargas térmicas se verifican en la tabla 36.

Tabla 36. Carga térmica total para el recinto de bacteriología (Puesto 1).

Ganancia	Q(Btu/h)	Q (W)	ton refrigeración
Conducción a través de la estructura externa	1 593,51	467,01	0,13
Conducción a través del vidrio	31,99	9,38	0,00
Conducción a través de paredes interiores	-257,62	-75,50	-0,02
Radiación a través del vidrio	2 374,78	695,98	0,20
Ganancia de calor por alumbrado	1 381,05	404,75	0,12
Ganancia de calor por personas	2 040,00	597,87	0,17
Ganancia de calor por equipo	6 264,17	1835,85	0,52
Ganancia de calor	13 427,89	3935,34	1,12
Ganancia de calor corregida	12 391,34	3631,56	1,03
Ventilación	423,798	124,20	0,04
Carga térmica Total	12 815,14	3755,76	1,07
Índice Q/A (Btu/(h ft²) ; W/m²)	86,77	273,58	

Referencia: Elaboración propia.

Se puede notar que la mayor carga térmica se da por la ganancia del equipo que utiliza el recinto bacteriología, tomando un 45,11% del total de carga térmica, solo para compensar el calor disipado del equipo usado (ver anexo 17).

Caudal de aire

Para calcular el caudal de aire suministrado y el caudal de aire de ventilación, se toma la recomendación de ASHRAE HVAC design manual for hospital and clinics, en el cual recomienda que para un laboratorio de bacteriología recomienda como mínimo 2 cambios/ de aire de ventilación, (aire fresco) y caudal de aire de confort mínimo 6 cambios/hora de aire de confort (ver anexo 19).

Tabla 37. Caudal de aire para el recinto bacteriología (Puesto1).

Caudal				
cambios de aire/h	Qventilación(CFM)	tiempo (min)	cambios de aire/h	Q confort (CFM)
2	40,4	30	6,00	121

Referencia: Elaboración propia.

Según la tabla 37, se nota como el caudal de aire fresco debe ser de 40,4 CFM, en unidades del SI es 68,64 m³/h. El caudal de aire de confort debe ser de 121 CFM, en unidades del SI es 206 m³/h.

Como parte del análisis también se realizó el cálculo de carga térmica mediante el software hourly analysis program 5.0 (HAP5.0), diseñado por el fabricante Carrier air conditioning, el cual arroja un valor de carga térmica de aproximadamente 1,2 ton (Ver anexo 20, por lo tanto, la diferencia porcentual entre el cálculo realizado por el software y el cálculo realizado con excel es de 8%, con lo cual es un valor aceptable.

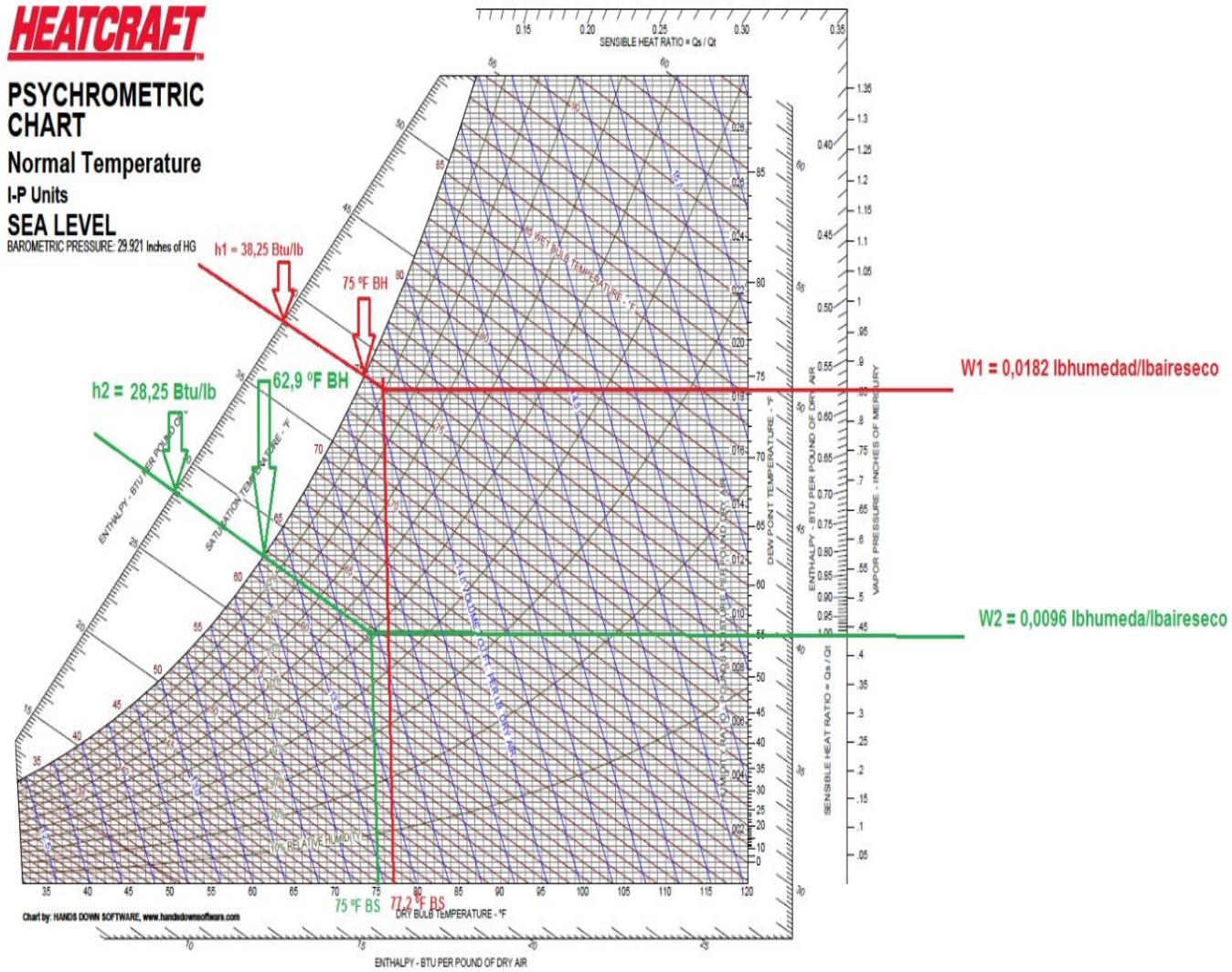
17. Anexos

Anexo 1. Temperatura interna de diseño, según ASHRAE HVAC design manual for Hospital and Clinics

Function of Space	RH (k) (%)	Design Temperature (I), (°F/°C)
NURSING FACILITY		
Resident Room	N/R	70-75/21-24
Resident Gathering/Activity/Dining	N/R	70-75/21-24
Physical Therapy	N/R	70-75/21-24
Occupational Therapy	N/R	70-75/21-24
Bathing Room	N/R	70-75/21-24
RADIOLOGY (v)		
X-ray (diagnostic and treatment)	max 60	72-78/22-26
X-ray (surgery/critical care and catheterization)	max 60	70-75/21-24
Darkroom(g)	N/R	N/R
DIAGNOSTIC AND TREATMENT		
Dialysis treatment area	N/R	72-78/22-26
Dialyzer reprocessing room	N/R	N/R
Nuclear medicine hot lab	N/R	70-75/21-24
Nuclear medicine treatment room	N/R	70-75/21-24
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration (n)	N/R	68-73/20-23
Laboratory, general (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, bacteriology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, biochemistry (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, cytology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, glasswashing	N/R	N/R
Laboratory, histology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, microbiology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, nuclear medicine (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, pathology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, serology (v)	N/R	70-75/21-24
Laboratory, sterilizing	N/R	70-75/21-24
Laboratory, media transfer (v)	N/R	70-75/21-24
Autopsy room (n)	N/R	68-75/20-24
Nonrefrigerated body-holding room (h)	N/R	70-75/21-24
Pharmacy (b)	N/R	N/R

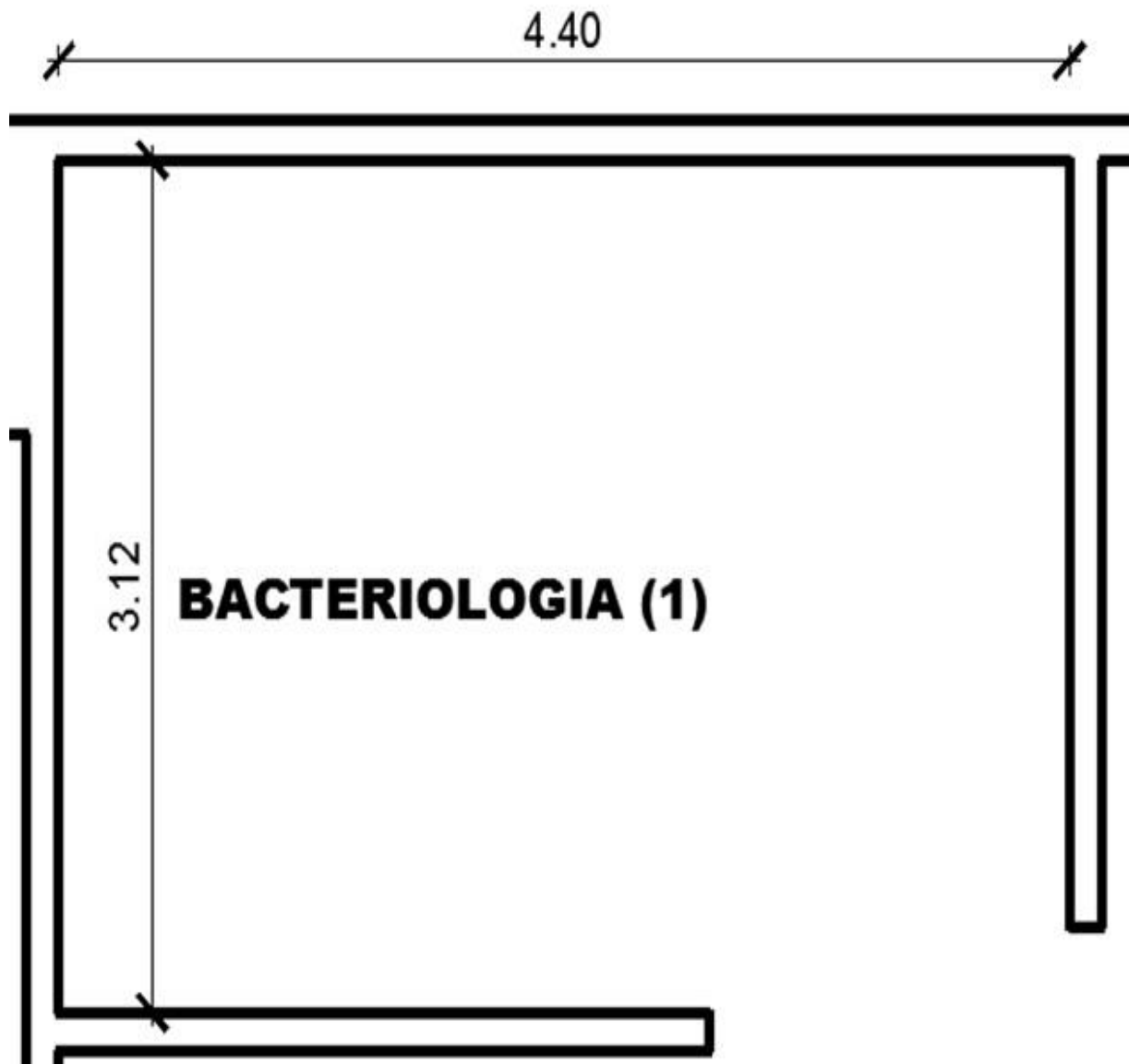
Fuente: ASHRAE HVAC design manual for Hospital and Clinics. Paágina78.

Anexo 2. Carta Psicrométrica para el laboratorio de Bacteriología (Puesto1)



Fuente: Heatcraft Company.

Anexo 3. Corte del Plano arquitectónico del recinto del laboratorio bacteriológico



Fuente: Área de Ingeniería y Mantenimiento. Hospital Dr. Maximiliano Jiménez.

Anexo 5. Valores de DTCE para cálculo de carga en la pared norte

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	34	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	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	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	1	14	21	7	
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	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	13
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	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	23	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	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	31	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	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	33	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	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
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	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla 6.2 página 138.

Anexo 6. Descripción de grupos de paredes para determinar el valor de U

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	29.1-30.4
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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla 6.1 página 136

Anexo 7. Factores de corrección latitud-mes (LM) para los valores de DTCE

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas.

México: CECSA. Tabla 6.4, página 140.

Anexo 8. Valor de U y DTCE para techos

Techo No.	Descripción de la construcción	Hera Peso, lb/ft'	Valor de U, BTU/h F 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 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 aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	53	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)	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)	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 (18)	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	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	31	28	25	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 (54)	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 o 2 in (77)	77	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	21	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 (20)	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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas.

México: CECSA. Tabla 6.1, página 137.

Anexo 9. Coeficiente global de transferencia de calor para el vidrio. Btu/ (h ft²°F)

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	Exterior			Descripción	Exterior		
	Invierno	Verano	Interior		Invierno	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				vidrio aislante — doble			
espacio de aire de 1/4"*	0.58	0.61	0.49	espacio de aire de 1/4"*	0.85	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
espacio de aire de 1/2", recubrimiento de baja emisión ²				espacio de aire de 1/2", recubrimiento de baja emisión ²			
e = 0.20	0.32	0.39	0.32	e = 0.20	0.48	0.36	0.39
e = 0.40	0.36	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	0.46	0.50
Vidrio aislante - triple ⁴				Tragaluz ⁵			
Espacio de aire de 1/4"*	0.39	0.44	0.38	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				Domos de plástico ⁶			
espacio de aire de 1" a 4"*	0.50	0.50	0.44	de pared sencilla	1.15	0.80	--
Lámina de plástico sencilla				de pared doble	0.70	0.46	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Descripción			
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles	
unidad aislante - doble				Ventanas			
espacio de aire de 1/8"*	0.55	0.56	--	Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
espacio de aire de 1/2"*	0.43	0.45	--	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
Tragaluz ⁵				Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
6 x 8 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20*	1.20*
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	0.48	0.46	0.38	Marco de madera	1.00	1.10*	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.38				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

* vidrio de 1/8"
 * vidrio de 1/4"
 * recubrimiento en ambas superficies del vidrio que dan al espacio de aire
 * diseño de la ventana; vidrio de 1/4" - vidrio de 1/8" - vidrio de 1/4"
 * dimensiones nominales
 * basado en la superficie de la abertura
 * con aislamiento térmico

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 531.

Anexo 10. Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio

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

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 142.

Anexo 11. Factor de ganancia máxima de radiación para el vidrio

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			
Ea.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	Dic.	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			
Ea.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275	Ea.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	34	34	114	193	230	248	219	165	110	294	Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300	Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	44	117	184	221	242	195	134	53	39	285	Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277	May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269	Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272	Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282	Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290	Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288	Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273	Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265	Dic.	26	26	29	112	180	234	247	237	199	

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 143.

Anexo 12. Coeficiente de sombreado para vidrios sencillos

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
				$h_g = 4.0$		Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas		Translúcidas
								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	0.59-1.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		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			0.30	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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 145.

Anexo 13. Factor de carga por enfriamiento para un vidrio sin sombra

Latitud norte.		Hora solar, h																							
Ventana viendo 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	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

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.

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 146.

Anexo 14. Especificaciones técnicas de Luminarias fluorescentes Sylvania

Código	Denominación	Potencia	Voltaje	Intensidad	Longitud	I.R. Color (clase)	Casquillo	Temp. Color	Emisión Luminosa	Unidades Caja
T8 Estándar Blanco Universal (25-740)										
0001407	F18W/25-740	18W	57V	0.370A	590mm	2A	G13	4000K	1100 lm	25
0001417	F36W/25-740	36W	103V	0.430A	1200mm	2A	G13	4000K	2600 lm	25
0001437	F56W/25-740	56W	110V	0.670A	1500mm	2A	G13	4000K	4100 lm	25
T8 Estándar Blanca Cálida (29-530)										
0001409	F18W/29-530	18W	57V	0.370A	590mm	3	G13	3000K	1150 lm	25
0001419	F36W/29-530	36W	103V	0.430A	1200mm	3	G13	3000K	2850 lm	25
0001439	F56W/29-530	56W	110V	0.670A	1500mm	3	G13	3000K	4600 lm	25
0001092	F70W/29-530	70W	128V	0.700A	1764mm	3	G13	3000K	5600 lm	25
T8 Estándar Blanca (35-535)										
0001408	F18W/35-535	18W	57V	0.370A	590mm	3	G13	3500K	1150 lm	25
0001418	F36W/35-535	36W	103V	0.430A	1200mm	3	G13	3500K	2850 lm	25
0001438	F56W/35-535	56W	110V	0.670A	1500mm	3	G13	3500K	4600 lm	25
0001091	F70W/35-535	70W	128V	0.700A	1764mm	3	G13	3500K	5600 lm	25
T8 Estándar Blanca Fria (33-640)										
0001406	F18W/33-640	18W	57V	0.370A	590mm	2B	G13	4000K	1150 lm	25
0001416	F36W/33-640	36W	103V	0.430A	1200mm	2B	G13	4000K	2850 lm	25
0001436	F56W/33-640	56W	110V	0.670A	1500mm	2B	G13	4000K	4600 lm	25
0001090	F70W/33-640	70W	128V	0.700A	1764mm	2B	G13	4000K	5700 lm	25

Fuente: Tomado de Sylvania (n. d). Catálogo de tubos Fluorescentes Sylvania página 9.

Anexo 14. Tasa de Ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 152.

Anexo 15. Tasa de Ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			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	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Boliche		400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
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

* 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: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 152.

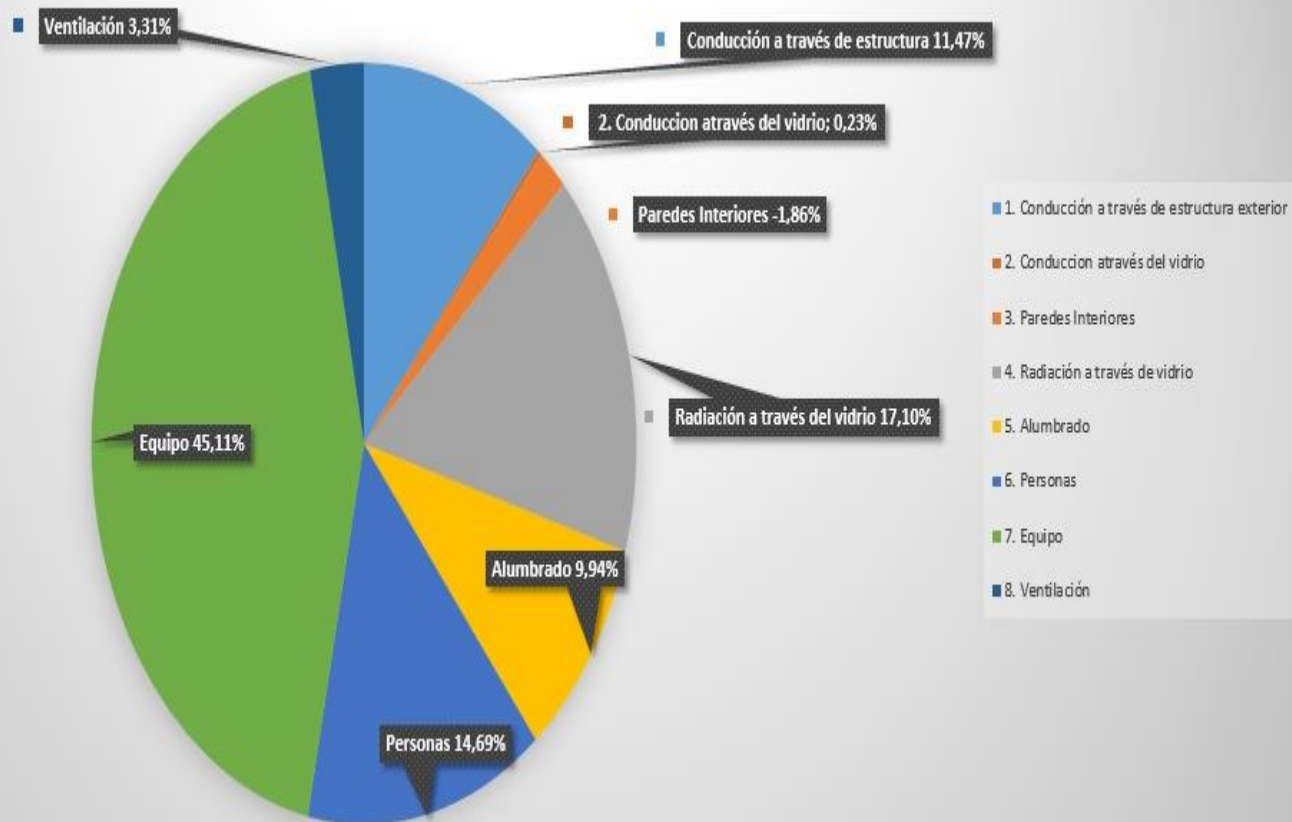
Anexo 16. Requisitos de ventilación para ocupantes

	Personas estimadas por 100 ft ² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		FCM Mínimos	FCM Recomendados
RESIDENCIAL,			
Viviendas de una unidad			
Salas y recámaras	5	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
Viviendas de unidades múltiples			
Salas y recámaras	7	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
COMERCIAL			
Sanitarios públicos	100	15	20-25
Comercios			
Pisos de venta (sótanos y plantas bajas)	30	7	10-15
Pisos de venta (pisos superiores)	20	7	10-15
Comedores	70	10	15-20
Cocinas	20	30	35
Cafeterías	100	30	35
Hoteles, moteles			
Recámaras	5	7	10-15
Salas	20	10	15-20
Baños	—	20	30-50
Salas de belleza	50	25	30-35
Peluquerías	25	7	10-15
Estacionamientos	—	1.5	2-3
Teatros			
Vestibulos	150	20	25-30
Auditorios (no se fuma)	150	5	5-10
Auditorios (permitido fumar)	150	10	10-20
Boliches, zona de asientos	70	15	20-25
Gimnasios y arenas			
Pisos de ejercicios	70	20	25-30
Vestidores	20	30	40-50
Áreas de público	150	20	25-30
Piscinas	25	15	20-25
Oficinas			
Espacio de oficinas en general	10	15	15-25
Salas de juntas	60	25	30-40
INSTITUCIONAL			
Escuelas			
Salones de clase	50	10	10-15
Auditorios	150	5	5-7.5
Gimnasios	70	20	25-30
Bibliotecas	20	7	10-12
Vestidores	20	30	40-50
Hospitales			
Recámaras sencillas y dobles	15	10	15-20
Guarderías	20	10	15-20
Salas de cirugía, salas de parto	—	20	—

Fuente: Tomado de Edward Pita (2006). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. México: CECSA. Tabla A.8, página 160.

Anexo 17. Distribución Porcentual de carga térmica para el recinto bacteriología (Puesto 1)

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CARGA TÉRMICA, RECINTO BACTERIOLOGÍA (PUESTO 1).



Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Cambios de aire por hora de aire fresco y recirculación

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ACH, ach	Minimum Total ACH, ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)
NURSING FACILITY				
Resident Room	N/R	2	2	N/R
Resident Gathering/Activity/Dining	N/R	4	4	N/R
Physical Therapy	Negative	2	6	N/R
Occupational Therapy	N/R	2	6	N/R
Bathing Room	Negative	N/R	10	Yes
RADIOLOGY (v)				
X-ray (diagnostic and treatment)	N/R	2	6	N/R
X-ray (surgery/critical care and catheterization)	Positive	3	15	N/R
Darkroom(g)	Negative	2	10	Yes
DIAGNOSTIC AND TREATMENT				
Dialysis treatment area	N/R	2	6	N/R
Dialyzer reprocesing room	Negative	N/R	10	Yes
Nuclear medicine hot lab	Negative	N/R	6	Yes
Nuclear medicine treatment room	Negative	2	6	Yes
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration (n)	Negative	2	12	Yes
Laboratory, general (v)	Negative	2	6	N/R
Laboratory, bacteriology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, biochemistry (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, cytology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, glasswashing	Negative	2	10	Yes
Laboratory, histology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, microbiology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, nuclear medicine (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, pathology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, serology (v)	Negative	2	6	Yes
Laboratory, sterilizing	Negative	2	10	Yes
Laboratory, media transfer (v)	Positive	2	4	N/R
Autopsy room (n)	Negative	2	12	Yes
Nonrefrigerated body-holding room (h)	Negative	N/R	10	Yes
Pharmacy (b)	Positive	2	4	N/R

Fuente: ASHRAE HVAC design manual for Hospital and Clinics. Paágina78.

Anexo 19. Tarifas Eléctricas vigentes para los meses de octubre a diciembre del 2016

TARIFAS VIGENTES



DETALLE DE TARIFAS VIGENTES 2016				Temporada	N.A.
	VIGENCIA:	Sábado 01 de octubre de 2016	hasta el (*)	Sábado 31 de diciembre de 2016	
	PUBLICADAS:	Fecha:	Jueves 22 de setiembre de 2016	Gaceta: 188	
T-CS	D	Servicio bombeo de agua potable, acueductos	Para consumos mensuales en centros pertenecientes al sector de educación pública en todos los niveles: Jardines de niños, escuelas primarias, secundarias y universidades, escuelas de enseñanza especial, bibliotecas, instituciones de beneficencia tales como: Cruz Roja Costarricense, asilos de ancianos, guarderías infantiles, hogares para niños, templos de iglesias, centros de salud rural y bombeo de agua potable para el servicio de acueducto, con la debida concesión del Ministerio del Ambiente y Energía y usuarios que requieran un equipo eléctrico para la asistencia directa en el ciclo de la respiración, que incluye suplemento de uno o varios de los siguientes parámetros: Oxígeno, presión o frecuencia respiratoria. Deben ser prescritos a través de la Clínica de Servicios de Neumología y la Unidad de Terapia Respiratoria del Hospital Nacional de Niños u otra unidad medica equivalente.	Primeros 30 KWh, Colones	2,250.90
	E	Servicio beneficencia		Mas de 30KWh, ¢/KWh	75.03
	I	Servicio hogares con personas dependientes máquinas oxigeno		Primeros 3000KWh, Colones	129,660.00
	T-7	Servicio de beneficencia y bombeo agua potable, con consumo mensuales igual o superior a 3000KWh y menores a 20000KWh y consumo igual o mayor a 8 KW.		Mas de 3000KWh, ¢/KWh	43.22
				Primeros 8 KW, Colones	52,471.84
			Mas de 8KW, ¢/KW	6,558.98	

Fuente: Junta de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC), tomado de: <http://www.jasec.go.cr/index.php/residenciales-servicios/energia/tarifas-vigentes-luz>

**Anexo 20. Cambios de aire/hora recomendados para el laboratorio de bacteriología, según
ASHRAE HVAC design manual for hospitals and clinics**

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ACH, ach	Minimum Total ACH, ach
NURSING FACILITY			
Resident Room	N/R	2	2
Resident Gathering/Activity/Dining	N/R	4	4
Physical Therapy	Negative	2	6
Occupational Therapy	N/R	2	6
Bathing Room	Negative	N/R	10
RADIOLOGY (v)			
X-ray (diagnostic and treatment)	N/R	2	6
X-ray (surgery/critical care and catheterization)	Positive	3	15
Darkroom(g)	Negative	2	10
DIAGNOSTIC AND TREATMENT			
Dialysis treatment area	N/R	2	6
Dialyzer reprocessing room	Negative	N/R	10
Nuclear medicine hot lab	Negative	N/R	6
Nuclear medicine treatment room	Negative	2	6
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration (n)	Negative	2	12
Laboratory, general (v)	Negative	2	6
Laboratory, bacteriology (v)	Negative	2	6
Laboratory, biochemistry (v)	Negative	2	6

Fuente: Tomado de ASHRAE HVAC design manual for hospitals and clinics. Página 78.

Anexo 21. Resultado de carga térmica para el recinto bacteriología (Puesto 1), con el software HAP5.0

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	1,2	Tons
Total coil load	14,8	MBH
Sensible coil load	13,3	MBH
Coil CFM at Jun 1300	644	CFM
Max block CFM	644	CFM
Sum of peak zone CFM	644	CFM
Sensible heat ratio	0,896	
ft ³ /Ton	119,6	
BTU/(hr·ft ²)	100,3	

Fuente: Summary software HAP5.0 Carrier air conditioning.

Anexo 22. Propuesta Costo del Equipo de Aire acondicionado y equipo de extracción para el recinto laboratorio clínico Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez



**LABORATORIO CLINICO
HOSPITAL MAX PERALTA**

Página 1 de 7

01 de noviembre, 2016

COT. # 0279-2016

Estimado Señor:
Mario Camero Núñez

Referencia: "SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN PARA EL LABORATORIO CLINICO DEL HOSPITAL MAX PERALTA"

ECOAIRE S.A. cédula jurídica #3-101-536983, tiene el agrado de presentar la descripción del sistema de aire acondicionado y ventilación, para el proyecto en referencia, de acuerdo a los planos suministrados. Nuestra propuesta contempla los siguientes elementos.

- Suministro e instalación mecánica de **un (1) Sistema de Aire Acondicionado Tipo VRF** de la marca **LG ELECTRONICS**, para trabajar con Refrigerante Ecológico R-410A, el cual consta de **una (1) unidad condensadora, once (11) evaporadoras tipo Cassette de 4 Vías, y dos (3) evaporadoras tipo Cassette de 2 Vías.** Incluye todos los controles digitales solicitados para las unidades evaporadoras. Se incluye el Control Central AC SMART IV.
- Suministro e instalación del Sistema de Extracción de aire, compuesto por **dos (2) extractores tipo hongo y dos (2) extractores tipo en línea, marca GREENHECK,** cumpliendo con la cantidad y capacidad indicada en planos y especificaciones.
- Suministro e instalación de un lote de **Conductos** fabricados en **Lámina de Hierro Galvanizado** para el sistema de **Extracción**, con las dimensiones requeridas en planos y fabricados siguiendo las normas **SMACNA.**
- Suministro e instalación de un lote de **Difusores, Rejillas y Louvers** para la distribución del aire acondicionado y la extracción. Serán de la marca **AIR GUIDE.**
- Suministro e instalación del **Sistema de Tuberías de Refrigeración** y Sistema de **Tuberías de drenaje**, las cuales serán de cobre y PVC respectivamente, en las longitudes y diámetros requeridos de acuerdo a los planos. Estas tuberías cuentan con su respectivo aislamiento del tipo **ARMAFLEX** o similar aprobada en los espesores solicitados, protegida y soportada debidamente.
- Se incluye el plan de mantenimiento preventivo y correctivo durante el periodo de la garantía.
- Balances, pruebas y arranques de todos los sistemas antes mencionados.

Adjuntamos la descripción detallada de los equipos, materiales y criterios utilizados para cuantificar el alcance de la oferta para el sistema de aire acondicionado y ventilación.

ITEM	ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN
2.	EXTRACTORES	<p>Se incluyen 2 extractores tipo hongo y 2 extractores tipo en línea, según las capacidades y modelos presentados en planos.</p> <p>Todos los equipos de extracción serán de la Marca GREENHECK</p> <p>Todos los equipos de extracción de aire vienen balanceados estática y dinámicamente de fábrica, para operar en forma silenciosa.</p> <p>Todos los equipos propuestos cumplen con la certificación americana de calidad AMCA.</p>
3.	CONDUCTOS	<p>Los conductos para el sistema de extracción serán fabricados con Lámina de Hierro Galvanizado con los calibres según corresponda para los sistemas de extracción de baños y cocinetas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incluye los Ductos Flexibles • Incluye la junta flexible para el acople a los equipos. • Incluye la soportería completa. • Incluye el dâmpner de balance. <p>Para su fabricación y montaje se usaran las últimas normas SMACNA.</p>
4.	DIFUSORES REJILLAS Y LOUVERS	<p>Todas las rejillas, difusores y louvers cotizados cumplen con las cantidades y modelos especificados. Serán fabricados en perflería de aluminio anodizado.</p> <p>Los difusores de suministro serán del tipo AVP-FM-OB. Las rejillas de retorno serán del tipo RA.</p> <p>El acabado de todas las rejillas, difusores y louvers será de color blanco de fabrica</p> <p>Todas de la marca Air Guide.</p>
5.	ACCESORIOS Y TUBERÍAS DE COBRE	<p>La interconexión entre las unidades condensadoras y las unidades evaporadoras, se realizará con tubería de cobre tipo L y con accesorios de cobre forjados.</p> <p>Las tuberías de los sistemas VRV (Líquido y Gas) serán aisladas con espuma de hule similar a Armacell, garantizando las menores pérdidas de energía y máxima protección.</p> <p>Se incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canalización y Cableado de control entre equipos. • La soportería adecuada para esta instalación. • Incluye los drenajes horizontales aislados con espuma de hule, similar a Armacell.



ITEM	ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN
6.	INSTALACIÓN E INGENIERIA	<p>Incluye la instalación de todos los equipos, conductos, difusores, rejillas y tuberías de refrigeración, con sus respectivos acabados y las pruebas necesarias.</p> <p>Se incluye, además, para esta instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anclaje de todas las unidades. • Acople para el sistema de enfriamiento y ventilación completo. • Remoción de materiales sobrantes. • Suministro de manuales de operación. • Transporte del personal y materiales utilizados. • Dirección y coordinación general del proyecto por personal altamente calificado. • Pruebas, ajuste y graduación de todos los elementos y equipos del sistema. • Planos de detalle (de taller) para la exacta instalación de los equipos y elementos. • Instrucción para el personal que se designe por el cliente para la operación de los equipos. • Capacitación general sobre el sistema instalado.

2 LISTA DE EQUIPOS PROPUESTOS

2.1 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, MARCA LG ELECTRONICS

Descripción	Cantidad	Ilustración
UNIDAD TIPO CONDENSADOR MODELO: ARUN2168TE4 REFRIGERANTE R-410A 3PH/ 208V/ 60HZ	1	
UNIDAD TIPO CASSETTE DE 4 VIAS MODELO: ARNUXX3TX4 REFRIGERANTE R-410A 1PH/ 208V/ 60HZ	11	
UNIDAD TIPO CASSETTE DE 2 VIAS MODELO: ARNU183TLC4 REFRIGERANTE R-410A 1PH/ 208V/ 60HZ	2	

2.2 EQUIPOS DE EXTRACCION, MARCA GREENHECK

Descripción	Cantidad	Ilustración
EXTRACTOR TIPO HONGO MODELO: GB-081-6 1PH/ 115V/ 60HZ	2	
EXTRACTOR TIPO EN LINEA MODELO: CSP-A390 1PH/ 115V/ 60HZ	2	

3 TABLA DE EQUIPOS PROPUESTOS

3.1 EQUIPOS VRF, MARCA LG ELECTRONICS

Sistema 1 Laboratorio Clínico							
Refer.	Cant.	Ubicación	Tipo	Cap.(BTU/h)	Refrig.	Variables Eléctricas	Modelo
UE-01	1	Bacteriología	CASSETTE_4WAY	15400	R-410A	208/1/60	ARNU153TQC4
UE-02	1	Banco de Sangre	CASSETTE_4WAY	24200	R-410A	208/1/60	ARNU243TPC4
UE-03	1	Hematología	CASSETTE_4WAY	24200	R-410A	208/1/60	ARNU243TPC4
UE-04	1	Hormonas	CASSETTE_4WAY	28000	R-410A	208/1/60	ARNU283TPC4
UE-05	1	Jefatura Laboratorio Clínico	CASSETTE_4WAY	5500	R-410A	208/1/60	ARNU053TRC4
UE-06	1	Pasillo Banco de Sangre	CASSETTE_2WAY	19100	R-410A	208/1/60	ARNU183TLC4
UE-07	1	Química Clínica	CASSETTE_4WAY	19100	R-410A	208/1/60	ARNU183TQC4
UE-08	1	Reporte Exámenes Laboratorio	CASSETTE_4WAY	7500	R-410A	208/1/60	ARNU073TRC4
UE-09	1	Sala de Donación	CASSETTE_4WAY	19100	R-410A	208/1/60	ARNU183TQC4
UE-10	1	Secretaría Laboratorio	CASSETTE_4WAY	5500	R-410A	208/1/60	ARNU053TRC4
UE-11	1	Serología	CASSETTE_4WAY	19100	R-410A	208/1/60	ARNU183TQC4
UE-12	1	Tamizaje De Sangre	CASSETTE_2WAY	19100	R-410A	208/1/60	ARNU183TLC4
UE-13	1	Ventana Hematología	CASSETTE_4WAY	7500	R-410A	208/1/60	ARNU073TRC4
UC-1	1	Nivel 1	CONDENSADOR	216000	R-410A	208/3/60	ARUN216BTE4

3.2 EQUIPOS DE EXTRACCION, MARCA GREENHECK.

Extractores e Inyectores						
Unidad	Ubicación	Tipo	Caudal (CFM)	Presión Estática	Variables Eléctricas	Modelo
VEB-01	Bacteriología	Hongo	343	0.04	115V/1F/60Hz	GB-081-6
VEC-01	Cuarto de Cámaras	Hongo	368	0.05	115V/1F/60Hz	GB-081-6
VIB-01	Bacteriología	En línea	343	0.07	115V/1F/60Hz	CSP-A390
VIC-01	Cuarto de Cámaras	En línea	368	0.07	115V/1F/60Hz	CSP-A390

4 OFERTA ECONOMICA

OFERTA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	VALOR
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y EXTRACCIÓN	\$88,288.00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA	\$2,912.00
SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO Y EXTRACCIÓN	\$91,200.00

NOVENTA Y UN MIL DOSCIENTOS DOLARES, IMPUESTOS INCLUIDOS

5 CONDICIONES DE LA OFERTA.

CONDICIÓN	ESPECIFICACIÓN
PLAZO DE ENTREGA	<ul style="list-style-type: none"> Para la importación de todos equipos se requiere de 14 a 16 semanas. La instalación de todos los sistemas propuestos será acorde al programa de trabajo de la obra civil.
FORMA DE PAGO	<ul style="list-style-type: none"> Tabla de pagos a convenir entre ambas partes.
VALIDEZ DE LA OFERTA	<ul style="list-style-type: none"> 30 Días Hábiles

6 NOTAS IMPORTANTES DE NUESTRA OFERTA

- El precio es exonerado de impuestos.
- Se incluye el transporte de los equipos, materiales y del personal.
- Se incluye la mano de obra de instalación mecánica correspondiente.
- Se incluye el plan de mantenimiento preventivo durante el periodo de la garantía.
- Se incluyen los tramos horizontales del sistema de drenaje de condensados.
- Se incluye el cableado y la canalización del control del sistema de Aire Acondicionado
- Se incluye el control AC-SMART IV solicitado en especificaciones.
- Se requiere un área adecuada como bodega de materiales.
- No se incluye la instalación eléctrica de los equipos ofertados. Las previstas deben estar a cero metros de los equipos y con las características de nuestros equipos.
- No se incluye ningún trabajo de orden civil como pasantes para ductos o tuberías, elementos para ocultar ductos o tuberías, bases de concreto, etc.
- Los detalles no indicados en esta oferta no están incluidos dentro del alcance del trabajo. Cualquier detalle adicional requiere de la evaluación económica.

GARANTIA

Garantizamos por escrito los sistemas suministrados por un (1) año contra defectos de fabricación e instalación del sistema propuesto.

Esta garantía no incluye daños ocasionados por terceros y rige siempre que se realice el mantenimiento preventivo adecuado para los equipos durante el tiempo de garantía.

Nuestra propuesta incluye el plan de mantenimiento preventivo y correctivo sobre los equipos cotizados por el periodo de la garantía.

Contamos con el respaldo de las Fábricas de Equipos Ofertados de las marcas: LG ELECTRONICS, GREENHECK Y AIRGUIDE.

Los bienes a suministrar, junto con los componentes, son nuevos, de última tecnología y calidad comprobada.

Garantizamos que los servicios se brindarán con la más alta calidad, eficacia, eficiencia y por personal capacitado

Contamos con un taller de servicio y las herramientas necesarias para brindar mantenimiento a nuestros equipos si el cliente así lo requiere. También mantenemos el stock de repuestos en las bodegas de la compañía y la mano de obra especializada para brindar el mejor servicio a nuestros clientes.

Esperando que la presente sea de su conveniencia.

Cordialmente,



Ing. Jose Fco. Navarro Bejarano
Departamento de Ingeniería
Tel: (508) 2293-4154
Fax: (508) 2293-4178
Cel: (508) 8924-0771
jnavarro@ecoaire.net
Ecoaire S. A.

Fuente: Ecoaire S. A

Anexo 23. Ficha Técnica de las Unidades Evaporadoras.

Ficha Técnica de Unidades Evaporadoras			
Localidad			Item
Marca			Modelo
Empresa Distribuidora			Tipo de refrigerante
Teléfono			
correo electrónico			
Capacidad	Btu/h	kW	Tons
Caudal de aire	CFM	m³/h	
Presión de succión		psi	
Presión de descarga		psi	
Datos Eléctricos			
Potencia		W	
Voltaje		V	
Corriente eléctrica nominal		A	
fases		φ	
eficiencia		%	


Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24. Ficha Técnica Unidad Condensadora.

Ficha Técnica de Unidades Condensadora			
Localidad		Item	
Marca		Modelo	
Empresa Distribuidora		Tipo de refrigerante	
Teléfono			
correo electrónico			
Capacidad	Btu/h	kW	Tons
Caudal de aire	CFM	m³/h	
Presión de succión		psi	
Presión de descarga		psi	
Datos Eléctricos			
Potencia		W	
Voltaje		V	
Corriente eléctrica nominal		A	
fases		φ	
eficiencia		%	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25. Formulario de mantenimiento Preventivo.

Formulario de Control de Mantenimiento			
			
Fecha:			
Realizado por:			
Autorizado por:			
Hora de Inicio			
Hora de Finalización			
Marca			
Modelo			
Ítem			
Tipo de Equipo			
Inspección	Dato de placa	Medición	Unidad
Tensión de entrada () 3 φ () 1 φ			V
Corriente Total del equipo			A
Corriente del Compresor			A
Corriente del condensador			A
Corriente del evaporador			A
Presión de Succión			psi
Presión de Descarga			psi
Nivel de aceite			Visor
Nivel de refrigerante			Visor
Ajuste del Termostato			°C

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26. Bitácora de equipo para aire acondicionado

Bitácora de equipo de aire acondicionado				
Fecha de entrada			Fecha de salida	
Item	Inspecciones	Observaciones	Trabajo realizado	Trabajo pendiente

Nombre y firma del Técnico	Nombre y firma del Ingeniero a cargo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27. Tipo de cambio del dólar para las fechas 5, 6 y 7 de noviembre de 2016

Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América

Referencia del Banco Central de Costa Rica

En colones costarricenses

	TIPO CAMBIO COMPRA	TIPO DE CAMBIO VENTA
10 Oct 2016	547,21	559,80
11 Oct 2016	547,23	559,76
12 Oct 2016	547,18	559,79
13 Oct 2016	547,19	559,80
14 Oct 2016	547,24	559,82
15 Oct 2016	547,26	559,82
16 Oct 2016	547,26	559,82
17 Oct 2016	547,26	559,82
18 Oct 2016	547,26	559,82
19 Oct 2016	547,32	559,82
20 Oct 2016	547,27	559,84
21 Oct 2016	547,25	559,83
22 Oct 2016	547,23	559,82
23 Oct 2016	547,23	559,82
24 Oct 2016	547,23	559,82
25 Oct 2016	547,20	559,81
26 Oct 2016	547,38	559,98
27 Oct 2016	547,40	559,99
28 Oct 2016	547,55	560,17
29 Oct 2016	547,38	560,18
30 Oct 2016	547,38	560,18
31 Oct 2016	547,38	560,18
1 Nov 2016	547,40	560,12
2 Nov 2016	547,60	560,12
3 Nov 2016	547,79	560,30
4 Nov 2016	547,94	560,43
5 Nov 2016	548,45	561,04
6 Nov 2016	548,45	561,04
7 Nov 2016	548,45	561,04

Fuente: Banco Central de Costa Rica.