



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Eficiencia energética en Climatización, reduciendo el
consumo eléctrico y el Impacto Ambiental en las
Áreas Críticas, Sector Quirófanos, en un Hospital de
la Región Lambayeque”**

AUTOR:

Bach. Montenegro Sánchez, Anthony David

ASESOR:

Dr. Ing. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Eficiencia energética en Climatización, reduciendo el consumo eléctrico y el Impacto Ambiental en las Áreas Críticas, Sector Quirófanos, en un Hospital de la Región Lambayeque”

AUTOR:

Bach. Montenegro Sánchez, Anthony David

APROBADO POR EL JURADO EXAMINADOR:

PRESIDENTE: M.Sc. Ing. Horna Torres, Segundo Abelardo

SECRETARIO: M.Sc. Ing. Villalobos, Cabrera Jony

MIEMBRO: Ing. Oviden Núñez, Hector Antonio

ASESOR: Dr. Ing. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús

Lambayeque – Perú
2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

TÍTULO:

“Eficiencia energética en Climatización, reduciendo el consumo eléctrico y el Impacto Ambiental en las Áreas Críticas, Sector Quirófanos, en un Hospital de la Región Lambayeque”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXOS

M.Sc. Ing. Horna Torres, Segundo Abelardo
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Villalobos, Cabrera Jony
SECRETARIO

Ing. Oliden Núñez, Hector Antonio
MIEMBRO

Dr. Ing. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús
ASESOR

Lambayeque – Perú
2019

DEDICATORIA

*A mi familia que incondicionalmente estuvieron
presente en cada etapa motivándome a ser mejor.*

AGRADECIMIENTO

A cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, por sus enseñanzas y consejos a lo largo del proceso académico brindándonos la confianza para desarrollar diversas capacidades.

Al Ing. Salazar Mendoza Aníbal, docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, por su constante apoyo como asesor de la presente tesis.

A todos aquellos que de forma directa o indirecta contribuyeron en la planificación, como en la ejecución de la presente investigación

RESUMEN

Se aborda un problema en el área de quirófanos relacionado al estado de las salas de sumo cuidado y especial acondicionamiento destinado a la práctica de operaciones quirúrgicas, situado en la parte Nor-oeste de la puerta principal del Hospital Regional de Lambayeque, son 5 quirófanos de los cuales detalladamente obtendremos información para luego llevarla al método CLTD Y CLF obteniendo como resultado las siguientes cargas:

-Quirófano 1

(CLTD) varían desde 21540.34 BTU/h en verano hasta 18460.55 BTU/h en invierno.

(CLF) No varían tanto en Verano como en Invierno en 28937.47 BTU/h

-Quirófano 2

(CLTD) varían desde 20373.89 BTU/h en verano hasta 18010.82 BTU/h en invierno.

(CLF) No varían tanto en Verano como en Invierno en 28950.17 BTU/h

-Quirófano 3

(CLTD) varían desde 20373.89 BTU/h en verano hasta 18010.82 BTU/h en invierno.

(CLF) No varían tanto en Verano como en Invierno en 28950.17 BTU/h

-Quirófano 4

(CLTD) varían desde 18772.01 BTU/h en verano hasta 16528.43 BTU/h en invierno.

(CLF) No varían tanto en Verano como en Invierno en 14037.38 BTU/h

-Quirófano 5

(CLTD) varían desde 21259.39 BTU/h en verano hasta 18772.56 BTU/h en invierno.

(CLF) No varían tanto en Verano como en Invierno en 28950.17 BTU/h

Una vez obtenido los cálculos de cargas de enfriamiento por ambos métodos se plantea una propuesta técnica – económica, de ampliación de capacidad del sistema centralizado de aire acondicionado – Chiller McQuay de 180 Ton de capacidad.

ABSTRACT

A problem is addressed in the area of operating rooms related to the state of the rooms of great care and special conditioning for the practice of surgical operations, located in the North-West part of the main door of the Regional Hospital of Lambayeque, there are 5 operating rooms which in detail will obtain information and then take it to the CLTD and CLF method, resulting in the following charges

- Operating room 1

(CLTD) range from 21540.34 BTU / h in summer to 18460.55 BTU / h in winter.

(CLF) They do not vary so much in Summer as in Winter in 28937.47 BTU / h.

- Operating room 2

(CLTD) range from 20373.89 BTU / h in summer to 18010.82 BTU / h in winter.

(CLF) They do not vary so much in Summer as in Winter in 28950.17 BTU / h.

- Operating room 3

(CLTD) range from 20373.89 BTU / h in summer to 18010.82 BTU / h in winter.

(CLF) They do not vary so much in Summer as in Winter in 28950.17 BTU / h

- Operating room 4

(CLTD) range from 18772.01 BTU / h in summer to 16528.43 BTU / h in winter.

(CLF) They do not vary so much in Summer as in Winter in 14037.38 BTU / h

- Operating room 5

(CLTD) range from 21259.39 BTU / h in summer to 18772.56 BTU / h in winter.

(CLF) They do not vary so much in Summer as in Winter in 28950.17 BTU / h

Once the calculations of cooling loads have been obtained by both methods, a technical - economic proposal is proposed, of capacity expansion of the centralized air conditioning system - Chiller McQuay of 180 Ton capacity.

INDICE

1 Contenido

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1 Problema General	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6.1 Objetivo general.....	7
1.6.2 Objetivos específicos.....	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS	9
2.2 DESARROLLO DE LA TEMÁTICA	12
2.2.1 Instalaciones Hospitalarias y Quirófanos	12
Fuente: (GOCONQR, 2015).....	14
2.2.2 RECOMENDACIONES INICIALES PARA EL DISEÑO DE ÁREAS A ACONDICIONAR.....	15
2.2.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	18
2.2.4 CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO	24
2.2.5 CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES DE DISEÑO	27
2.2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS HABITACIONES A ACONDICIONAR	29
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS POR EL MÉTODO CLTD/CLF Y CAUDALES DE IMPULSIÓN.....	33
3.2 MÉTODO DE “CÁLCULO DE CARGAS POR TEMPERATURA DIFERENCIAL Y FACTORES DE CARGA DE ENFRIAMIENTO” CLTD/CLF	33
3.3 GANANCIA DE CALOR, CARGA DE ENFRIAMIENTO Y TASA DE EXTRACCIÓN DE CALOR.	34
3.4 COMPONENTES DE LA GANANCIA DE CALOR Y CARGA TOTAL	36
3.4.1 Carga Solar	36
3.4.2 Carga a través de barreras (Paredes, techos y pisos)	41
CAPÍTULO IV PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	60
4.1 Contexto de Intervención.....	60

4.1.1 Contexto de Información General:	61
4.1.2 Contexto de Intervención Específica	63
4.2 Línea Base de la Propuesta	63
4.2.1 Características del local.....	64
4.2.2 Solicitaciones térmicas del ambiente	69
4.2.3 Tipo de sistema de climatización.....	69
4.2.4 Evaluación de la propuesta	70
4.3 PROPUESTA DE CAMBIO DE CAPACIDAD DE SISTEMA CENTRALIZADO DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE	71
4.3.1 SUSTENTO TÉCNICO – ECONÓMICO.....	71
4.4 FICHA TÉCNICA DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA, MARCA SMART (INSTALADO)	74
4.5 COSTO DE UTILIZAR UNA (01) TONELADA DE REFRIGERACION DURANTE UNA HORA DE UN SISTEMA TIPO CHILLER ENFRIADO POR AGUA (160 Ton).	75
4.6 FICHA TÉCNICA DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA, MARCA McQUAY (PROPUESTO)	77
4.7 COSTO DE UTILIZAR UNA (01) TONELADA DE REFRIGERACION DURANTE UNA HORA DE UN SISTEMA TIPO CHILLER ENFRIADO POR AGUA (180 Ton).	80
4.8 COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA, MARCA SMARDT - 160 TR.	81
4.8.1 COSTOS OPERATIVOS DE CHILLER ENFRIADOS POR AGUA.....	81
4.8.2 COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA 180 TR.....	82
4.9 AHORRO ECONOMICO INSTALANDO SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON CHILLERS DE LA MARCA SMARDT (160 Ton) A UN CHILLER DE LA MARCA McQUAY (180 Ton) ENFRIADO POR AGUA. ..	84
4.10 POTENCIA ELECTRICA INSTALADA UTILIZANDO EL NUEVO SISTEMA CHILLERS ENFRIADO POR AGUA.	84
4.10.1 CUADRO DE CARGAS ELÉCTRICAS HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE	85
4.11 IDENTIFICACION DE UMAS SEGÚN LAS AREAS QUE ACONDICIONA INSTALANDO UN CHILLERS DE 180 TON	89
4.12 CUADRO RESUMEN QUE SUSTENTA LA AMPLIACIÓN DE SISTEMA CHILLER ENFRIADO POR AGUA – MARCA SMARDT (160 TON) A CHILLER – MARCA MCQUAY (180 TON)	90
4.13 CÁLCULO DE LOS COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	92
4.13.1 COSTOS DE FABRICACIÓN	92
4.13.2 GASTOS DE FABRICACIÓN	94
4.13.3 GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	95
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	97

5.1 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE POR MÉTODO CLTD Y CLF.	97
5.1.1 QUIRÓFANO 1	97
5.1.2 CARGA TOTAL PARA QUIRÓFANO 1 - (INVIERNO)	115
5.1.3 QUIRÓFANO 2	117
5.1.4 QUIRÓFANO 3	119
5.1.5 QUIRÓFANO 4	121
5.1.6 QUIRÓFANO 5	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
6.1 Conclusiones	126
6.2 Recomendaciones	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
ANEXOS	131
ANEXO 1. Generación típica de calor metabólico para diferentes actividades	132
ANEXO 02, Tabla para seleccionar el factor SHGF para ventanas	135
ANEXO 3. Planos de planta de los cinco quirófanos en investigación, reconociendo sus áreas y dimensiones estructurales (2° Piso – Sala de operaciones / sector Quirófano)	137
ANEXO 4. Valores del Coeficiente CLTD según orientación de las paredes	142
ANEXO 5. Valores de CLTD de las ventanas.....	143
ANEXO 6. Tabla para seleccionar el factor SC para ventanas	144
ANEXO 7: Datos a considerar para el cálculo de las cargas térmicas por CLTD Y CLF de los cinco quirófanos	145
ANEXO 8. Plan de mantenimiento para todos los componentes del sistema centralizado enfriado por agua del Hospital Regional de Lambayeque.	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Discriminación de las áreas hospitalarias.....	13
Tabla 2 Datos Climatológicos del lugar en investigación	27
Tabla 3 Datos Climatológicos de la ciudad de Chiclayo, 2019.....	29
Tabla 4 Número de lámparas por Quirófano	30
Tabla 5 Número de personas por Quirófano	31
Tabla 6 Tipos de Cargas Generadoras de Calor	35
Tabla 7 Factor de Corrección para coeficientes de sombreado	37
Tabla 8 Máximo valor de ganancia de calor solar para vidrio - latitud 4° N	38
Tabla 9 Factor de Carga de Enfriamiento – CLF para Vidrios	40
Tabla 10 Absorbancia y emisividad de materiales de construcción comunes.....	43
Tabla 11 Coeficiente de transferencia de calor para Materiales de construcción.	43
Tabla 12 Azimut de superficies medido en grados desde el sur.....	47
Tabla 13 Ecuación de tiempo en minutos, ángulo de declinación solar y los valores A, B y C.	47
Tabla 14 Reflectancia de diferentes tipos de suelos.	49
Tabla 15 Factor de carga por enfriamiento por luces - CLF	51
Tabla 16 CLF Factor de enfriamiento por ocupantes para calor sensible	52
Tabla 17 Valores de ganancia de calor para personas realizando actividades cotidianas generales.....	53
Tabla 18 Valores de ganancia de calor para personas realizando actividades cotidianas específicas.	53
Tabla 19 Coeficientes según el tipo de construcción para cálculo de infiltraciones	54
Tabla 20 Factor de carga de enfriamiento para equipos en funcionamiento.	56

Tabla 21 Potencia disipada en forma de calor por computadores.	56
Tabla 22 Carga sensible en equipos comúnmente utilizados en salas de cirugías.	57
Tabla 23 Ganancia de calor para motores eléctricos comunes.	58
Tabla 24 Factor de ubicación del motor y maquina	59
Tabla 25 Resumen de cargas de enfriamiento (invierno)	115
Tabla 26 Resumen de cargas de enfriamiento (Verano)	116
Tabla 27 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 2 según cálculo manual (Invierno).	117
Tabla 28 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 2 según cálculo manual (Verano).118	
Tabla 29 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 3 según cálculo manual (Invierno)	119
Tabla 30 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 3 según cálculo manual (Verano) 120	
Tabla 31 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 4 según cálculo manual (Invierno)	121
Tabla 32 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 4 según cálculo manual (Verano) 122	
Tabla 33 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 5 según cálculo manual (Invierno)	123
Tabla 34 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 5 según cálculo manual (Verano) 124	
Tabla 35 Carga total en ambas estaciones del año	125
Tabla 36 Diferencia de carga total por método CLTD Y CLF.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Disposición de Rejillas y difusores	16
Fig. 2 Diseño de Suministro y Retorno en quirófanos	16
Fig. 3 Segundo piso de Sala de Operaciones.....	25
Fig. 4 Plano Isométrico del Sistema Centralizado de aire acondicionado del HRL.....	26
Fig. 5 Ubicación del Hospital Regional de Lambayeque	28
Fig. 6 Fuentes de Ganancia de Calor.....	35
Fig. 7 Comportamiento de la Radiación Solar	37
Fig. 8 Ángulos solares	45
Fig. 9 Plano de ubicación del Hospital Regional de Lambayeque	62
Fig. 10 Plano general.....	65
Fig. 11 Sala de Operaciones N° 01.....	97
Fig. 12 Puerta exterior - Sala de Operaciones N°01.....	97
Fig. 13 Sala de Operaciones N°01 - Quirófano.....	98

INTRODUCCIÓN

La presente investigación fue planteada teniendo en cuenta que, según la normativa, las edificaciones que se encuentran en el rubro del sector Salud, entre ellas los hospitales deben cumplir todo cierto de requisitos, normas y exigencias de Iluminación, Climatización, eficiencia energética, bioseguridad y un fuerte indicador de reducción de gases contaminantes al medio ambiente.

Hoy en día las construcciones crecen a un ritmo desmesurado y cada edificación tiene que ser hecha de acuerdo al gusto del propietario y la demanda, por ello las construcciones se deben adaptar a las nuevas exigencias ya sea por marco de la normativa y por el gusto de cada persona. Y es el caso de los Hospitales que a medida que pasa el tiempo van adaptando un sistema de singularidad, ya que poco a poco por la fuerte demanda que consigue el nosocomio, va adaptando habitaciones privadas y despojándose de las compartidas. Las instalaciones que operan en diferentes recintos del hospital van cambiando, van perdiendo su valor eficiente energéticamente y medioambientalmente hablando, que conlleva a una baja calidad en brindar servicios como en la Climatización, iluminación, Agua Caliente Sanitaria (ACS), entre otros.

Irónicamente el lugar donde las personas están más vulnerables en torno a su salud es en los hospitales, ya sea que no hay un buen sistema de Climatización y ventilación adecuada, que no cumplen una tarea fundamental de controlar, liberar, limpiar y disminuir el número de partículas nocivas presentes en el aire, y provocando un riesgo para la salud de las personas que se encuentran en el interior de las instalaciones, en especial las áreas críticas, los quirófanos.

A esto conlleva a plantearse una situación importante y delicada que es la Climatización y Ventilación en las áreas Críticas del Hospital (UCI, QUIRÓFANOS, PARITORIOS, ETC).

El presente estudio va dirigido al Hospital Regional de Lambayeque, pese que ya cumplirá 20 de su construcción, innumerables planes de mejora, obstáculos en el proceso de mejora y desenlaces no tan favorables para los pacientes, trabajadores y visitantes del nosocomio. Para ello en esta investigación se plantea cálculos, diseños y optimización, para el sistema de Climatización, en el sector de ÁREA DE SALA DE OPERACIONES – QUIRÓFANOS.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente los centros de salud u Hospitales demandan ambientes en donde se controla la temperatura, humedad, asepsia (condiciones de higiene), presurización y distribución del aire. Los sistemas HVAC (Heating Ventilation and Air-conditioning) además de garantizar un estado de confort térmico, cumplen tareas u obligaciones importantes como controlar, limpiar y reducir el número de partículas nocivas en el interior del ambiente, en este caso el área de los quirófanos.

Problema en el cual el hospital Regional de Lambayeque se ve obligado a tomar medidas necesarias en cuanto a la renovación, limpieza y purificación de aire se refiere, así mismo la climatización, con el confort térmico que ayudará no solamente a los pacientes post operatorio, sino a los mismos trabajadores y equipos biomédicos en su funcionamiento eficiente y correcto.

Con respecto a los sistemas HVAC de los establecimientos de salud, en la norma EM.030 del Reglamento Nacional de Edificación (RNE), establece que para Grupos de Quirófanos debe contar con una renovación de aire por hora de 5 a 12 m³, una temperatura del aire entre 20 a 25 C° y una humedad relativa entre 50 a 65 %. De lo cual el actual sistema de área de quirófano, en el sector Crítico del HRL, en estudio, no cuenta con aquellas mínimas exigencias del reglamento, ya que cuenta con instalaciones convencionales para brindar servicios de este, y la planta centralizada de aire acondicionado está defectuosa (Chiller - Smardt), por lo tanto se tiene que intervenir en una toma de medidas necesarias y urgentes para un sistema de climatización, ventilación y renovación de aire limpio e independiente del exterior, para garantizar un ambiente ideal para los pacientes, que cumpla con las normas y exigencias del reglamento.

El área de Operaciones, sector Quirófanos del Hospital Regional de Lambayeque cuenta con las siguientes condiciones:

El Hospital cuenta con 5 salas de operaciones (quirófanos), de 46 a 39 m^2 , Existen dos grupos según el tipo de cirugía: Grupo I, son los quirófanos de cirugía convencional, y Grupo II, Cirugía especial (cirugía cardíaca, vascular, neurocirugía, trasplante de órganos, traumatología especial).

Las salas de Operaciones cuentan con Pre filtros que alargan la vida de los filtros terminales, los cuales ambos están con bajo índice de mantenimiento y vida útil reducida. Los filtros son HEPA (absoluta) que su eficiencia ya está muy por debajo al 99.97%, lo cual representa un punto importante a tomar en cuenta.

El conducto principal de impulsión no ha tenido mantenimiento con regularidad y su situación actual está en progreso a colmatar.

Las rejillas de extracción montadas en la parte baja de la pared, cuentan con cierres herméticos que son capaces de cerrarse en caso de inactividad del local o parada del sistema de climatización (actualmente está sin funcionar).

Actualmente y es un gran punto importante a considerar es, que el sistema centralizado de producción de agua fría Chiller se encuentra en estado inactivo por falta de mantenimiento, lo cuál tiene consecuencias importantes a considerar.

Ninguna área hospitalaria requiere un control más cuidadoso de las condiciones ambientales y de la asepsia como lo es el Grupo de Sala de Operaciones.

Es conveniente advertir, que se respeten las recomendaciones constructivas de obra, los ciclos de desinfección y comportamiento del personal, para lograr realmente la limpieza y calidad del aire que se propone.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Se mantiene una correcta y exigente carga de enfriamiento térmico total en el área de Operaciones, sector Quirófano del Hospital Regional de Lambayeque?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué carga térmica demanda el sistema el sector quirófanos en invierno? y ¿Qué carga térmica demanda el sistema el sector quirófanos en verano?
- ¿Qué variación estacional tiene la carga debido a los diferenciales de carga térmica (CLTD) y la carga debido a los factores de enfriamiento (CLF)?
- ¿Cuál es la propuesta indicada para este proyecto de solucionar el sistema centralizado de aire acondicionado utilizando Chiller enfriados por agua del Hospital Regional de Lambayeque?
- ¿Cuál es el procedimiento necesario de mantenimiento, para los equipos de climatización de las salas de operaciones (quirófanos), y de la nueva propuesta de ampliación del sistema centralizado del HRL?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El Hospital Regional de Lambayeque, es un centro hospitalario público que se encuentra ubicado en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. La presente investigación tuvo como punto de análisis a las condiciones de climatización del Área de Operaciones, Sector Quirófanos, y un análisis breve en la propuesta de ampliación de capacidad del sistema centralizado de aire acondicionado utilizando CHILLER enfriado por agua. Lo cual la investigación se viene dando desde junio del año 2019 hasta diciembre del mismo año.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Los elevados índices de consumo y pérdidas energéticas que se viene desarrollando en el Hospital Regional de Lambayeque, en especial lo que constituye en Climatización, las áreas de Operaciones y los quirófanos específicamente, lo cual representa condiciones bajas en eficiencia energética, calidad, bioseguridad, e instalaciones convencionales que requieren tomar medidas importante, y debe de ser atendido de manera inmediata, más aún si se trata de las zonas más vulnerables y exigentes de un centro Hospitalario.

La presente investigación se justifica partiendo del cálculo de la carga térmica que conlleva a su posterior diseño u optimización del sistema de Climatización de éstas exigentes salas de operaciones (quirófanos), así obtener un buen sistema eficiente en lo energético, económico, ecológico, seguridad biológica, temperatura, confort, humedad relativa y frecuencia de renovación de aire, para los pacientes y trabajadores del sector, y así sentar las bases para cumplir con la normativa rígida y severa.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de la presenta investigación fue el difícil acceso a las instalaciones del área de Operaciones, sector Quirófano del Hospital Regional de Lambayeque, pese a su autorización, el sector tenía previsto muchas operaciones, ocupaciones y limpieza. Pero dichas limitaciones fueron superadas al tener una comunicación directa con los encargados y fijar un estricto horario corto, para su futura evaluación y recopilación de datos.

Por otra parte, la información recaudada fue en la estación de invierno y todos los datos, específicamente climatológicos, de verano, se obtuvieron por investigación de fuentes climatológicas, como su temperatura, humedad relativa y otras condiciones medioambientales del año 2019.

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Objetivo general

Determinar la carga de enfriamiento total que produce el sistema de climatización para el área de Operaciones, sector quirófano y brindar una propuesta técnico – económico en la ampliación de sistema centralizado de aire acondicionado del Hospital Regional de Lambayeque.

1.6.2 Objetivos específicos

- Calcular la carga térmica que demanda el sistema el sector quirófanos en invierno y calcular la carga térmica que demanda el sistema el sector quirófanos en verano
- Explicar la variación estacional que tiene la carga debido a los diferenciales de carga térmica (CLTD) y la carga debido a los factores de enfriamiento (CLF)
- Brindar una propuesta Técnico – económico para la ampliación de capacidad del sistema centralizado de aire acondicionado utilizando Chiller enfriado por agua y determinar el

procedimiento necesario de mantenimiento, para los equipos de climatización de las salas de operaciones (quirófanos) del Hospital Regional de Lambayeque.

- Proponer la reducción de consumo eléctrico a través de equipos eficientes y optimizados y garantizar un ambiente saludable, puro y limpio, para los pacientes y trabajadores de las salas de operaciones (quirófanos) del Hospital Regional de Lambayeque.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

Inicialmente las operaciones quirúrgicas se realizaban en salas convencionales. En el siglo XVIII debido a la importancia que se dio a la utilización y enseñanza de la cirugía, se construyeron las primeras “habitaciones” especialmente destinadas a este fin. Con la incorporación de la anestesia en 1846, se empezó a utilizar habitaciones separadas para evitar angustiar al paciente cuando entraba en el quirófano lleno de estudiantes. (Ramón Martín)

Los hospitales y otras instalaciones sanitarias son ambientes delicados que requieren una climatización y ventilación cuidadosa, tanto para conseguir confort como para controlar la presencia de partículas infecciosas para el paciente, el personal y los visitantes. La calidad del aire interior es más crítica en las dependencias sanitarias que en otros ambientes interiores debido a la presencia de multitud de microorganismos y agentes químicos peligrosos y también a la mayor susceptibilidad de los pacientes. Conseguir una climatización y ventilación capaz de satisfacer eficientemente todas las a menudo contradictorias necesidades, es un gran reto. Además, en la actualidad no están unánimemente reconocidas las soluciones a adoptar para lograr un adecuado ambiente interior.

De todas las dependencias hospitalarias, es en las habitaciones de hospitalización de aislados (infecciosos o inmunodeprimidos) y en los quirófanos, donde el concepto de calidad de aire interior (IAQ) tiene una transcendencia vital. Todas las habitaciones de hospitalización deben proporcionar un ambiente adecuado para la recuperación del paciente y el correcto desarrollo de la actividad de los profesionales sanitarios que le atienden. (Ruiz, San José A., Villafruela Espina, & Guijarro Rubio, marzo 2011)

Con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas HVAC en este tipo de aplicaciones, algunos países han especificado y reglamentado condiciones de diseño e instalación, en adición con lo que organizaciones, gremios e instituciones han publicado en diferentes normas, revistas y libros tales como la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI) y Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA), National Fire Protection Association (NFPA); las cuales han propendido por la divulgación de nuevas estrategias y prácticas para el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas HVAC que acondicionan este tipo de lugares, implementando tecnología de vanguardia, con sistemas cada vez más pequeños, compactos, estables, eficientes y de fácil mantenimiento. (Villegas Alzate, 2016).

A largo del siglo XIX surgieron varios descubrimientos y prácticas que permitieron dar solución a tres grandes problemas que se presentaban en los centros hospitalarios, en especial en lugares como las salas de cirugía o quirófanos y en los cuidados post-operatorio: El dolor, la infección y la hemorragia. Con la implementación de la anestesia en el año de 1840, las cirugías se volvieron mucho más frecuentes para los pacientes, sin embargo, muchos de estos morían o sufrían amputaciones a causa de las infecciones que se contraían al momento de realizar procedimientos quirúrgicos o al entrar en los centros de salud con heridas abiertas; Joseph Lister¹ con el paso de los años y su experiencia como cirujano observó que este tipo de sucesos médicos ocurrían con frecuencia. (VILLANUEVA MEYER, 1 de diciembre 2015).

La infección era uno de los principales problemas que se presentaba al momento de ingresar a un centro hospitalario con una herida abierta, esto se debía a diferentes factores, uno de ellos era que entre los cirujanos no existían prácticas de higiene, era común entre ellos hacer varias

intervenciones quirúrgicas con los mismos mandiles sin lavar. Joseph Lister¹ apoyándose en los estudios de Pasteur y de Semmelweis, sobre prácticas de lavado de manos antes de los partos, y sumado al análisis sobre las consecuencias de diferentes amputaciones que traían las fracturas abiertas en oposición a las fracturas internas o cerradas, dedujo así, que la infección era contraída por el paciente al exponer estas heridas al aire o al ambiente clínico. (José L., Marzo, 1999)

Actualmente la climatización de centros hospitalarios incluye una discriminación de los lugares por actividad, debido a que el acondicionamiento de cada uno de éstos no puede ser el mismo, ya que en cada lugar se realizan actividades diferentes las cuales deben tener condiciones ambientales específicas. Las condiciones para garantizar una óptima operación de los sistemas HVAC ya no se limitan al hospital, sino que se extienden a las zonas aledañas del mismo, buscando evitar posibles tomas de aire contaminado por agentes químicos como gases de escape, nieblas, polen, polvo o material particulado suspendido en el aire.

Obteniendo conocimientos previos de diferentes asignaturas tales como: Transferencia de calor, Termodinámica, Maquinas térmicas, Refrigeración y Aire acondicionado cursadas en la Universidad Tecnológica de Pereira y con la ayuda y experiencia de la empresa INSERIM AIRE S.A. Se desarrollará este proyecto de aire acondicionado, buscando de esta manera reforzar y afianzar los conocimientos adquiridos, además de optar al título de Ingeniero Mecánico. (Alzate, 2016).

¹ Cirujano nacido en Upton (Essex), Inglaterra, considerado como el padre de la cirugía moderna debido a su implementación y buenas prácticas al momento realizar procedimientos quirúrgicos y tratamientos pos-operatorios.

2.2 DESARROLLO DE LA TEMÁTICA

2.2.1 Instalaciones Hospitalarias y Quirófanos

Los centros hospitalarios son instituciones sanitarias las cuales ofrecen servicios operatorios, médicos y de enfermería con el objetivo de brindar atención a la salud de los pacientes que ingresan en éste. Con el fin de garantizar un buen servicio a los usuarios, los hospitales cuentan con personal médico, profesionales especializados y organizados, además de instrumentos e infraestructuras adecuadas para llevar a cabo diferentes labores como: servicios de atención aguda, convalecencia, cuidados paliativos, diagnóstico, terapias, entre otros. Las suelen llevarse a cabo las 24 horas el día, los 7 días de la semana. (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2015)

Con el fin de minimizar los riesgos de infección en un centro hospitalario y garantizar al paciente espacios específicos para el tratamiento de su dolencia o enfermedad, éstos son divididos en diferentes áreas las cuales son independientes una de la otra. A grandes rasgos las áreas de un centro hospitalario pueden caracterizarse según el contacto que se tenga con fluidos corporales y sustancias peligrosas como se muestra en la Tabla 1.

Los quirófanos o salas de cirugía son sitios independientes del resto de los lugares del centro hospitalario, en los cuales se practican intervenciones quirúrgicas y actuaciones de anestesia-reanimación, estos lugares requieren de un cuidado especial a diferencia del resto de lugares del centro hospitalario y por eso se encuentran en un complejo independiente del resto de la clínica, debido a que es una zona que debe permanecer libre de contaminantes y sustancias peligrosas.

El aseguramiento de las condiciones ambientales de los quirófanos requiere especial cuidado, diferente al que se da a las otras áreas hospitalarias, ya que requieren mínimas concentraciones de contaminantes y microorganismos en el aire, además de unos protocolos estrictos al momento de

realizar la limpieza y asepsia de estos lugares. La mayor parte de las bacterias que se encuentran en una sala de cirugía mientras se realiza un procedimiento quirúrgico proviene del personal médico, debido a que durante las operaciones todo el personal rodea al paciente, creando una concentración mayor de microorganismos en la zona de donde se encuentra la persona intervenida, además se debe tener en cuenta que, al momento de realizar una cirugía, la persona más vulnerable y que se debe proteger, es el paciente. De acuerdo a las normas ASHRAE los quirófanos pueden clasificarse según el tipo de procedimiento que realicen en estos: (ASHRAE, 2011)

- ✓ **Cirugías Clase A:** Implica procedimientos quirúrgicos menores realizados con anestesia tópica, local o regional sin sedación preoperatoria. Se excluyen los procedimientos intravenosos, espinales y epidurales, que son de clase B o C
- ✓ **Cirugía Clase B:** Ofrece procedimientos quirúrgicos menores o mayores realizados conjuntamente con administración por vía oral, parenteral, o sedación intravenosa o realizado con el paciente bajo analgésicos o drogas disociativas.
- ✓ **Cirugía Clase C:** Incluye los principales procedimientos quirúrgicos que requieren anestesia y / o apoyo de las funciones vitales del cuerpo general, regional o bloque.

Tabla 1.Discriminación de las áreas hospitalarias

CLASIFICACIÓN DE LAS AREAS HOSPITALARIAS SEGÚN EL RIESGO		
AREAS DE ALTO RIESGO O CRÍTICAS	AREAS DE RIESGO INTERMEDIO O SEMICRÍTICAS	ÁREAS DE BAJO RIESGO O NO CRÍTICAS
Contacto directo y permanente con sangre y otros fluidos corporales	Actividades cuyo contacto directo con sangre no es permanente, pero exigen a realizar el procedimiento	Actividades que no implican por sí mismas exposición a sangre

- Áreas de cirugía	- Área de consulta externa	- Áreas administrativas
- Hospitalización en General	- Áreas de consulta especializada	- Pasillos
- Unidad de cuidados intensivos y recién nacidos	- Servicios de mantenimiento	- Sala de espera
- Unidades sépticas	- Servicios de limpieza y aseo	- Farmacia
- Urología	- Servicios de alimentación	
- Unidad de diálisis	- Rayos de hospitalización	
- Unidad de quemados	- Fisioterapia	
- Sala de partos y Ginecobstetricia	- Esterilización	

Fuente: (GOCONQR, 2015)

- **La presurización de zonas y movimiento del aire**, es un método el cual permite reducir la propagación de infecciones buscando disminuir el porcentaje de ingreso de la flora bacteriana y partículas contaminantes a las zonas a acondicionar, direccionando el flujo de aire hacia donde sea conveniente, por lo general la presurización se utiliza para mover los partículas infecciosas de las zonas más limpias hacia las zonas que se encuentran menos limpias o “sucias”; buscando también de esta forma evitar flujos cruzados y mezcla de aire limpio y contaminado. La presurización se logra con un diferencial de presiones de aproximadamente 2,5 Pa de agua entre las zonas adyacentes, donde la mayor presión debe presentarse en el lugar donde se quiera una presión positiva o se busque mover el aire hacia sus alrededores debido al exceso de aire inyectado en dicho espacio, o por el contrario si se quiere un área con presurización negativa es necesario extraer una mayor cantidad de aire de la que se suministra en los lugares adyacentes a ésta.
- **La temperatura y humedad** son dos factores los cuales además de influir en la pronta recuperación de los pacientes, ayudan a reducir o maximizar el crecimiento de bacterias y

contaminantes presentes en el aire. Como se muestra en el anexo 1, para cada habitación o zona del centro hospitalario se establecen y recomiendan rangos en los cuales se debe mantener la temperatura y humedad. Diferentes bacterias y virus son más propensos a crecer en ambientes no controlados, específicamente cuando la humedad dentro de un lugar es alta; como es el caso de la *Legionella pneumophila* la cual es una bacteria donde su composición es a base de agua y sobreviven fácilmente en estos ambientes.

2.2.2 RECOMENDACIONES INICIALES PARA EL DISEÑO DE ÁREAS A ACONDICIONAR

En términos generales las normas y estándares de ASHRAE hacen las siguientes recomendaciones pertinentes al diseño e instalación de sistemas de acondicionamiento de aire en las salas de cirugía o quirófanos:

- Temperatura de bulbo seco la cual debe ajustarse y oscila entre 62 °F (16,6 °C) y 82 °F (28°C).
- La humedad relativa debe mantenerse en el lugar un rango de 45% a 55%.
- Presión positiva respecto a las áreas vecinas suministrando un exceso de aire de aproximadamente un 15%, garantizando un diferencial de presión no menor a 2,5 (Pa) de agua.
- El aire se suministrará desde un punto en un nivel superior al retorno (techo), y el retorno debe ubicarse a no menos de 10 cm (4 pul) del suelo; con el fin de que el aire pueda hacer un barrido de partículas sobre la zona de operación, como se observa en la figura 2 y 3.

Figura 1. Disposición de rejillas y difusores en sala de cirugía.

1. Difusor de flujo unidireccional.
2. Difusor de flujo lineal.
3. Rejillas de retorno
4. Área de trabajo

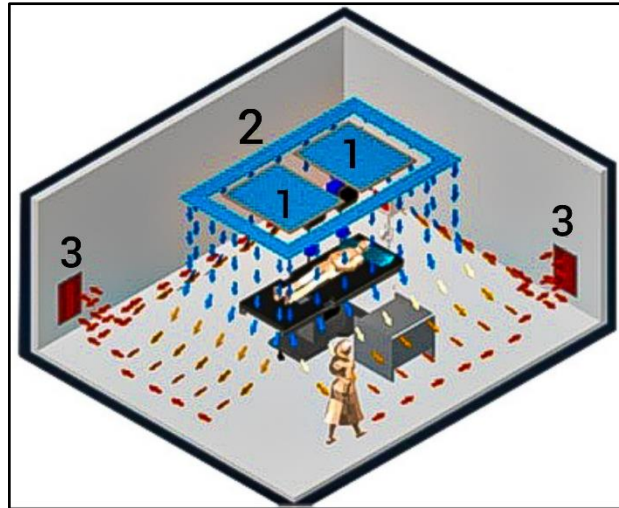


Fig. 1 Disposición de Rejillas y difusores

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2. Diseño de suministro y retorno de aire para quirófanos.

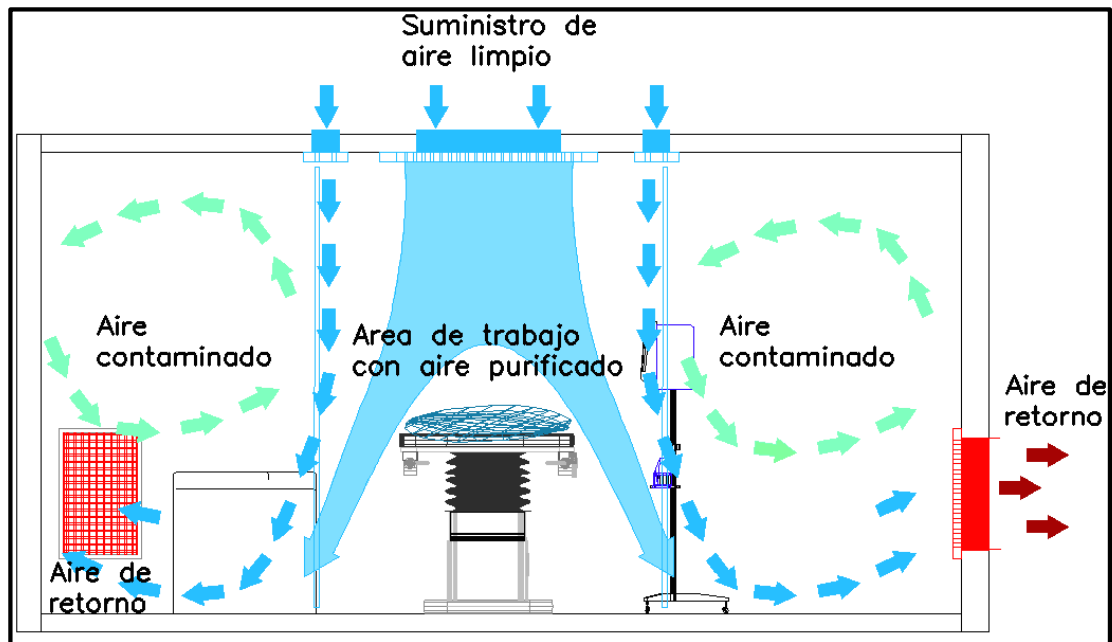


Fig. 2 Diseño de Suministro y Retorno en quirófanos

Fuente: (Trox Brasil, 2014)

También se hacen las siguientes recomendaciones generales para las instalaciones en centros hospitalarios:

- Instalar manómetros en las diferentes áreas para verificar el balanceo de presiones en las zonas correspondientes.
- La temperatura y humedad debe leerse fácilmente dentro de las diferentes áreas del centro hospitalario.
- Los sistemas de ductos deben ser fabricados en lámina metálica, no utilizar fibra de vidrio ya que con el tiempo se pueden desprender partículas potencialmente nocivas para los pacientes.
- Se deben instalar sistemas de acondicionamiento de aire que suministren un caudal de aire constante, para garantizar tanto las renovaciones de aire por hora, como los niveles de presión de cada zona.
- Deben calibrarse con regularidad los equipos e instrumentos de medición de temperatura, presión y humedad relativa al interior de las habitaciones que lo requieran.
- Utilizar preferiblemente equipos que tengan como fluido de enfriamiento agua (equipos de agua helada o hidrónicos), ya que al seleccionar equipos de expansión directa los cuales utilizan como fluido de enfriamiento químicos refrigerantes, se corre el riesgo que en el momento de una fuga puedan verse afectados los pacientes que se encuentran en las zonas hospitalarias. (Alzate, 2016). pg. 52

2.2.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Para la elaboración del diseño de un sistema HVAC se hace necesario el conocimiento en su totalidad de los lugares a acondicionar por parte del cliente, tratando de esta forma dar la solución más óptima al problema, buscando realizar una propuesta que cumpla con los requerimientos del cliente, normativos, especificaciones técnicas y teóricas, además de buscar un precio competitivo y brindar la mejor opción para la realización del proyecto. Para el desarrollo del diseño de un sistema HVAC por lo general se desarrollan una serie de etapas buscando cumplimiento de todos los requerimientos, como se muestra a continuación:

- Planteamiento del problema por parte del cliente. En este paso el cliente brinda información y da a conocer sus expectativas acerca del proyecto a realizar, en este encuentro se brinda la información necesaria para tener una idea del diseño que se va a realizar, teniendo en cuenta factores como normativas legales y estándares utilizados para realizar el diseño; además de definir los lugares a acondicionar y los espacios disponibles para equipos en la obra.
- Visitar el sitio o recibir planos arquitectónicos y realizar un prediseño. Al estar en el sitio o recibir planos del proyecto se pueden tomar datos u obtener información relevante, la cual será el punto de partida para la realización del diseño, tales como:
 - Lugares a climatizar
 - Ubicación geodésica y cartesiana.

- Dimensionamiento y condiciones constructivas y arquitectónicas. (Materiales, espacios entretecho, lugares donde ubicar equipos, conocimiento de paredes interiores y fachadas).
 - Determinar posibles fuentes de cargas térmicas. (Personas, equipos, lámparas).
 - Ubicar posibles puntos de acometidas eléctricas.
- Realizar el cálculo de cargas térmicas. Éste ítem es uno de los más importantes ya que de éste depende el alcanzar los valores de temperatura y humedad deseados dentro de un recinto. Los cálculos de cargas térmicas requieren de una metodología en la cual es necesario tener en cuenta todo lo mencionado anteriormente, además se hace necesario tener en cuenta algunos factores y variables, los cuales se pueden conocer de la siguiente manera:
 - Definir condiciones externas del proyecto: Indagar las condiciones termohigrométricas o registros meteorológicos del sitio.
 - Definir condiciones internas del lugar a acondicionar: Conociendo la reglamentación, especificaciones y estándares (ASHRAE) necesarios para garantizar las condiciones óptimas ambientales bajo las cuales debe permanecer el sitio a acondicionar; se procede establecer con valores numéricos la temperatura, humedad, presiones y renovaciones de aire (calidad del aire) de dicho lugar.
- Definir qué tipos de equipos son lo más convenientes a utilizar para el proyecto. En el comercio existen una gran variedad de sistemas y equipos de aire acondicionado, en este punto se dilucida el o los equipos que posiblemente puedan suplir las necesidades que

requiere el proyecto; ya sean equipos paquetes, sistemas de refrigerante variable, equipos Split, manejadoras especiales, equipos condensados por agua, entre otros. Conociendo las características mínimas del equipo a utilizar se procede a realizar el cálculo de ductos para la distribución del aire dentro del recinto, esto aplica para unidades manejadores y paquetes, o se verifica el flujo de aire y la distancia en la cual el equipo puede garantizar la correcta inyección del aire.

- Cálculo dimensional y selección de ductos, rejillas, difusores, dámetros y demás accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema HVAC. Para el transporte del aire a lo largo del lugar a acondicionar se requiere en algunos casos de un sistema de ductos y accesorios, los cuales permiten distribuir adecuadamente el caudal de aire a lo largo del sitio a climatizar, tratando que en todos los lugares del cuarto se mantengan las mismas condiciones termohigrométricas y confort acústico para los ocupantes.
- Selección de filtros. Por lo general los equipos de aire acondicionado comerciales o convencionales (mini Split, manejadoras o paquetes) cuentan con un banco de filtros, el cual es especificado por el proveedor del equipo y su aplicación en la práctica se limita a lugares en los cuales la rigurosidad de calidad del aire no es crítica, como en lugares residenciales, oficinas, centros comerciales, entre otros. Para el caso de aplicaciones especiales como clínicas, laboratorios, elaboración de dispositivos electrónicos en los cuales las partículas en suspensión en el aire deben ser controladas y se requiere de ambientes “limpios”, la selección de filtros adquiere gran importancia ya que de este depende el buen funcionamiento y la seguridad del ambiente climatizado.

- Realizar documento con los términos de referencia o especificaciones del proyecto.
Seleccionados todos los accesorios y equipos a utilizar, además de tener todas las dimensiones transversales y longitudes de la ductería y tubería, a continuación, se realiza la elaboración del documento el cual contiene:
 - Especificaciones técnicas de los equipos y accesorios:
 - ❖ Manejadoras
 - ❖ Condensadoras
 - ❖ Válvulas
 - ❖ Ductos
 - ❖ Rejillas y difusores
 - ❖ Tubería
 - ❖ Refrigerante
 - ❖ Sistema de control
 - Especificaciones de aspectos comerciales:
 - ❖ Precio
 - ❖ Obras no incluidas
 - ❖ Forma de pago
 - ❖ Plazo de entrega

❖ Validez de la oferta

❖ Garantías

- Elaboración de planos en modelado 3D o 2D. Con las dimensiones y distribuciones tanto de ductos como de accesorios ya calculados, y definidos los lugares donde se instalaran y algunos de ellos ya instalados los equipos, a continuación se realiza la tarea de elaborar los planos; con el fin de brindar una visión clara de lo que se realizará en el proyecto, detallando puntos precisos en los que se dispondrán los accesorios necesarios para la distribución del aire, además de puntos de drenaje, pesetas, bases en concreto o metálicas para los equipos que lo requieran, acometidas eléctricas y demás detalles necesarios para la instalación del sistema HVAC.

Además de permitir verificar medidas y tener una visión macro del proyecto, los planos son una herramienta fundamental al momento de dar a conocer las intenciones de instalación dentro de la obra; ya que en muchos casos el sistema diseñado en especial los ductos pueden presentar cruces con los sistemas eléctricos, tuberías de gas, pasos arquitectónicos restringidos, de otros contratistas y estos deben ser cambiados de lugar buscando otros posibles recorridos.

- Estimación de la caída de presión. Teniendo ya seleccionados todos los accesorios y ductos que llevará el sistema de aire acondicionado para la distribución del fluido, el paso a seguir es calcular las pérdidas de presión presentes en el sistema y que son generadas al entrar el fluido en contacto con superficies o elementos como:

❖ Filtros

- ❖ Serpentes y lavadores
 - ❖ Ductos (codos, reducciones, ensanchamiento)
 - ❖ Rejillas y difusores
 - ❖ Dámperes o reguladores
 - ❖ Tomas de aire o toberas
- Búsqueda y selección de equipo. Luego de tener los datos de cargas térmicas, condiciones de humedad, calidad del aire y caída de presión en el sistema HVAC, se realiza la búsqueda del equipo que mejor se ajuste a las necesidades que se quieren suplir, indagando en las fichas técnicas de varios fabricantes; aunque por lo general, los equipos de aire acondicionado son fabricados de forma estandarizada, cuando se requiere un equipo con diferentes características suele aumentar el costo de éste. De esta forma se busca garantizar tanto las condiciones ambientales óptimas dentro del recinto, el menor consumo de energía posible y un valor económico el cual se ajuste mejor al presupuesto del cliente.
 - Por ultimo y conociendo todos los elementos, equipos y materiales que requiere el proyecto, se procede a realizar el detalle de presupuesto especificando el costo monetario de cada uno de estos. Con el valor total de del proyecto y teniendo las especificaciones de los equipos se realizará el cálculo del VPN para cada propuesta de sistema de aire acondicionado, y de esta forma se toman decisiones de que propuesta es la más conveniente. (Alzate, 2016). Pg. 53-56

2.2.4 CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO

Para realizar el diseño del sistema HVAC en una aplicación hospitalaria, además del cálculo de cargas térmicas es necesario tener en cuenta los factores anteriormente mencionados en este capítulo, con el fin de garantizar las condiciones adecuadas en estos lugares, minimizando la propagación e infiltración de contaminantes. Para calcular la carga térmica y demás factores como presión, humedad, filtración, entre otros, se hace necesario conocer cuáles son los lugares que el cliente desea acondicionar.

En la figura 3 se pueden ver el segundo piso del Hospital regional de Lambayeque, donde en la zona demarcada se muestran los lugares del área de quirófanos a acondicionar, que cuenta con un área aproximada de 223.00 m² y los siguientes lugares:

- 5 salas de Operaciones o quirófanos.
- Área de residuos contaminados
- Depósito de equipos
- Cuarto de pre lavado instrumental
- Coordinación de cirugía
- Recuperación y preparación de pacientes
- Pasadizo de operaciones

SH VEST. MUJERES

SH VEST. HOMBRES

CAMBIO DE BOTAS

DEPÓSITOS EQUIPOS

SALA DE OPERACIONES 1

SALA OPERACIONES 2

SALA OPERACIONES 3

SALA OPERACIONES 4

SALA OPERACIONES 5

RECUPERACIÓN CENTRO QUIRURGICO

RECUPERACIÓN CENTRO QUIRURGICO

CHATAS

EST. DE CAMILLAS

AREA DE TRAB.

DEPÓSITO MATERIAL E INSTRUMENTAL

ASEO

TRANSFER

ENTREGA MATERIAL EST. ALC.Q.

JEFATURA

DEPÓSITO MAT.

AREA DE EQUIPOS

MONTA-CARGA

RESIDUOS SÓLIDOS

UA - 04

PASADIZO OPERACIONES

UA - 03A

PRE LAVADO INSTRUMENTAL

CIRCULAC

CIRC. TÉCNICA

CIRC. TÉCNICA

CIRC. TÉCNICA

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5 CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES DE DISEÑO

Para establecer las condiciones ambientales para este diseño, se tienen en cuenta las características climatológicas, la ubicación geográfica y la altura sobre el nivel del mar del lugar a acondicionar situado en la ciudad de Chiclayo, las cuales se pueden apreciar en las figuras 4 y 5. A continuación se muestran los valores de las condiciones climatológicas para el cálculo del sistema HVAC:

Tabla 2 Datos Climatológicos del lugar en investigación

CONDICIONES DE INTERVENCIÓN	INVIERNO	VERANO
Localización del Proyecto	Chiclayo	Chiclayo
Hora de Cálculo	11:00	11:00
Día y mes de Cálculo	Lunes 12 de agosto	Martes 15 de enero
Latitud	S6°46'16.93"	S6°46'16.93"
Longitud	O79°50'27.17"	O79°50'27.17"
Elevación	27 m.s.n.m.	27 m.s.n.m.
Humedad Relativa	48-55%	68-75%
Temperatura de Diseño	(68 °F) 20 °C	(73.4 °F) 23 °C
Temperatura Exterior de Bulbo Seco	(78.68 °F) 22.6 °C	(88.7 °F) 31.5 °C
Temperatura Interior de Bulbo Seco	(65.12 °F) 18.4 °C	(78.8 °F) 26 °C
Máxima Temperatura Exterior	(75.2 °F) 24 °C	(89.6 °F) 32 °C
Mínima Temperatura Interior	(64.4 °F) 18 °C	(71.6 °F) 22 °C
Velocidad Máxima exterior del aire	33.8 Km/h	33.8 Km/h
Presión Barométrica	1015hPa (1.015 Ba)	1015hPa (1.015 Ba)

Fuente: Elaboración Propia

Basados en el anexo 1 y las tablas 1 y 2, se definen las siguientes condiciones ambientales interiores para los lugares a climatizar:

- **5 Quirófanos tipo C (INVIERNO):**

Temperatura de bulbo seco: 18.4°C (65.12°F)

Humedad relativa: 48% - 55%

Renovaciones de aire por hora: 4

Cambios de aire por hora: 20

Filtración suministro: 99.97% MERV 17

Presión: Positiva



Fig. 5 Ubicación del Hospital Regional de Lambayeque

Fuente: Google Heart

Tabla 3 Datos Climatológicos de la ciudad de Chiclayo, 2019

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación	mm/mes	0	2.3	5	0	0.8	0	0.4	0	1.3	2.2	0	0.8
Humedad	Min/med	68.3	68.7	65.1	61.6	69.8	72.9	70.4	69.5	71.3	69.8	67.5	65.3
	Max	92.2	92.2	91.5	87.2	93.4	93.4	91.2	91.8	91.9	90.1	89.4	90.4
Temp.	Min	20.3	21.1	20.1	19.6	16	14.9	15	14.3	14.9	15.3	16.4	17.3
	Max	28.9	29.6	29.5	29.8	23.9	21.9	22	21.6	22	22.6	24.1	25.6
Horas de Sol	h/mes	214.5	178.6	246.1	208.8	218.2	179.8	188	201.5	177	214	377.2	227.4

Fuente: SENHAMI

2.2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS HABITACIONES A ACONDICIONAR

Observando la figura 3 y realizando un análisis de los lugares que requieren ser acondicionados, se logró obtener la orientación cardinal, sus dimensiones, ubicación, y sus materiales constructivos. Además de esto se pudo establecer el lugar que es posible ubicar los equipos para el acondicionamiento del aire y los trayectos por los cuales se puede disponer los circuitos de tubería y ductos.

- **Dimensiones de las habitaciones. Figura 3: Plano de planta**
 - Altura de todas las paredes= 3.00 m
 - Altura de las puertas= 1,80 m
 - Áreas de cada habitación, adjuntas en el anexo 3.
- **Características y constitución de techos, paredes y pisos**
 - El techo se encuentra constituido por un techo liso de ladrillo común de 100mm, espacio de aire, un encielado fabricado en Dry wall de 100mm de aislante, cubiertos con una capa de fibra de vidrio.

- Las paredes interiores de la zona en investigación están construidas en ladrillo estructural de 7" (0.18m) y tabique mampostería de ladrillo (18,19,33) – IRAM 1160. Un repello de cemento con agregado de arena y caras de paredes revocadas y pintadas de color claro.
- Las ventanas están compuestas por vidrios sencillos de 0.3 m² de área, ubicadas en las puertas de la sala de quirófanos (una puerta exterior asoleada) y otra puerta interior de 1.50m de largo y 1.80 de alto, con una ventana de 0.45 m².
- Los pisos están contruidos en una losa de concreto de 20 cm con casetones y baldosa.
- Las puertas exteriores están constituidas por madera rígida de 0,8 cm de espesor y una altura 1,8 m.
- Características de las lámparas en habitaciones, pasillos y cialíticas en quirófanos.
 - La ubicación de todas las lámparas de las áreas de quirófanos se encuentran entre el encielado y el techo, y su haz de luz se refleja por medio de acrílicos transparentes. Cada plafón cuenta con dos lámparas de 32w y el número de lámparas se distribuye como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Número de lámparas por Quirófano

Lugar	Número de Lámparas
Quirófano 1	8
Quirófano 2	8
Quirófano 3	8
Quirófano 4	8
Quirófano 5	8

Fuente: Elaboración Propia

- Las lámparas para cirugía o cialíticas solo se encuentran en los cinco quirófanos las cuales tienen un consumo de 200w c/u, total 400w, por cada habitación.
- Cantidad de personas por habitación varían, pero para el cálculo se ha considerado un rango de 9 personas.
- En la tabla 5 se observan la cantidad de personas y la actividad que realizan cada una de estas dentro de las 5 salas de operaciones, suponiendo que se está realizando una intervención quirúrgica de alta complejidad (cirugía cardíaca, ortopédica o neurocirugía).
- En total la cantidad de personas en el área de quirófanos es de 45 personas entre personal médico y pacientes, como se describió anteriormente.

Tabla 5 Número de personas por Quirófano

Actividad	Número de personas
Pacientes	1
Anestesiólogo	1
Enfermera Instrumentista	2
Enfermera Circulante	1
Cirujanos	2
Neurofísico, Perfucionista	1
Personas de presencia temporal	1
Total Personas	9

NOTA: Se determina a foro que el máximo de persona dentro del quirófano será de 10 excluyendo al paciente.

Fuente: Elaboración Propia

- Equipos generadores de carga térmica.

En instalaciones hospitalarias es común la utilización de diferentes equipos médicos instalados en habitaciones y salas.

- Para los cinco quirófanos a climatizar se tendrán en cuenta las mismas cantidades y características de equipos, entre los cuales se encuentran:

- ✓ Equipo de Anestesia
 - ✓ Medidor de presión sanguínea
 - ✓ Computadora Cath Lab
 - ✓ Equipo de Electrocirugía
 - ✓ Escalpelo armónico
 - ✓ Láser sónico
 - ✓ Reloj Mural
- En los otros lugares que conforman el área de quirófanos, solo se encuentran computadores en la sala de operaciones 1, 2, 3 y 5, y para el quirófano 4 no presenta computador.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS POR EL MÉTODO CLTD/CLF Y CAUDALES DE IMPULSIÓN

En este apartado se va a buscar la definición de los conceptos básicos acerca del método CLTD/CLF.

También se calculará las cargas térmicas para cada uno de los lugares del área de operaciones, sector quirófanos del Hospital Regional de Lambayeque por medio del método CLTD/CLF.

Y se realizará un análisis psicrométrico, para calcular los caudales de impulsión y sus respectivos ajustes de cargas térmicas.

3.2 MÉTODO DE “CÁLCULO DE CARGAS POR TEMPERATURA DIFERENCIAL Y FACTORES DE CARGA DE ENFRIAMIENTO” CLTD/CLF

El método CLTD/CLF es utilizado en varias aplicaciones y presenta ventajas frente a otras metodologías utilizadas de diseño de sistemas de climatización. Este método considera dos de los tres procedimientos usuales para determinar la capacidad requerida en un sistema de aire acondicionado considerando el tiempo de retraso para transferir el calor por conducción a través de las superficies opacas de la envolvente y el tiempo de retraso para convertir el calor ganado por radiación en carga de enfriamiento a causa del almacenamiento térmico. (CORAL, 2017)

El método ASHRAE CLTD/CLF (cooling load temperature differential with cooling load factors) es utilizado comúnmente cuando se requiere un cálculo manual de cargas térmicas, ya que el procedimiento matemático se simplifica al utilizar un factor global de transferencia de calor “U” para calcular las cargas de enfriamiento en paredes, techos, ventanas y puertas. La expresión simplificada con la cual se pueden conocer dichas cargas en las superficies exteriores es:

$$q = U * A (CLTD) \quad (\text{Ec.1.0})$$

- q : Ganancia neta de calor
- U : Coeficiente general de transferencia de calor
- A : Área de la superficie, transversal al flujo de calor
- $CLTD$: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento

Se debe tener en cuenta que los valores numéricos arrojados por este método son valores concernientes a la carga de enfriamiento requerida, aproximado por las sumatorias de las ganancias de calor. Además de realizar el cálculo de cargas térmicas por el método CLTD/CLF, para el cálculo de ganancia de calor por radiación través del vidrio de las ventanas se utilizan los factores SHGF (Solar Heat Gain Coefficient: “Coeficiente de ganancia de calor solar”, el cual depende de la latitud en la cual se encuentra el sitio. (Alzate, 2016)

3.3 GANANCIA DE CALOR, CARGA DE ENFRIAMIENTO Y TASA DE EXTRACCIÓN DE CALOR.

La ganancia de calor es la tasa a la cual se transfiere energía a un espacio o la tasa a la cual se genera calor dentro de este. La ganancia de calor tiene dos componentes las cuales deben ser calculadas por separado y son el calor sensible y calor latente; éstas son generadas por diferentes fuentes de energía como se muestra en la figura 5 y se especifica en la tabla 6.

Tabla 6 Tipos de Cargas Generadoras de Calor

TIPO DE CARGA	SENCIBLE	LATENTE
Cargas Solares	X	
Cargas a través de barreras (Paredes, techos y pisos)	X	
Carga por luces	X	
Cargas por personas	X	X
Cargas por infiltraciones de aire externo	X	X
Cargas por electrodomésticos y equipos térmicos	X	X
Cargas por equipos eléctricos	X	

Fuente: (Orozco H.)

La carga de enfriamiento es la tasa a la que el calor sensible y latente debe ser removido o extraído del lugar a acondicionar para garantizar las condiciones de temperatura y humedad constantes y establecidas en los valores de diseño.

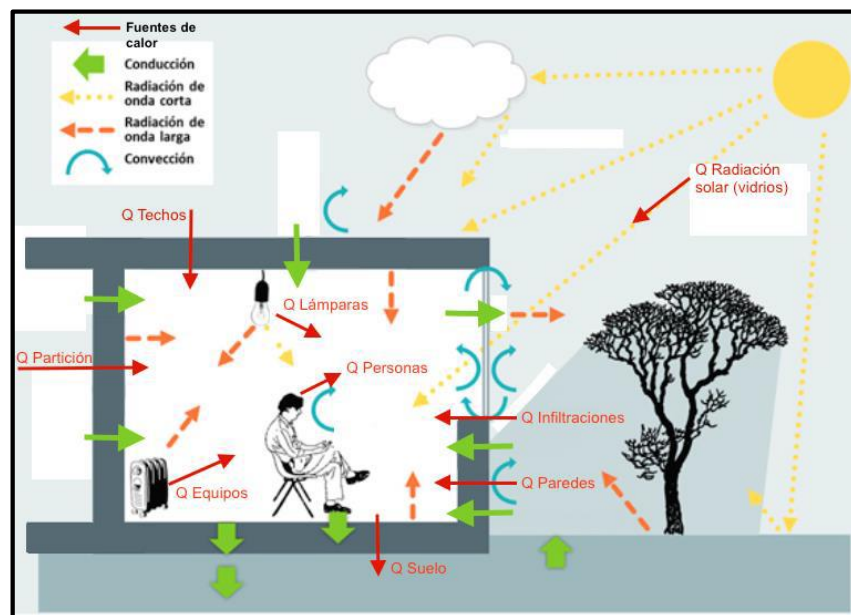


Fig. 6 Fuentes de Ganancia de Calor

Fuente: (Blender, 2016)

La tasa de extracción de calor es la tasa a la que el serpentín de enfriamiento y deshumidificador del equipo de acondicionamiento de aire remueve el calor de un espacio.

3.4 COMPONENTES DE LA GANANCIA DE CALOR Y CARGA TOTAL

Conociendo los tipos de cargas térmicas mediante las cuales ocurre la ganancia de calor en un espacio (Tabla 6), el estudio riguroso y realista de estos componentes es fundamental y garantiza las condiciones ambientales deseadas en el lugar a acondicionar.

3.4.1 Carga Solar

Es el tipo de carga que ingresa al recinto a través de vidrios, cristales o materiales transparentes que se encuentren expuestos a la radiación solar. La cantidad de flujo de calor que entra al lugar a acondicionar depende de algunos factores como: área de cristal tanto sombreada como soleada, espesor, orientación de éste y hora de diseño. Ésta carga se divide en dos componentes:

$Q_{s1; Directa}$: Flujo de calor debido a la radiación directa del sol

$Q_{s1; Difusa}$: Flujo de calor debido a la radiación difusa o reflejada de alrededores

Una forma de reducir la carga solar es utilizando cortinas, aleros, persianas o pantallas reflectivas evitando así la entrada directa de radiación solar.

Figura 6. Comportamiento de radiación solar a través de barreras.

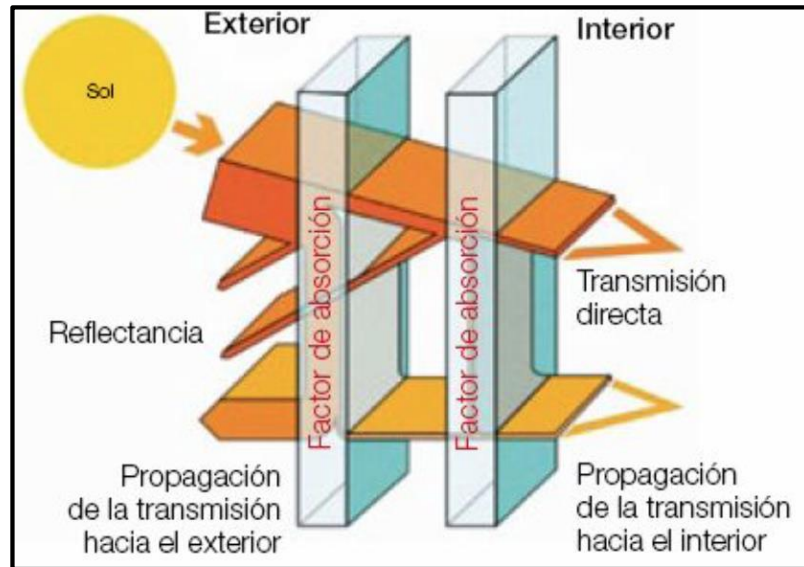


Fig. 7 Comportamiento de la Radiación Solar

Fuente: (ALUMISOL, 2016)

Tabla 7 Factor de Corrección para coeficientes de sombreado

Clase de vidrio	SC
Vidrio de 3mm	1
Vidrio de 3mm + Cortinas claras	0,55
Vidrio de 3mm + Persianas claras	0.25
Vidrio Polarizado	0.3

Fuente: (Orozco H.)

Tabla 8. (SHGF) Máximo valor de ganancia de calor solar para vidrio sencillo dado en $[BTU/h * ft^2] = 3,154 [W/m^2]$

Tabla 8 Máximo valor de ganancia de calor solar para vidrio - latitud 4° N

LATITUD 4° NORTE										
MES	N (SOMBRA)	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORIZONTAL
ENE	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286
FEB	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301
MAR	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302
ABR	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287
MAY	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272
JUN	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263
JUL	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267
AGO	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279
SEP	39	75	156	209	231	216	170	93	44	293
OCT	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294
NOV	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284
DIC	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277

Fuente: (Orozco H.)

Nota: Las demás latitudes que servirán para los posteriores cálculos se encuentran en el ANEXO 02.

El cálculo de las cargas por temperatura diferencial (CLTD), consideró las cargas debido a la diferencia de temperatura interior y exterior del local o recinto. Algunas consideraciones generales asumidas como premisas previas al cálculo de las cargas térmicas, son las siguientes:

- La transferencia de calor a través de las paredes, techo, piso y demás elementos de una construcción es a través de los elementos constructivos se da en forma horizontal (en las paredes) o vertical (en el techo y piso); luego, la transferencia de calor es a través de los elementos, desde una capa de aire de un lado de los materiales sólidos hacia la otra capa de aire del otro lado. Además, es de destacar que el elemento constructivo está constituido frecuentemente de capas de diferentes materiales.

- El coeficiente global de transferencia de calor “U”, se extrajo de las tablas existentes para los diferentes de materiales de construcción.
- El Cálculo de la carga por conducción a través de ventanas es:

$$Q_{SL} = U \times A_{SL} \times CLTD_{Corr}$$

$$CLTD_{corr} = (CLTD + (78 - T_R) + (T_m - 85))$$

$$T_o = T_{max} - (T_{máx} - T_{min})/2$$

Donde:

Q_p: Carga de calor en las paredes (BTU/h).

U: Coeficiente de transferencia de calor total (BTU/h x pie² x °F).

A: Área calculada de planos arquitectónicos (pie²).

CLTD_{Corr}: Carga de enfriamiento de diferencial de temperatura corregida, basada en las condiciones para las ventanas (°F).

(78 – T_R): Corrección de temperatura interior (°F).

(T_o – 85): Corrección de temperatura exterior (°F).

El factor CLTD, el cual teniendo en cuenta valores estándar de tablas (En anexos ver: «Anexo 5. Valores de CLTD de ventanas»)

La energía solar que ingresa a un recinto no aparece como carga para el sistema de enfriamiento en forma instantánea, dado que este proceso tiene un tiempo de retraso; en la práctica es usual incluir el factor CLF (Factor de carga de enfriamiento) que tiene en cuenta el estado transitorio en el que se da este fenómeno de la transferencia de calor y se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 Factor de Carga de Enfriamiento – CLF para Vidrios

ORIENTACION DE LA VENTANA									
HORA SOLAR	N (SOMBRA)	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HORIZONTAL
6	0,73	0,56	0,47	0,3	0,09	0,07	0,06	0,07	0,12
7	0,66	0,76	0,72	0,57	0,16	0,11	0,09	0,11	0,27
8	0,65	0,74	0,8	0,74	0,23	0,14	0,11	0,14	0,44
9	0,73	0,58	0,76	0,81	0,38	0,16	0,13	0,17	0,59
10	0,8	0,37	0,62	0,79	0,58	0,19	0,15	0,19	0,72
11	0,86	0,29	0,41	0,68	0,75	0,22	0,16	0,2	0,81
12	0,89	0,27	0,27	0,49	0,83	0,38	0,17	0,21	0,85
13	0,89	0,26	0,24	0,33	0,8	0,59	0,31	0,22	0,85
14	0,86	0,24	0,22	0,28	0,68	0,75	0,53	0,3	0,81
15	0,82	0,22	0,2	0,25	0,5	0,83	0,72	0,52	0,71
16	0,75	0,2	0,17	0,22	0,35	0,81	0,82	0,73	0,58
17	0,78	0,16	0,14	0,18	0,27	0,69	0,81	0,82	0,42
18	0,91	0,12	0,11	0,13	0,19	0,45	0,61	0,69	0,15

Fuente: (ASHRAE H. , 1895)

Teniendo en cuenta los factores y la teoría anteriormente mencionada, la ganancia de calor total por radiación solar a través de superficies transparentes (vidrio), se puede calcular con la siguiente ecuación:

Para estimar la ganancia calorífica por radiación solar a través de las ventanas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q_{VR} = A \times SC \times SHGF \times CLF$$

Donde:

Q: Carga de calor (BTU/h).

A: Área calculada (pie²).

SC: Coeficiente de sombreado por combinación del tipo de vidrio y tipo de sombreado. SC = 1

SHGF: Máximo ganancia de calor por especificaciones de orientación de superficie.

CLF: Factor de carga de enfriamiento para vidrios con o sin sombreado interior.

El coeficiente de sombreado por combinación del tipo de vidrio y tipo de sombreado, coeficiente de sombreado (SC) y coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) en Incidencia normal para

vidrio de un solo panel (En anexos ver: «Anexo 6. Tabla para seleccionar el factor SC para ventanas»). De dicha tabla obtuvimos: $SC = 1$

3.4.2 Carga a través de barreras (Paredes, techos y pisos)

Este tipo de carga se transfiere e ingresa al interior de un recinto a través de las construcciones arquitectónicas (Paredes, techos, pisos, puertas) que se encuentran en el perímetro del lugar, entre las cuales se deben identificar las barreras exteriores, las cuales están expuestas al sol e intemperie, y aquellas que se encuentran resguardadas dentro de la edificación denominadas barreras interiores. La ganancia de calor neta a través de barreras se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_2 = \Sigma Q_{2\text{ Ext}} + \Sigma Q_{2\text{ int}} \quad (\text{Ec.2.3})$$

Dónde:

$Q_{2\text{ Ext}}$: Ganancia de calor neta en barreras exteriores (W ó BTU / h)

$Q_{2\text{ Int}}$: Ganancia de calor neta en barreras interiores (W ó BTU / h)

3.4.2.1 Barreras Exteriores

Teniendo en cuenta que los techos de las edificaciones pueden estar expuestos al sol a lo largo de todo el día; a diferencia de las paredes que por lo general se encuentran expuestas solo 4 horas al día. Estas paredes adquieren energía por medio de la radiación solar, y luego la transfieren al lugar a través de la conducción de calor. Es común la implementación de aislantes térmicos en techos, como lana de vidrio, colocar cielos falsos o cielos rasos, y en paredes utilizando persianas o alerones buscando de esta manera reducir la el presupuesto del proyecto. (Alzate, 2016)

Se define que la ganancia de calor por barreras exteriores se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{2\text{ Ext}} = U * A * CLTD_{corr} \quad (\text{Ec.2.4.})$$

Dónde:

$Q_{2\text{ Ext}}$: Ganancia de calor neta en barreras exteriores (W ó $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$)

U : Coeficiente global de transferencia de calor en ($\text{W} / \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ ó $\text{BTU} / \text{h} * \text{ft}^2 * ^\circ\text{F}$)

A : Área superficial de la barrera externa (m^2 ó ft^2)

$CLTD_{corr}$: Diferencia de temperatura corregida para carga de enfriamiento ($^\circ\text{C}$ ó $^\circ\text{F}$)

h_0 : Coeficiente de transferencia de calor por convección externa en ($\text{W} / \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$)

I_t : Radiación solar incidente en la superficie.

E_n (W / m^2 ó $\text{BTU} / \text{h} * \text{ft}^2$)

T_E : Temperatura al exterior del lugar en ($^\circ\text{C}$ ó $^\circ\text{F}$)

T_L : Temperatura al interior del lugar en ($^\circ\text{C}$ ó $^\circ\text{F}$)

Para el desarrollo de la ecuación 2.4. a continuación se muestran los valores necesarios para el cálculo de ésta, en las tablas 10 y 11 en las cuales se encuentran las características (U y α) de los materiales de construcción utilizados comúnmente. Además, se utiliza la siguiente expresión para hallar el coeficiente de convección externa h_0 :

$$h_0 = 5,62 + 3,9 * v_{aire}$$

Para Chiclayo --> $v_{aire}=9.4 \text{ m/s}$

(Ec.2.4.1)

V_{aire} : Velocidad del aire exterior ($\frac{m}{s}$ ó $\frac{ft}{min}$)

Tabla 10 Absorbancia y emisividad de materiales de construcción comunes

SUPERFICIES	ABSORBANCIA α	EMISIVIDAD ϵ
Plástico blanco	0,05	0,92
Cal, yeso	0,08	0,92
Aluminio pulido	0,1	0,05
Papel	0,25	0,95
Pintura blanca reciente	0,10 a 0,15	0,90
Pintura colores claros	0,30 a 0,40	0,90
Acero inoxidable	0,45	0,25
Mármol	0,40 a 0,50	0,95
Pintura colores medios y grises	0,50 a 0,70	0,90
Ladrillo rojo	0,65	0,93
Hormigón claro	0,60 a 0,70	0,88
Pinturas oscuras	0,80 a 0,90	0,90
Arena húmeda	0,9	0,95
Asfalto	0,95	0,95
Vidrio común	0,037	0,80

Fuente: (ASHRAE H. , AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2013)

Tabla 11 Coeficiente de transferencia de calor para Materiales de construcción.

CONSTITUCIÓN DE LA PARED	U [$W / m^2 \cdot ^\circ C$]
Bloque 150 mm de espesor	3,45
Dry Wall con 100 mm de aislante	0,34
Dry Wall con espacio de aire	2,18
Ladrillo común- espacio de aire- pared falsa	1,8
Ladrillo común de 100 mm	3,4
Ladrillo común de 100 mm con 10 mm de revoque	3,2
Placa de concreto de 40 cm y cámaras de aire	0,083
Placa de concreto de 20 cm y cámaras de aire	1,3

Fuente: (Orozco H.)

3.4.2.2 Barreras Interiores

Este tipo de barreras están constituidas por las cielos, pisos, paredes y divisiones arquitectónicas que se encuentran al interior de una edificación, las cuales están exentas de los rayos solares y su forma de transferencia de calor de un lugar a otro se presenta por el fenómeno de conducción.

Cuando los lugares vecinos al recinto a acondicionar cuentan con sistemas de aire acondicionado este tipo de carga tiende a cero, pero cuando ocurre lo contrario y no se conoce el valor de la temperatura, se asume que la temperatura del sitio sin acondicionar es de 5°C a 3°C menor que la temperatura exterior; aunque en algunos casos, estos lugares pueden tener temperaturas y generación de calor considerables, como es el caso de cuartos donde se encuentren dispositivos eléctricos, calderas, máquinas, hornos, entre otros. Para estos casos la ganancia de calor se calcula con la ecuación 3.0 la cual se muestra a continuación.

El cálculo del calor que se transfiere desde los espacios interiores sin acondicionamiento hacia los acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos para condiciones normales se realiza mediante la siguiente ecuación: (Villegas Alzate, 2016)

$$Q_{2\text{ Int}} = U * A * \Delta T = U * A * (T_E - T_L - 5^\circ\text{C}) = U * A * (T_E - T_L - 3^\circ\text{C}) \quad (\text{Ec.3.0})$$

Para lugares con una considerable generación de calor se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{2\text{ Int}} = U * A * (T_E - T_L - \Delta T) \quad (\text{Ec.3.1})$$

Donde ΔT adquiere un valor entre 8°C a 14°C donde se recomienda tomar el promedio entre estos dos.

3.4.2.3 Método ASHRAE para el cálculo de radiación solar incidente en superficies (I_t).

A continuación, se plantearán las ecuaciones necesarias para calcular tanto la carga solar sobre superficies y los ángulos de incidencia teniendo en cuenta los parámetros de cálculos seleccionados, todos los ángulos están expresados en grado.

Este método busca realizar la conversión entre la hora local estándar y la hora solar que consta de dos pasos: la ecuación del tiempo se añade al tiempo local estándar, y luego se añade una corrección de longitud.

Figura 7. Ángulos solares para diferentes superficies

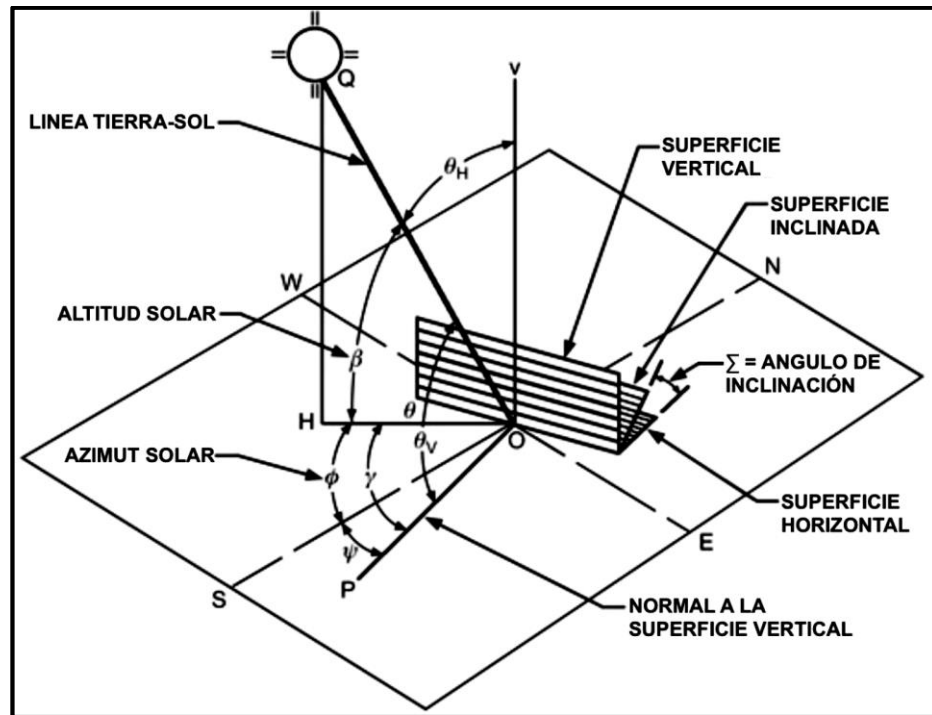


Fig. 8 Ángulos solares

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR
CONDITIONING ENGINEERS, 2013)

- **HORA SOLAR APARENTE(AST)**

$$AST=LST+ET/60+(LON-LSM)/15 [Horas] \quad (Ec.3.2)$$

- **HORA REGULAR(H)**

$$H=15*(AST-12) [Grados] \quad (Ec.3.3)$$

- ALTITUD SOLAR β

$$\text{Sen}\beta = \text{Cos}L * \text{Cos}\delta * \text{Cos}H + \text{Sen}L * \text{Sen}\delta [\text{Grados}] \quad (\text{Ec.3.4})$$

- **AZIMUT SOLAR Φ**

$$\text{Cos}\Phi = (\text{Sen}\beta * \text{Sen}L - \text{Sen}\delta) / \text{Cos}\beta * \text{Cos}L [\text{Grados}] \quad (\text{Ec.3.5})$$

- **AZIMUT SOL-SUPERFICIE γ**

$$\gamma = \Phi - \psi [\text{Grados}] \quad (\text{Ec.3.6})$$

- **ANGULO DE INCIDENCIA θ**

$$\text{Cos}\theta = \text{Cos}\beta * \text{Cos}\gamma * \text{Sen}\Sigma + \text{Sen}\beta * \text{Cos}\Sigma [\text{Grados}] \quad (\text{Ec.3.7})$$

NOTA: Cuando se requiere calcular superficies en posición horizontal se convierte
 $\text{Cos}\theta = \text{Sen}\beta$.

Dónde:

ET: Ecuación de tiempo en minutos decimales. Se halla en la tabla 16

L: Latitud local

LON: Longitud local

LSM: Meridiano de la hora local (para Perú es 75° OESTE - W)

LST: Hora local estándar en horas decimales

δ : Declinación solar en grados. Se halla en la tabla 13

ψ : Azimut de superficie en grados en la tabla 12

Σ : Ángulo entre la superficie dada y el plano horizontal ($0^\circ \leq \Sigma \leq 180^\circ$)

Tabla 12 Azimut de superficies medido en grados desde el sur

ORIENTACIONES SUPERFICIALES Y ACIMUTES, MEDIO DESDE EL SUR							
Orientación	N	E	SE	S	SW	W	NW
Superficie azimut Ψ	180°	-90°	-45°	0	45°	90°	135°

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2013)

Tabla 13 Ecuación de tiempo en minutos, ángulo de declinación solar y los valores A, B y C.

DATOS ASTRONOMICOS APROXIMADOS PARA EL DIA 21 DE CADA MES						
Mes	Dia del Año	La ecuación del tiempo (ET), (-) 10,6 min	Declinación δ , grados	A	B	C
				BTU/h*ft ²	Adimensional	
Enero	21	-10,6	-20,1	381	0,141	0,103
Febrero	52	-14	-11,2	876	0,142	0,104
Marzo	80	-7,9	-0,4	369	0,149	0,109
Abril	111	1,2	11,6	358	0,164	0,12
Mayo	141	3,7	20,1	351	0,177	0,13
Junio	172	-1,3	23,4	346	0,185	0,137
Julio	202	-6,4	20,4	346	0,186	0,138
Agosto	233	-3,6	11,8	351	0,182	0,134
Septiembre	264	6,9	-0,2	360	0,165	0,121
Octubre	294	15,5	-11,8	370	0,152	0,111
Noviembre	325	13,8	-20,4	377	0,144	0,106
Diciembre	355	2,2	-23,4	382	0,141	0,103

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2013)

3.4.2.4 Radiación Solar directa, difusa y total

Radiación directa normal (E_{DN}): Es aquella que incide sobre una superficie con un ángulo de 0°.

$$E_{DN} = \left(\frac{A}{B} \right) * CN \left[\frac{W}{m^2} \text{ ó } \frac{BTU}{h*ft^2} \right] \quad (Ec.3.8)$$

Si $\beta > 0$; De lo contrario: $E_{DN} = 0$

El factor CN es un factor el cual aún no se tiene suficiente conocimiento en cualquier lugar del mundo, por ello se sugiere utilizar el valor de la unidad.

Radiación directa a la superficie (E_D): Es aquella que proviene de los rayos solares sobre la superficie.

$$\text{Si } \cos\theta > 0 \quad E_D = E_{DN} * \cos\theta \text{ [W/m}^2 \text{ ó BTU/h*ft}^2\text{]} \quad (\text{Ec.3.9})$$

De lo contrario: $E_N=0$

RADIO (Y) DE CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE VERTICAL A CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE HORIZONTAL.

$$Y = 0,55 + 0,447 * \cos\theta + 0,313 * \cos^2\theta \quad (\text{Ec.3.10})$$

Si $\cos\theta > -0,2$; De lo contrario $Y=0,45$

Radiación difusa (E_d): Es proveniente de los rayos solares reflejados en las nubes y en componentes atmosféricos como vapor de agua, gases atmosféricos y aerosoles.

Superficies verticales

$$E_d = C * Y * E_{DN} \left[\frac{W}{m^2} \text{ ó } \frac{BTU}{h*ft^2} \right] \quad (\text{Ec.3.11})$$

Superficies no verticales

$$E_d = \frac{C * E_{DN} * (1 + \cos\Sigma)}{2} \left[\frac{W}{m^2} \text{ ó } \frac{BTU}{h*ft^2} \right] \quad (\text{Ec 3.12})$$

Radiación reflejada en el suelo

$$E_r = \frac{E_{DN} * (C + \text{Sen}\beta) * \rho_g (1 + \cos\Sigma)}{2} \left[\frac{W}{m^2} \text{ ó } \frac{BTU}{h*ft^2} \right] \quad (\text{Ec 3.13})$$

Radiación total en la superficie

$$E_t = E_D + E_d + E_r \left[\frac{W}{m^2} \text{ ó } \frac{BTU}{h \cdot ft^2} \right] \quad (Ec.3.14)$$

Dónde:

A: Constante solar aparente anexada en la tabla 13

B: Coeficiente de extinción atmosférica anexado en la tabla 13

C: Factor de cielo difuso anexado en la tabla 13

CN: Factor de transparencia para locaciones claras/secas ó brumosas/húmedas (se toma un valor igual a la unidad)

El valor de la Reflectancia del suelo (ρ_g) se encuentran en la tabla 14

L: Latitud local

Tabla 14 Reflectancia de diferentes tipos de suelos.

Constitución de Superficie	Reflectancia
Agua (Cerca de incidencias normales)	0,07
Los bosques de coníferas (Inverno)	0,07
Asfalto Nuevo	0,05
Asfalto desgastado	0,10
Techo de betún y grava	0,13
Suelo desnudo seco	0,20
Concreto desgastado por el tiempo	0,20 a 0,30
Superficies de los edificios	0,60

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2013)

3.4.2.5 Carga por luces

A continuación, se mostrarán las expresiones con las cuales se calculan las cargas en sistemas de iluminación:

$$Q_3 = Q_{3L} + Q_{3F} + Q_{3N} \quad (\text{Ec.4.0})$$

$$Q_{3L} = \Sigma(W_L * F_u * CLF_{Luces}) \quad (\text{Ec.4.1})$$

$$Q_{3F} = \Sigma(W_F * 1,2 * F_u * CLF_{Luces}) \quad (\text{Ec.4.2})$$

$$Q_{3N} = \Sigma(W_N * 1,2 * F_u * CLF_{Luces}) \quad (\text{Ec.4.3})$$

Dónde:

W_L : Potencia de lámparas incandescentes en watt

W_F : Potencia de lámparas fluorescentes en watt

W_N : Potencia de lámparas de neón en watt

F_u : Factor de utilización $\frac{\# \text{ lamparas encendidas}}{\# \text{ lamparas totales}}$

CLF_{Luces} : Factor de carga de enfriamiento para luces, que se obtiene de la tabla 15

Tabla 15 Factor de carga por enfriamiento por luces - CLF

N° DE HR DESPUES DE ENCENDIDAS LAS LUCES	X**		Y***	
	HORAS DE OPERACIÓN		HORAS DE OPERACIÓN	
	10	16	10	16
0	0,08	0,19	0,01	0,05
1	0,62	0,72	0,76	0,79
2	0,66	0,75	0,81	0,83
3	0,69	0,77	0,84	0,87
4	0,73	0,80	0,88	0,89
5	0,75	0,82	0,9	0,91
6	0,78	0,84	0,92	0,93
7	0,80	0,85	0,93	0,94
8	0,82	0,87	0,95	0,95
9	0,84	0,88	0,96	0,96
10	0,85	0,89	0,97	0,97
11	0,32	0,90	0,22	0,98
12	0,29	0,91	0,18	0,98
13	0,26	0,92	0,14	0,98
14	0,23	0,93	0,12	0,99
15	0,21	0,94	0,09	0,99
16	0,19	0,94	0,08	0,99
17	0,17	0,40	0,06	0,24
18	0,15	0,36	0,05	0,20

Fuente: (REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, 2013)

**Lámpara no ventilada, rejillas debajo del cielo raso

***Lámparas ventiladas o que cuelgan libremente

3.4.2.6 Carga por personas

Se muestran las expresiones con las cuales se calcula la ganancia de calor por personas:

$$Q_4 = Q_{4S} + Q_{4L} \quad (\text{Ec.5.0})$$

$$Q_{4S} = \sum_{i=1}^n (NP * Q_P * PS * CLF_{Personas})_i \quad (\text{Ec.5.1})$$

$$Q_{4L} = \sum_{j=1}^n [NP * Q_P * (1 - PS)]_i \quad (\text{Ec.5.2})$$

Dónde:

NP : Número de personas

QP : Ganancia de calor por persona, valores adjuntos en las tablas 17 y 18

PS : Porcentaje de carga sensible

$CLF_{Personas}$: Factor de enfriamiento de ocupantes, mostrados en la tabla 16

Tabla 16 CLF Factor de enfriamiento por ocupantes para calor sensible

Horas despues de entrada al Espacio	Total del Horas en el Espacio							
	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,58	0,62
2	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,64	0,66	0,70
3	0,17	0,66	0,67	0,67	0,69	0,70	0,82	0,75
4	0,13	0,71	0,72	0,72	0,74	0,75	0,77	0,79
5	0,10	0,27	0,76	0,76	0,70	0,79	0,80	0,82
6	0,08	0,21	0,79	0,80	0,80	0,81	0,83	0,85
7	0,07	0,16	0,34	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
8	0,06	0,14	0,26	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88
9	0,05	0,11	0,21	0,38	0,87	0,88	0,89	0,90
10	0,04	0,10	0,18	0,30	0,89	0,89	0,90	0,91
11	0,04	0,08	0,15	0,25	0,42	0,91	0,91	0,92
12	0,03	0,07	0,13	0,21	0,34	0,92	0,92	0,93
13	0,03	0,06	0,11	0,18	0,28	0,45	0,93	0,94
14	0,02	0,06	0,10	0,15	0,23	0,96	0,94	0,95
15	0,02	0,05	0,08	0,13	0,20	0,30	0,47	0,95
16	0,02	0,04	0,07	0,12	0,17	0,25	0,38	0,96
17	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15	0,21	0,31	0,49
18	0,01	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19	0,26	0,39

Fuente: (ASHRAE H. , AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR
CONDITIONING ENGINNERS, 1895)

Tabla 17 Valores de ganancia de calor para personas realizando actividades cotidianas generales.

Actividad	Qp (w)	PS
Durmiendo	70	0,70
Sentado	100	0,60
Parado	150	0,50
Trabajo de Oficina	150	0,55
Enseñando	175	0,50
Caminando (83 Kh./h)	305	0,35
Industrial	300-600	0,35

Fuente: (Orozco H.)

Tabla 18 Valores de ganancia de calor para personas realizando actividades cotidianas específicas.

GRADO DE ACTIVIDAD	APLICACION TIPICA	Calor total, hombres adultos		Calor total ajustado		Calor sensible		Calor latente	
		W	Btu/hr	W	Btu/hr	W	Btu/hr	W	Btu/hr
Sentados en un teatro	Teatro (matinée)	114	390	97	330	66	225	31	105
Sentados en un teatro	teatro (función nocturna)	114	390	103	350	72	245	31	105
Sentados, haciendo un trabajo ligero	oficinas, hoteles, departamentos	132	450	117	400	72	245	45	155
Realizando trabajo moderado de la oficina	oficinas, hoteles, departamentos	139	475	132	450	73	250	59	200
Parados, haciendo un trabajo ligero o caminando	Tiendas de departamentos, tienda al menudeo	162	550	132	450	73	250	59	200
Caminando o de pie	Farmacia, banco	162	550	146	500	73	250	73	250
Realizando un trabajo sedentario	Restaurante	144	490	162	550	81	275	81	275
Haciendo un trabajo de banco ligero	Fabrica	253	800	20	750	81	275	139	475
Bailando a ritmo moderado	Salón de baile	264	900	249	850	89	305	160	545
Caminando a 3 MPH; haciendo un trabajo a maquina ligero	Fabrica	293	1000	293	1000	110	375	183	625
Jugando a los bolos	Boliche	440	1500	425	1450	170	580	255	870
Realizando un trabajo pesado	Fabrica	440	1500	425	1450	170	580	255	870
Manejando maquinaria pesada, levantando objetos	Fabrica	469	1600	469	1600	186	635	283	965
Haciendo rutinas atleticas	Gimnasio	586	2000	2000	1800	208	710	320	1090

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS)

3.4.2.7 Carga por infiltraciones.

Al igual que las infiltraciones este tipo de carga genera tanto ganancia de calor sensible como latente.

A continuación, se muestran las expresiones mediante las cuales se calcula la ganancia de calor total por infiltraciones de aire.

GANANCIA TOTAL POR INFILTRACIONES

$$Q_5 = (Q_{5S} + Q_{5L}) \quad (\text{Ec.2.9})$$

GANANCIA POR INFILTRACIONES

$$Q_{5S} = \rho_E * V_{in} * C_p * (T_E - T_L) \quad (\text{Ec.2.9.1})$$

$$Q_{5L} = \rho_E * V_{in} * (\omega_E - \omega_L) * h_{fg} \quad (\text{Ec.2.9.2})$$

$$V_{in} = NCH_{IN} * V_{cuarto} \quad (\text{Ec.2.9.3})$$

$$NCH_{IN} = a + b * v_{aire} + c * (T_E - T_L) \quad (\text{Ec.2.9.4})$$

Dónde:

Q_5 : Carga por infiltraciones (W ó BTU/h)

Q_{5S} , Q_{5L} : Carga por infiltraciones para calor sensible y latente (W ó BTU/h)

Q_5' , Q_{5L}' : Carga por cambios por hora y renovaciones de aire para calor sensible y latente (W ó BTU/h)

Tabla 19 Coeficientes según el tipo de construcción para cálculo de infiltraciones

TIPO DE CONSTRUCCION	a	b	C
Apretado o Aislado	0,15	0,01	0,007
Promedio (Ladrillo)	0,2	0,018	0,014
Ligera (Madera)	0,25	0,02	0,022

Fuente: (Orozco H.)

3.4.2.8 Carga por electrodomésticos y equipos térmicos

A continuación, se muestran las expresiones con las cuales se calculan las cargas térmicas para este tipo de elementos, teniendo en cuenta que el calor que generan es tanto sensible como latente.

$$Q_6 = (Q_{6S} + Q_{6L}) \quad (\text{Ec.2.10})$$

$$Q_{6S} = \Sigma (Q_{SE} * NE * Fu * CLF) \quad (\text{Ec.2.10.1})$$

$$Q_{6L} = \Sigma (Q_{LE} * NE * Fu) \quad (\text{Ec.2.10.2})$$

$$Fu = \frac{\# \text{ Equipos en funcionamiento (hora de cálculo)}}{\text{Total de Equipos}} * \frac{\text{min. en funcionamiento}}{60 \text{ min.}} \quad (\text{Ec.2.10.3})$$

Dónde:

Q_6 : Carga por electrodomésticos y quipos térmicos (W ó $\frac{\text{BTU}}{h}$)

Q_{6S}, Q_{6L} : Carga por electrodomésticos y quipos térmicos para calor sensible y latente (W ó $\frac{\text{BTU}}{h}$)

Q_{SE} : Potencia disipada en forma de calor sensible por el equipo

Q_{LE} : Potencia disipada en forma de calor latente por el equipo

NE : Número de equipos

Fu : Fracción de los equipos en funcionamiento

CLF : Factor de carga de enfriamiento para el equipo, tomado de la tabla 20

Tabla 20 Factor de carga de enfriamiento para equipos en funcionamiento.

Total de horas en operación	Horas despues de encendido el equipo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0,27	0,40	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
4	0,28	0,41	0,51	0,59	0,39	0,30	0,24	0,70	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
6	0,29	0,42	0,52	0,59	0,65	0,70	0,48	0,75	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14
8	0,31	0,44	0,54	0,61	0,66	0,71	0,75	0,79	0,55	0,43	0,35	0,30	0,25	0,22
10	0,33	0,46	0,55	0,62	0,68	0,72	0,76	0,82	0,81	0,84	0,61	0,48	0,39	0,33
12	0,36	0,49	0,58	0,64	0,69	0,74	0,77	0,85	0,82	0,85	0,87	0,88	0,64	0,51
14	0,40	0,52	0,61	0,67	0,72	0,76	0,79	0,87	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92
16	0,45	0,57	0,65	0,70	0,75	0,78	0,81	0,88	0,88	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93
18	0,52	0,63	0,70	0,75	0,79	0,82	0,84	0,90	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94

Fuente: (ASHRAE H. , AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINNERS, 1895)

Tabla 2.17 Potencia disipada en forma de calor por computadores.

Tabla 21 Potencia disipada en forma de calor por computadores.

Equipo	Descripción	Potencia de placa [W]	Potencia media [W]
Computador de escritorio	2,8 GHz, 1GB de RAM	480	73
	3,0 GHz, 2GB de RAM	690	77
Monitor pantalla plana	Dimensión 30"	383	90
	Dimensión 22"	360	36
	Dimensión 19"	288	28

Fuente: (ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINNERS, 2013)

Tabla 22 Carga sensible en equipos comúnmente utilizados en salas de cirugías.

Tipo de equipo	Potencia pico [W]	Potencia promedio [W]
Equipo de Anestesia	177	166
Equipo calentador de sangre	204	114
Medidor de presión sanguínea	33	29
Manta calentadora	504	221
Endoscopia	605	596
Equipo de Electrocirugía	147	109
Equipo de Electrocardiogramas	54	50
Escalpelo armónico	60	59
Bomba histeroscópica	35	34
Láser sónico	256	229
Microscopio óptico	65	63
Oxímetro de pulso (sensor del nivel de oxígeno en la sangre)	21	20
Máquina caminadora	198	173
Equipo de rayos X portátil	534	480
Equipo de rayos X GX-PAN	-	82
Equipo de rayos X portátil	-	18
Succionador de Vacío	337	302
Sistema de ultrasonido	1063	1050
Lector de películas 4 bancos	0,3-0,6 kW	-
Inyector angiográfico	0,6-1,5 kW	-
Impresora de radiografías	2,4-3,5 kW	-
Lector de películas motorizado	1,5-2,0 kW	-
Cámara Angiográfica de 2 planos	7,0-10,5 kW	-
Computadora CathLab	0,6-1,2 kW	-

Fuente: (ASHRAE H. , AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 1895)

3.4.2.9 Carga por equipos eléctricos (motores eléctricos)

Lo eléctrico corresponde a todos los dispositivos que cuentan con un motor que disipe potencia en forma de calor. Para este tipo de elementos la ganancia de calor se considera sensible y se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$Q_7 = \sum_{k=1}^m (\dot{W}_m * NE * F_c * F_{DM} * F_u * CLF)_k \quad (\text{Ec.2.11})$$

$$Fu = \frac{\# \text{ Equipos en funcionamiento (hora de cálculo)}}{\text{Total de Equipos}} * \frac{\text{min. en funcionamiento}}{60 \text{ min.}} \quad (\text{Ec.2.11.2})$$

Dónde:

Q_7 : Carga por quipos eléctricos (W ó $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$)

W_m : Potencia disipada en forma de calor por el motor ($\approx 50\%VA$)

NE : Número de motores

F_c : Factor de carga, generalmente igual a 1

F_{DM} : Factor de ubicación del motor y la máquina mostrado en la tabla 24

F_u : Fracción de los equipos en funcionamiento

CLF : Factor de carga de enfriamiento, tomado de la tabla 20

Tabla 23 Ganancia de calor para motores eléctricos comunes.

Características del motor				Ubicación del motor y del quipo respecto al área acondicionada					
				A		B		C	
Motor (HP)	Tipo de Motor	Nomina RPM	Carga Total eficiencia	Motor in Equipo in		Motor in Equipo in		Motor in Equipo in	
			Motor %	w	Btu/ hr	w	Btu/ hr	w	Btu/ hr
0,05	polo oculto	1500	35	105,60	360	38,13	130	70,40	240
0,08	polo oculto	1500	35	170,13	580	58,67	200	111,47	380
0,125	polo oculto	1500	35	260,00	900	93,87	320	173,07	590
0,16	polo oculto	1500	35	340,27	1160	117,33	400	222,93	760
0,25	1-fase	1750	54	346,13	1180	187,73	640	158,40	540
0,33	1-fase	1750	56	440,00	1500	246,40	840	193,60	660
0,5	1-fase	1750	60	621,87	2120	372,53	1270	249,33	850
0,75	3-fase	1750	72	777,33	2650	557,33	1900	217,07	740
1	3-fase	1750	75	994,40	3390	748,00	2550	249,33	850

Fuente: (Briceño Pardo, 2008)

Tabla 24 Factor de ubicación del motor y maquina

<i>FDM</i>	Ubicación
$1/\eta m$	Motor y maquina dentro del local
$(1/n_m)/n_m$	Motor y maquina afuera
1	Motor afuera, maquina adentro

Fuente: (Briceño Pardo, 2008)

CAPÍTULO IV PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE CAMBIO DE CAPACIDAD DE SISTEMA CENTRALIZADO DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE

4.1 Contexto de Intervención

- Chiclayo está situado cerca del Ecuador en una zona tropical debiendo ser caluroso, húmedo y lluvioso.

- Sin embargo, Chiclayo es de un estado sub-tropical siendo por lo general cálido y soleado, con una temperatura media de 23°C anualmente.

- La escasez de lluvias se debe a los fuertes vientos denominados “ciclones” que conllevan a un clima moderado durante casi todo el año a excepción de la temporada de verano.

- Normalmente su clima varía entre 15° y 23°

- Cada 7, 10, 15 años se presentan temperaturas elevadas que pueden pasar los 35° debido al fenómeno del niño, aumentando las lluvias y así mismo el caudal en los ríos.

- Cabe mencionar que como un parámetro importante es que posee una humedad relativa de 74.2 de forma anual.

- La velocidad promedio del viento por hora tiene variaciones estacionales leves durante el año, la parte más ventosa del año dura aproximadamente 6,6 meses, de abril a noviembre, con una velocidad promedio de más de 14.0 km/h.

-

Tomando en consideración los estudios realizados para la elaboración del proyecto del Hospital Regional de Lambayeque obtenemos los siguientes datos:

- Para cualquier época del año, el clima de LAMBAYEQUE se inscribe fuera de las condiciones del polígono de confort.

- La temperatura máxima puede bordearlos 35 °C (entre enero y abril) y la mínima es de 22 °C (mes de julio). Durante el invierno, las temperaturas se encuentran entre los 15°C y los 24°C. Durante el verano, las temperaturas se inscriben dentro de 20 a 30°C.

4.1.1 Contexto de Información General:

El hospital regional de Lambayeque es una institución de mayor importancia y complejidad de la Región constituyéndose con un nivel III-1, es decir nosocomio de alta complejidad, brindando así servicios integrales de salud, con calidad, equidad y eficiencia, contando con un personal calificado, competente y comprometido, desarrollando diversas capacidades en cada uno de sus integrantes junto a la investigación y docencia, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas buscando el beneficio de la sociedad.

La construcción del hospital generó un desembolso de cerca de 180 millones de soles de los cuales el 65 por ciento será invertido en infraestructura y el resto en implementación de equipos.

Resaltando también que el objetivo fue lograr una arquitectura que no se sitúe en la copia morfológica de un pasado altivo, ni tampoco en un intento descontextualizado y ajeno al lugar pero buscando a la vez originalidad. Por el contrario, al empezar el proyecto desde las características históricas y geográficas de la ciudad, en conjunción con necesidades y prácticas contemporáneas de la misma, se logra una relación armoniosa entre objeto y paisaje, entre materialidad y geografía.

El hospital tiene una localización accesible, ubicándose en la Panamericana Norte 26-Chiclayo.



62

4.1.2 Contexto de Intervención Específica

Si bien es cierto el ambiente de un hospital tiene que tener las condiciones necesarias para mantener en buen estado todas las partes que lo conforman, pero existe un área donde demanda de mucho cuidado cuando se habla de ambiente, y es que un quirófano es aquella sala o habitación que debe estar especialmente acondicionada para la práctica de operaciones quirúrgicas a aquellos pacientes que así lo demanden.

Vamos a tomar en cuenta las diversas áreas que tiene un quirófano, nombrando 4 de ellas, el **área no restringida** se trata de un área controlada donde se detienen a las personas que van llegando al área quirúrgica, donde el personal puede vestir ropa de calle y donde el equipo portátil que aun no ha sido desinfectado permanece aquí. **Área de transición** es la zona donde se cambia la ropa de calle por la de quirófano y es necesario una autorización de ingreso, se debe mantener la meticulosidad para evitar el ingreso de polvo para la colonización de bacterias en el **Área Semirrestringida** en cambio aquí solo se debe tener acceso solo con ropa quirúrgica mientras que en el **Área restringida** esta es la más limpia de todas, debe ser controlada y las puertas deben permanecer cerradas y donde solo el personal vestido adecuadamente podrá tener acceso.

Es así como después de tener muy en cuenta estos puntos se pudo realizar la investigación dentro de los quirófanos del Hospital Regional de Lambayeque.

4.2 Línea Base de la Propuesta

La línea base de la propuesta en el área de quirófanos del hospital regional de Lambayeque se tendrá en consideración las áreas mencionadas anteriormente enfocándose en puntos clave como las áreas específicas dentro de un quirófano analizando su ubicación, sus implementos, la capacidad de personas, entre otros puntos importantes observados en el trayecto de la investigación

llegando a tener como finalidad el soporte técnico y económico en la ampliación del sistema centralizado de aire acondicionado para lograr un mejor ambiente.

4.2.1 Características del local

4.2.1.1 Localización y distribución

La localización del área de operaciones del sector quirófanos dentro del hospital Regional de Lambayeque según la puerta principal está ubicado en la parte Nor-oeste.

Tal y como se muestra en el siguiente plano de la estructura general del Hospital.

AV. PANAMERICANA NORTE

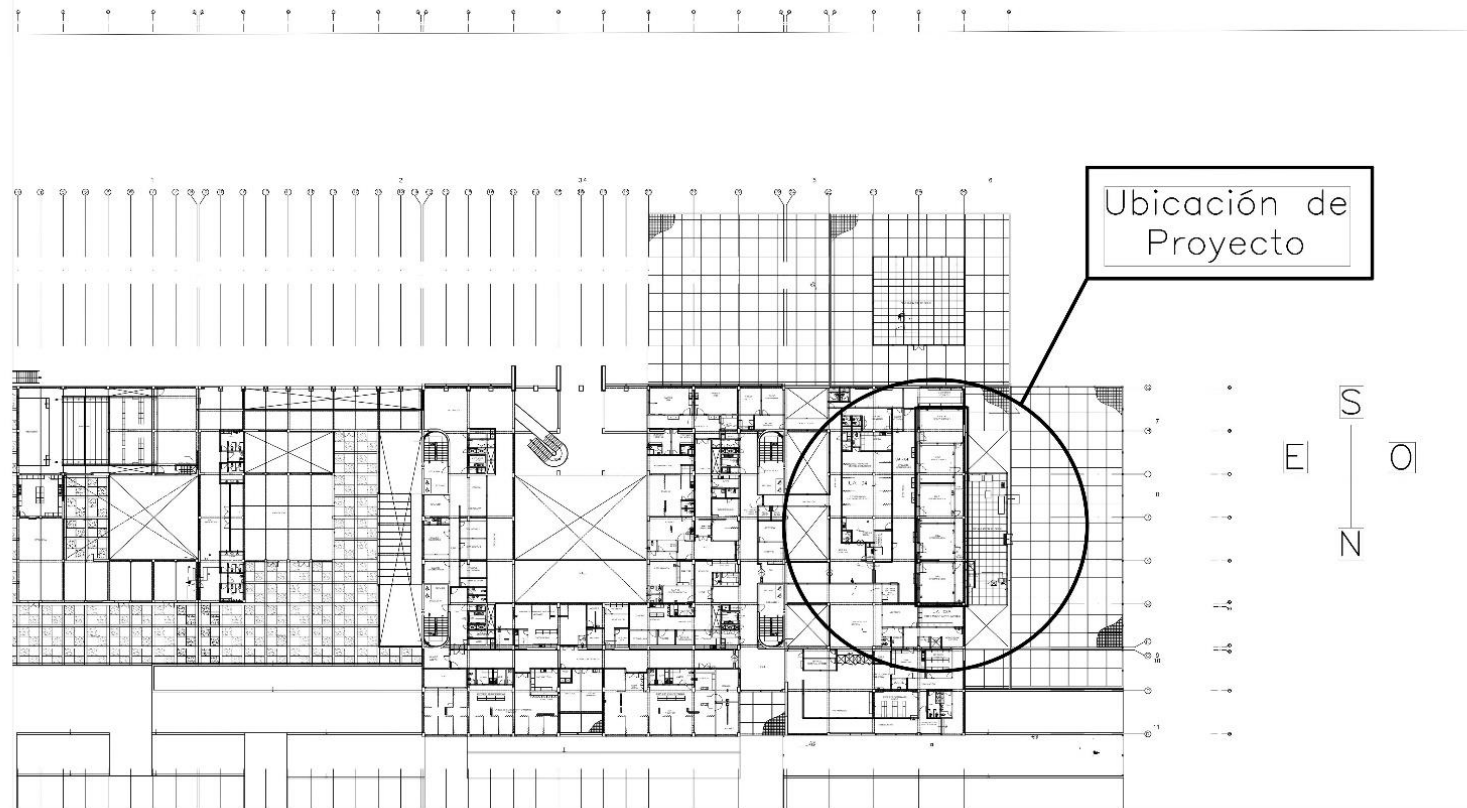


Fig. 10 Plano general

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2 Equipamiento y usos del local

DIMENSIONES DEL AMBIENTE La circulación del aire se da a través de las paredes y los locales intervenidos tienen las siguientes dimensiones, teniendo en cuenta que la altura es de 3m:

QUIRÓFANO 1

Incluyendo muros y paredes

- Largo= 7.82 m

-Ancho= 5.94m

Restando los muros y paredes

-Largo= 6.85 m

-Ancho= 5.64 m

QUIRÓFANO 2

Incluyendo muros y paredes

-Largo= 6.27 m

-Ancho= 6.80 m

Restando los muros y paredes

-Largo= 5.50 m

-Ancho= 6.50 m

QUIRÓFANO 3

Incluyendo muros y paredes

-Largo= 6.27 m

-Ancho= 6.80 m

Restando muros y paredes

-Largo= 5.50 m

-Ancho= 6.50 m

QUIRÓFANO 4

Incluyendo muros y paredes

-Largo= 6.13 m

-Ancho= 6.50 m

Restando muros y paredes

-Largo= 5.50 m

-Ancho= 5.95 m

QUIRÓFANO 5

Incluyendo muros y paredes

-Largo= 6.05 m

-Ancho= 5.50 m

Restando muros y paredes

-Largo= 7.35 m

-Ancho= 6.80 m

SUPERFICIE ACRISTALADAS Y VENTANAS: El ambiente de cada quirófano cuenta con dos ventanas siendo una de ellas un empotrado a la puerta y otra que lleva a exteriores, todas tienen las mismas dimensiones:

VENTANA 1

ÁREA = 3.23 pies

ALTO= 0.75 m

LARGO= 0.4 m

VENTANA 2

ÁREA = 2.42 pies

ALTO= 0.5 m

LARGO= 0.45 m

PERSONAS: El número de personas que laboran en un quirófano es, teniendo en cuenta que el aforo es de 10 excluyendo al paciente (tabla5):

$$N_p = 9$$

ILUMINACIÓN: El número de fluorescentes que cuenta el ambiente por quirófano es 8 y cada fluorescente tiene una potencia de 32 watts y en total se desprende un total de 256 watts.

CARGAS GENERADAS POR EQUIPOS ELERCTRÓNICOS E INFORMÁTICOS:

- COMPUTADORA CATH LAB = 1200 w
- MÁQUINA DE ANESTESÍA CON MONITOR COMPLETO = 166 w
- MEDIDOR DE PRESIÓN SANGUÍNEA = 29 w
- BOMBA HISTEROSCÓPICA = 34 w
- LASER SÓNICO = 229 w
- EQUIPO DE ELECTROCIRUGÍA = 109 w

- RELOJ MULAR = 2,5 w

4.2.2 Solicitaciones térmicas del ambiente

En la propuesta ya señalada vale decir que en el contexto de intervención las solicitudes que deben tenerse en cuenta referidas a la ventilación general según las características específicas.

- Focos de calor: El sistema de aire acondicionado deberá disipar eficazmente la energía liberada por los diferentes focos de calor encontrados en la sala, por ejemplo, estufas, motores, etc.
- Sistemas de extracción: Los sistemas de extracción localizada del quirófano, retiran al exterior un considerable volumen de aire del quirófano; en ese sentido, se debe tener en cuenta que es muy considerables las pérdidas de energía (calor en invierno y frío en verano) que provocan las mencionadas extracciones, debiéndose prever los suministros adicionales de aire tratado que compensen dichas pérdidas.

4.2.3 Tipo de sistema de climatización

Para establecer la línea base de la propuesta, se tuvieron en cuenta las siguientes premisas o antecedentes.

- Los procedimientos que se basan en las clases más críticas de la operación del sistema que nos permiten saber o estimar de forma sencilla, sin necesidad de programas computacionales, la suficiencia solicitada en el sistema de aire acondicionado; luego, la carga térmica de cada uno de los quirófanos según el método CLTD y CLF vienen a ser unos procedimientos manuales que permiten aproximar la carga de enfriamiento correspondiente a: calor ganado conducción a través de paredes, ventanas y techos (carga de enfriamiento externa), calor ganado por radiación solar a través materiales

ubicados en ventanas y calor ganado por fuentes de calor interna.

- El método utilizado en la propuesta, en su forma general: CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) que permite determinar la carga de enfriamiento a causa del calor ganado a través de paredes, techos y vidrios expuestas al sol; CLF (*cooling load factor*) que permite determinar la carga solar a través de ventanas y la carga térmica a causa de fuentes de calor internas.
- Considerando a estos métodos como los más aproximados de acuerdo al balance de calor

4.2.4 Evaluación de la propuesta

La propuesta se evaluó desde un punto técnico teniendo en cuanto lo hacedero que sea para ser implementada en un ámbito de confort de los ocupantes para provecho de los que la requieren, en ese aspecto la propuesta cumplirá con su propósito si se llega a lograr la adaptación climática sujeto a la intervención de las siguientes condiciones funcionales:

- 48-55 % de humedad relativa en invierno
- 68-75 % de humedad relativa en verano

4.3 PROPUESTA DE CAMBIO DE CAPACIDAD DE SISTEMA CENTRALIZADO DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE

4.3.1 SUSTENTO TÉCNICO – ECONÓMICO

4.3.1.1 Generalidades

Como consideración básica, este sustento técnico – económico deberá entenderse como los parámetros necesarios para determinar que la ampliación de capacidad del sistema de aire acondicionado es factible bajo las condiciones de instalación de un Chiller enfriado por agua.

Asimismo, deberá entenderse que este sustento técnico - económico describen solamente los aspectos más importantes de la ampliación de capacidad, sin entrar a considerar elementos menores.

La elaboración del sustento técnico económico está apoyada sobre las fichas técnicas de los chillers enfriados por agua, cartas de eficiencia energética comparada con otros equipos.

Por otra parte, este sustento está basado sobre valores al 100% de la capacidad de los equipos, es decir a las condiciones de diseño, las cuales son las más crítica y ocurren solo el 1% del tiempo total de operación de equipo durante un año.

4.3.1.2 EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CHILLERS

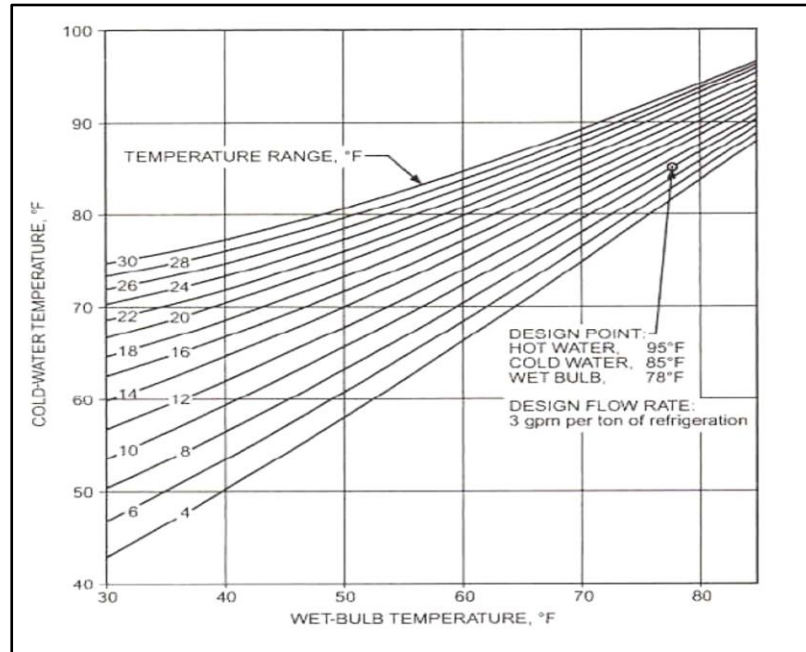
Para determinar la eficiencia en sistemas de Aire Acondicionado se toman en cuenta los siguientes parámetros

$EER = \text{Energy Efficiency Ratio}$

$EER = (\text{Capacidad en BTU/HR}) / (\text{Consumo en watt})$

Eficiencia Energética: KW / TR (Kilowatts / Ton de Refrigeración)

4.3.1.3 CURVA DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO



IPLV (INTEGRATED PART LOAD VALUE)

Este valor nos sirve para comparar eficiencias energéticas de chillers a carga total y parcial. Dado que resulta importante conocer el comportamiento de los chillers enfriados por aire y agua operando a cargas parciales.

Los chiller operan más eficientemente con una menor temperatura de condensación y la mayoría está diseñado a condiciones (ARI/STÁNDAR 550/590 – 98) en la cual se contempla el cálculo de la relación de las eficiencias energéticas EER a cargas parciales (IPLV).

La eficiencia a cargas parciales se determina de la siguiente forma:

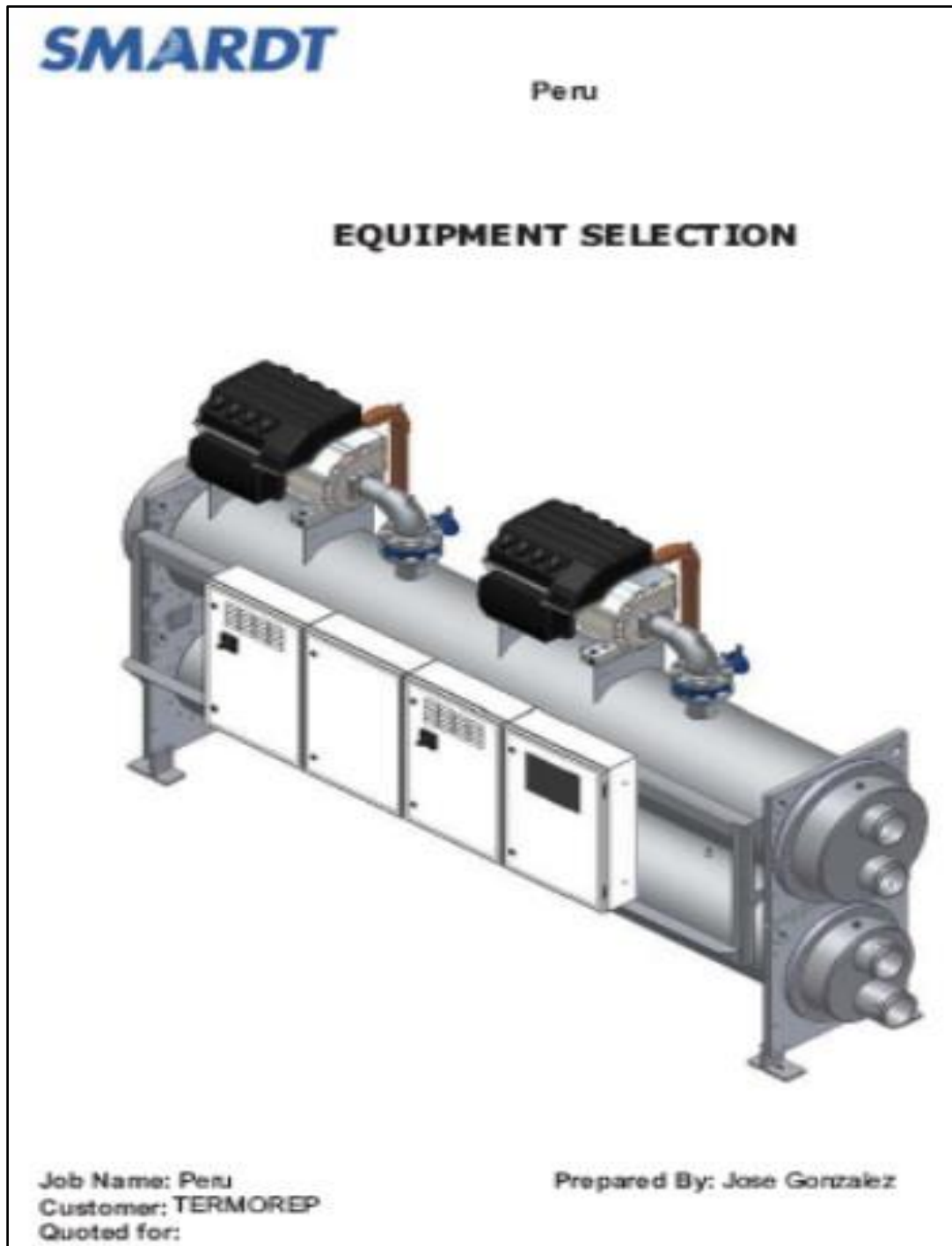
$$IPLV = EER_{100\%} \times 1\% + EER_{75\%} \times 42\% + EER_{50\%} \times 45\% + EER_{25\%} \times 12\%$$

Los condensadores enfriados por agua tienen la característica de ser un medio más eficiente de extraer el calor del refrigerante y permiten trabajar con presiones más bajas. Esto permite EER mayores a que si el mismo equipo sea enfriado por aire, pero se deberá tener en cuenta el mantenimiento preventivo de las torres de enfriamiento dado que implica mantener las condiciones del agua limpia y evitar que se formen incrustaciones minerales algas y colonias bacteriológicas.

Para chiller enfriados por agua el IPLV (valor integrado / aplicado de carga parcial) se calculó según el siguiente cuadro:

IPLV			
OAT ° F	LOAD %	TIME %	EER
95 (35AC)	100.00%	1.00%	0.7125
80 (26.7°C)	75.00%	42.00%	0.48
65 (18.3°C)	50.00%	45.00%	0.4
55 (12.8°C)	25.00%	12.00%	0.38
IPLV TOTAL = 0.43 Kw/Ton			

4.4 FICHA TÉCNICA DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA, MARCA SMART (INSTALADO)



PERFORMANCE INFORMATION

DESCRIPTION	CAPACITY	SMART MODEL#	
Centrifugal liquid chiller	160.0 Tons	WA062 2BG4 2 2N --V.KM0.001X.VABVAB.0000.TT.0S.00.0X	
Environmentally friendly HFC-134a refrigerant.			
Evaporator Data			
Fluid Type	Water	Fluid Type (%):	0%
Flow Rate	275.3 USGPM	Tube Material	Cu 0.025" Enhanced Surface
Entering Fluid Temp	56.0°F	Tube Wall Thickness	0.025 inch
Leaving Fluid Temp	42.0°F	Circuit number of passes	Two(2)
Fouling Factor	0.0001 h ft ² R/Btu	Constant speed flow min	315.3 USGPM
Pressure Drop	1.89 PSI	Variable speed flow min	210.2 USGPM
Condenser Data			
Fluid Type	Water	Fluid Type (%):	0%
Flow Rate	451.3 USGPM	Tube Material	Cu 0.025" Enhanced Surface
Entering Fluid Temp	88.0°F	Tube Wall Thickness	0.025 inch
Leaving Fluid Temp	98.3°F	Circuit number of passes	Two(2)
Fouling Factor	0.00025 h ft ² R/Btu	Constant speed flow min	292.2 USGPM
Pressure Drop	3.83 PSI	Variable speed flow min	194.8 USGPM
Physical Data			
Length(ft)	See product drawing	Weight (Shipping)	7511lbs
Width(ft)	See product drawing	Weight (Operating)	8537lbs
Height(ft)	See product drawing	Refrigerant Charge	594lbs
		Heaviest Component	3358
Equipment Details			
Capacity(TR)	160.0 Tons	Type of compressor	TT300-G4-1-ST-N-O-NC
Unit Power(kW)	114 kW	Full load Efficiency	0.713 kW/Ton
Number of compressors	2	Compressor Efficiency	0.712 kW/Ton
Compressor Power (kW) each	57 kW	IPLV/ NPLV	0.377 kW/Ton
Unit power characteristics			
Supply Power	460 V	MCA	225 A
Amps	159 A	MOCP	325 A

10.01.00

July 23, 2010

Fuente: Smardt

4.5 COSTO DE UTILIZAR UNA (01) TONELADA DE REFRIGERACION DURANTE UNA HORA DE UN SISTEMA TIPO CHILLER ENFRIADO POR AGUA (160 Ton).

- Según los datos técnico

$$KW/TR = 114.0 \text{ kw} / 160.00 \text{ TR}$$

$$KW/TR = 0.7125$$

Por cada Tonelada de refrigeración consumimos **0.7125 KW**.

✓ Calculando el Coeficiente de Eficiencia Energética:

$$EER = 160 \times 12000 \text{ (Btu/hr)} / 114000 \text{ Watts}$$

$$EER = 16.8$$

Para un costo de 0.09 US\$ (costo comercial EDELNOR) por Kw-hr tenemos.

$$\text{Costo} = \text{US\$ } 0.09 / \text{Kw-hr} \times 0.7125 \times 1 \text{ hr} = 0.064$$

$$\text{Costo} = \text{US\$ } 0,064 / \text{Hora}$$

4.6 FICHA TÉCNICA DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA, MARCA McQUAY (PROPUESTO)



Fuente: McQuay

CENTRIFUGAL CHILLER TECHNICAL DATA SHEET

DAIKIN McQUAY

Chiller-1 Magnetic Alt

Job Name: Alt- 2-CH-1

Date: 4/7/2019

Version: 06.51

Submitted By:

Unit Description:

McQuay Model Number: WMC150DSC13R/E2212-CE-2**/C2012-CLYY-2****/R134-AAABA

Approval: ETL Listed / ETL Listed to Canadian Safety Standards (ETL Label / ETLc Label)

Chiller Data:

Compressor: Type / Quantity - Size: Centrifugal / 2 - 150
Capacity (ton): 180.0
Capacity Control: VFD / Inlet guide vanes
Refrigerant: R134-a
Refrigerant Charge (lb): 800
Oil Cooler Type: None

Evaporator: Flow (gpm): 215.00
LWT(°F): 42.00
Number of Passes: 2
Fouling Factor (°F.ft².h/Btu): 0.00010
Tube Material: Cu
Tube Wall Thickness (in): 0.025
Percentage of Water: 100
Minimum Flow (gpm): (see note 3) 124.69

Condenser: Flow (gpm): 354.00
EWT(°F): 80.00
Number of Passes: 2
Fouling Factor (°F.ft².h/Btu): 0.00025
Tube Material: Cu
Tube Wall Thickness (in): 0.025
Percentage of Water: 100

Motor/Starter: Model Number: Included
Starter Type: VFD
Unit Voltage (V/Hz/Ph): 460/60 /3
Approval Listing: CA ETL, ETLc
Data Plate RLA per Unit(A): (see note 4) 108
Data Plate LRA per Compressor (A): 72
Enclosure Type: NEMA 1 gasketed
Starter Location: Terminal mounted
Disconnect Type: Non-fusible disconnect
Control Circuit Transformer: Without taps
Power Connection: Single point
Maximum Fuse Size (A): 175
Data Plate MCA(A): (see note 4) 121
Motor Protection: Standard
Ground Fault: None
Short Circuit Current Rating: Standard, (power panels only)
VFD Power Filters: None
ASHRAE 90.1 Compliancy: '04, '07 & '10

Design Performance rated at AHRI Condenser Relief:

Capacity (ton)	Input (kW)	Performance (kW/ton)	Operating			75% Load (kW/ton)	50% Load (kW/ton)	25% Load (kW/ton)	Evaporator		Condenser	
			RLA (A)	NPLV (kW/ton)					PD (ft H2O)	EWT (°F)	PD (ft H2O)	LWT (°F)
180.0	108.70	0.604	108	0.379		0.600	0.600	0.600	5.8	56.50	5.6	90.22

Unit Tag: Chiller-1 Magnetic Alt

© McQuay International 2019 www.mcquay.com

Page 1 of 2

McQuay
 International
 a member of DAIKIN group

CENTRIFUGAL CHILLER TECHNICAL DATA SHEET

DAIKIN McQUAY**Performance Points rated atARI Condenser Relief:**

Point #	%Load Request	Capacity (ton)	Input Power (kW)	Performance (kW/ton)	Operating RLA (A)	Evaporator				Condenser			
						Flow (gpm)	EWT (°F)	LWT (°F)	PD (ft H ₂ O)	Flow (gpm)	EWT (°F)	LWT (°F)	PD (ft H ₂ O)
1	100.0	180.0	108.70	0.604	108	215.00	56.50	42.00	5.8	354.00	80.00	90.22	5.6
2	75.0	135.0	81.00	0.600	68	215.00	52.87	42.00	5.8	354.00	72.50	79.90	5.8
3	50.0	90.0	54.00	0.600	37	215.00	49.25	42.00	5.9	354.00	65.00	69.79	6.0
4	25.0	45.0	27.00	0.600	17	215.00	45.62	42.00	5.9	354.00	65.00	67.37	6.0

Sound Data- Sound Pressure (dB) measured in accordance with AHRI 575

Load	A Weighted	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
100%	75.6	32.0	47.8	53.5	62.3	70.6	62.0	60.9	59.1
75%	72.4	32.0	47.1	52.5	57.9	67.4	58.6	60.1	54.2
50%	68.7	30.4	47.2	52.3	53.5	57.5	55.6	55.4	45.5
25%	68.0	30.6	47.3	52.7	52.4	63.6	56.2	54.0	45.0

Service Points rated atARI Condenser Relief:

Point #	Refrig. Charge (lb)	Data Plate LRAD (A)	PD Capacity (lb)	Superheat (degF)	Subcooling (degF)	Evaporator			Condenser		
						Temp (°F)	Pressure (psig)	Velocity (ft/s)	Temp (°F)	Pressure (psig)	Velocity (ft/s)
1	800.00	72	1,054.19	1.00	10.38	40.41	35.46	3.59	90.92	106.07	3.60
2	800.00	72	1,054.19	1.00	7.76	40.79	35.83	3.59	80.46	87.47	3.60
3	800.00	72	1,054.19	1.00	5.19	41.18	36.21	3.59	70.19	71.40	3.60
4	800.00	72	1,054.19	1.00	2.53	41.82	36.84	3.59	67.53	67.57	3.60

Certification:

The AHRI 60 hertz Certification Program covers models that:

- are rated up to 2500 tons (8790 kW cooling) at AHRI Standard Rating Conditions
- have voltages less than or equal to 5000 volts
- are within the scope of the Application Rating Conditions of the latest edition of AHRI Standard 550/590
- have a leaving chilled water temperature of 40 to 48 °F (4.4 to 8.9 °C)
- have an entering condenser water temperature of 65 to 105 °F (18.3 to 40.6 °C)

The AHRI Certification Program specifically excludes:

- chillers above 2500 tons (8790 kW cooling)
- chillers with voltages above 5000 volts
- secondary coolant ratings other than water (e.g. glycol ratings)

Notes:

1. Above RLA and MCA values are per Unit.
2. Performance kW values are total kW, unless noted otherwise.
3. Minimum flow is based upon standard condenser water relief and not increased lift due to constant condenser water temperature.
4. The field wiring must be sized in accordance with the MCA and not the RLA as some selections may be below the minimum required protection.

4.7 COSTO DE UTILIZAR UNA (01) TONELADA DE REFRIGERACION DURANTE UNA HORA DE UN SISTEMA TIPO CHILLER ENFRIADO POR AGUA (180 Ton).

- Según los datos técnico

$$KW/TR = 108.7 \text{ kw} / 180.00 \text{ TR}$$

$$KW/TR = 0.604$$

Por cada Tonelada de refrigeración consumimos **0.604 KW**.

- ✓ Calculando el Coeficiente de Eficiencia Energética:

$$EER = 180 \times 12000 \text{ (Btu/hr)} / 108700.00 \text{ Watts}$$

$$EER = 19.87$$

Para un costo de 0.09 US\$ (costo comercial EDELNOR) por Kw-hr tenemos.

$$\text{Costo} = \text{US\$ } 0.09 / \text{Kw-hr} \times 0.604 \times 1 \text{ hr} = 0.054$$

$$\text{Costo} = \text{US\$ } 0,054 / \text{ Hora}$$

COMPARACION COSTO DE TR EN US\$ POR SISTEMA

	CHILLER SMART (160 Ton)	CHILLER McQUAY (180 Ton)
US\$	0.064	0.054

4.8 COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA, MARCA SMARDT - 160 TR.

4.8.1 COSTOS OPERATIVOS DE CHILLER ENFRIADOS POR AGUA

El proyecto Sistema de climatización para el Hospital Regional de Lambayeque si fuera del Tipo enfriado por Agua sería como sigue:

Sala de Maquinas

- 1.- Un Chiller enfriado por Agua de 160.00ton (114Kw) Toneladas de refrigeración.
- 2.- Bombas Duales de 10 HP (7.45Kw) cada una, para el intercambiador de condensación.
- 3.- Bombas Duales de 15 HP (11.18Kw) cada una, para el intercambiador de enfriamiento.
- 4.- Torre de enfriamiento de 5HP (3.72Kw).

Área de Hospital

- 1.- Unidades manejadoras de aire en sectores A,B,C,D
 - UMA – 01, capacidad 30 TON (20 HP/15Kw)
 - UMA – 02, capacidad 17 TON (6HP/4.47Kw)
 - UMA – 03^a capacidad 12 TON (7.5HP/5.6Kw)
 - UMA- 03b1, UMA -03b2, UMA- 03b3, UMA -03b4, UMA -03b5 de 7.4 TON cada una. (1.5HP cada una). La potencia total de estas 05 UMAS es: 7.5 HP/5.6Kw
 - UMA- 04, capacidad 15 TON (10HP/7.45Kw)
 - UMA -05 capacidad 45 TON (30 HP/22.4Kw)
 - UMA -06 capacidad 5.5 TON (3HP/2.2Kw)

- Ton Total =131.9

Consumo total de las UMAS es de 62.72 Kw

	Cantidad	Unidad	Potencia (Kw)	Potencia Total (Kw)	Kw/Ton
Chiller enfriado por Agua 160 Ton	1	UND	114	114	0.71
Bombas duales para Agua Helada	1	UND	7.45	7.45	0.05
Bombas Duales para aire de condensación	1	UND	11.18	11.18	0.07

Torre de enfriamiento	1	UND	3.72	3.72	0.02
UMAS	1	GLB	62.72	62.72	0.47
199.07					
Eficiencia Energética total (Kw/Ton)					1.51
Factor de Servicio					0.70
Capacidad de enfriamiento Total (Ton)					131.9
Costo de energía eléctrica (US\$ / Kw-hr)					0.09
Operación promedio de 12 Hrs. diarias					12
Costo de energía eléctrica diario (US\$)					214.99
Costo de energía eléctrica Anual 365 días (US\$)					78473.39

4.8.2 COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO CHILLER ENFRIADOS POR AGUA 180 TR.

COSTOS OPERATIVOS DE CHILLER ENFRIADOS POR AGUA

El proyecto Sistema de climatización para el Hospital Regional de Lambayeque si fuera del Tipo enfriado por Agua sería como sigue:

Sala de Maquinas

- 1.- Un Chiller enfriado por Agua de 180.00 ton (108.70 Kw) Toneladas de refrigeración.
- 2.- Electrobombas dual para agua Helada, 10 HP (7.45Kw) cada una, para el intercambiador de condensación y de enfriamiento
- 3.- Torre de enfriamiento de 5HP (3.72Kw).

Área de Hospital

- 1.- Unidades manejadoras de aire en sectores A,B,C,D
 - UMA – 01, capacidad 30 TON (20 HP/15Kw)
 - UMA – 02, capacidad 17 TON (6HP/4.47Kw)
 - UMA – 03ª capacidad 12 TON (7.5HP/5.6Kw)
 - UMA- 03b1, UMA -03b2, UMA- 03b3, UMA -03b4, UMA -03b5 de 7.4 TON cada una. (1.5HP cada una). La potencia total de estas 05 UMAS es: 7.5 HP/5.6Kw

- UMA- 04, capacidad 15 TON (10HP/7.45Kw)
- UMA -05 capacidad 45 TON (30 HP/22.4Kw)
- UMA -06 capacidad 5.5 TON (3HP/2.2Kw)

- Ton Total =131.9

Consumo total de las UMAS es de 62.72 Kw

	Cantidad	Unidad	Potencia (Kw)	Potencia Total (Kw)	Kw/Ton
Chiller enfriado por Agua 180 Ton	1	UND	108.70	108.70	0.604
Electrobomba dual para agua Helada	1	UND	7.45	7.45	0.05
Torre de enfriamiento	1	UND	3.72	3.72	0.02
UMAS	1	GLB	62.72	62.72	0.47
182.59					
Eficiencia Energética total (Kw/Ton)					1.38
Factor de Servicio					0.70
Capacidad de enfriamiento Total (Ton)					131.9
Costo de energía eléctrica (US\$ / Kw-hr)					0.09
Operación promedio de 12 Hrs. diarias					12
Costo de energía eléctrica diario (US\$)					197.20
Costo de energía eléctrica Anual 365 días (US\$)					71976.98

4.9 AHORRO ECONOMICO INSTALANDO SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON CHILLERS DE LA MARCA SMARDT (160 Ton) A UN CHILLER DE LA MARCA McQUAY (180 Ton) ENFRIADO POR AGUA.

	Costo operativo anual (UD\$)	Años	Costo Operativo Total (US\$)
Sistema de AA con Chiller enfriado por Aire – MARCA SMARDT, 160 ton	78473.39	1	78473.39
Sistema de AA con Chiller enfriado por Agua – MARCA McQUAY, 180 ton	71976.98	1	71976.98
Ahorro económico anual			6496.41

4.10 POTENCIA ELECTRICA INSTALADA UTILIZANDO EL NUEVO SISTEMA CHILLERS ENFRIADO POR AGUA.

El presente cuadro de cargas eléctricas incluye todo el equipamiento de Aire Acondicionado y ventilación mecánica si ampliáramos la capacidad de enfriamiento del Hospital de 160.0 Ton a 180 Ton.

4.10.1 CUADRO DE CARGAS ELÉCTRICAS HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE

FECHA: 02/09/2019

EQUIPO	CAP.	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
CHILLER	160.0 TON	TURBORCOR	SMARDT	1	460v/3f/60Hz	114.00
BOMBAS DUALES PARA AGUA HELADA	275 GPM	DUAL	ARMSTRONG	1	380v/3f/60Hz	7.45
BOMBAS DUALES PARA AGUA DE CONDENSACIÓN	451 GPM	DUAL	ARMSTRONG	1	380v/3f/60Hz	11.80
TORRE DE ENFRIAMIENTO	160.0 TON	INDUCIDO	PROTEC	1	380v/3f/60Hz	3.72
UMA - 01	30 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	15.00
UMA - 02	17 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	4.47
UMA - 03A	12 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	5.60
UMA - 03B1, UMA - 03B2, UMA - 03B3, UMA - 03B4, UMA - 03B5	7.4 TON c/u	HORIZONTAL	TRANE	5	380v/3f/60Hz	5.60
UMA- 04	15 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	7.45
UMA - 05	45 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	22.40
UMA - 06	5.5 TON	HORIZONTAL	TRANE	1	380v/3f/60Hz	2.20
TOTAL 1						199.69

EQUIPOS DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
URE - 01	2000 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.55
URE - 02	1800 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.55
URE - 03	2400 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
URE - 04	2400 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
URE - 05	4500 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	2.23
					TOTAL 2	4.83

EQUIPOS DE VENTILACIÓN CON ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
UVE - 03	1150 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.37
UVE - 04	3400 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.11
UVE - 05	1840 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.11
UVE - 06	1400 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
UVE - 07	5000 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	2.23
UVE - 08	2200 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
UVE - 09	4890 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	3.72
					TOTAL 3	10.04

EQUIPOS DE VENTILACIÓN						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
UVE - 01	745 CFM	EN GABINETE	COOK	1	115v/1f/60Hz	0.5
UVE - 02	290 CFM	EN GABINETE	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.4
VEH - 01	21900 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	3.72
VEH - 02	3850 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
VEH - 03	5150 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.11
VEH - 04	3930 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.11
VEH - 05	2600 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.37
VEH - 06	370 CFM	HONGO	COOK	1	115v/1f/60Hz	0.11
VEH - 07	1750 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.37
VEH - 08	1200 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.118
VEH - 09	1000 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.24
VEH - 10	751 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.44
VEH - 11	3800 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.75
VEH - 12	3600 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.55
VEH - 13	3460 FM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	0.55
VEH - 14	5300 CFM	HONGO	COOK	1	230v/1f/60Hz	1.11
					TOTAL 4	13.198

EQUIPOS DE VENTILACIÓN PARA PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
VP - 01, 02, 03 Y 04	3300 CFM	CENTRIFUGO	COOK	4	230v/1f/60Hz	3.00
TOTAL 5						3.00

CAJAS DE VOLUMEN VARIABLE						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
CWV	th 500	MOTORIZADA	METALAIRE	92	230/1f/60Hz	36.8
TOTAL 6						36.8

RESISTENCIAS DE RECALENTAMIENTO						
EQUIPO	CAPACIDAD	TIPO	MARCA	CANT.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	POTENCIA ELÉCTRICA - KW
RESISTENCIAS ELÉCTRICAS	-----	-----	-----	10	230/1f/60Hz	15.05
TOTAL 7						15.05

POTENCIA TOTAL (KW)	282.61
---------------------	--------

Fuente: Elaboración Propia

Según el cuadro de cargas eléctricas con chillers enfriado por agua y todo el equipamiento de aire acondicionado y ventilación estamos por debajo de potencia eléctrica contratada incluida potencia por emergencia (334 KW), según cuadro N°2.

Cuadro N^o2 CUADRO DE ENERGIA ELECTRICA

POTENCIA CONTRATADA DISPONIBLE INCLUIDO EMERGENCIA (KW)	POTENCIA A UTILIZAR CON EQUIPOS DE HVAC (KW)
334	282.61
AHORRO ELÉCTRICO (KW)	51.39

4.11 IDENTIFICACION DE UMAS SEGÚN LAS AREAS QUE ACONDICIONA INSTALANDO UN CHILLERS DE 180 TON

EQUIPO	CANT.	CAPACIDAD	POTENCIA ELÉCTRICA - KW	AREAS Y SECTORES QUE ACONDICIONADO	OBSERVAC IONES
UMA - 01	1	30 TON	15.00	Almacén de Farmacia (eje J-21), Trauma shock, preparación y ambientes anteriores del proyecto inicial en sector A y B primer piso	Según Proyecto inicial
UMA - 02	1	17 TON	4.47	Auditorio, segundo piso sector D	Según Proyecto inicial
UMA - 03A	1	12 TON	5.60	Sala de partos y prelavado instrumental ubicadas en sector C y B respectivamente	Se dividió UMAS
UMA - 03B1, UMA - 03B2, UMA - 03B3, UMA - 03B4, UMA - 03B5	5	7.4 TON c/u	5.60	Para 05 salas de operaciones, una UMA por sala, ubicado en el sector B segundo piso.	En estas áreas de operaciones se está instalando UMAS independientes para cada sala
UMA- 04	1	15 TON	7.45	Ambientes anteriores al	Según Proyecto inicial

				proyecto inicial en sector C y E	
UMA - 05	1	45 TON	22.40	Hospitalización 3 y 4 piso	Según Proyecto inicial
UMA - 06	1	5.5 TON	2.20	48 consultorios, en primer piso Sector D	UMA ADICIONAL
TOTALES		161.5 TON	62.72		

4.12 CUADRO RESUMEN QUE SUSTENTA LA AMPLIACIÓN DE SISTEMA CHILLER ENFRIADO POR AGUA – MARCA SMARDT (160 TON) A CHILLER – MARCA MCQUAY (180 TON)

DESCRIPCIÓN	CHILLER SMARDT	CHILLER MCQUAY
	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo eléctrico del Chiller de Proyecto 114.0 Kw - Vida útil en conjunto (Chiller y Torre) mayor a 10 años. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo Eléctrico del Chiller en propuesta 108.7 Kw. - Vida útil Mayor a 12 años.
	- Su eficiencia energética es 1.51	- Su eficiencia energética 1.38
	<ul style="list-style-type: none"> - Este chiller de proyecto no respalda climatizar áreas que según normas para Hospitales deben de acondicionarse (SALA DE OPERACIONES – 2° PISO / ZONA B). 	<ul style="list-style-type: none"> - Con este nuevo chillers se está acondicionado 1070 m2 (48 consultorio) ubicados en el primer piso sector D. Además, se climatizará el área de farmacia (63 m2), Trauma shock (53m2) Almacenaje (52m2) y el área de preparación (40 m2). Donde se

<p>RESUMEN DE SUSTENTO PARA AMPLIACIÓN DE CARGA DE ENFRIAMIENTO</p>	<p>- Chiller detenido por falta de mantenimiento</p>	<p>requiere una capacidad adicional de 38.74 Ton.</p> <p>- Se están Respaldando las (05) cinco salas de operaciones con su respectivo equipo de aire acondicionado, evitando el riesgo de contaminación entre salas.</p>
	<p>- Se utiliza dos compresores, ante una eventual falla de un compresor el otro ingresaría y atendería las zonas críticas de acondicionamiento constante.</p> <p>- Consumo de energía a cargas parcial (IPLV=0.377).</p>	<p>- Se utiliza dos compresores, ante una eventual falla de un compresor el otro ingresaría y atendería las zonas críticas de acondicionamiento constante.</p> <p>- Consumo de energía a cargas parcial (IPLV=0.379).</p>
	<p>- El consumo eléctrico del chiller es de 199.07 KW</p>	<p>- El consumo eléctrico del chiller es de 182.59 KW, no supera el consumo eléctrico contratado de 311.44kw, al contrario, disminuye del proyecto inicial.</p>
	<p>- El costo del proyecto inicial fue un aproximado de \$45429.29</p>	<p>- El costo de la ampliación de capacidad de enfriamiento es el 10% del proyecto inicial.</p>

Fuente: Elaboración Propia

4.13 CÁLCULO DE LOS COSTOS TOTALES DEL PROYECTO

4.13.1 COSTOS DE FABRICACIÓN

4.13.1.1 COSTOS DIRECTOS

a) Equipos de Aire acondicionado

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO UNITARIO (\$)
5	Resistencias Eléctricas – CBK – WARREN (\$197 C/U)	985.00
9	Cajas de Volumen variable – METALAIRE (\$200 C/U)	\$ 1800.00
20	Extractores de Aire – LOREN COOK (\$2000 C/U)	\$ 40000.00
6	Equipos de Presurización de escaleras y ventilación – Centrífugo y en Gabinete – LOREN COOK (\$1850.78 C/U)	\$ 11104.68
7	Equipos de Enfriamiento Evaporativo – En gabinete – LOREN COOK (\$411 C/U)	\$ 2877.00
4	Bombas para Agua fría y condensación – ARMSTRONG Y PROTEC (\$340 C/U)	\$ 1360.00
1	Chiller – Turbocor - SMARDT	\$ 4200.00
11	Unidades manejadoras de aire (UMA'S) – Horizontal – TRANE (\$3700 C/U)	\$ 40700.00
5	Unidades recuperadoras de Energía – En gabinete – LOREN COOK (\$3450 c/u)	\$ 17250.00
2	Unidad Split de Aire acondicionado – Decorativo – YORK (\$1200 C/U)	\$ 2400.00
	TOTAL	\$ 121,691.68

Fuente: Elaboración Propia

b) Materias primas y materiales directos

Para calcular el número total de láminas galvanizado que se necesitan para el sistema tanto de inyección como de ventilación se procede a calcular la dimensión de los ductos a instalar, tomando en cuenta que cada lamina es de 3 x 1 yarda

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
30	Lámina Galvanizada calibre 26 3x1 yarda	\$16.00	\$480.00
80	Fibra de vidrio flexible (1 x 4 pies)	\$2.00	\$160.00
10	Angulo de Hierro 1½ x 1½ 6 mts	\$18.00	\$180.00
TOTAL			\$820.00

Fuente: Elaboración propia

Se ha tomado en cuenta un factor de seguridad del 15% debido a las pérdidas que se pueden producir en el proceso de fabricación de los ductos.

Es necesario colocar un revestimiento de lana de vidrio flexible en los ductos del sistema de inyección, este se coloca al interior o exterior, se utiliza en sistemas de transporte de ventilación y aire acondicionado debido a que se necesita disminuir la transferencia de calor del aire interior del ducto al medio ambiente, evitar la condensación de la humedad relativa del medio, y con esto evitar la corrosión del ducto metálico en los ductos del sistema de retorno esto no es necesario. La fibra de vidrio presenta las siguientes características.

ESPECIFICACIONES:

Dimensiones:

- 15.24 mts. x 1.22 mts. x 1 1/2" de espesor. (18,58 m2.)
- 30,48 mts. x 1,22 mts. x 1 1/2" de espesor. (37,16 m2).

Composición:

Lana de vidrio en rollos de textura uniforme con barrera de vapor tipo FRK, foil de aluminio reforzado con hilos de vidrio y papel Kraff.

Referencia Térmica R:

R=1.044 °C m2/w: 5.80 (Hr. °F ft2/Btu).

Conductividad Térmica:

$K = 0.039 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ a 24°C es decir $0.260 \text{ btu/hr. Ft}^2$ ($^\circ\text{F/in}$) a 75°F .

Beneficios:

Garantiza la no condensación de la humedad relativa del aire sobre el ducto, evitando el proceso corrosivo de la lámina metálica, cuando el fluido del aire transportado tiene una temperatura inferior a la del medio ambiente;

Eliminando así la posibilidad de llegar a la temperatura del punto de rocío.

c) Mano de obra directa

COSTO MENSUAL DEL PERSONAL TÉCNICO			
NOMBRE DEL CARGO	NÚMERO DE PERSONAS	ASIGNACIÓN MENSUAL (\$)	TOTAL (\$)
Técnico en ventilación	1	1000	1000.00
Electricista	1	400	400.00
Albañil	1	300	300.00
Hojalatero	1	400	400.00
Ayudante	2	250	500.00
TOTAL MANO DE OBRA			\$ 2600.00

4.13.2 GASTOS DE FABRICACIÓN

a) Repuestos

Repuestos = costo de equipo x 0.01 USD
= $37,629 \times 0.01$
= 376.29

b) Mano de obra indirecta

NOMBRE DEL CARGO	NÚMERO DE PERSONAS	ASIGNACIÓN MENSUAL	TOTAL
VODEGUERO	1	300	300.00
VIGILANTE	1	300	300.00
TOTAL MANO DE OBRA			\$ 600.00

c) Útiles de aseo y seguridad

- Costo = \$ 30.00

d) maquinaria y equipos

- Elevador portátil = \$80/día

- Se alquilará por 5 días

5 días = $5 \times 80 = \$400$

4.13.3 GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

MANO DE OBRA ADMINISTRATIVA

PERSONAL ADMINISTRATIVO			
NOMBRE DEL CARGO	NÚMERO DE PERSONAS	ASIGNACIÓN MENSUAL	TOTAL (\$)
SECRETARIA	1	400	400.00
TOTAL MANO DE OBRA			400.00

ÚTILES DE OFICINA

- Costo = \$50.00 USD

RESUMEN DE GASTOS

A continuación, se presenta un resumen de todos los gastos involucrados en el desarrollo del proyecto inicial en la siguiente tabla:

COSTOS DEL PROYECTO			
	COSTOS DE FABRICACIÓN	VALOR	SUBTOTAL
A	COSTOS DIRECTOS (\$)		
	Equipos Tipo Paquete	121691.68	125,111.68
	Materias primas y Materiales Directos	820.00	
	Mano de obra directa	2600.00	
	GASTOS DE FABICACIÓN (\$)		
	Repuestos	376.29	

B	Útiles de aseo y seguridad	50.00	1556.29
	Mano de obra indirecta	600.00	
	Maquinaria, equipo	400.00	
	Otros costos de fabricación	130.00	
C	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN (\$)		
	Sueldos y Salarios	400.00	700.00
	Útiles de oficina	50.00	
	Agua, Luz y comunicaciones	150.00	
	Otros gastos de administración	100.00	
TOTAL			\$ 127,367.97

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE POR MÉTODO CLTD Y CLF.

5.1.1 QUIRÓFANO 1

5.1.1.1 CARGA SOLAR (VIDRIOS)

El hospital Regional de Lambayeque cuenta con un área destinada a las operaciones quirúrgicas (2° Piso - B) dónde se realizan intervenciones muy importantes para la salud humana. Cuenta con ventanas en las puertas (interior y exterior) de 3.23 pie², y se encuentra en la pared N° 02 (Ver ANEXO 03). Ver figura 8, 9 y 10.



Fig. 11 Sala de Operaciones N° 01



Fig. 12 Puerta exterior - Sala de Operaciones N°01



Fig. 13 Sala de Operaciones N°01 - Quirófano

- **Vidrios Pared NOROESTE (NW) - CLTD:**

DATOS:

$$A_{sol} = (0.40 \times 0.75m) = 0.30 m^2 = 3.22 pie^2; A_{som} = 0$$

$$U = 6.30 W/m^2 \cdot ^\circ C = 1.108 BTU/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$$

$$CLTD_{corr} = (CLTD + (78 - TR) + (T_o - 85))$$

Se calcular CLTD (15h):

Haciendo la interpolación tenemos:

Hora		CLTD
14	→	13
15	→	X
16	→	14

Luego: $(15-14)/(16-15) = (X-13)/(14-X)$

$$X = 13.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$TR = 68 \text{ }^{\circ}\text{F}$ & $T_o = 69.8$

AHORA CALCULAMOS CLTD corr.

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_{\text{corr}} &= (\text{CLTD} + (78-TR) + (T_o-85)) \\ &= 13.5 + (78-68) + (69.8 - 85) \\ &= 8.3 \text{ }^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Por último, calculamos la carga por conducción a través de la ventana

$$Q_{SL} = U \times A_{SL} \times \text{CLTD}_{\text{Corr}}$$

$$Q_{SL} = 1.108 \text{ BTU/ h. pie}^2 \cdot ^{\circ}\text{F} \times 3.22 \text{ pie}^2 \times 8.3 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q_{SL} = 29.612 \text{ BTU/h}$$

- **Vidrios Pared NOROESTE (NW) - CLF:**

Cálculo de la carga por radiación a través de la ventana

DATOS:

$$A_{\text{Ventana}} = (0.40 \times 0.75 \text{ m}) = 0.30 \text{ m}^2 = 3.22 \text{ pie}^2$$

$$SC = 1$$

$$CLF_{15h, NW} = 0.52$$

Para calcular SHGF (6° - NW):

Con la ayuda de las tablas (Ver ANEXO 02) interpolamos para el mes de agosto con hora

Solar 12:00 pm, 16° y 24°, luego obtenemos o siguiente:

Latitud		SHGF
6	→	X
16	→	145
24	→	229

Haciendo la interpolación tenemos:

$$(16-6)/(24-16) = (145-X)/(229-145)$$

$$X=40 \text{ W/m}^2 = 12.68 \text{ BTU/h.pie}^2$$

$$\text{Entonces: } SGHF_{\text{agosto, NW}} = 12.68 \text{ BTU/h*ft}^2$$

Por último, calculamos la carga por Radiación a través de la ventana

$$Q_{vr} = A \times SC \times SHGF \times CLF$$

$$Q_{vr} = 3.22 \text{ pie}^2 \times 1 \times 12.68 \text{ BTU / h.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 0.52$$

$$Q_{vr} = 21.231 \text{ BTU/h}$$

5.1.1.2 CARGA POR BARRERAS - CLTD

5.1.1.2.1 BARRERAS EXTERIORES

- Pared Suroeste

Radiación incidente (I_t) y ángulos solares

$ET = -3,6 \text{ min}$ ---> agosto (tabla 13)

$LSM = 3:00 \text{ pm} = 15 \text{ h}$

$LSM = 75$ oeste, PERÚ.

$LON = 79.84$

$L = 6.77$

$\partial = 11,8^\circ$ (tabla 13)

$\Sigma = 90^\circ$

$\rho_g \text{ Asfalto nuevo} = 0,05$ (tabla 14)

Hora solar aparente (AST)

$AST = LST + ET/60 + (LSM - LON)/15 \text{ [Horas]}$

$AST = 15 + (-3,6/60) + (75 - 79,84)/15 = 14.6173 \text{ [Horas]}$

Hora regular (H)

$H = 15 * (AST - 12) \text{ [Grados]}$

$H = 15 * (14,6173 - 12) = 39.2595^\circ$

Altitud solar β

$$\text{Sen}\beta = \text{Cos}L * \text{Cos}\delta * \text{Cos}H + \text{Sen}L * \text{Sen}\delta \text{ [Grados]}$$

$$\beta = \text{Sen}^{-1}(\text{Cos } 6.77^\circ * \text{Cos } 11.8^\circ * \text{Cos } 39.2595^\circ + \text{Sen } 6.77^\circ * \text{Sen } 11.8^\circ)$$

$$\beta = 50.96^\circ$$

Azimut solar Φ

$$\text{Cos}\Phi = (\text{Sen}\beta * \text{Sen}L - \text{Sen}\delta) / (\text{Cos}\beta * \text{Cos}L) \text{ [Grados]}$$

$$\Phi = \text{Cos}^{-1}((\text{Sen } 50.96 * \text{Sen } 6.77 - \text{Sen } 11.8) / (\text{Cos } 50.96 * \text{Cos } 6.77)) = 100.40^\circ$$

Azimut sol-superficie γ

$$\gamma = \Phi - \psi \text{ [Grados]}$$

$$\gamma = 100.40^\circ - 45^\circ = 55.40^\circ$$

Ángulo de incidencia θ

$$\text{Cos}\theta = \text{Cos}\beta * \text{Cos}\gamma * \text{Sen}\Sigma + \text{Sen}\beta * \text{Cos}\Sigma \text{ [Grados]}$$

$$\theta = \text{Cos}^{-1}(\text{Cos } 50.96^\circ * \text{Cos } (55.40^\circ) * \text{Sen } 90^\circ + \text{Sen } 50.96^\circ * \text{Cos } 90^\circ)$$

$$\theta = 69.043^\circ$$

RADIACIÓN DIRECTA NORMAL (E_{DN})

$$\text{Como } \beta = 50.96^\circ > 0$$

$$E_{DN} = \left(\frac{A}{\text{e}^{\left(\frac{B}{\text{sen}\beta} \right)}} \right) * CN \rightarrow \text{"tabla 13"} \quad [Wm^2 \text{ ó } BTU/h * ft^2]$$

$$E_{DN} = \left(\frac{351}{e^{\left(\frac{0.182}{\sin 50.96} \right)}} \right) * 1 = 277.6783569 \text{ BTU/h*ft}^2 = 875.9624 \text{ W/m}^2$$

RADIACIÓN DIRECTA A LA SUPERFICIE (E_D):

$$\text{Como } \cos \theta = 0,358 > 0$$

$$E_D = E_{DN} * \cos \theta \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_D = 875.9624 * 0.358 = 313.303 \text{ W/m}^2$$

RADIO (Y) DE CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE VERTICAL A CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE HORIZONTAL.

$$\text{Como } \cos \theta = 0,358 > -0,2$$

$$Y = 0,55 + 0,447 * \cos \theta + 0,313 * \cos^2 \theta$$

$$Y = 0,55 + 0,447 * \cos 69.043^\circ + 0,313 * \cos^2 69.043^\circ = 0.750$$

RADIACIÓN DIFUSA (E_d)

Superficies verticales

$$E_d = C * Y * E_{DN} \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_d = 0,134 * 0.750 * 875.9624 = 88.034 \text{ W/m}^2$$

Superficies no verticales

$$E_d = 0, \text{ no hay superficies inclinadas } [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

Radiación reflejada en el suelo

$$E_r = E_{DN} * (C + \text{Sen} \beta) * \rho_g (1 + \text{Cos} \Sigma) / 2 \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h \cdot ft^2]$$

$$E_r = 875.9624 * (0.134 + \text{Sen } 50.96^\circ) * 0.05 (1 + \text{Cos } 90^\circ) / 2 = 193944 \text{ W} / m^2$$

Radiación total en la superficie

$$E_t = E_D + E_d + E_r \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h \cdot ft^2]$$

$$E_t = (313.303 + 88.034 + 19.944) \text{ W} / m^2$$

$$E_t = 421.281 \text{ W} / m^2$$

Cálculo de carga – Pared Suroeste (SW)

$$A = 3.00m * 5.64m = 16.92 \text{ m}^2 = 182.13 \text{ pie}^2$$

$$U_{\text{Ladrillo y revoque}} = 0.137 \text{ BTU} / \text{h. pie}^2. ^\circ\text{F}$$

$$v_{\text{aire}} = 9.4 \text{ m/s}$$

$$\alpha_{\text{colores claros}} = 0.35$$

$$T_E = 24^\circ\text{C}$$

$$T_L = 18^\circ\text{C}$$

$$h_0 = 5.62 + 3.9 * v_{\text{aire}} \quad [W/m^2 * ^\circ\text{C}]$$

$$h_0 = 5.62 + 3.9 * (9.4 \text{ m/s}) = 42.28 \text{ W} / m^2 * ^\circ\text{C}$$

$$Q_{2NW} = U * A \times \text{CLTD}$$

$$Q_{2NW} = 0.137 \times 182.77 \times 49.06 = 1228.437 \text{ BTU} / \text{h}$$

Ahora se suma la placa de concreto de las columnas

$Q_{sc} = U \times A_{\text{Columna}} \times CLTD$ (Ver anexo 7, tabla de transferencia interna, CLTD y área de columnas distribuidas por quirófano).

$$= 0.432 \text{ BTU / h. pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 9.69 \text{ pie}^2 \times 12.8$$

$$= 53.852 \text{ BTU / h}$$

Carga a través de la pared Suroeste total = 1277.718 BTU / h

- **Pared Noreste**, no genera carga calorífica debido a que se encuentra compartiendo ambientes climatizados interiores
- **Techo (superficie horizontal)**

Radiación incidente (I_t) y ángulos solares

$$ET = -3,6 \text{ min (agosto)}$$

$$LSM = 3:00 \text{ pm} = 15 \text{ h}$$

$$LSM = 75^\circ \text{ oeste, Perú}$$

$$LON = 79.84 \text{ (Longitud local)}$$

$$L = 6.77$$

$$\theta = 11,8^\circ$$

$$\Sigma = 15^\circ \text{ (inclinación del techo)}$$

$$\rho_g \text{ Asfalto nuevo} = 0,05$$

Hora solar aparente (AST)

$$AST = LST + ET60 + (LSM - LON)15 \text{ [Horas]} \text{ (Ec.2.5)}$$

$$AST = 15 + -3,6/60 + (75 - 75,4)/15 = 14,91 \text{ [Horas]}$$

Hora regular (H)

$$H = 15 * (AST - 12) \text{ [Grados]}$$

$$H = 15 * (14,617 - 12) = 39.255^\circ$$

Altitud solar β

$$\text{Sen}\beta = \text{Cos}L * \text{Cos}\partial * \text{Cos}H + \text{Sen}L * \text{Sen}\partial \text{ [Grados]}$$

$$\beta = \text{Sen}^{-1}(\text{Cos } 6.77^\circ * \text{Cos } 11.8^\circ * \text{Cos } 39.255^\circ + \text{Sen } 6.77^\circ * \text{Sen } 11,8^\circ)$$

$$\beta = 50.968^\circ$$

Azimut solar Φ

$$\text{Cos}\Phi = (\text{Sen}\beta * \text{Sen}L - \text{Sen}\partial) / (\text{Cos}\beta * \text{Cos}L) \text{ [Grados]}$$

$$\Phi = \text{cos}^{-1} ((\text{Sen } 50.968 * \text{Sen } 6.77 - \text{Sen } 11,8) / (\text{Cos } 50.968 * \text{Cos } 6.77)) = 100.403^\circ$$

Azimut sol-superficie γ

$$\gamma = \Phi - \psi \text{ [Grados]}$$

$$\gamma = 100.403^\circ - 45^\circ = 55.403^\circ$$

Ángulo de incidencia θ

$$\cos\theta = \cos\beta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\Sigma + \sin\beta \cdot \cos\Sigma \quad [\text{Grados}] \quad (\text{Ec.2.5.5})$$

$$\theta = \cos^{-1} (\cos 50.968^\circ \cdot \cos (55.403^\circ) \cdot \sin 15^\circ + \sin 50.968^\circ \cdot \cos 15^\circ)$$

$$\theta = 32.555^\circ$$

RADIACIÓN DIRECTA NORMAL (EDN) Como $\beta = 50.968^\circ > 0$

$$EDN = \left(\frac{A}{B \cdot e^{\left(\frac{A}{B} \right) \sin\beta}} \right) \cdot CN \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h \cdot ft^2]$$

$$EDN = \left(\frac{351}{0.182 \cdot e^{\left(\frac{351}{0.182} \right) \sin 50.968^\circ}} \right) \cdot 1 = 277.686 \text{ } BTU/h \cdot ft^2 = 875.987 \text{ } W / m^2$$

RADIACIÓN DIRECTA A LA SUPERFICIE (ED):

$$\text{Como } \cos\theta = 0.843 > 0$$

$$ED = EDN \cdot \cos\theta \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h \cdot ft^2]$$

$$ED = 875.987 \cdot \cos 32.555^\circ = 738.348 \text{ } W / m^2$$

RADIO (Y) DE CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE VERTICAL A CIELO DIFUSO EN SUPERFICIE HORIZONTAL.

$$\text{Como } \cos\theta = 0.843 > -0.2$$

$$Y = 0.55 + 0.447 \cdot \cos\theta + 0.313 \cdot \cos^2\theta$$

$$Y = 0.55 + 0.447 \cdot \cos 32.555^\circ + 0.313 \cdot \cos^2 32.555^\circ = 1.149^\circ$$

RADIACIÓN DIFUSA (E_d)

Superficies verticales

$$E_d = C * Y * E_{DN} \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_d = 0$$

Superficies no verticales

$$E_d = C * E_{DN} * (1 + \cos \Sigma) / 2 \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_d = 0,134 * 875.987 * (1 + \cos 15^\circ) / 2 \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_d = 115,382 \text{ W} / m^2$$

Radiación reflejada en el suelo

$$E_r = (E_{DN} * (C + \sin \beta) * \rho_g (1 + \cos \Sigma)) / 2 \quad [W/m^2 \text{ ó } BTU/h*ft^2]$$

$$E_r = (875.987 * (0,134 + \sin 50.968^\circ) * 0,05 * (1 + \cos 15^\circ)) / 2 = 39.123 \text{ W} / m^2$$

Radiación total en la superficie

$$E_t = E_D + E_d + E_r \quad [W / m^2 \text{ ó } BTU / h*ft^2]$$

$$E_t = (738.348 + 115.382 + 39.213) \text{ W} / m^2 = 892.843 \text{ W} / m^2$$

Cálculo de carga

Se debe tener en cuenta que el techo de esta área consta de dos partes, un techo metálico que se da a la intemperie y el cielo raso que se encuentra aislado a una distancia aproximada del techo de 2m; para simplificar el cálculo de ganancia de calor se asume que la temperatura del aire en el espacio entre el cielo raso y el techo es igual a la del aire exterior.

$$A=415.85 \text{ pie}^2$$

$$U_{Dry\ wall+ais}=0.66 \text{ BTU/h.pie}^2\text{.}^{\circ}\text{F}$$

$$v_{aire}=9.4 \text{ m / s}$$

$$\alpha_{colores\ claros}=0,35$$

$$T_E=24^{\circ}\text{C}$$

$$T_L=18^{\circ}\text{C}$$

$$h_0=5,62+3,9*v_{aire} \text{ [Wm}^2\text{*}^{\circ}\text{C} \text{]}$$

$$h_0=5,62+3,9*9.4 \text{ m / s} = 42.28 \text{ W / m}^2\text{*}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{2Techo}=U \times A \times \text{CLTD techo}$$

$$Q_{2Techo}=0.66 \text{ BTU/h.pie}^2\text{.}^{\circ}\text{F} \times 415.85 \text{ pie}^2 \times 56.14 \text{ }^{\circ}\text{F} = 15408.241 \text{ BTU/ h}$$

5.1.1.2.2 CARGA POR BARRERAS INTERIORES

- **Pared Sureste (SE) - CLTD**

Al lado de este quirófano se encuentra ubicado el cuartó de aseo el cual no esta climatizado, ya que en solo se requiere un sistema de extracción para cumplir sus condiciones de diseño. Las demás paredes no tienen transferencia de calor debido a que son parte del área de quirófanos.

$$A=228.30 \text{ pie}^2$$

$$U_{muro\ de\ 7"}=0.212 \text{ BTU/ h.pie}^2\text{.}^{\circ}\text{F}$$

$$T_E=24^{\circ}\text{C} = 75.2 \text{ F}^{\circ}$$

$$T_L=18^{\circ}\text{C} = 64.4 \text{ F}^{\circ}$$

$$Q_{po\ Int} = U \cdot A \cdot CLTD \text{ pared sureste (Anexo 7)}$$

$$Q_{po\ Int} = 0.212 \text{ BTU/ h.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 228.30 \text{ pie}^2 \times 12.8$$

$$Q_{po\ Int} = 619.515 \text{ BTU/h}$$

Ahora se suma a las placas de concreto de las columnas

$$Q_c = U \cdot A \cdot CLTD \text{ columnas (VER ANEXO 7)}$$

$$Q_c = 0.511 \text{ BTU/ h.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 24.22 \text{ pie}^2 \times 12.8$$

$$Q_c = 25.176 \text{ BTU/ h}$$

Luego se suma para calcular la carga térmica a través de la pared sureste (SE)

$$Q_{po\ total} = (619.515 + 25.176) \text{ BTU / h}$$

$$Q_{po\ total} = 644.691 \text{ BTU / h}$$

- **Piso**

$$A = 415.85 \text{ pie}^2$$

$$U_{concreto \text{ pesado de 6in con aislamiento de 1 a 2 in}} = 0.192 \text{ BTU / h.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$T_E = 24^\circ\text{C} = 75.2 \text{ F}^\circ$$

$$T_L = 18^\circ\text{C} = 64.4 \text{ F}^\circ$$

$$Q_{PS\ Int} = U \cdot A \cdot CLTD \text{ piso (ANEXO 7)}$$

$$Q_{PS\ Int} = 0.192 \text{ BTU / h.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 415.85 \text{ pie}^2 \times 12.8$$

$$Q_{PS\ Int} = 1021.992 \text{ BTU / h}$$

5.1.1.3 CARGA POR LUCES

- ***Las lámparas fluorescentes***

$$N_{Lam.F}=8 \text{ Y}$$

$$W_f=32 \text{ W} ; q_1 = 32 \times 8 = 256 \text{ w}$$

$$F_u=1$$

$CLF=1$ (luces solo se encienden cuando el equipo de aire acondicionado esta en funcionamiento).

- ***Las lámparas cialiticas***

$$N_{Lam.C}=2 ; W_{F,C}=200 \text{ W}$$

$$F_u=2 \text{ cialitica encendida} / 2 \text{ cialiticas existentes}=1$$

$$CLF=1$$

$$Q_3 = Q_{3L} + Q_{3F} + Q_{3N}$$

$$Q_{3L} = 0$$

$$Q_{3N} = 0$$

$$Q_{3F} = N_{Lam.F} (W_F \times 3.41 \times F_u \times CLF_{Luces}) + N_{Lam.C} (W_{F,C} \times 1.2 \times F_u \times CLF_{Luces})$$

$$Q_{3F} = 8 (256 \times 3.41 \times 1 \times 1) + 2 (400 \times 3.41 \times 1 \times 1)$$

$$Q_3 = 2236.96 \text{ BTU/h.pie}^2.\text{°F}$$

5.1.1.4 CARGA POR PERSONAS

$$Q_4 = Q_{4S} + Q_{4L}$$

$$Q_{4S} = \sum (NP * n_i = 1 \ Q_P * PS * CLF_{Personas})_i$$

$$Q_{4L} = \sum [NP * Q_P * (1 - PS)]_{nj=1i}$$

- **2 Cirujanos**

$$NP = 2$$

$$Q_P = 250 \text{ W (trabajo ligero)}$$

$$PS = 0,55$$

$CLF_{personas} = 0,88$ (16 horas de trabajo, empezando cirugías a las 8am hasta las 4pm) – 11:00 hora de diseño

$$Q_{4S} = 2 * 250 * 0,55 * 0,88 = 242 \text{ w} = 826.212 \text{ BTU / h}$$

$$Q_{4L} = 2 * 250 * (1 - 0,55) = 225 \text{ W} = 768.173 \text{ BTU / h}$$

- **1 enfermeras y 2 instrumentistas**

$$NP = 3$$

$$Q_P = 552.42 \text{ btu/h (Caminando o de pie)}$$

$$PS = 0,55$$

$$CLF_{personas} = 0,88$$

$$Q_{4S} = 3 * 552.42 * 0,55 * 0,88 = 802.114 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{4L} = 3 * 552.42 * (1 - 0,55) = 745.767 \text{ BTU/h}$$

- **1 Anestesiólogo y 2 Personas adicionales (neuro físico, perfucionista)**

$$NP = 3$$

$$Q_P = 474 \text{ BTU/h (Trabajo moderado)}$$

$$PS = 0,55$$

$$CLF_{personas} = 0,88$$

$$Q_{4S} = 3 * 474 * 0,55 * 0,88 = 688.25 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{4L} = 3 * 474 * (1 - 0,55) = 639.9 \text{ BTU/h}$$

- **1 Paciente**

$$NP = 1$$

$$Q_P = 238.7 \text{ BTU/h (Dormido)}$$

$$PS = 0,7$$

$$CLF_{personas} = 0,88$$

$$Q_{4S} = 1 * 238.7 * 0,7 * 0,88 = 147.04 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{4L} = 1 * 238.7 * (1 - 0,7) = 71.61 \text{ BTU/h}$$

Carga total por personas

$$Q_{4S} = 2463.616 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{4L} = 2225.45 \text{ BTU/h}$$

$$Q_4=4689.066 \text{ BTU/h}$$

5.1.1.5 CARGA POR ELECTRODOMÉSTICOS Y EQUIPOS TÉRMICOS

Ganancia por equipos

- Equipo de Anestesia: 166 W
- Medidor de presión sanguínea: 29 W
- Equipo de Electrocirugía: 109 W
- Computadora cath Lab: 1200 W
- Bomba histeroscópica: 34 W
- Láser sónico: 229 W
- Reloj mural: 2.5 W

DATOS:

$$CLF=0,52$$

$$Q_6=(Q_{6S}+Q_{6L})$$

$$Fu=1$$

$$Q_{SE}=\Sigma Q_{equipos}$$

$$Q_{6S}=Q_{SE}*NE*Fu*CLF$$

$$Q_{6S}= 1769.5 \text{ W} \times 7 \times 1 \times 0,52=6440.98 \text{ W}$$

$$Q_{6L}=0$$

$$Q_6=6440.98 \text{ W} = 21990.15 \text{ BTU / h}$$

5.1.1.6 CARGA POR EQUIPO ELÉCTRICO (MOTORES ELÉCTRICOS)

Al interior de las salas de cirugía no se encuentran equipos que cuenten con motores eléctricos; por ello esta carga se considera igual a cero.

$$Q_{Eq}=0$$

5.1.2 CARGA TOTAL PARA QUIRÓFANO 1 - (INVIERNO)

Tabla 25 Resumen de cargas de enfriamiento (invierno)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (INVIERNO) - QUIRÓFANO 01				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	15408.24
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1021.99
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	1277.72
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	644.69
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	78.21
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	29.70
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	21.29
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	47398.02

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrará la carga debido a factores de enfriamiento de la sala de operaciones, quirófano 1 en verano.

Sabemos que para calcular se realiza con la misma metodología, la única diferencia es cambiar las temperaturas exterior e interior (tabla 2)

Tabla 26 Resumen de cargas de enfriamiento (Verano)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (VERANO) - QUIRÓFANO 01				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	17181.26
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1453.14
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	1639.59
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	1106.12
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	111.20
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	21.29
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	50477.81

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 QUIRÓFANO 2

Tabla 27 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 2 según cálculo manual (Invierno).

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO - QUIRÓFANO 02				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	14258.13
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	945.70
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2458.19
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	299.77
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	46960.99

Fuente: Elaboración propio

La carga total por factores de enfriamiento en invierno en el quirófano 2 es 469603.99 BTU / h

Tabla 28 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 2 según cálculo manual (Verano).

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (VERANO) - QUIRÓFANO 02				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	15898.81
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1344.68
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2737.55
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	343.82
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF				
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	49324.06

Fuente: Elaboración propia

La carga total por factores de enfriamiento en verano en el quirófano 2 es 49324.06 BTU / h

5.1.4 QUIRÓFANO 3

Tabla 2.23. Distribución de cargas térmicas en el quirófano 3 según cálculo manual.

Tabla 29 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 3 según cálculo manual (Invierno)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO - QUIRÓFANO 03				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	14258.13
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	945.70
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2458.19
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	299.77
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	46960.99

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en invierno en el quirófano 3 es 46960.99 BTU / h

Tabla 30 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 3 según cálculo manual (Verano)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (VERANO) - QUIRÓFANO 03				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	15898.81
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1344.68
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2737.55
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	343.82
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
	TOTAL		Q_{TOTAL}	49324.06

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en Verano en el quirófano 3 es 49324.06 BTU / h

5.1.5 QUIRÓFANO 4

Tabla 31 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 4 según cálculo manual (Invierno)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO - QUIRÓFANO 04				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	13051.70
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	865.69
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2262.24
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	299.77
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	7077.36
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	30565.81

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en Invierno en el quirófano 4 es 30565.81 BTU / h

Solamente en el quirófano 4 no se encuentra el aparato eléctrico, Computadora Cath Lab de

1200 w.

Tabla 32 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 4 según cálculo manual (Verano)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (VERANO) - QUIRÓFANO 04				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	14553.56
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1230.90
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2594.70
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	343.82
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	7077.36
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	32809.39

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en Verano en el quirófano 4 es 32809.39 BTU / h

Solamente en el quirófano 4 no se encuentra el aparato eléctrico, Computadora Cath Lab de 1200 w.

5.1.6 QUIRÓFANO 5

Tabla 33 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 5 según cálculo manual (Invierno)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO - QUIRÓFANO 05				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	14916.18
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	989.35
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2518.23
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	299.77
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
	TOTAL		Q_{TOTAL}	47722.73

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en Invierno en el quirófano 5 es 47722.73 BTU / h

Tabla 34 Distribución de cargas térmicas en el quirófano 5 según cálculo manual (Verano)

CARGA DEBIDO A FACTORES DE ENFRIAMIENTO (VERANO) - QUIRÓFANO 05				
FACTOR DE ENFRIAMIENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	CARGA DE CALOR (BTU/h)
CLTD	Techo	Carga en techo	Q_T	16632.58
	Piso	Carga en piso	Q_{PI}	1406.74
	Pared	Carga en pared Suroeste (N°1)	Q_{PS}	2827.22
		Carga de pared Noroeste (N°2)	Q_{PN}	0.00
		Carga de pared Noreste (N°3)	Q_{PE}	0.00
		Carga de pared Sureste (N°4)	Q_{PO}	0.00
	Puerta	Carga en puerta	Q_{PU}	343.82
	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VC}	49.03
CLF	Ventana	Carga en Ventana	Q_{VR}	33.99
	Luces	Carga debido a luces	Q_{SL}	2236.96
	Personas	Carga sensible - Personas	Q_{SP}	2463.616
		Carga Latente - Personas	Q_{LP}	2225.450
	Aparatos	Carga Sensible - Equipos	Q_{SA}	21990.15
		Carga Latente - Equipos	Q_{LA}	0.00
	Motores	Carga por equipo (motores)	Q_{SM}	0.00
TOTAL			Q_{TOTAL}	50209.56

Fuente: Autor

La carga total por factores de enfriamiento en Verano en el quirófano 5 es 50209.56 BTU / h

Tabla 35 Carga total en ambas estaciones del año

	Invierno	Verano
CARGA TOTAL EN AMBAS ESTACIONES	219608.54 BTU/ h	232144.880 BTU/h

Fuente: Autor

Tabla 36 Diferencia de carga total por método CLTD Y CLF

	INVIERNO	VERANO
CLTD TOTAL	89783.180 BTU/ h	102319.520 BTU/ h
CLF TOTAL	129825.360 BTU/ h	129825.360 BTU/ h

Fuente: Autor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Con respecto al objeto de calcular la demanda de carga térmica en verano, se logró determinar que la carga de enfriamiento total que demanda el sistema de climatización para el área de Operaciones del sector quirófono (5) del Hospital Regional de Lambayeque, es: $Q_{TOTAL} = 232144.880 \text{ BTU/h}$, para la temporada de verano.
- Con respecto al objeto de calcular la demanda de carga térmica en invierno, se logró determinar que dicha carga es: $Q_{TOTAL} = 219608.54 \text{ BTU/h}$, para la temporada de invierno.
- Con respecto a explicar la variación estacional que tienen tanto la carga debido a los diferenciales de carga térmica (CLTD) como la carga debido a factores de enfriamiento (CLF), se estableció que:
 - La carga debido a los diferenciales de carga térmica (CLTD) varían desde 102319.520 BTU/h en verano hasta 89783.180 BTU/h , en invierno.
 - La carga debido a factores de enfriamiento (CLF) varían desde 129825.360 BTU/h en verano, hasta 129825.360 BTU/h , en invierno.
 - La tendencia en la variación de las cargas térmicas debido a los diferenciales de carga térmica (CLTD) es: disminuir conforme se transita desde una estación cálida (verano) hacia una estación frígida (invierno).
- En cuanto a la propuesta técnico – económico, de ampliación del sistema centralizado de aire acondicionado enfriado por agua se concluye que invirtiendo el 10% del proyecto inicial

Chiller marca Smardt (160ton) se puede mejorar y optimizar la capacidad, consumo, y ahorro económico implementando un Chiller de marca McQUAY con una capacidad de 180 ton. Y así garantizando las exigencias de las demandas térmicas producidas por el Hospital Regional de Lambayeque.

6.2 Recomendaciones

- ◆ Se recomienda incluir en un ajuste posterior del presente estudio, las cargas debido a la infiltración de aire que se producen por apertura de puertas y/o ventanas; así como, debido a mal sellado de las mismas.
- ◆ Para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas de producción de aire acondicionado se recomienda seguir las indicaciones de mantenimiento correctivo y preventivo adecuado y así se obtendrá un alto índice de bioseguridad hospitalaria.
- ◆ Para el diseño e implementación del sistema de climatización centralizado Chiller McQuay enfriado por agua de capacidad 180 Ton, para el Hospital Regional de Lambayeque, se recomienda: Mantenimiento que rige la norma de fabricante (Anexo 8).
- ◆ Concientizar a los trabajadores del Hospital acerca del ahorro energético, limpieza en las zonas más importantes y exigentes como es el caso del área de operaciones, sector quirófano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALUMISOL. (15 de enero de 2016). *Vidrio de control solar para mayor eficiencia*.
Obtenido de <http://www.alumisol.com/noticia-5-vidrio-de-control-solar-para-una-mayor-eficiencia->
2. Alzate, S. V. (2016). *Diseño del sistema de Aire acondicionado para el área de Quirófanos de la clínica la Sagrada Familia*. Pereira.
3. ASHRAE , H. (2013). AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Atlanta, USA.
4. ASHRAE. (2011). *AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS*. Atlanta.
5. ASHRAE. (2013). AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. En C. D. Information. Atlanta, USA.
6. ASHRAE. (s.f.). *AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS*. Atlanta,USA.
7. ASHRAE, H. (1895). AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Atlanta, USA.
8. Blender, M. (15 de enero de 2016). *La transmisión de calor en edificios. Arquitectura y energía*. Obtenido de <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/la-transmision-del-calor/>
9. Briceño Pardo, G. (2008). *Diseño, instalación y mantenimiento de un sistema de aire acondicionado para las oficinas de Colmena BCSC*. Pereira: Facultad de Ingenierías. Área de Térmicas.

10. CORAL, E. C. (2017). *DETERMINACIÓN DE CLTD PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DE EDIFICACIONES UBICADAS EN CIUDADES DE CLIMA CÁLIDO EN MÉXICO*. Monterrey, Mexico.
11. *GOCONQR*. (1 de diciembre de 2015). Obtenido de Clasificación de áreas hospitalarias según el riesgo: https://www.goconqr.com/en/p/743129-clasificacion-de-las-areas-hospitalarias-segun-el-riesgo-mind_maps
12. José L. (Marzo, 1999). *Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación*. Valencia: FRESQUET.
13. *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD*. (1 de Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.who.int/topics/hospitals/es/>
14. Orozco H., C. A. (s.f.). *Método para calcular cargas térmicas, Diplomado proyectos de aire acondicionado UTP-ACAIRE*. Pereira, Colombia.
15. Ramón Martín. (s.f.). *Sistemas de Climatización para*. Telstar.
16. *REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO*. (2013). Pereira, Colombia.
17. Ruiz, F. C., San José A., J. F., Villafruela Espina, J. M., & Guijarro Rubio, A. (marzo 2011). *Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros Hospitalarios de Castilla y León*. Valladolid, España: Mata Digital, S.L.
18. *Trox Brasil*. (2 de Octubre de 2014). Obtenido de http://www.troxbrasil.com.br/br/service/download_center/structure/technical_documents/diffusers/leaflets/c2014_iclf.pdf
19. VILLANUEVA MEYER, M. (1 de diciembre 2015). *Revista para los medicos de puerto rico*. En GALENUS.

20. Villegas Alzate, S. (2016). *Diseño del sistema de aire Acondicionado para el área de quirófanos de la Clínica la sagrada familia*. Pereira, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1. Generación típica de calor metabólico para diferentes actividades

Actividad	W/m ²	Btu/(hr- ft ²)	met
Descansar			
Dormir	40,7	13	0,7
Estar reclinado	46,6	15	0,8
Sentado y tranquilo	58,2	18	1
Parado y relajado	69,8	22	1,2
Caminar (en una superficie plana)			
0,883 m/s (2,9 ft/s)	116,4	37	2
1,341 m/s (4,4 ft/s)	151,3	48	2,6
1,79 m/s (5,9 ft/s)	221,2	70	3,8
Actividad de oficina			
Leer sentado	58,2	18	1
Redactar a mano	58,2	18	1
Redactar en teclado	64	20	1,1
Archivar sentado	69,8	22	1,2
Archivar de pie	81,5	26	1,4
Caminar	98,9	31	1,7
Levantar/Empacar	122,2	39	21
Conducir/ Pilotear			
Automóvil	58,2-116,4	18-37	1-2
Aviones, rutina	69,8	22	1,2
Aviones, aterrizaje por instrumentos	104,8	33	1,8
Aviones de combate	139,7	44	2,4
Vehículos pesados	186,2	59	3,2

Actividades laborales varias			
Cocinar	93,1-116,4	29-37	1,6-2
Limpiar una casa	116,4-197,9	37-63	2-3,4
Sentado, moviendo bruscamente las extremidades	128	41	2,2
Trabajar con maquinas			
Cocer (máquina de coser)	104,8	33	1,8
Trabajo ligero en la industria eléctrica	116,4-139,7	37-44	2 -2,4
Manejo de bolsas de 50 kg.	232,8	74	4
Trabajo pesado	232,8-279,4	74-88	4 -4,8
Actividades recreativas varias			
Bailar en reuniones	139,7-256,1	44-81	2,4-4,4
Ejercicios calisténicos	174,6-232,8	55-74	3-4
Tenis individual	209,5-232,8	66-74	3,6-4
Básquetbol	293,0-442,3	90-140	5-7,6
Lucha libre de competencia	407,4-506,3	130-160	7-8,7
Fuente: (Ruiz, San José A., Villafruela Espina, & Guijarro Rubio, marzo 2011)			

Tabla. Filtros de aire recomendados para diferentes áreas y habitaciones de un centro hospitalario.

DESIGNACIÓN DEL LUGAR (SEGÚN LA FUNCIÓN)	Banco de filtros Nº1 MERV	Banco de filtros Nº2 MERV
Salas de cirugía clases B y C; radiología terapéutica diagnóstica y pacientes hospitalizados y diagnóstico ambulatorio; espacios de entrega y recuperación de hospitalización	7	14
Atención hospitalaria, tratamiento y diagnóstico, y espacios que prestan servicio directo o suministros de limpieza y procesos limpio; Todas las habitaciones.	7	14
Habitaciones con ambientes de protección (PE).	7	17 (Hepa)
Laboratorios, salas de cirugía clase A y espacios semirestringidos asociados.	13	N/R
Administrativo, almacenamiento masivo, espacios con materiales sucios, espacios de preparación de alimentos y lavandería	7	N/R
Todos los demás espacios para pacientes ambulatorios	7	N/R
Instalaciones de enfermería especializados	7	N/R

Fuente: (Ruiz, San José A., Villafruela Espina, & Guijarro Rubio, marzo 2011)

ANEXO 02, Tabla para seleccionar el factor SHGF para ventanas

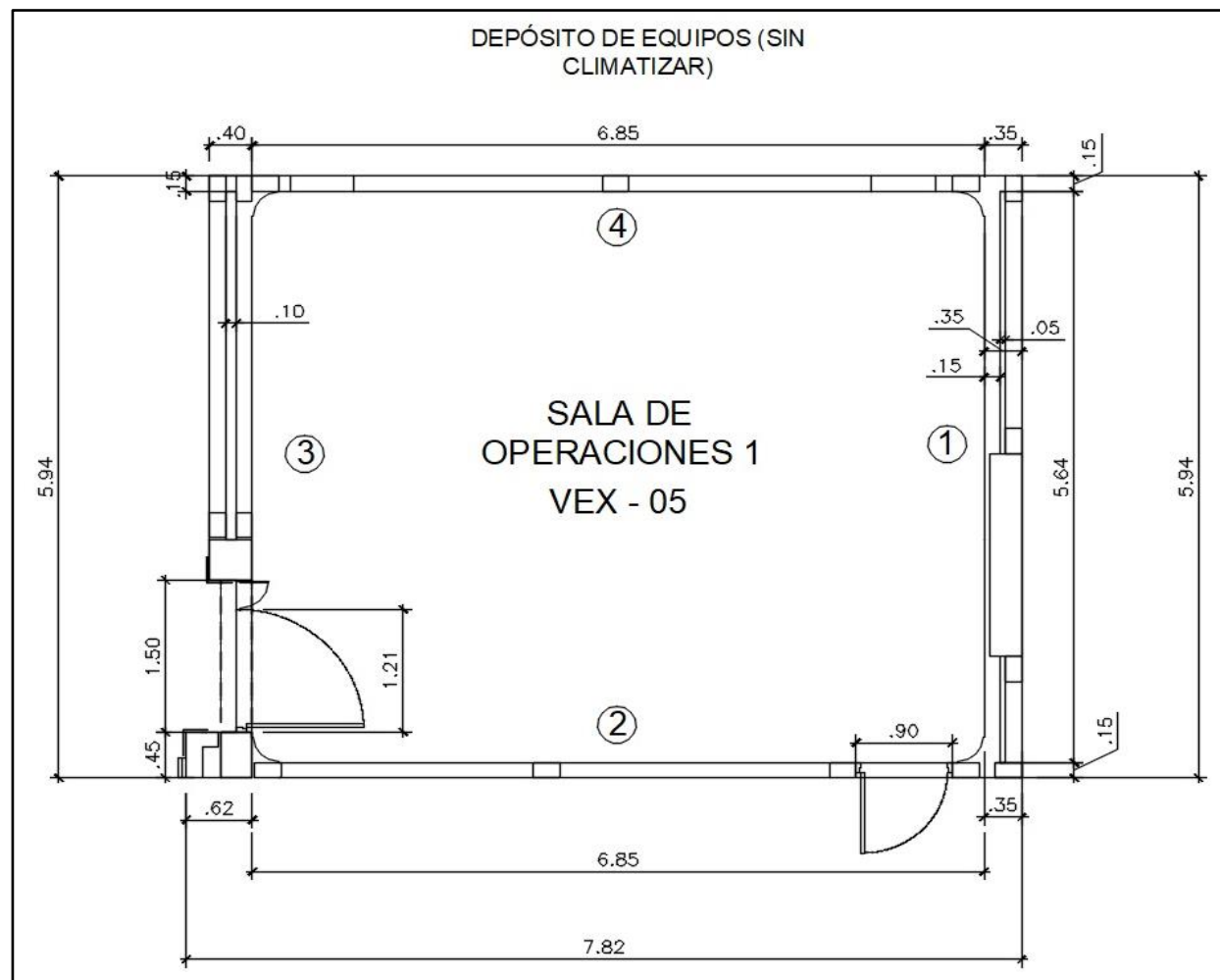
En la tabla que prosigue se presenta los valores para determinar los “factores máximos de ganancia de calor solar” (SHGF) según mes, hora, latitud y orientación de la ventana

Solar Irradiance (E_{DN}) and Solar Heat Gain Factors (SHGF) for 16° North Latitude																				
Date	Solar Time	Direct Normal W/m ²	Solar Heat Gain Factors, W/m ²																Solar Time	
			N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW		Hor.
Jan	7	445	17	19	138	291	390	424	396	303	155	19	17	17	17	17	17	17	43	5
	8	827	45	48	174	463	662	756	734	596	359	79	45	45	45	45	45	45	249	4
	9	948	67	67	102	384	630	770	791	690	481	183	69	67	67	67	67	67	472	3
	10	1001	82	82	86	209	474	658	736	704	563	321	97	82	82	82	82	82	640	2
	11	1025	91	91	91	96	242	467	614	663	611	462	236	96	91	91	91	91	745	1
	12	1032	95	95	95	95	100	228	438	580	628	580	438	228	100	95	95	95	781	12
	HALF DAY TOTALS		348	352	618	1452	2398	3153	3457	3216	2465	1344	666	401	350	348	348	348	2539	
Feb	7	575	24	55	265	435	531	544	474	326	113	26	24	24	24	24	24	24	80	5
	8	862	53	60	304	567	729	778	706	524	244	56	53	53	53	53	53	53	319	4
	9	961	74	77	202	482	675	763	733	592	347	96	74	74	74	74	74	74	549	3
	10	1006	90	91	104	291	508	636	664	593	423	193	93	90	90	90	90	90	721	2
	11	1027	99	99	102	118	262	428	527	542	471	323	154	103	99	99	99	99	831	1
	12	1033	103	103	103	104	108	189	336	448	487	448	336	189	108	104	103	103	868	12
	HALF DAY TOTALS		390	431	1013	1922	2728	3226	3262	2790	1835	906	547	417	392	390	390	390	2932	
Mar	7	633	35	167	392	543	605	578	457	259	46	33	33	33	33	33	33	33	126	5
	8	857	63	157	441	647	752	740	614	389	111	61	61	61	61	61	61	61	380	4
	9	942	83	110	342	564	688	708	622	435	180	85	82	82	82	82	82	82	605	3
	10	983	98	103	191	378	519	575	542	424	240	106	99	98	98	98	98	98	777	2
	11	1002	107	110	113	166	273	361	394	365	280	173	113	110	107	107	107	107	884	1
	12	1007	111	111	112	114	117	149	215	273	294	273	215	149	117	114	112	111	918	12
	HALF DAY TOTALS		443	712	1556	2381	2924	3074	2771	2026	1005	588	483	447	440	438	437	437	3230	
Apr	6	44	7	24	37	43	43	37	24	7	2	2	2	2	2	2	2	2	4	6
	7	622	75	297	482	589	604	528	369	141	45	42	42	42	42	42	42	42	169	5
	8	806	85	312	543	681	717	644	473	217	74	70	70	70	70	70	70	70	412	4
	9	884	97	248	468	609	657	608	465	244	97	90	90	90	90	90	90	90	622	3
	10	923	111	171	320	444	498	476	380	231	118	108	105	105	105	105	105	105	784	2
	11	942	120	126	169	228	270	276	245	188	136	121	118	115	115	115	115	118	881	1
	12	948	123	123	124	125	125	129	135	141	143	141	135	129	125	125	125	124	910	12
HALF DAY TOTALS		565	1271	2126	2709	2907	2682	2058	1111	547	583	494	491	489	489	489	491	3331		
May	6	138	43	94	128	141	134	106	59	11	9	9	9	9	9	9	9	10	17	6
	7	607	157	378	531	602	583	474	289	76	49	49	49	49	49	49	49	52	195	5
	8	770	165	415	597	689	677	564	362	121	78	76	76	76	76	76	76	80	424	4
	9	844	156	365	539	625	621	525	344	141	100	96	96	96	96	96	96	100	620	3
	10	882	149	281	409	477	473	397	264	139	116	111	111	111	111	111	111	116	771	2
	11	901	147	198	248	273	262	220	165	130	126	123	120	120	120	122	124	128	861	1
	12	906	146	144	139	134	132	131	130	129	129	129	130	131	132	134	139	144	889	12
HALF DAY TOTALS		892	1811	2534	2888	2826	2358	1553	684	541	528	526	526	526	528	532	556	3335		
Jun	6	168	64	124	163	175	162	123	64	13	12	12	12	12	12	12	12	13	24	6
	7	593	194	403	542	598	565	445	252	63	52	52	52	52	52	52	52	57	203	5
	8	750	209	449	611	683	653	526	313	98	79	79	79	79	79	79	79	84	425	4
	9	823	199	408	560	626	601	487	294	118	98	98	98	98	98	98	98	105	613	3
	10	860	187	329	440	486	459	363	222	124	116	113	113	113	113	113	113	121	759	2
	11	879	181	241	283	290	258	200	146	130	126	121	121	121	121	125	128	136	846	1
	12	885	179	173	158	142	134	132	130	129	129	129	130	132	134	142	158	173	873	12
HALF DAY TOTALS		1122	2042	2682	2930	2762	2207	1356	612	548	540	539	540	542	545	555	599	3307		
Jul	6	128	43	90	122	134	127	99	55	11	9	9	9	9	9	9	9	10	17	6
	7	579	161	373	518	584	564	456	277	74	51	51	51	51	51	51	51	55	194	5
	8	743	173	415	590	676	661	549	349	118	78	78	78	78	78	78	78	83	419	4
	9	818	165	370	537	618	610	513	334	138	102	99	99	99	99	99	99	104	611	3
	10	857	157	289	413	475	467	389	257	138	118	113	113	113	113	113	113	120	759	2
	11	876	154	207	255	277	262	218	164	132	128	125	122	122	122	125	128	131	848	1
	12	882	154	151	145	138	135	134	133	132	132	132	133	134	135	138	145	151	875	12
HALF DAY TOTALS		933	1829	2520	2847	2769	2298	1506	680	554	541	539	539	540	542	547	575	3288		
Aug	6	36	7	21	31	37	36	31	20	6	2	2	2	2	2	2	2	2	4	6
	7	569	81	289	458	555	566	493	343	131	48	45	45	45	45	45	45	45	167	5
	8	757	94	315	531	660	691	617	451	206	79	74	74	74	74	74	74	74	404	4
	9	838	104	258	467	598	640	589	448	235	103	95	95	95	95	95	95	95	608	3
	10	879	118	183	327	443	490	464	368	224	122	114	110	110	110	110	110	110	765	2
	11	899	127	136	180	235	271	273	240	185	138	127	124	120	120	120	120	123	860	1
	12	905	129	130	130	131	132	134	139	143	145	143	139	134	132	131	130	130	888	12
HALF DAY TOTALS		603	1294	2099	2639	2809	2577	1969	1069	568	528	519	516	515	514	515	518	3257		
Sep	7	565	38	157	360	497	554	529	419	140	48	35	35	35	35	35	35	35	122	5
	8	796	67	156	424	617	716	705	586	374	113	64	64	64	64	64	64	64	367	4
	9	887	87	114	335	547	665	684	602	423	181	90	86	86	86	86	86	86	585	3
	10	831	101	107	193	372	506	560	529	415	240	111	103	101	101	101	101	101	752	2
	11	951	111	114	118	169	272	356	388	360	279	176	118	114	111	111	111	111	856	1
	12	957	114	114	116	118	121	153	217	272	293	272	217	153	121	118	116	114	889	12
	HALF DAY TOTALS		461	711	1499	2275	2790	2936	2657	1962	1007	605	501	466	457	455	454	454	3124	
Oct	7	523	25	56	249	404	492	502	437	300	105	27	25	25	25	25	25	25	79	5
	8	816	55	64	299	548	702	747	677	502	234	59	55	55	55	55	55	55	313	4
	9	920	76	80	204	473	658	741	711	573	336	97	76	76	76	76	76	76	537	3
	10	968	92	94	108	291	499	621	647											

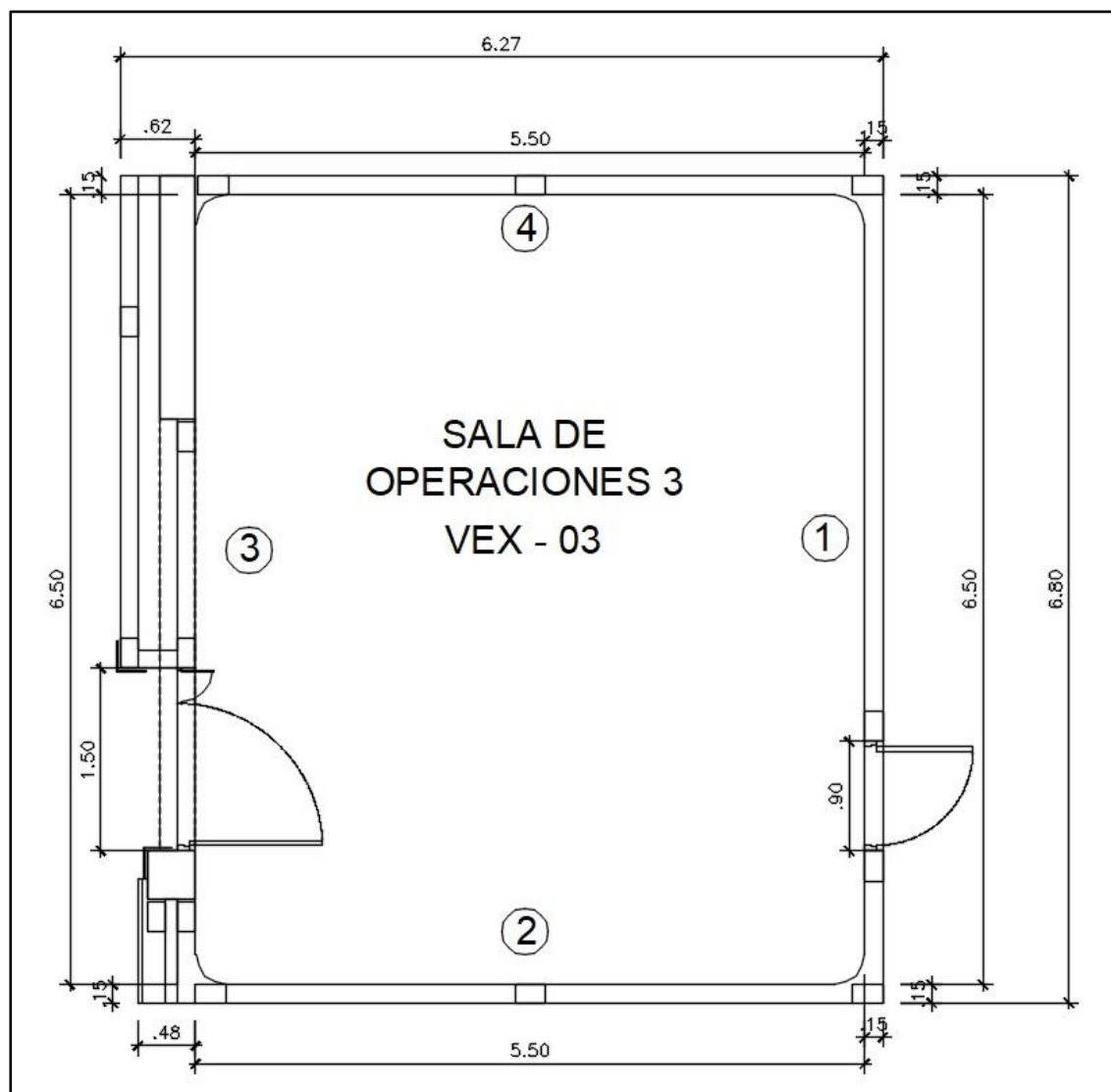
Solar Irradiance (E_{DN}) and Solar Heat Gain Factors (SHGF) for 24° North Latitude

Solar		Direct Normal	Solar Heat Gain Factors, W/m ²																Solar	
Date	Time	W/m ²	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Hor.	Time
Jan	7	223	7	8	65	143	194	212	200	154	80	9	7	7	7	7	7	7	15	5
	8	754	37	39	131	404	600	698	689	571	360	89	37	37	37	37	37	37	173	4
	9	908	58	58	72	335	598	757	798	716	522	229	61	58	58	58	58	58	381	3
	10	972	73	73	75	166	454	667	772	759	631	395	119	74	73	73	73	73	543	2
	11	1001	82	82	82	86	229	491	667	737	695	546	299	91	82	82	82	82	642	1
	12	1010	85	85	85	85	90	257	504	662	716	662	504	257	90	85	85	85	676	12
HALF DAY TOTALS			301	303	466	1172	2117	2971	3392	3276	2648	1592	759	379	303	301	301	301	2094	
Feb	7	482	19	38	212	359	444	458	405	283	105	20	19	19	19	19	19	19	53	5
	8	825	47	51	252	521	694	758	705	541	281	52	47	47	47	47	47	47	263	4
	9	938	68	70	144	434	655	770	767	646	419	132	69	68	68	68	68	68	482	3
	10	989	83	83	87	241	494	659	720	673	521	276	89	83	83	83	83	83	646	2
	11	1012	92	92	92	99	252	465	601	641	583	431	213	97	92	92	92	92	750	1
	12	1019	95	95	95	95	100	221	421	558	604	558	421	221	100	95	95	95	785	12
HALF DAY TOTALS			355	375	809	1663	2540	3189	3381	3042	2203	1180	630	401	357	355	355	355	2585	
Mar	7	613	33	141	364	517	585	566	457	272	54	31	31	31	31	31	31	31	115	5
	8	842	58	111	390	613	737	748	642	436	152	60	58	58	58	58	58	58	352	4
	9	931	78	84	269	520	678	731	674	513	260	84	78	78	78	78	78	78	567	3
	10	973	94	96	130	325	510	610	616	528	352	148	97	94	94	94	94	94	730	2
	11	993	103	103	106	132	267	407	486	487	411	272	135	106	103	103	103	103	833	1
	12	999	106	106	106	108	112	177	301	397	432	397	301	177	112	108	106	106	868	12
HALF DAY TOTALS			420	597	1328	2185	2856	3187	3057	2451	1445	784	534	439	420	418	418	418	3031	
Apr	6	126	19	67	104	123	124	105	70	21	7	6	6	6	6	6	6	6	12	6
	7	639	62	278	476	595	621	554	400	172	47	44	44	44	44	44	44	44	183	5
	8	808	76	251	500	659	719	669	519	277	77	70	70	70	70	70	70	70	416	4
	9	882	94	169	397	572	655	641	531	332	122	92	90	90	90	90	90	90	615	3
	10	920	107	116	236	394	496	520	466	338	177	110	104	104	104	104	104	104	769	2
	11	938	113	118	125	185	267	325	336	296	220	143	119	116	113	113	113	113	863	1
HALF DAY TOTALS			530	1069	1914	2605	2963	2913	2436	1558	770	569	515	495	489	488	487	486	3306	
May	6	270	80	181	248	276	264	209	120	25	18	18	18	18	18	18	18	20	40	6
	7	641	136	370	539	626	618	515	332	101	54	54	54	54	54	54	54	56	229	5
	8	781	121	358	561	675	688	598	417	169	82	78	78	78	78	78	78	80	448	4
	9	848	111	277	474	594	625	565	417	208	104	97	97	97	97	97	97	97	634	3
	10	883	119	186	323	431	474	446	349	212	121	114	111	111	111	111	111	114	777	2
	11	901	126	134	175	227	262	265	235	184	139	127	124	120	120	120	120	124	863	1
HALF DAY TOTALS			749	1551	2359	2865	2970	2648	1934	972	591	556	547	544	542	542	542	551	3433	
Jun	6	307	112	222	294	318	289	229	122	26	22	22	22	22	22	22	22	26	54	6
	7	633	175	401	557	628	605	490	297	82	57	57	57	57	57	57	57	62	244	5
	8	764	157	397	580	674	668	563	370	135	85	82	82	82	82	82	82	86	456	4
	9	829	136	322	500	597	607	529	367	168	106	101	101	101	101	101	101	104	635	3
	10	864	129	227	357	442	462	412	301	172	122	114	114	114	114	114	114	118	773	2
	11	881	132	157	204	244	259	242	200	154	132	128	126	122	122	122	122	126	855	1
HALF DAY TOTALS			897	1771	2530	2941	2938	2512	1717	803	590	572	567	565	565	565	567	589	3455	
Jul	6	255	81	176	241	266	253	200	114	25	19	19	19	19	19	19	19	21	42	6
	7	615	142	367	529	610	600	498	319	98	56	56	56	56	56	56	56	59	229	5
	8	755	128	361	556	664	673	583	404	163	85	81	81	81	81	81	81	83	444	4
	9	823	117	284	474	588	615	553	406	202	107	100	100	100	100	100	100	100	626	3
	10	858	123	194	328	431	469	437	340	206	124	117	114	114	114	114	114	117	767	2
	11	876	130	140	182	232	263	262	230	180	139	130	127	122	122	122	122	127	851	1
HALF DAY TOTALS			779	1572	2352	2830	2916	2585	1877	947	602	570	562	559	557	557	558	570	3394	
Aug	6	109	19	62	93	110	110	93	61	19	7	7	7	7	7	7	7	7	13	6
	7	588	69	273	455	564	586	521	374	161	51	47	47	47	47	47	47	47	183	5
	8	759	82	257	491	640	693	642	496	264	82	74	74	74	74	74	74	74	409	4
	9	837	100	181	398	563	638	621	512	319	123	97	95	95	95	95	95	95	603	3
	10	876	113	125	245	394	488	507	451	325	174	116	109	109	109	109	109	109	752	2
	11	896	121	124	134	193	269	320	327	287	214	145	125	121	118	118	118	118	844	1
HALF DAY TOTALS			565	1094	1896	2543	2869	2803	2335	1493	766	588	539	521	516	514	513	512	3242	
Sep	7	544	35	133	333	471	533	516	417	250	55	33	33	33	33	33	33	33	111	5
	8	781	61	112	374	584	701	711	611	418	151	64	61	61	61	61	61	61	340	4
	9	875	82	89	265	504	654	705	650	497	256	88	82	82	82	82	82	82	548	3
	10	920	97	100	134	320	498	593	599	514	346	151	101	97	97	97	97	97	706	2
	11	942	106	106	111	136	265	400	476	477	404	270	139	111	106	106	106	106	806	1
	12	948	110	110	110	112	117	180	298	391	424	391	298	180	117	112	110	110	840	12
HALF DAY TOTALS			438	600	1280	2084	2721	3040	2925	2363	1424	793	550	457	438	435	435	435	2921	
Oct	7	434	20	39	197	329	406	418	369	258	96	21	20	20	20	20	20	20	53	5
	8	778	49	54	248	502	666	725	674	517	268	54	49	49	49	49	49	49	258	4
	9	896	70	72	148	426	637	746	742	624	405	130	72	70	70	70	70	70	473	3
	10	950	85	85	91	242	484	643	701	654	506	269	92	85	85	85	85	85	634	2
	11	974	95	95	95	103	251	456	586	624	568	420	210	100	95	95	95	95	735	1
	12	982	98	98	98	98	104	220	411	544	589	544	411	220	104	98	98	98	770	12
HALF DAY TOTALS			366	388	803	1616	2453	3071	3254	2930	2129	1156	631	412	369	366	366	366	2535	
Nov	7	210	7	8	63	137	185	201	146	76	9	7	7	7	7	7	7	7	15	5
	8	732	38	40	131	397	587	682	672	557	351	87	38	38	38	38	38	38	173	4
	9	889</																		

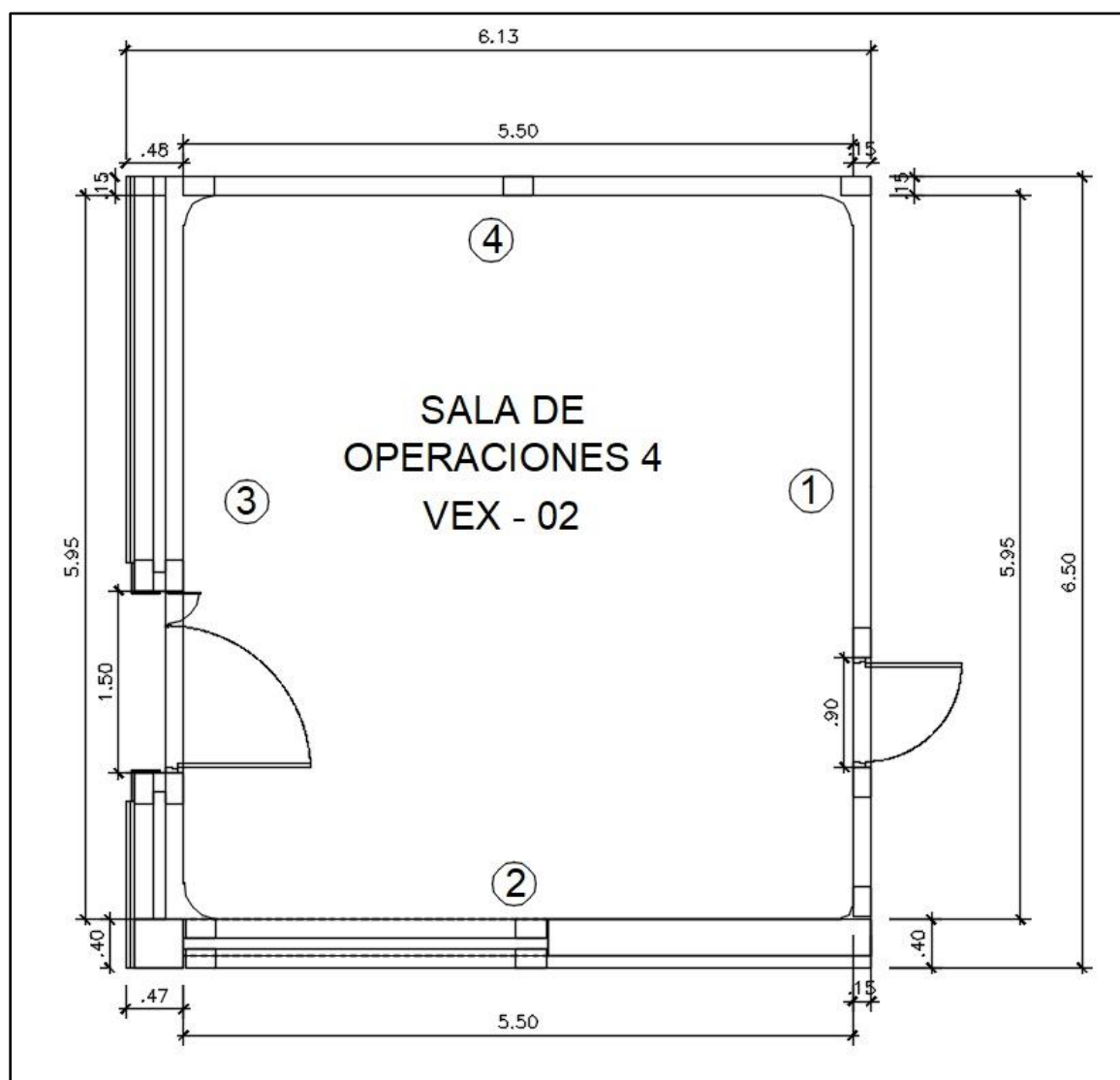
ANEXO 3. Planos de planta de los cinco quirófanos en investigación, reconociendo sus áreas y dimensiones estructurales (2° Piso – Sala de operaciones / sector Quirófano)



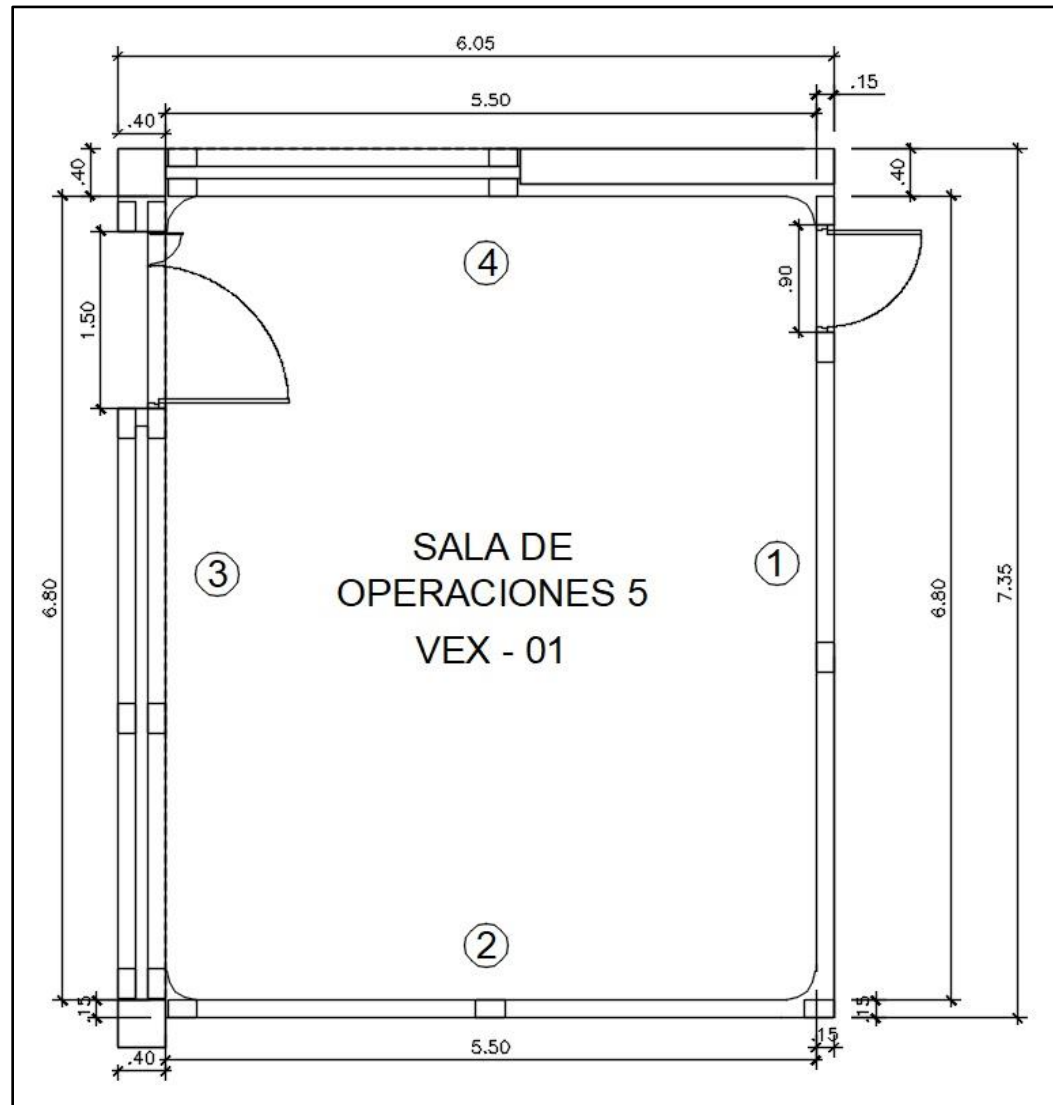
PLANO: SALA DE OPERACIONES N°01



PLANO: SALA DE OPERACIONES N°03



PLANO: SALA DE OPERACIONES N°04



PLANO: SALA DE OPERACIONES N°05

ANEXO 4. Valores del Coeficiente CLTD según orientación de las paredes

En la tabla que prosigue se presenta los valores estándar de CLTD para el cálculo de cargas de refrigeración sensibles de las paredes iluminadas por el sol, en base a los cuales se pudo calcular el CLTD corregido para la pared sur.

Facing	Solar time, h																								Hours of maxi- mum CLTD	Mini- mum CLTD	Maxi- mum CLTD	Difference in CLTD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Group C walls: typical, outside 1-in. stucco, 2-in. insulation (5.7lb/ft ³), 4-in. concrete, 0.75-in. plaster or gypsum, inside $U = 0.119$ Btu/h·ft ² ·°F; mass, 63 lb/ft ²																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	17	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	
Group D walls: typical, outside 1-in. stucco, 4-in. concrete, 1- or 2-in. insulation (2 lb/ft ³), 0.75-in. plaster or gypsum, inside $U = 0.119\text{--}0.20$ Btu/h·ft ² ·°F; mass, 63 lb/ft ²																													
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	
Group G walls: typical, outside 1-in. stucco, airspace; 1-, 2-, or 3-in. insulation (2 lb/ft ³); 0.75-in. plaster or gypsum, inside $U = 0.081\text{--}0.78$ Btu/h·ft ² ·°F; mass, 16 lb/ft ²																													
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27	
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40	
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56	
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52	
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Fuente: Shan K. Wang, *Handbook of air conditioning and refrigeration*, 2nd ed. (New York: McGraw-Hill, 2001), 6.22

ANEXO 5. Valores de CLTD de las ventanas

Solar Time, h	CLTD, °C	Solar Time, h	CLTD, °C
0100	1	1300	7
0200	0	1400	7
0300	-1	1500	8
0400	-1	1600	8
0500	-1	1700	7
0600	-1	1800	7
0700	-1	1900	6
0800	0	2000	4
0900	1	2100	3
1000	2	2200	2
1100	4	2300	2
1200	5	2400	1

Fuente: Robert A. Parsons, *ASHRAE HANDBOOK* (Atlanta: ASHRAE Handbook Committee, 1997), 28.49.

Tabla para calcular las 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: Edward G. Pita, *Acondicionamiento de aire acondicionado: principios y...*, 142.

ANEXO 6. Tabla para seleccionar el factor SC para ventanas

En la tabla que prosigue se presenta los valores para determinar los “coeficientes de sombreado” (SC) en Incidencia normal para vidrio de un solo panel.

Visible Transmission (VT), Shading Coefficient (SC), and Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) at Normal Incidence for Single Pane Glass and Insulating Glass														
Glazing System			Glazing SHGC at Specified Incidence Angles						Total Window SHGC at Normal Incidence				Total Window VT at Normal Incidence	
Glass Thick, ID mm	Center Glazing VT	Center Glazing SC	Normal					Hemis. (Diffuse)	Aluminum		Other Frames		All Frames	
			0°	40°	50°	60°	70°		Operable Fixed	Operable Fixed	Operable Fixed	Fixed		
Uncoated Single Glazing														
1a 3.2 Clear	0.90	1.00	0.86	0.85	0.83	0.78	0.67	0.78	0.75	0.78	0.63	0.75	0.65	0.78
1b 6.4 Clear	0.89	0.94	0.81	0.80	0.77	0.73	0.62	0.73	0.71	0.74	0.60	0.71	0.65	0.78
1c 3.2 Bronze	0.68	0.85	0.73	0.71	0.69	0.64	0.55	0.65	0.64	0.67	0.54	0.64	0.49	0.59
1d 6.4 Bronze	0.55	0.73	0.62	0.60	0.58	0.54	0.46	0.55	0.55	0.57	0.46	0.54	0.40	0.48
1e 3.2 Green	0.82	0.82	0.71	0.68	0.66	0.62	0.53	0.63	0.62	0.65	0.53	0.62	0.60	0.71
1f 6.4 Green	0.74	0.68	0.58	0.56	0.54	0.51	0.44	0.52	0.51	0.53	0.43	0.51	0.54	0.64
1g 3.2 Gray	0.62	0.82	0.70	0.68	0.66	0.61	0.53	0.63	0.61	0.64	0.52	0.61	0.45	0.54
1h 6.4 Gray	0.43	0.65	0.56	0.53	0.51	0.48	0.41	0.49	0.50	0.51	0.42	0.49	0.31	0.37
1i 6.4 Bluegreen	0.75	0.72	0.62	0.59	0.57	0.54	0.46	0.55	0.55	0.57	0.46	0.54	0.54	0.65
Reflective Single Glazing														
1j 6.4 SS on CLR 8%	0.08	0.22	0.19	0.19	0.18	0.17	0.15	0.17	0.18	0.18	0.15	0.17	0.06	0.07
1k 6.4 SS on CLR 14%	0.14	0.29	0.25	0.25	0.24	0.23	0.20	0.23	0.23	0.24	0.19	0.22	0.10	0.12
1l 6.4 SS on CLR 20%	0.20	0.36	0.31	0.30	0.30	0.28	0.24	0.28	0.28	0.29	0.24	0.27	0.15	0.17
1m 6.4 SS on GRN 14%	0.12	0.29	0.25	0.25	0.24	0.23	0.20	0.23	0.23	0.24	0.19	0.22	0.09	0.10
1n 6.4 TI on CLR 20%	0.20	0.34	0.29	0.29	0.28	0.26	0.23	0.27	0.27	0.27	0.22	0.26	0.15	0.17
1o 6.4 TI on CLR 30%	0.30	0.45	0.39	0.38	0.37	0.35	0.30	0.35	0.35	0.36	0.29	0.34	0.22	0.26
Uncoated Double Glazing														
5a 3.2 CLR CLR	0.81	0.87	0.75	0.73	0.70	0.63	0.49	0.65	0.66	0.68	0.55	0.66	0.59	0.71
5b 6.4 CLR CLR	0.78	0.81	0.70	0.68	0.65	0.58	0.45	0.60	0.61	0.64	0.52	0.61	0.57	0.68
5c 3.2 BRZ CLR	0.62	0.72	0.62	0.59	0.57	0.51	0.39	0.53	0.55	0.57	0.46	0.54	0.45	0.54
5d 6.4 BRZ CLR	0.48	0.59	0.50	0.47	0.45	0.40	0.31	0.42	0.45	0.46	0.37	0.44	0.35	0.42
5e 3.2 GRN CLR	0.74	0.70	0.60	0.57	0.55	0.49	0.38	0.51	0.53	0.55	0.45	0.53	0.54	0.64
5f 6.4 GRN CLR	0.66	0.54	0.47	0.44	0.42	0.38	0.30	0.40	0.42	0.43	0.35	0.41	0.48	0.57
5g 3.2 GRY CLR	0.56	0.69	0.59	0.57	0.54	0.48	0.37	0.50	0.52	0.54	0.44	0.52	0.41	0.49
5h 6.4 GRY CLR	0.40	0.51	0.44	0.42	0.40	0.35	0.28	0.38	0.39	0.41	0.33	0.39	0.29	0.35
5i 6.4 BLUGRN CLR	0.67	0.58	0.50	0.47	0.45	0.40	0.32	0.43	0.45	0.46	0.37	0.44	0.49	0.58
5j 6.4 HI-P GRN CLR	0.59	0.46	0.39	0.37	0.35	0.31	0.25	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.43	0.51
Reflective Double Glazing														
5k 6.4 SS on CLR 8% CLR	0.07	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.10	0.12	0.13	0.13	0.10	0.12	0.05	0.06
5l 6.4 SS on CLR 14% CLR	0.13	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.12	0.15	0.17	0.16	0.13	0.15	0.09	0.11
5m 6.4 SS on CLR 20% CLR	0.18	0.26	0.22	0.21	0.21	0.19	0.16	0.19	0.21	0.21	0.17	0.20	0.13	0.16
5n 6.4 SS on GRN 14% CLR	0.11	0.18	0.16	0.16	0.15	0.14	0.12	0.14	0.16	0.16	0.13	0.14	0.08	0.10
5o 6.4 TI on CLR 20% CLR	0.18	0.24	0.21	0.20	0.20	0.18	0.15	0.19	0.20	0.20	0.16	0.19	0.13	0.16
5p 6.4 TI on CLR 30% CLR	0.27	0.33	0.29	0.28	0.27	0.25	0.20	0.25	0.27	0.27	0.22	0.26	0.20	0.24
Low-e Double Glazing, e = 0.2 on Surface 2														
17a 3.2 LE CLR	0.76	0.76	0.65	0.63	0.61	0.55	0.43	0.57	0.57	0.59	0.48	0.57	0.55	0.66
17b 6.4 LE CLR	0.73	0.70	0.60	0.58	0.56	0.51	0.40	0.52	0.53	0.55	0.45	0.53	0.53	0.64
Low-e Double Glazing, e = 0.2 on Surface 3														
17c 3.2 CLR LE	0.76	0.81	0.70	0.68	0.65	0.59	0.46	0.61	0.61	0.64	0.52	0.61	0.55	0.66
17d 6.4 CLR LE	0.73	0.75	0.65	0.63	0.60	0.54	0.42	0.56	0.57	0.59	0.48	0.57	0.53	0.64
17e 3.2 BRZ LE	0.58	0.66	0.57	0.54	0.52	0.46	0.36	0.48	0.50	0.52	0.42	0.50	0.42	0.51
17f 6.4 BRZ LE	0.45	0.52	0.45	0.42	0.40	0.35	0.27	0.37	0.40	0.41	0.34	0.40	0.33	0.39
17g 3.2 GRN LE	0.70	0.63	0.55	0.52	0.50	0.44	0.34	0.46	0.49	0.50	0.41	0.48	0.51	0.61
17h 6.4 GRN LE	0.61	0.48	0.42	0.39	0.37	0.33	0.25	0.35	0.38	0.39	0.32	0.37	0.44	0.53
17i 3.2 GRY LE	0.53	0.63	0.54	0.51	0.49	0.43	0.33	0.46	0.48	0.50	0.40	0.47	0.38	0.46
17j 6.4 GRY LE	0.37	0.46	0.39	0.36	0.34	0.31	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.27	0.32
17k 6.4 BLUGRN LE	0.62	0.52	0.45	0.42	0.40	0.35	0.27	0.37	0.40	0.41	0.34	0.40	0.45	0.54
17l 6.4 HI-P GRN LE	0.55	0.40	0.34	0.31	0.29	0.26	0.20	0.28	0.31	0.32	0.26	0.30	0.40	0.48
Low-e Double Glazing, e = 0.1 on Surface 2														
21a 3.2 LE CLR	0.75	0.62	0.54	0.52	0.49	0.44	0.34	0.46	0.48	0.50	0.40	0.47	0.54	0.65
21b 6.4 LE CLR	0.72	0.59	0.51	0.49	0.47	0.42	0.32	0.44	0.45	0.47	0.38	0.45	0.52	0.63
21l 6.4 HI-P GRN W/LE CLR	0.57	0.36	0.31	0.30	0.29	0.26	0.21	0.27	0.28	0.29	0.24	0.27	0.41	0.50
Low-e Double Glazing, e = 0.1 on Surface 3														
21c 3.2 CLR LE	0.75	0.69	0.60	0.58	0.56	0.51	0.41	0.53	0.53	0.55	0.45	0.53	0.54	0.65
21d 6.4 CLR LE	0.72	0.66	0.56	0.54	0.52	0.47	0.38	0.49	0.50	0.51	0.42	0.49	0.52	0.63
21e 3.2 BRZ LE	0.57	0.56	0.48	0.46	0.43	0.39	0.31	0.41	0.43	0.44	0.36	0.42	0.41	0.50
21f 6.4 BRZ LE	0.45	0.45	0.39	0.37	0.34	0.31	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.33	0.39
21g 3.2 GRN LE	0.68	0.57	0.49	0.47	0.44	0.40	0.31	0.42	0.44	0.45	0.37	0.43	0.49	0.59
21h 6.4 GRN LE	0.61	0.45	0.39	0.36	0.34	0.30	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.44	0.53
21i 3.2 GRY LE	0.52	0.53	0.46	0.44	0.41	0.37	0.29	0.39	0.41	0.42	0.34	0.41	0.38	0.45
21j 6.4 GRY LE	0.37	0.40	0.35	0.33	0.31	0.28	0.22	0.29	0.32	0.33	0.26	0.31	0.27	0.32
21k 6.4 BLUGRN LE	0.62	0.48	0.42	0.39	0.37	0.33	0.26	0.35	0.38	0.39	0.32	0.37	0.45	0.54

Fuente: Robert A. Parsons, *ASHRAE HANDBOOK* (Atlanta, GA: ASHRAE Handbook Committee, 1997),

ANEXO 7: Datos a considerar para el cálculo de las cargas térmicas por CLTD Y CLF de los cinco quirófanos

QUIRÓFANO 01 - SALA DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR

DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS PAREDES DEL RECINTO INTERVENIDO

N° PARED	DIMENSIONES (m)		ORIENTACIÓN	SUPERFICIE	
	LADO	ALTURA		m²	pie²
1	5.94	3.00	SW	17.82	191.81
2	7.82	3.00	NW	23.46	252.52
3	5.94	3.00	NE	17.82	191.81
4	7.82	3.00	SE	23.46	252.52

AREA46.4508VOLUMEN139.35

DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LAS PAREDES RESTANDO MUROS Y COLUMNAS

N° PARED	ORIENTACIÓN	ÁREA SÓLIDA (pie²)		ÁREA DE ACCESO (pie²)	
		LADRILLO	PLACA	PUERTA	VENTANA
1	SW	182.13	9.69	0	0
2	NW	203.76	31.32	14.21	3.23
3	NE	143.38	19.38	26.64	2.42
4	SE	228.30	24.22	0	0

VOLUMEN111329.83 pie3

SIN MUROS ESQUINEROS

LARGO	ANCHO	AREA (m2)	AREA (pie2)
6.85	5.64	38.634	415.85

INVIERNO

	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	9.48	13.41			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	49.06	56.14	12.8	8.3	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 0.120 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)

VERANO

	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	13.48	17			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	56.27	62.6	18.2	13.7	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 1.205 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)

COLUMNAS (cm)	U (BTU/hpie2°F)	CLTD (°F)
15	0.511	12.8
35	0.432	12.8
40	0.416	12.8
62	0.326	12.8

	CLF - VENTANA	SHGF (BTU/hpie2 °F)
PARED N°1 (SW)	0.83	12.68
PARED N°2 (NW)	0.52	

Fuente: Elaboración propia

QUIRÓFANO 02 - SALA DE CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA					
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS PAREDES DEL RECINTO INTERVENIDO					
N° PARED	DIMENSIONES (m)		ORIENTACIÓN	SUPERFICIE	
	LADO	ALTURA		m²	pie²
1	6.80	3.00	SW	20.4	219.58
2	6.27	3.00	NW	18.81	202.47
3	6.80	3.00	NE	20.4	219.58
4	7.82	3.00	SE	23.46	252.52
area		42.636			
DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LAS PAREDES RESTANDO MUROS Y COLUMNAS					
N° PARED	ORIENTACIÓN	ÁREA SÓLIDA (pie²)		ÁREA DE ACCESO (pie²)	
		LADRILLO	PLACA	PUERTA	VENTANA
1	SW	182.77	19.38	14.21	3.23
2	NW	177.60	24.86	0.00	0.00
3	NE	171.15	19.38	26.64	2.42
4	SE	227.66	24.86	0.00	0.00
SIN MUROS ESQUINEROS					
LARGO	ANCHO	AREA (m2)	AREA (pie2)		
5.5	6.5	35.75	384.81		
INVIERNO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	9.48	13.41			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	49.06	56.14	12.8	8.3	
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 0.120 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
VERANO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	13.48	17			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	56.27	62.6	18.2	13.7	
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 1.205 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
COLUMNAS (cm)	U (BTU/hpie2°F)				
15	0.511				
35	0.432				
40	0.416				
62	0.326				
		CLF - VENTANA		SHGF (BTU/hpie2 °F)	
PARED N°1 (SW)		0.83		12.68	
PARED N°2 (NW)		0.52			

Fuente: Elaboración propia

QUIRÓFANO 03 - SALA DE CIRUGÍA OFTALMOLÓGICA					
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS PAREDES DEL RECINTO INTERVENIDO					
N° PARED	DIMENSIONES (m)		ORIENTACIÓN	SUPERFICIE	
	LADO	ALTURA		m ²	pie ²
1	6.80	3.00	SW	20.4	219.58
2	6.27	3.00	NW	18.81	202.47
3	6.80	3.00	NE	20.4	219.58
4	6.27	3.00	SE	18.81	202.47
area	42.636				
DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LAS PAREDES RESTANDO MUROS Y COLUMNAS					
N° PARED	ORIENTACIÓN	ÁREA SÓLIDA (pie ²)		ÁREA DE ACCESO (pie ²)	
		LADRILLO	PLACA	PUERTA	VENTANA
1	SW	182.77	19.38	14.21	3.23
2	NW	182.13	20.34	0.00	0.00
3	NE	180.83	9.69	26.64	2.42
4	SE	177.60	24.86	0	0
SIN MUROS ESQUINEROS					
LARGO	ANCHO	AREA (m2)	AREA (pie2)		
6.5	5.5	35.75	384.81		
INVIERNO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	9.48	13.41			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	49.06	56.14	12.8	8.3	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 0.120 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
VERANO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	13.48	17			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	56.27	62.6	18.2	13.7	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 1.205 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
COLUMNAS (cm)	U (BTU/hpie2°F)				
15	0.511			PARED N°1 (SW)	0.83
35	0.432			PARED N°2 (NW)	0.52
40	0.416				
62	0.326				
				CLF - VENTANA	SHGF (BTU/hpie2 °F)
					12.68

Fuente: Elaboración propia

QUIRÓFANO 04 - SALA DE OPERACIONES DE GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA					
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS PAREDES DEL RECINTO INTERVENIDO					
N° PARED	DIMENSIONES (m)		ORIENTACIÓN	SUPERFICIE	
	LADO	ALTURA		m²	pie²
1	6.5	3.00	SW	19.5	209.90
2	6.13	3.00	NW	18.39	197.95
3	6.5	3.00	NE	19.5	209.90
4	6.13	3.00	SE	18.39	197.95
area	39.845				
DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LAS PAREDES RESTANDO MUROS Y COLUMNAS					
N° PARED	ORIENTACIÓN	ÁREA SÓLIDA (pie²)		ÁREA DE ACCESO (pie²)	
		LADRILLO	PLACA	PUERTA	VENTANA
1	SW	174.70	17.76	14.21	3.23
2	NW	177.93	20.02	0.00	0.00
3	NE	163.07	17.76	26.64	2.42
4	SE	177.60	20.34	0.00	0.00
LARGO	ANCHO	AREA (m2)	AREA (PIE2)		
5.95	5.5	32.725	352.25		
INVIERNO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	9.48	13.41			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	49.06	56.14	12.8	8.3	
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 0.120 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
VERANO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	13.48	17			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	56.27	62.6	18.2	13.7	
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°c) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 1.205 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
COLUMNAS (cm)	U (BTU/hpie2°F)				
15	0.511			PARED N°1 (SW)	0.83
35	0.432			PARED N°2 (NW)	0.52
40	0.416				
				CLF - VENTANA	SHGF (BTU/hpie2 °F)
					12.68

QUIRÓFANO 05 - SALA DE CIRUGÍAS GENERALES Y AMBULATORIAS					
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS PAREDES DEL RECINTO INTERVENIDO					
N° PARED	DIMENSIONES (m)		ORIENTACIÓN	SUPERFICIE	
	LADO	ALTURA		m ²	pie ²
1	7.35	3.00	SW	22.05	237.34
2	6.05	3.00	NW	18.15	195.36
3	7.35	3.00	NE	22.05	237.34
4	6.05	3.00	SE	18.15	195.36
area	44.4675				
DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LAS PAREDES RESTANDO MUROS Y COLUMNAS					
N° PARED	ORIENTACIÓN	ÁREA SÓLIDA (pie ²)		ÁREA DE ACCESO (pie ²)	
		LADRILLO	PLACA	PUERTA	VENTANA
1	SW	202.15	17.76	14.21	3.23
2	NW	177.60	17.76	0.00	0.00
3	NE	190.52	17.76	26.64	2.42
4	SE	177.60	17.76	0.00	0.00
LARGO	ANCHO	AREA (m2)	AREA (pie2)		
6.8	5.5	37.4	402.57		
INVIERNO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	9.48	13.41			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	49.06	56.14	12.8	8.3	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 0.120 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
VERANO					
	PARED N°01	TECHO	PISO	VENTANA	PUERTA
CLTD (°C)	13.48	17			Pared N°01 o N°02
CLTD (°F)	56.27	62.6	18.2	13.7	
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DOBLE DE 7" = 0.775 y 0.137	3.74 (W/m2.°C)	1.09 (W/m2.°C)	6.3 (W/m2.°C)	2.44 (W/m2.°C)
U (W/m2.°C) y (BTU/h.pie2.°F)	MURO DE 7" = 1.205 y 0.212	0.66 (BTU/hpie2°F)	0.192 (BTU/hpie2°F)	1.108 (BTU/hpie2°F)	0.43 (BTU/hpie2°F)
COLUMNAS (cm)	U (BTU/hpie2°F)				
15	0.511			PARED N°1 (SW)	0.83
35	0.432			PARED N°2 (NW)	0.52
40	0.416				
62	0.326				
				CLF - VENTANA	SHGF (BTU/hpie2 °F)
					12.68

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. Plan de mantenimiento para todos los componentes del sistema centralizado enfriado por agua del Hospital Regional de Lambayeque.

CHILLER ENFRIADO POR AGUA 2 CIRCUITOS REFRIGERACION														
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL														
Marca: MCQUAY - USA														
Modelo: WA062.2BG3.2A2AN														
Año de Fabric. : 2019														
ITEM	ACTIVIDAD		MES											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	VERIFICACION DEL ESTADO DE SUPERFICIES Y ASEO GENERAL DEL EQUIPO	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	VERIFICACION Y REGISTRO DE LAS PRESIONES DE TRABAJO DEL REFRIGERANTE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	VERIFICACION Y REGISTRO DE TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DE AGUA ENFRIADA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	VERIFICACION Y REGISTRO DE TEMPERATURA DE ENTRADA Y SALIDA DE AGUA DE CONDENSACION	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	REGISTRO DE LOS VALORES DE LOS SEP - POINT DE AGUA ENFRIADA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO D ELOS INTERRUPTORES DE FLUJO DE GUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL EQUIPO	T			X			X			X			X
8	VERIFICACION Y REGISTRO DE PARAMETROS DE COMPRESORES	T			X			X			X			X
9	LIMPIEZA MECANICA DE LOS TUBOS DEL CONDENSADOR	A												X
10	MEDICION Y REGISTRO DE CONSUMOS ELECTRICOS DE LOS MOTORES	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS EN LOS MOTORES, PANEL DE FUERZA Y CONTROL	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	MEDICION Y REGISTRO DE AISLACION ELECTRICA DE MOTORES DE COMPRESORES	A												X
NOTAS:														
M MANTENIMIENTO MENSUAL														
B MANTENIMIENTO BIMESTRAL														
T MANTENIMIENTO TRIMESTRAL														
A MANTENIMIENTO ANUAL														

UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE (UMA)															
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL															
Marca: TRANE															
Modelo: WL															
Año de Fabric. : 2010															
ITEM	ACTIVIDAD			MES											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	INSPECCION, LIMPIEZA Y CAMBIO DE SER NECESARIO DE FILTROS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	LIMPIEZA DE GABINETES Y BANDEJAS DE CONDENSADO DE DRENAJE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	INYECCION DE PRODUCTOS QUIMICOS A PRESION PARA LAVADO DE SERPENTINES	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4	REVISION, REAJUSTE Y ALINEACION DE FAJAS DE MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	LUBRICACION DE COJINETES Y/O CHUMACERAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	VERIFICACION DEL GIRO CORRECTO DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
7	VERIFICACION DE PAREMETROS ELECTRICOS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
8	MEDICION Y REGISTRO DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	B	X		X		X		X		X		X		
9	INSPECCION DE ALABES DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10	LIMPIEZA Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
11	REVISION DE VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO DE AGUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
12	LIMPIEZA DE CONTACTORES Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS (*)	B		X		X		X		X		X		X	
13	REVISION DE AMORTIGUADORES Y VENTILADORES	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NOTAS:															
M	MANTENIMIENTO MENSUAL														
B	MANTENIMIENTO BIMESTRAL														
T	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL														
A	MANTENIMIENTO ANUAL														
(*)	SOLO EQUIPOS UMA 3B1 a 3B5 y UMA - 06														

Fuente: Elaboración Propia

BOMBAS CENTRIFUGAS MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL														
Marca: ARMSTRONG Modelo: 4382-6x6x8-10 HP, 4380-4x4x8-7.5 HP Año de Fabric. : 2010														
ITEM	ACTIVIDAD		MES											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	INSPECCION Y LIMPIEZA DE FILTROS DE MALLA METALICA	S						X						X
2	INSPECCION DE VALVULA MULTIPROPOSITO	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	INSPECCION DE LECTURA Y REGISTRO DE MANOMETROS DE PRESION	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	VERIFICACION DE NIVEL DE AGUA DE TANQUE DE COMPENSACION	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	LIMPIEZA DE ASPAS DE VENTILADOR DEL MOTOR ELECTRICO	S						X						X
6	VERIFICACION DEL GIRO CORRECTO DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTRICOS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	MEDICION Y REGISTRO DE AISLAMIENTO DE MOTOR	T			X			X			X			X
9	INSPECCION DE ALABES DE ROTOR	A												X
10	LIMPIEZA DE CONTACTORES Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	B		X		X		X		X		X		X
11	REVISION DE VALVULAS TIPO MARIPOSA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOTAS: M MANTENIMIENTO MENSUAL B MANTENIMIENTO BIMESTRAL T MANTENIMIENTO TRIMESTRAL A MANTENIMIENTO ANUAL S MANTENIMIENTO SEMESTRAL														

UNIDADES DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO (UVE)														
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL														
Marca: COOK GEMINI														
Modelo: GN-520, 290 CFM														
Año de Fabric. : 2010														
ITEM	ACTIVIDAD		MES											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	INSPECCION Y LIMPIEZA DE FILTROS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	LIMPIEZA DE GABINETES Y BANDEJAS DE CONDENSADO DE DRENAJE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	INYECCION DE AIRE A PRESION PARA LAVADO DE SERPENTINES	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	REVISION, AJUSTE Y ALINEACION DE FAJAS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	LUBRICACION DE COJINETES Y/O CHUMACERAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	VERIFICACION DEL GIRO CORRECTO DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTRICOS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	MEDICION Y REGISTRO DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	B	X		X		X		X		X		X	
9	INSPECCION DE ALABES DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	LIMPIEZA Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	REVISION DE VALVULAS DE CONTROL DE FLUJO DE AGUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	LIMPIEZA DE CONTACTORES Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	B		X		X		X		X		X		X
NOTAS:														
M	MANTENIMIENTO MENSUAL													
B	MANTENIMIENTO BIMESTRAL													
T	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL													
A	MANTENIMIENTO ANUAL													
S	MANTENIMIENTO SEMESTRAL													

Fuente: Elaboración Propia

UNIDADES DE VENTILACION (EXTRACCION Y VENTILACION MECANICA)														
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL														
ITEM	ACTIVIDAD		MES											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	INSPECCION Y LIMPIEZA DE FILTROS (SOLO VENTILADORES DE INYECCION DE AIRE)	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	LIMPIEZA DE GABINETES METALICOS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	REVISION, AJUSTE Y ALINEACION DE FAJAS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	LUBRICACION DE COJINETES Y/O CHUMACERAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	VERIFICACION DEL GIRO CORRECTO DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTRICOS DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	MEDICION Y REGISTRO DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	B	X		X		X		X		X		X	
8	INSPECCION DE ALABES DEL MOTOR	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	LIMPIEZA Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	LIMPIEZA DE CONTACTORES Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	B		X		X		X		X		X		X
NOTAS:														
M	MANTENIMIENTO MENSUAL													
B	MANTENIMIENTO BIMESTRAL													
T	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL													
A	MANTENIMIENTO ANUAL													
S	MANTENIMIENTO SEMESTRAL													

TORRE DE ENFRIAMIENTO														
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL														
Marca: PROTEC														
Modelo: PCT-175, 5.0 HP														
Año de Fabric. : 2010														
ITEM	ACTIVIDAD		MES											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	CIERRE DE VALVULAS DE INGRESO DEL AGUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	EVACUACION DEL AGUA DE LA POZA DE LA TORRE Y LIMPIEZA DE BASING	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	INYECCION DE PRODUCTO QUIMICO A PRESION PARA LAVADO DE LA TORRE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	VERIFICACION Y REGULACION DE VALVULA DE INGRESO DE AGUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	VERIFICACION DE BOYA DE NIVEL DE AGUA	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	VERIFICACION DE PARAMETROS ELECTRICOS DEL MOTOR DE LA TORRE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	MEDICION Y REGISTRO DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	B	X		X		X		X		X		X	
8	LIMPIEZA DE TOBERAS DE LA TORRE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	LIMPIEZA DE CONTACTORES Y REAJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS	B		X		X		X		X		X		X
10	APERTURA DE VALVULAS Y LLENADO DE LA TORRE	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOTAS:														
M		MANTENIMIENTO MENSUAL												
B		MANTENIMIENTO BIMESTRAL												
T		MANTENIMIENTO TRIMESTRAL												
A		MANTENIMIENTO ANUAL												

Fuente: Elaboración Propia