



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
II PROMOCIÓN**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER
EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**TEMA: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL
HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO**

AUTOR: GONZÁLEZ REDROVÁN, TRAJANO JAVIER

DIRECTOR: ING. PhD. DELGADO, REINALDO

CODIRECTOR: ING. MSc. ARLA, SANDRA

SANGOLQUÍ

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

CERTIFICADO

ING. REINALDO DELGADO GARCÍA
Director

ING. SANDRA M. ARLA ODIO
Oponente

CERTIFICAN

Que el presente proyecto de grado que lleva como título “**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO**”, realizado por González Redrován Trajano Javier, de nacionalidad ecuatoriana, con cédula de identidad 0301498572, como requisito para la obtención del título de Magíster en Energías Renovables, Segunda Promoción, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con los requerimientos científicos, tecnológicos y académicos en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Autorizan a González Redrován Trajano Javier, entregar el mismo a la Unidad de Gestión de Postgrados.

Sangolquí, Abril de 2015



Ing. Reinaldo Delgado PhD.
DIRECTOR



Ing. Sandra Ma. Arla Odio MsC.
OPONENTE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
II – PROMOCIÓN 2010 – 2012

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

González Redrován Trajano Javier

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos a terceros, conforme las fuentes que constan en la bibliografía correspondiente.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, es responsabilidad mía el contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Abril de 2015

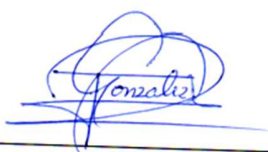


Ing. Trajano Javier González Redrován

AUTORIZACIÓN

Yo, Ingeniero Trajano Javier González Redrován, con cédula de ciudadanía 0301498572 autorizo la publicación de mi tesis de grado de Magíster en Energías Renovables, titulada: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO”** en la biblioteca virtual de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, cumpliendo con las exigencias que demanda la Ley de Educación Superior de hacer públicas las investigaciones universitarias.

Sangolquí, Abril de 2015



Ing. Trajano Javier González Redrován

C.I.: 0301498572

DEDICATORIA

El esfuerzo y sacrificio de este trabajo, se lo dedico a Dios y la Virgen, por mantenerme constante y juicioso para que con su bendición se haya culminado de buena manera.

A mi esposa Giovanna, que con su amor y confianza, ha enrumbado este nuevo logro profesional, que es suyo y mío.

A mis padres, Trajano y Mariana, por su empeño y ayuda para sortear las dificultades, que son ejemplo para salir adelante, dando todo de sí.

A queridas hermanas, cuñado y sobrina, con quienes disfruto esta nueva meta.

A mi familia, que estando en muchos lugares, siempre estuvo dispuesto a apoyarme y orientarme.

Trajano Javier González Redrován

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento al Ing. Reinaldo Delgado Ph.D, por su valioso apoyo y comprensión en la elaboración de mi trabajo de tesis.

A la vida misma, que me permitió encontrar gratos amigos y maestros en la MER, segunda promoción, que se mantienen siempre presentes, con quienes tendré un agradecimiento profundo.

Trajano Javier González Redrován

ÍNDICE

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del Problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE DEL SISTEMA ENERGÉTICO ELÉCTRICO DEL HOSPITAL.....	6
2.1 Estructura Funcional del Hospital.....	6
2.1.1 Índices Estadísticos Funcionales.....	11
2.1.2 Instalaciones y Servicios.....	12
2.1.3 Normativas Energéticas para Hospitales.....	13
2.2 Estado del Arte de la Situación Energética en el Hospital Homero Castanier Crespo.....	19
2.2.1 Determinación de la Matriz Energética.....	24
2.2.2 Identificación de los Sistemas Energéticos del Hospital.....	27

2.2.3	Selección del Sistema Eléctrico como Potencialmente Gestionable.....	53
CAPÍTULO III: PROPUESTA Y DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO..... 70		
3.1	Determinación del Punto de Consumo Energético Óptimo del Hospital.....	70
3.2	Determinación de Parámetros y Variables Matemáticos.....	71
3.3	Desarrollo del Modelo Matemático del Sistema Eléctrico.	72
3.4	Simulación de Resultados.....	84
CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL 91		
4.1	Formulación de Soluciones Operativas y de Inversión.	91
4.2	Evaluación Técnico – Económica de las Oportunidades de Ahorro en el Sistema Eléctrico.	93
4.3	Costo de Implementación y Retorno de la Inversión.....	97
4.4	Estrategias de Ahorro Energético.	99
4.5	Definición de Planes de Acción en el Sistema Eléctrico.	100
4.5.1	Planificar	100
4.5.2	Hacer o Poner en Práctica	102
4.5.3	Verificar.....	103
4.5.4	Actuar	104
CONCLUSIONES		106
RECOMENDACIONES.....		108
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS.....		112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cadena de Valor Estructural Organizacional Hospitales.	8
Tabla 2. Clasificación de Hospitales según su nivel de atención.....	10
Tabla 3. Indicadores Hospitalarios Año 2013	11
Tabla 4. Cartera de Servicios Hospital Homero Castanier Crespo.....	12
Tabla 5. Clasificación de Hospitales Públicos de Chile por número de camas	20
Tabla 6. Valores Promedio del Consumo Eléctrico del Hospital.....	27
Tabla 7. Elementos de Generación Eléctrica	30
Tabla 8. Elementos de Distribución Eléctrica	32
Tabla 9. Elementos de Consumo Eléctrico: Etapa de Potencia	34
Tabla 10. Elementos de Consumo Eléctrico: Etapa de Iluminación	35
Tabla 11. Elementos de Generación de Vapor.....	38
Tabla 12. Elementos de Distribución de Vapor.....	39
Tabla 13. Elementos de Recuperación de Condensado	40
Tabla 14. Elementos de Consumo de Vapor	41
Tabla 15. Consumo de agua potable Hospital Homero Castanier Crespo	49
Tabla 16. Elementos de Suministro de Agua Fría.	51
Tabla 17. Elementos de Suministro de Agua Caliente y Recirculación	52
Tabla 18. Consumo de Iluminación	65
Tabla 19. Consumo de Equipos Médicos	66
Tabla 20. Consumo de Equipos de Fuerza (Motores)	68
Tabla 21. Consumo de Equipos de Cómputo, Cocina y Limpieza.....	69
Tabla 22. Levantamiento de Cargas de Iluminación.....	72
Tabla 23. Consumo de Energía con lámparas T8	78
Tabla 24. Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8	79
Tabla 25. Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8 + Balastro Electrónico	79

Tabla 26. Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8 + Balastro Electrónico + Control Inteligente	80
Tabla 27. Consumo de Energía de Sistema de Cómputo.	81
Tabla 28. Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de los Sistemas de Cómputo.	82
Tabla 29. Consumo de Energía de Cocina.....	82
Tabla 30. Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de Uso en Cocina.....	83
Tabla 31. Consumo de Energía Lavandería.....	83
Tabla 32. Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de Uso en Lavandería.....	84
Tabla 33. Reducción de Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8.....	94
Tabla 34. Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8 y balastro electrónico	94
Tabla 35. Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8, balastro electrónico y control automático	95
Tabla 36. Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio mejoras de sistema de cómputo.....	96
Tabla 37. Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con mejoras en cocina.....	96
Tabla 38. Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con mejoras en lavandería.	97
Tabla 39. Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8.....	97
Tabla 40. Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8 más balastro electrónico.....	98
Tabla 41. Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8, balastro electrónico y control inteligente.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la muestra según cantidad de camas para consumo eléctrico.	21
Figura 2. Consumo eléctrico promedio anual según cantidad de camas.	22
Figura 3. Distribución de la muestra según cantidad de camas para consumo de combustibles.	23
Figura 4. Consumo de combustible promedio anual según cantidad de camas	23
Figura 5. Composición fuentes de energía Hospital año 2013.....	25
Figura 6. Facturación de energía Hospital año 2013.	26
Figura 7. Costos de energía Hospital año 2013.	26
Figura 8. Variación mensual de consumo de energía eléctrica Hospital año 2013.	28
Figura 9. Consumo de Energía Térmica kgvap/día.....	48
Figura 10. Variación mensual del consumo de agua Hospital año 2013.....	50
Figura 11. Indicadores consumo energético anual actual por cama	55
Figura 12. Indicadores consumo energético anual actual por área de superficie.	55
Figura 13. Niveles de Tensión.....	56
Figura 14. Niveles de Corriente.....	57
Figura 15. Niveles de Potencia por fase.	58
Figura 16. Niveles de Potencia Promedio.	59
Figura 17. Indicador Flicker Fase 1	60
Figura 18. Indicador Flicker Fase 2.....	60
Figura 19. Indicador Flicker Fase 3.....	61
Figura 20. Medición de Frecuencia	62
Figura 21. Distorsión Armónica de Voltaje	63
Figura 22. Desbalance de Voltaje	64
Figura 23. Desbalance de Corriente	64

Figura 24. Tipos de luminarias.....	76
Figura 25. Tipos de balastos y pérdidas asociadas.	77
Figura 26. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8.....	85
Figura 27. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8 con balastro electrónico.....	85
Figura 28. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8 con balastro electrónico y control automático.....	86
Figura 29. Variación de consumo anual de energía en el sistema de cómputo.	86
Figura 30. Indicadores consumo energético anual estimado por cama	89
Figura 31. Indicadores consumo energético anual estimado por área de superficie	89

RESUMEN

El cambio de la matriz energética que actualmente se aplica en el Ecuador, ha planteado varias aristas que busquen actuar positivamente para reducir el consumo de energía no renovable, tanto en etapas de generación, como de eficiencia energética. Sobre este último punto, este trabajo de investigación se enfoca sobre el consumo energético en el sector hospitalario, de manera que se pueda determinar la realidad actual referente a los índices energéticos de consumo de energía eléctrica y térmica con los que funciona el hospital Homero Castanier Crespo de la ciudad de Azogues, que medidos en dos parámetros, $\left[\frac{MWh}{cama}/año\right]$ y $\left[\frac{kWh}{m^2}/año\right]$, muestran una situación en la cual no se ubican dentro de los estándares internacionales. Con estos valores obtenidos, se desarrolla esta investigación que busca mejorar el consumo energético dentro del sistema eléctrico, con propuestas que se encaminan a cambios de tecnologías demasiado antiguas por opciones que permitan mejorar los sistemas de iluminación, además de criterios y planes que fomenten el correcto uso de sistemas de cómputo, cocina y lavandería, algunos de ellos que ya han superado su vida útil; de esta manera se logra mejorar los índices de consumo energético actuales, mediante el uso de modelos matemáticos que permitan una inversión dentro de los parámetros reales para el presupuesto que se maneja en el hospital; además de brindar la posibilidad que se pueda replicar dicho estudio en otras infraestructuras de las mismas características, aportando con planes de acción, que basados en una línea base, definan las verdaderas posibilidades de ahorro energético.

PALABRAS CLAVES:

- **SISTEMA ELÉCTRICO**
- **BALANCE ENERGÉTICO**
- **ÍNDICES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO HOPITALARIO**
- **EFICIENCIA ENERGÉTICA**
- **PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA**

ABSTRACT

The change of the energy matrix currently unfolding in Ecuador, has proposed different edges that act positively seeking to reduce non-renewable energy consumption in both stages of generation and energy efficiency. On this last point, this research focuses on energy consumption in the hospital sector, so that you can determine the current situation regarding energy consumption rates of electrical and thermal energy with which the hospital Homero Castanier Crespo works under in Azogues city, that measured on two parameters, $\left[\frac{MWh}{bed}/year\right]$ and $\left[\frac{kWh}{m^2}/year\right]$ shows a situation in which they are not within international standards. With these obtained values, this research seeks to improve the energy consumption within the electrical system, with proposals that are aimed at changing options that are considered as “too old technologies” for others that improve lighting systems, in addition to criteria and plans that encourage the proper use of computer systems, kitchen and laundry, some of them have already exceeded their useful life; in this way it is possible to improve current rates of energy consumption by using mathematical models that allow an investment in the real parameters for the budget that is handled in the hospital; also it offers the possibility that it can replicate this study in other infrastructure of the same features, providing plans of action, based on a baseline, that defines the real potential for energy savings.

KEYWORDS:

- **ELECTRICAL SYSTEM**
- **ELECTRICAL BALANCE**
- **ENERGY PERFORMANCE RATES OF HOSPITAL**
- **ENERGY EFFICIENCY**
- **ENERGY MANAGEMENT PLAN**

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

La sociedad en distintas regiones de nuestro planeta, ha tomado conciencia del problema energético que está viviendo, es por ello que ha desarrollado diferentes programas en torno a la eficiencia energética, con el objetivo de cuidar los recursos que aun dispone y están presentes en nuestro entorno.

A nivel internacional, Europa lidera desde hace muchos años los programas de certificación y eficiencia energética tanto en edificios, como a nivel industrial. En este sentido, la necesidad de buscar alternativas para reducir y mejorar el aprovechamiento energético en la infraestructura y el equipamiento del sector de la salud, tanto a nivel público como privado, ha determinado una serie de propuestas y normativas que proponen soluciones a las instalaciones actuales y a su vez, directrices para los diseños futuros en edificaciones de este sector (Brochure, 1999).

En Latinoamérica, varios países han apostado por el desarrollo de políticas y metodologías que fomenten la aplicación de la eficiencia energética a nivel industrial, específicamente refiriéndose a los centros hospitalarios. Chile, Perú, Colombia, están trabajando con el desarrollo de políticas en eficiencia energética, que han determinado indicadores de consumo energético dentro de varios sistemas, como el eléctrico, de vapor, de agua, de vacío, etc., buscando la promoción de una cultura en la sociedad sobre este tema (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2013), (Ávarez & Serna, 2012).

En nuestro país, en el año 2010 el desarrollo de la cultura en eficiencia energética apenas inició sus primeros pasos, por intermedio del Ministerio de

Electricidad y Energías Renovables que mediante diferentes proyectos como la introducción de cocinas de inducción, el plan “Renova Refrigeradora”, el proyecto de eficiencia en la industria, propone crear un conocimiento para los habitantes sobre la necesidad de implementar un mejoramiento del consumo energético.

Sin embargo, lo que corresponde al estudio de la eficiencia energética del sector de la construcción y específicamente a nivel de hospitales y clínicas, no existe una reglamentación ni normativa nacional que garantice la calidad de las instalaciones, los materiales con los que se construye, ni análisis de los consumos que de manera óptima deberían tener las edificaciones, con el objetivo de brindar niveles de confort necesarios, sin exagerar en los consumos ni en el abuso de los recursos energéticos que el país dispone.

Se conoce que los subsidios energéticos con los que el país dispone es una razón por la cual la falta de cultura en eficiencia energética no ha sido desarrollada en la ciudadanía, y al ser esta una posibilidad que económicamente puede brindar beneficios al país, es necesario ir diseñando y promoviendo planes y proyectos que propongan una mejor calidad en el consumo energético del país.

1.2 Definición del Problema.

No existen antecedentes de haberse realizado balances energéticos en los equipos ni en los sistemas, ni la instrumentación necesaria en las secciones de control que permitan manejar adecuadamente los valores óptimos de trabajo para cada sistema así como el consumo energético para el hospital Homero Castanier Crespo de la ciudad de Azogues, de tal forma que demuestren la situación actual y el nivel de eficiencia de cada uno de ellos; de manera que se generen proyectos de mejoramiento en los sistemas de mayor consumo. Es por

ello que se propone el proyecto llamado **estudio y análisis de eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: sistema eléctrico**, mediante el cual se pretende que en mediano y largo plazo, se desarrollen políticas y programas de aplicación en torno a la eficiencia energética, tanto a nivel nacional por intermedio del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables y el Ministerio de Salud Pública, como a nivel local por parte de la Institución de Salud.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Se espera que con este trabajo se logre definir problemas y propuestas que beneficien al Hospital Homero Castanier Crespo, a los pacientes y al país. Adicional se espera proponer una opción de gestión energética que logre que este proyecto sea sustentable en el tiempo.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar el consumo de energía de uso final en el hospital propuesto.
- Hallar el valor del índice de eficiencia energética en el sistema eléctrico y determinar su aporte.
- Realizar modelos de comportamiento del sistema energético eléctrico.
- Determinar las oportunidades de ahorro de energía en términos técnico-económicos.
- Proponer gestión energética en el sistema eléctrico de uso ineficiente.

1.4 Alcance.

Evaluación de la eficiencia energética del sistema eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo, y su incidencia en el consumo energético por cama, que permita proponer un programa de eficiencia para mejorar los índices de desempeño energético.

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación.

Los problemas energéticos, la eliminación paulatina del medio urbano, el aumento preocupante de la desertización y eliminación de espacios verdes, la disminución de la materia prima, provocan que el planeta vaya perdiendo la capacidad de seguir siendo una fuente de recursos.

Existen motivos y razones que no son difíciles de entender para incentivar a nuevas prácticas constructivas, a nivel industrial y en forma directa, en los hospitales, con el objeto de que sean energéticamente eficientes, brindando una reducción de gases de efecto invernadero, costos de construcción, calidad de diseño y funcionalidad de las construcciones, etc (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2013).

En el Ecuador el desarrollo de proyectos enfocados a mejorar la eficiencia energética de las construcciones hospitalarias, ha sido prácticamente limitado, es por ello la importancia de empezar a plantear planes y soluciones que ayuden a mejorar el crecimiento de las ciudades de nuestro país.

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables está impulsando proyectos que fomenten el desarrollo y la cultura de ahorro energético con planes nacionales que son reconocidos y valorados. Pero en el aspecto de

eficiencia energética, apenas dispone de un plan para mitigar el consumo energético, pero de manera muy general, que no presenta resultados, ni perspectivas de normalización.

El desarrollo de esta tesis, procura dar los primeros pasos hacia un objetivo que tiene como destino el generar un programa de eficiencia energética dentro del sector hospitalario, utilizando para este caso, recursos e información propios del hospital Homero Castanier Crespo, además de la colaboración de entidades nacionales como el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Empresa Eléctrica Azogues EP, y de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC y Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

El aporte científico que esta tesis propone está en el conocimiento de los tipos de normativas que pueden plantearse para la realidad nacional, siendo este un estudio muy completo que brindará bases para el desarrollo de planes a nivel nacional; proponiendo dentro de este mismo trabajo, recomendaciones para mejorar los aspectos constructivos y especificaciones que se adapten al entorno de la región austral del país.

CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE DEL SISTEMA ENERGÉTICO ELÉCTRICO DEL HOSPITAL

2.1 Estructura Funcional del Hospital.

Enmarcado en el Registro Oficial N°339, Acuerdo Ministerial N°00001537, se concibe la visión, misión y objetivos estratégicos de los Hospitales del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (Ministerio de Salud, 2012)

Misión:

Prestar servicios de salud con calidad y calidez en el ámbito de la asistencia especializada, a través de su cartera de servicios, cumpliendo con la responsabilidad de promoción, prevención, recuperación, rehabilitación de la salud integral, docencia e investigación, conforme a las políticas del Ministerio de Salud Pública y el trabajo en red, en el marco de la justicia y equidad social.

Visión:

Ser reconocidos por la ciudadanía como hospitales accesibles, que prestan una atención de calidad que satisface las necesidades y expectativas de la población bajo principios fundamentales de la salud pública y bioética, utilizando la tecnología y los recursos públicos de forma eficiente y transparente.

Objetivos estratégicos:

Objetivo 1: Garantizar la equidad en el acceso y gratuidad de los servicios.

Objetivo 2: Trabajar bajo los lineamientos del Modelo de Atención Integral de Salud de forma integrada y en red con el resto de las Unidades Operativas de Salud del Ministerio de Salud Pública y otros actores de la red pública y privada complementaria que conforman el sistema nacional de salud del Ecuador.

Objetivo 3: Mejorar la accesibilidad y el tiempo de espera para recibir atención, considerando la diversidad de género, cultural, generacional, socio económica, lugar de origen y discapacidades.

Objetivo 4: Involucrar a los profesionales en la gestión del hospital, aumentando su motivación, satisfacción y compromiso con la misión del hospital.

Objetivo 5: Garantizar una atención de calidad y respeto a los derechos de las y los usuarios, para lograr la satisfacción con la atención recibida.

Objetivo 6: Desarrollar una cultura de excelencia con el fin de optimizar el manejo de los recursos públicos, y la rendición de cuentas.

Estructura organización por procesos:

La estructura del Hospital Homero Castanier Crespo, se sustenta en la filosofía y enfoque de gestión por procesos determinando claramente su ordenamiento orgánico a través de la identificación de procesos, clientes, productos y/o servicios. Con esta formulación se busca disponer de las herramientas que permitan tomar decisiones objetivas para actuar de forma oportuna en cumplimiento de los intereses de la población Ecuatoriana.

Los procesos de los Hospitales del Ministerio de Salud Pública (Ministerio de Salud, 2012) se ordenan y clasifican en función de su grado de contribución o valor agregado al cumplimiento de su misión. Estos son:

- Los Procesos Gobernantes orientan la gestión institucional a través de la formulación de propuestas de políticas, directrices, normas, procedimientos, planes, acuerdos y resoluciones para la adecuada administración y ejercicio de la representación legal de la institución.
- Los Procesos Agregadores de Valor son los encargados de generar y administrar los productos y servicios destinados a usuarios y permiten cumplir con la misión institucional y los objetivos estratégicos.
- Los Procesos Habilitantes de Asesoría y de Apoyo generan productos y servicios para los procesos gobernantes, agregadores de valor para sí mismos, apoyando y viabilizando la Gestión Institucional.

Tabla 1.

Cadena de Valor Estructural Organizacional Hospitales.

PROCESO GOBERNANTE
DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO DEL HOSPITAL
PROCESOS AGREGADORES DE VALOR
GESTIÓN ASISTENCIAL
GESTIÓN DE ESPECIALIDADES CLÍNICAS Y/O QUIRÚRGICAS
GESTIÓN DE CUIDADOS DE ENFERMERÍA
GESTIÓN DE APOYO DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO
GESTIÓN DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN
PROCESOS HABILITANTES DE ASESORÍA
GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
GESTIÓN DE ASESORÍA JURÍDICA
GESTIÓN DE COMUNICACIÓN
GESTIÓN DE CALIDAD
PROCESOS HABILITANTES DE APOYO
GESTIÓN DE ATENCIÓN AL USUARIO
GESTIÓN DE ADMISIONES
GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Fuente: (Ministerio de Salud, 2012)

Clasificación de Hospitales.

Los hospitales se clasifican teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Por su función:
 - Generales.
 - Especialidades.

- Por su ámbito de actuación:
 - Locales.
 - Provinciales.
 - Regionales.

- Por su nivel de asistencia prestada:
 - Baja complejidad.
 - Complejidad media.
 - Alta tecnología.

- Por su dependencia:
 - Públicos.
 - Privados.
 - Alternativos.

- Por el tipo de pacientes:
 - Agudos o crónicos.

El Hospital Homero Castanier Crespo de acuerdo a esta clasificación se corresponde a un Hospital General Nivel II, Provincial, de baja complejidad, público y que atiende a pacientes agudos.

Tabla 2.

Clasificación de Hospitales según su nivel de atención.

NIVELES	TIPO	TIPOLOGÍA	CARTERA DE SERVICIO
NIVEL I	Centro de Salud A, B, C, Puestos de Salud, Consultorio General, y apoyo de Unidades Móviles)	A B C PS UM	Medicina General, Obstetricia, Odontología, Psicología.
	Hospitales Básicos	HB	Pediatría, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Medicina Interna.
NIVEL II AMBULATORIO HOSPITALARIO	Y Hospitales Generales	HG	Pediatría, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Medicina Interna, Terapia Intensiva, Emergencia y otras Sub especialidades dependiendo del hospital.
		HE	Especialidades y Sub especialidades relacionadas a la particularidad del hospital.
NIVEL III AMBULATORIO HOSPITALARIO	Y Hospitales Especialidades	HES	Especialidades y Sub especialidades Médicas.

Fuente: (Ministerio de Salud, 2012)

Hospital general: Establecimiento de salud que brinda atención clínico - quirúrgica y ambulatoria en consulta externa, hospitalización, cuidados intensivos, cuidados intermedios y emergencias, con especialidades básicas y subespecialidades reconocidas por la ley; cuenta con unidad de diálisis, medicina transfusional, trabajo social, unidad de trauma, atención básica de quemados.

2.1.1 Índices Estadísticos Funcionales.

Los índices estadísticos funcionales de un Hospital son instrumentos de la gestión y calidad más importantes usados por la Institución que proporcionan bases para el análisis y evaluación de la situación sanitaria, la toma de decisiones respaldada en la evidencia, la planificación y programación en salud. Los índices estadísticos funcionales son medidas que resumen y que facilitan la cuantificación y evaluación de las diferentes situaciones de salud de una población o desempeño de la Institución o sistema.

Los índices estadísticos funcionales más importantes que maneja el Hospital se registran en la siguiente tabla resumen año 2013.

Tabla 3.

Indicadores Hospitalarios Año 2013

INDICADORES		HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO ANUAL 2013							TOTAL
		ESPECIALIDADES							
		MEDICINA INTERNA	TRAUMATOLOGÍA	CIRUGÍA	PEDIATRÍA	NEONATOLOGÍA	GINECOLOGÍA	CUIDADOS INTENSIVOS	
EGRESOS	ALTAS	1513	523	1510	1523	647	2908	147	8771
	TOTAL DEFUNCIONES	108	3	12	0	1	0	35	159
	MENOS 48 HORAS	40	1	1	0	0	0	17	59
	MAS 48 HORAS	68	2	11	0	1	0	18	100
	TOTAL EGRESOS	1621	526	1522	1523	648	2908	182	8930
AUDITORIA MÉDICA:									
INTERCONSULTA		0	0	0	0	0	0	0	0
AUTOPSIAS:		0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DÍAS ESTADÍA		8662	2157	5068	4644	2722	5833	824	29910
TOTAL DÍAS PACIENTE		10675	2653	6833	6221	3364	9003	1026	39775
DÍAS CAMAS DISPONIBLES		15162	3217	8627	8006	4203	12994	1409	53618
INDICADORES	GIRO DE CAMAS (%)	39	60	64	69	56	82	47	61
	INTERVALO GIRO (DÍAS)	3	1	1	1	1	1	2	11
	PROM. DIAR. DÍAS PACIENTE	29	7	19	17	9	25	3	109
	% OCUPACIÓN	70	83	79	78	80	69	73	74
	PROM. DÍAS ESTADÍA	5	4	3	3	4	2	5	3

Continua 

PROM. DIAR. CAMAS. DISP.	42	9	24	22	12	36	4	147
PROM. DIARIOS EGRESOS	4	1	4	4	2	8	1	25
TASA MORTALIDAD	4	0	1	0	0	0	10	1
TASA AUTOPSIAS	0	0	0	0	0	0	0	0
TASA INTERCONSULTAS	0	0	0	0	0	0	0	0
PARTOS	0	0	0	0	0	1819	0	1819
DOTACIÓN NORMAL DE CAMAS	42	9	24	23	12	36	4	150


Fuente: (Hospital Homero Castanier Crespo, 2014)

2.1.2 Instalaciones y Servicios.

El Hospital Homero Castanier Crespo cuenta con la siguiente cartera de servicios de atención al paciente.

Tabla 4.

Cartera de Servicios Hospital Homero Castanier Crespo

CARTERA DE SERVICIOS HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESCO	
CENTRO DE RESPONSABILIDAD	PRODUCTOS Y SERVICIOS ESPECÍFICOS
CONSULTA EXTERNA	C.E. PEDIATRÍA
	C.E. GINECO-OBSTETRICIA
	C.E. MEDICINA INTERNA
	C.E. CIRUGIA GENERAL
	C.E. TRAUMATOLOGÍA
	C.E. GASTROENTEROLOGÍA
	C.E. DERMATOLOGÍA.
	C.E. CARDIOLOGÍA
	C.E. NEUROLOGÍA
	C.E. NEFROLOGÍA
	C.E. CIRUGÍA PLÁSTICA
	C.E. OTORRINOLARINGOLOGÍA
	C.E. NUTRICIÓN
	C.E. PSICOLOGÍA
	C.E. PSIQUIATRÍA
	C.E. REUMATOLOGÍA
	C.E. NEUROLOGÍA
	C.E. UROLOGÍA
	C.E. ODONTOLOGÍA
	C.E. REHABILITACIÓN
C.E. ENFERMERÍA	
C.E. FONOAUDILOGÍA	
C.E. TRABAJO SOCIAL	
HOSPITALIZACIÓN	CIRUGÍA GENERAL
	CIRUGÍA TRAUMATOLOGÍA
	CIRUGÍA OTORRINOLARINGOLOGÍA
	CIRUGÍA UROLOGÍA
Continua 	

	CIRUGÍA NEUROCIRUGÍA
	CIRUGÍA PLÁSTICA Y QUEMADOS
	CLÍNICA
	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA
EMERGENCIA	TRIAJE
	EMERGENCIA PEDIÁTRICA
	EMERGENCIA CIRUGÍA
	EMERGENCIA GINECO-OBSTETRICIA
	EMERGENCIA CLÍNICA
	ATENCIÓN DE TRUMA
APOYO DIAGNÓSTICO CLÍNICO	IMAGENOLOGÍA
	RADIOLOGÍA SIMPLE Y ESPECIALIZADA
	ULTRASONOGRAFÍA
	ECOGRAFÍA
	TOMOGRFÍA SIMPLE Y CONTRASTADA
	LABORATORIO CLÍNICO
	BIOQUÍMICA
	HEMATOLOGÍA
	INMUNOLOGÍA
	MICROBIOLOGÍA
	CITOLOGÍA
	VIROLOGÍA
	ANATOMÍA PATOLÓGICA
	CITODIAGNÓSTICO
AUTOPSIAS	
	MEDICINA TRANSFUNCIONAL
UNIDADES DE PACIENTES CRÍTICOS	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS
UNIDAD DE REHABILITACIÓN	UNIDAD DE REHABILITACIÓN FÍSICA

Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2014)

2.1.3 Normativas Energéticas para Hospitales.

2.1.3.1 Unidades Consumidoras de Energía.

En los hospitales del país, las unidades consumidoras de energía son generalmente las siguientes:

- Energía Eléctrica.
- Combustibles.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Los principales equipos consumidores de energía eléctrica en los hospitales son los siguientes:

- Motores eléctricos (electro bombas, ascensores, compresoras, ventiladores, extractores, lavadoras, secadoras, calandrias, entre otros).
- Lámparas de iluminación (fluorescentes, incandescentes, de descarga, etc).
- Calentadores de agua (termas, duchas, hervidores, etc.).
- Hornos eléctricos.
- Cocinas eléctricas.
- Equipos de frío (conservadoras, refrigeradoras).
- Esterilizadores.
- Equipos electromédicos (rayos X, tomógrafos, etc.).

COMBUSTIBLES

El combustible mayormente utilizado en los hospitales ecuatorianos es el siguiente:

Petróleo Diesel No. 2

De la misma manera, los principales equipos consumidores de combustible son los siguientes:

- Calderas
- Incineradores
- Marmitas
- Calandrias
- Grupos electrógenos
- Autoclaves, entre otros.

Características Generales de Operación en Hospitales

(Ministerio de Energía y Minas, 2004) Las siguientes normas, son aquellas que normalmente deben aplicarse a los hospitales y otras instalaciones de asistencia médica para servicio de pacientes que puedan valerse por sí mismos.

Instalaciones de energía eléctrica en asistencia médica

Los sistemas eléctricos esenciales en los hospitales, deberán componerse de dos partes; el Sistema de Emergencia y el Sistema de Equipos. Estos sistemas deberán ser capaces de alimentar a los servicios de alumbrado y fuerza que se consideran esenciales para la seguridad de la vida y el funcionamiento efectivo de las instalaciones durante el tiempo de interrupción del servicio eléctrico normal que ocurra por cualquier causa.

Sistema de emergencia

El sistema de emergencia puede estar compuesto de dos partes: el circuito para la seguridad de la vida y el circuito crítico. Estos circuitos deben estar limitados a circuitos esenciales para funciones específicas.

Se deberá exigir en todos los hospitales un circuito para la seguridad de la vida y un circuito crítico.

El circuito para la seguridad de vida deberá alimentar a los equipos de iluminación, alarma y alerta, que deben funcionar permanentemente para la seguridad de la vida durante las emergencias.

El circuito crítico deberá alimentar a los aparatos de iluminación y

tomacorrientes en áreas de cuidado de pacientes críticos.

Los alimentadores del sistema de emergencia deberán estar físicamente separados de la instalación normal o deberán estar protegidos de manera que se reduzcan las posibilidades de interrupción simultánea.

El circuito para la seguridad de la vida y el circuito crítico de un sistema de emergencia, deberán instalarse en canalizaciones metálicas. Estos circuitos deberán mantenerse completamente independientes de todas las instalaciones y equipos, y no deberán instalarse en las mismas canalizaciones, cajas o gabinetes con cualquier otra instalación.

Se deberán conectar al sistema de emergencia solamente los aparatos de alumbrado y los equipos que desempeñan las funciones indicadas en este capítulo.

Todos los circuitos de un Sistema de Emergencia deberán instalarse y conectarse a una fuente auxiliar de energía para que el suministro al alumbrado y a los equipos sea automáticamente restablecido en los 10 segundos siguientes a la interrupción de la fuente normal.

Circuitos para la seguridad de la vida

(Löhr, Gauer, Serrano, & Zambrano, 2009) El circuito para la seguridad de la vida de un sistema de emergencia deberá alimentar a los aparatos de iluminación, los tomacorrientes y otros equipos que estén relacionados con la seguridad de la vida, como se indica a continuación:

Iluminación de los medios de escape, tales como la iluminación requerida para corredores, pasajes, escaleras y accesos a puertas de salidas, y todas

las vías necesarias para llegar a las salidas.

Señales de salida.

Sistemas de alarma, que incluyen alarmas de incendio accionadas en estaciones manuales, por dispositivos de alarma eléctrica de flujo de agua conectadas al sistema de rociadores, y dispositivos automáticos de detección de incendio, de humos o de productos de combustión.

Alarmas requeridas para los sistemas que se usan para la distribución de gases medicinales no inflamables.

Sistemas de comunicación en hospitales, cuando éstos se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia, incluyendo las necesidades de energía para el sistema local de teléfono.

Lugar donde está ubicado el grupo generador, incluyendo al alumbrado de trabajo y los tomacorrientes seleccionados.

Iluminación de los corredores para la transferencia nocturna. Para la transferencia nocturna de pacientes en hospitales, las disposiciones de maniobras de la iluminación de corredores desde los circuitos de iluminación general a los circuitos de iluminación nocturna, deberán ser permitidos de tal manera que uno de los dos circuitos pueda ser seleccionado y ambos circuitos no puedan ser apagados al mismo tiempo.

Circuito eléctrico crítico de hospitales

El circuito crítico de un sistema de emergencia deberá servir solamente a las áreas y funciones relacionadas con el cuidado de pacientes. Estos circuitos

críticos se indican a continuación:

Transformadores aisladores, que alimenten lugares de anestesia.

Alumbrado de trabajo y tomacorrientes seleccionados en guarderías infantiles, lugares de preparación y expendio de medicinas, lugares seleccionados para el cuidado minucioso de recién nacidos, lugares camas de psiquiatría (sólo alumbrado de trabajo), puestos de enfermera, salas comunes de tratamiento, salas quirúrgicas y obstétricas, salas de parto, unidades para diálisis, salas de tratamiento de emergencia, laboratorios de fisiología humana, unidades de cuidado intensivo, salas de operaciones, salas de recuperación postoperatoria, corredores en áreas para el cuidado de pacientes generales.

Sistema eléctrico para equipos hospitalarios

El sistema eléctrico para equipos hospitalarios deberá instalarse y conectarse al grupo de emergencia, de manera que se pongan automáticamente en servicio. Con esta disposición se debe obtener también la reconexión de los equipos con acción retardante automática o manual.

Los componentes siguientes del Sistema de Equipos deberán estar dispuestos para ponerse nuevamente en servicio automáticamente:

Fuentes de energía

Los sistemas eléctricos esenciales deberán tener por lo menos dos fuentes independientes de alimentación; una fuente normal que alimente generalmente todo el hospital y uno o varios grupos de emergencia para uso cuando el servicio normal está interrumpido.

El grupo de emergencia deberá estar formado por uno o varios grupos generadores accionados por alguna clase de fuerza motriz y ubicados en algún lugar de la edificación.

Cuando la fuente normal está formada de unidades generadoras ubicadas en dependencias de la edificación, el grupo de emergencia puede ser otro grupo generador o un servicio de energía eléctrica exterior.

Todos los equipos deberán estar ubicados de tal modo que se evite en lo posible su daño completo por causas tales como inundaciones, fuegos y formación de hielo.

2.2 Estado del Arte de la Situación Energética en el Hospital Homero Castanier Crespo.

La eficiencia de un hospital, debe estar basada en tres aspectos que determinan la situación de funcionamiento en líneas generales como específicas (López, 2011). Sobre esto, se necesita tener un conocimiento claro de la arquitectura que tiene el hospital, además de la gestión hospitalaria que debe ser el eje principal sobre el cual se mantenga el control de todos los sistemas que permiten el desenvolvimiento del mismo, tomándose en cuenta aspectos como protocolos hospitalarios que definan los lineamientos a seguir; y esto a su vez, debe estar relacionado conjuntamente con la gestión energética que el hospital tenga.

Para poder hacer un análisis de la situación energética del Hospital Homero Castanier Crespo, es importante realizar una comparación con el rendimiento energético de hospitales similares, o que por lo menos se acerquen en proporción y ubicación geográfica. Dicho esto, en el Ecuador no se puede

comparar con otros hospitales, debido a la falta de estudios en el sector de la eficiencia energética.

La comparación en cuanto a variables y parámetros energéticos que se presentan a continuación, está hecha con relación a la avanzada labor en el campo energético hospitalario que tiene Chile (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, s.f.), en donde desde hace más de una década se viene realizando esfuerzos por mejorar el consumo de energía en todas sus áreas, tanto eléctrica, térmica, de agua caliente, y calefacción, etc, y donde ya se tienen estudios detallados, que serán parte de la referencia para proyectar mejorías en el Hospital de la ciudad de Azogues.

Hay que tomar en cuenta, que dentro de los sistemas de consumo que normalmente existen en casi todos los hospitales, la singularidad en la cual se encuentra el Hospital Homero Castanier Crespo, es que no tiene un sistema de calefacción o aire acondicionado general para todo el edificio, razón por la cual, se hace un comparativo con la situación de los hospitales chilenos, pero sin tomar en cuenta el rubro de consumo energético en este sistema.

En Chile se tienen distribuidos los hospitales en cuatro grandes grupos, según la capacidad que estos tienen, teniendo lo siguiente:

Tabla 5.

Clasificación de Hospitales Públicos de Chile por número de camas

Tipo	Número de habitantes	Número promedio de camas	Ubicación	Características
Hospital tipo I	Más de 500.000	500	Ciudades Cabeceras de Servicios de Salud	Alta Complejidad Totalidad de especialidades médicas
Hospital tipo II	Más de 100.000	Menos de 400	Ciudad Cabeceras como Soporte	Mediana Complejidad Especialidades más simples
				Continúa 

Hospital tipo III	Hasta 50.000	Menos de 200	Ciudades Urbanas y Rurales	Menor Complejidad
Hospital tipo IV	Más de 10.000	Menos de 100	Poblaciones Rurales	Urgencias médicas

Fuente: (Vera, 2008)

Sobre la información obtenida, se puede realizar una comparación con el Hospital tipo III, que correspondería a cantidad de camas, ubicación y tipos de servicios que el Hospital Homero Castanier ofrece.

Los tipos de hospitales públicos chilenos que están en este grupo, tienen las siguientes características de los sistemas de consumo energético, tomando como referencia los consumos entre septiembre del 2006 y septiembre de 2007:

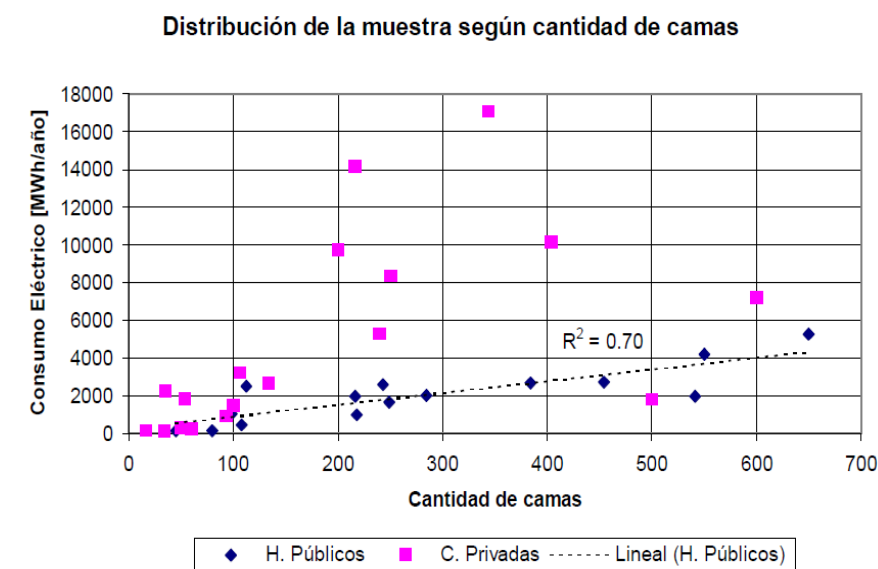


Figura 1. Distribución de la muestra según cantidad de camas para consumo eléctrico.

Fuente: (Vera, 2008)

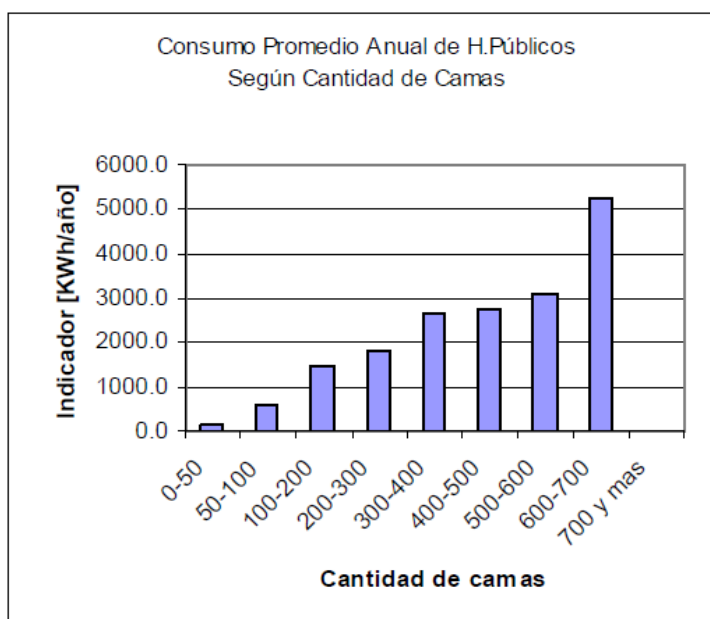


Figura 2. Consumo eléctrico promedio anual según cantidad de camas.

Fuente: (Vera, 2008)

Según lo reflejado en las figuras 1 y 2, se puede apreciar que las referencias con respecto al Hospital Homero Castanier Crespo, en el cual existen 150 camas en promedio, el consumo eléctrico en los hospitales públicos en Chile, están en el orden de los 1000 y 1100 [MWh/año]; esto tomando en consideración que el consumo en estos hospitales también tienen en cuenta la parte de climatización, lo cual indica mayores parámetros de consumo para esos hospitales.

Distribución de la muestra según cantidad de camas

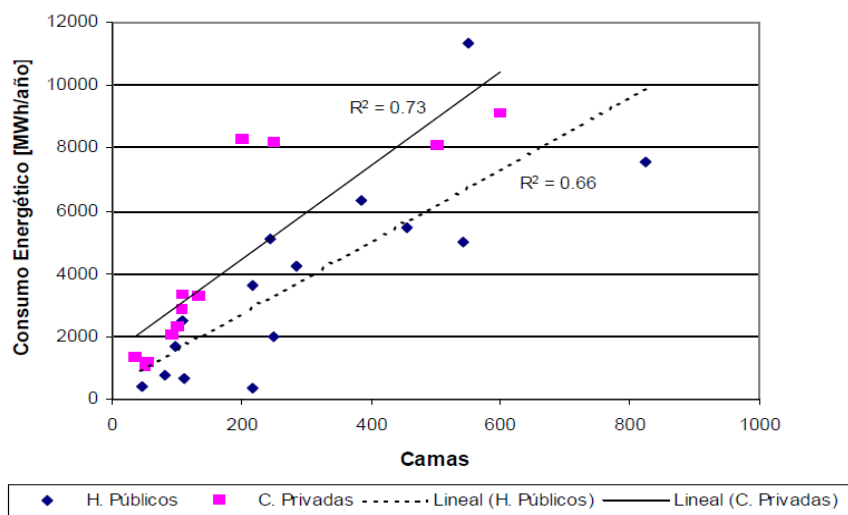


Figura 3. Distribución de la muestra según cantidad de camas para consumo de combustibles.

Fuente: (Vera, 2008)

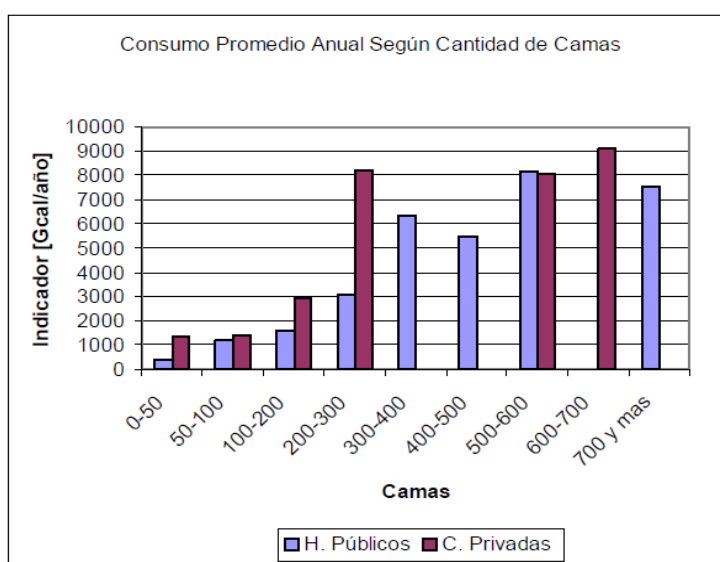


Figura 4. Consumo de combustible promedio anual según cantidad de camas

Fuente: (Vera, 2008)

Para el caso del consumo de combustible, la línea base que se propone en Chile, está por el orden de los 2200 [MWh/año], además de 1300 [Gcal/año], ambos valores aproximados a la realidad de la cantidad de camas para el Hospital Homero Castanier Crespo, lo que sirve de importante referencia para orientarse hacia propuestas de mejoramiento de consumo en este rubro.

En ambos casos, tanto eléctrico, como de combustible, es necesario determinar que el estudio de eficiencia que se trata, se enfoca en base a la realidad existente en el hospital, en donde se proponen comparaciones con las referencias de los hospitales chilenos, haciendo un balance sin considerar el campo de los sistemas de climatización que no están presentes en el hospital de estudio.

2.2.1 Determinación de la Matriz Energética.

El Hospital Homero Castanier Crespo fue construido en el año 1978 e inaugurado en el año 1982. La empresa constructora HOSP.ITAL LL.EM fue la encargada de la construcción y equipamiento del mismo. Mucho del equipamiento e instalaciones de arranque continúan en servicio, por lo que amerita realizar un levantamiento energético real que permita determinar la eficiencia del sistema energético.

El Hospital Homero Castanier Crespo utiliza electricidad y combustible (diesel II) como fuentes de energía para su adecuado funcionamiento y prestación de servicios. La composición energética anual registrada en el año 2013 es la siguiente:

Energía eléctrica: consumo anual 635318 kWh= 2287GJ.

Energía térmica: consumo anual=34800 gal=4724GJ.

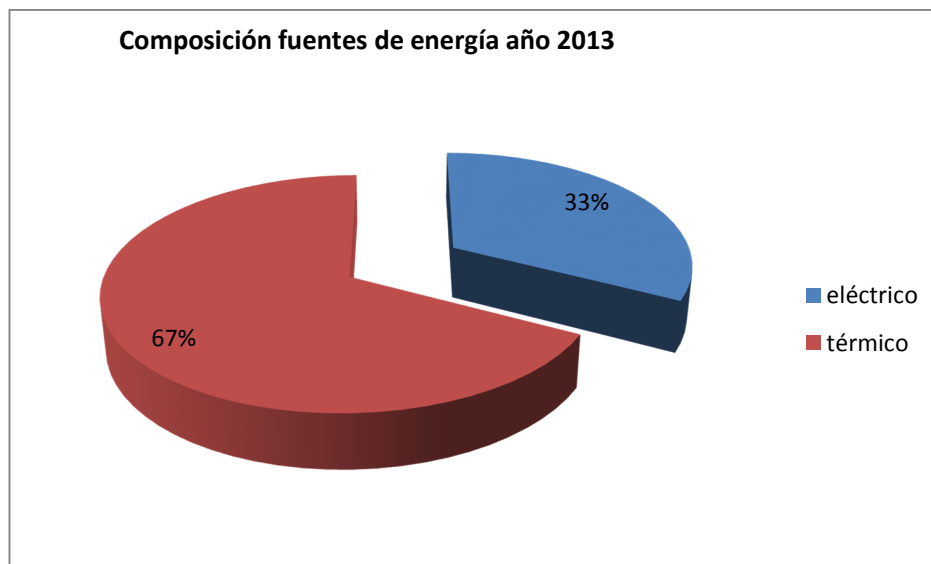


Figura 5. Composición fuentes de energía Hospital año 2013.

Como se puede apreciar en la figura, el aporte energético de fuente térmica corresponde al 67% de la matriz de fuentes de energía. Al ser la mayor fuente energética, amerita un análisis riguroso de la eficiencia del sistema para determinar su potencial intervención y gestión.

Considerando los costos de energía según facturación en el año 2013. Se tienen:

$$\text{Energía eléctrica: kWh: } 0.0767 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}}. \quad \text{Total= } 48759 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Energía térmica: galón: } 0.9187 \frac{\text{USD}}{\text{gal}}. \quad \text{Total= } 31972 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

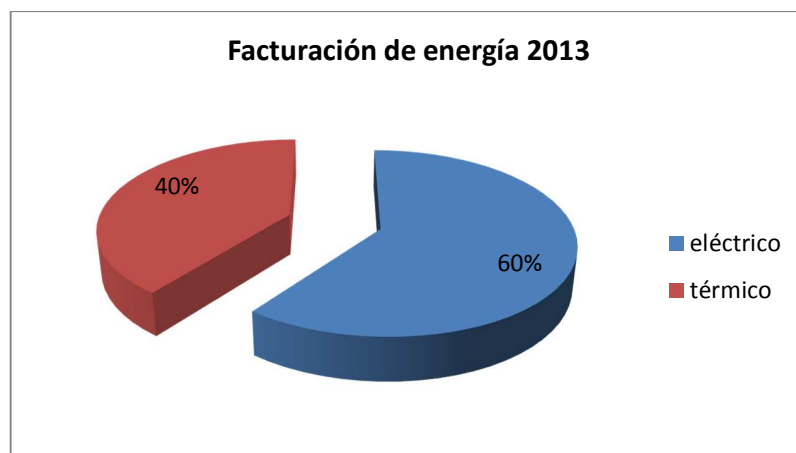


Figura 6. Facturación de energía Hospital año 2013.

En la figura 6. Se puede apreciar que los costos de la fuente energética eléctrica son mayores que los térmicos a pesar de que la energía generada por la fuente térmica es mayor en un 34% a la eléctrica. Esta gráfica puede dar una visión de la falta de aprovechamiento de energía proveniente de la fuente térmica, como ejemplo se puede citar el uso de autoclaves de generación de vapor a través de resistencias eléctricas desaprovechando líneas de vapor provenientes del sistema de vapor generado por la caldera.

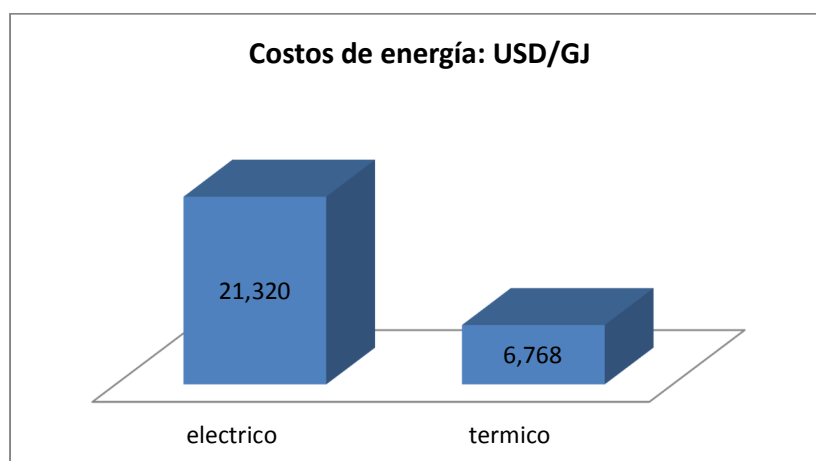


Figura 7. Costos de energía Hospital año 2013.

En la gráfica de la Fig.7 se tienen los costos de energía USD/GJ, y se puede apreciar los costos energéticos por fuente térmica son menores que los facturados por fuente eléctrica. Este análisis da una perspectiva para una gestión que permita mayor aprovechamiento de la energía térmica disponible.

2.2.2 Identificación de los Sistemas Energéticos del Hospital.

2.2.2.1 Sistema Eléctrico.

2.2.2.1.1 Evaluación Inicial.

El Hospital Homero Castanier tiene instalado un generador de 522KVA para instalaciones generales, un transformador de 80 KVA para el área de RX, un transformador de 75KVA para el área de Tomografía, sumando un consumo promedio mensual de 53200 KWh. Tiene instaladas alrededor de 1450 lámparas fluorescentes con balastro electromagnético que se mantienen encendidas las 24 horas del día en un promedio aproximado del 85% a pesar de tener niveles de iluminación natural que permitirían apagarlas pero no se disponen de sistemas inteligentes para control de iluminación. En muchas áreas se tienen circuitos de iluminación únicamente con interruptores en los tableros eléctricos lo que origina que permanezcan encendidos todo el tiempo.

Tabla 6.

Valores Promedio del Consumo Eléctrico del Hospital

MEDIDOR	PROM 2012	PROM 2013	ene-14	feb-14	
	kWh	kWh	kWh	kWh	
5385276	734.3	859.4	422	108	TOMOGRFO
400002	51684.5	52006.3	51089	45381	GENERAL
400008	37.9	77.4	84	68	RX

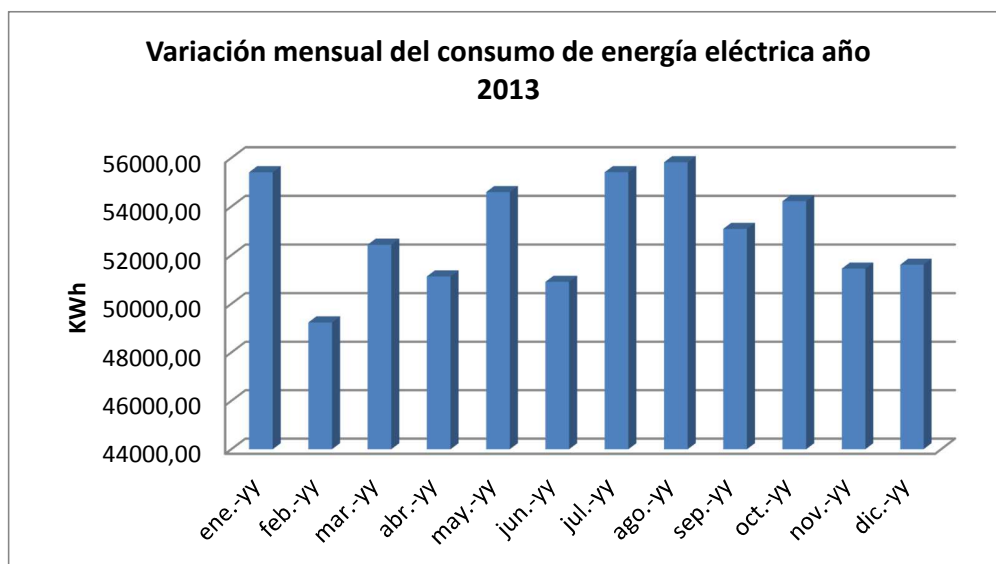


Figura 8. Variación mensual de consumo de energía eléctrica Hospital año 2013.

La variación mensual del consumo de energía eléctrica que se muestra en la Fig.8, se debe a diversos factores, siendo el principal la cantidad de pacientes y el porcentaje de ocupación mensual, y también a aspectos de operación de los equipos.

Proponiendo una referencia estadística del consumo energético por cama, por día, tomando como referencia el año 2013, y que el porcentaje de ocupación es del 74,3%; se puede estimar lo siguiente:

- Promedio mensual del 2013:

$$\frac{E}{mes} = 52943,1 \frac{kWh}{mes}$$

- Promedio diario de consumo:

$$\frac{E}{\text{día}} = \frac{52943,1 \text{ kWh}}{30 \text{ días}}$$

$$\frac{E}{\text{día}} = 1764,77 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

- Promedio de consumo diario de energía por cama hospitalaria:
- Número de camas = 150
- Porcentaje de ocupación anual = 74,3%
- Número de camas porcentualmente ocupadas = 111 camas

$$\frac{E}{\text{cama/día}} = \frac{1764,77 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}}{111 \text{ camas}}$$

$$\frac{E}{\text{cama/día}} = 15,89 \frac{\text{kWh}}{\text{cama/día}}$$

- Promedio anual de consumo de energía por cama hospitalaria:

$$\frac{E}{\text{cama/año}} = 15,89 \frac{\text{kWh}}{\text{cama/día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$\frac{E}{\text{cama/año}} = 5,80 \frac{\text{MWh}}{\text{cama/año}}$$

- Promedio anual de consumo por metro cuadrado:
 - Área del hospital = 5700.30 m²

$$\frac{E}{\text{m}^2/\text{año}} = 15,89 \frac{\text{kWh}}{\text{cama/día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{111 \text{ cama}}{5700,30 \text{ m}^2}$$

$$\frac{E}{m^2/año} = 112,94 \frac{kWh}{m^2/año}$$


Esta relación de consumo obtenida, se debe comparar con valores estándar de hospitales que sean muy eficientes, para saber la posibilidad de un trabajo de mejoramiento en el aspecto energético.

También está el área de potencia del hospital, donde es conveniente realizar un trabajo de medición y propuestas encaminadas a mejorar la eficiencia de trabajo de los motores y bombas, que también tienen un porcentaje importante de carga, sobre el 40%, en los cuales también son en la gran mayoría de los casos, elementos que tienen una vida de trabajo que sobrepasan los 30 años.



2.2.2.1.2 Levantamiento del Sistema Eléctrico.

Tabla 7.

Elementos de Generación Eléctrica

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Transformador	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 522 KVA Marca: OCREV. Voltaje Primario: 22000 V Voltaje Secundario: 219 V Corriente Primario: 13.69 A Corriente Secundario: 1375 A	Bueno	24	Tiempo operación: 32 años, se realizan mantenimientos cada 6 meses.	

Continúa 

1	Transformador	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 77.9 KVA Marca: OCREV. Voltaje Primario: 22000 V Voltaje Secundario: 219 V Corriente Primario: 2.04 A Corriente Secundario: 206.1 A	Bueno	24	Tiempo operación: 32 años, se realizan mantenimientos cada 6 meses.	
1	Transformador	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 100 KVA Marca: INATRA. Voltaje Primario: 22000 V Voltaje Secundario: 219 V Corriente Primario: 2.04 A Corriente Secundario: 206.1 A	Bueno	1	Tiempo operación: 6 años, se realizan mantenimientos cada 6 meses.	


1	Grupo Electrónico	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 180 KVA Marca: SDMO. Motor: John Deere Voltaje: 220 V Corriente: 470 A	Bueno.	1	Tiempo de operación 10 años. Se realizan mantenimientos cada 6 meses	
---	-------------------	---	--------	---	--	---

Tabla 8.
Elementos de Distribución Eléctrica

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Tablero de Distribución General	Tablero Italiano Marca QES, con instrumentación Siemens y <u>Magrini</u> Galileo	Bueno	24	Distribución: Transformadores, Rayos X, Alumbrado Exterior, Alumbrado Interno General, Emergencia, Transferencia del Grupo Electrónico, Casa de Máquinas. Tiempo de operación: 32 años	
2	Tablero Principal	Tablero italiano marca QES, con instrumentación Siemens y <u>Magrini</u> Galileo	Bueno	24	Distribución: Conexión hacia los tableros de distribución secundarios de cada piso, tanto los generales como los de emergencia. Iluminación y Tomacorrientes, Motores de Ascensores. Tiempo de operación: 32 años	
10	Tablero Secundario	Tablero italiano marca QES, con instrumentación Siemens y <u>Magrini</u> Galileo, 64 espacios de <u>breakers</u> , seccionador y 4 espacios de arranques de individuales de mayor carga.	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia. Tiempo de operación: 32 años	

Continua →

4	Tablero Secundario	Tablero italiano marca QES, con instrumentación Siemens y <u>Magrini Galileo</u> , 48 espacios de <u>breakers</u> , seccionador.	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia, ascensores. Tiempo de operación: 32 años	
4	Tablero Secundario	Tablero italiano marca QES, con instrumentación Siemens y <u>Magrini Galileo</u> , 20 espacios de <u>breakers</u> .	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia. Tiempo de operación 32 años.	
3	Tablero Secundario	Tablero colombiano marca <u>Square</u> , con instrumentación <u>Siemens</u> , 20 espacios.	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia.	

Continúa






2	Tablero Secundario	Tablero colombiano marca <u>Square</u> , con instrumentación Siemens, 12 espacios.	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia.	
3	Tablero Secundario	Tablero colombiano marca <u>Square</u> , con instrumentación Siemens, 6 espacios.	Bueno.	24	Distribución: Alimentación de Luminarias y Tomacorrientes, generales y de emergencia.	

Tabla 9.

Elementos de Consumo Eléctrico: Etapa de Potencia

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	MOTOR.	Marca Mitsubishi. Carga Nominal: 750 Kg. Velocidad Nominal: 60m/min.	Bueno	24	Tiempo operación: 15 años. Trabaja óptimamente, se le da mantenimiento cada 6 meses.	
3	Bombas de alimentación a hidroneumáticos.	Tipo: centrífuga. Marca: SIEMENS(2) Modelo: PG132SM (2) <u>Pot.elec</u> : 15HP (2) RPM: 3520. V: 220V Marca: ACMOTOR.(1) Modelo: SC. <u>Pot.elec</u> : 20HP. V: 220V RPM: 3520.	Bueno	1	Tiempo de operación: 15 años (SIEMENS), 32 años (ACMOTOR). Las 3 bombas son marca BERKELEY PUMPS. Modelo B2ZRLS.	

Tabla 10.**Elementos de Consumo Eléctrico: Etapa de Iluminación**

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1450	Lámparas	Tipo: Fluorescentes Potencia: 40W Arranque: Balastro Electromagnético Voltaje: 110 V	Bueno	20 (PROMEDIO)	Tiempo operación: 32 años. Se evidencia elementos de vapor como trampas y llaves en mal estado, falta de aislamiento térmico.	

2.2.2.2 Sistema de Generación, Distribución y Consumo de Vapor.**2.2.2.2.1 Evaluación Inicial.**

El vapor es el fluido de trabajo para las áreas de LAVANDERÍA, COCINA, CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN, CALENTAMIENTO DE AGUA. Se tiene un consumo promedio de 2900 galones de diesel. El tipo industrial, este valor se ha registrado de planillas de adquisición de combustible puesto que no existe un sistema de medición de consumo diario con instrumentación. En una evaluación actual del sistema se determinan muchas fugas de vapor por la obsolescencia de la tubería y sus accesorios, deficiente sistema de recuperación de condensado, no existe sistema de cogeneración el calor de combustión residual es expulsado hacia el ambiente por la chimenea de gases lo que se traduce en grandes pérdidas energéticas, se observa también pérdidas de calor por falta de aislante térmico en tuberías. Con los datos que se disponen se ha calculado un índice de consumo de energía térmica de 9.73 MWh/cama/año transformando los valores mostrados a valores de eficiencia, se podría reducir este consumo hasta estándares internacionales de entre 4-6 MWh/cama/año. Hay que considerar también que los elementos de consumo del Hospital

Homero Castanier son pocos y se han sustituido las autoclaves de vapor por autoclaves de generación eléctrica para la obtención de vapor.

Cálculo de índice de consumo térmico.-

- Eficiencia medida del caldero a través del método de análisis de gases de combustión= 82.6%.
- Consumo mensual promedio=2900 galones.
- Poder calorífico del diesel II: $PC = 43.10 \frac{MJ}{Kg}$
- Densidad del diesel II: $\rho = 832 \frac{Kg}{m^3}$

$$e = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \quad [Ecuación 2.1]$$

En donde:

$e =$ eficiencia de combustión.

$Q_{vapor} =$ Cantidad de vapor generada

$Q_{combustible} =$ Cantidad de combustible consumida

$$Q_{combustible} = mxPC \quad [Ecuación 2.2]$$

En donde:

$m =$ masa de combustible

$PC =$ Poder calorífico del combustible

$$m = \rho * V \quad [Ecuación 2.3]$$

En donde:

$\rho =$ densidad del combustible.

$V =$ volumen de combustible

Conversión de unidades: 1 gal=0.00378m³.

Consumo anual: $2900 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \times 12 \text{meses} = 34800 \frac{\text{gal}}{\text{año}} = 131.73 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$

$$m = \rho * V = 832 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 131.73 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 109600 \frac{\text{Kg}}{\text{año}}$$

De la ecuación 2.2

$$Q_{\text{combustible}} = 109600 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} * 43.10 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} = 4723732 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

De la ecuación 2.1

$$Q_{\text{vapor}} = e Q_{\text{combustible}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 0.826 * 4723732 \frac{\text{MJ}}{\text{año}} = 3901803 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

Conversión de unidades: 1kWh=3.6 MJ

$$Q_{\text{vapor}} = 1083834 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} = 1084 \frac{\text{MWh}}{\text{año}}$$

150 camas con porcentaje de ocupación del 74.2%

$$E_T = \frac{Q_{\text{vapor}}}{\text{Numero camas} \times \% \text{ocupación}} \quad [\text{Ecuación 2.4}]$$

Por tanto energía térmica:

$$E_T = 9.73 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}} / \text{año}$$

2.2.2.2 Levantamiento del Sistema de Vapor.

Tabla 11.

Elementos de Generación de Vapor.

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
2	Calderas de vapor	Tipo: <u>Piro</u> tubular. Pasos: 2 Potencia nominal: 800 Kg vap/h Marca: <u>Standard Kessel</u> Italia. <u>P.Máx.</u> Trabajo: 12Kg/cm ² Combustible: Diesel II industrial Quemador: <u>Weishaupt Monarch</u> 1.5KW 3400 rpm	Bueno	11	Tiempo operación: 32 años. Estado de los tubos de fuego bueno. Recibe mantenimiento preventivo semestral con prueba de gases de combustión, tratamiento de agua de ingreso.	
2	Bombas de alimentación de agua a calderas	Tipo: centrífugas. Potencia eléctrica: 5HP. Marca: <u>Hidromac</u> Modelo: IST. Caudal máx. 150 GPM. RPM: 1750	Bueno	2	Tiempo de operación: 2 y 3 años. Funcionan un promedio de 50 minutos por día. Mantenimiento preventivo semestral	
1	Bomba alimentación de combustible a quemadores	Tipo: centrífuga. Potencia: 0.75 HP. Marca: <u>Tuthill</u> . Modelo: 201 ENV-0 Caudal: 9.5 gal/min RPM: 1700	Bueno	1	Tiempo de operación: 10 años Bomba de alimentación de tanques de almacenamiento de combustible a tanque de consumo diario y distribución por gravedad.	
2	Bomba dosificación químicos a línea	Potencia: 0.25 HP. Caudal máx.: 60GPH. Amperaje: 1.5A Marca: LMI. Modelo: B111-392 SI	Bueno.	1	Tiempo de operación: 5 años. Dosificación de de químicos a línea de alimentación. Mantenimiento preventivo semestral.	
1	Ablandador	Marca: <u>Culligan</u> Modelo: <u>HIFlo</u> Caudal: 120GPH	Bueno		Tiempo de operación: 2 años. Se realiza regeneración semanal, tiempo de funcionamiento 2.5 horas.	

Tabla 12.
Elementos de Distribución de Vapor

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
2	Banco reductor de presión casa de máquinas.	Reducción de presión de 10 a 5 Kg/cm ² . Segundo banco reductor de presión de 5Kg/cm ² a 0.5 Kg/cm ²	Regular, presencia fugas de vapor.		Elementos: válvulas de paso, válvula reductora de presión, filtro y manómetro, válvula de seguridad. Tiempo de operación: 32 años	
1	Banco reductor de presión central de esterilización.	Reducción de presión de 5Kg/cm ² a 2.8 Kg/cm ² .	Regular, presencia fugas de vapor.		Elementos: válvulas de paso, válvula reductora de presión, filtro y manómetro, válvula de seguridad. Tiempo de operación: 32 años	
1	Colector de vapor 1	Una entrada de vapor con cada uno de los calderos, una alimentación al planchador de rodillos (10Kg/cm ²), una salida al tanque de condensado (10Kg/cm ²), una salida al banco reductor que reduce la presión de 10 a 5 Kg/cm ² y una salida de reserva.	Regular, presencia de fugas y fallas de aislamiento.		Elementos: llaves de paso. Tiempo de operación: 32 años. No se han cambiado elementos. Válvulas reciben mantenimiento periódico semestral	

Continua 




1	Colector de vapor 2	Una entrada de vapor a 5 Kg/cm ² , una salida a lavandería (5Kg/cm ²), una salida al banco reductor de esterilización (5 Kg/cm ²), una salida al segundo banco reductor de casa de maquinas que reduce de 5 a 0.5 Kg/cm ² y alimenta a cocina, dos salidas de reserva y una salida al tanque de agua caliente.	Regular, presencia de fugas y fallas de aislamiento.		Elementos: llaves de paso. Tiempo de operación 32 años. Se ha cambiado una válvula de paso.	
1	Red de tubería	La tubería de vapor de la red es de acero negro sin costura y de cédula 40 la tubería es soldada y consta del respectivo aislamiento térmico, así como los soportes respectivos.	Regular: existen tramos sin aislamiento térmico.		Tubería de alimentación y condensado de ½", ¾", 1", 1.5", 2", 3" en líneas de alimentación con respectivos elementos: válvulas de paso, by pass, et. Tiempo de operación 32 años.	

Tabla 13.

Elementos de Recuperación de Condensado

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Red de tubería de recuperación de condensado.	Tubería de acero negro sin costura y de cédula 40. La tubería es soldada y consta del respectivo aislamiento térmico y soportes.	Regular: existen tramos sin aislamiento térmico. Existen trampas de vapor malas		Tiempo operación: 32 años. Se han sustituido trampas de vapor de balde invertido por trampas hidrodinámicas. Se evidencia	

Continua 



1	Tanque de condensado	Capacidad: 8m ³ Temperatura promedio de agua caliente: 85°C.	Regular		Tiempo de operación: 32 años. Se cambio la base total del tanque.	
---	----------------------	--	---------	--	---	---

Tabla 14.

Elementos de Consumo de Vapor

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Lavadora de ropa	Marca: ICEM Tipo: IL50 Cap.max: 64 Kg. RPM max: 800. V: 220 Consumo vapor: 28Kg/h.	Regular	6-10 Minutos/ciclo lavado x 4 lavadas/día. 40 min/día	Tiempo operación: 32 años. Se evidencia elementos de vapor como trampas y llaves en mal estado, falta de aislamiento térmico. Consumo diario de vapor= 18.48 Kg/día	
1	Lavadora de ropa	Marca: ICEM. Tipo: IL30 Cap.max: 30Kg. RPM máx.: 800 V:220 Consumo vapor: 16 Kg/h	Regular	6-10 Minutos/ciclo lavado x 4 lavadas/día. 40 min/día	Tiempo operación: 32 años. Se evidencia elementos de vapor como trampas y llaves en mal estado, falta de aislamiento térmico. Consumo diario de vapor=10.56 Kg/día	
1	Secadora de ropa	Marca: <u>COInt</u> Modelo: ER15 Cap. 35 lb. V: 220V. Consumo vapor: 30Kg/h	Regular	5 horas/día	Tiempo operación: 15 años. Se evidencia fugas de vapor en el serpentín, trampas de vapor y válvulas en mal estado. Consumo diario de vapor=150Kg/día	

Continua 

1	Secadora de ropa	<p>Marca: WASCOMAT. Modelo: TD75. Capacidad: 34 Kg Consumo vapor: 40 Kg/h</p>	Bueno	5 h/día	<p>Tiempo de operación: 7 años. Equipo en muy buen estado. Consumo diario de vapor= 200 Kg/día.</p>	
1	Secadora de ropa	<p>Marca: <u>Metramo</u>. Modelo: SR-932. Capacidad: 35 Kg. Consumo vapor: 50 Kg/h.</p>	Bueno	5h/día	<p>Tiempo de operación: 20 años. Accesorios y trampas en buen estado, falta aislamiento térmico. Consumo diario de vapor= 250Kg/día.</p>	
1	Planchadora de rodillos	<p>Marca: <u>Flatwork ironers</u> Modelo: S950X66 Consumo vapor: 65 kg/h</p>	Bueno	5h/día	<p>Tiempo de operación: 4 años. Accesorios y trampas en buen estado. Consumo diario de vapor= 325Kg/día</p>	
1	Marmitas de vapor central	<p>Marca: VULCAN. Consumo: 75Kg/h.</p>	Malo	7h/día	<p>Tiempo de operación: 32 años. Tuberías, accesorios y aislantes en mal estado. Presencia de grandes fugas de vapor. Consumo diario de vapor= 525 Kg/día</p>	

Continua →

1	Esterilizador a vapor	<u>Marca: Colussi</u> <u>Modelo: 3402</u> <u>Temperatura: 143°C.</u> <u>Consumo vapor: 24Kg/h a 2.5 Ate.</u> <u>Capacidad: 142lt</u>	Regular	5h/mes	Tiempo de operación: 32 años. Esta autoclave se utiliza únicamente 1 vez por semana. Línea de vapor y retorno de condensado en muy mal estado falta aislamiento térmico. Se disponen de 2 autoclaves eléctricos modernos. Consumo diario de vapor=4Kg/día	
1	Destilador de agua	<u>Marca: Colussi.</u> <u>Capacidad: 5 gal/h.</u> <u>Consumo vapor: 20Kg/h</u>	Malo	4h/mes	Tiempo de operación: 32 años. Línea de vapor y retorno de condensado en muy mal estado falta aislamiento térmico. Consumo diario de vapor= 2.66 Kg/día.	
1	Tanque de agua caliente.	<u>Calentamiento: vapor</u> <u>Capacidad: 3000 l</u> <u>Área: 2.6m².</u> <u>Presión: 6 Kg/cm²</u> <u>Temp.agua: 83°C.</u> <u>Consumo: 70 Kg/h</u>	Bueno	12h/día	Tiempo operación: 32 años. Hace 9 años se cambio el serpentín del intercambiador de calor. Se evidencia falta de aislamiento térmico en algunos elementos. Consumo diario de vapor= 840Kg/día.	

De acuerdo a los consumos registrados en cada uno de los elementos se tiene un requerimiento diario= 2325.7 Kg vapor.

Cálculo de la energía necesaria para generar esta cantidad de vapor:

1.- Cálculo del Q necesario para llevar 2325.7 Kg de agua hasta el punto de ebullición a 1 bar de presión. El tanque de condensado generalmente presenta una temperatura de 85°C.

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad [\text{Ecuación 2.5}]$$

En donde:

$Q =$ cantidad de calor

$m =$ masa de agua.

$C_p =$ capacidad calorífica específica a presión constante.

$\Delta T =$ diferencial de temperatura.

$$Q = 2325.7 \text{Kg} * 4.2 \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}} * (92 - 85) = 68.38 \text{MJ}$$

2.- Evaporando agua a vapor a 4 bar de presión (Presión en la que está operando normalmente el caldero).

De tablas termodinámicas con presión $P=4$ bar.

$$T=143.6^\circ\text{C}; \Delta h_v = 2738.6 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q = m * \Delta h_v \quad [\text{Ecuación 2.6}]$$

En donde:

$Q =$ cantidad de calor

$m =$ masa de agua.

$\Delta h_v =$ diferencial de entalpia de vapor

$$Q = m * \Delta h_v = 2325.7 \text{Kg} * 2738.6 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 6369 \text{MJ}$$

$$Q_{total} = Q_{latente} + Q_{sensible} \quad [\text{Ecuación 2.7}]$$

$Q_{total} = 68.38 + 6369 = 6437.38 \text{MJ}$ Energía total requerida para cubrir demanda.

Cálculo de la masa de combustible necesaria para generar esta energía:

$$e = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \quad [Ecuación 2.8]$$

En donde:

e = eficiencia de la combustión

Q_{vapor} = cantidad de calor de vapor.

$Q_{combustible}$ = cantidad de calor del combustible

De la ecuación 2.8

$$Q_{combustible} = \frac{Q_{vapor}}{e} = \frac{6437.38MJ}{0.826} = 7793.4MJ$$

$$Q_{combustible} = m * PC \quad [Ecuación 2.9]$$

En donde:

$Q_{combustible}$ = cantidad de calor de combustible.

m = masa de combustible

PC = poder calorífico del combustible.

De la ecuación 2.9

$$m_{combustible} = \frac{7793.4MJ}{43.10 \frac{MJ}{Kg}} = 180.82 \frac{Kg}{dia}$$

$$V_{combustible} = \frac{m}{\rho} \quad [Ecuación 2.10]$$

En donde:

$V_{combustible} = \text{volumen de combustible.}$

$m = \text{masa de combustible}$

$\rho = \text{densidad del combustible.}$

$$V_{combustible} = \frac{180.82 \text{ Kg}}{832 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0.217 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Cálculo de la masa diaria de combustible que se está consumiendo diariamente.

Consumo promedio = 2900 gal/mes = 96.66 gal/día = 0.3654 m³/día.

$$m_{combustible} = V * \rho = 0.3654 \text{ m}^3 * 832 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 304 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

Con este cálculo preliminar es evidente la ineficiencia del sistema de generación de vapor. Para generar los 2325.7 $\frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$ se requieren 180.82 $\frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$ actualmente se está consumiendo un promedio diario de 304 $\frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$ lo que se traduce en un consumo del 67.74% mayor al requerido. Por tanto se constituye en un sistema energéticamente gestionable dentro del proyecto de eficiencia energética planteado.

Comparándolo con algunos indicadores de consumos de energía térmica en Europa (Brochure, 1999) se tienen los siguientes indicadores:

$$E_T = 33.9 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}} / \text{año}$$

$$E_T = 367 \frac{KWh}{m^2} / año$$

Comparándolo con los indicadores obtenidos en el Hospital Homero Castanier que son:

$$E_T = 9.73 \frac{MWh}{cama} / año$$

Para un área de 5700 m²:

$$E_T = 1084 \frac{MWh}{año} = 190 \frac{KWh}{m^2} / año$$

Sin embargo estos indicadores son susceptibles de análisis debido a que muchos de los procesos como Central de Esterilización no tiene consumos significativos de vapor puesto que los autoclaves han sido reemplazados por autoclaves de generación de vapor con resistencias eléctricas, en la cocina se han reemplazado algunas marmitas por el uso de cocinas de gas y cocinas eléctricas, no existe climatización, en algunas lavadoras se han suspendido en la programación de los ciclos de lavado el ingreso de vapor. El análisis realizado en base al consumo actual de combustible comparado con el consumo de combustible requerido para satisfacer la demanda de vapor por día es un análisis más real de la situación energética del sistema de vapor.

La composición del consumo de energía térmica/día en el Hospital está distribuida de la siguiente manera:

$$m_{combustible} = 304 \frac{Kg}{día}$$

$$\text{Generación de vapor} = 3910 \frac{Kg}{día}$$

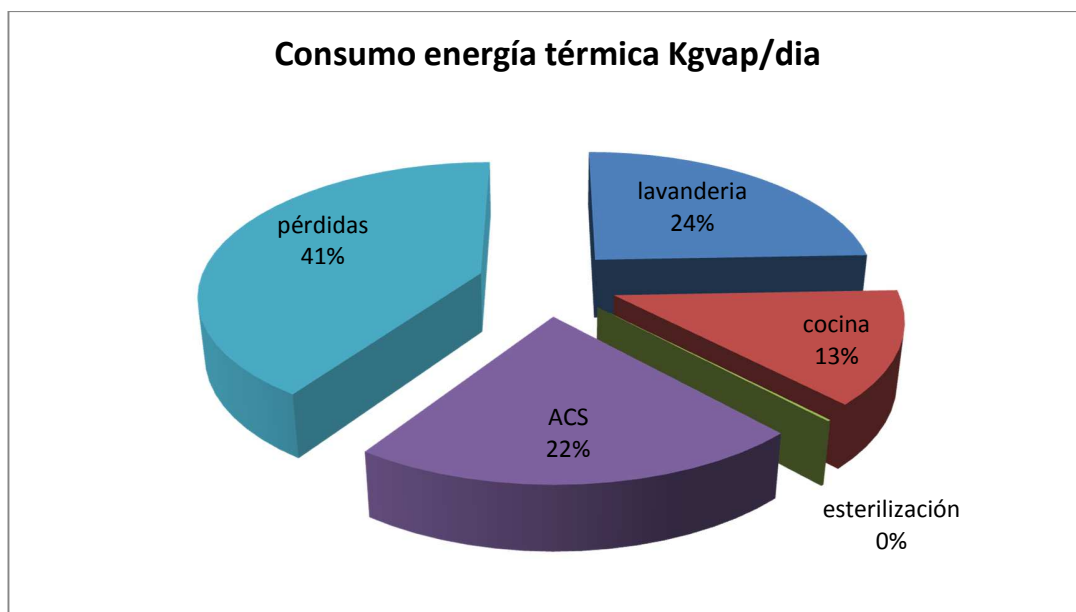


Figura 9. Consumo de Energía Térmica kgvap/día.

Los resultados obtenidos dan un 41% correspondiente a pérdidas que pueden deberse a las siguientes causas:

- Se opera la caldera a elevadas presiones por encima de lo requerido en el Hospital.
- No se calibra en forma periódica la relación aire/combustible.
- No se reparan fugas en las líneas de distribución de vapor.
- Existen retornos de carga viva de vapor hacia el tanque de condensado por fallo en trampas y accesorios.
- No se efectúa mantenimiento en el aislamiento y accesorios de la línea de vapor.
- Se mantienen tramos de tubería de vapor que ya no forman parte del proceso.

2.2.2.3 Sistema de Vacío

El sistema cuenta con una bomba de vacío tipo paleta rotativa lubricada por aceite con una capacidad de aspiración de 4m³/h y una potencia eléctrica de 2.20kW con un promedio de funcionamiento de 2.52h/día. No se constituye en un sistema de potencial ahorro energético.

2.2.2.4 Sistema de Gases Medicinales.

Instalación de tanque de O₂ criogénico de 6000 Kg de capacidad. No representa ningún consumo energético representativo.

2.2.2.5 Sistema de Agua Potable y Residual.

2.2.2.5.1 Evaluación Inicial.

El agua potable se emplea en usos generales como instalaciones sanitarias de habitaciones de pacientes y público en general, lavandería, aseo y limpieza de las instalaciones, cocina y generación de vapor.

Para el sistema de distribución de agua se disponen de 2 cisternas de almacenamiento de 80 m³ cada una de agua potable de ingreso y agua potable tratada. Se muestran estadísticas de consumo:

Tabla 15.

Consumo de agua potable Hospital Homero Castanier Crespo

MEDIDOR	prom2012	prom2013	ene-14	feb-14
	m ³	m ³	m ³	m ³
578643	812,7	1063	1079	923
5068692	1364,7	1126	1146	972

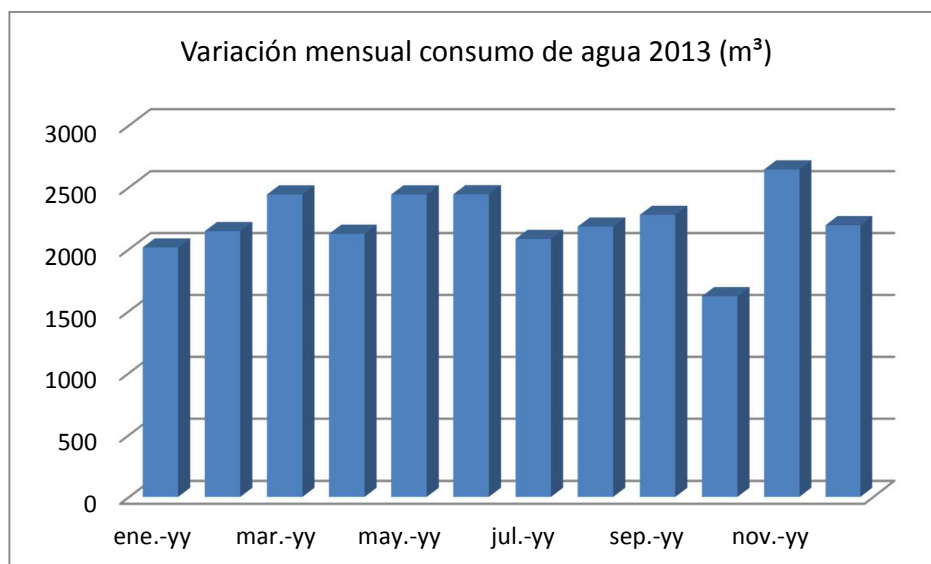


Figura 10. Variación mensual del consumo de agua Hospital año 2013.

El Hospital registró en el 2013 un consumo promedio mensual de 2189 m³ que corresponde a una tasa promedio considerando un porcentaje de ocupación del 74,2 % del 2013 de 0.66 m³/cama/día. Este valor comparado con estadísticas internacionales de consumo de 0.2 m³/cama/día en Europa Oriental representan un potencial ahorro de energía en este sistema.

El actual sistema no dispone de economizadores en grifos, duchas e inodoros. La mayor parte de las instalaciones mantienen sus accesorios originales (32 años de vida útil) con consumos en los inodoros con sistema de fluxómetro de pared de aproximadamente 12 litros por descarga cuando actualmente el criterio ahorrador fija el requerimiento máximo por descarga en 6 litros.

Hay que tener claro, que un programa de eficiencia en consumo de agua produce también un ahorro en la disminución de generación de aguas residuales, un ahorro de energía ya que el almacenamiento y transporte del

agua generan costos, de igual manera una reducción de consumo de agua caliente significa un ahorro de consumo de combustible en las calderas.





2.2.2.5.2 Levantamiento del Sistema de Agua Potable y Residual.

Tabla 16.

Elementos de Suministro de Agua Fría.

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
2	Cisternas de almacenamiento	Construcción: hormigón armado. Volumen: 80m ³ c/u	Bueno		Tiempo operación: 32 años. La primera cisterna corresponde a almacenamiento de ingreso, y la segunda de almacenamiento de agua tratada con sistema de <u>clorificación</u> .	
2	Bombas de traspaso de tanque de almacenamiento de ingreso a cisterna de agua tratada.	Tipo: centrífugas. Potencia eléctrica: 2.2HP Marca: SCHNEIDER Modelo: BC21R. Caudal: 20m ³ /h RPM: 3465	Bueno	3	Tiempo de operación: 7 años. Utilizan un sistema de <u>clorificador</u> de 21GPM	
3	Bombas de alimentación a hidroneumáticos.	Tipo: centrífuga. Marca: SIEMENS(2) Modelo: PG132SM (2) <u>Pot.elec:</u> 15HP (2) RPM: 3520. V: 220V <u>cosφ:</u> 0.85 Marca: ACMOTOR.(1) Modelo: SC. <u>Pot.elec:</u> 20HP. V: 220V RPM: 3520. <u>cosφ:</u> 0.87	Bueno	1	Tiempo de operación: 15 años (SIEMENS), 32 años (ACMOTOR). Las 3 bombas son marca BERKELEY PUMPS. Modelo B2ZRLS.	
2	hidroneumáticos	Capacidad: 4500 l Marca: BARAGETTI P: 6Kg/cm ² Area: 50m ²	Bueno		Tiempo de operación: 32 años. Las bombas arrancan cuando los <u>presóstatos</u> dan una presión de 3Kg/cm ² y se apagan cuando existe una presión de 5Kg/cm ²	
1	Red de tuberías	Tuberías de hierro galvanizado, cedula 40, uniones roscadas, completa con accesorios de unión, soportes y señalización.	Bueno.		Tiempo de operación: 32 años. Instalaciones en buen estado.	

Tabla 17.**Elementos de Suministro de Agua Caliente y Recirculación**

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Tanque de agua caliente.	Calentamiento: vapor Capacidad: 3000 l Área: 2.6m ² . Presión: 6 Kg/cm ² Temp.agua: 83°C. Control: Termostato.	Bueno	12/h	Tiempo operación: 32 años. Hace 9 años se cambió el serpentín del intercambiador de calor. Se evidencia falta de aislamiento térmico en algunos elementos.	
1	Tanque de expansión y válvula mezcladora de 3 vías.		Bueno	24h/día	Tiempo de operación: 32 años. 2 sistemas de distribución: 65-75 °C lavandería. 45-50°C Red de agua caliente sanitaria.	
2	Bombas de recirculación de agua caliente.	Tipo: centrífuga. Marca: SIEMENS Modelo: THN Pot.elec: 0.5HP V: 220V Modelo: SC. Pot.elec: 20HP. V: 220V	Bueno		Tiempo de operación: 32 años. Las bombas se encuentran en buen estado.	
1	Red de tuberías	Las tuberías son de hierro galvanizado, cédula 40 uniones roscadas, completa con accesorios, soportes y aislamiento térmico. Debidamente señalizadas.	Bueno		Tiempo de operación: 32 años. Se evidencia buen estado de las tuberías y aislamientos.	

2.2.2.6 Otros Sistemas.

El Hospital no cuenta con otros sistemas relevantes desde el punto de vista energético y que serán descritos brevemente.

2.2.2.6.1 Sistema de Climatización.

El sistema de climatización de quirófanos está fuera de operación desde hace aproximadamente 15 años. Se ha reemplazado sin ningún criterio técnico y de seguridad hospitalaria la instalación de aires acondicionados puntuales (4 en total) tipo Split de 24000 BTU. En el área administrativa y lavandería se han instalado 4 unidades de las mismas características. No existe un consumo energético representativo en este sistema.

2.2.2.6.2 Sistema de Extracción de Aire.

El Hospital cuenta con un sistema de recirculación de aire que ha sido eliminado sin criterio técnico para hacer uso de áreas de cubiertas para nuevas construcciones. Actualmente el sistema está compuesto únicamente por 2 motores extractores cuyo consumo no es representativo para el estudio.

2.2.3 Selección del Sistema Eléctrico como Potencialmente Gestionable.

Dentro del análisis de los sistemas consumidores de energía que están presentes en el Hospital Homero Castanier Crespo, es importante destacar que existe una participación importante de consumo energético, originado por el sistema eléctrico; y si se toma en cuenta que el costo de energía muestra un gasto mayor en comparación con los otros sistemas de consumo, se decide seleccionar el sistema eléctrico para desarrollar un análisis de eficiencia energética, en donde se muestra en los siguientes puntos los índices que muestren el desempeño energético del hospital y el balance energético del mismo, para en base a esto, desarrollar propuestas de solución viables en los aspectos, tecnológicos y económicos.

2.2.3.1 Cálculo de Índices de Desempeño Energético.

Los índices de desempeño energético hospitalario miden el consumo de energía por paciente o por cama hospitalaria ($\frac{MWh}{cama}/año$), y el consumo de energía por área de construcción ($\frac{kWh}{m^2}/año$). Para comparar los indicadores energéticos entre hospitales hay que considerar los siguientes factores que influyen mucho sobre los mismos:

- El tamaño del hospital, en número de camas como en superficie.
- Las funciones realizadas en el edificio, según se trate de un hospital básico, general, de especialidades.
- La ubicación, que determinará las condiciones climáticas.
- Los servicios complementarios que posee el hospital como la lavandería, la cocina, la zona de esterilización.
- Los recursos energéticos de los que se dispone, tanto propios como exteriores: electricidad, diésel.

Para el cálculo de los índices de desempeño energético en el sistema eléctrico se va a tomar en cuenta los cálculos desarrollados al inicio de este estudio, para compararlos con estándares internacionales para determinar los potenciales sistemas gestionables, de manera que se pueda evidenciar la mejoría de la propuesta de eficiencia energética que esta tesis persigue.

Realizando una comparación con indicadores de desempeño energético hospitalario a nivel internacional e ingresando con los datos del índice de consumo eléctrico que actualmente maneja el hospital, se tiene lo siguiente:

$$E_T = 9,73 \frac{MWh}{cama} / año \quad E_E = 5,80 \frac{MWh}{cama} / año$$

$$E_T = 190 \frac{kWh}{m^2} / año \quad E_E = 112,94 \frac{kWh}{m^2} / año$$

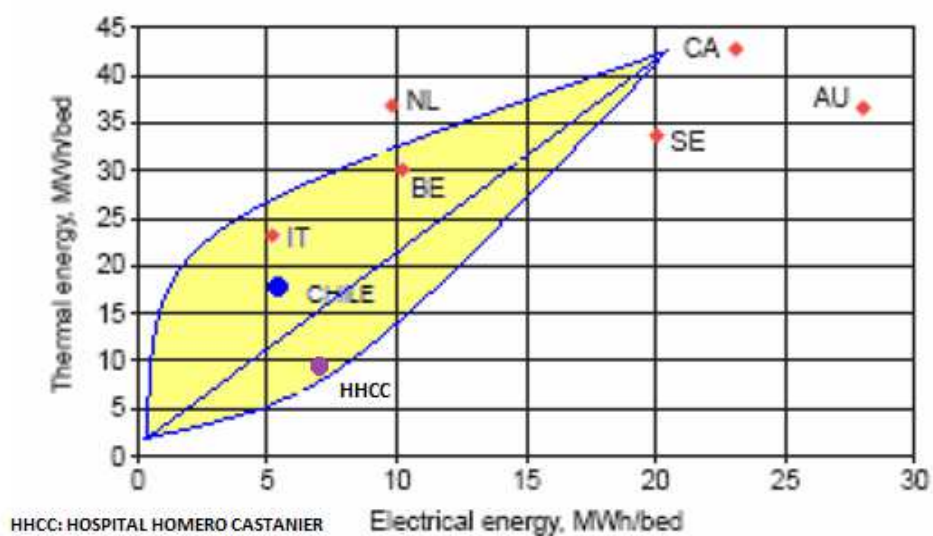


Figura 11. Indicadores consumo energético anual actual por cama
Fuente: (Vera, 2008)

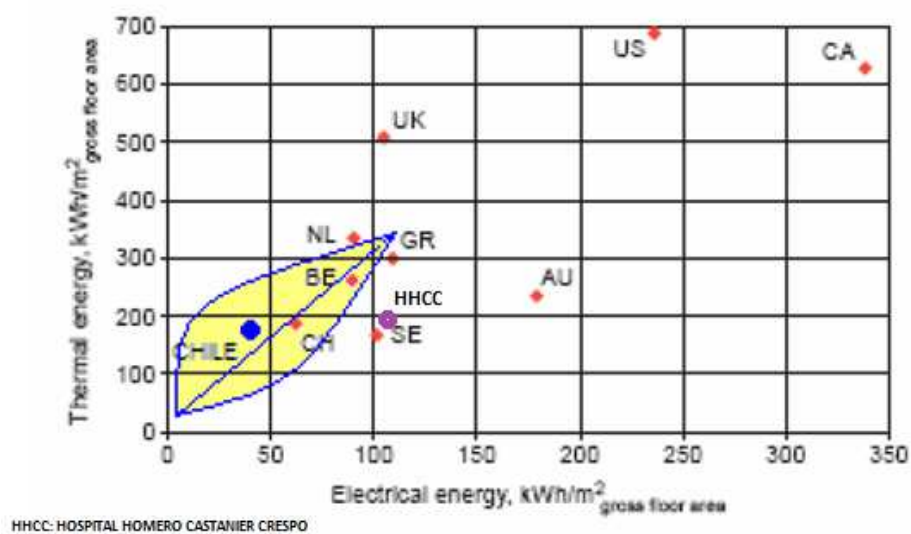


Figura 12. Indicadores consumo energético anual actual por área de superficie.
Fuente: (Vera, 2008)

Como parte importante del cálculo de los índices de desempeño energético, se presenta también cuales son las características actuales de funcionamiento de los equipos que brindan la energía al Hospital, de manera que se pueda tomar en consideración cualquier punto importante de medida en los diferentes parámetros que se presentan, para que también sirva de referencia mucho más real de los cambios que se proponen en los siguientes puntos.

2.2.3.1.1 Análisis de Tensión

Tomando los valores de tensión en las tres fases del transformador principal del Hospital, se presenta la siguiente figura para su respectivo análisis.

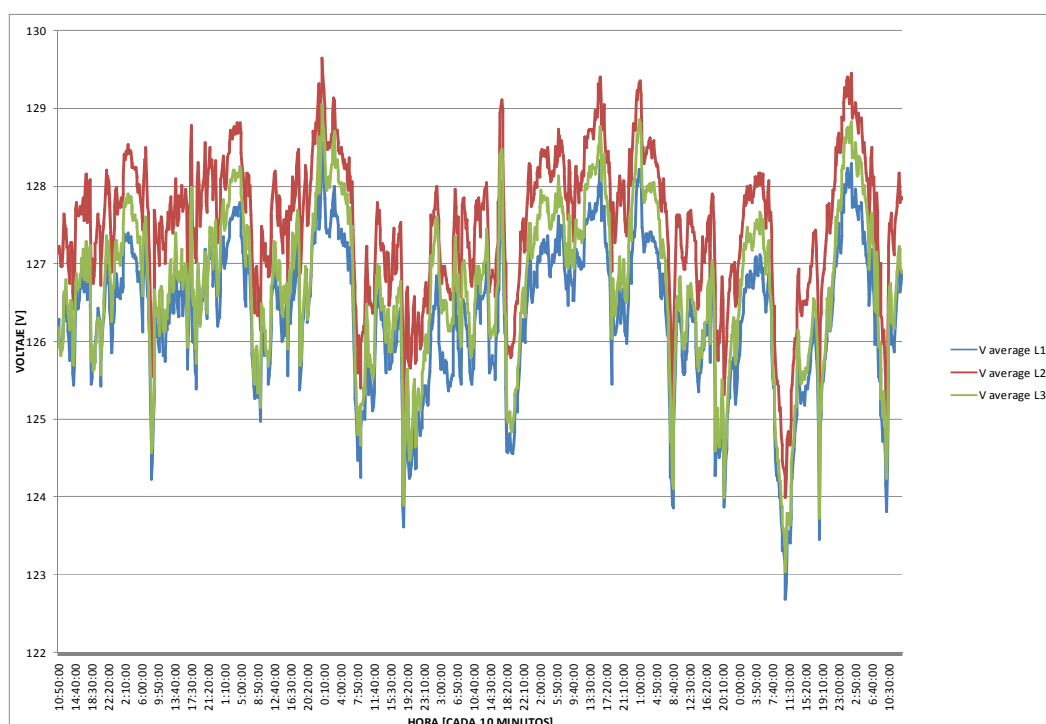


Figura 13. Niveles de Tensión

En forma general, no existen problemas con respecto a las líneas de alimentación; en donde quizás un punto alto de la fase 2 que sobrepasa en

varios picos los 129 Voltios, debe considerarse para una revisión. En este caso, los picos altos de tensión pueden producir daños en los equipos más cercanos, si es que se diera el caso que sobrepasen las normas permitidas.

También existen picos bajos de tensión menores a 123 Voltios, que si se considera una pérdida menor al 3% en el transformador, pueden estarse dando caídas de tensión más bajas en los lugares más alejados de alimentación, de manera que se puede reforzar un análisis más profundo de las cargas.

2.2.3.1.2 Análisis de Corriente

Las mediciones de corriente en cada fase se muestran en la siguiente figura:

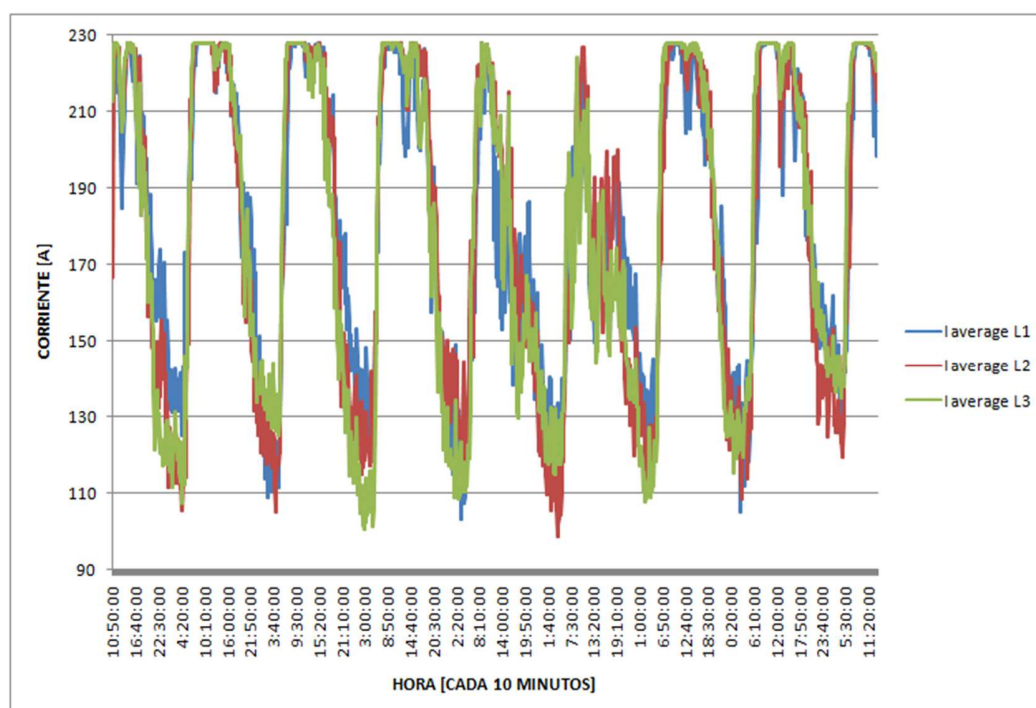


Figura 14. Niveles de Corriente

De acuerdo a los datos obtenidos, en la mayor parte del tiempo existe un balance aceptable entre las 3 líneas de alimentación, en donde los picos de corriente están bajo los 230 Amperios, lo cual indica que cada línea mantiene una carga cuya distribución está siendo utilizada correctamente.

Los picos, cuyos mayores desbalances tienen, bordean los 20 Amperios entre líneas, que según la figura, no excede un desbalance considerable.

2.2.3.1.3 Análisis de Potencias

En este análisis, se consideran dos figuras, en las cuales se van a mostrar los consumos de potencia por fase, y el consumo total sumado las 3 fases, de manera de corroborar el consumo en relación con el transformador existente en el hospital.

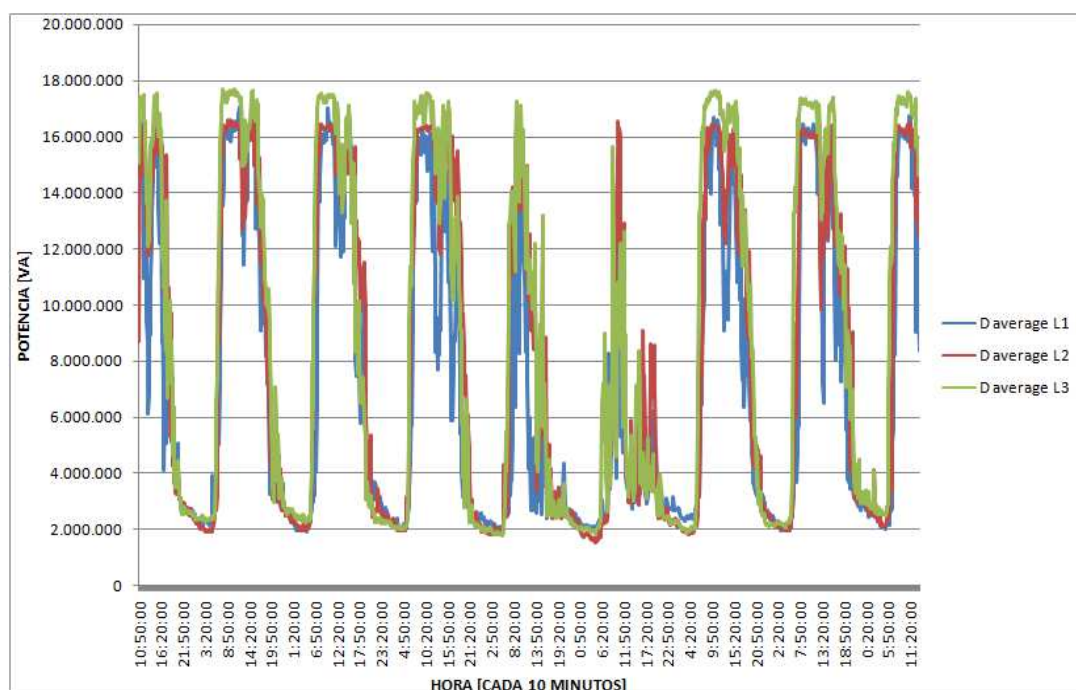


Figura 15. Niveles de Potencia por fase.

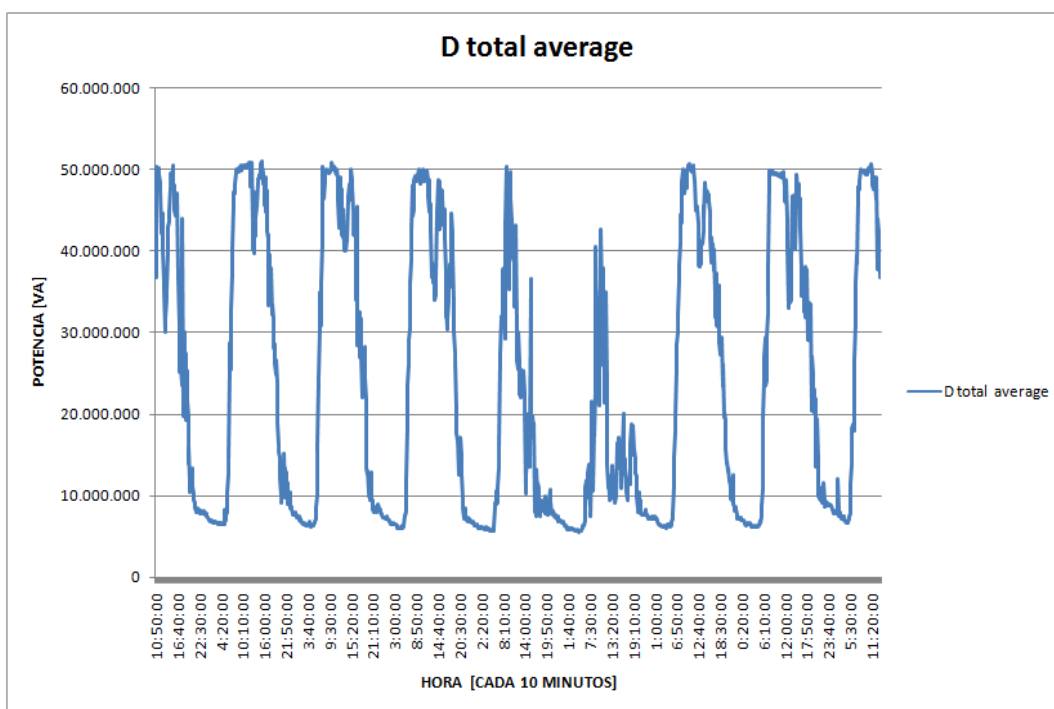


Figura 16. Niveles de Potencia Promedio.

Las figuras 13 y 14, muestran que el consumo de potencia mantiene la forma de onda de la corriente, quizás con un leve aumento de consumo en la fase 3.

La demanda máxima de potencia está marcada alrededor de los 50kVA, y que en comparación con el transformador existente de 522kVA, se puede evidenciar el claro sobredimensionamiento existente, en donde apenas se genera el 9.6% de la capacidad total. Además, al mantener la curva de consumo, la potencia en los valores más bajos durante la semana, llega a potencias de menos de 10kVA, que es muy bajo para la capacidad instalada.

2.2.3.1.4 Análisis de Flicker

Este análisis supone la medición de pulso de corta duración (Pst), los cuales se muestran con el respectivo reporte de mediciones en cada fase.

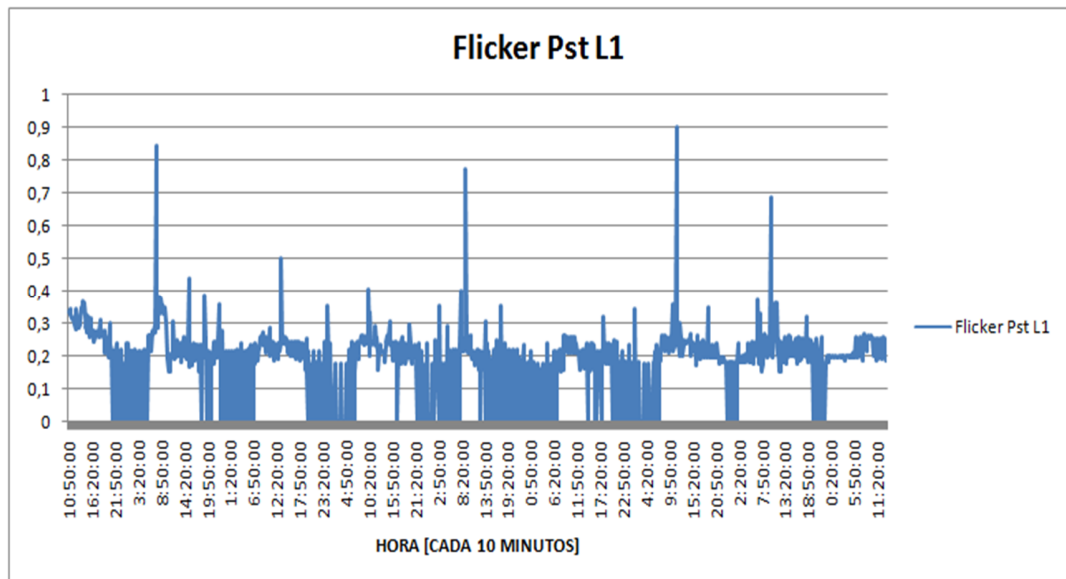


Figura 17. Indicador Flicker Fase 1

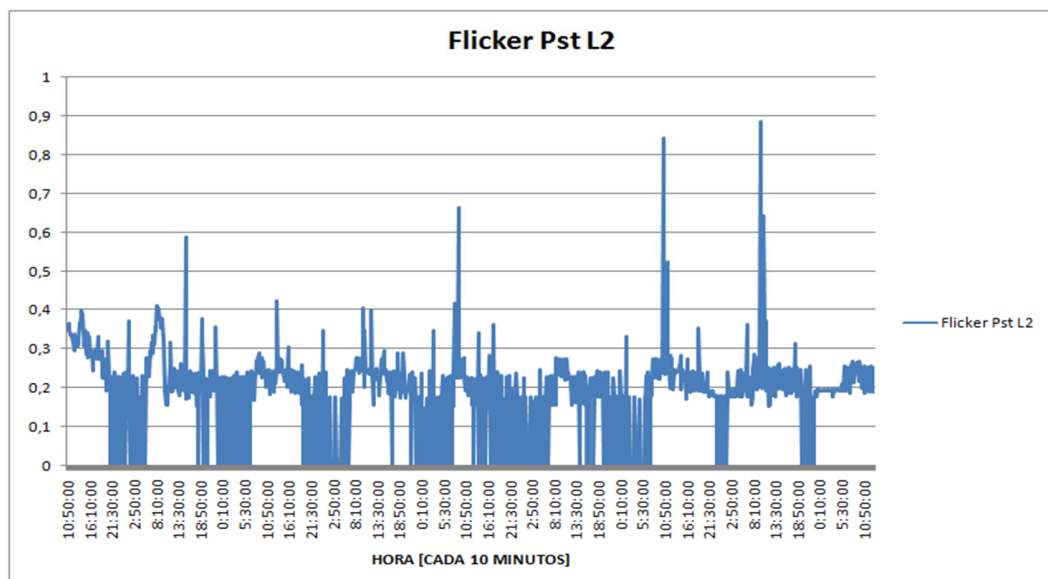


Figura 18. Indicador Flicker Fase 2

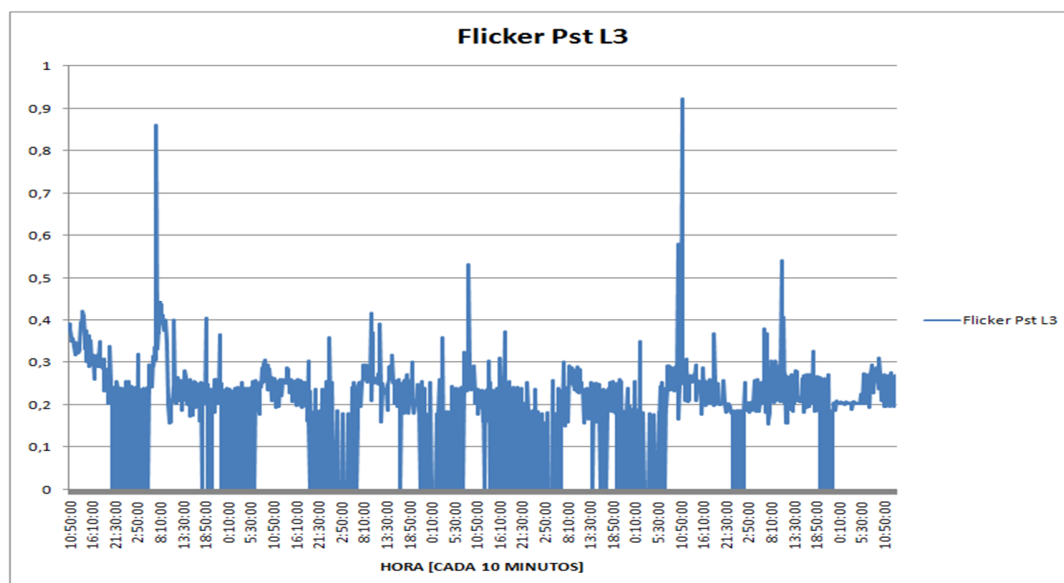


Figura 19. Indicador Flicker Fase 3

Tomando en consideración el parpadeo de pulsos con respecto a la norma ecuatoriana del CONELEC (CONELEC, 2001), el valor máximo de pulso permitido está en 0,956, y para las tres fases, no se llega a sobrepasar ese límite. Quizás en la fase 3 hay que tener mayor cuidado porque es la única que supera el rango de 0,9, ya que si llegara a pasar el rango permitido, puede corresponder a un problema de uso excesivo, por ejemplo de aparatos electrónicos.

2.2.3.1.5 Análisis de Frecuencia

Esta referencia de medición, debería ser establecida de acuerdo a una norma de los 60Hz que no debería tener mayor variación, por soporte de la empresa que provee energía. Para el estudio completo se presenta dicho resultado.

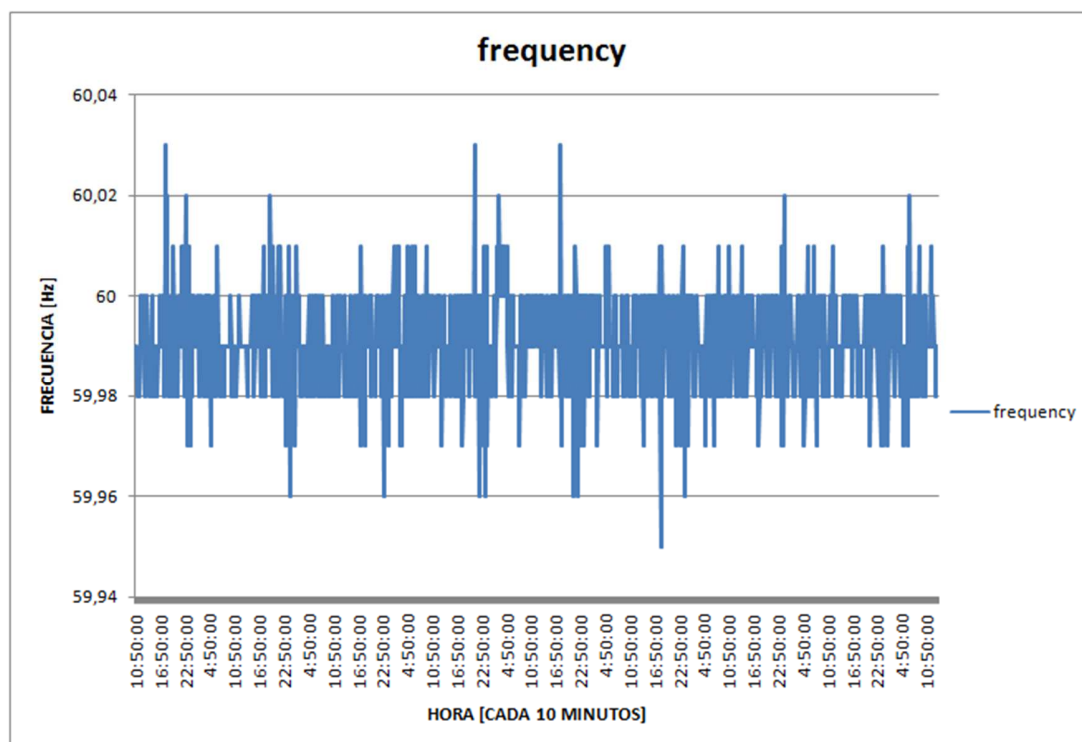


Figura 20. Medición de Frecuencia

No hay variaciones de frecuencia importantes, porque es definido por la comercializadora, y por tanto el transformador no tiene mayor incidencia, es por ello que se puede mantener un resultado positivo sobre este parámetro.

2.2.3.1.6 Análisis de Distorsión Armónica

Con referencia a esta medida, se presentan resultados con respecto a la distorsión de voltaje.

Para el voltaje, la distorsión presenta los siguientes resultados

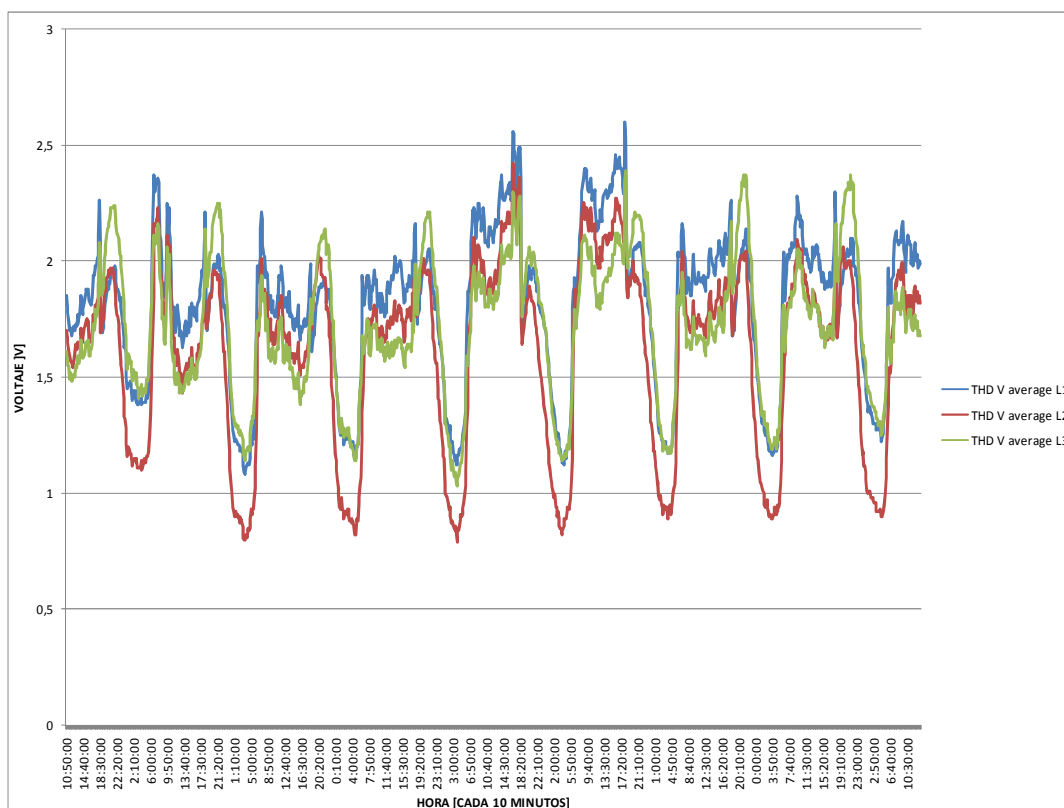


Figura 21. Distorsión Armónica de Voltaje

La distorsión de la onda no es 100% senoidal, y tomando en referencia el límite normado por el CONELEC (CONELEC, 2001), que es el 8%, hay equipos que ocasionan ciertos armónicos, pero que como máximo sobrepasan el 2,5% en las tres fases, de manera que se cumple con la norma, sin tener una necesidad de proponer soluciones de bancos de condensadores o filtros para reducir los armónicos.

2.2.3.1.7 Análisis de Desequilibrio

El desequilibrio o desbalance de las fases se exponen en las figuras siguientes, tanto para el voltaje, como para la corriente de forma promediada entre las fases.

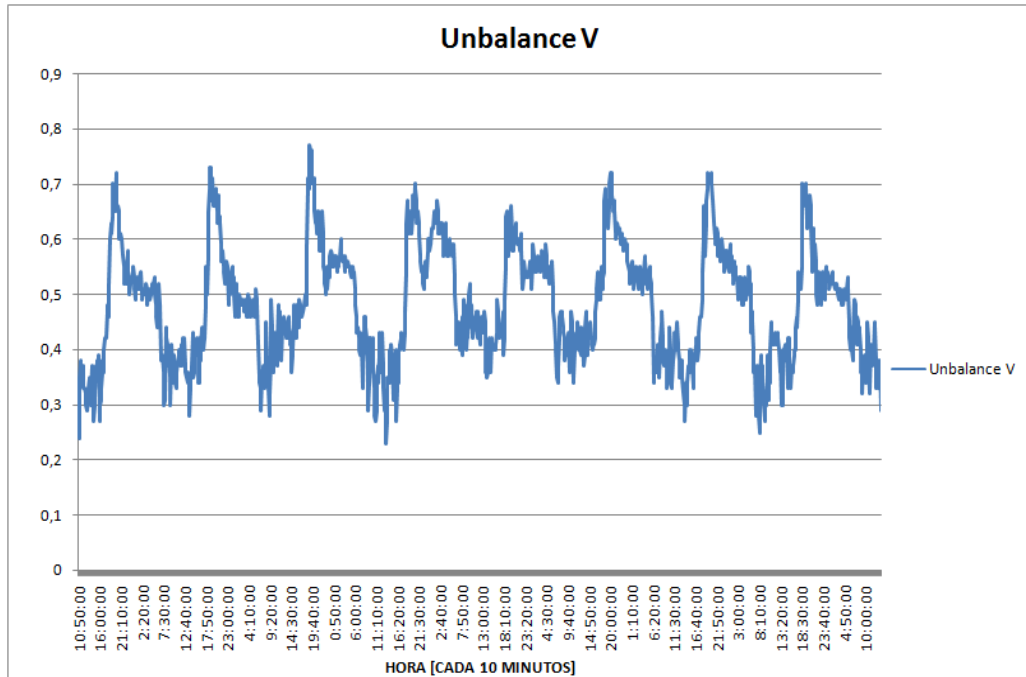


Figura 22. Desbalance de Voltaje

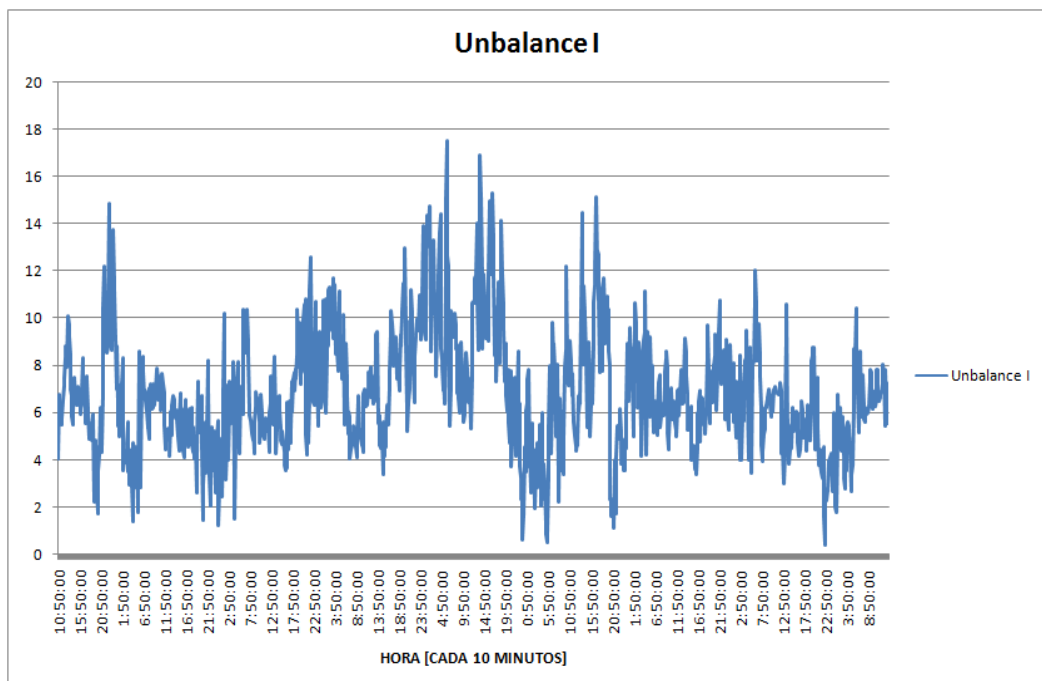


Figura 23. Desbalance de Corriente

Los circuitos no están correctamente balanceados, lo cual significa que se debe hacer un balance de carga, que es un trabajo más complejo, con ubicaciones de cada circuito, para determinar si están dentro o no de los balances permitidos en el CONELEC (CONELEC, 2001); estos parámetros son más delicados de referir para soluciones específicas, por tanto serán propuestas para un estudio más detallado y profundo que ayude a mejorar el balance de cargas.

2.2.3.2 Balance Energético del Sistema Eléctrico.

Una vez obtenidos los resultados actuales de consumo energético, a partir de las mediciones de calidad de energía realizadas en el Hospital Homero Castanier Crespo, se procede a plantear el balance energético del sistema.

2.2.3.2.1 Iluminación.

Tabla 18.

Consumo de Iluminación

Equipo Lámpara Fluorescente 40W con balastro electromagnético	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
CONSULTA EXTERNA	212	0.040	8.48	10.0	84.80	2544.00	30528.00	10.85
SALA DE ESPERA PB	24	0.040	0.96	16.0	15.36	460.80	5529.60	1.97
TRABAJO SOCIAL	2	0.040	0.08	8.0	0.64	19.20	230.40	0.08
OFICINAS ADMINISTRATIVAS	29	0.040	1.16	10.0	11.60	348.00	4176.00	1.48
INFORMACIÓN	4	0.040	0.16	12.0	1.92	57.60	691.20	0.25
FARMACIA	36	0.040	1.44	20.0	28.80	864.00	10368.00	3.69
RAYOS X	37	0.040	1.48	24.0	35.52	1065.60	12787.20	4.55
LABORATORIO	30	0.040	1.20	18.0	21.60	648.00	7776.00	2.76
EMERGENCIA	140	0.040	5.60	24.0	134.40	4032.00	48384.00	17.20

Continúa 


COSTURA	38	0.040	1.52	8.0	12.16	364.80	4377.60	1.56
LAVANDERIA	24	0.040	0.96	10.0	9.60	288.00	3456.00	1.23
NUTRICIÓN	49	0.040	1.96	10.0	19.60	588.00	7056.00	2.51
GINECOLOGIA	92	0.040	3.68	10.0	36.80	1104.00	13248.00	4.71
CENTRAL ESTERILIZACIÓN	39	0.040	1.56	10.0	15.60	468.00	5616.00	2.00
UCI	11	0.040	0.44	24.0	10.56	316.80	3801.60	1.35
CENTRO OBSTÉTRICO	55	0.040	2.20	16.0	35.20	1056.00	12672.00	4.50
NEONATOLOGIA	38	0.040	1.52	20.0	30.40	912.00	10944.00	3.89
QUIRÓFANOS	108	0.040	4.32	20.0	86.40	2592.00	31104.00	11.06
SALA DE ESPERA 1 PISO	10	0.040	0.40	12.0	4.80	144.00	1728.00	0.61
PEDIATRIA	19	0.040	0.76	10.0	7.60	228.00	2736.00	0.97
CIRUGIA	57	0.040	2.28	10.0	22.80	684.00	8208.00	2.92
TRAUMATOLOGIA	12	0.040	0.48	10.0	4.80	144.00	1728.00	0.61
MEDICINA INTERNA	106	0.040	4.24	10.0	42.40	1272.00	15264.00	5.43
RESIDENCIA MÉDICA	35	0.040	1.40	10.0	14.00	420.00	5040.00	1.79
SISTEMAS	12	0.040	0.48	12.0	5.76	172.80	2073.60	0.74
RIESGOS Y SEGURIDAD	2	0.040	0.08	12.0	0.96	28.80	345.60	0.12
FISIOTERAPIA	16	0.040	0.64	12.0	7.68	230.40	2764.80	0.98
AUDIOLOGIA	12	0.040	0.48	12.0	5.76	172.80	2073.60	0.74
HEMODIALISIS	18	0.040	0.72	12.0	8.64	259.20	3110.40	1.11
EPIDEMIOLOGIA	6	0.040	0.24	8.0	1.92	57.60	691.20	0.25
GESTION ADMINISTRATIVA	44	0.040	1.76	8.0	14.08	422.40	5068.80	1.80
PATOLOGIA	21	0.040	0.84	8.0	6.72	201.60	2419.20	0.86
BODEGAS	34	0.040	1.36	8.0	10.88	326.40	3916.80	1.39
SALA ESPERA 3ER PISO	10	0.040	0.40	12.0	4.80	144.00	1728.00	0.61
MANTENIMIENTO	56	0.040	2.24	12.0	26.88	806.40	9676.80	3.44
TOTAL					23443.20	281318.40	100	

2.2.3.2.2 Equipos Médicos.

Tabla 19.

Consumo de Equipos Médicos

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
Electrocauterio	5	0.025	0.13	3.0	0.38	11.25	135.00	0.06
Mesa de Cirugía	8	0.500	4.00	1.0	4.00	120.00	1440.00	0.67

Continúa 

Máquina de Anestesia	7	0.300	2.10	4.0	8.40	252.00	3024.00	1.40
Monitor	37	0.070	2.59	13.0	33.67	1010.10	12121.20	5.60
Cuna de Calor Radiante	9	1.100	9.90	1.0	9.90	297.00	3564.00	1.65
Desfibrilador	2	0.040	0.08	0.5	0.04	1.20	14.40	0.01
Bomba de Infusión	46	0.020	0.92	16.0	14.72	441.60	5299.20	2.45
Grabador de DVD	3	0.018	0.05	6.0	0.32	9.72	116.64	0.05
Mezclador	3	0.100	0.30	14.0	4.20	126.00	1512.00	0.70
Insuflador	3	0.200	0.60	14.0	8.40	252.00	3024.00	1.40
Arco en C (RX)	1	2.000	2.00	0.5	1.00	30.00	360.00	0.17
Reverbero	9	1.000	9.00	1.0	9.00	270.00	3240.00	1.50
Microondas	11	0.949	10.44	0.5	5.22	156.59	1879.02	0.87
Refrigerador	20	0.450	9.00	6.0	54.00	1620.00	19440.00	8.99
Microscopio	4	0.030	0.12	6.0	0.72	21.60	259.20	0.12
Autoclave 1	4	4.000	16.00	7.0	112.00	3360.00	40320.00	18.64
Esterilizador	2	2.400	4.80	7.0	33.60	1008.00	12096.00	5.59
Selladora	1	0.500	0.50	1.0	0.50	15.00	180.00	0.08
Electrocardiografo	3	0.050	0.15	2.0	0.30	9.00	108.00	0.05
Negatoscopio	4	0.060	0.24	1.0	0.24	7.20	86.40	0.04
Succionador	8	0.150	1.20	4.0	4.80	144.00	1728.00	0.80
Autoclave 2	11	0.250	2.75	7.0	19.25	577.50	6930.00	3.20
Refrigerador Pequeño	6	0.250	1.50	6.0	9.00	270.00	3240.00	1.50
RX Portátil	2	1.200	2.40	0.5	1.20	36.00	432.00	0.20
Analizador de Gases	1	0.200	0.20	20.0	4.00	120.00	1440.00	0.67
Ecógrafo	3	0.250	0.75	1.0	0.75	22.50	270.00	0.12
Silla Dental	3	0.300	0.90	0.5	0.45	13.50	162.00	0.07
Termocuna	8	1.250	10.00	12.0	120.00	3600.00	43200.00	19.97
Banco de Sangre	1	0.550	0.55	18.0	9.90	297.00	3564.00	1.65
Autoclave 3	1	5.000	5.00	4.0	20.00	600.00	7200.00	3.33
Destilador	1	6.500	6.50	1.5	9.75	292.50	3510.00	1.62
Centrifugadora	5	0.500	2.50	5.0	12.50	375.00	4500.00	2.08
Analizador Sanguíneo	2	1.000	2.00	7.0	14.00	420.00	5040.00	2.33
Analizador de Electrolitos	1	0.050	0.05	8.0	0.40	12.00	144.00	0.07
Coagulometro	1	0.050	0.05	6.0	0.30	9.00	108.00	0.05
Rayos X	1	1.200	1.20	0.6	0.72	21.60	259.20	0.12
Procesadora de Películas	2	0.800	1.60	4.0	6.40	192.00	2304.00	1.07
Desfibrilador	1	0.400	0.40	1.0	0.40	12.00	144.00	0.07
Tomógrafo	1	1.400	1.40	3.0	4.20	126.00	1512.00	0.70
Mamógrafo	1	0.800	0.80	4.0	3.20	96.00	1152.00	0.53
Electroencefalógrafo	1	0.350	0.35	3.5	1.23	36.75	441.00	0.20
Endoscopio	1	0.400	0.40	6.0	2.40	72.00	864.00	0.40

Continúa 

Calentador de Compresas	2	0.180	0.36	16.0	5.76	172.80	2073.60	0.96
Ultrasonido	4	0.012	0.05	6.0	0.29	8.64	103.68	0.05
Electroestimulador	2	0.034	0.07	6.0	0.40	12.10	145.15	0.07
Máquina de Hemodiálisis	4	1.100	4.40	10.0	44.00	1320.00	15840.00	7.32
Procesador de Tejidos	1	0.200	0.20	18.0	3.60	108.00	1296.00	0.60
Dispensador de Parafina	1	0.200	0.20	4.0	0.80	24.00	288.00	0.13
Baño de Flotación	1	0.150	0.15	4.0	0.60	18.00	216.00	0.10

TOTAL	18027.14	216325.69	100.00
--------------	-----------------	------------------	---------------

2.2.3.2.3 Fuerza.

Tabla 20.

Consumo de Equipos de Fuerza (Motores)

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
Bomba de alimentación	3	11.190	33.57	1.0	33.57	1007.10	12085.20	7.57
Motor Ascensor	2	40.000	80.00	5.0	400.00	12000.00	144000.00	90.21
Bomba de traspaso cisterna	2	1.640	3.28	3.0	9.84	295.20	3542.40	2.22

TOTAL	13302.30	159627.60	100.00
--------------	-----------------	------------------	---------------

2.2.3.2.4 Cantidad de Equipos y Consumo Eléctrico de cada Tecnología.

Tabla 21.

Consumo de Equipos de Cómputo, Cocina y Limpieza

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
PC y Laptop	145	0.120	17.40	6.0	104.40	3132.00	37584.00	12.59
Impresoras	44	0.100	4.40	0.5	2.20	66.00	792.00	0.27
Servidores	4	0.350	1.40	4.0	5.60	168.00	2016.00	0.68
Scanner	4	0.275	1.10	0.5	0.55	16.50	198.00	0.07
Grabador Digital de Video	1	0.200	0.20	2.0	0.40	12.00	144.00	0.05
Router	5	0.150	0.75	24.0	18.00	540.00	6480.00	2.17
UPS	8	0.350	2.80	4.0	11.20	336.00	4032.00	1.35
Proyector	8	0.225	1.80	0.5	0.90	27.00	324.00	0.11
Televisor Pant. Plana	15	0.160	2.40	6.5	15.60	468.00	5616.00	1.88
Radio	16	0.050	0.80	6.0	4.80	144.00	1728.00	0.58
Aspiradora	1	2.790	2.79	1.0	2.79	83.70	1004.40	0.34
Abrillantadora	1	0.746	0.75	1.0	0.75	22.38	268.56	0.09
Televisor	6	0.090	0.54	6.0	3.24	97.20	1166.40	0.39
DVD	1	0.200	0.20	1.0	0.20	6.00	72.00	0.02
Lavadora Grande	3	0.900	2.70	9.0	24.30	729.00	8748.00	2.93
Lavadora Pequeña	2	0.600	1.20	9.0	10.80	324.00	3888.00	1.30
Secadora de Ropa	2	3.500	7.00	9.0	63.00	1890.00	22680.00	7.60
Plancha	1	0.230	0.23	9.0	2.07	62.10	745.20	0.25
Compresor	1	1.200	1.20	2.0	2.40	72.00	864.00	0.29
Máquina de coser	6	0.400	2.40	2.5	6.00	180.00	2160.00	0.72
Plancha	1	1.000	1.00	1.0	1.00	30.00	360.00	0.12
Fax	3	0.150	0.45	4.0	1.80	54.00	648.00	0.22
Cafetera	2	0.700	1.40	3.0	4.20	126.00	1512.00	0.51
Lavadora de Vajilla	2	5.000	10.00	9.0	90.00	2700.00	32400.00	10.85
Batidora	1	0.250	0.25	1.0	0.25	7.50	90.00	0.03
Trituradora	3	0.250	0.75	1.0	0.75	22.50	270.00	0.09
Cocina	4	1.500	6.00	10.0	60.00	1800.00	21600.00	7.23
Calentador	3	1.500	4.50	8.0	36.00	1080.00	12960.00	4.34
Moledora	2	0.570	1.14	2.0	2.28	68.40	820.80	0.27
Cuarto Frio	1	3.400	3.40	10.0	34.00	1020.00	12240.00	4.10
Congeladora	3	0.110	0.33	10.0	3.30	99.00	1188.00	0.40
Fotocopiadora	1	0.900	0.90	4.0	3.60	108.00	1296.00	0.43
Calentador de Agua	6	0.500	3.00	6.0	18.00	540.00	6480.00	2.17
A/C Split	9	2.650	23.85	6.0	143.10	4293.00	51516.00	17.25
Calefactor	4	5.500	22.00	2.0	44.00	1320.00	15840.00	5.30
Calefactor pequeño	9	1.200	10.80	10.0	108.00	3240.00	38880.00	13.02
					TOTAL	24884.28	298611.36	100.00

CAPÍTULO III: PROPUESTA Y DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO.

3.1 Determinación del Punto de Consumo Energético Óptimo del Hospital

Para definir cuál es el consumo energético del hospital Homero Castanier Crespo, es importante delimitar cuales son los criterios o áreas sobre las cuales se pueden ejercer el análisis de mejoras y propuestas para un mejor rendimiento energético.

A saber dicho análisis, en la presente tesis se delimita solamente el consumo energético determinado por el campo eléctrico, y dentro de este punto, al haber desarrollado previamente un balance general de la situación actual del consumo eléctrico en todas las áreas, tanto administrativas como las médicas propiamente dichas, se va a predisponer cuáles son primeramente los posibles puntos óptimos de consumo de energía eléctrica, medida en kWh / cama, que es el campo sobre el cual se hace el estudio en la presente tesis.

De esta información a nivel internacional sobre el nivel de consumo energético por cama, se puede plantear una línea base que ayuda a que se defina la posición y el rendimiento del hospital, para considerarlo como eficiente o para que mediante las propuestas de mejoría buscar ubicarlo en la posición más beneficiosa, para llegar la optimización de su punto de consumo.

Actualmente es complicado poder ubicar el punto de rendimiento a estándares obligatorios, por la limitada documentación legal que actualmente el Ecuador posee, y porque no existe una categorización de los consumos hospitalarios que permitan entrar a solucionar el problema energético con

propuestas enmarcadas en soluciones acompañadas de los niveles óptimos que a futuro se esperan tener.

También existe la posibilidad de que los niveles actuales del hospital entren en la línea base de consumo aceptable, en dicho caso, también se proponen mejoras para aspirar a referenciar siempre con la expectativa de una optimización “ideal”, que a la larga beneficia al sector hospitalario y al país en general.

3.2 Determinación de Parámetros y Variables Matemáticos.

Teniendo como referencia principal, el balance energético realizado al Hospital Homero Castanier Crespo, se determinan como puntos de principal estudio para mejoramiento y posterior análisis matemático y económico, en primera instancia al campo de la iluminación, tomando en consideración, además al sector de cómputo y en ciertos puntos posibles, calefacción, lavandería, cocina, y equipamiento médico, que serán analizados como mejoras de consumo práctico, antes que la propuesta de realizar cambios costosos.

Sobre estos parámetros escogidos para realizar el estudio matemático, se exponen en cada una de sus realidades, lo tipos de tecnologías que se pueden proponer para mejorar el consumo y la eficiencia, es decir, mostrar cuanta energía consumida se puede disminuir para lograr un mejor comportamiento energético en el Hospital.

Las opciones técnicas son las que como referencia, actúan como variables matemáticas sobre las cuales miden los consumos, actuales y futuros, si se dieran los cambios de tecnología, que en este caso, serán estudiados y

referidos como parte principal del desarrollo de la tesis, hacia los encargados de tomar acciones para implementación.

En el siguiente capítulo se determinarán las posibilidades económicas que permitan o no en varias etapas, el acondicionamiento de las variaciones tecnológicas, acompañadas por planes de concientización sobre el consumo energético a quienes están destinadas las instalaciones hospitalarias.

3.3 Desarrollo del Modelo Matemático del Sistema Eléctrico.

El desarrollo matemático está definido con los cambios de tecnología y el comparativo del consumo energético.

Iluminación

A continuación se muestra el levantamiento de las cargas y consumos de iluminación, especificados por servicio y por área

Tabla 22.

Levantamiento de Cargas de Iluminación

SERVICIO	ÁREA	LAMPARAS	POTENCIA	TIEMPO	CONSUMO
	m2	unidades	W	horas	Kwh
CONSULTA EXTERNA	212.50	212.00	40.00	10.00	84.80
SALA DE ESPERA PB	58.30	24.00	40.00	16.00	15.36
TRABAJO SOCIAL	18.30	2.00	40.00	8.00	0.64
OFICINAS ADMINISTRATIVAS	221.00	29.00	40.00	10.00	11.60
INFORMACIÓN	24.00	4.00	40.00	12.00	1.92
FARMACIA	51.30	36.00	40.00	20.00	28.80
RAYOS X	80.60	37.00	40.00	24.00	35.52
LABORATORIO	83.16	30.00	40.00	18.00	21.60
EMERGENCIA	305.20	140.00	40.00	24.00	134.40

Continúa 

COSTURA	23.70	38.00	40.00	8.00	12.16
LAVANDERIA	131.25	24.00	40.00	10.00	9.60
NUTRICIÓN	270.25	49.00	40.00	10.00	19.60
GINECOLOGIA	545.50	92.00	40.00	10.00	36.80
CENTRAL ESTERILIZACIÓN	148.21	39.00	40.00	10.00	15.60
UCI	146.52	11.00	40.00	24.00	10.56
CENTRO OBSTÉTRICO	293.41	55.00	40.00	16.00	35.20
NEONATOLOGIA	94.50	38.00	40.00	20.00	30.40
QUIRÓFANOS	582.00	108.00	40.00	20.00	86.40
SALA DE ESPERA 1 PISO	69.16	10.00	40.00	12.00	4.80
PEDIATRIA	222.75	19.00	40.00	10.00	7.60
CIRUGIA	437.25	57.00	40.00	10.00	22.80
TRAUMATOLOGIA	149.50	12.00	40.00	10.00	4.80
MEDICINA INTERNA	680.00	106.00	40.00	10.00	42.40
RESIDENCIA MÉDICA	167.70	35.00	40.00	10.00	14.00
SISTEMAS	99.75	12.00	40.00	12.00	5.76
RIESGOS Y SEGURIDAD	10.42	2.00	40.00	12.00	0.96
FISIOTERAPIA	180.00	16.00	40.00	12.00	7.68
AUDIOLOGIA	42.50	12.00	40.00	12.00	5.76
HEMODIALISIS	136.50	18.00	40.00	12.00	8.64
EPIDEMIOLOGIA	26.50	6.00	40.00	8.00	1.92
GESTION ADMINISTRATIVA	295.68	44.00	40.00	8.00	14.08
PATOLOGIA	206.30	21.00	40.00	8.00	6.72
BODEGAS	256.60	34.00	40.00	8.00	10.88
SALA ESPERA 3ER PISO	69.16	10.00	40.00	12.00	4.80
MANTENIMIENTO	344.75	56.00	40.00	12.00	26.88
TOTAL	5700,30	1438.00			781.44

Tomando en consideración la Tabla 22, se puede en primer lugar, indicar que el tipo de luminarias instaladas en el Hospital Homero Castanier Crespo, corresponden a lámparas fluorescentes de 2x40W instalados en una bandeja con balastos de tipo electromagnético y difusor de luz.

Dicho modelo de lámpara fluorescente, es de vapor de mercurio de baja presión. Con respecto a los balastos electromagnéticos tienen la función de proporcionar el voltaje de arranque y régimen permanente de funcionamiento de la lámpara; perdiendo gran parte de energía en forma de calor, en el orden del 20% con respecto a lámparas con arranque electrónico.

La iluminación en hospitales tiene que cumplir dos objetivos fundamentales:

1. Garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable.
2. Garantizar la máxima eficiencia energética posible.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, se puede destacar que el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de un Hospital varía entre el 20 y 30%. Por lo tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta eficacia luminosa [lm/W] (lumen por vatio), unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del área a iluminar, lo que permitirá tener unos niveles apropiados de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

Para realizar un correcto requerimiento de niveles de iluminación hay que separar a las áreas del Hospital en tres grandes grupos:

- A. Zonas con actividad visual elevada. Rangos de 800 a 1000 luxes
- Quirófanos.
 - Laboratorios.
 - Salas de rehabilitación y terapia.
 - Salas de reconocimiento y tratamiento.

- UCIs.
- Servicios de urgencias.
- Salas de rayos X.
- Salas de radio terapia.
- Salas de medicina nuclear.
- Salas de consulta externa.

B. Zonas con actividad visual normal. 300 a 600 luxes

- Unidades de hospitalización.
- Farmacias.
- Oficinas.
- Despachos.

C. Espacios con actividad visual baja: 50 a 300 luxes

- Vestíbulos.
- Pasillos y escaleras.
- Comedores y cafeterías.
- Servicios.
- Almacenes.
- Zonas de espera y paso.

Se han establecido estos rangos de requerimiento para iluminación empotrada en cielo raso o iluminación general. Por ejemplo en quirófanos sobre la mesa de operaciones se requieren de 15000 y 20000 luxes pero esta iluminación la proporciona una lámpara especial. Los valores establecidos se han considerado para iluminación general. (Ministerio de Salud de Chile, 2013)

Los tipos de lámparas recomendados para iluminación en hospitales son:

- Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm de diámetro.

- Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm de diámetro.
- Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas de bajo consumo).
- Fluorescentes compactos (TC).
- Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
- Lámparas de inducción electromagnética.
- Lámparas de descarga de halógenos metálicos.
- Vapor de mercurio color corregido (VM), (solo para exteriores).



Figura 24. Tipos de luminarias.

Fuente: (Philips, 2014)

Los tipos de balastos recomendados son:

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto			
	Tipo de Lámpara	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia		20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga		14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión		15-20 %	10-12 %	5-7 %

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :

- Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
- Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara vapor de mercurio	Electromagnético
- Lámpara de halogenuros metálicos	Electromagnético / Electrónico
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico

Figura 25. Tipos de balastos y pérdidas asociadas.

Fuente: (Philips, 2014)

Como alternativa viable para un mejoramiento en el sistema de iluminación del Hospital Homero Castanier, se presenta cambios directos en la tecnología de las lámparas, haciendo una migración del modelo T12, al modelo T8.

Dicha alternativa se analiza presentando tres posibilidades:


- Migración de T12 a T8.
- Migración de T12 a T8 con balastro electrónico.
- Migración de T12 a T8 con balastro electrónico e implementación de sistema de automatización y control de iluminación.

Migración de T12 a T8:

Con la propuesta de migración de lámparas T12 a T8, con características de reducción de 40W a 32W de potencia, se espera una reducción de consumo de un 20%. Dicha proyección se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 23.

Consumo de Energía con lámparas T8

SERVICIO	ÁREA	LAMPARAS	POTENCIA	TIEMPO	CONSUMO
	m2	unidades	W	horas	Kwh
CONSULTA EXTERNA	212.50	212.00	32.00	10.00	67.84
SALA DE ESPERA PB	58.30	24.00	32.00	16.00	12.29
TRABAJO SOCIAL	18.30	2.00	32.00	8.00	0.51
OFICINAS ADMINISTRATIVAS	221.00	29.00	32.00	10.00	9.28
INFORMACIÓN	24.00	4.00	32.00	12.00	1.54
FARMACIA	51.30	36.00	32.00	20.00	23.04
RAYOS X	80.60	37.00	32.00	24.00	28.42
LABORATORIO	83.16	30.00	32.00	18.00	17.28
EMERGENCIA	305.20	140.00	32.00	24.00	107.52
COSTURA	23.70	38.00	32.00	8.00	9.73
LAVANDERIA	131.25	24.00	32.00	10.00	7.68
NUTRICIÓN	270.25	49.00	32.00	10.00	15.68
GINECOLOGIA	545.50	92.00	32.00	10.00	29.44
CENTRAL ESTERILIZACIÓN	148.21	39.00	32.00	10.00	12.48
UCI	146.52	11.00	32.00	24.00	8.45
CENTRO OBSTÉTRICO	293.41	55.00	32.00	16.00	28.16
NEONATOLOGIA	94.50	38.00	32.00	20.00	24.32
QUIRÓFANOS	582.00	108.00	32.00	20.00	69.12
SALA DE ESPERA 1 PISO	69.16	10.00	32.00	12.00	3.84
PEDIATRIA	222.75	19.00	32.00	10.00	6.08
CIRUGIA	437.25	57.00	32.00	10.00	18.24
TRAUMATOLOGIA	149.50	12.00	32.00	10.00	3.84
MEDICINA INTERNA	680.00	106.00	32.00	10.00	33.92
RESIDENCIA MÉDICA	167.70	35.00	32.00	10.00	11.20
SISTEMAS	99.75	12.00	32.00	12.00	4.61
RIESGOS Y SEGURIDAD	10.42	2.00	32.00	12.00	0.77
FISIOTERAPIA	180.00	16.00	32.00	12.00	6.14
AUDIOLOGIA	42.50	12.00	32.00	12.00	4.61
HEMODIALISIS	136.50	18.00	32.00	12.00	6.91
				Continua	

EPIDEMIOLOGIA	26.50	6.00	32.00	8.00	1.54
GESTION ADMINISTRATIVA	295.68	44.00	32.00	8.00	11.26
PATOLOGIA	206.30	21.00	32.00	8.00	5.38
BODEGAS	256.60	34.00	32.00	8.00	8.70
SALA ESPERA 3ER PISO	69.16	10.00	32.00	12.00	3.84
MANTENIMIENTO	344.75	56.00	32.00	12.00	21.50
TOTAL	5700.3	1438.00			625.15

Tabla 24.

Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	CONSUMO AÑO T8
	m2	unidades	kWh	kWh
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	228180.48

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico:

Con la propuesta de migración de T12 a T8, donde además de la reducción de potencia propia de las lámparas, también se propone un cambio de arranque, con variación de electromagnético a un arranque electrónico, se acerca a un mejoramiento, alrededor del 30% de disminución de potencia de consumo. Los datos de reducción se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25.

Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8 + Balastro Electrónico

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	CONSUMO AÑO T8 + BE
	m2	unidades	kWh	kWh
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	199658.65

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico y control inteligente:

La propuesta más cercana hacia una actualización tecnológica, adicional a mejorar la calidad de lámparas T12 por T8, adicionar el arranque electrónico, está en incluir el control inteligente de iluminación, basado principalmente, en sensores de movimiento, que ayuden a mejorar el consumo de potencia, en valores promedio de un 40% sobre lo que originalmente se tiene en el hospital Homero Castanier Crespo. Los datos de mejoramiento en consumo se muestran:

Tabla 26.

Reducción de Consumo Anual con Lámpara T8 + Balastro Electrónico + Control Inteligente

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	CONSUMO AÑO T8 + BE + CI
	m2	unidades	kWh	kWh
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	171133.90

Cómputo:

Para el análisis tecnológico de los sistemas de cómputo del hospital, como ya se analizó en el balance energético, se dispone de una importante cantidad de equipos, entre, computadores de escritorio, laptops, impresoras, scanners, servidores, routers, y otros elementos pequeños que conforman la complicada red de manejo de datos e información del hospital; dichos elementos que forman parte del sistema de cómputo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 27.

Consumo de Energía de Sistema de Cómputo.

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
PC y Laptop	145	0.120	17.40	6.0	104.40	3132.00	37584.00	60.53
Impresoras	44	0.100	4.40	0.5	2.20	66.00	792.00	1.28
Servidores	4	0.350	1.40	4.0	5.60	168.00	2016.00	3.25
Scanner	4	0.275	1.10	0.5	0.55	16.50	198.00	0.32
Grabador Digital de Video	1	0.200	0.20	2.0	0.40	12.00	144.00	0.23
Router	5	0.150	0.75	24.0	18.00	540.00	6480.00	10.44
UPS	8	0.350	2.80	4.0	11.20	336.00	4032.00	6.49
Proyector	8	0.225	1.80	0.5	0.90	27.00	324.00	0.52
Televisor Pant. Plana	15	0.160	2.40	6.5	15.60	468.00	5616.00	9.04
Radio	16	0.050	0.80	6.0	4.80	144.00	1728.00	2.78
Televisor	6	0.090	0.54	6.0	3.24	97.20	1166.40	1.88
DVD	1	0.200	0.20	1.0	0.20	6.00	72.00	0.12
Fax	3	0.150	0.45	4.0	1.80	54.00	648.00	1.04
Fotocopiadora	1	0.900	0.90	4.0	3.60	108.00	1296.00	2.09
TOTAL					5174.70	62096.40	100.00	

Hay que considerar que existe gran parte de estos elementos que sirven para uso exclusivo del personal administrativo del hospital, en el que el consumo resulta ser el del horario de oficina, además de otros equipos que forman parte del funcionamiento propio de la parte profesional de los médicos y personal del área de salud.

Con respecto a este campo, se puede incluir propuestas de reducción de consumo, manejadas en una parte por la misma configuración de los equipo de cómputo, para apagar monitores luego de determinado tiempo de uso, además de incluir una propuesta adicional para apagar los equipos que dejan de estar en uso por determinado tiempo, llegando a provocar inclusive un ahorro de hasta el 20% de consumo energético, lo cual se propone en la siguiente tabla:

Tabla 28.

Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de los Sistemas de Cómputo.

SERVICIO	ÁREA	EQ. CÓMPUTO Y VIDEO	CONSUMO AÑO	CONSUMO AÑO CON MEJORAS
	m2	unidades	kWh	kWh
TOTAL	5700.30	261.00	62096.40	49677.12

Cocina y Lavandería

En este tipo de sistema, en donde se orienta hacia una mejoría en el consumo de los elementos que actualmente se dispone, ya que la eficiencia corresponde a la concientización del personal que labora, para que los equipos eléctricos, como cocinas, refrigeradores, congeladores, hornos eléctricos pueden ayudar a disminuir el consumo, que estaría mejorado en un valor promedio de un 5% de energía eléctrica, considerando también que muchos de esos equipos tienen una vida útil que va con el tiempo de funcionamiento del hospital.

Tabla 29.

Consumo de Energía de Cocina.

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
Lavadora de Vajilla	2	5.000	10.00	9.0	90.00	2700.00	32400.00	36.80
Batidora	1	0.250	0.25	1.0	0.25	7.50	90.00	0.10
Trituradora	3	0.250	0.75	1.0	0.75	22.50	270.00	0.31
							Continúa	➔

Cocina	4	1.500	6.00	10.0	60.00	1800.00	21600.00	24.53
Calentador	3	1.500	4.50	8.0	36.00	1080.00	12960.00	14.72
Moledora	2	0.570	1.14	2.0	2.28	68.40	820.80	0.93
Cuarto Frio	1	3.400	3.40	10.0	34.00	1020.00	12240.00	13.90
Congeladora	3	0.110	0.33	10.0	3.30	99.00	1188.00	1.35
Calentador de Agua	6	0.500	3.00	6.0	18.00	540.00	6480.00	7.36

TOTAL	7337.40	88048.80	100.00
--------------	----------------	-----------------	---------------

Tabla 30.

Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de Uso en Cocina

SERVICIO	COCINA	CONSUMO AÑO COCINA	CONSUMO AÑO COCINA MEJORAS
	unidades	kWh	kWh
TOTAL	25.00	88048.80	83646.36

En la lavandería, se pueden ofrecer otras acciones que también son útiles para reducir el consumo energético, ya que se puede trabajar con las lavadoras y secadoras a su máxima capacidad, reduciendo tiempos y ciclos de lavado. Este tipo de operación más eficiente, daría una reducción de un 10% de consumo energético.

Tabla 31.

Consumo de Energía Lavandería

Equipo	Cantidad	Carga Instalada [kW]	Total de Carga [kW]	Horas de uso diarias	Consumo en [kWh/día]	Consumo en [kWh/mes]	Consumo en [kWh/año]	Porcentaje del total del consumo [%]
Aspiradora	1	2.790	2.79	1.0	2.79	83.70	1004.40	2.52
Abrillantadora	1	0.746	0.75	1.0	0.75	22.38	268.56	0.67
Lavadora Grande	3	0.900	2.70	9.0	24.30	729.00	8748.00	21.95
Lavadora Pequeña	2	0.600	1.20	9.0	10.80	324.00	3888.00	9.76
Secadora de Ropa	2	3.500	7.00	9.0	63.00	1890.00	22680.00	56.91
Plancha	1	0.230	0.23	9.0	2.07	62.10	745.20	1.87
							Continúa	➔

Máquina de coser	6	0.400	2.40	2.5	6.00	180.00	2160.00	5.42
Plancha	1	1.000	1.00	1.0	1.00	30.00	360.00	0.90

TOTAL	3321.18	39854.16	100.00
--------------	----------------	-----------------	---------------

Tabla 32.

Reducción de Consumo Anual con Mejoramiento de Uso en Lavandería

SERVICIO	LAVANDERÍA	CONSUMO AÑO LAVANDERÍA	CONSUMO AÑO LAVANDERÍA MEJORAS
	unidades	kWh	kWh
TOTAL	17.00	38954.16	35058.74

3.4 Simulación de Resultados.

El análisis que se plantea para simular los resultados, corresponde a una comparación entre los valores de consumo actual que tiene, tanto en iluminación como en cómputo el Hospital Homero Castanier Crespo, en los cuales se puede evidenciar la disminución del consumo, para tomar una importante referencia que sirva para el análisis de costos y su respectivo argumento que ayude al retorno de la inversión.

Iluminación

Migración de T12 a T8:

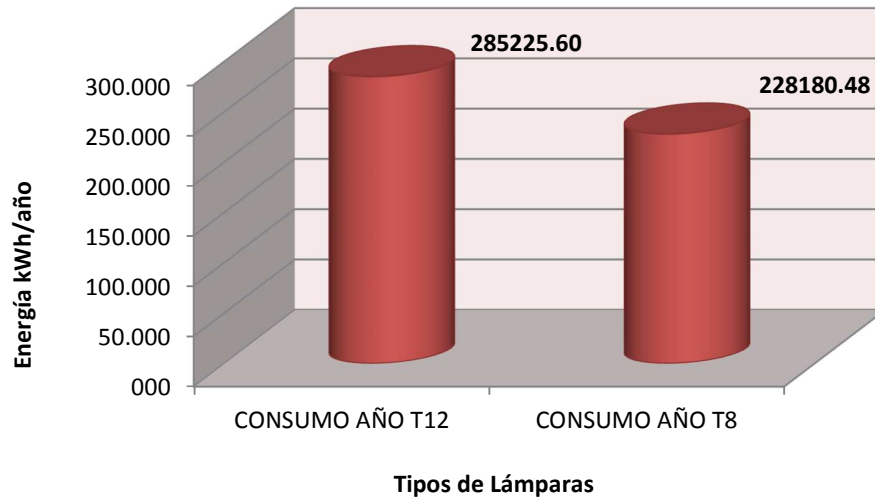


Figura 26. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico:

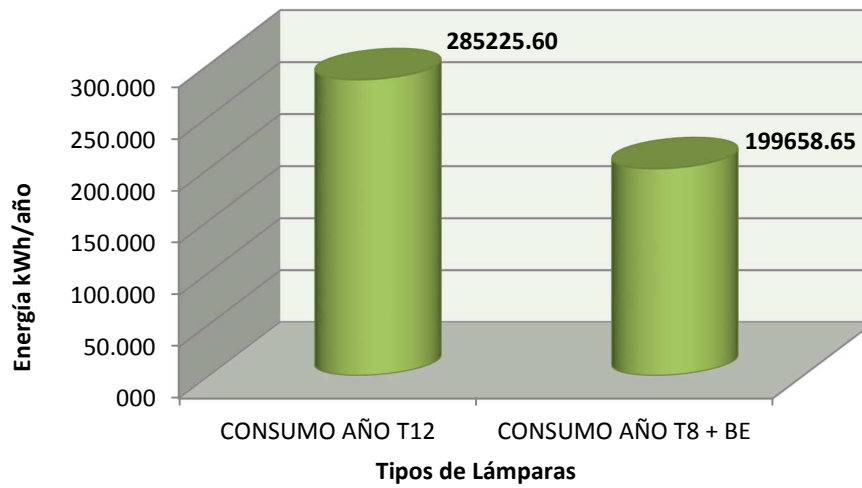


Figura 27. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8 con balastro electrónico

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico y control inteligente:

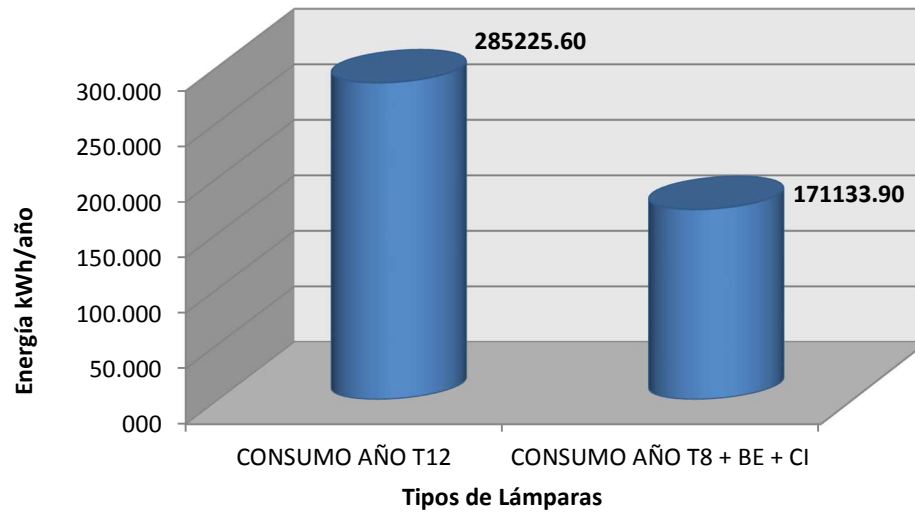


Figura 28. Variación de consumo anual de energía entre T12 y T8 con balastro electrónico y control automático

Cómputo:

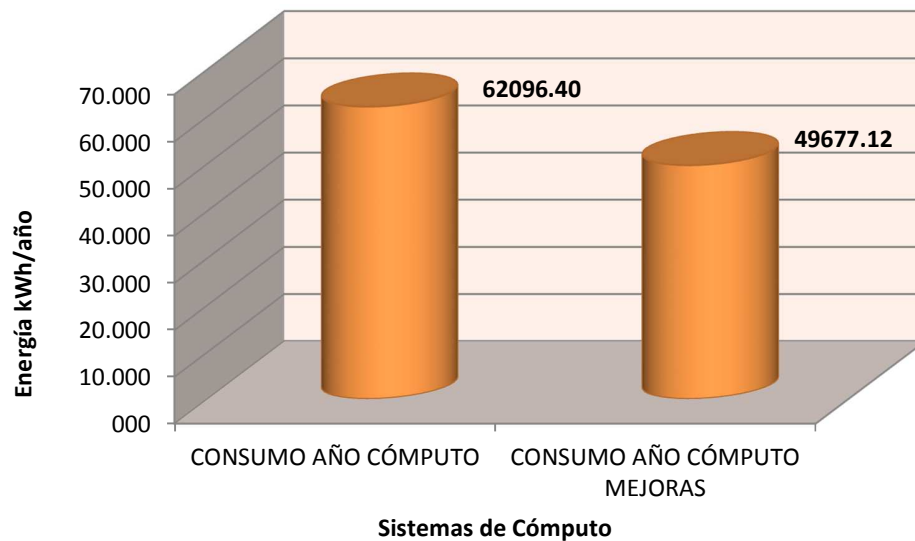


Figura 29. Variación de consumo anual de energía en el sistema de cómputo.

Todas estas propuestas de mejoramiento, determinan cambios de los valores de los índices energéticos que se plantearon, de manera que se mejore el resultado y brinde cálculos que determinan un mejoramiento con respecto a los estándares internacionales.

Proponiendo un consumo energético por cama, por día, tomando como referencia los valores calculados al aplicar la eficiencia energética, y considerando el mismo porcentaje de ocupación del 74,3%; se puede estimar lo siguiente:

- Promedio mensual con eficiencia:

$$\frac{E}{mes} = 41709,03 \frac{kWh}{mes}$$

- Promedio diario de consumo:
-

$$\frac{E}{día} = \frac{41709,03 kWh}{30 días}$$

$$\frac{E}{día} = 1390,30 \frac{kWh}{día}$$

- Promedio de consumo diario de energía por cama hospitalaria:
- Número de camas = 150
- Porcentaje de ocupación anual = 74,3%
- Número de camas porcentualmente ocupadas = 111 camas

$$\frac{E}{cama/día} = \frac{1390,30 \frac{kWh}{día}}{111 camas}$$

$$\frac{E}{\text{cama/día}} = 12,52 \frac{kWh}{\text{cama/día}}$$

- Promedio anual de consumo de energía por cama hospitalaria:

$$\frac{E}{\text{cama/año}} = 12,52 \frac{kWh}{\text{cama/día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$\frac{E}{\text{cama/año}} = 4,56 \frac{MWh}{\text{cama/año}}$$

- Promedio anual de consumo por metro cuadrado:
- Área del hospital = 5700.30 m²

$$\frac{E}{\text{m}^2/\text{año}} = 12,52 \frac{kWh}{\text{cama/día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{111 \text{ cama}}{5700,30 \text{ m}^2}$$

$$\frac{E}{\text{m}^2/\text{año}} = 88,84 \frac{kWh}{\text{m}^2/\text{año}}$$

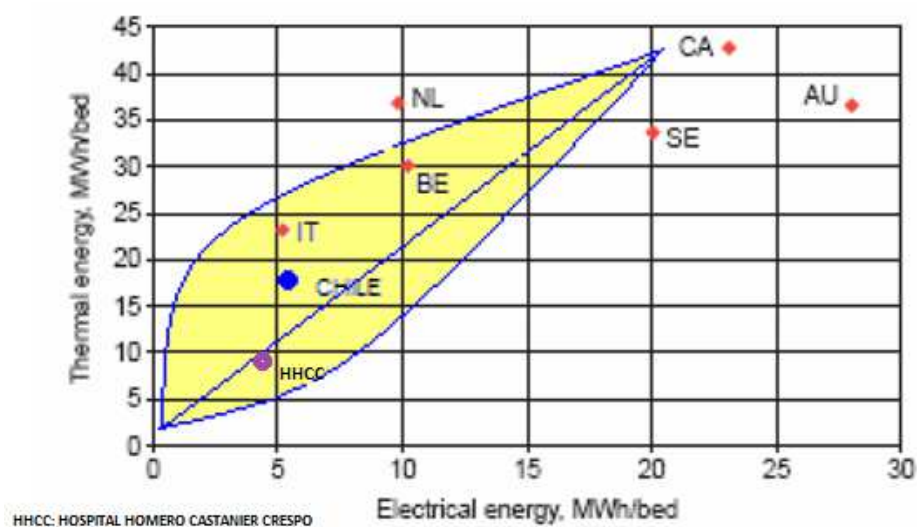


Figura 30. Indicadores consumo energético anual estimado por cama

Fuente: (Vera, 2008)

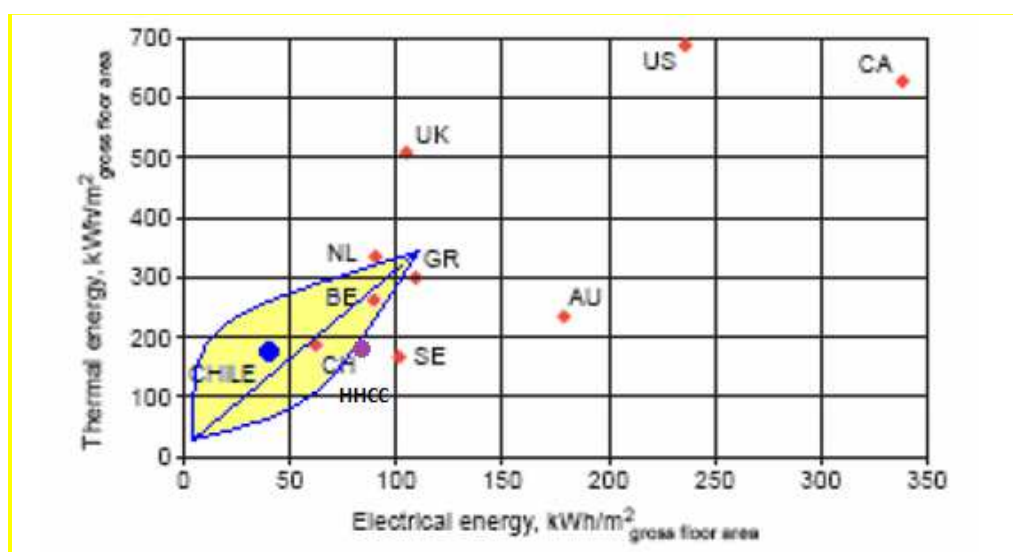


Figura 31. Indicadores consumo energético anual estimado por área de superficie

Fuente: (Vera, 2008)

Las figuras muestran que con la aplicación de eficiencia energética, se alcanza a mantener en la zona de base que justifica el funcionamiento y

consumo de energía de los hospitales a nivel internacional, y con el mejoramiento del sistema térmico, que se complementa a esta tesis, también dentro de los lineamientos de área de superficie, también se accede al área de confort de eficiencia.

CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL

Según los análisis del estado actual del Hospital Homero Castanier Crespo, referentes al consumo energético, dentro del campo eléctrico, es importante que para la elaboración de un plan de gestión energética, en primera instancia se deben exponer las propuestas de soluciones operativas y de inversión, para que como siguiente paso se evalúen de manera técnica y económica cuáles serían las oportunidades de ahorro dentro de los límites aceptables, dentro del sistema eléctrico.

Los costos de implementación y las tasas de retorno de la inversión, también son parte importante del plan de gestión energética, que sirve como base para el planteo de estrategias de ahorro energético, que a su vez culminan con planes de acción en el sistema eléctrico que son dirigidos para que el hospital llegue a reducir su consumo, sin dejar de lado la calidad en el servicio y la eficiencia de las funciones.

4.1 Formulación de Soluciones Operativas y de Inversión.

EL ahorro energético dentro del sistema eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo, está orientado a fortalecer la capacidad de la funcionalidad en todas las áreas, tanto administrativas, como profesionales del hospital. En este sentido, formular distintas soluciones que a nivel operativo pueden servir para mejorar la eficiencia energética, vienen vinculadas con la inversión disponible y que en la actualidad debe relacionarse con los aspectos que se manejan a nivel administrativo.

Dentro de las soluciones que se proponen, está en primera instancia, la propuesta que esta tesis tiene como uno de sus objetivos, para que sea

reconocida a nivel propio del hospital, y que debe ser aceptada, ya que es desarrollada brindando una realidad real de cómo se comporta el consumo energético, para que pueda servir como línea base de análisis de las alternativas de inversión que se pueden gestionar.

La aplicación de soluciones en el campo de la iluminación en el hospital, que mantiene en un 90% las instalaciones originales, si bien es cierto aún funciona, por las buenas prácticas de mantenimiento que se realizan; es muy necesario aplicar cambios de tecnología, ya que con el simple cambio de luminaria se puede disminuir el consumo energético, más aún con cambios mayores que se han propuesto, y que al manejarse con un plan de control del uso de la iluminación, este beneficio será mucho más evidente.

Los diferentes sistemas informáticos que el hospital dispone, también deben incorporar prácticas de manejo más equilibrado, en donde el cambio de tecnología no es necesario aplicar, sin embargo, lo que actualmente se tiene en equipos, genera demasiado consumo sin mayor beneficio. La oportunidad de mejorar mediante soluciones que se enfoque a invertir en controladores de alimentación que se disponen en el mercado, sería una importante implementación que no albergaría un costo tan elevado, y que por falta de conocimiento quizás deben consultarse, ya que el manejo de equipos que se quedan encendidos durante 24 horas, no tiene mayor sentido operativo.

En otros sistemas de consumo eléctrico, como lavandería, fuerza, y equipamiento médico, también tienen oportunidad de solución al elevado consumo, en principio por el desfase existente en la alimentación general del hospital, ya que los picos de consumo y generación en ciertas horas del día tienden a variar a niveles insatisfactorios. Por ello el uso de controladores de alimentación que verifiquen en momentos continuos la carga consumida real, frente a las pérdidas que se pueden evidenciar en el análisis realizado al

transformador principal, es una interesante oportunidad para mejorar el consumo.

4.2 Evaluación Técnico – Económica de las Oportunidades de Ahorro en el Sistema Eléctrico.

En el mercado ecuatoriano, en la actualidad existen muchas opciones para implementar tecnología en el campo de la eficiencia energética. Pero esto debe tomarse en cuenta con la realidad de inversión que cada institución posee.

El hospital Homero Castanier Crespo, dentro de la tipo de la categoría que tiene, puede encontrar en el siguiente análisis, las posibles oportunidades para mejorar el consumo energético dentro del sistema eléctrico.

Iluminación

Dentro de las posibilidades de implementación de cambios de tecnología en el sistema de iluminación, hay que tener en cuenta que los modelos y capacidades de mejoramiento, van desde cambios mínimos de lámparas, hasta complejas y sofisticadas opciones de iluminación LED por ejemplo, que con seguridad disminuyen el consumo energético en este parámetro de medición, pero que a nivel de inversión, no justificaría dicha aplicación, porque no es la única propuesta de consumo que se debe tomar en cuenta.

Sin embargo, la aplicación de los detalles que se han propuesto en el cambio de lámparas T12 a T8, donde el complemento del uso de balastro electrónico y control automático de iluminación, serán un gran aporte del consumo principal.

Migración de T12 a T8

La siguiente tabla muestra la reducción de consumo energético con la primera opción de cambiar solamente las lámparas T12 a T8:

Tabla 33.

Reducción de Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8	COSTO ANUAL T8
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	21391.92	228180.48	17113.54
					REDUCCIÓN [kWh]	57045.12
					AHORRO [USD]	4278.38

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico:

La siguiente tabla muestra la reducción de consumo energético con la segunda opción de cambiar las lámparas T12 a T8 incluyendo el balastro electrónico:

Tabla 34.

Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8 y balastro electrónico

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8 + BE	COSTO ANUAL T8 + BE
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	21391.92	199658.65	14974.40
					REDUCCIÓN [kWh]	85566.95
					AHORRO [USD]	6417.52

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico y control inteligente:

La siguiente tabla muestra la reducción de consumo energético con la tercera opción de cambiar las lámparas T12 a T8 con balastro electrónico y control inteligente.

Con esta propuesta de migración, se espera una reducción de consumo de un 40%. Esta propuesta requiere un estudio de áreas específicas, para que sea válido el estudio económico, y sea mucho más adecuado, ya que esta inversión, como se verá en los análisis económicos, incrementaría alrededor del 65% respecto al cambio de las lámparas y balastos.

Tabla 35.

Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio de lámpara T12 a T8, balastro electrónico y control automático

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8 + BE + CI	COSTO ANUAL T8 + BE + CI
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.3	1438.00	285225.60	21391.92	171133.90	12835.04
					REDUCCIÓN [kWh]	114091.70
					AHORRO [USD]	8556.88

Económicamente es la propuesta que se propone, en la cual los costos de implementación y el retorno de dicha inversión también se expone en el siguiente punto de análisis, de manera que quede definido está opción dentro de los límites aceptables para la realidad actual, tanto del mercado en el campo de la tecnología, y de igual manera, para el gasto de inversión representado para que a nivel institucional pueda ser viable la implementación.

Cómputo

Para la implementación de soluciones que mejoren la eficiencia y el consumo del sistema de cómputo, técnicamente la propuesta va encaminada sobre el mejoramiento en la configuración de equipos y la concientización de los usuarios de los equipos y el tiempo de uso.

Tabla 36.

Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con cambio mejoras de sistema de cómputo

SERVICIO	EQ. CÓMPUTO Y VIDEO	CONSUMO AÑO CÓMPUTO	COSTO ANUAL CÓMPUTO	CONSUMO AÑO CÓMPUTO MEJORAS	COSTO ANUAL COMPUTO MEJORAS
	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	261.00	62096.40	4657.23	49677.12	3725.78
				REDUCCIÓN [kWh]	12419.28
				AHORRO [USD]	931.45

Cocina y Lavandería:

Con el mismo criterio de racionalización y un mejor uso del equipamiento en cómputo, se da un análisis del ahorro en los sistemas de cocina y lavandería, para valorar económicamente su reducción:

Tabla 37.

Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con mejoras en cocina.

SERVICIO	COCINA	CONSUMO AÑO COCINA	COSTO ANUAL COCINA	CONSUMO AÑO COCINA MEJORAS	COSTO ANUAL COCINA MEJORAS
	Unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	25.00	88048.80	6603.66	83646.36	6273.48
				REDUCCIÓN [kWh]	4402.44
				AHORRO [USD]	330.18

Tabla 38.

Reducción del Consumo Energético y ahorro económico con mejoras en lavandería.

SERVICIO	LAVANDERÍA	CONSUMO AÑO LAVANDERÍA	COSTO ANUAL LAVANDERÍA	CONSUMO AÑO LAVANDERÍA MEJORAS	COSTO ANUAL LAVANDERÍA MEJORAS
	Unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	17.00	38954.16	2921.56	35058.74	2629.41
				REDUCCIÓN [kWh]	3895.42
				AHORRO [USD]	292.16

4.3 Costo de Implementación y Retorno de la Inversión.

Iluminación

Migración de T12 a T8:

- El costo actual en el mercado eléctrico de las lámparas T8 es de 1,50 USD.

Tabla 39.

Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8	COSTO ANUAL T8
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	21391.92	228180.48	17113.54
					REDUCCIÓN [kWh]	57045.12
					AHORRO [USD]	4278.38
					INVERSIÓN [USD]	2157.00
					VALOR RESIDUAL LAMP.	0.00
					PRI [AÑOS]	0.50

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico:

- Costo de luminaria de 2X32, dos lámparas T8 y balastro electrónico: 40 USD
- Se realizó una consulta sobre el costo de residual por reciclaje de la bandeja de lámparas T12 de 2x40 instalada actualmente y se determinó un valor residual de 1,75 USD por unidad.

Tabla 40.

Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8 más balastro electrónico

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8 + BE	COSTO ANUAL T8 + BE
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	21391.92	199658.65	14974.40
					REDUCCIÓN [kWh]	85566.95
					AHORRO [USD]	6417.52
					INVERSIÓN [USD]	28760.00
					VALOR RESIDUAL LAMP.	1258.25
					PRI [AÑOS]	3.75

Migración de T12 a T8 con balastro electrónico y control inteligente:

Se tomará como referencia un incremento del 65% por la instalación de sistemas de control inteligente, considerando entre sensores de movimiento y fotocélulas. En este caso, se debe tener un criterio de análisis muy detallado sobre todos los lugares que son óptimos para la aplicación justificada del control inteligente a instalar por áreas y por circuitos. Por tanto esta propuesta tiene un alto componente de error, si la implementación se ejecuta.

Tabla 41.

Costo de implementación y retorno de inversión T12 a T8, balastro electrónico y control inteligente.

SERVICIO	ÁREA	LÁMPARAS	CONSUMO AÑO T12	COSTO ANUAL T12	CONSUMO AÑO T8 + BE + CI	COSTO ANUAL T8 + BE + CI
	m2	unidades	kWh	USD	kWh	USD
TOTAL	5700.30	1438.00	285225.60	21391.92	171133.90	12835.04
					REDUCCIÓN [kWh]	114091.70
					AHORRO [USD]	8556.88
					INVERSIÓN [USD]	47454.00
					VALOR REDISUAL LAMP.	1258.25
					PRI [AÑOS]	4.83

4.4 Estrategias de Ahorro Energético.

Para mejorar la eficiencia energética del Hospital Homero Castanier Crespo, se pueden aplicar buenas estrategias que pueden estar asociadas al uso correcto de los sistemas de iluminación, cómputo y otros sistemas que según los cálculos anteriores, muestran posibilidades positivas de ahorro.

Iluminación:

- Limpiar las lámparas de polvo y basura.
- Dentro de lo posible, pintar con colores claros, tanto paredes como techos.
- Mejorar los accesos de luz natural.
- No encender lámparas que sean innecesarias y reducir la iluminación en exteriores.
- Uso de mobiliario con colores claros.

Cómputo:

- Apagar las computadoras cuando no se están utilizando.
- Apagar las pantallas cuando no se utilicen.
- No utilizar protectores de pantalla con efectos visuales y gráficos animados.

Eléctrico:

- Periódicamente se debe revisar el sistema eléctrico.
- Los diagramas unifilares pueden ser revisados para mantener actualizados todas las instalaciones.
- Analizar las tarifas de facturación.

4.5 Definición de Planes de Acción en el Sistema Eléctrico.

Para el efecto se ha considerado armar un proyecto basado en la metodología de ciclo de Deming, aplicado directamente al uso eficiente de la energía eléctrica, que puede ser llevado a escala general de energía en todas sus formas (Ministerio de Energía y Minas, 2008).

Este ciclo se argumenta en cuatro fases:

1. Planificar (PLAN).
2. Hacer o poner en práctica (DO).
3. Verificar (CHECK).
4. Actuar (ACT).

4.5.1 Planificar

Dentro del primer punto se proponen los siguientes pasos referenciales:

a) Definir una comisión de energía:

El problema del consumo de la energía debe ser llevado desde una visión interdisciplinaria, de manera que todos los miembros que componen los diferentes departamentos que dan funcionamiento al Hospital Homero Castanier Crespo, deben tener el conocimiento e interés; empezando desde la misma cabeza administrativa, con el apoyo directo y fuerte de los directivos.

La comisión de energía debe ser dirigida por un líder, que por consecuencia con el proyecto, deberá ser un experto en el tema, para el plan tenga un manejo eficiente, de manera que pueda argumentar y guiar a los trabajadores sobre la importancia del uso correcto de la energía.

b) Auditoría Energética

Este proceso realiza la tarea de dar un balance total de la energía ingresada y su uso. Esta auditoría llega a ser el punto central del Programa de Uso Eficiente de la Energía, de manera que muestre cuales son las reales necesidades en eficiencia energética y las potenciales opciones de ahorro, dando una situación actual y creando la línea base para partir en el proceso de mejoramiento.

c) Mejoras

Para que el proyecto llegue a ser exitoso, debe tener lo siguiente:

- Plan de ahorro detallado para el primer año;
- Plan de ahorro a mediano plazo;
- Plan de ahorro a largo plazo.

Además hay que tomar acciones para mejorar la administración de la energía, para el cual es conveniente el uso de un sistema de monitoreo, de manera que ayude a obtener resultados y mantener actualizada la información sobre el proyecto.

d) Poner Metas y Sistema de Medición

Los equipos de medición que sirven para mantener monitoreado el sistema de consumo, son útiles también para buscar controlar ciertos subsistemas, de tal forma que colaboren para darle mayor eficiencia al programa de eficiencia energética.

e) Plan de Acción

Es punto debe ser muy directo y específico, para cumplir con un plan que sea eficiente, tanto a nivel de administración y control. Aquí deben constar claramente las responsabilidades de cada uno de los trabajadores, según su área, tiempo y labores específicas, de manera que vayan siendo manejadas de modo seguro y de acuerdo a la planificación.

4.5.2 Hacer o Poner en Práctica

f) Capacitación

Las personas que van a desempeñar funciones mucho más delicadas dentro del proyecto de eficiencia, deberán tener una capacitación, que tengan que ver con prácticas y monitoreo de los trabajos de cada empleado para poder evaluar luego el mejoramiento del consumo. Dicha capacitación puede en una primera parte, darse a los empleados directos responsables del proyecto, y

luego llevarlo a quienes tienen responsabilidades de menor importancia, pero que sirven para mejorar los resultados.

g) Aplicar programas

Los programas que se pueden implementar, deben ser manejados desde la coordinación, de manera que puedan trabajarse en conjunto. Se recomienda que se trabaje primero en lugares donde la inversión no sea tan costosa y se puedan ver resultados rápidos.

h) Controlar avances

Esto sirve para evaluar el cumplimiento de los programas trazados, para hacer correcciones si es el caso necesario, calcular retornos de la inversión, verificar garantías de consumo de los equipos que se puedan instalar, además poder informar sobre los resultados, y mejorar el control en zonas que se puedan determinar como más complejas.

i) Informes

Es de los principales pasos que se deben hacer, ya que la comunicación de los avances logrados, son vitales para que la gente que este dentro del proceso sienta que es reconocido el trabajo realizado, además que se pueda corroborar con el cumplimiento de cada actividad según los cronogramas elaborados.

4.5.3 Verificar

j) Analizar Resultados

Es importante tomar en cuentas los resultados de forma periódica, de manera que se pueda dar conocimiento de un mejoramiento de la calidad, producción, además de tener en cuenta el aspecto financiero que justifique la inversión.

k) Efectividad

Hay que ser serios con respecto a los resultados y su verdadera efectividad, es decir, si realmente cumplieron con los resultados esperados, para que si es considerable hacer ajustes, se los realice para mejorar la calidad del proyecto.

l) Mejoras

El proyecto de eficiencia energética, es una propuesta que permite a futuro ampliar en mejoras, o promover intereses de inversión, ya que el mejoramiento continuo siempre deberá ser consecuencia de controles de la comisión de energía y la creación de nuevas oportunidades de eficiencia.

4.5.4 Actuar

m) Arreglar

Este punto supone la actuación sobre las acciones correctivas que se requieren según los reportes de efectividad que se reciben. Esto será mediante la determinación profunda de las deficiencias y de las acciones correctivas que deben ser mejoradas para futuros proyectos.

n) Revisar y Actualizar

Siempre se debe estar actualizado con la información de mejores prácticas de eficiencia energética, de manera que al hacer revisiones de los planes desarrollados, siempre se mantenga presente la calidad y el cumplimiento de los proyectos.

CONCLUSIONES

- Las distintas propuestas que se enfocan en la eficiencia del sistema de iluminación demuestran que existe una viabilidad referida a implementar cambios directos sobre los tipos de luminarias y balastos electrónicos, argumentando que los controles inteligentes, al ser aplicados de forma técnica, pueden brindar una eficiencia anual de 114091.70 kWh de reducción, que corresponde a un ahorro de 8556.88 dólares americanos.
- En referencia a los sistemas de cómputo, lavandería y cocina, estos brindan un ahorro de consumo de energía eléctrica que está en 12419.28 kWh para el sistema de cómputo, 4402.44 kWh en el sistema de lavandería y 3895.42 kWh para la cocina, dando en total un ahorro anual de 1553.59 dólares americanos.
- En el aspecto económico, los costos de inversión que se dan para el sistema de iluminación, bordea los 47454.00 dólares americanos, que implica una tasa de retorno de la inversión de 4,83 años; que si bien es cierto, no da un retorno tan rápido, también es importante destacar que cumple con uno de los objetivos de este estudio, bajando el costo de facturación mensual.
- Los cambios del sistema de iluminación propuestos, considerando que es el sistema que más consumo tiene, tiene ventaja sobre otras tecnologías más novedosas, ya que el costo de inversión es mucho más elevado, dando un retorno de la inversión no justificable.
- Los mejoramientos que se presentan en el estudio, presentan una interesante reducción del 21% de consumo diario de energía eléctrica

por cama, a lo cual si se pueden trabajar con planes de reducción de consumo en todas las áreas, puede llegarse con resultados beneficiosos para el Hospital Homero Castanier Crespo.

- Los parámetros de eficiencia obtenidos, permiten un mejoramiento de los índices energéticos del sistema eléctrico, ubicados en $4,56 \frac{\text{MWh}}{\text{cama/año}}$ y un $88,84 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2/\text{año}}$, lo cual permite ubicarse dentro los estándares internacionales.

RECOMENDACIONES

- Plantear una comisión de energía, conformada por los directivos y personal del Hospital Homero Castanier Crespo, de manera que sean ellos quien lleven a cabo una evaluación e implementación de las mejoras en eficiencia energética que permitan generar beneficios de reducción, tanto energético, como económico.
- Sobre las posibilidades para mejorar el consumo energético, se propone en primera instancia un cronograma que permita ir cumpliendo con labores de mediciones continuas, así como de acciones preventivas, de manera que se pueda iniciar con acciones rápidas de reducción del consumo energético.
- Como continuación a las labores preventivas, se debe capacitar a los empleados de todas las áreas funcionales del hospital, para que tomen como responsabilidad propia, aportar en todas las acciones que la comisión pueda desempeñar, de manera que sea efectivo el programa de eficiencia energética.
- Disminuir los consumos en áreas que no funcionan las 24 horas, de manera que no exista consumo inadecuado y desmedido, ya que con acciones que no implican mayor costo, se puede mejorar la eficiencia.
- Entender que si se cumplen con los parámetros establecidos en el cronograma de eficiencia energética, se pueden proyectar mayores cambios de equipos con menores consumo energéticos, pero tomando conciencia de la realidad y el costo de inversión pueden llevar más tiempo para poder realizarlos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2013). *Manual de Gestor en Eficiencia Energética Sector Hospitalario*. Santiago de Chile.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2013). *Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Santiago de Chile.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (s.f.). *Identificación de Indicadores para la Eficiencia Energética*. Santiago de Chile.
- Alcolea, S. (2011). *Eficiencia energética en la Iluminación Industrial - Philips*. Madrid.
- Ávarez, C., & Serna, F. (2012). *Normatividad sobre Eficiencia Energética y edificaciones Verdes*. Alerta Tecnológica, Unidad de Inteligencia Estratégica Tecnológica - CIDET, Medellín.
- Brochure, M. (1999). *Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*. Holanda.
- CONELEC. (2001). *Regulación No. CONELEC - 004/01*. Quito.
- Escuela de Negocios; Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa. (2010). *Manual de Eficiencia Energética*. Madrid.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2010). *Guía de Ahorro y Eficiencia de los Hospitales*. Madrid.
- Hospital Homero Castanier Crespo. (2014). *Indices estadísticos 2013 - 2014*. Departamento de Estadística, Azogues.
- Intelligent Energy Europe Programme of the European Union. (2012). *Renewable Energy Guide for European Hospitals*. Bruselas.

- Löhr, W., Gauer, K., Serrano, N., & Zambrano, A. (2009). *Eficiencia Energética en Hospitales Públicos*. Santiago de Chile.
- López, M. (2011). *Hospitales Eficientes: Una Revisión del Consumo Energético Óptimo*. Tesis de Doctorado, Universidad De Salamanca, Salamanca.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. Madrid.
- Ministerio de Energía y Minas. (2004). *Manual de Eficiencia Energética para Jefes de Mantenimiento de Hospitales*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético*. Guía No 13, Dirección General de Electricidad, Lima.
- Ministerio de Salud. (2012). *Acuerdo Ministerial No 00001537*. Registro Oficial 339, Quito.
- Ministerio de Salud de Chile. (2013). *APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BÁSICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO*. Santiago. Obtenido de <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=167766>
- Ministerio de Salud Pública. (2014). *Cartera de Servicios Hospitalarios*. Quito.
- Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda; Cámara de la Construcción de Quito. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito.
- Philips. (2014). *Lighting Philips*. Obtenido de http://www.lighting.philips.es/connect/tools_literature/catalogos-y-descargas.wpd?main=es_es&parent=1&id=es_es_tools_downloads&lang=es

Romero, F. (2015). *Estudio y Análisis de Eficiencia Energética en los Principales Sistemas Energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: Sistema Termico*. Tesis de Maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Quito.

Vera, R. (Enero de 2008). *Aplicación Metodológica para la Determinación del Desempeño Energético en Hospitales de la Región Metropolitana*. Memoria para optar Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

ANEXOS