

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA



**“DESARROLLO DE PROPUESTAS TECNICAS DE PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA, ENFOCADAS EN LOS REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE MATERNIDAD”**

PRESENTADO POR:

SOFÍA BEATRIZ AVILÉS CHÁVEZ

NÉSTOR VLADIMIR LÓPEZ PINEDA

JENNY GERALDINE SOTO RODRÍGUEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2012.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

DIRECTOR :

INGA. TANIA TORRES RIVERA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título :

**“DESARROLLO DE PROPUESTAS TECNICAS DE PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA, ENFOCADAS EN LOS REQUERIMIENTOS
ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE MATERNIDAD”**

Presentado por :

SOFÍA BEATRIZ AVILÉS CHÁVEZ

NÉSTOR VLADIMIR LÓPEZ PINEDA

JENNY GERALDINE SOTO RODRÍGUEZ

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docente Directora :

M.SC. E INGA. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA.

Docente Director Externo :

MBC E ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE.

San Salvador, Noviembre de 2012.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

M.SC. E INGA. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA.

Docente Director Externo :

MBC E ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE.

AGRADECIMIENTOS GENERALES.

A la Universidad de El Salvador por los recursos invertidos en nuestro aprendizaje profesional, en especial a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura por la enseñanza en el mundo de la ingeniería y cumplir de esta forma la función de educar y contribuir a la sociedad salvadoreña.

Al Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, por todo el apoyo técnico en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Hospital Nacional Especializado en Maternidad por permitirnos realizar nuestro trabajo de graduación referente a los requerimientos energéticos que utiliza, en especial agradecimiento al departamento de mantenimiento por todo el apoyo brindado.

A nuestros asesores M.Sc. e Inga. Delmy Rico Peña y a MBC. e Ing. Nelson Vaquero por el apoyo e instrucción que nos permitió realizar nuestro trabajo de graduación.

A la escuela de Ingeniería Química y todo su personal docente y administrativo, gracias por la colaboración.

Agradecimientos.

Uno de los principales objetivos de la educación debe ser ampliar las ventanas por las cuales vemos al mundo.

A.H. Glasow

Mi más grande agradecimiento y dedicatoria al ser justo y poderoso que siempre me ha acompañado, aquel que me ha guardado en su mano desde mi concepción, gracias Dios por tener todo escrito en tu libro y por saber cuándo es el mejor momento para cada cosa, gracias porque eres fiel, mi amor y gratitud infinita para contigo.

A mis padres Adrian Avilés y Angela Chávez por todo el apoyo en los buenos y malos momentos, por ser el ejemplo más grande de superación, por todos sus esfuerzos, enseñanzas, cuidados y paciencia para conmigo, por creer en mí aun en los momentos más complicados, por todo su amor, esto es el fruto de su esfuerzo. Todo mi amor y admiración para ustedes.

A mis hermanos gracias por hacer de mi vida una experiencia extraordinaria, por sus consejos, cuidados y apoyo en todos estos años, por molestarte y dejarme molestarlos, pero sobre todo gracias por su amistad, son geniales.

Al compañero y amigo en gran parte de este trayecto gracias, pero sobre todo por ser el inicio de una nueva etapa que ya comenzamos a escribir juntos.

A mis compañeros de trabajo de graduación gracias por la experiencia, por los buenos y malos momentos que nos ayudaron a crecer como personas y que contribuyeron a la finalización de este trabajo de graduación, a los compañeros(as) y amigos(as) en todos estos años de reír y llorar una experiencia única en mi querida U.

A todos los docentes de la escuela de Ingeniería Química por aportar al aprendizaje del maravilloso mundo de la Ingeniería Química, con especial agradecimiento a los docentes directores de este trabajo de graduación, gracias por la orientación, ayuda y tiempo invertido.

Sofía Avilés.

Agradecimientos

A Dios todopoderoso por brindarme el regalo de la vida, darme la oportunidad de poder llegar hasta este punto, por dejarme con dos ángeles que me educaron y lograron formarme en principios y valores con los cuales trato de honrarlos y reflejar tu rostro así como todas aquellas personas que han dejado marca en mi vida como lo son mis amigos.

A mis padres Mario Ernesto López Mancía y Gloria Pineda Vásquez por todo el amor y el apoyo brindado desde el momento de mi nacimiento y por su inamovible objetivo de lograr llevarme hasta este punto, por sacrificarse en gran manera para lograr que su hijo alcance este reconocimiento, por lo que es de ustedes y para ustedes, mil gracias por todo el apoyo, se que ha sido difícil y nunca podré corresponderles pero espero poder llegar a ser un padre asi con el amor y compromiso que ustedes han mostrado.

A mis compañeras y amigas de trabajo de graduación Sofía Avilés y Jenny Soto por todo el apoyo brindado en el desarrollo del trabajo de graduación y por siempre estar ahí en los momentos necesarios.

A mis amigas y amigos, Erika Guadrón, Griselda Martinez, Bertha Arenivar, Claudia Valladares, Miguel Romano, Pablo Mendoza, Krissia Vásquez, Roberto Cuellar, Benjamín Jacome y Jazmín Morán por compartir conmigo toda esta grata experiencia de la carrera, por todos esos desvelos compartidos estudiando y además brindar su amistad y apoyo en los momentos difíciles, les estaré eternamente agradecido por cada uno de los aportes que han realizado a mi vida y por enseñarme el valor de la amistad.

A mis amigos Elmer Escobar, Fredy Delgado, Iris Escobar, Rafael Gonzales, Wilfredo Paniagua, Maricela Torres, Axelljt Tejada, Francis Amaya, Ismael Ramos con los cuales me permitieron compartir el deseo de hacer de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura que siga siendo un referente en la organización estudiantil y permitirme el inmenso privilegio de ser un representante estudiantil, cuya experiencia no cambiaría por nada del mundo.

A mis asesores de trabajo de graduación Msc. Delmy Rico y Msc. Nelson Vaquero por orientar el desarrollo del trabajo de graduación y por no solo ser mentores en la carrera sino

por brindar el espacio para que se desarrolle una amistad y mostrar su comprensión en los momentos difíciles.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por brindar todas las bases del conocimiento, además por tomarse el tiempo para brindar consejos para el buen desarrollo de nuestras vidas personales y profesionales. Espero poder honrar a la Universidad de El Salvador y a mis docentes siendo un buen profesional.

A todos los compañeros de la carrera de Ingeniería Química con los que tuve el privilegio de cursar materias, recordaré cada uno de los momentos vividos a su lado durante toda esta grata experiencia.

Néstor López

Agradecimientos

Me cuesta escribir estas líneas, porque más que agradecimientos son para mí una despedida. Una despedida de un lugar tan variado, que me enseñó a vivir entre números y letras confusas, entre colores y sonidos, entre aprendizaje y recuerdos. En ésta Universidad crecí y la considero mi casa, más que a cualquier otro lugar.

Dejo plasmado en este simple papel, el recuerdo que me llevo, de todos los que me ayudaron a seguir adelante, hasta de aquellos que pensaron que no iba a ser capaz y terminaron dándome el impulso extra que necesité, para demostrarme a mí misma, que él quiere, puede.

Agradezco la inspiración que recibí para decidirme por la carrera de Ingeniería Química. A mi padre, Roberto Soto Girón (QDDG) que fue Químico y a mi madre, More de Soto (QDDG) que fue Ingeniera. De ahí vengo yo, en todos los sentidos.

Gracias a los que continúan caminando a mi lado, a mis amigos, a mi familia, a la persona con quien planeo unir mi vida, a mis maestros y más importante a DIOS, que los puso a todos en mi camino.

Con lo aprendido en estas aulas y con los valores heredados de mis padres, tengo lo suficiente para seguir adelante con el firme propósito de honrar con mis actos, triunfos y constancia, a mi familia y a esta Universidad, consciente que en la vida “tan importante como la meta, es la forma de llegar”.

Jenny G. Soto

Resumen

En la investigación se aplica el concepto de producción más limpia enfocada a los requerimientos energéticos en el sector hospitalario de El Salvador, para el Hospital Nacional de Maternidad, donde se inicia analizando la estructura organizativa y procesos energéticos de dicho nosocomio, en función del análisis del porcentaje anual del presupuesto general de la República de El Salvador destinado al sector salud en los últimos años es del 10.53% y determinar la fracción del mismo que se destina en costos de operación tanto de energía térmica como eléctrica justificando el desarrollo de esta investigación.

Se estudia la metodología de producción más limpia para los requerimientos energéticos, estableciendo las fases de estudio y la guía que se llevará a cabo en la investigación. Se realiza una pre-auditoria térmica y energética al Hospital Nacional de Maternidad obteniendo los consumos estimados actuales de energía térmica (46,301.50 galones de búnker al año, equivalentes a US\$141,87), energía eléctrica (1, 946,665 Kwh al año, equivalentes a US\$375,662) y emisiones de CO₂ (515.11 Ton de CO₂ al año), para concluir con los potenciales de mejora que presenta en referidas áreas, que se traducen en recomendaciones técnicas de producción más limpia a evaluar.

Cada recomendación es analizada en base a su factibilidad técnica, económica y ambiental, para determinar los ahorros y costos de instalación al realizar las sustituciones planteadas, esto para obtener indicadores económicos que justifiquen la necesidad de la instalación de las propuestas. Para el área térmica, al implementar las opciones recomendadas, se estima un ahorro de fuel oíl de 10,205 galones al año, equivalentes a US\$31,163.58, para el área eléctrica, se estima un ahorro de 202,494 kWh al año, equivalentes a US\$39,936.07; a su vez se estima que la disminución en las emisiones de Dióxido de Carbono al instalar las recomendaciones propuestas es de 225.62 Ton de CO₂ al año equivalente a un 43.92% de las emisiones actuales.

Finalmente, se realiza el análisis económico del proyecto, para proyectar la factibilidad de la implementación del mismo que se estima en un beneficio para el nosocomio (VAN US\$126,446, ingreso que se tendría si el proyecto se implementa de inmediato).

Índice de Contenido

Resumen	vi
Índice de Contenido	vii
Introducción	1
Capítulo 1.0. Marco Teórico.	2
1.1. Generalidades.	2
1.2. Estructura Organizacional del MINSAL.	4
1.2.1. Funciones de la Red Hospitalaria de El Salvador	7
1.3. Hospital Nacional de Maternidad “Dr. Raúl Escolán Argüello”.....	11
1.3.1. Funciones del Hospital Nacional Especializado de Maternidad.	11
1.3.2. Estructura Organizacional del HNM.	12
Capítulo 2.0. Metodología de Producción Más Limpia aplicada al Sector Hospitalario (Hospital Nacional de Maternidad)	19
2.1 Proceso de Mejora Continua.	19
2.1.1. Importancia de la Mejora Continua.	19
2.1.2. Planificar.	20
2.1.3. Hacer.	20
2.1.4. Comprobar.....	21
2.1.5. Actuar.....	21
2.2. Implementación de Producción Más Limpia al Sector Hospitalario.....	22
2.2.1. Fase I: “Planeación y Recopilación de Información”.	22
2.2.2. Fase II: “Análisis de Las Etapas del Proceso de Generación de Energía”.	23
2.2.3 Fase III: “Seleccionar Soluciones de Producción Más Limpia”	26
Capítulo 3.0 Producción Más Limpia aplicada al Sector Hospitalario Enfocado en Los Requerimientos Energéticos del Hospital Nacional de Maternidad.	29
3.1 FASE I: Planeación y Recopilación de Información.....	29
3.1.2 Identificación de Operaciones Generadoras de Pérdidas de Recursos en el Hospital Nacional de Maternidad.....	46
3.2. FASE II: Análisis de Las Etapas del Proceso de Generación de Energía Térmica del Hospital Nacional de Maternidad.	58
3.3 FASE III: Análisis de las etapas de Generación de Energía Eléctrica en el HNM.	77
Capítulo 4.0 Análisis de Recomendaciones de Producción Más Limpia propuestas al Hospital Nacional de Maternidad.	84

4.1. Análisis de las Propuesta de Prevención y/o eliminación de pérdidas de Recursos en el Área de Generación de Vapor.	84
4.1.1. Análisis de la propuesta para la eliminación de Fugas de Vapor.	84
4.1.2. Análisis de la propuesta para la Instalación de un Economizador para Gases de Chimenea.	91
4.1.3. Análisis de la Propuesta para la Instalación de un Pre - Calentador de Combustible.	108
4.1.4. Análisis de la recomendación Dimensionar un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.	119
4.1.5. Análisis de la Recomendación para la Instalación de Colectores Solares de tubos al vacío para Precalentar el agua suavizada.	126
4.2. Análisis de las Propuesta de Prevención y/o eliminación de pérdidas de Recursos en el Área de Energía Eléctrica.	134
4.2.1. Análisis de la recomendación para realizar Cambio de Luminarias.	134
4.2.2. Análisis de la recomendación para el Área Eléctrica, Cambio de Aires Acondicionados.	146
4.2.3. Análisis de la recomendación: Área Eléctrica de Calentador de Agua.	153
4.2.4 Análisis de la propuesta: Instalación de un Sistema Fotovoltaico (Área Eléctrica de Luminarias de 32W).	164
4.3. Recomendaciones de Plan de Registro de Perdidas, Parámetros de operación y/o Recursos Energéticos.	172
4.4. Análisis Económico, Proyección de Ahorros por Implementación de Medidas de Producción más Limpia y Análisis de Sensibilidad.	176
4.4.1. Proyección sin Financiamiento Bancario.	187
4.4.2 Análisis Económico: Sensibilidad del Proyecto.	192
5.0 Observaciones.	196
6.0 Conclusiones.	197
7.0 Recomendaciones.	199
8.0 Referencias Bibliográficas.	200
8.1 Libros.	201
8.2 Sitios Web Consultados.	201
8.3 Artículos Consultados.	202

Anexos.	204
Anexo I: Glosario de términos.	205
Anexo IV: Cálculos de balance de materia que determinan como “no confiables”, el análisis de gases de chimenea para SO_2 y no.	218
Anexo V: Viabilidad económica y ambiental de sustitución sistema de iluminación.	220
Anexo VI. Depreciaciones estimadas por equipos.	224
Anexo VII. Guía de recomendaciones técnicas de producción más limpia.	227

Índice de Cuadros.

Cuadro 1. 1 Participación Presupuestaria porcentual al Sector de Salud Pública y Asistencia Social.....	2
Cuadro 1. 2 Gasto MINSAL según principales rubros (millones US\$).....	4
Cuadro 3. 1 Especificaciones de los Sistemas de Generación de Vapor del HNM.....	29
Cuadro 3. 2 Consumo de Fuel Oil para Caldera No.1.....	30
Cuadro 3. 3 Consumo Caldera No.2.....	30
Cuadro 3. 4 Comparación de Toneladas de CO2 emitidas a la atmosfera por consumo de Fuel Oil.....	31
Cuadro 3. 5 Tiempo de inyección de gas propano por caldera (HNM).....	32
Cuadro 3. 6 Toneladas de CO2 emitidas a la atmosfera por uso de GLP en el sistema térmico del HNM.....	33
Cuadro 3. 7 Subestaciones y áreas suministradas de energía por acometida sobre 1ª Calle Poniente del Sistema Eléctrico del Hospital Nacional de Maternidad.....	36
Cuadro 3. 8 Consumo de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente.....	37
Cuadro 3. 9 Costo total de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente del HNM.....	38
Cuadro 3. 10 Demanda de energía y factor de potencia para el periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente del Hospital Nacional de Maternidad.....	40
Cuadro 3. 11 Subestaciones y áreas suministradas de energía por acometida sobre Calle Arce del HNM.....	42
Cuadro 3. 12 Consumo de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida sobre Calle Arce.....	43
Cuadro 3. 13 Costo total de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida colectivo del HNM.....	44
Cuadro 3. 14 Demanda de energía y factor de potencia para el periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida Calle Arce del HNM.....	45
Cuadro 3. 15 Análisis de Gases de Chimenea de la Caldera del HNM.....	47

Cuadro 3. 16 Valores adecuados de los parámetros de gases de chimenea.....	48
Cuadro 3. 17 Especificaciones de fugas de vapor en las Trampas de Vapor del HNM.	49
Cuadro 3. 18 Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.....	50
Cuadro 3. 19a Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.	51
Cuadro 3. 20b Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.....	52
Cuadro 3. 21c Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.	53
Cuadro 3. 22 Resumen de consumo energético en concepto de iluminación del Hospital de Maternidad.	54
Cuadro 3. 23 Equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.	55
Cuadro 3. 24 Indicador EER para equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.....	56
Cuadro 3. 25 Análisis de SDT temperaturas de las diferentes corrientes, HNM.	58
Cuadro 3. 26 Comparación de Eficiencia de Caldera con economizador.	68
Cuadro 3. 27 Programación propuesta de mantenimiento de Calderas para el HNM.....	74
Cuadro 3. 28 Comparación horas de uso luminarias T12 vrs T8.	78
Cuadro 3. 29 Comparación de balasto electromagnético vrs electrónico.....	80
Cuadro 3. 30. Rentabilidad actual de paneles fotovoltaicos.....	82
Cuadro 3. 28. Resumen de Recomendaciones Técnica a Evaluar para el Área térmica y Eléctrica del HNM.	83
Cuadro 4. 1 Reporte de pérdidas de calor y energía para las fugas en trampas de vapor.....	87
Cuadro 4. 2 Especificaciones y precio de Trampa de Vapor, Cubeta Invertida.....	89
Cuadro 4. 3 Factibilidades por la implementación de recomendación “eliminación de fugas de vapor”	91
Cuadro 4. 4 Análisis parcial de Gases de Chimenea, HNM.....	92
Cuadro 4. 5 Valores reales y valores adecuados según parámetros de gases de chimenea.....	92
Cuadro 4. 6Promedio de composiciones de gases de combustión (% peso).	94
Cuadro 4. 7Composición mol de los gases de chimenea.....	98
Cuadro 4. 8 Constantes de las capacidades caloríficas de gases en estado de gas ideal.	100
Cuadro 4. 9 Capacidades Caloríficas de la corriente de gases.	105
Cuadro 4. 10 Factibilidades por la implementación de recomendación “economizador de gases de chimenea”	108

Cuadro 4. 11 Propiedades del vapor de agua.....	110
Cuadro 4. 12 Propiedades de Fuel Oil #6.....	110
Cuadro 4. 13 Ahorros y Costos para el Pre-Calentador de Combustibles.....	117
Cuadro 4. 14 Factibilidades por la implementación de recomendación “tanque pre-calentador de combustible”	119
Cuadro 4. 15 Tarifa según pliego tarifario ANDA 2009.....	123
Cuadro 4. 16 Ahorros y Costo por la Implementación de Instalación de un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.....	125
Cuadro 4. 18 Especificaciones colector solar SUNMAX 30/58	127
Cuadro 4. 19 Parámetros de Energía Disponible, Intensidad y Brillo Solar para San Salvador. ...	130
Cuadro 4. 20 Factibilidades por la implementación de recomendación “Colectores Solares de tubos al vacío” para el HNM.....	133
Cuadro 4. 21 Ahorro porcentual en consumo de combustible al implementar las medidas de recomendación técnica a dichas áreas.....	133
Cuadro 4. 22 Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.	135
Cuadro 4. 23a Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.	136
Cuadro 4. 24b Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.	137
Cuadro 4. 25 Total de lámparas y horas de uso, HNM.	137
Cuadro 4. 26 Total de lámparas y horas de uso para el departamento de Infectología, HNM.....	137
Cuadro 4. 27 Factibilidades por la implementación de recomendación “Sustitución de Luminaria de T12 a T8”	145
Cuadro 4. 28 Equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.	147
Cuadro 4. 29 Características de Equipos Eficientes de Aires Acondicionados.	147
Cuadro 4. 30 Costos de Equipos Eficientes de Aires Acondicionados.	151
Cuadro 4. 31 Equipos de Aires Acondicionados recomendados para las áreas de muestra del HNM.....	151
Cuadro 4. 32 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de aires acondicionados eficientes”	153
Cuadro 4. 33 Parámetros de Consumo de Agua Caliente, Área de Neonatos, HNM.....	155
Cuadro 4. 34 Energía Mensual y Diario necesaria para calentar la demanda de agua en Neonatos, HNM.	157

Cuadro 4. 35 Parámetros de Energía Disponible, Intensidad y Brillo Solar para San Salvador. ...	158
Cuadro 4. 36 Parámetros base de cálculo para el diseño de colectores solares de placa plana.....	159
Cuadro 4. 37Energía Diaria y Mensual Disponible para las condiciones de San Salvador.	160
Cuadro 4. 38Energía Necesaria Mensual y Energía Mensual Disponible.....	161
Cuadro 4. 39 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de un sistema paneles solares de placa plana”	164
Cuadro 4. 40 Inventario de Iluminación de 20W en HNM por Área de servicio.....	165
Cuadro 4. 41Factores del Sistema Fotovoltaico.	167
Cuadro 4. 42 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de un sistema fotovoltaico para iluminación”	170
Cuadro 4. 43 Ahorro porcentual en consumo de energía eléctrica al implementar las medidas de recomendación técnica a dichas áreas.	171
Cuadro 4.44 Registro de Fugas para el Sistema de Generación de Vapor del HNM.	172
Cuadro 4.45 Registro de Aires Acondicionados del HNM, para identificar funcionamiento.....	173
Cuadro 4.46 Registro de Análisis de Gases de Chimenea de la caldera, HNM.	174
Cuadro 4.47 Registro de Limpieza de Filtro para Combustible de La Caldera, HNM.	175
Cuadro 4. 48 Parámetros del Flujo de caja para El Salvador.	176
Cuadro 4. 49 Costo para combustible y energía eléctrica en el HNM.	176
Cuadro 4. 50 Ahorros en energía eléctrica (kWh) y en consumo de combustible (gal) por la implementación de las recomendaciones de producción más limpia y eficiencia energética.	177
Cuadro 4. 51 Ahorros Monetarios Anuales por la implementación de las recomendaciones de producción más limpia y eficiencia energética.	180
Cuadro 4. 52 Ahorros Monetarios Anuales Total para el periodo deproyección.	181
Cuadro 4. 53 Costo de Mantenimiento a los equipos recomendados.	182
Cuadro 4. 54Ahorros Monetarios Anuales Total para el periodo de proyección.	183
Cuadro 4. 55 Inversión por medida recomendada.	183
Cuadro 4. 56 Datos de depreciación para colectores solares.....	185
Cuadro 4. 57 Datos de depreciación para paneles fotovoltaicos.	186
Cuadro 4. 58 Flujo de caja de efectivo para proyecto sin financiamiento bancario.....	188
Cuadro 4. 59 Parámetros económicos para proyecto sin financiamiento económico.	189

Cuadro 4. 60 Beneficios totales por implementación de recomendaciones técnicas al HNM:	
Área Térmica.....	190
Cuadro 4. 61 Beneficios totales por implementación de recomendaciones técnicas al HNM:	
Área Eléctrica.....	191
Cuadro 4. 62 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa de inflación anual.....	193
Cuadro 4. 63 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa incremental de costo de energía eléctrica anual.....	194
Cuadro 4. 64 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa incremental del costo de Fuel Oil.....	195
Cuadro III. 1Eficiencia de generación de vapor en función de parámetros de gases de combustión.....	217
Cuadro V. 1Consumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.....	220
Cuadro V.1aConsumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.....	221
Cuadro V.1bConsumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.....	222
Cuadro V.1cConsumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.....	223
Cuadro V.2 Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.....	224
Cuadro V.2a Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.....	225
Cuadro V.2b Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.....	226
Cuadro V.2c Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.....	227
Cuadro V.3 Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.....	228
Cuadro V.3a Costos por sistema e instalación de luminarias de 32w y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.....	229
Cuadro V.3b Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.....	230
Cuadro V.3c Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.....	231
Cuadro V. 4Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.....	232
Cuadro V. 4a Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.....	233

Cuadro V. 4b Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.	234
Cuadro V. 4c Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.	235
Cuadro VI. 1 Análisis de depreciación economizador	224
Cuadro VII. 2 Análisis depreciación aires acondicionados	225
Cuadro VII. 3 Análisis depreciación tanque de condensado	226
Análisis parcial de Gases de Chimenea, HNM.....	236
Cuadro A. 2 Tasa Incremental en Costos de Fuel Oil	252

Índice de Figuras.

figura 1. 1 estructura organizacional minsal.	5
figura 1. 2 estructura organizacional de la dirección general de hospitales.	6
figura 1. 4 estructura organizacional de división administrativa, hnm.....	17
figura 2. 1. ciclo deming aplicado al sector hospitalario (hospital nacional de maternidad)	20
figura 2. 2. diagrama secuencial del proceso de generación de energía.....	24
figura 2. 3 esquema de caja negra ilustrativo para bme.	25
figura 2. 4 resumen de fases i, ii y iii de la producción más limpia y su implementación al sistema hospitalario.....	28
figura 3. 1 diagrama del sistema de generación de vapor del hnm.....	35
figura 3. 2 diagrama con parámetros de operación del sistema de generación de vapor del hnm.....	59
figura 3. 3 diagrama del sistema 1 para análisis de balance de materia.	60
figura 3. 4 diagrama del sistema 2 para análisis de balance de materia para el sistema de vapor, hnm.....	61
figura 3. 5 diagrama con resultados de balance de materia del sistema de generación de vapor del hnm	63
figura 3. 6 diagrama de distribución de insumos en el área de lavandería en el hnm.	64
figura 3. 7 viscosidad del combustible fuel oil no.6 (bunker).....	69
figura 3. 8 calentador eléctrico de fuel oil no.6 (bunker)	70
figura 3. 9 pérdida de vapor cercana a la caldera en el hnm.	71
figura 3. 10 componentes del tanque de alimentación y sistema de control asociado.	75
figura 3. 11 colector solar de tubos al vacío.....	77
figura 3. 12 funcionamiento de un tubo al vacío.....	77
figura 3. 13 colector solar de placas planas.....	81
figura 3. 14 comparación de eficiencia entre colectores solares de placa plana y colectores de tubos al vacío.....	82
figura 4. 1 esquema del sistema de precalentamiento con un colectores solar de tubos al vacío.....	128
figura 4. 2 esquema del sistema de calentamiento de agua usando colectores solares de placa plana.....	154
figura a. 1 calderas cbw600-150-150	210
figura a. 2componentes externos principales de caldera cbw600-150-150.....	212
figura a. 3 controlador electrónico integrado a caldera cbw600-150-150.....	214

Índice de Gráficos.

gráfico 1. 1 presupuesto total destinado al ministerio de salud, el salvador.	3
gráfico 1. 2 gastos por nivel de atención en proporción al gasto en provisión de servicios de salud.....	10
gráfico 1. 3 porcentaje de gasto del minsal para rubros principales.....	10
gráfico 3. 1 comportamiento del consumo de energía eléctrica por horario (acometida clínica ginecológica).....	38
gráfico 3. 2 comportamiento de la facturación de energía eléctrica (acometida 1ª calle poniente) del hospital nacional de maternidad.....	39
gráfico 3. 3 demanda leída y factor de potencia (acometida 1ª calle poniente) del sistema eléctrico del hospital nacional de maternidad.....	41
gráfico 3. 4 comportamiento del consumo de energía eléctrica por horario (acometida colectiva) del hnm	43
gráfico 3. 5 comportamiento de la facturación de energía eléctrica, acometida calle arce del hnm.	45
gráfico 3. 6 demanda leída y factor de potencia, acometida calle arce del hnm.	46
gráfico 3. 7 distribución del consumo energético por tipo de iluminación en el hnm.....	54
gráfico 4.1 cambio de la van en función de la fluctuación de tasa de inflación anual.	193
gráfico 4.2 cambio de la van en función de la fluctuación del costo incremental de energía eléctrica.	194
gráfico 4.3 cambio de la van en función de la fluctuación del costo incremental de fuel oíl.....	195

Abreviaturas utilizadas en el documento.

HNM: Hospital Nacional de Maternidad.

MINSAL: Ministerio de Salud de El Salvador.

FAE: Fondo de actividades especiales.

ISRI: Instituto Salvadoreño de Rehabilitación integral.

ISSS: Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

FOSALUD: Fondo Solidario para la Salud.

PML: Producción Más Limpia.

GOES: Gobierno de El Salvador.

SIBASI: Sistema Básico de Salud Integral.

RIISS: Redes integrales e integradas de servicios de salud.

RRPP: Relaciones Públicas.

U.C.I.A: Unidad de Cuidados Intermedios Adultos.

U.C.E: Unidad de Cuidados Especiales.

PRSI: Período de Retorno Simple de la Inversión.

GLP: Gas Licuado de Propano.

Lbs.: Libras.

V: Voltios.

KVA: Kilo Volt ampere.

KWh: Kilo Watt Hora.

Fdp: Factor de Potencia.

BTU/hr: (British thermal unit per hour) Unidad de Energía Inglesa por hora.

EER: (Energy Efficiency Ratio) Coeficiente de eficacia frigorífica.

Hz: Hertz.

Cp: Capacidad Calorífica.

GJ: Giga Joules.

°K: Grados Kelvin

°F: Grados Fahrenheit

°C: Grados Celsius

PSI: Unidad de medida de presión (Libras por Pulgada cuadrada.)

Introducción

La Producción más Limpia, es un concepto que fue introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989. En la actualidad, su implementación es sumamente necesaria y beneficiosa, ya que el concepto busca brindar la misma o mejor calidad en los servicios, reduciendo los costos mediante el enfoque de mejora continua. Por lo anterior, se plantea el Desarrollo de Propuestas Técnicas de Producción más Limpia, que vayan enfocadas al requerimiento energético de Vapor y Energía Eléctrica del Hospital Nacional de Maternidad, mediante la realización de una auditoría, en la cual se identifiquen aquellas áreas que presentan un potencial de mejora, que pueda cuantificarse mediante evaluaciones que reporten la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al implementarse. Se determinan aquellas que son viables y que se traducen en ahorros económicos y ambientales, para ser implementadas y obtener procesos más eficientes.

En El Salvador la red hospitalaria pública se ha visto afectada por fluctuaciones de precios en recursos energéticos tales como energía eléctrica y fuel oíl, que son necesarios para el funcionamiento operativo. Esto conlleva a un alto costo de operación y produce además un gran volumen de impactos negativos al medio ambiente, que se generan por un uso ineficiente de los recursos utilizados. El Hospital Nacional de Maternidad cuenta con un presupuesto ajustado para cubrir gastos de operación, ya que el enfoque principal del mismo, es el abastecimiento de medicamentos e insumos médicos, dejando en segundo plano el mantenimiento de sus instalaciones, que denota en elevados costos de operación.

Capítulo 1.0. Marco Teórico.

Se detallan las generalidades del sector salud en El Salvador, el porcentaje del presupuesto de la nación destinado al mismo, estructura organizacional del Ministerio de Salud, con énfasis en los centros hospitalarios especializados, hasta describir el Hospital Nacional de Maternidad y su estructura organizacional.

1.1. Generalidades.

En El Salvador el sistema de salud está constituido por dos sectores; el público integrado por el Ministerio de Salud (MINSAL) el cual a su vez se conforma por todos aquellos centros de atención pública en salud, entre estos unidades de salud, centros de atención rural y la red hospitalaria pública, de igual forma representan un apoyo asistencial al MINSAL el Instituto Salvadoreño de Rehabilitación Integral (ISRI), el Bienestar Magisterial, la Sanidad Militar, el Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS) y el Fondo Solidario para La Salud (FOSALUD); el sector privado se encuentra constituido por entidades lucrativas y no lucrativas.

En los últimos años el Ministerio de Salud ha obtenido fluctuaciones en la participación porcentual orientada a este sector por parte del presupuesto nacional, generando con ello disminución en la asignación de fondos al sistema de la Red Hospitalaria Nacional.

El Presupuesto General de El Salvador destinado en los últimos años al sector salud (MINSAL) ha presentado un promedio de 325.17 millones de US\$, el cual representa, como valor medio, un 10.53% del Presupuesto General de la República como se observa en el Cuadro 1. 1.

Cuadro 1. 1 Participación Presupuestaria porcentual al Sector de Salud Pública y Asistencia Social.

Ramo de Salud Pública y Asistencia Social.			
Año	2008	2009	2010
Participación %	10.10%	10.80%	10.70%
Promedio	10.53%		

FUENTE: EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA 2008-2009, MINISTERIO DE HACIENDA, SECRETARIA DE ESTADO, EL SALVADOR

El Presupuesto Total del MINSAL está conformado por: El presupuesto orientado por el Gobierno Central, los recursos propios, los fondos de actividades especiales (FAE), donaciones y préstamos externos.

En el *Gráfico 1. 1* se observa la aportación de cada sector en los últimos años, para la conformación del presupuesto total del sector salud, siendo el Gobierno de El Salvador (GOES) el ente encargado de la mayor aportación monetaria a dicho rubro, siendo el segundo mayor aporte, proporcionado por los préstamos externos y en tercer lugar por los recursos propios, fondos de actividades especiales (FAE) y donaciones.

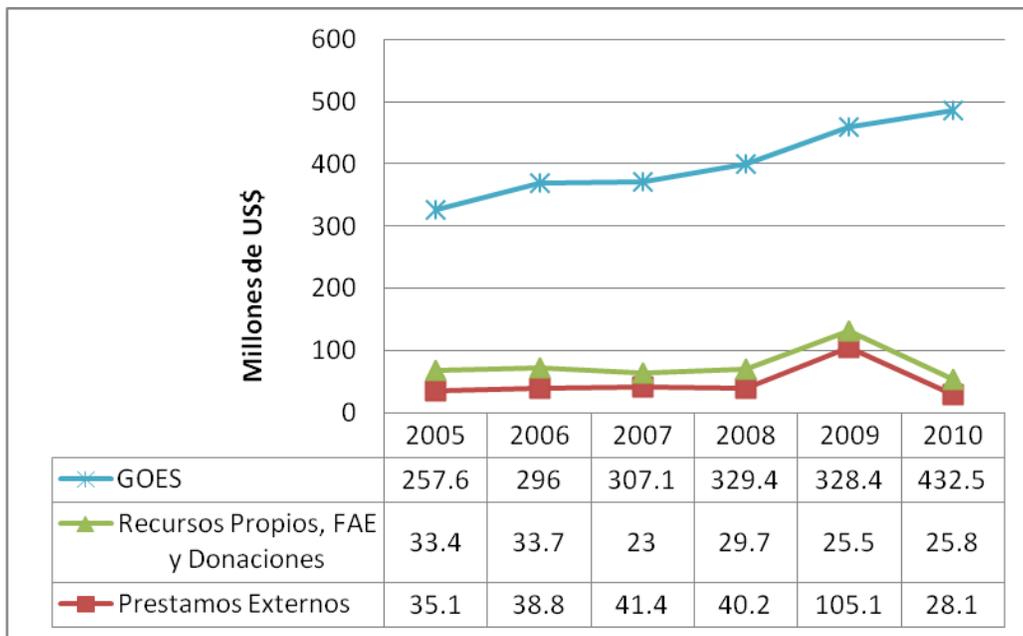


Gráfico 1. 1 Presupuesto Total Destinado al Ministerio de Salud, El Salvador.¹

De forma general el MINSAL presenta una estimación de cuentas totales para el sector salud, generadas en los últimos años, en el cual puede observarse el incremento significativo para los gastos de combustibles y servicios básicos, esto debido a las fluctuaciones en los costos de suministros energéticos en el campo mundial de los últimos años, como se presenta en el siguiente cuadro.

¹FAE: Fondo de Actividades especiales, Fuente: Estimación de Cuentas en Salud/Unidad de Economía de la Salud/Dirección de Planificación/MINSAL

Cuadro1. 2 Gasto MINSAL según principales rubros (millones US\$).

Descripción del Gasto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Remuneraciones	160.0	173.7	196.1	214.7	234.9	255.1	270.4
Medicamentos	35.1	40.0	45.1	41.9	35.1	58.7	65.8
Insumos Médicos Quirúrgicos	17.7	16.3	19.3	18.5	18.6	29.0	24.7
Combustible y Lubricantes	2.1	3.0	3.4	3.3	4.4	4.1	4.3
Servicios Básicos	5.1	5.8	6.4	6.8	6.7	8.8	9.0
Otros Bienes y Servicios	23.2	32.6	26.0	27.6	28.9	36.6	51.6
Inversión	5.2	14.4	38.7	42.9	51.1	47.8	40.1
Total	248.3	285.7	334.8	355.8	379.7	440.0	465.9

FUENTE: ESTIMACIÓN DE CUENTAS EN SALUD, UNIDAD DE ECONOMÍA DE LA SALUD/DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN/MINSAL.

1.2. Estructura Organizacional del MINSAL.

La estructura administrativa actual con la que cuenta el Ministerio de Salud de El Salvador se distribuye en tres estructuras independientes interrelacionadas, que se presentan en la figura 1.1.

Se ubica bajo la primera estructura “Vice Ministerio de Servicios de Salud”, la Dirección Nacional de Hospitales, dentro del cual se especifican los hospitales de tercer nivel, al que pertenece el Hospital Nacional de Maternidad.

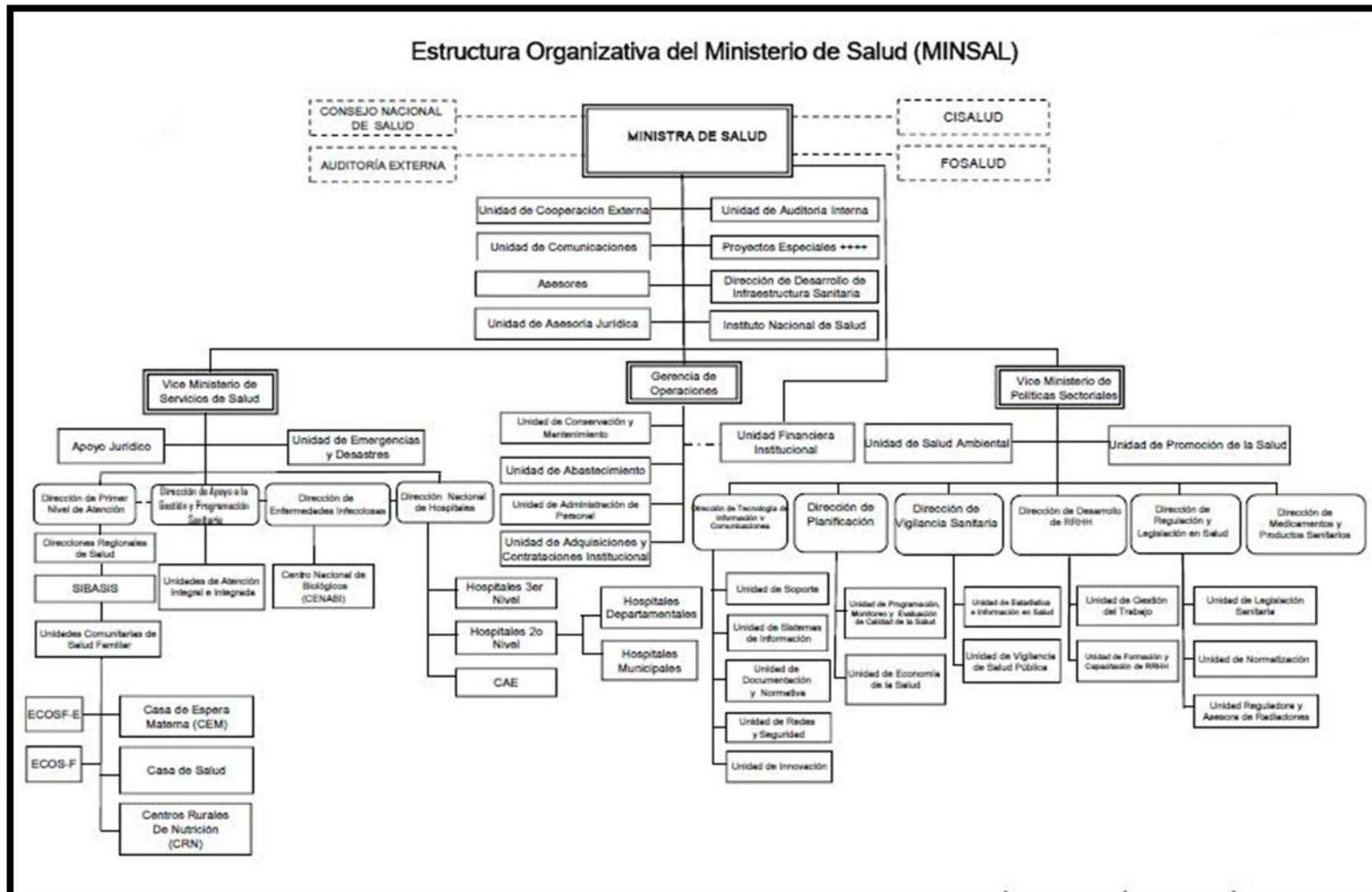


Figura 1. 1 Estructura Organizativa MINSAL.²

²Fuente: Dirección de Regulación y Legislación en Salud, Centro Virtual de Documentación Regulatoria. MINSAL.

De acuerdo a la estructura organizacional del MINSAL, la Dirección Nacional de Hospitales tiene bajo su dependencia los hospitales de 2^{do} y 3^{er} nivel de atención, dicha dirección es el ente rector responsable de garantizar y facilitar la gestión de los recursos y herramientas necesarias de acuerdo al marco legal vigente, con el fin de planificar, organizar y controlar los procesos médico-administrativos que se desarrollan en la red nacional de Hospitales del MINSAL, bajo el enfoque de mejora continua de la atención hospitalaria a la población.

La dirección Nacional de Hospitales tiene una dependencia jerárquica del Vice Ministerio de Servicios de Salud y su estructura organizativa se muestra en la figura 1.2 y se describe en las secciones a, b y c.

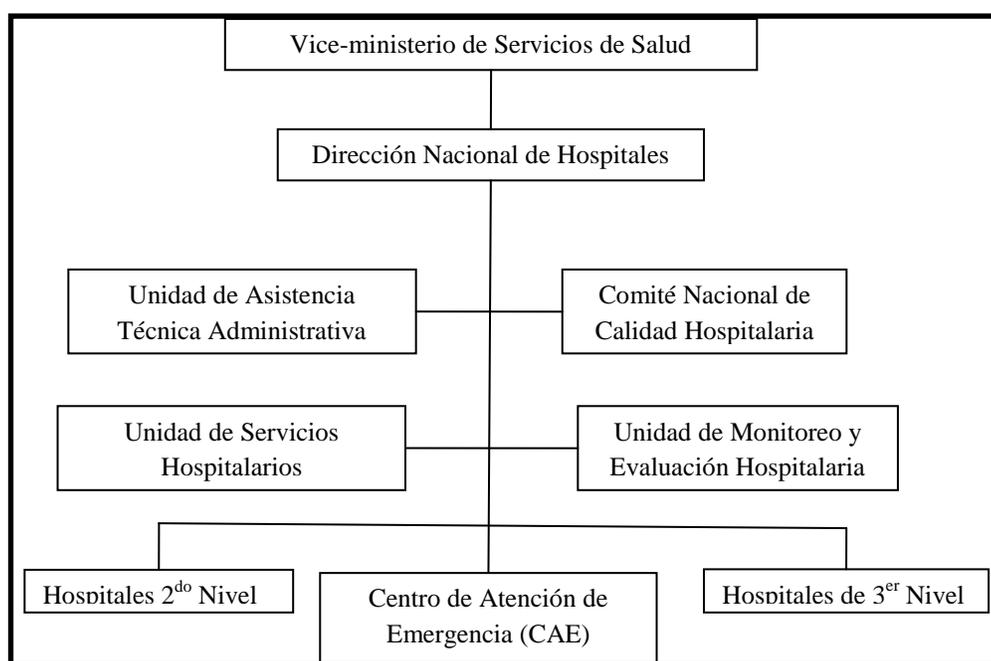


Figura 1. 2 Estructura Organizacional de la Dirección General de Hospitales.³

a) Unidad de Servicios Hospitalarios.

Unidad encargada de la asesoría y apoyo técnico administrativo a la red hospitalaria, con la finalidad de garantizar la eficiencia en la prestación de los servicios y el uso efectivo de los recursos humanos, físicos y financieros.

³FUENTE: MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE HOSPITALES, MINSAL.

b) Unidad de Monitoreo y Evaluación Hospitalaria.

Esta unidad es la encargada de monitorear el funcionamiento de la Red Hospitalaria, con el fin de dar diagnósticos sobre la prestación de servicios para una mayor eficiencia y efectividad en su cumplimiento.

c) Centro de Atención de Emergencia (CAE).

El CAE brinda atención inmediata, se especializa en la atención de emergencias para establecer un diagnóstico precoz, logrando la estabilización de los casos que se presentan en el área de responsabilidad, así como su referencia oportuna.

La Dirección General de Hospitales cuenta con un Comité Nacional de Calidad Hospitalaria el cual es el encargado de la conducción del Programa Nacional de Mejora Continua de la Calidad en la atención hospitalaria.

1.2.1. Funciones de la Red Hospitalaria de El Salvador⁴

El MSPAS está constituido por la red de hospitales nacionales y el Sistema Básico de Salud Integral (SIBASI), responsables de brindar atención de salud integral.

Los niveles de organización del MSPAS y niveles de atención de los servicios de salud se clasifican según lo establece el Reglamento de la Ley del Sistema Básico de Salud Integral en su Capítulo N°1 “Disposiciones Generales”, como se indica en los literales a, b y c.

a) Nivel Superior.

El Nivel Superior es el rector del sector salud que ejecuta la Política Nacional de Salud y define los planes, programas, proyectos y estrategias a ser realizadas en el sector salud y está constituido por los Titulares del Ramo de Salud, las Direcciones y las Unidades Asesoras.

⁴ REGLAMENTO DE LA LEY DEL SISTEMA BÁSICO DE SALUD INTEGRAL, MSPAS.

b) Nivel Regional.

Este nivel está conformado por cinco direcciones regionales de salud, establecidas para un área geográfica de influencia, teniendo bajo su cargo la gestión y control de los recursos asignados al primer nivel de atención y el control de la gestión del segundo nivel de atención. Dichas áreas se enumeran a continuación:

- I. Dirección Regional de Salud Occidental;
- II. Dirección Regional de Salud Central;
- III. Dirección Regional de Salud Metropolitana;
- IV. Dirección Regional de Salud Paracentral; y,
- V. Dirección Regional de Salud Oriental.

c) Nivel Local.

De acuerdo al artículo N°8 del Reglamento General esta categoría está conformada por la red operativa de establecimientos de salud integrados en los SIBASI (Sistema Básico de Salud Integral) y Hospitales.

Existiendo tres nivel de atención clasificándose en función de los servicios médicos prestados por los mismos.

I. Primer Nivel de Atención.

Este nivel de atención está constituido por Unidades de Salud, Casas de la Salud y los Centros Rurales de Salud y Nutrición distribuidos a lo largo del territorio nacional.

II. Segundo Nivel de Atención.

Los establecimientos de segundo nivel de atención están constituidos por los Hospitales Nacionales Generales y los Hospitales Nacionales Regionales, los cuales dependen de la Dirección Regional correspondiente a su ubicación geográfica, entre estos se encuentran:

- i) Hospital Nacional General de Ilobasco, Cabañas.
- ii) Hospital Nacional General "San Rafael", Santa Tecla, La Libertad.
- iii) Hospital Nacional General de Santa Rosa de Lima, La Unión.
- iv) Hospital Nacional Regional "San Juan de Dios", Santa Ana.
- v) Hospital Nacional Regional "San Juan de Dios", San Miguel

Estos establecimientos de salud categorizados como Básicos y Departamentales, brindan atención médico quirúrgica a usuarios en las áreas de emergencia, consulta externa y hospitalización, dentro de las especialidades básicas y algunas subespecialidades de la medicina, según su perfil epidemiológico.

III. Tercer Nivel de Atención.

Los establecimientos de tercer nivel de atención de salud categorizados como regional o especializado, que brindan atención médico quirúrgica a usuarios en las áreas de emergencia, consulta externa y hospitalización, dentro de las especialidades básicas y subespecialidades de la medicina, según sus perfiles y considerados de referencia en sus respectivas regiones y a nivel nacional. Se encuentra constituido por los Hospitales Nacionales Especializados de alta complejidad, dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes:

- i) Hospital Nacional Especializado "Rosales", San Salvador.
- ii) Hospital Nacional Especializado de Niños "Benjamín Bloom", San Salvador.
- iii) Hospital Nacional Especializado de Maternidad "Dr. Raúl Argüello Escolán", San Salvador.

Los gastos presentados por los sectores de atención del MINSAL se presentan en la **Gráfico 1. 2**, en el cual el tercer nivel de atención es el que cuenta con un menor gasto porcentual, en función de la provisión de servicios de salud que estos establecimientos ofrecen a la población salvadoreña.

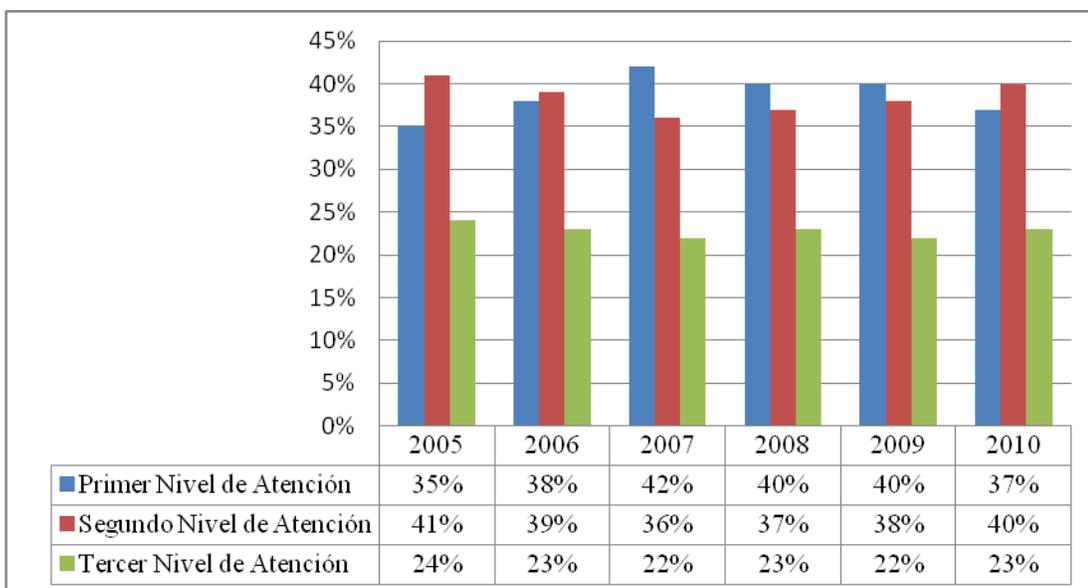


Gráfico 1.2 Gastos Por Nivel de Atención en Proporción al Gasto en provisión de Servicios de Salud.⁵

El bajo presupuesto orientado al sector salud conlleva a una ajustada redistribución presupuestaria indicando que el presupuesto a la Red Hospitalaria se encuentra con un déficit monetario que finaliza con priorización de abastecimientos médicos, dejando en segundo plano el soporte técnico o cambio tecnológico. El gráfico 1.3 presenta los gastos del MINSAL en los últimos años por rubro.

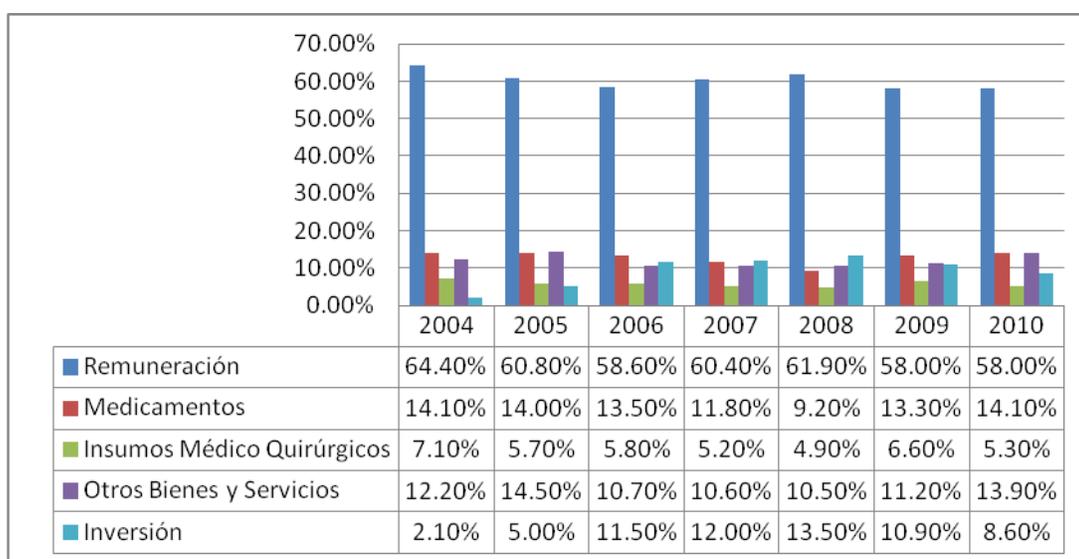


Gráfico 1.3 Porcentaje de Gasto del MINSAL para rubros principales.⁶

⁵FUENTE: ESTIMACIÓN DE CUENTAS EN SALUD/UNIDAD DE ECONOMÍA DE LA SALUD/DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN/MINSAL

1.3. Hospital Nacional de Maternidad “Dr. Raúl Escolán Argüello”.

En la estructura del Ministerio de Salud (MINSAL) y de acuerdo a la Política Nacional de Salud “Construyendo la Esperanza”, que tiene como objetivo garantizar el derecho a la salud a toda la población salvadoreña y para lo cual manda un sistema de salud alto nivel resolutivo y con acceso equitativo a servicios de calidad para todas las personas, se considera importante, velar por una adecuada administración de los recursos humanos, materiales y financieros en los hospitales de la red nacional.

Para poder cumplir con lo anterior, el HNM establece y describe su organización, funciones, objetivos y estructura organizativa, de sus principales departamentos como una herramienta que permita dimensionar la gestión de la Dirección en su organización y funcionamiento. (véase la Figura 1. 3 Estructura Organizacional MINSAL.)

1.3.1. Funciones del Hospital Nacional Especializado de Maternidad.

Las funciones que desempeña el HNM se clasifican en generales y específicas, las cuales se citan a continuación:

a) Funciones Generales

La función principal del HNM es la atención de pacientes en las áreas médico quirúrgicos de emergencia, servicio de hospitalización y Consulta externa, acompañado de los servicios de apoyo necesarios, esto es para las pacientes que sean referidas por el primer o segundo nivel de atención en las especialidades de Ginecología, Obstetricia y Neonatología contempladas para el tercer nivel. En los casos de consulta ambulatoria de la especialidad de Ginecología y Obstetricia, se atenderán en fase aguda y se referirán al nivel correspondiente.

⁶FUENTE: ESTIMACIÓN DE CUENTAS EN SALUD/UNIDAD DE ECONOMÍA DE LA SALUD/DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN/MINSAL

b) Funciones Específicas.

Dentro de las funciones específicas principales del HNM se tienen el proveer atención médica como centro de referencia nacional a las pacientes con patología Ginecológica y Obstétrica en aquellos casos que por su complejidad requieran una atención altamente especializada, cumpliendo las normas y protocolos establecidos para el manejo adecuado de los mismos, participar en la planificación y evaluación de manera conjunta en función de las RISS (Redes integrales e integradas de servicios de salud), como centro de referencia nacional, etc.

1.3.2. Estructura Organizacional del HNM.

La estructura organizacional que presenta el HNM se observa en la figura 1.3, la cual indica la distribución de la jerarquía en las autoridades del HNM como también los departamentos en los cuales se distribuye la organización del hospital.

Bajo los Comités y la División Administrativa se encuentra el Departamento de Mantenimiento. Éste departamento, será de gran ayuda en la investigación a realizar, ya que ellos serán los intermediarios con la Dirección General del hospital, los encargados de proporcionar toda aquella información que se considere de importancia, además de guiar e informar sobre la generación de vapor con la que se cuenta, para realizar la auditoría de Producción más Limpia.

Al obtener los resultados de cada opción a ser evaluada, será este mismo departamento, el encargado de implementar las recomendaciones técnicas de producción más limpia, guiados por las especificaciones obtenidas.

Los principales departamentos que conforman el Hospital Nacional de Maternidad, se describen en los siguientes literales (a-g).

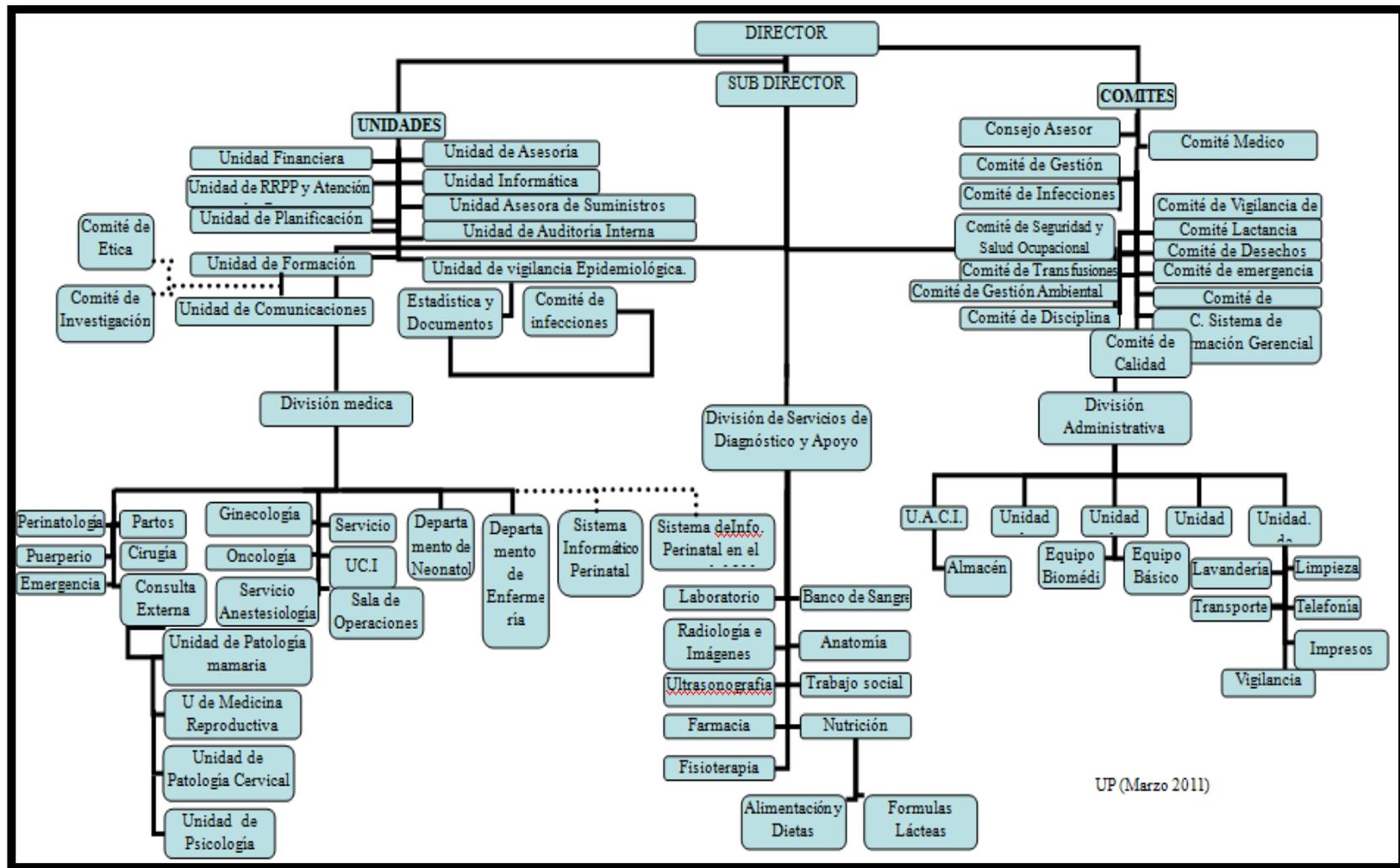


Figura 1. 3 Estructura Orgánica del Hospital Nacional de Maternidad de El Salvador⁷

⁷ Fuente: Unidad de Planeación, Hospital Nacional de Maternidad.

a) **Dirección.**

La dirección se encarga de definir y formular políticas y normativas correspondientes a sus áreas de trabajo, con base en la normativa Institucional vigente, a fin de asegurar que la población reciba servicios integrales con oportunidad, calidad y calidez mediante la gestión eficiente de los recursos asignados.

La función general es la planificación, organización, dirección, supervisión y evaluación de las actividades del HNM, enfocándose en la supervisión del rendimiento social del hospital de acuerdo con sus fines, en la coordinación de labores médicas, técnicas y administrativas, en la proposición de inversión de recursos económicos del hospital y la vigilancia de las diversas erogaciones que deban hacerse, la vigilancia en la adquisición del equipo y material de consumo, el proponer modificaciones al presupuesto anual, procurar el correcto mantenimiento del edificio, equipo e instrumental, de manera que se encuentre en buen estado y uso, mantener la debida coordinación técnica administrativa en sistema hospitalario de redes, entre otros.

Dentro de las unidades que dependan de la Dirección se encuentran:

- i. Unidades Asesoras y de Apoyo.
- ii. Comités de Apoyo.
- iii. Sub-dirección.

b) **Unidades Asesoras y de Apoyo.**

Para el mejor cumplimiento de sus funciones y atribuciones, la Dirección cuenta con todas las Unidades Asesoras que fueren necesarias para el buen desarrollo y eficiente funcionamiento del HNM. Asimismo el Director tiene la potestad de crear y modificar las Unidades existentes, cuando así convengan a los Intereses del Hospital.

Para el mejor funcionamiento del HNM, este cuenta con las siguientes Unidades Asesoras:

- i. Unidad Financiera Institucional.
- ii. Unidad de RRPP y Atención a la Paciente.

- iii. Unidad de Planificación.
- iv. Unidad de Comunicaciones.
- v. Unidad de Formación Profesional.
- vi. Unidad de Asesoría Jurídica.
- vii. Unidad de Informática.
- viii. Unidad Asesora de suministros.
- ix. Unidad de Auditoría Interna.
- x. Unidad de Vigilancia Epidemiológica.

c) Comités de Apoyo.

La Dirección del HNM para su mejor funcionamiento cuenta con organismos colaboradores en aspectos científicos técnicos, administrativos y docentes, que se denominaran “Comités”.

La Dirección tiene la facultad de crear los comités que considere convenientes, debiendo asignarles en cada caso las funciones correspondientes. Cada comité es presidido por el Director, o por la persona que él designe.

Para el mejor funcionamiento del Hospital, se cuenta con los siguientes comités:

- i) Consejo Asesor.
- ii) Comité de gestión.
- iii) Comité de infecciones Nosocomiales.
- iv) Comité de Seguridad y salud Ocupacional.
- v) Comité de Transfusiones Hospitalarias.
- vi) Comité de Gestión Ambiental.
- vii) Comité de Disciplina.
- viii) Comité Médico.
- ix) Comité de Vigilancia de la Morbimortalidad Materna.
- x) Comité de Lactancia Materna.
- xi) Comité de Desechos Sólidos Hospitalarios.
- xii) Comité de Emergencia.

- xiii) Comité de Farmacoterapia.
- xiv) Comité de Sistema de Información Gerencial.
- xv) Comité de Calidad.

d) Sub - Dirección

La función general de este departamento es el planificar, organizar, dirigir y evaluar las áreas asignadas por la dirección, enfocándose en la colaboración estrecha con el Director en la labores de Planificación, Organización y ejecución, velar por el mantenimiento de la planta física, maquinaria y equipo del hospital, entre otras.

Las unidades que dependen de la sub-dirección son:

- i) División administrativa.
- ii) División de Servicios de Diagnóstico y Apoyo.
- iii) División Médica.

e) División Administrativa

El objetivo principal de este departamento es velar por el buen funcionamiento de los Departamentos y/o Unidades Administrativos a su cargo, vigilando y coordinando que los Departamentos y/o Unidades Administrativas a su cargo desarrollen sus actividades en forma sistemática y organizada.

La función general es cumplir y hacer cumplir las atribuciones y funciones comunes a los trabajadores y dirigentes. Organizar, dirigir, y controlar las actividades de aseguramiento logístico, recursos humanos y el control económico, planificar, gestionar y asegurar de forma oportuna los abastecimientos materiales médicos y no médicos que se requieren en el HNM, organizar y controlar las actividades de mantenimiento y reparación del inmueble, así como de las tecnologías médicas y no médicas, entre otras.

Se enfoca en velar por el uso racional de los recursos, participar en la elaboración de proyectos enfocados al mejoramiento de la institución tanto en su infraestructura física, instalaciones, equipos y otros, participar en la consolidación e integración del Plan Operativo Anual de la Institución,

supervisar y dar seguimiento al cumplimiento del sistema de mantenimiento Hospitalario, entre otros.

Entre las unidades que dependen de la división administrativa se mencionan:

- i) Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional
- ii) Unidad de Recursos Humanos
- iii) Unidad de Mantenimiento
- iv) Unidad de Patrimonio
- v) Unidad de Servicios Generales.

El departamento de división administrativa del Hospital Nacional de Maternidad tiene la estructura organizacional que se muestra en la Figura 1.5

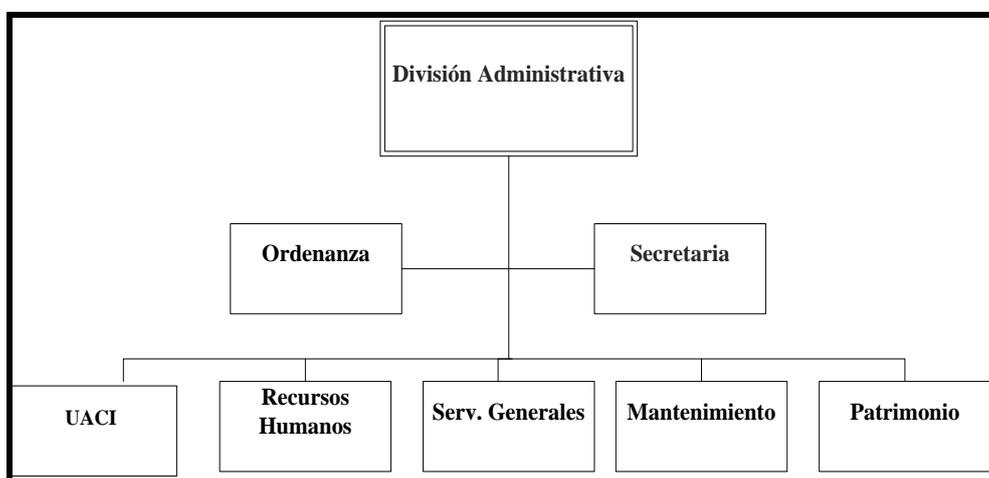


Figura 1. 4 Estructura Organizacional de División Administrativa, HNM.⁸

f) División de Servicios de Diagnóstico y Apoyo.

La división de servicios de diagnóstico y apoyo, como su nombre lo indica, está a cargo de aquellas actividades medico administrativas que permiten la realización de estudios médicos de primer necesidad como también de atención personalizada a los pacientes del HNM. Las áreas que estas bajo la dirección de este departamento son:

- i) Laboratorio Clínico
- ii) Banco de Sangre
- iii) Radiología e imágenes

⁸FUENTE: UNIDAD DE PLANEACIÓN, HOSPITAL NACIONAL DE MATERNIDAD

- iv) Anatomía Patológica
- v) Ultrasonografía
- vi) Trabajo Social
- vii) Farmacia
- viii) Fisioterapia
- ix) Nutrición (Fórmulas Lácteas, Alimentación y dietas.)

g) División Médica.

Este departamento bajo el mando de la Sub- dirección cuenta con la responsabilidad de verificar los siguientes sub-departamentos dentro de la organización del HNM dividiéndose en cuatro grupos:

Grupo 1

- i) S. Perinatología
- ii) S. Puerperio.
- iii) Emergencias
- iv) Servicio de partos
- v) S. de Cirugía Obstétrica
- vi) Servicios de consulta externa (Unidad de patología, Unidad de medicina reproductiva, Unidad de Patología Cervical y Unidad de Psicología)

Grupo 2.

- i) Servicio de Psicología y Servicio de Oncología.
- ii) Servicio de Infectología
- iii) U.C.I.A (Unidad de Cuidados Intensivos Adultos), U.C.E. (Unidad de Cuidados Especiales)
- iv) Sala de Operaciones y Servicio de Anestesiología y Terapia Respiratoria.

Grupo 3.

- i) Departamento de Neonatología.

Grupo 4.

- i) Departamento de Enfermería.

Capítulo 2.0. Metodología de Producción Más Limpia aplicada al Sector Hospitalario (Hospital Nacional de Maternidad)

Se describe la guía metodológica a utilizar en el desarrollo de esta investigación, el cual se basa en el esquema de mejora continua, que se describe como planear, hacer y verificar, bajo el enfoque de Producción más Limpia y que se desarrollará en los capítulos posteriores.

2.1 Proceso de Mejora Continua.

El Proceso de mejora continua es un concepto que pretende mejorar los productos, servicios y procesos, es la base para asegurar la estabilidad del proceso o servicio, estableciendo claramente la posibilidad de mejora. Dicho concepto se implementa bajo la utilización de herramientas como acciones correctivas y/o preventivas, con el fin de mejorar la calidad y eficiencia de la institución.

La administración de la calidad total requiere de un proceso constante, al cual se denomina Mejoramiento Continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca. (Deming, E., 1996)

El Mejoramiento Continuo, es un proceso que se describe como la esencia de la calidad y refleja lo que necesita hacer una institución y/u organización, para estar capacitado en la prestación de sus servicios a largo plazo.

2.1.1. Importancia de la Mejora Continua.

La importancia radica, en la contribución a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización y/o institución.

Mediante la implementación de la mejora continua, se logra ser más eficiente en el área aplicada. Se debe analizar el o los procesos utilizados, de tal forma que si existe algún problema pueda corregirse o solventarse, buscando como finalidad la eficacia en sus servicios.

El esfuerzo de mejora continua, es un ciclo a través del cual se identifican áreas de mejora, se plantea cómo realizar una medida correctiva y/o preventiva, luego se implementa y se verifica los resultados. Se actúa de acuerdo con estos, ya sea para corregir desviaciones o para proponer una medida más adecuada. Este ciclo permite la

renovación, el desarrollo, el progreso y la posibilidad de solventar necesidades de la institución u organización, con el objetivo de prestar un mejor servicio o producto.

Producción más Limpia se encuentra basada en el ciclo PDCA (PLAN- DO- CHECK- ACT), mejor conocido como una variante del “Ciclo de Deming” el cual se basa en los apartados siguientes:

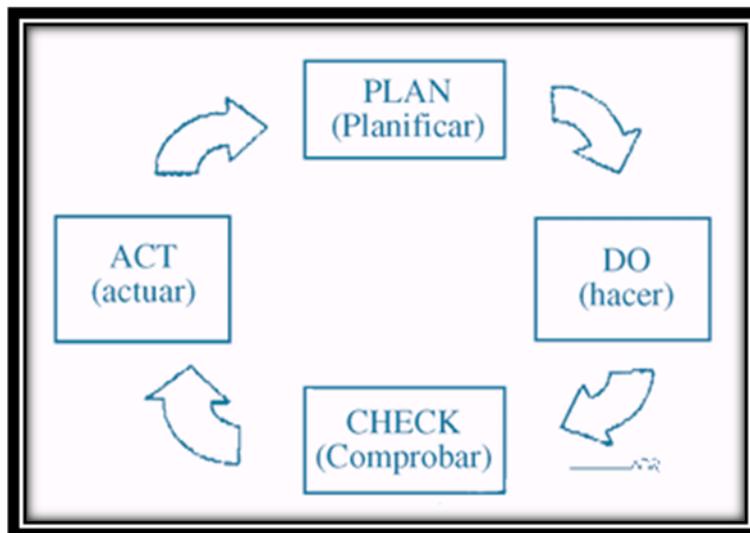


Figura 2. 1. Ciclo Deming aplicado al sector hospitalario (Hospital Nacional de Maternidad)

2.1.2. Planificar.

Consiste en la Organización lógica del trabajo la cual se realiza mediante los siguientes pasos:

- a) Identificación del problema y planificación.
- b) Observaciones y análisis.
- c) Establecimiento de objetivos a alcanzar.
- d) Establecimiento de indicadores de control.

2.1.3. Hacer.

En esta etapa se genera la correcta realización de las tareas planificadas.

- a) Preparación exhaustiva y sistemática de lo previsto.
- b) Aplicación controlada del plan.
- c) Verificación de la aplicación.

2.1.4. Comprobar.

Se realiza la comprobación de los logros obtenidos de las acciones planificadas.

- a) Verificación de los resultados de las acciones realizadas.
- b) Comparación con los objetivos.

En la verificación de las acciones planificadas pueden utilizarse 3 ciclos:

- a) *Ciclo de mantenimiento:* Si lo que se hace corresponde a lo planeado, se estabiliza el proceso, definiendo claramente que se hace, capacitando al personal, definiendo los métodos, los mecanismos de operación y control con el fin que sean claramente entendidos por el personal técnico.
- b) *Ciclos de corrección:* Se realiza cuando lo previsto, no corresponde a lo planeado. Comprende dos tipos de acciones: la corrección, es decir, corregir el problema en ese instante; y la acción correctiva: Definir que hacer para que el problema no vuelva a ocurrir.
- c) *Ciclo de mejoramiento:* Pasado un cierto tiempo, en los procesos se debe determinar qué se puede hacer para mejorar lo planeado. En este ciclo se pueden generar ideas, tratar de buscar datos, observar potenciales, tendencias y determinar oportunidades de mejora. Esto corresponderá a las acciones preventivas, que conllevan a un análisis de riesgos y al mejoramiento continuo de la institución.

2.1.5. Actuar.

Se cuenta con la posibilidad de aprovechar y extender aprendizajes y experiencias adquiridas en otros casos.

- a) Analizar los datos obtenidos.
- b) Proponer alternativa de mejora.
- c) Estandarización y consolidación.
- d) Preparación de la siguiente etapa del plan.

2.2. Implementación de Producción Más Limpia al Sector Hospitalario.

Para implementar la producción más limpia al sector hospitalario, se debe seguir una metodología comprendida por tres fases fundamentales, las cuales se describen de la sección 2.2.1 a la sección 2.2.3 y que se resumen en la figura 2.4

2.2.1. Fase I: “Planeación y Recopilación de Información”.

En la fase de planeación y organización, se establece el compromiso de la empresa, indispensable para su implementación exitosa. También se da a conocer la iniciativa al personal y se definen los grupos de trabajo y sus responsabilidades.

I) Listar etapas del proceso.

Para identificar las áreas de mayor prioridad de un hospital, es necesario realizar un recorrido por sus instalaciones, reconociendo las áreas prioritarias y reportándolas en un informe, cuyo formato está establecido por el programa. La selección de las áreas prioritarias puede basarse en los siguientes criterios:

- a) Situación actual ambiental.
- b) Elevado consumo energético tal como electricidad, combustible, vapor, aire comprimido, etc.
- c) Elevado consumo y/o costo de insumos y/o recursos.

Además debe recopilarse información disponible sobre:

- a) Niveles de ocupación y/o servicios prestados.
- b) Automatización de equipos e instalaciones entre los cuales pueden mencionarse: Cuarto de máquinas, equipos, mantenimiento, etc., con el fin de comprender todas las actividades operativas referentes al proceso de generación de energía.

II) Identificar Operaciones Generadoras de Pérdidas de Insumos.

Paralelamente a la etapa anterior se realiza una identificación de operaciones y/o procedimientos que sean generadores de pérdidas de insumos, los cuales pueden deberse a desperdicios de agua, energía, combustible y otros insumos asociados a la generación de energía.

Los criterios a analizar en las etapas posteriores permiten definir el enfoque de las oportunidades de producción más limpia que puedan observarse, basándose en los criterios siguientes:

- a. **Económico:** Pérdidas económicas relacionadas con consumo energético, agua y combustible.
- b. **Ambiental:** Volumen y composición de emisiones de CO₂, cantidades de emisiones al ambiente, etc.
- c. **Técnico:** Potencial de mejora esperado, posibilidad de aplicar opciones de producción más limpia en las actividades operativas.

2.2.2. Fase II: “Análisis de Las Etapas del Proceso de Generación de Energía”.

Esta fase es crucial en la implementación de la P+L, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora.

a) Esquematizar el Diagrama de Generación de Energía.

Este diagrama se realiza a partir de la información del proceso de generación de energía que se obtiene de la fase anterior y enlazándola de manera secuencial, de tal forma de relacionar los procedimientos operativos y los flujos de insumos, como el consumo de energía, agua, tipo y cantidad de pérdidas de los mismos, emisiones y más. También se especifican parámetros de operación tales como presiones de trabajo, temperaturas, concentraciones de sólidos disueltos para aguas de alimentación a sistemas generadores de vapor (calderas), entre otros. Se presenta la información en forma de diagrama secuencial de todo el proceso de generación de energía, direcciones y distribución de productos tales como el vapor y especificando la información de los parámetros de operación.

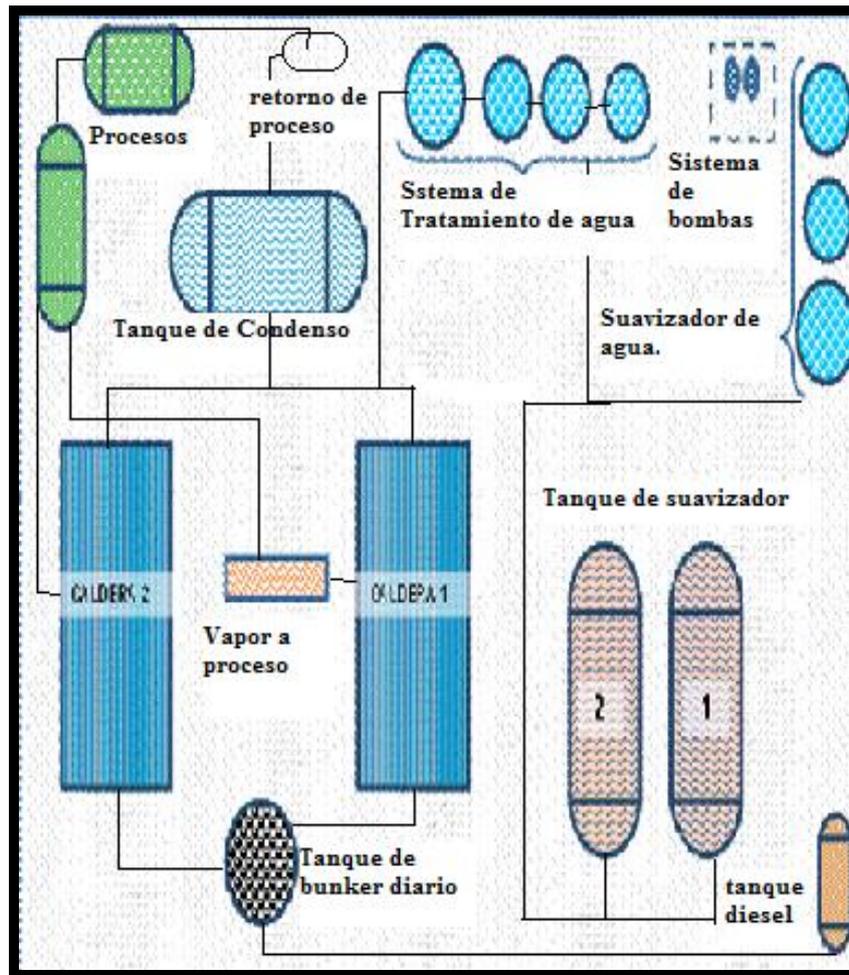


Figura 2. 2. Diagrama Secuencial del Proceso de Generación de Energía.

b) Realizar Balance de Materia y Energía.

El enfoque que debe tener el BME estará orientado a:

- I) Presentar una inspección global de los insumos usados en la institución.
- II) Identificar el punto de origen, los volúmenes y las causas de las pérdidas y emisiones.
- III) Crear una base para una evaluación y proyecciones de desarrollos futuros.
- IV) Definir estrategias para mejorar la situación global inspeccionada.

Se realizará un análisis, de una manera teórica y en cada etapa del proceso identificado en el diagrama de flujo: Las entradas y salidas de insumos como energía, agua, combustible, etc.

Es importante presentar gráficamente la información obtenida a través del análisis de los flujos de insumos, de tal manera que se puedan interpretar rápida y fácilmente. Para

realizar este balance es necesario consultar los criterios que se poseen para la selección de los insumos dentro del hospital, el número de productos usados para cada actividad, además de las prácticas de manejo del inventario.

Mucha de la información necesaria se encuentra con seguridad en la administración o departamento de contabilidad. Aspectos como consumo de agua, energía, entre otros datos pueden ser obtenidos y evaluados sin grandes dificultades.

Las restricciones se pueden encontrar en la realización del análisis de las salidas, donde se debe estimar o calcular el volumen de pérdidas como agua, calor, combustible, emisiones, etc. Esto se puede realizar analizando detalladamente cada una de las etapas del proceso.

El análisis detallado de las entradas y salidas permite obtener un conocimiento de los procesos y así, identificar con facilidad las posibilidades de optimización, uso más eficiente de los insumos y medidas de reducción del impacto ambiental, entre otras. Lo anterior conlleva al aumento de la productividad tal y como se muestra en el esquema siguiente:

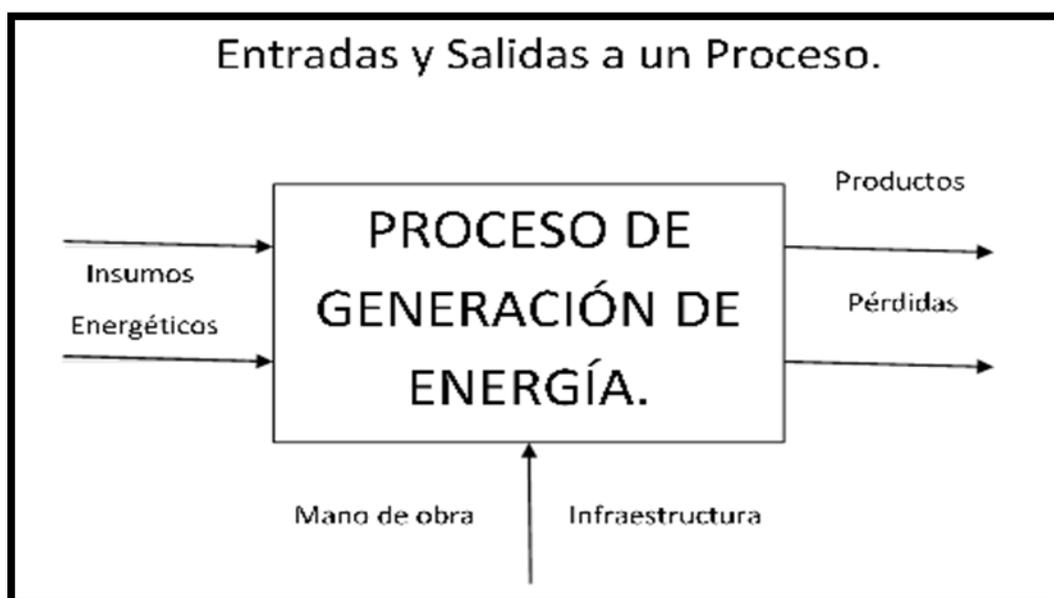


Figura 2. 3 Esquema de caja negra ilustrativo para BME.

c) Generar Opciones de Prevención y/o Eliminación de Pérdidas.

Las opciones que se generen pueden provenir de una lluvia de ideas, partiendo de la situación verificada en visitas realizadas a las instalaciones del Hospital.

Algunas de las opciones que se pueden plantear en términos generales se agrupan así:

- I) Seleccionar otros insumos que generen menos residuos.
- II) Realizar cambios tecnológicos para reducir pérdidas.
- III) Modificar las áreas de trabajo.
- IV) Modificar los procedimientos de generación de la energía.
- V) Realizar programas de capacitación y motivación al personal.
- VI) Ordenar y controlar los equipos y los procedimientos.

2.2.3 Fase III: “Seleccionar Soluciones de Producción Más Limpia”

En esta fase se realizan los análisis económicos, técnicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles.

a) Evaluación de la Viabilidad Técnica.

Se procede a realizar una evaluación técnica en base a las mediciones tomadas, se realizan cálculos con el fin de obtener información detallada y analizar la factibilidad técnica de las medidas de Producción Más Limpia (PML), para determinar que tan conveniente y viable, desde el punto de vista técnico, sería implementar dicha opción.

Una vez efectuada la evaluación se comparan las situaciones antes y después, a partir del análisis de entradas y salidas del Balance de Masa y Energía.

b) Evaluación de la Viabilidad Financiera.

Consiste en evaluar el impacto económico de las recomendaciones de PML planteadas, tanto desde el punto de vista de la inversión, como de los costos y beneficios de su implementación. Se hace necesario entonces, realizar una serie de cálculos de ahorros obtenidos y del período de retorno simple de la inversión (PRSI), necesaria para implementar las alternativas propuestas.

Dependiendo del tiempo en el cual se recupera la inversión se tienen las siguientes clasificaciones:

- i. Si es de 1 año o menor se considera que el proyecto es SENCILLO.
- ii. Si es menor a 4 años es un proyecto de COSTO MEDIO.
- iii. Si es mayor a 4 años es un proyecto de ALTO COSTO.

c) Evaluación de los Aspectos Ambientales.

Se evalúa la cantidad de TON de CO₂ que se estima reducir, pérdidas energéticas como purgas o fugas de agua que también se plantean reducir con las opciones de producción más limpia propuestas.

d) Elaboración de Guía de Recomendaciones de las Opciones de Producción más Limpia a Implementar.

Una vez analizada la viabilidad técnica, financiera y los aspectos ambientales, se elaborará la guía de recomendaciones que servirá de ayuda al personal que se encargará de implementar las opciones de PML recomendadas en base al estudio realizado.

La Guía que se será presentada al Hospital Nacional de Maternidad, incluirá los resultados de cada opción estudiada, factibilidades, así como costos de inversión y periodo simple de retorno de la inversión.

En la figura 2.4, se presenta de forma esquemática, cada fase de la Metodología de Producción Más limpia enfocada al sector hospitalario, a aplicar durante la investigación.

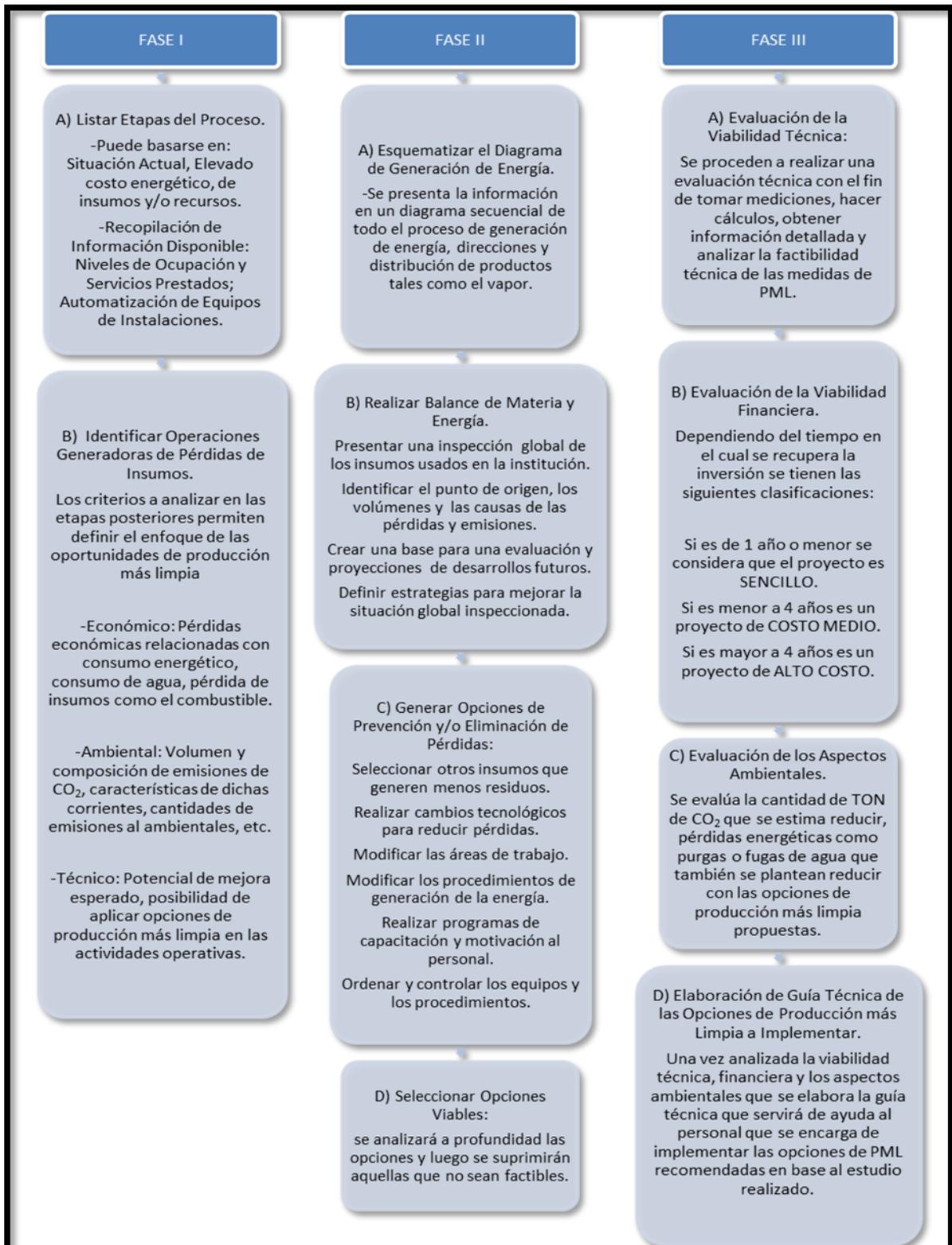


Figura 2. 4 Resumen de Fases I, II y III de la Producción más Limpia y su implementación al sistema hospitalario.

Capítulo 3.0 Producción Más Limpia aplicada al Sector Hospitalario Enfocado en Los Requerimientos Energéticos del Hospital Nacional de Maternidad.

De acuerdo a la Metodología establecida en el capítulo 2.0, se desarrollan las fases I y II de Producción más Limpia al Sector Hospitalario, con el fin principal de su correcta implementación.

3.1 FASE I: Planeación y Recopilación de Información.

Se describen las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad (HNM) y se identifican las áreas de mayor prioridad de suministro energético dentro del mismo, determinadas mediante recorridos por las instalaciones, reportándose las mediciones tomadas, para ser analizadas posteriormente.

De acuerdo a las visitas realizadas, se verificaron las áreas de mayor abastecimiento energético, las cuales son: El área de generación de vapor y el área de energía eléctrica.

3.1.1 Descripción del Sistema Térmico del Hospital Nacional de Maternidad.

El HNM cuenta con un sistema de generación de vapor integrado por dos calderas, las cuales producen vapor saturado a la presión de trabajo. En el Cuadro 3.1 se presentan las especificaciones de los equipos generadores de vapor.

Cuadro 3.1 Especificaciones de los Sistemas de Generación de Vapor del HNM.

Especificaciones Técnicas de Calderas.	
No. de Calderas	2
Marca	Clever Brooks
Modelos	CBW600-150-150
Tipo	Piro tubular 4 pasos.
Potencia	150 HP
Presión Máxima	150 PSI
Presión de Trabajo	110 PSI
Calderas de espalda húmeda (Wet Back)	

Fuente:HNM (Marzo 2012),Hoja Técnica de Calderas.

Las calderas trabajan utilizando combustible Fuel Oil No.6 conocido como Búnker, con una densidad⁹ de $970 \text{ Kg}/\text{m}^3$, con un consumo del mismo para la caldera No.1 de 2000 gal/14 días equivalente a 7,342.90 Kg/14 días y para la caldera No.2 de 2000 gal/18 días, equivalente a 7,342.90 Kg/18 días, como se presenta en el Cuadro 3. 2 y Cuadro 3. 3 respectivamente.

Cuadro 3. 2 Consumo de Fuel Oil para Caldera No.1.

Caldera No.1			
Mes.	Consumo Bunker (gal)	Consumo de Bunker (Kg)/mes	Consumo de Bunker (Kg)/día
Enero	4,428.57	16,257.20	524.43
Febrero	4,000.00	14,687.40	524.55
Marzo	4,428.57	16,257.20	524.43
Abril	4,285.71	15,736.40	524.55
Mayo	4,428.57	16,257.20	524.43
Junio	4,285.71	15,736.40	524.55
Total	25,857.10	94,931.80	

Fuente: Registro departamento de mantenimiento HNM, año 2011.

Cuadro 3. 3 Consumo Caldera No.2.

Caldera No.2			
Mes.	Consumo Bunker (gal)	Consumo de Bunker (Kg)/mes	Consumo de Bunker (Kg)/día
Julio	3,444.44	12,647.40	407.98
Agosto	3,444.44	12,647.40	407.98
Septiembre	3,333.33	12,239.40	407.98
Octubre	3,444.44	12,647.40	407.98
Noviembre	3,333.33	12,239.40	407.98
Diciembre	3,444.44	12,647.40	407.98
Total	20,444.40	75,068.50	

Fuente: Registro departamento de mantenimiento HNM, año 2011.

⁹ Fuente: Hoja de Seguridad Fuel Oil No.6.

El HNM presentó un costo promedio en el último año para el consumo de combustible de US\$3.05361/gal, consumiendo un aproximado de 46,301.55 galones de búnker al año que se traduce en US\$141,387¹⁰.

a) Cálculo de Emisiones de CO₂ por consumo de Fuel Oil.

La contaminación por las emisiones de CO₂ por la utilización de búnker como combustible para el sistema de generación de vapor se presenta de la siguiente forma:

Poder calorífico neto para el Fuel Oil¹¹

P. C. Neto = 6,019 MJ/bl. Equivalente a 0.14331 GJ/Gal

El Factor de Emisión¹² de CO₂ para el Fuel Oil residual (búnker) es de:

FECO₂ = 77.4 TONCO₂/ TJ que es equivalente a 0.0774 TON CO₂ /GJ

El CO₂ producido por la utilización de combustible búnker para la generación de vapor se tiene:

$$TONCO_2Producido = Consumo\ de\ búnker \times P.\ C.\ Neto \times FECO_2$$

$$TONCO_2Producido = 142.86 \frac{gal}{dia} \times 0.14331 \frac{GJ}{gal} \times 0.0774 \frac{TONCO_2}{GJ}$$

$$= 1.58\ TONCO_2$$

Lo que es equivalente a emisiones anuales de 513.59 TON de CO₂

En el cuadro siguiente, se presentan las emisiones de TON de CO₂ por consumo de combustible búnker.

Cuadro 3. 4 Comparación de Toneladas de CO2 emitidas a la atmosfera por consumo de Fuel Oil.

Consumo de Combustible por periodo de tiempo	TON de CO₂ producidas.
142.86Gal Búnker/ día	1.58 al día
46,301.55Gal Búnker/Año	513.59 al año

¹⁰Cálculo = (46,301.55 gal x US\$3.05361/gal). Datos proporcionados por el personal técnico del HNM.

¹¹ Eficiencias de calderas y combustión, comisión nacional para el ahorro de energía.

¹²Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España años 1990-2008

b) Cálculo de emisiones de CO₂ por consumo de Gas Propano.

El sistema de generación de vapor del HNM no cuenta con un sistema de precalentamiento de combustible, por tal razón para sustituir este calentamiento realiza inyección de gas propano cada veinte minutos. Dicha inyección se realiza por los siguientes tiempos:

Cuadro 3. 5 Tiempo de inyección de gas propano por caldera (HNM).

Caldera	Tiempo de Inyección
No.1	20 segundos.
No.2	10 segundos.

Fuente: Registros técnicos HNM.

El consumo de gas propano por el sistema de generación de vapor es de un tambo de 100 lbs cada 30 días, presentando el siguiente consumo anual y reportando las emisiones de CO₂ emitidas a la atmosfera por dicho combustible:

Poder calorífico neto para el Gas Propano¹³

P. C. Neto = 0.019636 GJ/Lbs.

El factor de emisión de CO₂ para el gas propano es de:¹⁴

FECO₂ = 63.6 TONCO₂/ TJ que es equivalente a 0.0636 TON CO₂ /GJ

CO₂ producido por la utilización de Gas Licuado de Propano (GLP) para la generación de vapor se tiene:

$$TONCO_2 \text{ Producido} = \text{consumo de GLP} \times \text{P. C. Neto} \times \text{FECO}_2$$

$$\begin{aligned} TONCO_2 \text{ Producido} &= 103.33 \frac{\text{Lb}}{\text{mes}} \times 0.019636 \frac{\text{GJ}}{\text{Lb}} \times 0.0636 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{GJ}} \\ &= 0.129044 \text{ TONCO}_2 / \text{mes} \end{aligned}$$

Lo que es equivalente a emisiones anuales de 1.5194 TON de CO₂.

¹³ www.gealianova.com/secciones/geotermia/documentos/comparativa.pdf

¹⁴ Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España años 1990-2011

En el cuadro 3.6 se presentan las emisiones de TON de CO₂ por consumo de gas propano.

Cuadro 3. 6 Toneladas de CO2 emitidas a la atmosfera por uso de GLP en el sistema térmico del HNM.

Meses	Combustible(Lb)	(TON CO ₂ / mes)
Enero	103.33	0.129044
Febrero	93.33	0.116555
Marzo	103.33	0.129044
Abril	100.00	0.124885
Mayo	103.33	0.129044
Junio	100.00	0.124885
Julio	103.33	0.129044
Agosto	103.33	0.129044
Septiembre	100.00	0.124885
Octubre	103.33	0.129044
Noviembre	100.00	0.124885
Diciembre	103.33	0.129044
Total	1,216.64/año.	

Fuente: Personal técnicos HNM-UES, año 2011.

El HNM presentó un costo promedio en el último año, para el consumo de gas propano de US\$45.48/tambo de 100 Lbs., consumiendo un aproximado de 12 tambos al año equivalente al consumo de 1,216.64 Lbs. de gas propano, lo que se traduce a US\$545.712¹⁵.

¹⁵Datos calculados en base a los registros de costos por GLP de 100 lbs. del MINEC.

3.1.1.1 Áreas del Hospital Nacional de Maternidad que poseen demanda de Vapor.

La demanda de vapor en el HNM se encuentra enfocada para usos de limpieza entre ellos los de mayor demanda son: El área de lavandería para lavado y secado de ropa; El área de Arsenal para esterilización de equipo quirúrgico y en menor proporción el área de fórmulas lácteas, para la esterilización de pachas y elaboración de alimento para neonatos.

El sistema de vapor cuenta con retorno de condensado únicamente de las áreas con mayor demanda de vapor, es decir del área de lavandería y arsenal.

La producción de vapor en el HNM se realiza los 365 días del año por 11 hrs. al día de trabajo, en un horario de 6:00 a.m. a 5:00 p.m.

El sistema trabaja de forma alterna, es decir, cada caldera trabaja únicamente 6 meses y se le da mantenimiento los 6 meses en que no se encuentra en funcionamiento.

En la Figura 3.1 se presenta un diagrama de bloques ilustrando la distribución de vapor en las instalaciones del HNM y describiendo aquellas que presentan demanda de vapor del literal a) hasta el literal c).

a) Área de Lavandería.

En esta área se concentra la mayor demanda de vapor por las actividades de limpieza que se generan, los equipos con los que se cuenta en la zona de lavado son 5 lavadoras (Dos americanas de capacidad de 100 y 400 Lb; 3 europeas), de estas 2 tienen capacidad de 100 Lbs. y 1 de 250 Lbs. En la zona de secado cuenta con 4 secadoras (2 de estas con retorno de condensado, 3 de estas con capacidad de 200 Lbs. y 1 con capacidad de 70 Lbs.), 1 planchador de rodillo, 2 planchadores de prensa con retorno de condensado y 2 planchadores eléctricos.

b) Área de Arsenal (Esterilización de Equipos).

Esterilización de equipos es la segunda área con mayor consumo de vapor, cuenta con 4 autoclaves principales y 2 que son utilizados en caso de fallar alguno de los anteriores. De los 4 principales, 3 trabajan a base de vapor desde las 6.00am hasta las 5.00pm (Tiempo en que la Caldera está en funcionamiento), desde esa hora hasta la mañana siguiente utilizan energía eléctrica como fuente

para la generación de vapor. El Autoclave restante trabaja solamente a base de vapor.

c) Fórmulas Lácteas.¹⁶

El menor consumo de vapor se genera en el área de fórmulas lácteas, esta área no cuenta con retorno de condensado, acá se realiza la esterilización de utensilios para alimentación de neonatos.

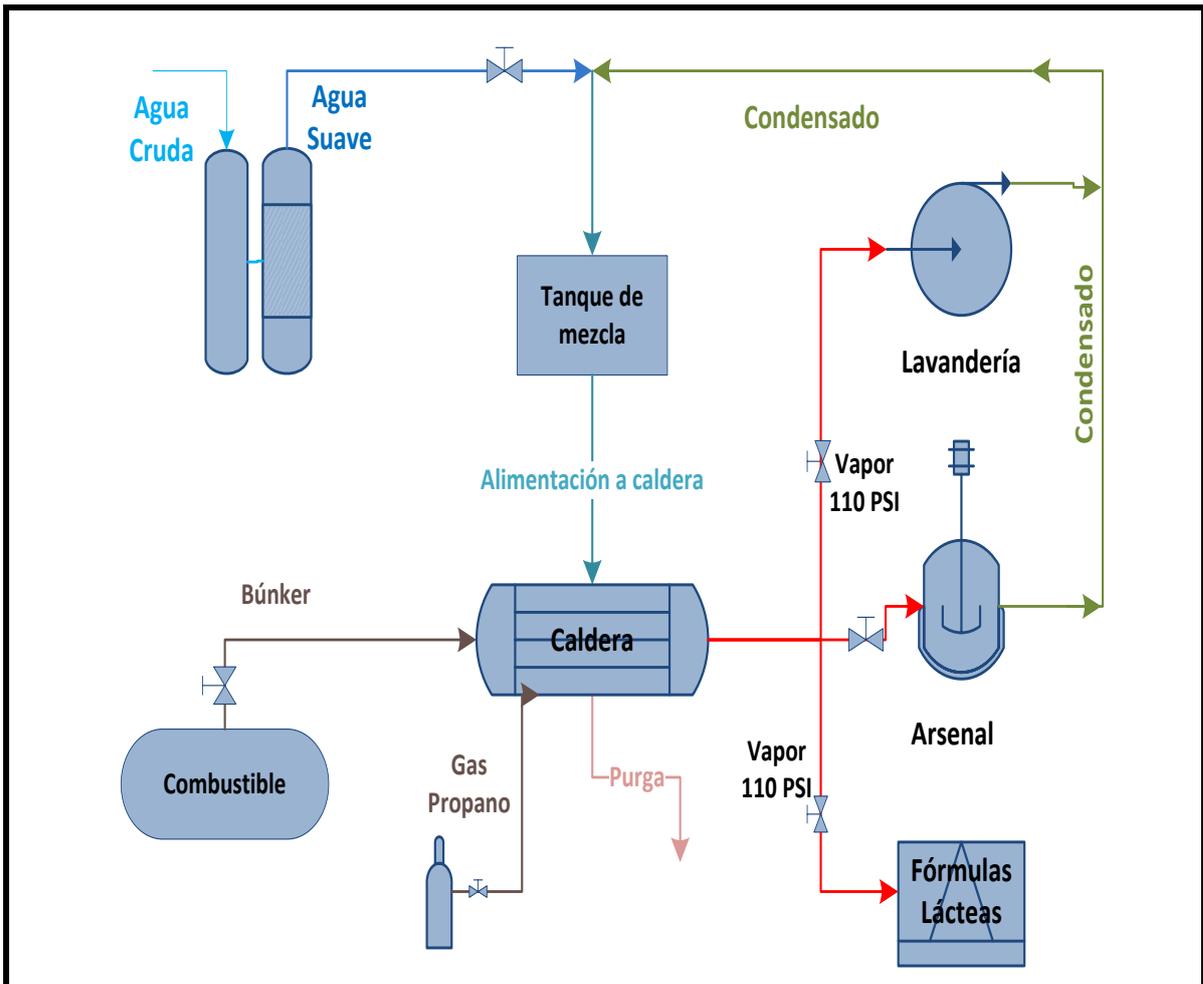


Figura 3. 1 Diagrama del Sistema de Generación de Vapor del HNM.

3.1.2 Sistema Eléctrico con el que cuenta El Hospital Nacional de Maternidad.

El HNM cuenta con dos acometidas una de estas facturada como “Clínica ginecológica”, ubicada sobre la 1ª calle poniente en San Salvador; la segunda acometida

¹⁶ Fórmulas Lácteas: Área destinada para la esterilización de equipos utilizados por neonatos y para preparación de leche de fórmula para los mismos.

facturada como “Colectivo”, ubicada sobre la Calle Arce en San Salvador cuyas instalaciones son subterráneas.

a) **Acometida sobre la 1ª calle poniente.**

Esta acometida posee un transformador trifásico con un voltaje resultante de 4,160 V que suministra la energía eléctrica a las siguientes áreas a través de 3 subestaciones con la siguiente distribución:

Cuadro 3. 7 Subestaciones y áreas suministradas de energía por acometida sobre 1ª Calle Poniente del Sistema Eléctrico del Hospital Nacional de Maternidad.

Subestación	Capacidad Instalada	Áreas Suministradas	Características
No.1	225 KVA	Emergencias	Posee una carga de 208 V trifásico y 120 monofásico.
		Comedores	
		Talleres	
		Fórmulas lácteas	
		Aires acondicionados de neonatos	
		Caldera No.2	
No.2	300 KVA	Caldera No. 1	Posee una carga de 208 V trifásico y 120 monofásico
		Elevador No.2	
		Área recién nacidos cuidados intensivos	
		Área recién nacidos cuidados mínimos	
		recién nacidos cuidados intermedios	
		Laboratorio clínico	
		Dpto. central de equipos	
		Compresor de aires médicos de neonatos	
		Dpto. de mantenimiento	
		Mamógrafo	
		Morgue	
		Oficinas de rayos X	
		Obstetricia	
		Cirugía Ginecológica	
		Áreas de encamado de puerperio	
		Área de lavandería (Sección de equipo Girbau)	
Sistema de bombeo			
No. 3	225 KVA	Equipo de rayos X	Carga de 480 V trifásico.
		Generador de vapor de autoclave # 5 (Arsenal)	

Fuente: Personal técnicos HNM-UES

El comportamiento del consumo de energía eléctrica para la acometida sobre la 1ª Calle Poniente, se presenta en el Cuadro 3. 8, en el cual puede apreciarse que el horario con

mayor consumo es el denominado como Resto, con un consumo promedio de 49,016.33 KWh/mes para el periodo comprendido desde Diciembre de 2010 a Noviembre de 2011.

Cuadro 3. 8 Consumo de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente.

Mes	Consumo Punta (18:00 - 22:59 H) kWh	Consumo Valle (23:00 - 04:59 H) kWh	Consumo Resto (05:00 - 17:59 H) kWh	Consumo Total (kWh)
dic-10	8,360.00	7,820.00	39,248.00	55,428.00
ene-11	8,708.00	8,092.00	47,708.00	64,508.00
feb-11	9,264.00	9,264.00	50,552.00	69,080.00
mar-11	9,576.00	9,136.00	51,368.00	70,080.00
abr-11	9,320.00	9,280.00	49,000.00	67,600.00
may-11	9,152.00	9,076.00	52,388.00	70,616.00
jun-11	8,848.00	8,764.00	53,492.00	71,104.00
jul-11	8,132.00	8,100.00	46,900.00	63,132.00
ago-11	8,688.00	8,644.00	50,908.00	68,240.00
sep-11	9,100.00	9,056.00	51,192.00	69,348.00
oct-11	8,000.00	7,680.00	45,960.00	61,640.00
nov-11	8,880.00	8,000.00	49,480.00	66,360.00
Promedio	8,878.91	8,576.00	49,016.33	66,428.00

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

El **Gráfico 3. 1** presenta la diferencia de consumo en KWh del horario Resto, respecto a los otros dos horarios (Punta y Valle), esto debido en gran medida al horario de atención de las áreas suministradas por esta acometida.

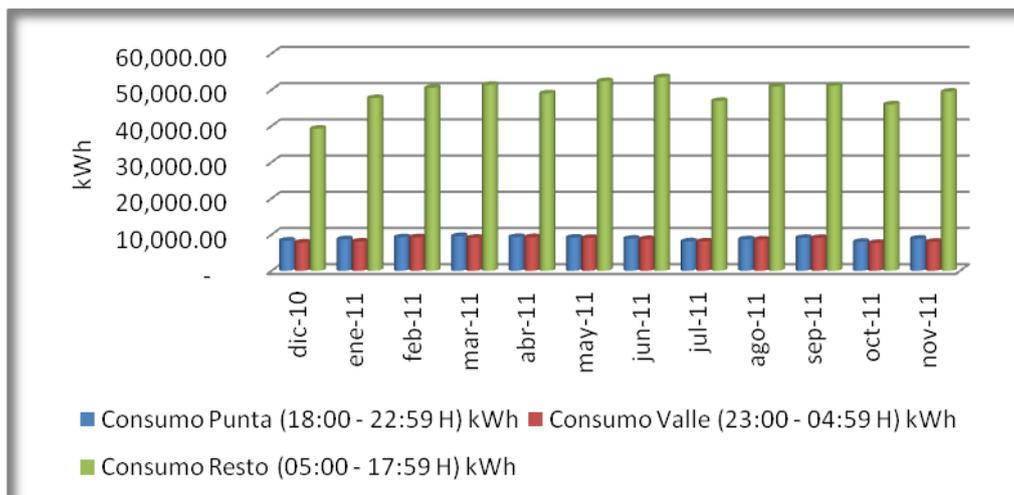


Gráfico 3. 1 Comportamiento del consumo de Energía Eléctrica por horario (acometida clínica ginecológica)

El costo monetario por este servicio básico se presenta en el **Cuadro 3. 9** con un promedio mensual de 66,428.00 kwh a un costo promedio de US\$ \$13,469.33/mensual facturada para la acometida de la 1ª calle poniente.

Cuadro 3. 9 Costo total de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente del HNM.

Mes	Consumo (kWh)	TOTAL
dic-10	55,428.00	\$9,119.76
ene-11	64,508.00	\$11,069.37
feb-11	69,080.00	\$12,022.33
mar-11	70,080.00	\$12,203.71
abr-11	67,600.00	\$13,308.12
may-11	70,616.00	\$14,257.45
jun-11	71,104.00	\$14,408.99
jul-11	63,132.00	\$14,650.89
ago-11	68,240.00	\$16,102.95
sep-11	69,348.00	\$16,290.81
oct-11	61,640.00	\$13,782.39
nov-11	66,360.00	\$14,415.22
Promedio	66,428.00	\$13,469.33

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

El gráfico 3.2 indica que los mayores costos asociados a la facturación de energía eléctrica para esta acometida, se presentan en los últimos meses del año, lo que podría deberse al cambio en la tasa de cobro por horario, por parte de las compañías que suministran energía eléctrica y/o a un incremento en la atención médica que se brinda en ese periodo en el HNM.

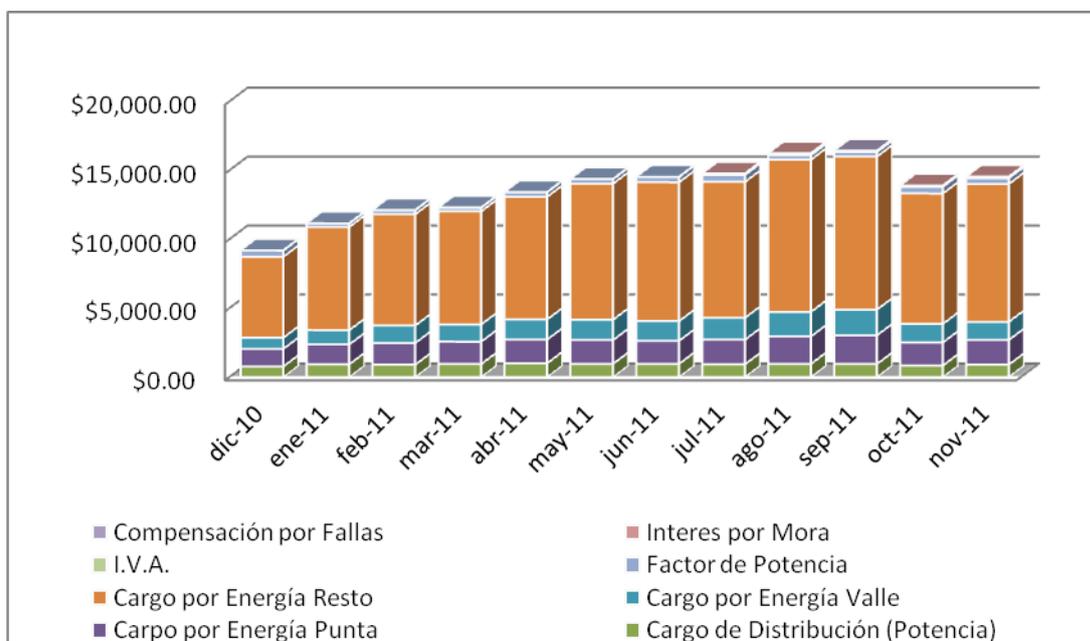


Gráfico 3. 2 Comportamiento de la Facturación de Energía Eléctrica (acometida 1ª Calle Poniente) del Hospital Nacional de Maternidad.

La acometida de la 1ª calle poniente presentó problemas con el factor de potencia ya que estaba con un valor menor a 1 lo cual produce una multa por parte de la compañía distribuidora de energía, aumentando con ello el costo facturado por ese servicio, indicando que del total de energía abastecida únicamente un promedio del 86.95% es utilizada por el hospital mientras que el 13.05% restante es energía que se desaprovecha. Estos porcentajes se obtuvieron en base al valor del factor de potencia facturado.

Los equipos como lámparas incandescentes, planchas, entre otros, en los cuales toda la energía que demandan para su funcionamiento se transforma en energía lumínica o energía calorífica, indican que no generan bajo factor de potencia, ya que el 100% es energía activa; por el contrario equipos como lavadoras, aires acondicionados, cuartos fríos, entre otros, necesitan de un motor para su funcionamiento. Una parte de la energía se transforma en energía mecánica, que es la energía activa, y la parte restante requiere

energía reactiva, necesaria para el propio funcionamiento de los equipos. Son estos equipos los que generan oscilaciones en el factor de potencia, es decir la energía que se transforma en trabajo es la energía activa y la usada por el equipo eléctrico para su funcionamiento es la energía reactiva, cuando se presenta problemas con el factor de potencia significa que estos equipos tienen un mayor consumo de energía reactiva respecto a la energía activa lo cual produce una circulación excesiva de corriente eléctrica en las instalaciones y en la red de distribución. Por tal razón las distribuidoras implementan una multa en función al bajo valor del factor de potencia. En el HNM, previo a la realización de este trabajo de investigación, se determinó que la energía desaprovechada se encontraba en el área de lavandería y se solventó la situación instalando un banco de capacitores, los cuales compensan los excesivos consumos de energía reactiva corrigiendo con ello, el bajo valor del factor de potencia y evitando en la actualidad la multa por parte de la distribuidora eléctrica.

En el Cuadro 3. 10 se presentan los valores de la demanda leída y el factor de potencia para el periodo Diciembre 2010- Noviembre 2011, en donde aún el HNM no había corregido el bajo factor de potencia.

Cuadro 3. 10 Demanda de energía y factor de potencia para el periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida 1ª Calle Poniente del Hospital Nacional de Maternidad.

Mes	Demanda Leída (kW)	Factor Potencia (%)
dic-10	208.00	84.4
ene-11	248.00	87.5
feb-11	240.00	87.3
mar-11	252.00	87.6
abr-11	268.00	87.3
may-11	256.00	87.5
jun-11	256.00	87.1
jul-11	248.00	86.2
ago-11	256.00	87.8
sep-11	252.00	87.8
oct-11	224.00	86.1
nov-11	240.00	86.8
Promedio	245.67	86.95

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

En el Gráfico 3. 3 se observa el comportamiento del factor de potencia, el cual en el periodo de los 12 meses analizados, se presentó siempre por debajo de la demanda leída indicando con esto, que no se estaba aprovechando correctamente la energía eléctrica.

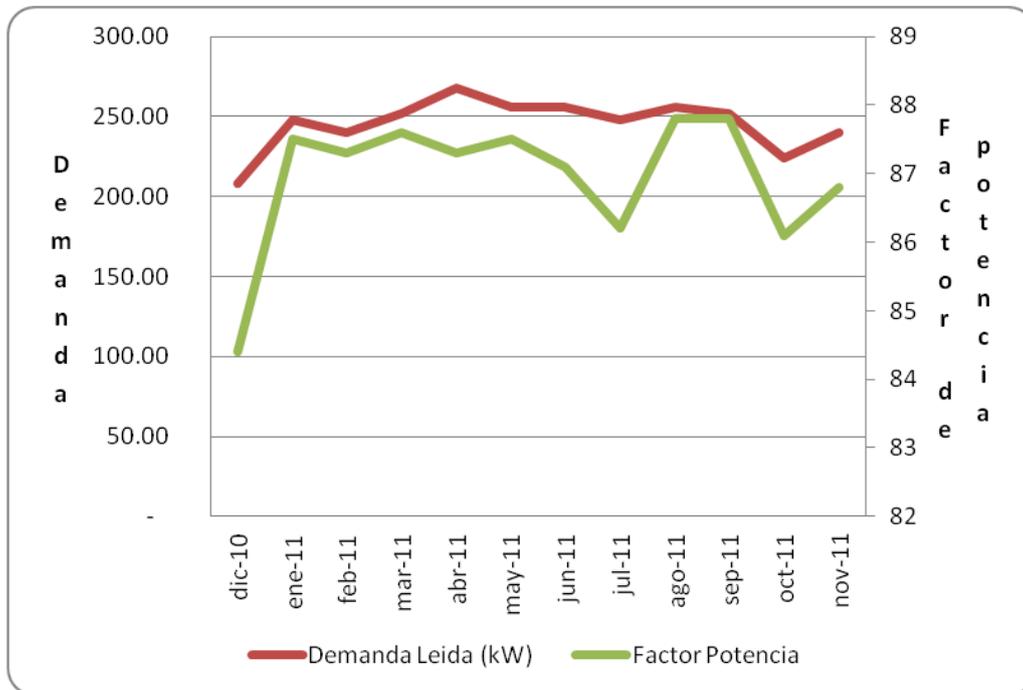


Gráfico 3. 3 Demanda Leída y Factor de Potencia (acometida 1ª Calle Poniente) del Sistema Eléctrico del Hospital Nacional de Maternidad.

a) Acometida de Energía Eléctrica ubicada en la Calle Arce del Hospital Nacional de Maternidad.

Esta acometida posee un transformador trifásico, donde el voltaje resultante es de 4,160 V. A partir de esta acometida la energía eléctrica se distribuye a una única sub-estación.

Las áreas a las que se les suministra energía eléctrica, mediante esta acometida, se presentan en detalle en el cuadro 3.11

Cuadro 3. 11 Subestaciones y áreas suministradas de energía por acometida sobre Calle Arce del HNM.

ACOMETIDA #2		
Tensión	Áreas a las que suministra	Características
500 kVA	Cuarto de Máquinas	Una carga de 208 v trifásico y 120v monofásicos.
	Elevador No.1.	
	Máquinas de lavandería	
	Salas de operaciones	
	Oficinas administrativas	
	Dirección y subdirección	
	Colposcopia	
	Sala de Partos	
	Unidad de Cuidados Intensivos (UCI Adultos)	
	Unidad de Cuidados Especiales (UCE Adultos)	
	Sala de Operaciones clínicas	
	División Médica	
	Aires acondicionados de Partos y Unidad de Enseñanza y Formación Profesional	
	Sótano de Consulta Externa	
Auditórium de clínica		

Fuente: Personal técnicos HNM-UES

En esta acometida el mayor consumo de energía eléctrica se presenta en el horario resto (5:00-17:59 hrs.) con un promedio aproximado de 55,000 KWh al mes, como puede observarse en el cuadro 3.12 y posteriormente representado en el gráfico 3.4 donde se indica el consumo para esta acometida en un período de Diciembre 2010 – Noviembre 2011.

Cuadro 3. 12 Consumo de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida sobre Calle Arce.

Mes	Consumo Punta (18:00 - 22:59 H) kWh	Consumo Valle (23:00 - 04:59 H) kWh	Consumo Resto (05:00 - 17:59 H) kWh	Consumo Total (kWh)
Dic-10	17,326.05	18,440.52	56,289.87	92,056.4
ene-11	18,160.38	18,745.02	58,999.92	95,905.3
feb-11	18,215.19	19,128.69	58,579.71	95,923.60
mar-11	19,177.41	20,212.71	59,627.19	99,017.30
abr-11	17,843.70	19,061.70	57,124.20	94,029.60
may-11	20,042.19	20,608.56	60,577.23	101,228.00
jun-11	19,238.31	19,889.94	60,552.87	99,681.10
jul-11	18,775.47	19,488.00	55,772.22	94,035.70
ago-11	18,367.44	19,128.69	57,733.20	95,733.20
sep-11	19,311.39	20,090.91	57,988.98	97,391.30
oct-11	18,757.20	19,122.60	54,566.40	92,446.20
nov-11	18,270.00	18,879.00	54,931.80	92,080.80

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

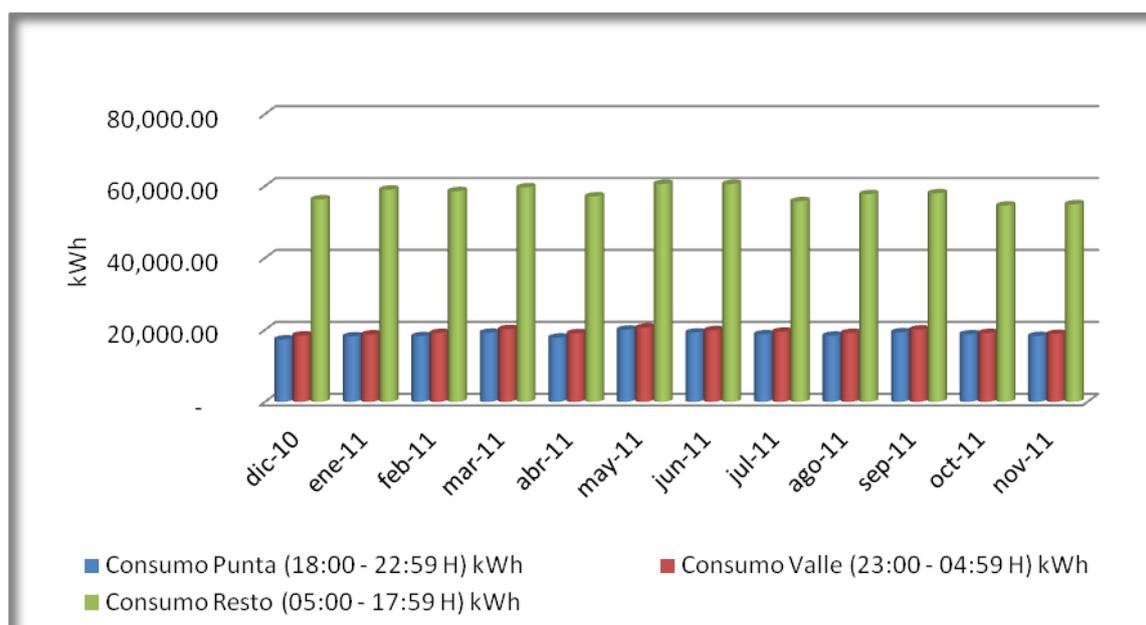


Gráfico 3. 4 Comportamiento del consumo de Energía Eléctrica por horario (acometida colectiva) del HNM

En ambas acometidas se presenta el mayor consumo en horario resto (5:00 – 17:59 hrs.) esto debido a la atención médica y administrativa realizadas en las instalaciones del HNM en dicho horario.

Los costos por este abastecimiento, facturados en el periodo de Diciembre 2010 a Noviembre 2011, se reportan en el **Cuadro 3. 13**. Se observa el aumento en los costos facturados en los últimos meses del periodo, lo cual se vuelve una problemática ya que por el ajustado presupuesto destinado a este centro asistencial, se presentan problemas para solventar el costo de este servicio básico.

Cuadro 3. 13 Costo total de Energía Eléctrica periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida colectivo del HNM.

Mes	Consumo Total (kWh)	TOTAL
dic-10	92,056.4	\$ 13,700.86
ene-11	95,905.3	\$ 15,443.95
feb-11	95,923.60	\$ 15,815.74
mar-11	99,017.30	\$ 16,314.81
abr-11	94,029.60	\$ 17,367.08
may-11	101,228.00	\$ 19,318.80
jun-11	99,681.10	\$ 19,020.83
jul-11	94,035.70	\$ 20,519.59
ago-11	95,733.20	\$ 21,488.15
sep-11	97,391.30	\$ 21,927.24
oct-11	92,446.20	\$ 19,258.15
nov-11	92,080.80	\$ 18,773.77

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

En el **Gráfico 3. 5** se refleja el comportamiento del costo por energía eléctrica total, facturado para la acometida subterránea ubicada sobre la calle Arce. La cual presenta mayor costo para los meses de Julio, Agosto y Septiembre. Sepresenta el mayor gasto en energía eléctrica en el mes de Septiembre 2011 con una facturación aproximada de US\$22,000.

Este comportamiento de aumento en este servicio se ve reflejado año con año, lo cual se vuelve un problema recurrente para la dirección del HNM.

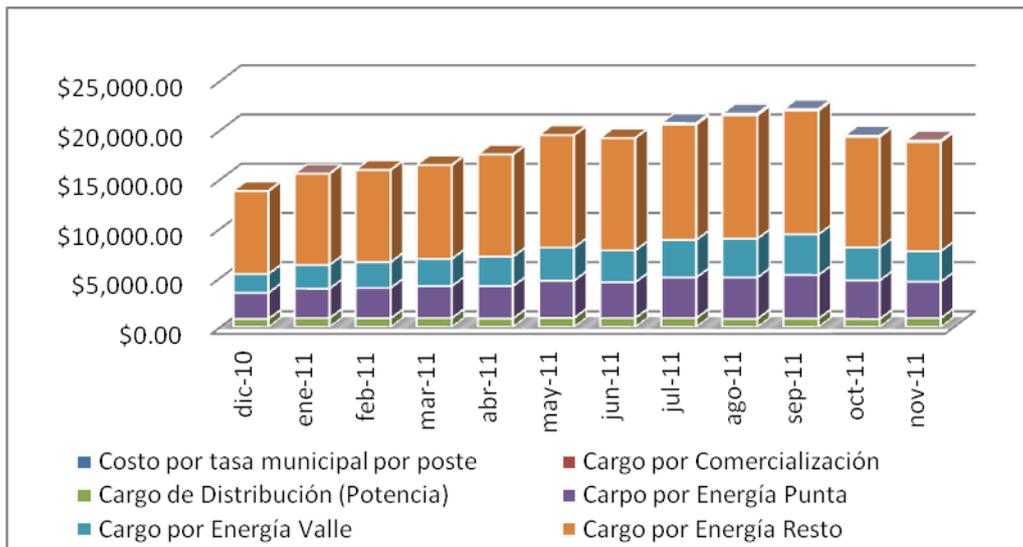


Gráfico 3. 5 Comportamiento de la Facturación de Energía Eléctrica, acometida calle Arce del HNM.

Para la acometida ubicada sobre la calle Arce, según los datos reportados en las facturas de energía eléctrica, esta presenta un buen aprovechamiento de la energía suministrada, ya que el valor del factor de potencia se encuentra por arriba del valor recomendado por las empresas que suministran la misma, representando únicamente un 6.66% de energía desaprovechada, encontrándose dicho valor dentro del margen correcto. El factor de potencia promedio reportado en el último año para esta acometida es del 93.34%. En el Cuadro 3. 14 se reporta la demanda leída mensual con su respectivo fdp.

Cuadro 3. 14 Demanda de energía y factor de potencia para el periodo Diciembre 2010 – Noviembre 2011, acometida Calle Arce del HNM.

Mes	Demanda Leída (kW)	Factor Potencia
dic-10	194.88	92.6
ene-11	213.15	92.9
feb-11	207.06	93.5
mar-11	213.15	93.2
abr-11	200.97	93.5
may-11	219.24	94
jun-11	213.15	94
jul-11	213.15	93.2
ago-11	194.88	93.2
sep-11	200.97	93.4
oct-11	188.79	93.3
nov-11	213.15	93.3
Promedio	206.05	93.34

Fuente: Registros de recibos de energía eléctrica, HNM.

El **Gráfico 3. 6** presenta el comportamiento del factor de potencia respecto a la demanda leída, en el cual indica el buen aprovechamiento de la energía eléctrica suministrada a las áreas del HNM alimentadas por esta acometida.

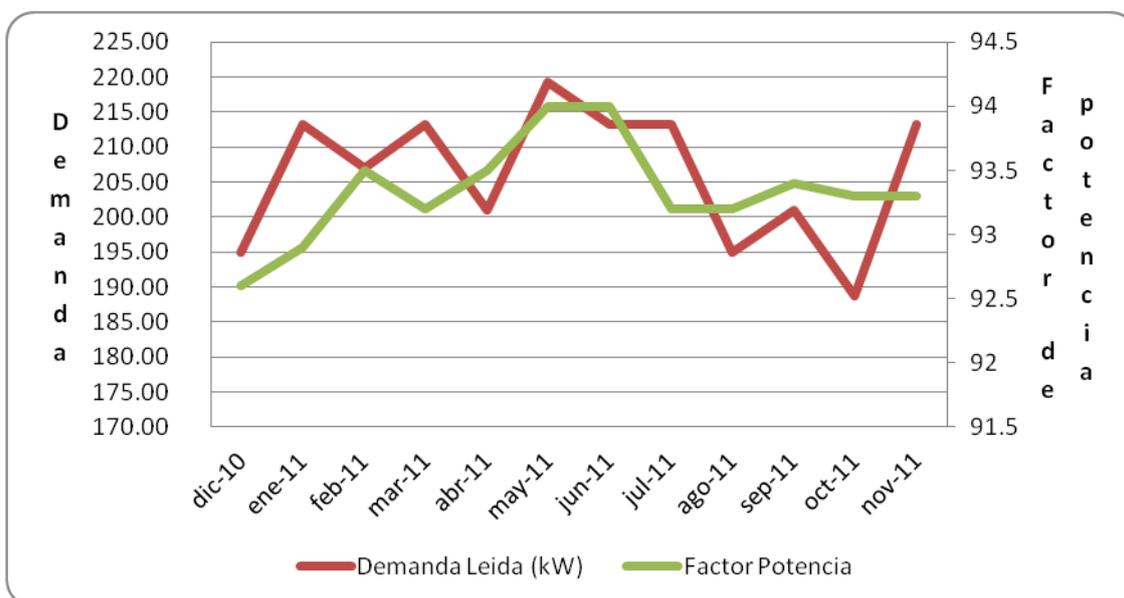


Gráfico 3. 6 Demanda Leída y Factor de Potencia, acometida calle Arce del HNM.

En cuanto a energía eléctrica, este trabajo de investigación se enfocará en el sistema de luminarias, calentador eléctrico y aires acondicionados, ya que de las visitas realizadas a las instalaciones del HNM y del análisis realizado a su historial de consumo eléctrico, el mejorar la eficiencia en estos sistemas podría generar una disminución en el consumo energía eléctrica, disminuyendo así los costos por este servicio.

3.1.2 Identificación de Operaciones Generadoras de Pérdidas de Recursos en el Hospital Nacional de Maternidad.

En esta sección se reportan todas las pérdidas observadas en las visitas realizadas al HNM con el objetivo de verificar todas aquellas pérdidas de recursos energéticos, ya sean en el área térmica y eléctrica.

3.1.2.1 Identificación de potenciales de mejora en el Área Térmica.

En esta área se citan las pérdidas de energía observadas en el recorrido por las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad, que se describe en los literales a y b.

a) Análisis de Gases de Combustión.

Los análisis a los gases de combustión de la caldera del HNM se presentan a continuación en el Cuadro 3. 15. Estos fueron tomados de los reportes presentados por una empresa que realiza el monitoreo de las emisiones de los gases de combustión en el HNM, en donde se verifica la energía emitida a la atmosfera en dichos gases los cuales pueden considerarse un desaprovechamiento de energía.

Cuadro 3. 15 Análisis de Gases de Chimenea de la Caldera del HNM.

Parámetro	Unidad de Medida	Análisis 1 Fuego Bajo	Análisis 2 Fuego Medio	Análisis 3 Fuego Alto	Promedio
O₂	%	3.20	5.1	4.00	4.10
CO	ppm	8.00	0.00	4.00	4.00
CO₂	%	14.00	12.40	13.40	13.30
NO	ppm	280	300	308	296.00
NO₂	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00
NO_X	ppm	280	300	308	296.00
SO₂	ppm	991	964	360	771.70
Exceso de Aire	%	17.00	31.00	22.00	23.33
Eficiencia de Combustión	%	89.20	85.70	86.20	87.03
Temperatura de gases	°F	333	452	458	414.33
Temperatura Ambiente	°F	85.4	87.60	91.8	88.30
Gases Ambientales Corregidos al 10% de O₂					
CO (10)	ppm	5	0	2	2.33
NO (10)	ppm	172	208	198	192.7
NO₂ (10)	ppm	0	0	0	0.00
NO_X (10)	ppm	172	208	198	192.70
SO₂ (10)	ppm	609	667	232	502.70

Fuente: Reportes BACHARACH, INC.

Los intervalos normales para el buen funcionamiento de un sistema de vapor se presentan en el Cuadro 3. 16 donde puede observarse que los promedios de los parámetros como el exceso de aire, O₂ y CO₂ se encuentran dentro de los intervalos adecuados de operación. En cuanto a los gases CO, NO_x y SO₂ presentan una desviación significativa, respecto a los valores del margen correcto.

Cuadro 3. 16 Valores adecuados de los parámetros de gases de chimenea.

PARÁMETRO	VALOR ADECUADO DE FUNCIONAMIENTO
Exceso de aire	20% - 25%
O ₂	2% - 5%
CO ₂	12.5% - 14%
CO	80 – 150 ppm
NO _x	50 – 100 ppm
SO ₂	180 – 220 ppm

Fuente: Manual Práctico tecnología de medición en calderas
Instrumentos Testo S.A. (2004).

Por lo general el funcionamiento de la caldera se da por periodos de mayor demanda de vapor, de tal forma que el encendido y apagado del equipo generador de vapor se realiza a fuego bajo. Las hrs de mayor demanda son en el turno matutino de 6:30 a 10:30 a.m. y por la tarde de 1:00 a 3:00 p.m.

En el caso de la temperatura de gases de chimenea, estos están siendo emitidos a la atmosfera con una temperatura promedio de 414.33 °F (212°C) pero debe tomarse en cuenta que si se trabaja a fuego bajo la temperatura de las emisiones disminuye considerablemente presentando un valor aproximado de 333 °F(156°C).

b) Fugas de Vapor identificadas en el Hospital Nacional de Maternidad.

La red de distribución de vapor verificada en las instalaciones del HNM, presentan fugas en las trampas de vapor ubicadas en el área de lavandería, con una temperatura de superficie de los accesorios de 102 °C (183.60°F) y con un diámetro de fuga aproximado de 1 mm a una presión de 110 PSI. El cuadro 3.17 presenta las especificaciones de las fugas de vapor encontradas.

Cuadro 3. 17 Especificaciones de fugas de vapor en las Trampas de Vapor del HNM.

Entrada de vapor.	Ubicación de la fuga.	Diámetro de la tubería. (pulg.)	Diámetro de la fuga (mm)	Temperatura de Superficie de la tubería (°C)	Presión a la que se encuentra la tubería. (PSI)
Entrada N°1 (Lavandería)	Secadora N° 1	½	1	102	110
	Secadora N° 2	½	1	102	110

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

3.1.2.2 Identificación de potenciales de mejora en el Área Eléctrica.

En esta área se detallan los sistemas que podrían tener mejoras en su uso, según se observó durante el recorrido por las instalaciones al HNM.

a) Sistema de Luminarias con las que cuenta el Hospital Nacional de Maternidad.

Actualmente el HNM posee arreglos de luminarias en su mayoría de la tecnología T12 en los 66 departamentos verificados. Para la clasificación de los diferentes tipos de iluminación que son utilizados en el HNM, se utilizarán los siguientes términos:

- I) Focos: Todos aquellos que su principio de funcionamiento son los filamentos de tungsteno.
- II) Luminarias empotradas: Todas aquellas que datan desde la construcción del hospital.
- III) Luminarias superficiales: Todas aquellas que han sido adicionadas a lo largo de los años debido a la finalización de la vida útil, de las luminarias empotradas o por la inventiva de mejora en áreas donde originalmente existían otras tecnologías.

En el transcurso de los años el hospital de maternidad ha ido de alguna manera buscando, reducir el consumo de energía eléctrica a tal grado que solamente se utilizan focos, en los lugares donde son estrictamente necesarios. En el cuadro 3.18, se presenta la distribución de la iluminación en las diferentes áreas del Hospital Nacional de Maternidad.

Cuadro 3. 18 Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.

Servicio	Tipos de iluminación															
	Focos						Luminaria Empotrada						Luminaria Superficial			
	60W	hr	20 W	Hr	40 W	hr	2*20 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Lavandería													47	11	3	11
Central de equipos	1	24			4	24			14	24					2	24
Almacén general	2	8			3	8					3	8	46	8		
Administración	1	8									16	8				
Farmacia			1	24					5	24						
Cirugía obstétrica	2	24	5	24					6	24	20	24				
Puerperio	1	24			1	24					10	24	2	24		
Oncología	2	24									16	24				
Auditorio hospital	5	8							5	8	1	8			9	8
Infectología	3	24							12	24	1	24			12	24
Perinatología											33	24				
Quirófanos			2	24					6	24	50	24				
Sala de partos											47	24				
Casa de médicos			10	24					24	24	5	24				
Neonatología									56	24	19	24				
Mantenimiento	2	8	10	8	12	8							20	8		
Calderas													7	12		
Subestación caldera													3	8		
Capilla													2	8		

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

CONTINUA...

Cuadro 3. 19a Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.

Servicio	Tipos de Iluminación															
	Focos						Luminaria Empotrada						Luminaria Superficial			
	60W	Hr	20 W	hr	40 W	hr	2*20 W	hr	2*40 W	Hr	4*40 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Oficina de enfermería													3	8		
Financiero contable										8	8			3	8	
UACI										3	8					
Dirección			1	8					10	8	11	8				
Sub dirección							2	8								
Colposcopia	2	8					1	8	11	8						
Sala de espera colposcopia	2	8								5	8					
Trabajo social	7	8								6	8					
Citas	2	8								8	8					
sala de espera citas										6	8					
Informática										7	8					
Clínica empresarial										2	8					
Laboratorio infertilidad										2	8					
Recepción sala de operaciones										1	8					
Recursos humanos	2	8											25	8		
División médica													1	8		
Sala de estar													1	8		
Patrimonio									2	8						
Oficina de comunicaciones													3	8		

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

CONTINUA..

Cuadro 3. 20b Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.

Servicio	Tipos de Iluminación															
	Focos						Luminaria Empotrada						Luminaria Superficial			
	60W	hr	20 W	hr	40 W	hr	2*20 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Oficina UFP											4	8				
Sala de reuniones			1	8							6	8				
Recepción											6	8				
Biblioteca											4	8				
Departamento de Ginecología y obstetricia											6	8				
Auditorio de la clínica	5	8									12	8				
Consulta externa									2	8						
Fisioterapia									7	8						
Sala de espera Consulta externa	6	24	29	24					32	24						
Cuartos de exámenes									1	8						
Enfermería jefe de servicio									2	8						
farmacia consulta externa									2	8						
Reuniones docencia									2	24						
Electrocardiograma									1	8						
Unidad de psicología									1	8						
feje de consulta externa									1	8						
Oficina Jurídica									1	8						
Quimioterapia juvenil											4	8				

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

CONTINUA...

Cuadro 3. 21c Inventario de luminarias en HNM por Área de servicio.

Servicio	Tipos de Iluminación															
	Focos						Luminaria Empotrada						Luminaria Superficial			
	60W	hr	20 W	hr	40 W	hr	2*20 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Sala de espera familiares emergencia								3	8							
Administración de pacientes emergencia								2	24							
estación enfermería emergencia										6	24					
cuartos de exámenes emergencia										8	24					
Alcaldía										10	8					
Pasillo perinatología	1	24								5	24					
Pasillo sala electiva										5	24					
Pasillo RX					4	24										
Farmacia								3	8							
Cafetería								2	24							

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

Para efectos de estudio, se realiza un consolidado, de acuerdo al tipo de iluminación para posteriormente realizar propuestas de producción más limpia de acuerdo a esta clasificación. En el Cuadro 3. 22se presenta el Resumen de la potencia instalada y el consumo en el HNM, de acuerdo a la clasificación del tipo de iluminación así como sus respectivas horas de uso.

Cuadro 3. 22 Resumen de consumo energético en concepto de iluminación del Hospital de Maternidad.

Tipo de iluminación	Potencia	Cantidad	Horas de uso
Focos	60W	46	248
	20 W	59	144
	40 W	24	88
Luminaria empotrada	2*20 W	3	16
	2*40 W	208	352
	4*40 W	352	480
Luminaria Superficial	2*40 W	157	111
	4*40 W	29	75

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

En base a la información descrita en el Cuadro 3. 22se establecen los tipos de iluminación que presentan un mayor aporte al cargo mensual por energía eléctrica para el HNM, en el gráfico 3.7

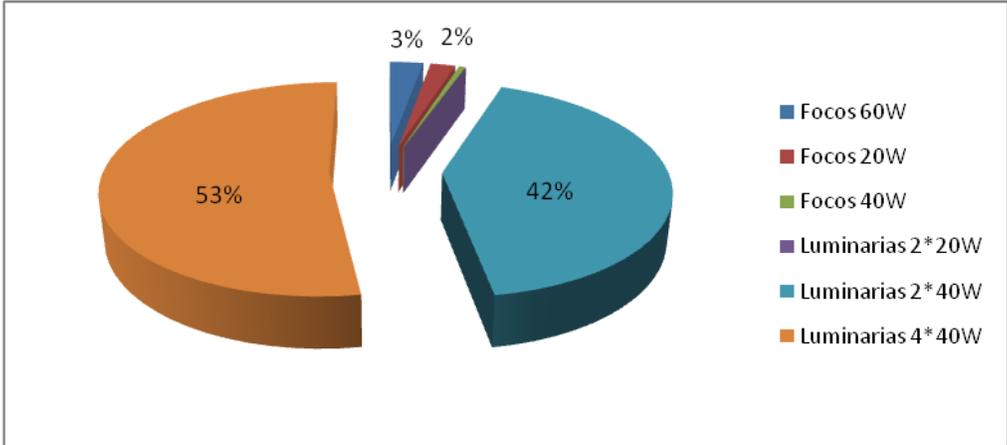


Gráfico 3. 7 Distribución del consumo Energético por Tipo de Iluminación en el HNM.

En base al gráfico 3.7 es evidente que el 95% del consumo eléctrico total, se debe a luminarias de 40W en arreglos de 2*40W (42%) y de 4*40 W (53%).

b) Parámetros de Operación del Calentador de Agua con que cuenta el HNM.

El HNM cuenta con un calentador eléctrico, ubicado en el área de neonatos, el cual se utiliza para bañar a los recién nacidos. La función de dicho calentador de agua es mantener el agua a una temperatura de 42 °C, con un promedio de uso de 2 hrs únicamente en horario matutino. Este posee una capacidad aproximada de 40 gal.

c) Aires Acondicionados instalados actualmente en el HNM.

En cuanto a aires acondicionados, se presentan los tipos más comunes, utilizados en las diferentes áreas del HNM.

Cuadro 3. 23 Equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.

Ubicación	Equipo	Capacidad	Voltaje (v)	Potencia (W)	Horas de uso
Fórmulas Lácteas	Aire Acondicionado Minisplit	48,000 BTU/hr	220	8,800	24
Financiero Contable.	Aire acondicionado tipo ventana	32,500 BTU/hr	220	4,070	8
Colposcopia	Aire Acondicionado	36,000 BTU/hr	220	3,542	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 BTU/hr	220	3,542	8
Administración	Aire acondicionado minisplit	24,000 BTU/hr	220	2,662	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit	36,000 btu/hr	220	3,542	8
División Médica	Aire Acondicionado minisplit condensador	24,000BTU/hr	220	1,870	8
Planificación Familiar	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 btu/hr	220	3,520	8
Neonatos, Dirección.	Aire Acondicionado	24,000 BTU/hr	220	2,662	24

Fuente: Equipo técnico UES -HNM

El grado de eficiencia que presenta la muestra tomada de equipos de aires acondicionados con los que cuenta el HNM se indica a continuación:

El coeficiente de eficacia frigorífica “EER” es un indicador de la eficiencia de los equipos de aire acondicionado. Mientras más alto sea el valor de este indicador, el equipo de aire acondicionado será más eficaz y eficiente generando un menor costo de operación.

$$EER = \frac{\text{Capacidad del equipo (BTU/hr)}}{\text{Potencia requerida por la unidad. (W)}}$$

Para el Equipo de aire acondicionado de fórmulas lácteas se tiene:

$$EER = \frac{48,000 \text{ BTU/hr}}{8,800 \text{ W}} = 5.45$$

Cuadro 3. 24 Indicador EER para equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.

Ubicación	Equipo	Capacidad	Potencia (W)	EER
Fórmulas Lácteas	Aire Acondicionado Minisplit	48,000 BTU/hr	8,800	5.45
Financiero Contable.	Aire acondicionado tipo ventana	32,500 BTU/hr	4,070	7.99
Colposcopia	Aire Acondicionado	36,000 BTU/hr	3,542	10.16
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 BTU/hr	3,542	10.16
Administración	Aire acondicionado minisplit	24,000 BTU/hr	2,662	9.02
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit	36,000 btu/hr	3,542	10.16
División Médica	Aire Acondicionado minisplit condensador	24,000BTU/hr	1,870	12.83
Planificación Familiar	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 btu/hr	3,520	10.23
Neonatos, Dirección.	Aire Acondicionado	24,000 BTU/hr	2,662	9.01

Fuente: Equipo técnico UES –HNM

Para los equipos individuales, el indicador EER con valor arriba de 11 se consideran más eficientes.

Como puede observarse en el Cuadro 3. 24 para los equipos más comunes de aire acondicionado con los que cuenta el HNM, únicamente un equipo supera el valor de 11, lo cual indica que el costo de operación de los demás equipos es mayor, generando con ello un mayor costo por energía eléctrica.

Para la identificación en general de las operaciones de pérdidas de insumos se tiene:

- a. Pérdidas en trampas de vapor, ubicadas en el área de lavandería, dichas fugas de vapor, se transforman en pérdida de combustible convirtiéndose así en pérdidas económicas. En la práctica se ha visto que con el correcto funcionamiento de las trampas de vapor se alcanzan ahorros desde un 0.01% hasta un 3.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera.¹⁷ Reduciendo de esta forma el costo monetario por la operación de las calderas y las toneladas de CO₂ emitidas a la atmosfera por utilizar combustible fósil.
- b. Mayor consumo de combustible por la falta de un tanque que lo precaliente. El fuel oil No.6 presenta un rango de temperaturas donde su ignición se da de manera correcta en 105.56-116.67 °C (190-210 °F),debajo de esta temperatura, este es muy viscoso por lo que produce hollín en la base de la caldera y unos gases de combustión cargados de monóxido de carbono. Por temperaturas arriba de esta, como su viscosidad es muy baja se forma espuma que produce oscilación de la llama, que puede tender a apagarla.
- c. Pérdida de condensado debido a la poca capacidad del tanque para contenerlo, ya que en la actualidad el HNM solo cuenta con un tanque de mezcla de agua suavizada y retorno de condensado. Un tanque de alimentación mal diseñado es una fuente de pérdidas de calor.
- d. Mayor consumo de energía eléctrica por utilización de tecnología en iluminación que demanda mayor potencia.

¹⁷ Fuente: Guía de buenas prácticas en eficiencia energética para sistemas de vapor.

- e. Mayor consumo de Energía eléctrica por la utilización de aires acondicionados individuales con un bajo valor del indicador EER.
- f. Mayor consumo de energía eléctrica por la utilización de tanque calentador de agua en el dpto. de neonatos.

3.2. FASE II: Análisis de Las Etapas del Proceso de Generación de Energía Térmica del Hospital Nacional de Maternidad.

En esta sección se presenta el diagrama de proceso de generación de energía térmica en función de la capacidad de producción del sistema térmico del HNM.

La capacidad de producción de vapor de las calderas con la que opera el HNM es de 57,000 Lb de vapor /día siendo un aproximado de 5,182 Lbs. de vapor/hr. A continuación se realiza el balance de materia al sistema térmico, en función a un análisis de sólidos disueltos, cuyos valores fueron medidos en las visitas realizadas y comparados con los presentados por una empresa privada que realiza los análisis de forma periódica. Los datos se presentan en el Cuadro 3. 25:

Cuadro 3. 25 Análisis de SDT temperaturas de las diferentes corrientes, HNM.

Ubicación de la muestra.	Análisis 1 (18/01/12)	Análisis 2 (07/02/12)	Promedio	Temperatura (°C)
Agua Fresca Suavizada (ppm de SDT)	350	400	375	31
Alimentación a la caldera (ppm de SDT)	250	250	250	72
Condensado (ppm de SDT)	100	<100	100	77
Caldera (ppm de SDT)	2500	3000	2750	--
% Retorno condensado	28.0	37.5	32.75	--

Fuente: Reportes ECOCHEM, S.A. de C.V y mediciones UES-HNM.

3.2.1 Diagrama de Generación de Vapor del Hospital Nacional de Maternidad:

En la figura 3.2 se presenta el sistema de generación de vapor con parámetros de funcionamiento tales como presión, temperatura, sólidos disueltos y retorno de condensado.

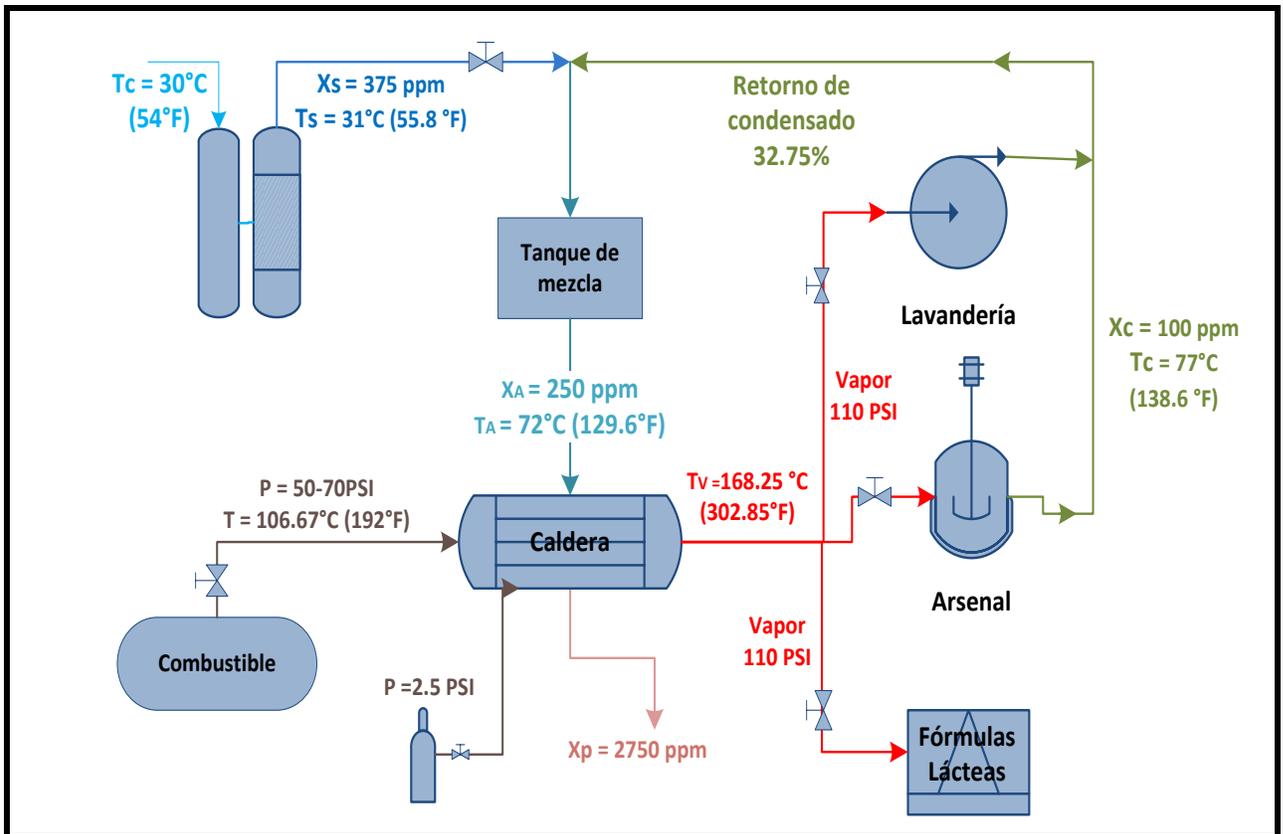


Figura 3. 2 Diagrama con parámetros de operación del Sistema de Generación de Vapor del HNM.

➤ Cálculo de tasa mínima de purga actual.

$$purga = \frac{\text{ppm agua de alimentación}}{\text{ppm caldera} - \text{ppm agua alimentación}} \times 100\%$$

$$purga = \frac{250 \text{ ppm}}{2750 \text{ ppm} - 250 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$purga = 10\% \text{ de purga respecto al agua alimentada.}$$

3.2.2 Balance de Materia y Energía.

Para realizar en balance de materia al sistema térmico, se tomara tres sistemas y se presenta además un balance general para la capacidad total del sistema de generación de vapor del HNM.

Se utilizan las siguientes simbologías y una base de 1 hr de producción.

A: Alimentación P: Purga V: Vapor C: Condensado S: Suave

a) Balance de Materia para obtener la Capacidad Máxima de Producción del Sistema Térmico del HNM: Sistema 1. Caldera.

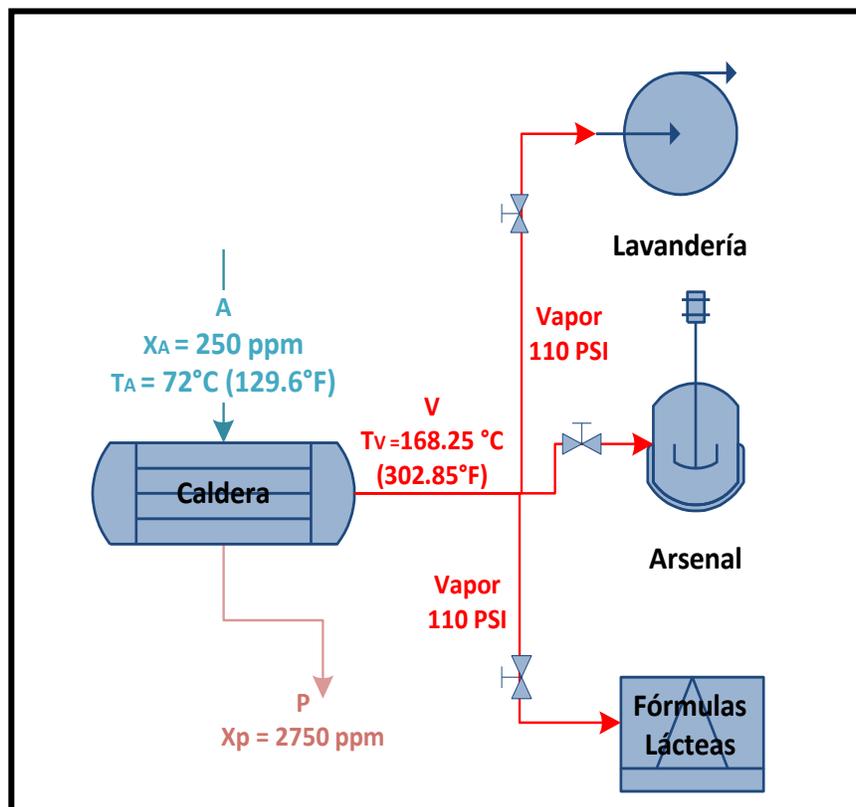


Figura 3. 3 Diagrama del Sistema 1 para análisis de Balance de Materia.

Balance Global:

$$A = P + V \quad Ecu. (1)$$

$$A = P + 5,182$$

✓ Balance por Sólidos:

$$AX_A = PX_P + VX_V \quad \text{Ecu. (2)}$$

$$A(250 \times 10^{-6}) = (2750 \times 10^{-6})P + (0.0)V$$

$$A(250 \times 10^{-6}) = (2750 \times 10^{-6})P$$

resolviendo dos ecuación dos incognitas se tiene:

$$A = 5700.20 \text{ Lbs de Agua de alimentación.}$$

$$P = 518.20 \text{ Lbs de Agua purgada.}$$

b) Sistema 2. Balance de Materia para Tanque de Mezcla (agua de alimentación a la Caldera.)

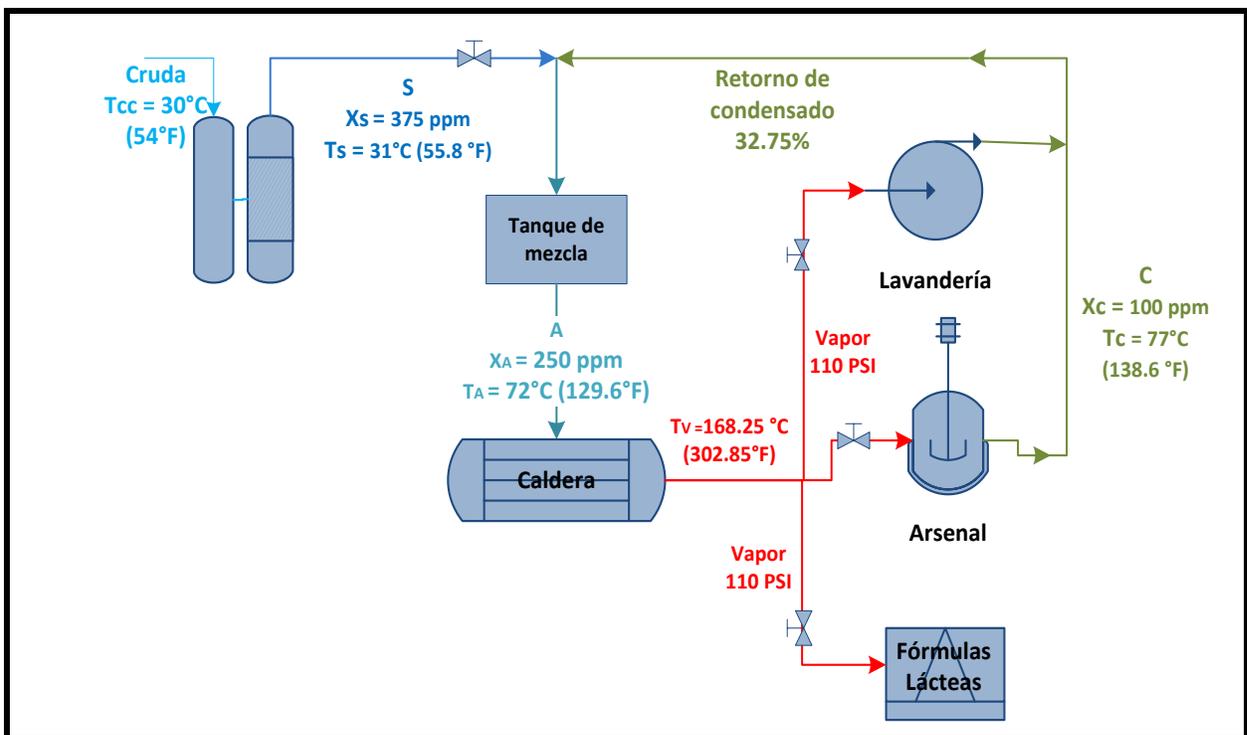


Figura 3. 4 Diagrama del Sistema 2 para análisis de Balance de Materia para el Sistema de Vapor, HNM.

✓ Balance Global:

$$C + S = A \quad \text{Ecu. (3)}$$

$$C + S = 5,700.20$$

✓ Balance por Sólidos:

$$CX_C + SX_S = AX_A \quad \text{Ecu. (4)}$$

$$C(100 \times 10^{-6}) + S(375 \times 10^{-6}) = A(250 \times 10^{-6})$$

Resolviendo dos ecuación con dos incognitas se tiene:

$$C = 2591 \text{ Lbs de Condensado.}$$

$$S = 3109.20 \text{ Lbs de Agua Suavizada.}$$

Flujos másicos	
$m_A = 5,700.20 \text{ Lbs agua/hr}$	$m_S = 3,109.20 \text{ Lbs agua/hr}$
$m_C = 2,591 \text{ Lbs agua/hr}$	$m_P = 518.20 \text{ Lbs agua/hr}$
$m_V = 5,182 \text{ Lbs vapor/hr}$	

En el siguiente diagrama (figura 3.5) se presentan el valor de cada corriente del sistema de generación de vapor, determinado por el balance de materia

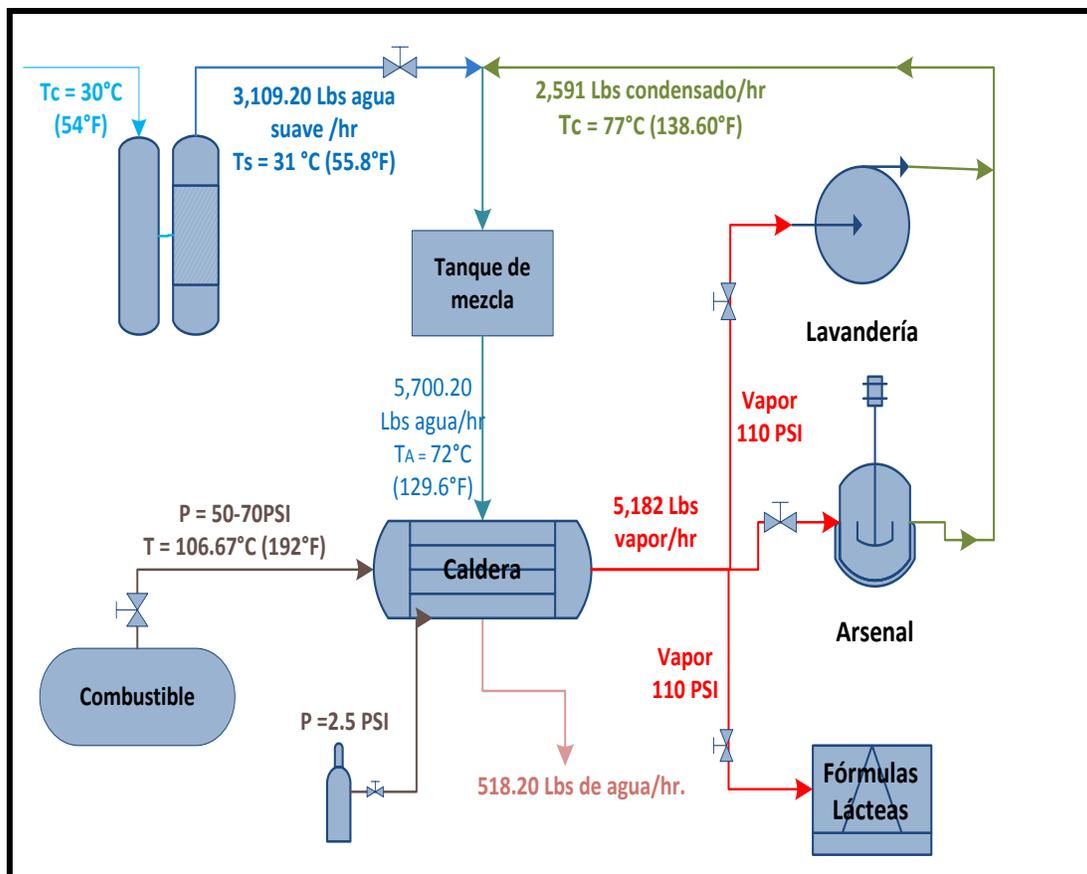


Figura 3. 5 Diagrama con resultados de balance de materia del Sistema de Generación de Vapor del HNM

3.2.3 Propuestas de Opciones de Prevención y/o Eliminación de Pérdidas de Recursos en el Área de Generación de Vapor del HNM.

Dentro de las operaciones generadoras de pérdidas de recursos que fueron verificadas en las visitas al HNM y reportadas en la sección 3.1.3, se proponen las siguientes opciones para la prevención y/o eliminación de pérdidas de recursos:

Se describen las propuestas de opciones de prevención y/o eliminación de pérdidas de insumos asociadas al área de generación de vapor, verificada en el HNM.

I) Sustitución y/o Reparación de Trampas de Vapor.

El sistema de trampas de vapor con que cuenta el Hospital Nacional de Maternidad son del tipo de cubeta invertida, cuya función es drenar el condensado producido por la reducción

de temperatura debido a la radiación de calor en los equipos secadores hasta el tanque de mezcla, para luego ser alimentado a la caldera, como se muestra en la figura 3.6

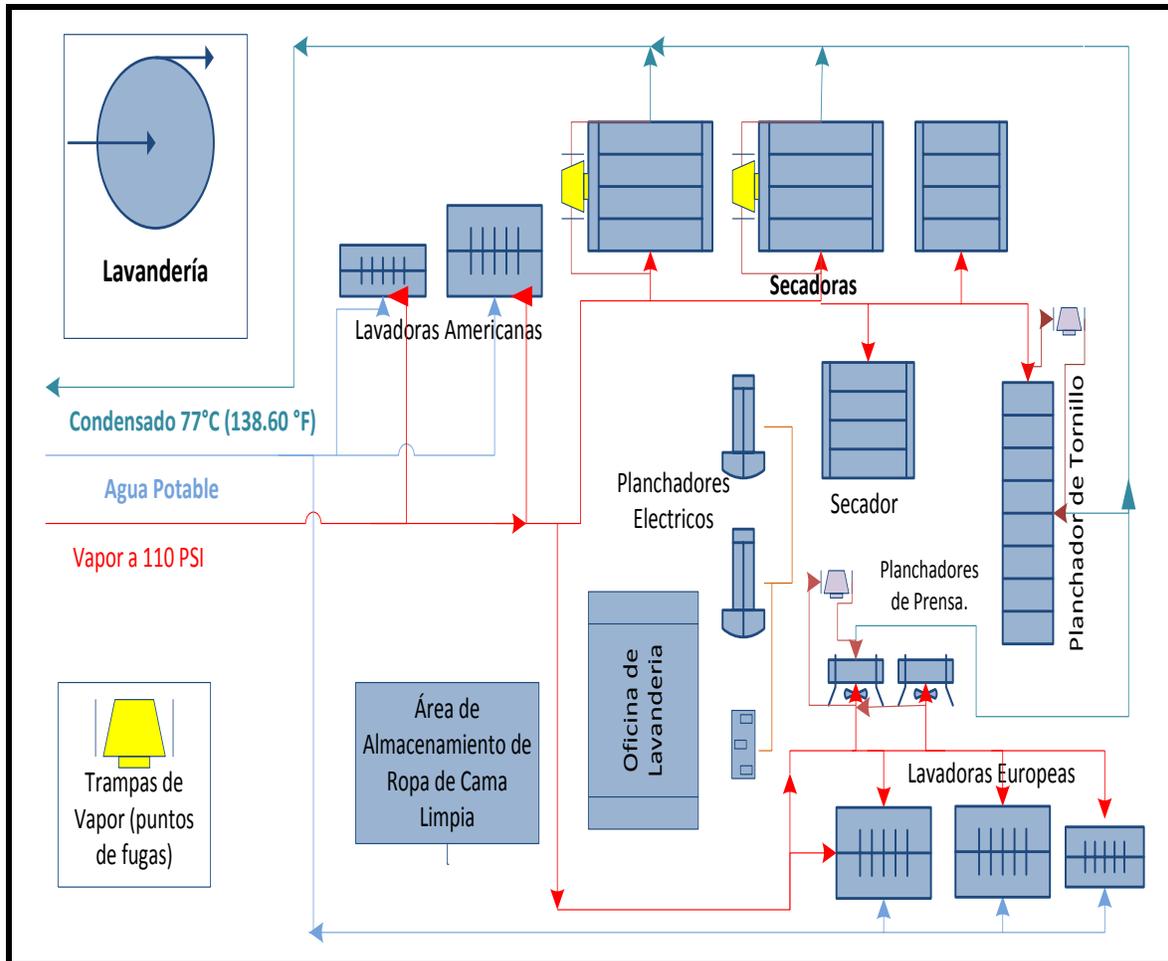


Figura 3. 6 Diagrama de distribución de insumos en el área de Lavandería en el HNM.

Si bien este tipo de trampas de vapor cuenta con el principio técnico de operación más confiable en el mercado, ya que proveen un drenaje continuo. La zona de lavandería es una de las mayores zonas consumidoras de vapor en el HNM, presenta pérdida de energía en forma de vapor en las líneas de retorno de condensado de los equipos secadores con una temperatura promedio de condensado de 77 °C, esto debido a daño parcial en las trampas de vapor.

Las condiciones óptimas de operación de las trampas para condensados, trae como beneficio que los procesos de transferencia de calor se lleven a cabo de manera eficiente. Dicha operación óptima depende de varios factores, entre los cuales destacan la buena selección del tipo de trampa y su correcta instalación, que el sistema no presente golpes de ariete¹⁸ y que exista un programa de mantenimiento adecuado. La medida es una mejora operativa y de mantenimiento ya que el correcto funcionamiento de las trampas de vapor se da cuando este ingresa a los equipos de proceso, el calor es transferido a través de las paredes al fluido o producto para su calentamiento.

Como el vapor cede su calor éste se condensa, el condensado así formado comienza a acumularse en el espacio destinado para el vapor en el equipo. El uso de las trampas para condensados justamente es para drenar este sin permitir fugas de vapor.

Las trampas de vapor son la llave para optimizar el drenaje del condensado en los sistemas de vapor y éstas deben cumplir con tres funciones básicas:

- i) Drenar los condensados, manteniendo las condiciones de presión y temperatura del vapor requeridos en los procesos.
- ii) Eliminar el aire y otros gases no condensables, pues el aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Se debe tener en cuenta que la presencia de oxígeno y bióxido de carbono son corrosivos en presencia de condensado.
- iii) Evitar pérdidas de vapor de alto contenido energético, así como agua del sistema.

Las fallas más comunes que presentan las trampas de vapor se describen a continuación:

- i) Falla en posición cerrada: Es notable por el pobre comportamiento del equipo debido a inundaciones por condensado. Esta clase de falla pasa desapercibida en las tuberías de vapor.
- ii) Falla en la posición abierta: Causa pérdidas de vapor vivo. Las trampas frecuentemente descargan a un sistema de retorno de condensados y el vapor

¹⁸ Golpe de ariete es el choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento un fluido líquido es modificado bruscamente.

vivo que sale por el tanque de almacenamiento puede indicar problemas; no obstante, es difícil localizar la trampa defectuosa.

- iii) Operación deficiente: Es la falla más común, y también la más difícil de identificar y localizar; resulta en pérdida de vapor. Puede ser causada por numerosas razones específicas a cada tipo de trampa y los ejemplos son excesivamente repetitivos: cierre incompleto de válvulas, cierre lento en respuesta al vapor, etc.

Los diferentes tipos de trampas de vapor producen diferentes sonidos cuando están en operación. Un operador o técnico puede ser entrenado para reconocer estos sonidos y diagnosticar cuando una trampa de vapor funciona en forma incorrecta.

Se recomienda reparar estas fugas de vapor ya que esto traerá como beneficio, el ahorro de energía.

Dado que el vapor tiene un alto valor energético y como también se deja de desperdiciar agua tratada, se reduce el costo económico del tratamiento de agua fresca. Esta práctica se enmarca dentro de las actividades de mantenimiento y mejoramiento continuo a las instalaciones.

En la práctica se ha visto que con el correcto funcionamiento de las trampas se alcanzan ahorros desde un 0.01% hasta un 3.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera.¹⁹

Los intervalos recomendados para la revisión del sistema de trampeo son:

- i) Sistema de alta presión (más de 965.27 KPa (140 psi)): Semanal o mensual
- ii) Sistema de presión media (de 13.79 a 68.95 KPa (28 a 140 psi)): Mensual o trimestral
- iii) Sistema de baja presión (menos de 13.79 KPa (28 psi)): Anual.

Los sistemas de vapor que no han recibido mantenimiento por un periodo de tiempo mayor a tres o cinco años, suelen ser de entre el 15% y el 30% de las trampas de vapor que se

¹⁹ Fuente: Guía de buenas prácticas en eficiencia energética para sistemas de vapor.

“atascan”. Algunas de éstas pueden estar en posición abierta y por tanto, permitirán el escape de vapor vivo al sistema de retorno de condensado. En los sistemas de vapor sujetos a un programa de mantenimiento, el número de trampas abiertas no debe superar el 5% del total.

II) Instalar un economizador para Gases de Chimenea para calentar agua suavizada para ser alimentación a la caldera.

El economizador se aplica para los gases de chimenea, teniendo como objetivo fundamental la recuperación de calor de los gases de chimenea, antes que estos sean emitidos a la atmosfera, lo cual significaría la optimización del uso de la energía recuperada y obtener de esta manera una alta eficiencia en la caldera.

Los gases de combustión que salen de la caldera suficientemente caliente a una temperatura superior a 230 °C (441°F) tienen energía que puede ser utilizada para precalentar el agua de alimentación a la caldera y disminuir con esto la demanda de combustible que presenta la caldera. Los economizadores son más que intercambiadores de calor que permiten que los gases de combustión cedan calor al agua de alimentación. Se debe tener en cuenta que existe un límite de temperatura del cual no debe pasar ya que no es posible enfriar los gases 150 °C -175 °C, ya que se podrían producir corrosiones en conductos debido a la condensación de ácido sulfúrico. A esta temperatura se le denomina temperatura de rocío.

Se recomienda la instalación de un economizador para mejorar la recuperación de calor total y la eficiencia del sistema de vapor del HNM hasta en un 10%²⁰ esto dependiendo de las condiciones que presenten los gases de chimenea del sistema.

Básicamente los economizadores son un intercambiador de calor de superficie extendida, en donde por el interior de los tubos pasa el agua de alimentación a la caldera y por el lado exterior de los tubos los gases de combustión. En el Cuadro 3. 26 se presenta una comparación de la eficiencia de la caldera con la alternativa propuesta.

²⁰Fuente: Guía de buenas prácticas en eficiencia energética para sistemas de vapor.

Cuadro 3. 26 Comparación de Eficiencia de Caldera con economizador.

Eficiencia de Caldera Con Economizadores.		
Sistema²¹	Eficiencia de Combustión con 4% de exceso de oxígeno (%)	Temperatura de Gases de Chimenea.
Caldera	78 – 83%	350 -550 °F
Con economizador de alimentación (EA) de agua	84 – 86%	250 – 300 °F
Con economizador de agua y economizador condensante.	92 -95%	75 – 150 °F

Fuente: Energytips- vapor, PamberEnergy, Dec.2009.

III) Instalar un pre - calentador para el combustible.

Variaciones en las características de quemado del combustible podrían ocasionalmente requerir ajustes para asegurar las más altas eficiencias en la combustión. Las características del combustible podrían variar de una entrega a otra, por consiguiente, es recomendado que el sistema de combustible sea inspeccionado de vez en vez para verificar las presiones.

Ciclos Encendido/Apagado arriba de 8 veces por hora podrían acortar la vida del motor de aire de combustión y causar desgaste excesivo en los mecanismos de conexión eléctricos y electrodos piloto.

a) Temperatura del combustible.

El Fuel Oil 6 presenta un rango de temperaturas donde su ignición se da de manera correcta en el intervalo de 80°C (190°F)- 99°C (210°F), debajo de esta temperatura este es muy viscoso por lo que produce hollín en la base de la caldera y unos gases de combustión cargados de monóxido de carbono.

²¹ Ver en anexos cada tipo de economizador.

Por temperaturas arriba de 99°C (210°F), como su viscosidad es muy baja se forma espuma que produce oscilación en la llama, que puede tender a apagarla.

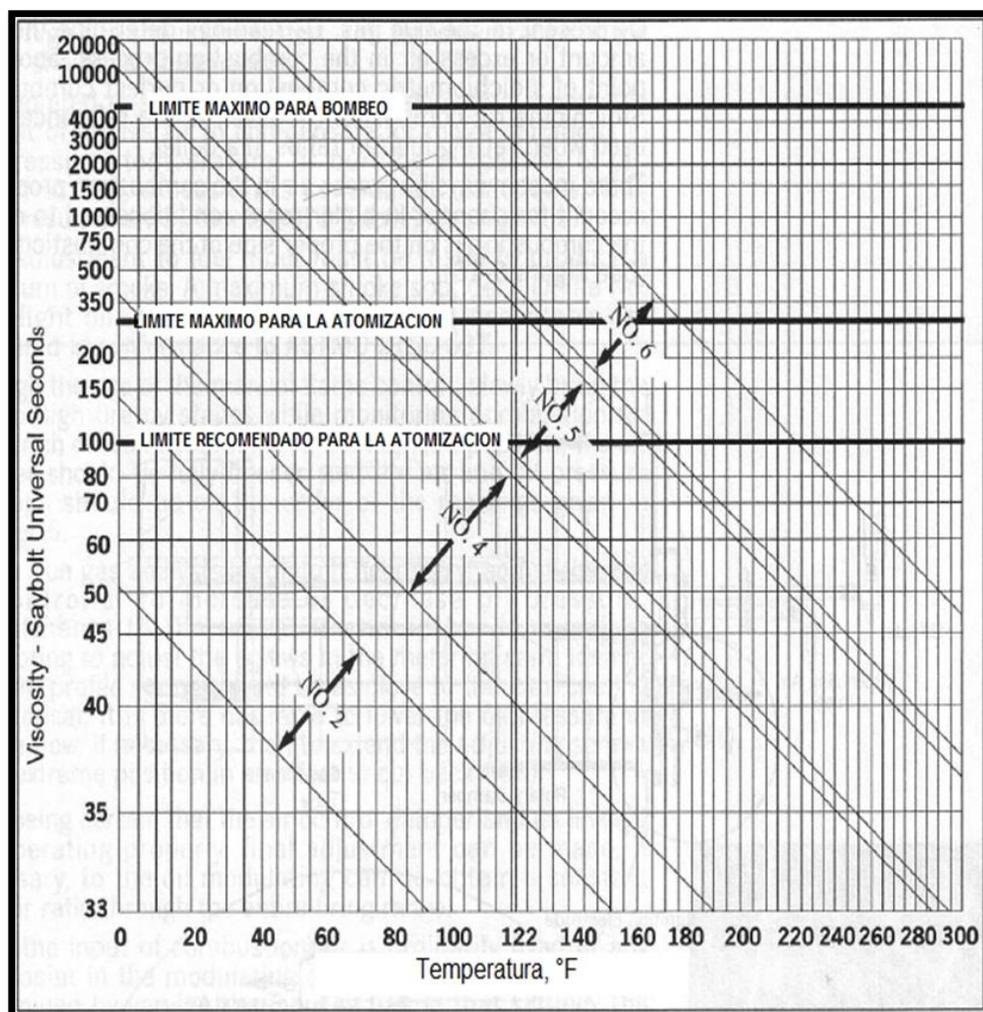


Figura 3. 7 Viscosidad del combustible Fuel Oil No.6 (Bunker).²²

Para prevenir residuos en el calentador de combustible, la bomba de combustible debe estar en operación durante todo el tiempo que el calentador de combustible esté en servicio. Durante todo el tiempo que la bomba de combustible no esté en operación, el sistema de calentamiento de combustible debe estar eléctricamente desconectado por el giro manual del interruptor del sistema en la posición Off.

²² Fuente: Manual Calderas CB

Cuando la caldera esté apagada o conmutada para quemar gas, la bomba debe operar por un período suficiente de tiempo para enfriar el calentador de combustible. Similarmente, si un calentador eléctrico, (a vapor o agua caliente) es removido por mantenimiento, la temperatura del calentador debe ser reducida por el paso del combustible hasta que sea enfriada.

Las calderas en estudio poseen un integrado de pre - calentador de combustible, de funcionamiento eléctrico, este se debe ajustar a una temperatura aproximada de 111.11°C (200°F).

El calentador eléctrico equipado para el Fuel Oil N° 6 está adecuado para suplir el calor necesario en un rango determinado para fuego bajo y conviene principalmente para arranques en frío.

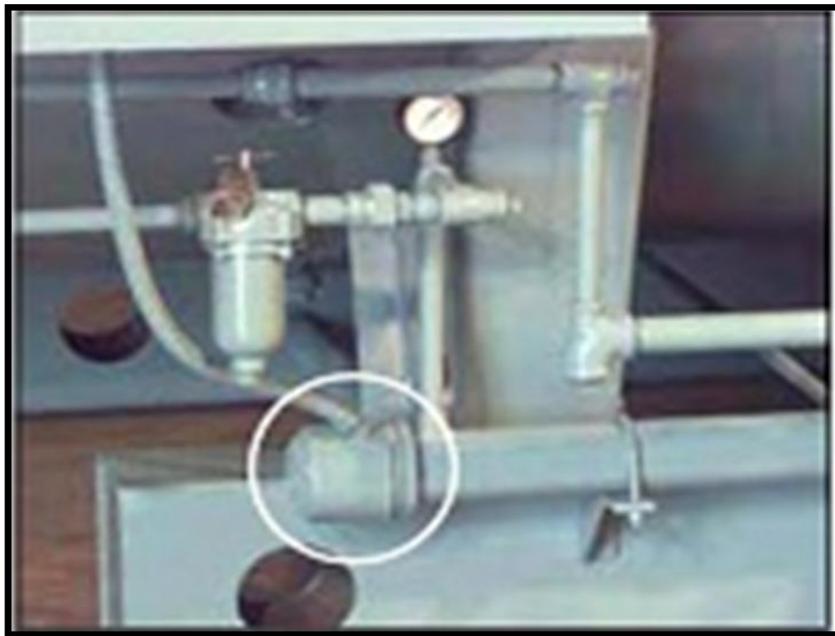


Figura 3. 8 Calentador Eléctrico de Fuel Oil No.6 (Bunker)

Este calentador para la caldera de estudio mantiene una temperatura Fuel Oil de 88°C (192°F) por lo que existe un gradiente de temperatura aprovechable para llevar el fuel oil a una temperatura cercana a los 122.22°C (220°F)

Se observó que existen fuentes de calor donde se puede dimensionar un pre-calentador de combustible para disminuir el consumo eléctrico, evitar el desgaste de los equipos por los ciclos de encendidos excesivos y recuperar estos condensados, por lo cual se propone como alternativa el uso de vapor que en estos momentos se pierde, tal y como se muestra en las ilustraciones siguientes.



Figura 3. 9 Pérdida de Vapor Cercana a la Caldera en el HNM.

b) Realizar un programa de mantenimiento autónomo.

Este programa de mantenimiento debe ir enfocado a ajustes menores que el operador de la caldera tenga que realizar. En este plan de mantenimiento se propone:

i) Limpieza de filtros de boquillas atomizadoras de combustible.

El diseño del quemador junto con el sistema de purga de aceite combustible en quemadores de combustibles pesados, hacen innecesaria la limpieza de la boquilla durante periodos de operación. Una rutina de chequeo y cualquier otra necesaria, debe ser hecha en periodos de paro o cuando el quemador está quemando gas.

Si en cualquier momento la flama parece “delgada” o “perezosa” es posible que la punta de la boquilla o el arremolinador estén parcialmente bloqueados. Cualquier bloqueo dentro de la boquilla causará que la presión de aire incremente arriba del valor normal.

Se debe realizar la limpieza con un solvente adecuado. Se debe usar una brocha de fibras suaves o una pieza punzante de madera suave para limpiar. No use alambre u objetos metálicos con punta, los cuales podrían rasgar o deformar los orificios así como la precisión de las superficies del arremolinador y la punta.

Se debe buscar señales de rasgaduras o señales de desgaste o erosión, que podrían hacer que la boquilla no encaje, sin olvidar tomar las precauciones necesarias con el uso del solvente.

Esta limpieza se recomienda se realice semanalmente para mejorar el rendimiento de las boquillas atomizadoras.

ii) Limpieza de filtro de succión y descarga de Fuel Oil y Filtros de combustible

Los filtros deben ser limpiados frecuentemente para mantenerlos libres y llenos de flujo de combustible.

La pantalla de los filtros debe ser removida y limpiada en intervalos regulares. Es aconsejable remover la pantalla cada mes y limpiarla cuidadosamente sumergiéndola en un solvente y soplándola con aire comprimido seco.

Se debe mantener el cartucho del filtro limpio, girando con regularidad el exterior con una vuelta completa en cualquier dirección. Se debe hacer esto a menudo hasta que la experiencia indique la frecuencia necesaria para mantener óptimas condiciones de flujo.

Se debe drenar el sumidero tan a menudo como la experiencia indique la necesidad, remover el sumidero o el ensamble de la cabeza y el cartucho para limpieza e inspección a intervalos frecuentes. Se debe tener cuidado de no dañar los discos del cartucho y las hojas limpiadoras, lavar el cartucho en solventes y no intentar desarmar el cartucho.

iii) Mantenimiento del quemador de aceite combustible.

El quemador debe ser inspeccionado en busca de evidencia de daños debido a ajustes incorrectos en la combustión. Cualquier hollín formado en el difusor o la boquilla debe ser removido. Se debe buscar en la punta de los electrodos, picaduras o depósitos de combustión y ser limadas con una lima fina si es requerido. Se debe buscar en el aislamiento de porcelana, cualquier grieta que pueda estar presente. Si las hay, se debe reemplazar el electrodo debido a que estas pueden llevar a tierra el voltaje de ignición. Dado que el carbón es un conductor eléctrico, de ser necesario mantenga limpio el aislamiento de carbón.

El amoníaco ayudará a remover el carbón y hollín. Se debe buscar en los cables de ignición grietas en el aislamiento.

iv) Monitoreo de la eficiencia de combustión

La frecuencia de los ajustes del quemador depende de muchos factores, incluyendo: el tipo de quemador, tipo de combustible, condiciones de carga, temperatura ambiente, variables climáticas y las prácticas de mantenimiento. La relación aire-combustible debe ser chequeado mensualmente con el fin de alertar al operador de pérdida en la eficiencia, las cuales no producen cambios visibles en la flama. Cada vez que se realice un mantenimiento en el varillaje del quemador, se debe chequear la relación aire/combustible.

El mantenimiento autónomo recomendado se resume de acuerdo a su frecuencia en el cuadro 3.24

Cuadro 3. 27 Programación propuesta de mantenimiento de Calderas para el HNM.

Diario	Mensual	Semi-anual	Anual
Verificar nivel de agua	Inspeccionar el quemador	Limpiar el dispositivo de corte por baja agua	Limpiar las superficies del lado del fuego
Verificación visual de la combustión	Inspeccionar por fugas de gas de escape	Limpiar el filtro de combustible	Limpiar la culata
Purga de la caldera	Inspeccionar por puntos calientes	Limpiar el limpiador de aire y el separador de aire/combustible	Inspeccionar las superficies del lado del agua
Purga de la columna de agua	Verificar levas	Inspeccionar el refractario	Verificar las válvulas de seguridad
Registrar presión y temperatura del agua de alimentación	Verificar el apriete de la válvula de cierre de combustible	Remover y limpiar el pre calentador	
Registrar la presión y temperatura del combustible	Verificar las conexiones de combustible y aire	Verificar el acoplamiento de la bomba de aire	
Registrar la presión de gas	Verificar las luces indicadores y alarmas	Inspeccionar/reparar el alojamiento del quemador y los sellos.	
Tratar el agua de acuerdo al programa establecido	Verificar los controles limitadores y operativos		
Registrar la presión del aire atomizador	Verificar los controles de seguridad e interbloqueo		
	Verificar ruido, fugas, vibración, condiciones inusuales, etc.		

Fuente: Manual de calderas CB

v) **Dimensionar un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.**

En el tanque de alimentación de agua hacia la caldera se mezclan el agua fresca suavizada, para que sea químicamente apta para usar en la caldera, y el retorno del condensado del sistema de vapor. Se recomienda la instalación de un tanque de alimentación con la capacidad de almacenamiento necesaria para el retorno de condensado y el agua suavizada de acuerdo a los requerimientos de producción de vapor diario. Si el tanque de mezcla tiene el diseño adecuado, en relación a la cantidad de retorno de condensado y al agua suavizada que utiliza la caldera, dicho sistema aprovechará al máximo el uso del calor y con esto los costos por el tratamiento químico al agua fresca se reducirán. Se recomienda la instalación de un tanque de mezcla para captar el agua de alimentación a caldera y sistemas de control asociado, que se muestra en la figura 3.10.

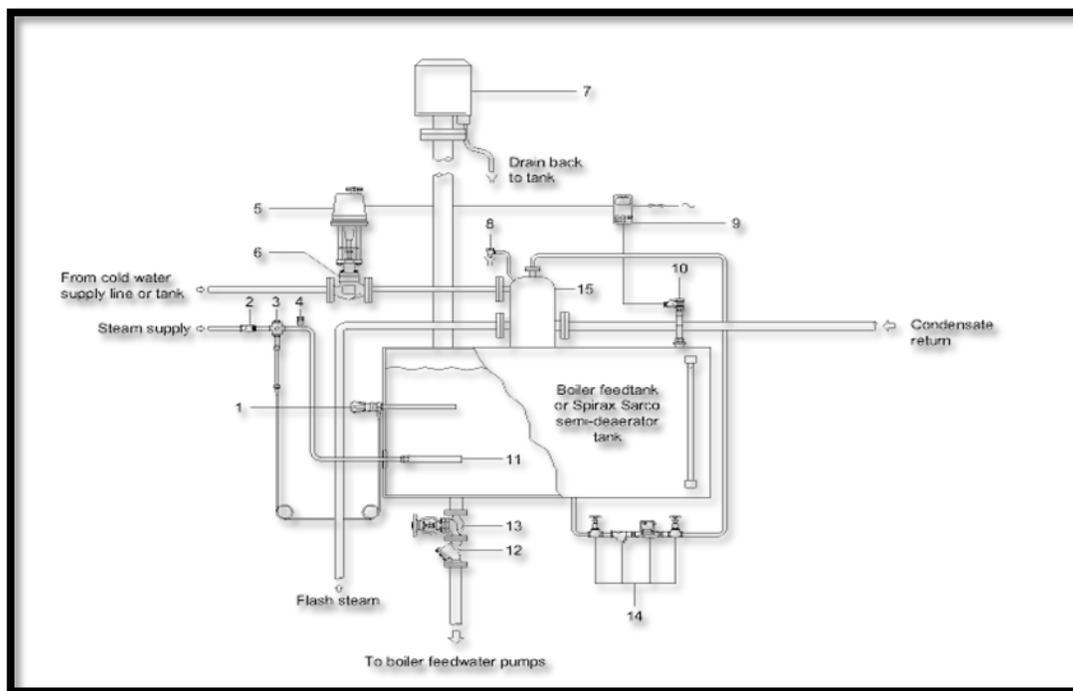


Figura 3. 10 Componentes del tanque de alimentación y sistema de control asociado.²³

²³Fuente: SpiraxSarco.

vi) Instalar un Sistema de colectores solares de tubos al vacío para Calentar el agua suave alimentada a la Caldera.

Se propone la instalación de un sistema de calentamiento solar por tubos al vacío, debido a que es la manera más práctica y económica de obtener agua caliente para los diferentes usos. La sencillez de su diseño, su durabilidad y la eficacia de su funcionamiento hacen que sea el sistema más adecuado en un país con las características climáticas de la región.

El Salvador cuenta con gran abundancia y calidad de horas de Sol durante todo el año y un muy reducido o nulo riesgo de heladas en la mayoría de las poblaciones. Estas características permiten que este simple y eficaz sistema pueda ser ampliamente usado.

Son varios los motivos que hacen que los calentadores solares por termosifón sean una alternativa atractiva y cada vez más demandada y popular.

Inicialmente resulta más caro comprar un calentador solar que uno convencional de energía eléctrica. Sin embargo el calentador solar utiliza la energía gratuita del sol mientras que el calentador convencional utiliza energía eléctrica que no es gratuita. El gasto acumulado que implica la compra mes a mes de gas, llega pronto a igualar al gasto realizado en la compra del calentador solar. Se estima que el periodo promedio de recuperación del dinero invertido en el calentador solar es de entre 1 a 3 años ²⁴ dependiendo del uso que se haga de él. A ello debe añadirse las fluctuaciones de la energía eléctrica, lo que provoca que el tiempo de recuperación se reduzca cada vez más.

Los colectores de tubos al vacío, presentan mayor eficiencia para aplicaciones con mayores temperaturas (Calentamiento de espacios en regiones frías, refrigeración solar, generación de calor para procesos industriales).



Figura 3. 11 Colector solar de tubos al vacío

El calentamiento del agua se da mediante la radiación solar que es transformada en calor útil por los tubos evacuados y transmitida al agua. El vacío en los tubos elimina las pérdidas de calor al ambiente. El tanque aislado (termo tanque) mantiene el agua caliente las 24 horas al día.



Figura 3. 12 Funcionamiento de un tubo al vacío.

3.3 FASE III: Análisis de las etapas de Generación de Energía Eléctrica en el HNM.

Se describen las propuestas de opciones de prevención y/o eliminación de pérdidas de insumos asociadas al área de energía eléctrica verificadas en el HNM.

3.3.1 Área Eléctrica: Sustitución de Sistemas de Iluminación en el HNM.

Dentro de los potenciales de mejora de producción más limpia para el sistema eléctrico se tiene el sistema de luminarias, para el cual se propone la sustitución de sistema de iluminación por tecnología más eficiente.

Del recorrido por las instalaciones del HNM y del análisis a los usos en iluminación para el área eléctrica se propone lo descrito en los numerales I y II.

I. Sustitución de luminarias T12 de 40 W por tecnologías T8.

Actualmente el Hospital Nacional de Maternidad posee arreglos de luminarias que en su mayoría son de la tecnología T12, que es una tecnología que conlleva a altos consumos energéticos, de tal forma se propone realizar el cambio hacia tecnologías T8 que reducen la potencia energética y aumentan su nivel de iluminación. Esta medida tiene por objetivo reducir el consumo energético necesario para obtener el mismo nivel de iluminación actual o uno más adecuado.

Cabe mencionar que esta medida sería de un período de retorno de la inversión sencilla, debido a que el costo actualmente de las luminarias T8 representan un aumento de solo el 6% (consultado en el mercado local) con respecto a las luminarias T12.

En comparación la vida promedio, en horas, de las luminarias T8 estas se encuentran por encima de las luminarias T12 como se puede observar en el cuadro 3.25.

Cuadro 3. 28 Comparación horas de uso luminarias T12 vrs T8.

Tecnología	Modelo	Potencia	Vida promedio (ciclo de encendido)	
			3 Horas	12 horas
T8	T8 Deluxe	32 W	20000	23000
	T8 EnergyAdvantage II	32 W	30000	40000
	T8 Universal	32W	24000	36000
T12	T12 Rapid start	40 W	20000	n/a

Fuente: Philips Lighting México Capítulo de Lámparas Fluorescentes Tubulares

La instalación de estas tecnologías, según estudios, se establece que se pueden lograr ahorros de aproximadamente el 10%²⁵.

II. Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.

Con esta sustitución se mejora la eficiencia de las luminarias y se disminuye el consumo energético, además, ayuda a mejorar el factor de potencia ($\text{fdp} > 0.95$).

Cada vez es mayor la tendencia mundial a utilizar balastos electrónicos para alimentar lámparas fluorescentes. El uso de este tipo de balastos permite aprovechar mejor los recursos energéticos que se destinan a la iluminación, porque se obtiene mayor cantidad de lúmenes/W comparado con los sistemas con balastos magnéticos.

Hay varios factores que permiten el ahorro de energía con el uso de balastos electrónicos, entre ellos el mayor rendimiento de la lámpara en alta frecuencia y menores pérdidas en el balasto.

Utilizando balastos electrónicos a frecuencias por encima de 20 KHz se logra un ahorro de energía, dado que es necesario entregar un 10 % menos a la lámpara para obtener igual flujo luminoso que el obtenido a 50 Hz con balastos magnéticos.

Además el uso de balastos electrónicos ayuda a disminuir las pérdidas de potencia por el balasto en sí. Por ejemplo se puede mencionar que en un sistema de 2 lámparas de 36 W, las pérdidas de los balastos magnéticos serán de alrededor de 20 W (10 W por cada balasto). Un buen balasto electrónico para 2 lámparas de 36W tiene típicamente pérdidas de 6 a 7W.

En el cuadro 3.26 se puede observar un análisis técnico realizado a una lámpara fluorescente de 36 W con un balasto convencional (electromagnético) de 50 Hz, versus la misma luminaria, utilizando un balasto electrónico de 60 Hz, donde se obtiene un aumento de la eficiencia del sistema de un 37 % que se transforma en un ahorro energético al realizar el cambio de tecnología.

²⁵Fuente: Manual de lámparas Sylvania

Cuadro 3. 29 Comparación de balasto electromagnético vrs electrónico.

Lámpara fluorescente de 36 W		
Balasto	50 Hz	60 Hz
Potencia en Lámpara (W)	36	32
Rendimiento de la lámpara (lm/W)	80	88
Flujo luminoso (lm) a 25 °C	2880	2816
Pérdidas en el balasto (W)	10	3
Aumento de la eficiencia (%)		37%

Fuente: Balastos electrónicos ahorro de energía - Departamento técnico de industrias WAMCO S.A.

3.3.2 Sustitución de equipos de Aire Acondicionado por equipos más eficientes.

Se propone la sustitución de equipos de climatización de ambientes por equipos de mayor eficiencia energética que cumplan las demandas requerida por el HNM y a la vez consuman menos cantidad de energía eléctrica.

3.3.3 Instalación de un sistema de colectores solares de placa plana para calentar agua en sustitución del tanque eléctrico en el área de neonatos.

El calentamiento solar de agua para consumo doméstico, como alternativa para sustituir los calentadores tradicionales eléctricos es una opción atractiva, si se toma en cuenta las bajas temperaturas necesitadas (40°C a 60°C). Además, desde el punto de vista de ahorro energético es la opción más favorable, ya que en estos sistemas, la fuente de calor es la radiación solar, la cual sustituye los combustibles fósiles o la electricidad. Los sistemas solares para calentamiento de agua están constituidos por dos elementos principales: El Colector, encargado de recibir y transformar la energía incidente durante el día y el Tanque de almacenamiento aislado, para el agua que ha sido calentada.

Existen dos tipos de sistemas para el calentamiento, los cuales se diferencian en la forma de circulación del agua: **Sistema de circulación natural y Sistema de circulación forzada.**

El sistema de circulación natural presenta circulación de agua entre colector y tanque. Es producida por el principio de termosifón, presentado cuando una masa de fluido es calentada, a través de la base de un recipiente. Es decir, el agua al entrar al colector por la parte inferior es calentada, lo cual disminuye su densidad debido al incremento de la temperatura, entonces, la columna de agua fría en la tubería de retorno al colector y la columna de agua caliente dentro del mismo, se desequilibran haciendo que por gravedad la primera baje y empuje el agua caliente hacia el tanque.

a) **Calentadores solares con colectores de tecnología de placa plana.**

Por su alta Calidad los colectores planos tienen un tiempo de vida de más de 20 años sin ningún problema. Existen colectores planos con más de 30 años de antigüedad y aún siguen operando. Las mediciones de pérdida de eficiencia después de este tiempo de vida revelaron que no es más del 1 al 2%.²⁶



Figura 3. 13 Colector solar de placas planas

Un calentador solar de agua con un área de 2 m² (normal necesario para una familia 40 GALONES), en el clima de Costa Rica (intensidad promedio de 1712.46 ((kWh/ m2)/ año)²⁷ y rendimiento del 60%, puede ahorrar anualmente 3,870 kg de leña o 3,50l de bunker o 2,250 kWh de electricidad²⁸.

Con temperaturas en el tanque entre 20°C y 60°C y temperatura ambiente normal; los colectores planos siempre tienen mayor rendimiento que los colectores de tubos de vacío, como se puede observar en la siguiente figura.

Fuente: “Inversolar”, comparativa entre calentadores solares.

²⁷ Fuente: Proyecto SWERA-EL SALVADOR

²⁸ Fuente: LAS APLICACIONES PRODUCTIVAS Y SUSTENTABLES DE LA ENERGIA SOLAR. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA

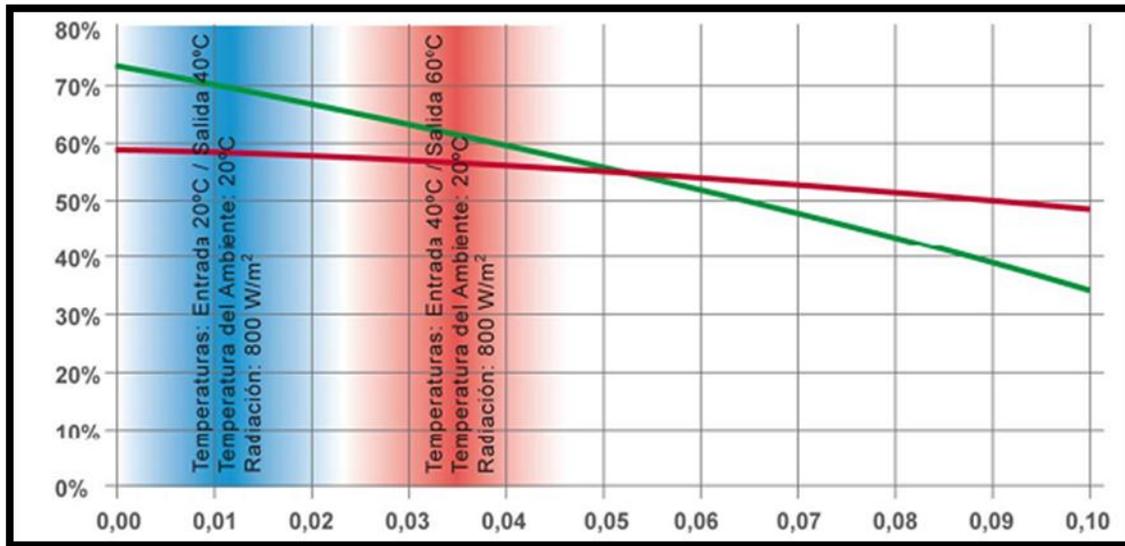


Figura 3. 14 Comparación de eficiencia entre colectores solares de placa plana y colectores de tubos al vacío.

3.3.4 Instalación un sistema de paneles fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica a sistema de iluminación de 32w en el área de Neonatos.

En diferentes áreas del hospital, buscando la mejora continua, se ha realizado el esfuerzo por el cambio de balastos y luminarias T8. En estas áreas se propone que se realice la instalación de paneles fotovoltaicos para estos 76 arreglos de luminarias, debido a que en estas áreas el consumo energético ha disminuido y por lo tanto el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos será de menor tamaño y al final conllevará a un menor precio.

Cuadro 3. 30. Rentabilidad actual de paneles fotovoltaicosⁱ

Potencia instalada	Inversión a realizar (\$)	Precio venta energía producida	PRSI
2 kWp	\$ 15.025,00	0,39668	7-16 años
5 kWp	\$ 37.563,00	0,39668	7-16 años
10 kWp	\$ 69.116,00	0,216344	13-35 años
50kWp	\$ 330.557,00	0,216344	14-35 años
100 kWp	\$ 631.062,00	0,216344	12-35 años

Las recomendaciones técnicas propuestas a evaluar se presentan en el Cuadro resumen 3.28

Cuadro 3. 28. Resumen de Recomendaciones Técnica a Evaluar para el Área térmica y Eléctrica del HNM.

Recomendaciones Técnicas a Evaluar
Área de Energía Térmica
2. Sustituir y/o Reparar trampas de vapor.
3. Instalar un economizador para gases de chimenea para calentar agua suavizada para ser alimentada a la caldera.
4. Instalar un tanque pre-calentador de combustible.
5. Dimensionar un tanque de condensado de mayor capacidad.
6. Instalar un sistema de colectores solares de tubos al vacío para calentar el agua suave alimentada a la caldera.
Área de Energía Eléctrica.
2. Sustitución de Sistema de Iluminación por tecnología más eficiente.
3. Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos más eficientes.
4. Instalación de un sistema de colectores solares de placa plana para calentar agua en sustitución de tanque eléctrico en el área de Neonatos.
5. Instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica a sistema de luminarias de 32W en el área de Neonatos.

Las recomendaciones técnicas a evaluar se desarrollaran en las secciones 4.1 y 4.2 con el objeto de verificar su viabilidad de implementación.

Capítulo 4.0 Análisis de Recomendaciones de Producción Más Limpia propuestas al Hospital Nacional de Maternidad.

Se presenta el análisis técnico, económico y ambiental para cada recomendación técnica de producción más limpia, teniendo como base la Metodología descrita en el Capítulo 2.0. La finalidad, es obtener los costos y beneficios mediante la implementación de dichas opciones de mejora, en las ubicaciones con potencial encontradas en las instalaciones del HNM (fase III).

Se describe la “Situación Actual”, como aquella que se tiene en el hospital al momento de realizar las inspecciones y se detalla la “Situación Recomendada”, que se considera es la más adecuada, bajo el enfoque del concepto de Producción Más Limpia y Eficiencia Energética, en base a los análisis respectivos.

4.1. Análisis de las Propuesta de Prevención y/o eliminación de pérdidas de Recursos en el Área de Generación de Vapor.

Se describe el análisis de las propuestas relacionadas con la generación de vapor en las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad.

4.1.1. Análisis de la propuesta para la eliminación de Fugas de Vapor.

Las trampas de Vapor con las que cuenta el Hospital Nacional de Maternidad son del tipo “Cubeta Invertida” que tienen como función el drenar condensado hasta el tanque de mezcla, para ser reutilizado alimentándolo a la caldera.

a) Situación Actual.

Se identificaron fugas de vapor ubicadas en las Trampas de Vapor de Tipo cubeta invertida, en el área de Lavandería (ver figura 3.6).

Se presenta una temperatura del condensa de 77°C (170.6°F) y las especificaciones del sistema como se presentan en el cuadro 3.17

b) Situación Recomendada.

Se recomienda el cambio y/o reparación de las trampas de vapor con fugas, ya que en la práctica se ha visto que con el correcto funcionamiento de las trampas, se alcanzan ahorros desde un 0.01% hasta un 3.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera. En base al siguiente análisis se especifican los beneficios a obtener al aplicar ésta opción.

4.1.1.1. Análisis de Viabilidad Técnica de Eliminación de Fugas de Vapor.

Es necesario dimensionar la pérdida de Vapor, por lo que se realizan los siguientes cálculos:

Para la pérdida de vapor se utiliza la siguiente fórmula

$$W_{vf} = \frac{\left[\frac{0.8 \times 0.4118 \times 3.1416}{4} \right] \times \left[\frac{D}{25.4} \right]^2 \times (P \times 14.502) \times 0.4536}{[1.8 \times (T + 273.15)]^{0.5}}$$

Donde:

W_{vf} : Vapor Que se fuga (Kg/s)

D: Diámetro de fuga de vapor (mm)

P: Presión de vapor en la línea (Bar)

T: Temperatura de vapor en la línea (°C)

Para la pérdida de Energía se utiliza la siguiente fórmula

$$Q_f = W_{vf} \times \Delta h$$

Donde:

Qf: Calor Perdido por la fuga (KJ/s)

Wvf: Flujo de vapor (kg/s)

Δh : hvf – haa

hvf: Entalpía de vapor a la presión de la fuga (Kj/Kg)

haa: Entalpía a la temperatura del agua (Kj/Kg)

Para la pérdida de vapor en la Secadora No. 1 se tiene:

$$W_{vf} = \frac{\left[\frac{0.8 \times 0.4118 \times 3.1416}{4} \right] \times \left[\frac{1}{25.4} \right]^2 \times (7.58 \times 14.502) \times 0.4536}{[1.8 \times (102 + 273.15)]^{0.5}}$$

$$W_{vf} = 0.00076997 \frac{Kg_{vapor}}{s} \approx 0.00077 \frac{Kg_{vapor}}{s}$$

Para la pérdida de energía en la Secadora No.1 se tiene:

De las tablas de vapor de agua del Apéndice F, del libro “Introducción a la Termodinámica Química” de Smith Van Ness, se obtienen las entalpías a la Temperatura de la fuga del vapor (102°C) y a la temperatura del agua de alimentación para el líquido (77°C)

hvf=2679.29KJ/Kg.

haa=323.56 KJ/Kg.

$$Q_f = 0.00077 \times (2679.29 - 323.56) = 1.81 \frac{KJ}{s}$$

En la siguiente tabla se reportan los datos de pérdida de vapor y energía de las fugas ubicadas en las trampas de vapor.

Cuadro 4. 1 Reporte de pérdidas de calor y energía para las fugas en trampas de vapor.

Ubicación de la Fuga	Diámetro de Tubería (in)	Diámetro de Fuga (mm)	Temperatura superficie de tubería (°C)	Presión a la que se encuentra la tubería (psi)	Pérdida de Vapor (Kg/s)	Pérdida de Energía por fuga (KJ/s)
Secadora No. 1	1/2	1	102	110	0.00077	1.81
Secadora No. 2	1/2	1	102	110	0.00077	1.81
Total					0.00154	3.62

Calculando la energía que se pierde por año:

$$Energíapérdidaannual = Pérdida de Energía pr fuga \times \text{factor de conversión de tiempo}$$

$$Energíapérdidaannual = 3.62 \frac{KJ}{s} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{8640 \text{ hr}}{1 \text{ año}} = 112,596,480 \frac{kJ}{año}$$

$$Energíaperdidaannual = 112.60 \frac{GJ}{año}$$

En base a la fórmula de eficiencia, se busca la masa de combustible anual que se pierde, para luego calcular su equivalente monetario.

$$Eficiencia = \frac{Energíapérdidaannual}{m \times C_p}$$

Donde:

Eficiencia de la Caldera: 81.88²⁹

C_pbúnker: 0.14331 $\frac{GJ}{Gal}$

$$m = \frac{EnergíaPerdidaAnnual}{C_p \times Eficiencia}$$

²⁹Ver en Anexos, cálculo de la eficiencia.

$$m = \frac{112.60 \frac{GJ}{año}}{0.14331 \frac{GJ}{Gal} \times 0.8188}$$

$$m = 959.59 \frac{Gal}{año}$$

4.1.1.2. Análisis de Viabilidad Económica de Eliminación de Fugas de Vapor.

Conociendo la masa de combustible que se pierde al año y el precio del Fuel Oil, se tiene entonces:

Para el HNM el costo promedio de combustible es de US\$3.05361/gal (ver sección 3.1.1.1)

$$US\$ = m_{combsanual} \times us\$3.05361$$

$$US\$ = 959.59 \frac{gal}{año} \times us\$3.0561 = \frac{US\$ 2,932.60}{año}$$

Si las reparaciones se dieran inmediatamente, dejando la pérdida de energía únicamente en un mes se tendría:

$$Energía\ perdida\ mensual = 3.62 \frac{KJ}{s} \times \frac{60\ seg}{1\ min} \times \frac{60\ min}{1\ hr} \times \frac{720\ hr}{1\ mes} = 9,383,040 \frac{kJ}{mes}$$

$$Energía\ perdida\ mensual = 9.38 \frac{GJ}{mes}$$

Calculando el equivalente monetario:

Se tiene entonces:

$$959.59 \frac{Galones}{año} \times \frac{1\ año}{12\ meses} = 79.97 \frac{gal}{mes}$$

$$US\$ = m_{combsanual} \times us\$3.05361$$

$$US\$ = 79.97 \frac{gal}{mes} \times us\$3.05361 = \frac{US\$ 244.20}{mes}$$

Se tiene:

Cuadro 4. 2 Especificaciones y precio de Trampa de Vapor, Cubeta Invertida.

Marca	“SpiraxSarco” – b1h 125
Diámetro de Tubería	½ Pulgada
Rango de Trabajo	20-125 PSI
Precio	\$127 ³⁰ (Incluye IVA)

$$\text{Período de Retorno Simple de la Inversión} = \frac{\text{Inversión (\$)}}{\text{Ahorros (\$/año)}}$$

$$\text{Inversión} = \left(\frac{\text{US\$127}}{\text{trampa}} \times 2 \text{ trampas} \right) + 5\% \text{ por costos de instalación} = \text{US\$266.7}$$

$$\text{PRSI} = \frac{\text{US\$266.7}}{\text{US\$2,932.60/año}} = 0.09 \text{ años} \approx 1 \text{ mes y 2 días.}$$

Ya que el período de retorno es menor a 1 año se considera que el proyecto es SENCILLO.

4.1.1.3. Análisis de Viabilidad Ambiental de Eliminación de Fugas de Vapor.

Para calcular el beneficio ambiental:

Se tiene que el factor de emisión³¹ de CO₂ para el Fuel Oil residual (búnker) es:

$$\text{FECO}_2 = 77.4 \text{ TONCO}_2/\text{TJ} \approx 0.0774 \text{ TON TONCO}_2/\text{GJ}$$

Si se asume que las fugas pasan un año sin ser reparadas se tiene el siguiente beneficio ambiental:

³⁰ Fuente: Indelpin S.A. de C.V., El Salvador.

³¹ Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España años 1990-2008

$$\text{BeneficioAmbiental} = \text{energíaperdida} \times \text{FECO}_2$$

$$\text{BeneficioAmbiental} = 112.60 \frac{\text{GJ}}{\text{año}} \times 0.0774 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{GJ}} = \mathbf{8.71 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{año}}}$$

Si las fugas únicamente permanecieran un mes, el beneficio ambiental que se obtendría al repararse esta sería:

$$\text{BeneficioAmbiental} = \text{energíaperdidamensual} \times \text{FECO}_2$$

$$\text{BeneficioAmbiental} = 9.38 \frac{\text{GJ}}{\text{mes}} \times 0.0774 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{GJ}} = \mathbf{0.73 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{mes}}}$$

De los 79.97 gal/mes que se ahorrarán en combustible, se calcula el % de búnker que se ahorraría, al implementar ésta opción:

$$79.97 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{11 \text{ horas (FuncionamientodeCaldera)}} = 0.2423 \text{ gal/día}$$

Sabiendo que el consumo de búnker de la caldera por hora es de 42.93 kg, se tiene:

$$\text{Volúmen}_{\text{búnker}} = \frac{m_{\text{búnker}}}{\rho_{\text{búnker}}} = \frac{42.93 \text{ kg}}{970 \text{ kg/m}^3} = 0.04426 \text{ m}^3$$

$$\approx 11.69 \text{ gal búnker/hora}$$

$$0.2423 \frac{\text{gal}}{\text{hora}} \times 100 \times \frac{\text{hora}}{11.69 \text{ gal}} = \mathbf{2.07\% \text{ de combustible ahorrado.}}$$

Las factibilidades que se generan al implementar esta opción se presentan en el cuadro 4.3

Cuadro 4.3 Factibilidades por la implementación de recomendación “eliminación de fugas de vapor”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL	
Ahorro de energía por eliminación de fugas de vapor: 112.60 GJ/año Ahorro de Fuel Oil 959.59 gal/año	Ahorro Monetario de US\$ 244.20 mensual equivalente a US\$2,932.60 anual en Fuel Oil	CO ₂ no emitido a la atmosfera: 0.73 TonCO ₂ /mes	CO ₂ no emitido a la atmosfera: 8.71 TonCO ₂ /año

4.1.2. Análisis de la propuesta para la Instalación de un Economizador para Gases de Chimenea.

El análisis de gases de combustión de la caldera del Hospital Nacional de Maternidad fue tomado, de los reportes proporcionados por una empresa que realiza el monitoreo de las emisiones de gases de combustión.

a) Situación Actual.

En base a los datos proporcionados por el HNM, se establece que la energía emitida a la atmosfera por los gases de combustión, se consideran un desaprovechamiento de energía. Se emiten dichos gases a una temperatura promedio de 414.33 °F (230.18°C).

Se tienen además, los siguientes datos obtenidos del análisis de gases de chimenea, presentados en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4. 4 Análisis parcial de Gases de Chimenea, HNM.³²

Parámetro	Unidad de Medida	Análisis 1 Fuego Bajo	Análisis 2 Fuego Medio	Análisis 3 Fuego Alto	Promedio
O ₂	%	3.20	5.1	4.00	4.10
CO ₂	%	14.00	12.40	13.40	13.30
Exceso de Aire	%	17.00	31.00	22.00	23.33
Eficiencia de Combustión	%	89.20	85.70	86.20	87.03
Temperatura de gases	°F	333	452	458	414.33
CO	Ppm	8.00	0.00	4.00	4.00

Fuente: Reportes BACHARACH, INC.

Se observa que los promedios de los parámetros exceso de aire, O₂ y CO₂ se encuentran dentro de los intervalos adecuados de operación, mientras que para el CO, NO y SO₂ no.

Cuadro 4. 5 Valores reales y valores adecuados según parámetros de gases de chimenea.

Parámetro	Valor Adecuado³³	Valor Reportado
O ₂	2%-5%	4.10%
CO ₂	12.5%-14%	13.30%
Exceso de Aire	20%-25%	23.33%
CO	80 – 150 ppm	4.00 ppm
NO _x	50 – 100 ppm	192.70 ppm
SO ₂	180 – 220 ppm	502.70 pm

³²Ver Área Térmica (Cuadro 3.15)

³³Manual Práctico tecnología de medición en calderas, Instrumentos Testo S.A. (2004).

b) Situación Recomendada.

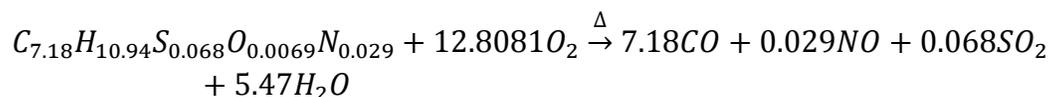
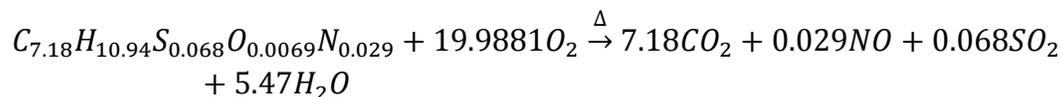
Se recomienda la instalación de un economizador para gases de chimenea, con el fin de recuperar el calor total y mejorar la eficiencia del sistema de vapor hasta en un 10%, al extraer calor de los gases de combustión que se descargan a la atmosfera y ahorrar costos en combustible al calentar el agua de alimentación a la caldera con dichos gases.

Para poder adecuar el valor de CO a los datos recomendados, sería necesario verificar la calidad del Búnker y de la presencia de Azufre en el mismo.

En base al siguiente análisis se especifican los beneficios a obtener al aplicar ésta opción.

4.1.2.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Economizador de Gases de Chimenea.

Partiendo de una composición de Búnker de:



Realizando balance de Materia y Energía correspondiente:

Se establecerá como base de cálculo 100 g de gases de combustión

- a) Para obtener el % de CO, teniendo como dato reportado 4.00 ppm se tiene:

$$4ppm \times \frac{0.001 \text{ kg/m}^3}{1ppm} = 0.004 \text{ kg/m}^3$$

Tomando como referencia la densidad de los gases como 1.18 Kg/m³

$$\frac{0.004 \text{ kg/m}^3}{1.18 \text{ kg/m}^3} \times 100\% = 0.339\%$$

Tomando como referencia la densidad de los gases como 1.18 Kg/m³

Cuadro 4. 6Promedio de composiciones de gases de combustión (% peso).

	Dato Reportado (%)
CO ₂	13.30
CO	0.339
O ₂	4.10

Fuente: cuadro 3.15, Reportes BACHARACH, INC.

b) Balance de materia para SO₂ y NO:

Los datos proporcionados por la empresa Bacharach, INC., para el NO y SO₂ no se consideran confiables, porque representarían un valor irreal en la composición de búnker³⁴, por lo que se procede a calcularlos de la manera siguiente:

Calculando el peso molecular del búnker, según la fórmula presentada:

$$C = 7.18 \text{ moles de C} \times 12.01 \text{ kg/mol de C} = 86.23$$

$$H = 10.94 \text{ moles de H} \times 1 \text{ kg/mol de H} = 10.94$$

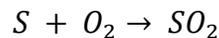
$$S = 0.068 \text{ moles de S} \times 32.07 \text{ kg/mol de S} = 2.18$$

$$O = 0.0069 \text{ moles de O} \times 15.99 \text{ kg/mol de O} = 0.11$$

$$N = 0.029 \text{ moles de N} \times 14.00 \text{ kg/mol de N} = 0.41$$

$$PM_{\text{Búnker}} = 99.87 \text{ kg/mol}$$

Para el SO₂ se tiene:



Calculando el %P/P del SO₂

$$\% \frac{P}{P} = \frac{2.176 \text{ kg/mol de S}}{99.87 \text{ kg/mol de búnker}} \times 100 \% = 2.18 \%$$

Multiplicando por la masa de búnker:

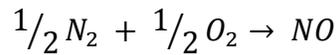
³⁴Ver Anexos

$$0.021806 \times 47.68 \text{ kg de b\u00fanker} = 1.03971 \text{ kg de S}$$

Calculando Estequiom\u00e9tricamente la masa de SO₂

$$1.03971 \text{ kg de S} \times \frac{(1)64 \text{ kg/mol de SO}_2}{(1)32 \text{ kg/mol de S}} = \mathbf{2.07942 \text{ kg de SO}_2}$$

Para el NO se tiene:



Calculando el %P/P del NO

$$\% \frac{P}{P} = \frac{0.406 \text{ kg/mol de N}_2}{99.87 \text{ kg/mol de b\u00fanker}} \times 100 \% = 0.41 \%$$

Multiplicando por la masa de b\u00fanker:

$$0.004069 \times 47.68 \text{ kg de b\u00fanker} = 0.193988 \text{ kg de N}_2$$

Calculando Estequiom\u00e9tricamente la masa de NO

$$0.193988 \text{ kg de N}_2 \times \frac{(1)(14 + 16) \text{ kg/mol de NO}}{(\frac{1}{2})(14 \times 2) \text{ kg/mol de N}_2} = \mathbf{0.415689 \text{ kg de NO}}$$

En base al %P/P del CO₂ obtenido en el an\u00e1lisis de gases de chimenea, se calcula:

$$CO_2 = \% \frac{P}{P} = \frac{m_{CO_2}}{m_{Total \text{ de mezcla de gases}}} \times 100\%$$

$$CO_2 = 13.3\% = \frac{m_{CO_2}}{m_{Total \text{ de mezcla de gases}}} \times 100\%$$

c) Balance de materia para calcular la masa de CO₂:

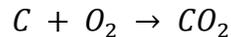
Calculando %P/P del C en el búnker

$$\frac{86.16 \text{ kg/mol de C}}{99.87 \text{ kg/mol de búnker}} \times 100 \% = 86.27 \%$$

Multiplicando por la masa de búnker, para obtener la cantidad de carbono entrando:

$$0.8627 \times 47.68 = 41.13 \text{ kg de C entrando.}$$

En base a la ecuación de formación de CO₂:



Estequiométricamente se tiene:

$$41.13 \text{ kg de C} \times \frac{(1)44 \text{ kg de CO}_2}{(1)12 \text{ kg de C}} = 150.81 \text{ kg de CO}_2$$

Despejando de la fórmula de %P/P del CO₂ para obtener la masa total de mezcla de gases:

$$m_{t \text{ de mezcla de gases}} = \frac{m \text{ CO}_2}{13.3 \%} \times 100\%$$
$$m_{t \text{ de mezcla de gases}} = \frac{150.81 \text{ kg de CO}_2}{0.133} = \mathbf{1,133.91 \text{ kg de mezcla de gases}}$$

Teniendo los kg de SO₂ y NO producidos y la masa de mezcla se calcula el %P/P de SO₂ y NO:

$$\% P/P = \frac{2.07942 \text{ kg de SO}_2}{1,133.91 \text{ kg de mezcla}} \times 100\% = \mathbf{0.1832 \% \text{ de SO}_2}$$

$$\% P/P = \frac{0.415689 \text{ kg de NO}}{1,134.94 \text{ kg de mezcla}} \times 100\% = \mathbf{0.0366 \% \text{ de NO}}$$

Analizando para CO₂ se tiene:

$$CO_2 = 13.3 \text{ gCO}_2 \times \frac{1 \text{ molCO}_2}{44 \text{ g}} = 0.3023 \text{ molesdeCO}_2$$

$$CO = 0.339 \text{ gCO} \times \frac{1 \text{ molCO}}{28 \text{ g}} = 0.012107 \text{ molesdeCO}$$

Calculando el Nitrógeno que está presente en los gases, se necesita conocer la cantidad de Oxígeno alimentado, por lo que se obtiene de manera estequiométrica como el necesario para producir CO₂ y CO reportado, luego se calculará el Oxígeno real en base al % de exceso de Aire.

$$\begin{aligned}
 O_2 \text{ estequiométrico} &= O_2 \text{ rxn1} + O_2 \text{ rxn2} \\
 &= 0.3023 \text{ moles de } CO_2 \times \frac{19.9881 \text{ mol } O_2}{7.18 \text{ mol } CO_2} + 0.012107 \text{ moles de } CO \\
 &\quad \times \frac{12.8081 \text{ mol } O_2}{7.18 \text{ mol } CO} = 0.863157 \text{ moles } O_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 O_2 \text{ real} &= O_2 \text{ estequiométrico} \times \left(\frac{100 + \% \text{exceso de aire}}{100} \right) \\
 &= 0.863157 \text{ moles } O_2 \times \left(\frac{100 + 23.33}{100} \right) = 1.06453 \text{ moles de } O_2
 \end{aligned}$$

Calculando los moles de nitrógeno sabiendo que se encuentran en una relación de 79/21 de N₂ respecto a al O₂.

$$N_2 = 1.06453 \text{ moles de } O_2 \times \frac{79 \text{ moles de } N_2}{21 \text{ moles de } O_2} = 4.00467 \text{ moles de } N_2$$

d) Balance de Materia para el Agua:

Ya que el agua es producto en ambas reacciones, se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 H_2O &= H_2O \text{ Rxn 1} + H_2O \text{ Rxn 2} \\
 H_2O &= 0.3023 \text{ moles de } CO_2 \times \frac{5.47 \text{ mol } H_2O}{7.18 \text{ mol } CO_2} + 0.012107 \text{ moles de } CO \times \frac{5.47 \text{ mol } H_2O}{7.18 \text{ mol } CO} \\
 &= 0.239527 \text{ moles de } H_2O
 \end{aligned}$$

e) **Balance de Materia para el NO y el SO₂:**

$$NO = 0.0366 \text{ gNO} \times \frac{1 \text{ molNO}}{30 \text{ g}} = 0.0012 \text{ molesdeNO}$$

$$SO_2 = 0.1832 \text{ gSO}_2 \times \frac{1 \text{ molSO}_2}{64 \text{ g}} = 0.0028 \text{ molesdeSO}_2$$

Con los datos obtenidos se obtiene la composición molar de los gases:

Cuadro 4. 7Composición mol de los gases de chimenea.

	Moles	%mol
CO₂	0.3023	5.37
CO	0.012107	0.21
N₂	4.00467	71.17
O₂	1.06453	18.92
H₂O	0.239527	4.26
NO	0.001	0.02
SO₂	0.002813	0.05
Total	5.6269	100.00

Para poder conocer la cantidad de gases emitidos por la chimenea por hora, se necesita conocer la cantidad de combustible utilizado. Por las ecuaciones de reacción se tiene que las únicas especies que tienen carbono en la salida son el Búnker, CO y CO₂, así que para conocer la cantidad de búnker utilizado, se necesita conocer cuánto sale de Carbono.

Por tanto se puede establecer un balance para el carbono a partir del cual se calculará el búnker consumido para dicha combustión y los gases que son generados en una hora:

$$\begin{aligned}
 \text{Búnker} &= C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}{}_{rxn1} + C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}{}_{rxn2} \\
 &= 0.3023 \text{ moles de } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}}{7.18 \text{ mol } CO_2} \\
 &\quad \times \frac{99.87 \text{ g } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}}{1 \text{ mol } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +0.012107 \text{ moles de CO} \times \frac{1 \text{ mol } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}}{7.18 \text{ mol CO}} \\
& \times \frac{99.87 \text{ g } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}}{1 \text{ mol } C_{7.18}H_{10.94}S_{0.068}O_{0.0069}N_{0.029}} \\
& = \mathbf{4.37 \text{ g de Búnker por cada 100g de gases (Base)}}
\end{aligned}$$

Sabiendo que la cantidad de Búnker utilizado cada 14 días es de 2,000 galones, se tiene 142.86 gal/día y 12.987 gal/hora (La caldera trabaja 11hrs al día).

$$\text{búnker alimentado} = 12.987 \frac{\text{gal}}{\text{hora}} \times \frac{3.78 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \times \frac{0.97 \text{ Kg}}{\text{L}} = 43.62 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Para calcular las emisiones basta multiplicar la masa de búnker alimentado por las emisiones calculadas a partir del balance.

$$\text{emisiones} = 43.62 \frac{\text{Kg búnker}}{\text{h}} \times \frac{100 \text{ g gases}}{4.37 \text{ g búnker}} = 998.17 \frac{\text{Kg gases}}{\text{h}}$$

Tomando como constante el Calor Específico del agua de 4.2 KJ/Kg°C, ya que al ser un líquido, esta propiedad cambia muy poco.

Además, se pasarán los gases de chimenea a la temperatura de salida de 414.33 °F (212.406°C), que es el dato promedio presentado en el cuadro 3.15 y luego del intercambio de calor, se llevará a 320°F (160°C) para evitar la condensación del ácido sulfúrico que pueda producir corrosión en el sistema.

f) Capacidad Calorífica de la Mezcla de Gases.³⁵

El cálculo de la capacidad calorífica se realiza para una temperatura promedio de 414.33°F (212.406°C) y 320°F (160°C), que sería 358.17°F ≈ 459.35°K

$$\frac{C_P}{R} = A + BT + CT^2 + \frac{D}{T^2}$$

Donde R=8.314 J/mol-K

³⁵ Según “Introducción a la Termodinámica Química”, Smith, Van Ness y Abbott, 5ta edición, Apéndice C: Capacidades Caloríficas y cambios de propiedades de formación.

Cuadro 4. 8 Constantes de las capacidades caloríficas de gases en estado de gas ideal.

Compuesto	A	10^3 B	10^6 C	10^{-5} D
Oxígeno	3.639	0.506	0	-0.227
Nitrógeno	3.280	0.593	0	0.040
Dióxido de carbono	5.457	1.045	0	-1.157
Agua	3.470	1.450	0	0.121
Monóxido de Carbono	3.376	0.557	0	-0.031
Monóxido de Nitrógeno	3.387	0.629	0	0.014
Dióxido de Azufre	5.699	0.801	0	-1.015

Fuente: Apéndice C, Introducción a la Termodinámica Química, Smith-Van Ness, 5ta edición.

Se calcula C_p/R para cada compuesto, se multiplica por la constante universal de los gases y luego por su peso molecular para obtener los datos en gramos.

- Para el O_2 :

$$\frac{C_p}{R} = 3.639 + 0.506 \times 10^{-3}(459.35) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-0.227) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 3.639 + 0.506 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-0.227) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 3.76$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol O_2^\circ K}} = 3.76$$

$$C_p = 31.26 \frac{J}{mol O_2^\circ K}$$

$$C_p = 31.26 \frac{J}{mol O_2 K} \times \frac{1 mol O_2}{32 g O_2}$$

$$C_p = 0.98 \frac{J}{g^\circ K}$$

- Para el N₂:

$$\frac{C_p}{R} = 3.280 + 0.593 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(0.040) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 3.280 + 0.593 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(0.040) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 3.57$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol N_2^\circ K}} = 3.57$$

$$C_p = 29.68 \frac{J}{mol N_2^\circ K}$$

$$C_p = 29.68 \frac{J}{mol N_2 K} \times \frac{1 mol N_2}{28 g N_2}$$

$$C_p = 1.06 \frac{J}{g^\circ K}$$

- Para el CO₂:

$$\frac{C_p}{R} = 5.457 + 1.045 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-1.157) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 5.457 + 1.045 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-1.157) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 5.39$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol \cdot K}} = 5.39$$

$$C_p = 44.81 \frac{J}{mol O_2 \cdot K}$$

$$C_p = 44.81 \frac{J}{mol CO_2 \cdot K} \times \frac{1 mol CO_2}{44 g CO_2}$$

$$C_p = 1.02 \frac{J}{g \cdot K}$$

- Para el H₂O:

$$\frac{C_p}{R} = 3.470 + 1.450 \times 10^{-3} (459.35 \text{ } ^\circ K) + 0 \times 10^{-6} (459.35 \text{ } ^\circ K)^2 + \frac{(0.121) \times 10^5}{(459.35 \text{ } ^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol \cdot K}} = 3.470 + 1.450 \times 10^{-3} (459.35 \text{ } ^\circ K) + 0 \times 10^{-6} (459.35 \text{ } ^\circ K)^2 + \frac{(0.121) \times 10^5}{(459.35 \text{ } ^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 4.19$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol \cdot K}} = 4.19$$

$$C_p = 34.84 \frac{J}{mol H_2O \cdot K}$$

$$C_p = 34.84 \frac{J}{mol H_2O \cdot K} \times \frac{1 mol H_2O}{18 g H_2O}$$

$$C_p = 1.93 \frac{J}{g \cdot K}$$

- Para el CO:

$$\frac{C_p}{R} = 3.376 + 0.557 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-0.031) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 3.376 + 0.557 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-0.031) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 3.62$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 3.62$$

$$C_p = 30.10 \frac{J}{mol CO^\circ K}$$

$$C_p = 30.10 \frac{J}{mol CO K} \times \frac{1 mol CO}{28 g CO}$$

$$C_p = 1.07 \frac{J}{g^\circ K}$$

- Para el NO:

$$\frac{C_p}{R} = 3.387 + 0.629 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(0.014) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 3.387 + 0.629 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(0.014) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{R} = 3.68$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{mol^\circ K}} = 3.68$$

$$C_p = 30.60 \frac{J}{\text{mol de NO}^\circ K}$$

$$C_p = 30.60 \frac{J}{\text{mol de NO} K} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g de NO}}$$

$$C_p = 1.02 \frac{J}{g^\circ K}$$

- Para el SO₂:

$$\frac{C_p}{R} = 5.699 + 0.801 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-1.015) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{\text{mol}^\circ K}} = 5.699 + 0.801 \times 10^{-3}(459.35^\circ K) + 0 \times 10^{-6}(459.35^\circ K)^2 + \frac{(-1.015) \times 10^5}{(459.35^\circ K)^2}$$

$$\frac{C_p}{8.314 \frac{J}{\text{mol}^\circ K}} = 5.59$$

$$C_p = 46.47 \frac{J}{\text{mol SO}_2^\circ K}$$

$$C_p = 46.47 \frac{J}{\text{mol SO}_2 K} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2}$$

$$C_p = 0.72 \frac{J}{g^\circ K}$$

Calculando Cp de Gases de Combustión:

$$Cp_m^\circ = \sum_{i=1}^{NC} X_i Cp_i^\circ$$

$$Cp_m^\circ = (0.98 \times 0.1892) + (1.06 \times 0.7117) + (1.02 \times 0.0537) + (1.93 \times 0.0419) + (1.07 \times 0.0021) + (1.02 \times 0.0002) + (0.73 \times 0.0005) =$$

$$1.08 \frac{J}{g K} \approx \frac{KJ}{Kg K}$$

Cuadro 4.9 Capacidades Caloríficas de la corriente de gases.

Compuesto	Cp/R	Cp (J/g K)	Composición mol (%)
Oxígeno	3.76	0.98	18.92
Nitrógeno	3.57	1.06	71.17
Dióxido de carbono	5.37	1.02	5.37
Agua	4.19	1.93	4.26
Monóxido de Carbono	3.61	1.07	0.21
Monóxido de Nitrógeno	3.68	1.02	0.02
Dióxido de Azufre	5.57	0.73	0.05
Gases de combustión	-	1.08	100

Asumiendo un 10% en pérdidas, se calcula el calor perdido por los gases:

$$Q_{gases} = C_p(T_1 - T_2) \left(\frac{100 - \%pérdidas}{100} \right) =$$

$$1.08 \frac{KJ}{Kg^\circ K} (485.56 - 433.15)^\circ K \times \left(\frac{100 - 10}{100} \right) = \frac{50.94 KJ}{Kg \text{ de gases}}$$

Donde T₁= Temperatura Promedio de Gases de Chimenea 414.33°F (212.41°C)

T₂= Temperatura a la que se plantea llegar los Gases de Chimenea 320°F(160°C)

Al calcular la capacidad calorífica para el agua líquida en un promedio entre 31 y 71 °C se obtiene 4.20 KJ/Kg°Cy se plantea calentar agua de 31°C (87.8 °F) a 71 °C (159.8 °F) entonces el calor que necesita absorber es:

$$Q_{agua} = C_{p_{agua}}(T_2 - T_1)$$

$$Q_{agua} = 4.2 \frac{KJ}{Kg^\circ C} (71 - 31)^\circ C = 168 \frac{KJ}{Kg \text{ agua}}$$

Buscado la relación de la cantidad de agua necesaria para calentar un mol de gases, se asume un sistema en el que el calor que gana el agua es el mismo que pierden los gases:

$$\dot{m}_{gases} Q_{gases} = \dot{m}_{agua} Q_{agua}$$

$$\frac{\dot{m}_{agua}}{\dot{m}_{gases}} = \frac{Q_{gases}}{Q_{agua}} = \frac{50.94}{168} = 0.30 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ gases}}$$

Se tiene entonces que, un kilogramo de gases puede calentar 0.30 Kg de agua.

Para un flujo de gases de 1,021.55 Kg de gases por hora se puede calentar:

$$Agua \text{ a calentar} = 998.17 \frac{Kggases}{h} \times 0.30 \frac{Kgagua}{Kggases} = 299.45 \frac{Kgagua}{hora}$$

4.1.2.2 Análisis de Viabilidad Económica para Economizador de Gases de Chimenea.

Calculando el ahorro de Energía

$$Energía \text{ Recuperada} \left(\frac{GJ}{año} \right) = Q_{gases} \left(\frac{KJ}{Kg} \right) \times \frac{1 GJ}{1 \times 10^6 KJ}$$

$$\times Emisión \text{ de gases} \left(\frac{Kggases}{h} \right) \times Factor \text{ de tiempo}$$

Energía Recuperada

$$= 50.94 \frac{KJ}{Kgdegases} \times \frac{1 GJ}{1 \times 10^6 KJ} \times 998.17 \frac{Kggases}{h} \times \frac{11 \text{ horas}}{día}$$

$$\times \frac{365 \text{ día}}{año}$$

$$Energía \text{ Recuperada} = 204.15 \frac{GJ}{año}$$

Calculando el combustible ahorrado a partir de la fórmula de la Eficiencia:

$$Combustible \text{ Ahorrado} = \frac{Energía \text{ Recuperada}}{Cp_{Búnker} \times Eficiencia}$$

$$Combustible \text{ Ahorrado} = 204.15 \frac{GJ}{año} \times \frac{1 \text{ galbúnker}}{0.14331 GJ} \times \frac{1}{0.8188}$$

$$= 1,739.78 \text{ gal de búnker al año}$$

$$ahorro \text{ económico} = Combustible \text{ ahorrado} \times \frac{Costo \text{ búnker}}{gal}$$

$$\text{ahorro económico} = 1,739.78 \text{ galones de búnker al año} \times \frac{\$3.05361}{\text{galón}}$$

$$\text{ahorro económico} = \$5,312.61 \text{ anuales}$$

Se tiene, que el costo de un Economizador para una caldera es de \$33,750. El precio incluye instalación y puesta en marcha³⁶.

$$\text{Período de Retorno} = \frac{\text{Inversión (\$)}}{\text{Ahorros (\$/año)}}$$

$$\text{Período de Retorno} = \frac{\$33,750}{\$5,312.61/\text{año}} =$$

$$6.35 \text{ años} \approx 6 \text{ años, 4 meses y 6 días.}$$

Ya que el período de retorno es mayor a 4 años se considera como un Proyecto de MEDIO COSTO.

4.1.2.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Economizador de Gases de Chimenea.

Calculando las Toneladas CO₂ que ya no serían emitidas al año:

$$\text{TonCO}_2 = \text{Energía Recuperada} \times \text{FE CO}_2$$

$$\text{TonCO}_2 = 204.15 \frac{\text{GJ}}{\text{año}} \times 0.0774 \frac{\text{TonCO}_2}{\text{GJ}} = 15.57 \text{ Ton} \frac{\text{CO}_2}{\text{año}}$$

De los 1,016.82 gal/mes que se ahorrarán en combustible, se calcula el % de búnker que se ahorraría, al implementar ésta opción:

³⁶Fuente: Empresa VENTEC consultada en julio 2012.

$$1,739.78 \frac{\text{gal}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{11 \text{ horas (Funcionamiento de Caldera)}}$$

$$= 0.4393 \text{ gal/día}$$

Sabiendo que el consumo de búnker de la caldera por hora es de 11.69 gal, se tiene:

$$0.4393 \frac{\text{gal}}{\text{hora}} \times 100 \times \frac{\text{hora}}{11.69 \text{ gal}} = 3.76\% \text{ de combustible ahorrado.}$$

Las factibilidades totales para esta recomendación son las siguientes:

Cuadro 4. 10 Factibilidades por la implementación de recomendación “economizador de gases de chimenea”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Calor a ser aprovechado: 50.94 KJ/Kg de gases.	Ahorro en gastos de combustible: \$5,312.61al año	CO ₂ no emitido: 15.57 TonCO₂/año.
Agua a ser calentada: 299.45 Kagua/hora		
Combustible ahorrado: 1,739.78 gal búnker/año		

4.1.3. Análisis de la Propuesta para la Instalación de un Pre - Calentador de Combustible.

El uso de un pre-calentador de combustible adecuado al sistema de generación de vapor del HNM, contribuiría a mejorar la eficiencia de la combustión, debido a que el gradiente de temperatura para la combustión del fuel oil se verá reducido, disminuyendo el calor necesario para transformarlo de líquido a gases de combustión.

a) Situación Actual.

Mediante la inspección realizada en el HNM, se identificó que no existe un pre-calentador de combustible instalado esto debido a problemas de mantenimiento con el que existió años atrás. El Fuel Oil No.6 presenta un rango de temperaturas donde su ignición es óptima, en un intervalo de 80°C (176°F)- 99°C (210.20 °F) (ver figura 3.7) por abajo de esta temperatura este combustible es muy viscoso, por lo que produce hollín en la base de la caldera y unos gases de combustión cargados de monóxido de carbono. Por temperaturas arriba de esta (ignición óptima) como su viscosidad es muy baja se forma espuma que produce oscilación de la llama, que puede tender a apagarla. Para suplir esta necesidad la caldera posee instalada un calentador eléctrico, que sirve para los arranques en frío, posterior a esto es necesaria la inyección de gas propano para mantener el fuel oil pre-calentado. Si esta cantidad de gas propano no es suministrada, la caldera tiende a pagarse, comprometiendo su integridad y buen funcionamiento.

b) Situación Recomendada.

Existen fuentes de pérdidas de vapor que se pueden aprovechar para lograr el precalentamiento del fuel Oil No.6, de esta manera puede lograrse un ahorro ya que no se utilizaría gas propano para precalentar dicho combustible, sino que se usarían recursos que actualmente se desperdician.

Es necesario caracterizar de manera adecuada estas fuentes de pérdidas de vapor, para poder realizar un buen análisis de la viabilidad de esta propuesta.

4.1.3.1 Análisis de Viabilidad Técnica para la Instalación de un Pre-Calentador de Combustible.

Debido a que en la actualidad el HNM no posee caracterizadas estas fuentes de pérdidas de vapor se plantea el diseño de manera teórica. Ya que la pérdida de vapor es directa de la caldera, establecemos que es vapor saturado a 110 PSI, por lo que el intercambiador de calor a su vez funcionaría como condensador total, por lo que solo existiría un cambio de fase en el vapor. Las propiedades del vapor saturado y del Fuel Oil No.6 se detallan en los siguientes cuadros:

Cuadro 4. 11 Propiedades del vapor de agua.³⁷

Datos vapor agua saturada		
Presión	110	Psi
Densidad	3.9556	Kg/m ³
calor vaporización 110psi	2054.7	KJ/Kg
T1	168.25	°C
T2	168.25	°C

Cuadro 4. 12 Propiedades de Fuel Oil #6.³⁸

Datos Fuel Oil		
Cp	46	KJ/Kg x K
Densidad	970	Kg/m ³
Poder calorífico	0.14331	GJ/gal
Poder calorífico	39029.3852	KJ/Kg
K	1.30E-01	W/m x K
Viscosidad	400	Saybolt
t1	25	°C
t2	98.89	°C

En primera instancia es necesario conocer el flujo de fuel oil No.6 que se alimenta a la caldera, para posteriormente calcular la cantidad de vapor necesario para precalentar el combustible hasta la temperatura requerida 210°F (98.89°C). En base a la figura 3.5 (ver sección 3.2.1.2.1.) se obtiene la cantidad de agua de alimentación que está entrando a la caldera.

³⁷FUENTE: APENDICE F “INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA EN INGENIERÍA QUÍMICA” 5ª ED. SMITH VAN NESSABOTT

³⁸FUENTE: SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL ENFRIAMIENTO DEL FUEL-OIL EN LOS TANQUES DEL PRESTIGE. DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES, CIEMAT

$$m_{Alimentada} = 5700.2 \frac{Lb}{h} * \frac{1Kg}{2.205Lb} = 2,585.12 \frac{Kg}{h}$$

Del cuadro 3.2 y 3.3 donde se presentan los consumos de combustible (fuel oil No.6) en un periodo de tiempo, se estima un consumo promedio en base a las 2 calderas.

$$m_{Fuel\ oil} = \frac{m_{Fuel\ caldera\ 1} + m_{Fuel\ caldera\ 2}}{2}$$

$$m_{Fuel\ oil} = \frac{\left(94,931.80 \frac{Kg}{6meses} + 75,068.50 \frac{Kg}{6meses}\right) \times \frac{mes}{30dia} \times \frac{dia}{11h}}{2} = 42.93 \frac{Kg}{h}$$

Conociendo la masa de Fuel Oil No.6 se procede a encontrar la cantidad de vapor necesaria para precalentar dicho combustibles desde 25°C (77°F) hasta 98.89°C (210°F) por medio de un balance de energía.

$$Q_{ganado\ Fuel} = -Q_{perdido\ Vapor}$$

$$-m_{vapor} * \Delta H_{vap} = m_{fuel\ Oil} * C_p * \Delta T$$

$$m_{vapor} = \frac{m_{fuel\ Oil} * C_p * \Delta T}{-\Delta H_{vap}}$$

$$m_{vapor} = \frac{42.93 \frac{Kg}{h} * 46 \frac{KJ}{Kg\ K} * (98.89 - 25)^{\circ}C}{-(-2,054.7\ KJ/Kg)} = 71.02 \frac{Kg}{h}$$

Encontrando la relación de la perdida de vapor necesaria en función de la producción total de vapor plasmada en la figura 3.5 (5,182 Lbs vapor/hr) se tiene:

$$\% \text{ perdida} = \frac{m_{vapor}}{m_{Total\ de\ vapor}} * 100\% = \frac{71.02 \frac{Kg}{h}}{5,182 \frac{Lbs}{h} \times \frac{1\ Kg}{2.205\ Lbs}} = 3.02\%$$

Por lo tanto es necesario que las pérdidas de vapor sean del 3.02% para que se logre realizar el precalentamiento del Fuel Oil No.6. Dicho porcentaje es factible debido a que en la actualidad el retorno de condensados es de 32.75 % de acuerdo a la figura 3.4 por lo que las perdidas actuales de vapor ascienden a un 67.25%

Las ecuaciones de diseño de intercambiadores de calor que serán utilizadas se detallan a continuación³⁹.

$$Q_g = -Q_p = m * C_p * \Delta T = m * PC$$

$$q = U * A * MTD$$

$$MTD = LMTD * F$$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right)}$$

$$F = \frac{\sqrt{R^2 + 1} * \ln(1 - S) / (1 - RS)}{R - 1 * \ln \frac{2 - S(R+1 - \sqrt{R^2 + 1})}{2 - S(R+1 + \sqrt{R^2 + 1})}}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_1}$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

Donde

LMTD = Diferencia de temperatura media logarítmica

T = Temperatura del fluido caliente = Temperatura del vapor

t = Temperatura del fluido frío = Temperatura del Fuel oil

39 FUENTE: METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR TOMADA DE CALOR EN INGENIERÍA DE PROCESOS - EDUARDO CAO 1RA. ED)

$F =$ Factor de corrección de las temperaturas

$MTD =$ Media de temperaturas corregida.

$U =$ Coeficiente global de transferencia de vapor

$A =$ Área del intercambiador de calor

Ya que se conocen las temperaturas desde 25°C (77°F) hasta 98.89°C (210°F) y el flujo de vapor de $71.02 \frac{Kg}{h}$ que serán usados en el diseño del intercambiador, se procede a encontrar los parámetros de diseño.

$$LMTD = \frac{(168.25 - 98.89)^{\circ}C - (168.25 - 25)^{\circ}C}{\ln \left(\frac{(168.25 - 98.89)^{\circ}C}{(168.25 - 25)^{\circ}C} \right)} = 101.88$$

$$R = \frac{(168.25 - 168.25)^{\circ}C}{(168.25 - 25)^{\circ}C} = 0$$

$$S = \frac{(98.86 - 25)^{\circ}C}{(168.25 - 25)^{\circ}C} = 0.5158$$

Ya que existe cambio de fase por definición⁴⁰ el factor de corrección de las temperaturas es el siguiente:

$$F = 1$$

Encontrando la temperatura media corregida MTD:

$$MTD = LMTD * F = 101.88 * 1 = 101.88$$

De la bibliografía⁴¹ se obtiene un coeficiente global de transferencia de vapor para intercambiadores de calor, que tienen como fluidos de intercambio, vapor y aceites pesados.

40FUENTE:FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, FRANK P. INCROPERA, DAVID P. DEWIT, PÁG. 592 (4TA EDICIÓN)

41 FUENTE: TRANSFERENCIA DE “CALOR EN INGENIERÍA DE PROCESOS - EDUARDO CAO (1RA. ED)”

$$U = 450 \frac{W}{m^2 K}$$

Encontrando el área del intercambiador.

$$q = U * A * MTD$$

$$A = \frac{\frac{71.02}{3600} \text{ Kg/s} * 2,054.7 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{450 \frac{\text{J}}{\text{sm}^2 \text{K}} * \frac{\text{KJ}}{1000 \text{J}} * 101.88} = 0.88 \text{m}^2$$

El área determinada anteriormente es el área máxima de transferencia de calor que se necesitaría para elevar la temperatura del Fuel Oil, dentro de los rangos establecidos. Para obtener el área real es necesario realizar un proceso de prueba y error⁴² para obtener el área real y posteriormente trasladar el área determinada a:

Cantidad, diámetro y espesor de los tubos necesarios.

Diámetro y espesor de la carcasa.

Metros lineales de materiales a utilizar.

Propiedades físicas y químicas de los materiales seleccionados para la construcción.

Disponibilidad en el mercado nacional de los materiales seleccionados.

Con la información anterior es posible estimar de manera exacta el costo de construcción de un intercambiador, de calor de carcasa y tubo, para el sistema Fuel Oil-vapor, por lo que en este apartado se determinarán los ahorros alcanzables con dicha recomendación, mas no se podrá establecer un período de retorno de la inversión ya que esto conllevaría a análisis más exhaustivos para lograr una total caracterización del sistema a evaluar.

La capacidad del tanque por hora vendría dado, por la masa por hora de combustible a calentar partiendo de **42.93 Kg/h** :

$$V_{\text{tanque}} = \frac{\text{masa fuel oil}}{\rho_{\text{fuel oil}}}$$

⁴²Procesos de transferencia de calor KERN Ed. 31 (pag 276)

$$V_{\text{tanque}} = \frac{42.93 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}}{970 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0.04426 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tanque}} = 0.04426 \text{ m}^3 \times \frac{264.1721 \text{ gal}}{1 \text{ m}^3} = 9.9219 \text{ gal} = 10 \text{ gal}$$

Para determinar el coste de un tanque de almacenamiento, se sabe que los costos construcción son de alrededor **\$1700/m³**, por lo tanto el valor del tanque de almacenamiento vendría dado por:

$$\text{Costo tanque} = 0.04426 \text{ m}^3 * \frac{\$1700}{\text{m}^3} = \$75.24$$

4.1.3.2 Análisis de Viabilidad Económica para la Instalación de un Pre-Calentador de Combustible.

Debido a que se desconoce el flujo másico de vapor real, no es posible dimensionar de manera adecuada el intercambiador de calor, de igual manera los costos para realizar la factibilidad económica, además no se cuenta con la energía eléctrica consumida por el calentador eléctrico de la caldera, para mantener la temperatura del Fuel Oil No.6, en los arranques del equipo generador de vapor.

De igual forma que la sección anterior se realizara el análisis de la viabilidad económica basándose en los flujos de vapor, estimados a partir del balance de materia y de información previa ya establecida como el consumo de gas propano. De la información del cuadro 3.5 (ver sección 3.1.1.1.) se tiene que la inyección de gas se da aproximadamente cada 20 minutos en un periodo de 20 segundos, siendo el consumo de gas propano de un tambo de 100 lb aproximadamente cada 30 días (ver sección 3.1.1.1. y cuadro 3.5). Con dicha información se determinará el flujo de gas propano necesario y a su vez los ahorros que se obtendrían al implementar la alternativa del intercambiador.

Calculando la cantidad de inyecciones de gas propano al día se tiene:

$$\text{Inyecciones} = \frac{1 \text{iny}}{20 \text{min}} * \frac{60 \text{min}}{1 \text{h}} * \frac{11 \text{h}}{\text{día}} = 33 \frac{\text{inyecciones}}{\text{día}}$$

Calculando la cantidad de propano por inyección:

$$m_{\text{gas}} = \frac{100 \text{lb}}{20 \text{días}} * \frac{1 \text{día}}{33 \text{inyecciones}} = \frac{0.1515 \text{ lb}}{\text{inyección}}$$

$$\dot{m}_{\text{gas}} = \frac{0.1515 \text{lb}}{\text{inyección}} * \frac{\text{inyeccion}}{20 \text{s}} = \frac{7.575 * 10^{-3} \text{lb}}{\text{s}}$$

Se observa que el ahorro en gas propano es alto, al instalar el pre calentador ya que con esta alternativa las inyecciones de gas propano se verían reducidas a solo lo necesario para el arranque, es decir una inyección al día.

Ahora el precio del cilindro de 100 lb de gas propano es aproximadamente de \$45.48⁴³, por lo tanto los ahorros serían:

$$\text{Precio gas propano por libra} = \frac{\$45.48}{100 \text{lb}} = \frac{0.46\$}{\text{lb}}$$

$$\text{Ahorro}_{\text{gas propano}} = \frac{32 \text{inyecciones}}{\text{día}} * \frac{0.1515 \text{lb}}{\text{inyección}} = \frac{4.848 \text{lb}}{\text{día}} * \frac{0.46\$}{\text{lb}} = \frac{2.233\$}{\text{día}}$$

$$\text{Ahorro anual} = \frac{2.23\$}{\text{día}} * \frac{365 \text{días}}{\text{año}} = \frac{813.98 \text{US\$}}{\text{año}}$$

Los ahorros estimados en combustible se encuentran en función de la cantidad de Fuel Oil, que es necesario quemar en la caldera para realizar el aumento de temperatura.

$$Q_{\text{ganado}} = \eta_{\text{caldera}} Q_{\text{perdido}}$$

$$m_{\text{Fuel Oil a precalentar}} C_{p \text{Fuel Oil}} * \Delta T = 0.8188 * m_{\text{fuel Oil}} P_{C \text{Fuel Oil}}$$

$$m_{\text{fuel oil}} = \frac{m_{\text{Fuel Oil a precalentar}} * C_{p \text{Fuel Oil}} * \Delta T}{0.8188 * P_{C \text{fuel oil}}}$$

⁴³Ver sección 3.1.1.1

$$m_{fuel\ oil} = \frac{\frac{42.93\ kg}{h} * 46 \frac{KJ}{Kg\ ^\circ C} (98.89 - 25)^\circ C}{0.8188 * 39029.37\ kJ/kg}$$

$$m_{fuel\ oil} = 4.566 \frac{Kg}{h}$$

Obteniendo el aporte del ahorro propuesto de Fuel Oil con respecto al consumo total:

$$\%Ahorro = \frac{Ahorro\ Fuel\ Oil}{Consumo\ actual} * 100\% = \frac{4.566 \frac{Kg}{h}}{42.93 \frac{Kg}{h}} * 100\% = 10.64\%$$

Encontrado el ahorro de Fuel Oil en volumen para poder estimar los ahorros económicos.

$$V_{fuel\ oil} = 4.566 \frac{Kg}{h} * \frac{11h}{día} * \frac{30día}{mes} * \frac{m^3}{970Kg} = 1.5534 \frac{m^3}{mes}$$

$$V_{fuel\ oil} = 1.5534 \frac{m^3}{mes} * 264.1721 \frac{gal}{m^3} = 410.36\ gal/mes$$

$$Ahorro_{fuel\ oil} = 410.36 \frac{gal}{mes} * \frac{\$ 3.05361}{gal} = \frac{1,245.89\$}{mes}$$

$$Ahorro_{anual} = \frac{\$1,245.89}{mes} * \frac{12mes}{año} = \frac{\$14,950.73}{año}$$

Con los costos y ahorros del pre-calentador para el combustible se puede estimar la factibilidad económica de dicha recomendación:

Cuadro 4. 13 Ahorros y Costos para el Pre-Calentador de Combustibles.

AHORROS	US\$/AÑO	COSTOS	US\$
Reducción de utilización de gas propano	813.98	Intercambiador de calor de casco y tubo	N/D
Ahorro de Fuel Oil	14,950.73	Tanque de almacenamiento	75.24
Ahorros totales	15,764.71		

4.1.3.3 Análisis de Viabilidad Ambiental para la Instalación de un Pre-Calentador de Combustible.

Conociendo el ahorro de gas propano al usar el intercambiador de calor se estima el beneficio ambiental, el cual se expresa en toneladas de CO₂ no emitidas a la atmosfera. Para esto se determina la energía necesaria para quemar el gas propano, esto a través del poder calorífico (PC) el cual tiene un valor aproximado de 11.02 Kcal/ Kg ⁴⁴

Las emisiones de CO₂ actuales por el uso de gas propano son las siguientes:

$$TON CO_2 = m_{vapor} * PC * FE CO_2$$

$$TON CO_2 = \frac{0.1010lb}{inyecc} * \frac{11.02Kcal}{Kg} * \frac{1kg}{2.205lb} * \frac{4.1868KJ}{1Kcal} * \frac{1GJ}{1000KJ} * 0.0636 \frac{Ton CO_2}{GJ}$$

$$TON CO_2 = \frac{1.34 \times 10^{-4} TONCO_2}{inyección}$$

$$TONCO_2 = 1.34 \times 10^{-4} \frac{TONCO_2}{inyección} * \frac{32 inyecc}{día} * \frac{365días}{año} = 1.57 TON \frac{CO_2}{año}$$

Realizando el mismo procedimiento para determinar las toneladas de CO₂ que no se emitirán a la atmósfera por el ahorro de Fuel Oil:

$$TON CO_2 = V_{Fuel Oil} * PC * FE CO_2$$

$$TON CO_2 = 386.21 \frac{gal}{mes} * 0.14331 \frac{GJ}{gal} * 0.774 \frac{Ton CO_2}{GJ}$$

$$TON CO_2 = 42.84 \frac{Ton CO_2}{año}$$

⁴⁴FUENTE: [HTTP://WWW.MINETUR.GOB.ES/ES-ES/PAGINAS/INDEX.ASPX](http://www.minetur.gob.es/ES-ES/PAGINAS/INDEX.ASPX) , CONSULTADO 23 AGOSTO 2012.

Cuadro 4. 14 Factibilidades por la implementación de recomendación “tanque pre-calentador de combustible”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Pre calentador de combustible de 0.88 m ² .	Ahorros anuales en gastos de gas propano de \$813.98.	CO ₂ anual no emitido por Ahorro de gas propano. 1.57 TON CO ₂ .
Tanque de almacenamiento de 10 galones.	Ahorros anuales en Fuel Oil de \$14,950.73	CO ₂ anual no emitido por Ahorro de fuel oil 42.84 TON CO ₂
Ahorro de Fuel Oil de 4,924.32 gal/año		

4.1.4. Análisis de la recomendación Dimensionar un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.

Un tanque de mayor capacidad de almacenamiento de condensado ayudará a reducir el consumo de agua suave, lo que a su vez conllevará a la reducción en los aditivos necesarios para suavizar el agua.

a) Situación Actual.

En el recorrido a las instalaciones del HNM se evidenció que este, posee un tanque de almacenamiento de condensados de baja capacidad, por lo que existen pérdidas considerables de este recurso, reflejándose en un bajo porcentaje del retorno de condensado, aproximadamente un 33%, lo cual es un potencial de mejora al aumentar y reutilizar dicho retorno.

b) Situación Recomendada.

Una de las pérdidas más importantes de vapor y en su defecto de condensado se encuentra próxima a la caldera, que es la alternativa propuesta para el intercambiador de calor. Esta fuente presenta la ventaja que al instalar el sistema pre-calentador de combustible, a la salida de este, se obtendrá un condensado total de tal forma que para esta recomendación

únicamente será necesario un tanque sin un equipo condensador, ya que como se mencionó, el intercambiador de calor antes recomendado cumplirá a su vez esta función.

4.1.4.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Dimensionar Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.

Ya que se desconoce el flujo de vapor actual, nuevamente se utilizará un estimado en base a porcentajes de recuperación del condensado actual y al balance de materia, el cual se presenta para la capacidad máxima de generación de vapor del sistema térmico del HNM. (Ver fig. 3.5)

Estableciendo como objetivo un aumento en la recuperación de condensados de un 25% respecto al valor actual se tiene:

$$m_{\text{retorno actual}} = 2591 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} * \frac{1\text{Kg}}{2.205\text{Lb}} = 1,175.0567 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{retorno propuesto}} = m_{\text{retorno actual}} + (0.25 * m_{\text{retorno actual}})$$

$$m_{\text{retorno propuesto}} = 1.25 * m_{\text{retorno actual}}$$

$$m_{\text{retorno propuesto}} = (1.25) * 1,175.0567 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 1,468.82 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

La recomendación se encuentra enfocada al aumento de la masa de condensado, para reducir la cantidad de agua suave, de acuerdo como lo establece el balance de materia y energía realizado en la sección 3.2.1.1. (Ver figura 3.5)

Estableciendo la reducción en la masa de agua suave:

$$m_{\text{suave ahorrada}} = m_{\text{suave}} - m_{\text{retorno incrementado}}$$

$$m_{\text{suave ahorrada}} = 1,410.068 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - \left(0.25 * 1,175.0567 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right) = 1,116.30 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{suave ahorrada}} = 1,410.068 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - 1,116.30 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 293.768 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Calculando el % de ahorro de agua suave:

$$\% \text{ ahorro} = 1 - \frac{m_{\text{suave propuesta}}}{m_{\text{suave actual}}} * 100$$

$$\% \text{ ahorro} = \left(1 - \frac{1,116.30}{1,410.068} \right) * 100 = 20.83\%$$

Estimando el volumen del nuevo tanque de condensado, asumiendo una densidad de agua suave de 1,000 kg/m³:

$$V_{\text{adicional}} = 1,468.82 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * \frac{\text{m}^3}{1,000\text{Kg}} = 1.468 \text{ m}^3 = 1,468 \text{ litros} \cong 1.5 \text{ m}^3$$

4.1.4.2. Análisis de Viabilidad Económica para Dimensionar Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.

El HNM cuenta con un ablandador de agua de intercambio iónico, en el que el agua pasa a través del depósito de mineral, en el cual los iones de calcio y de magnesio pierden su carga positiva, con la carga negativa de las perlas de plástico.

El depósito de salmuera retiene una solución de sal que empuja el mineral del depósito, remplazando el Ca y el Mg por iones de Na. Un medidor arriba del depósito de mineral regula los ciclos de carga, la válvula de montaje conduce el flujo de agua hacia cada paso del ciclo de la regeneración, de esta forma el sistema de suavizado gasta 200 libras de sal al mes, siendo el costo del quintal de sal de US\$9⁴⁵. Por lo tanto se establecen los ahorros en consumo de sal de regeneración, de la siguiente manera:

$$\text{Costo}_{\text{mensual}} = \frac{200\text{lb}}{\text{mes}} \times \frac{\text{US\$9}}{100\text{lb}} = \frac{\text{US\$18}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{anual}} = \frac{\text{US\$18}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{mes}}{\text{año}} = \frac{\text{US\$216}}{\text{año}}$$

⁴⁵Distribuidora R&R

Estos costos se obtienen al suavizar el 100% de agua fresca o cruda. Conociendo la reducción de agua suave necesaria (20.83%), se establece una proporción de este recurso para determinar los ahorros:

$$Ahorro_{mensual} = Costo_{mensual} * (\%Ahorro_{agua\ suave})$$

$$Ahorro_{mensual} = \frac{US\$18}{mes} \times 0.2083 = \frac{US\$3.75}{mes}$$

$$Ahorro_{anual} = \frac{US\$3.75}{mes} \times \frac{12mes}{año} = \frac{US\$44.99}{año}$$

Otra fuente de ahorro se determina, en base al flujo másico de agua suave ahorrada:

$$V_{ahorrado\ diario} = \frac{m_{suave\ ahorrada} \times tiempo\ de\ trabajo}{\rho_{agua}}$$

$$V_{ahorrado\ diario} = \frac{\left(\frac{293.768\ kg}{h} \times \frac{11h}{día}\right)}{\frac{1000Kg}{m^3}} = 3.231 \frac{m^3}{día}$$

$$V_{ahorrado\ mensual} = 3.231 \frac{m^3}{día} * \frac{30día}{mes} = 96.93 \frac{m^3}{mes}$$

En base al volumen de agua mensual ahorrada para esta recomendación, se estima el ahorro monetario tomando los valores del pliego tarifario de ANDA del año 2009, para el sector no residencial vigente hasta la fecha de esta investigación.

Cuadro 4. 15 Tarifa según pliego tarifario ANDA 2009.

m³	Tarifa acueducto	Costo alcantarillado	Factura total
93	US \$1.722	US \$3.60	US\$163.75
94	US \$1.722	US \$3.60	US\$165.47
95	US \$1.722	US \$3.60	US\$167.19
96	US \$1.72	US \$3.60	US\$168.91
97	US \$1.72	US\$3.60	US\$170.63

Fuente:Pliego tarifario sector comercial ANDA 2009⁴⁶

Obteniendo una correlación del costo de m³ de agua aplicable en los rangos de 93-97 m³:

$$\text{Costo } m^3 \text{ agua} = \frac{\$1.60}{m^3}$$

Obteniendo los ahorros económicos:

$$\text{Ahorro}_{\text{mensual}} = \frac{96.93m^3}{\text{mes}} * \frac{US\$1.60}{m^3} = \frac{US\$155.09}{\text{mes}}$$

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} = \frac{US\$155.09}{\text{mes}} * \frac{12\text{mes}}{\text{año}} = \frac{US\$1861.06}{\text{año}}$$

Determinando el ahorro en combustible, sabiendo que el condensado debe llegar al tanque a la temperatura medida en las inspecciones realizadas al HNM (T=77°C)⁴⁷, se estima la energía necesaria para llevar el agua desde 31°C hasta 77°C.

$$T1 = 31^\circ C \therefore h1 = 129.3 \frac{KJ}{Kg}$$

$$T2 = 77^\circ C \therefore h2 = 322.3 \frac{KJ}{Kg}$$

46 TARIFAS SEGÚN DIARIO OFICIAL, TOMO N° 385, NÚMERO 199 - ACUERDO N° 867, PAGINAS 19-28, CON FECHA 26 DE OCTUBRE DE 2009. (ACTUALIZADO 21 SEPTIEMBRE 2010)

47 FIGURA 3.5, SECCIÓN 3.2.1.1.

$$Q_{ganado} = \eta_{caldera} Q_{perdido}$$

$$m_{condensados\ 77^{\circ}C} (h_2 - h_1) = 0.87 * m_{fuel\ Oil} P_{c_{fuel\ oil}}$$

$$m_{fuel\ oil} = \frac{m_{agua\ 77^{\circ}C} (h_2 - h_1)}{0.8188 * P_{c_{fuel\ oil}}}$$

$$m_{fuel\ oil} = \frac{\frac{293.768\text{kg}}{h} \times (322.3 - 129.8)\text{kJ/kg}}{0.8188 \times 39,029.37\text{kJ/kg}}$$

$$m_{fuel\ oil} = 1.7696 \frac{\text{kg}}{h}$$

Obteniendo la representación del ahorro propuesto de Fuel Oil con respecto al consumo total:

$$\%Ahorro = \frac{\text{Ahorro Fuel Oil}}{\text{Consumo actual}} * 100\% = \frac{1.7696 \frac{\text{Kg}}{h}}{42.93 \frac{\text{Kg}}{h}} * 100\% = 4.12\%$$

$$V_{fuel\ oil} = 1.7696 \frac{\text{Kg}}{h} \times \frac{11h}{\text{día}} \times \frac{30\text{día}}{\text{mes}} \times \frac{\text{m}^3}{970\text{Kg}} = 0.6020 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$V_{fuel\ oil} = 0.6020 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times 264.1721 \frac{\text{gal}}{\text{m}^3} = 159.04 \text{ gal/mes}$$

$$\text{Ahorro}_{fuel\ oil} = 159.04 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \times \frac{\text{US\$ } 3.05361}{\text{gal}} = \frac{\text{US\$}485.64}{\text{mes}}$$

$$\text{Ahorro}_{anual} = \frac{\text{US\$}485.64}{\text{mes}} \times \frac{12\text{mes}}{\text{año}} = \frac{\text{US\$}5,827.73}{\text{año}}$$

Determinando el costo del tanque de condensado, sabiendo que el precio de construcción es de US\$1,700/m³:

$$\text{Costo construcción} = V_{adicional} \times \text{Costo tanque condensa}$$

$$\text{Costo construcción} = 1.5 \text{ m}^3 \times \frac{\text{US\$1,700}}{\text{m}^3} = \$ 2,550$$

Obteniendo los ahorros y los costos asociados a esta recomendación se puede determinar el Periodo de retorno de la inversión.

Cuadro 4. 16 Ahorros y Costo por la Implementación de Instalación de un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.

Ahorro sales de regeneración anual	US\$44.99
Ahorro agua no utilizada anual	US\$1861.06
Ahorro Fuel Oil anual	US\$5,827.73
Costo de construcción	US\$2,550

$$PRSI = \frac{\text{Costos}}{\sum \text{Ahorros anuales}}$$

$$PRSI = \frac{\text{US\$2550}}{\text{US}\$(44.99 + \$1861.06 + \$5,827.73)} = 0.33 \text{ años} = 3 \text{ meses } 28 \text{ dias}$$

Por lo que establecemos que esta alternativa representa un proyecto SENCILLO

4.1.4.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Dimensionar Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.

En base al ahorro de combustible se estima la reducción en toneladas de CO₂:

$$V_{\text{fueloil}} = 159.04 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{mes}}{\text{año}} = \frac{1,908.48 \text{ gal}}{\text{año}}$$

$$\text{TON CO}_2 = V_{\text{fueloil}} * PC_{\text{Fuel oil}} * 0.0774 \frac{\text{TonCO}_2}{\text{GJ}}$$

$$\text{TON CO}_2 = 1,908.48 \frac{\text{gal}}{\text{año}} \times \frac{0.14331\text{GJ}}{\text{gal}} \times 0.0774 \frac{\text{TonCO}_2}{\text{GJ}} = 21.17 \frac{\text{TONCO}_2}{\text{año}}$$

Cuadro 4. 17 Factibilidades por la implementación de recomendación “tanque de condensado de mayor capacidad” en el HNM.

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Instalación de un Tanque de Condensado de 1.5 m ³	Ahorro sales de regeneración anual US\$75.00	Reducción anual en CO ₂ de 21.17 TON CO ₂ por ahorro de Fuel Oil
Ahorros de Fuel Oil de 1,908.48 gal/año	Ahorro agua no utilizada anual US\$2,047.56	
	Ahorro Fuel Oil anual US\$5,827.73	

4.1.5. Análisis de la Recomendación para la Instalación de Colectores Solares de tubos al vacío para Precalear el agua suavizada

El agua suavizada se mezcla con el agua de condensado para alimentar la caldera, la cual genera una disminución en la temperatura de condensa perdiendo calor que puede ser aprovechado.

a) Situación Actual.

Durante el recorrido a las instalaciones del HNM, se verificó que el agua suavizada entra a una temperatura aproximada de 31° Celsius, para ser mezclada con el retorno de condensado. Esta mezcla de vapor de agua y agua suavizada necesita ser calentada y posteriormente evaporada dentro de la caldera, para obtener vapor. En la actualidad no se cuenta con un sistema de precalentamiento de agua suavizada.

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la instalación de un sistema de colectores solares de tubos al vacío para precalentar el agua suavizada y así obtener un ahorro de combustible en la caldera.

El agua entraría al sistema a una temperatura cercana a la temperatura del retorno de condensado y el combustible necesario para calentar dicho fluido, hasta evaporarlo, sería menor.

Los colectores solares de tubos al vacío son uno de los diseños más eficientes de sistemas de energía solar en la actualidad con una eficiencia promedio de 0.70.⁴⁸

4.1.5.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Instalación de Colectores Solares de Tubos al Vacío.

Para el análisis técnico se utiliza el modelo de Colector de Tubos al Vacío SUNMAX 30/58 de Salvador Escoda S.A., de la organización ESCOSOL, el cual tiene una eficiencia de 0.7⁴⁹ y un área total de 4.07 m², que posee las siguientes especificaciones:

Cuadro 4. 18 Especificaciones colector solar SUNMAX 30/58

Código	Artículo	Precio (\$)
SO04406	Colector HP ESCOSOL SUNMAX 30 58/1000	1,275
SO04406	Soportación ESCOSOL SUNMAX 30/58	155
SO05031	Soportacion cubierta inclinada	71
SO04003	30 Tubos de vacío heat Pipe	540
	Precio total	2,041

Fuente: Tarifa de precios Salvador Escoda: Salvadorescoda.com

El sistema propuesto se describe mediante la siguiente figura:

⁴⁸Fuente: Energías Renovables Tarifas PVP Salvador Escoda

⁴⁹Tarifa de precios Salvador Escoda: Salvadorescoda.com

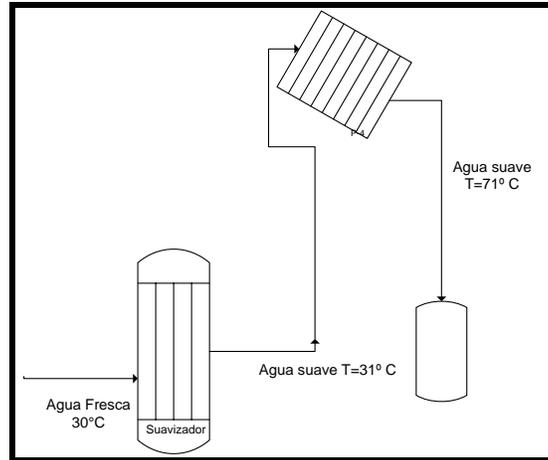


Figura 4. 1 Esquema del sistema de precalentamiento con un colector solar de tubos al vacío.

El calor necesario para calentar una cantidad de masa de agua se determina mediante la ecuación:

$$Q = m_{H_2O} (h_2 - h_1)$$

Descontando los flujos máxicos aprovechados por las medidas antes recomendadas, el flujo máxico que queda disponible para calentar en el sistema de generación de vapor del HNM es de 990.706 kg/h de agua suave (esta masa es la diferencia de la masa de agua calentada por el economizador 219.60 Kg/h y por el ahorro de agua debido al tanque de condensado 289.764 Kg/h). Si se eleva la temperatura en 40° Celsius se tendría una temperatura de salida del colector solar de aproximadamente 71°Celsius (temperatura del agua suave).

Para estos valores de temperatura, se detallan a continuación los valores de las entalpías:

$$T_1 = 31^{\circ}C \quad \therefore \quad h_1 = 129.3 \frac{KJ}{Kg}$$

$$T_2 = 71^{\circ}C \quad \therefore \quad h_2 = 297.2 \frac{KJ}{Kg}$$

Calculando la cantidad necesaria de calor para elevar la temperatura del flujo máxico de agua suave en 40° C:

$$Q = m_{H_2O} (h_2 - h_1) = 990.706 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} * (297.2 - 129.3) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q = 46.2079 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 46.2079\text{kW} = 46207.9\text{W}$$

Para encontrar el número de colectores solares necesarios para que se realice el aumento de temperatura del agua suave en 40° C, es necesario conocer la intensidad solar promedio, la cual se determina tomando como base los meses de octubre 2011 hasta marzo 2012.

La intensidad Solar Promedio mensual se calcula de la siguiente manera:

$$E = 0.94 \times H \times k$$

$$I = \frac{E \times 1000}{h_b}$$

Donde:

E: Radiación Solar en una superficie inclinada plana en el día representativo del mes $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$

H: Radiación solar diaria para una superficie plana en el día representativo del mes $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$

k: Razón de Radiación solar directa en una superficie inclinada.

I: intensidad promedio mensual $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

h_b: brillo solar en hrs.

Como ejemplo de cálculo se presentan los datos para el mes de Octubre 2011.

$$E_{\text{Octubre}} = 0.94 \times 4.7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 1.077 = 4.76 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

$$I_{\text{Octubre}} = \frac{4.76 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kw}}}{7 \text{ hrs}} = 680 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Para el periodo en estudio la intensidad promedio se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 19 Parámetros de Energía Disponible, Intensidad y Brillo Solar para San Salvador.

MES	H ⁵⁰ (kWh/m2)	k ⁵¹	E (kWh/m2)	hb ⁵² (h)	I (W/m2)
oct-11	4.7	1.077	4.76	7	679.99
nov-11	4.73	1.131	5.03	8.2	613.49
dic-11	4.69	1.159	5.11	8.8	580.55
ene-12	4.94	1.144	5.31	9.1	584.01
feb-12	5.41	1.096	5.57	9.1	612.54
mar-12	5.75	1.04063011	5.62	9.2	611.37
				Promedio	613.658

Conocida la eficiencia del modelo del colector solar recomendado (0.70), se establece la superficie colectora necesaria:

$$SC = \frac{\dot{Q} * 1000}{n * I}$$

$$CC = \frac{SC}{SP}$$

Donde:

SC: Superficie Colectora (m²)

Q: Potencia necesaria para calentar el flujo de agua suave (KW)

n: Eficiencia del colector solar de tubos al vacío

I = Intensidad promedio Mensual

CC: Cantidad de colectores necesarios

SP: superficie del colector solar (m²)

Base de cálculo superficie del colector (SP) 4.07 m².

⁵⁰ Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

⁵¹ Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

⁵² Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

$$SC = \frac{46.2079 \text{ KW} * 1000}{0.70 \times 613.658 \text{ W/m}^2} = 107.57 \text{ m}^2$$

$$CC = \frac{107.57 \text{ m}^2}{4.07 \text{ m}^2} = 26.43 \cong 27 \text{ colectores solares}$$

Se tiene entonces, que para elevar la temperatura del flujo másico de agua suave en 40° C, son necesarios 27 colectores solares de tubos al vacío, con las especificaciones antes mencionadas.

El área requerida es técnicamente viable ya que el HNM cuenta con un área de techos orientada hacia el sur de 852.36 m² y la necesaria es de 107.57m².

4.1.5.2 Análisis de Viabilidad Económica para Instalación de Colectores Solares de Tubos al Vacío.

Con el número de colectores solares necesarios para elevar la temperatura del agua suave en 40°C, se determina el ahorro en combustible que se podría obtener, con la implementación de esta recomendación.

Para este cálculo se utilizara la siguiente ecuación:

$$Q_{ganado} = \eta_{caldera} Q_{perdido}$$

$$m_{agua \text{ a } 71^{\circ}C} (hs - he) = 0.8188 * m_{fuel \text{ Oil}} PC_{Fuel \text{ Oil}}$$

$$m_{fuel \text{ oil}} = \frac{m_{agua \text{ a } 71^{\circ}C} (hs - he)}{0.8188 * PC_{fuel \text{ oil}}}$$

$$m_{fuel \text{ oil}} = \frac{990.706 \frac{kg}{h} * (297.2 - 129.8) \frac{kJ}{kg}}{0.8188 * 39,029.37 kJ/kg}$$

$$m_{fuel \text{ oil}} = 5.1896 \text{ Kg/h}$$

Obteniendo la representación del ahorro propuesto de Fuel Oil con respecto al consumo se tiene:

$$\%Ahorro = \frac{Ahorro Fuel Oil}{Consumo actual} * 100\% = \frac{5.1896 \frac{Kg}{h}}{42.93 \frac{Kg}{h}} * 100\% = 12.09\%$$

$$V_{fuel\ oil} = 5.1896 \frac{Kg}{h} * \frac{11h}{día} * \frac{30día}{mes} * \frac{m^3}{970Kg} = 1.77 \frac{m^3}{mes}$$

$$V_{fuel\ oil} = 1.77 \frac{m^3}{mes} * 264.1721 \frac{gal}{m^3} = 466.40 \text{ gal/mes}$$

$$Ahorro_{fuel\ oil} = 466.40 \frac{gal}{mes} * \frac{\$ 3.05361}{gal} = \frac{US\$1,424.22}{mes}$$

El periodo de recuperación de la inversión para esta opción es de:

$$PRSI = \frac{Inversión}{Ahorro} = \frac{US\$2,041 * 27}{US\$1,424.22 * 12} = 3.22 \text{ años} = 3 \text{ años } 2 \text{ meses } 21 \text{ días}$$

Por lo que se establece que esta alternativa representa un proyecto de COSTO MEDIO

4.1.5.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Instalación de Colectores Solares de Tubos al Vacío.

La reducción de toneladas de CO₂ se expresa de la siguiente manera:

$$TON CO_2 = V_{fuel\ oil} * \frac{12mes}{año} * PC_{Fuel\ oil} * 0.0774 \frac{Ton CO_2}{GJ}$$

$$TON CO_2 = 438.95 \frac{gal}{mes} * \frac{12mes}{año} * \frac{0.14331GJ}{gal} * 0.0774 \frac{Ton CO_2}{GJ}$$

$$TON CO_2 = 58.43 \frac{TONCO_2}{año}$$

Cuadro 4. 20 Factibilidades por la implementación de recomendación “Colectores Solares de tubos al vacío” para el HNM.

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Instalación de un sistema de 27 Colectores Solares de Tubos al vacío para precalentar agua suave.	Ahorro anual de Fuel Oil de US\$ 17,090.64	Reducción anual de Emisiones de CO ₂ de 58.432 TON CO ₂ Por uso de Fuel Oil
Ahorros de Fuel Oil de 5,596.80 gal/año.		

El ahorro porcentual en el área de energía térmica, al implementar las medidas recomendadas son las siguientes:

Cuadro 4. 21Ahorro porcentual en consumo de combustible al implementar las medidas de recomendación técnica a dichas áreas.

Consumo Anual Actual de Bunker	46,301.50 galones
RECOMENDACIÓN	GALONES ANUALES REDUCIDOS
Eliminación de Fugas de vapor	959.59
Instalación de un Economizador para Gases de Chimenea.	1,739.78
Dimensionar un Tanque de Condensado de Mayor Capacidad.	1,908.48
Instalación de Colectores Solares de tubos al vacío para Precalentar el agua suavizada	5,596.8
Total	10,204.65
Porcentaje de reducción en gal al implementar medidas recomendadas	22.04

4.2. Análisis de las Propuesta de Prevención y/o eliminación de pérdidas de Recursos en el Área de Energía Eléctrica.

Se describe el análisis de aquellas propuestas que están relacionadas con el uso de energía eléctrica en el Hospital Nacional de Maternidad. En ésta parte se proponen cambios tecnológicos para obtener menores consumos de energía, conservando o aumentando la eficiencia de los equipos que se poseen en la actualidad.

4.2.1. Análisis de la recomendación para realizar Cambio de Luminarias.

Un sistema más eficiente en iluminación contribuye a la reducción del consumo del recurso de energía eléctrica, obteniendo ahorros económicos, debido al uso eficiente de éste.

a) Situación actual.

En la mayor parte del HNM existen luminarias tipo T12 de 40W, este tipo de tecnología de lámpara posee balastro magnético, el cual aumenta el consumo energético de la lámpara si estas se encuentran quemadas o con algún tipo de desperfecto. Las instalaciones de iluminación, son en su mayoría, arreglos de lámparas empotradas y superficiales T12 de 40W que presentan un potencial de mejora alto. (ver cuadro 3.19)

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución gradual de todas las lámparas tipo T12 de 40W, por lámparas T8 de 32W. Lo anterior permitirá la reducción del consumo energético y representa una adaptación completa de las instalaciones de iluminación del HNM, a una tecnología más eficiente, generando una disminución en el consumo, que desemboca en ahorros económicos para el nosocomio, como también una disminución en las emisiones de toneladas de CO₂ emitidos a la atmosfera.

4.2.1.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Cambio de Luminarias.

En el cuadro 4.22 se presentan las áreas que cuentan con tecnología T12 de 40W, que serán tomadas en el análisis de esta recomendación, para la sustitución de la tecnología actual.

Cuadro 4. 22 Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.

Servicio	Tipos de iluminación							
	Luminaria Empotrada				Luminaria Superficial			
	2*40 W	hr	4*40 W	Hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Lavandería					47	11	3	11
Central de equipos	14	24					2	24
Almacén general			3	8	46	8		
Administración			16	8				
Farmacia	5	24						
Cirugía obstétrica	6	24	20	24				
Puerperio			10	24	2	24		
Oncología			16	24				
Auditorio hospital	5	8	1	8			9	8
Infectología	12	24	1	24			12	24
Perinatología			33	24				
Quirófanos	6	24	50	24				
Sala de partos			47	24				
Casa de médicos	24	24	5	24				
Neonatología	56	24	19	24				
Mantenimiento					20	8		
Calderas					7	12		
Subestación caldera					3	8		
Capilla					2	8		
Oficina de enfermería					3	8		
Depto. Financiero contable			8	8			3	8
Unidad Administrativa de Cuidados			3	8				
Dirección	10	8	11	8				
Colposcopia	11	8						
Sala de espera colposcopia			5	8				
Trabajo social			6	8				

CONTINUA

Cuadro 4. 23a Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.

Servicio	Tipos de iluminación							
	Luminaria Empotrada				Luminaria Superficial			
	2*40 W	hr	4*40 W	Hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Citas			8	8				
Sala de espera citas			6	8				
Informática			7	8				
Clínica empresarial			2	8				
Laboratorio infertilidad			2	8				
Recepción sala de operaciones			1	8				
Recursos humanos					25	8		
División médica					1	8		
Sala de estar					1	8		
Patrimonio	2	8						
Oficina de comunicaciones					3	8		
Oficina UFP			4	8				
Sala de reuniones			6	8				
Recepción			6	8				
Biblioteca			4	8				
Departamento de Ginecología y obstetricia			6	8				
Auditorio de la clínica			12	8				
Consulta externa	2	8						
Fisioterapia	7	8						
Sala de espera Consulta externa	32	24						
Cuartos de exámenes	1	8						
Enfermería jefe de servicio	2	8						
Farmacia consulta externa	2	8						
Reuniones docencia	2	24						
Electrocardiograma	1	8						
Unidad de psicología	1	8						
Jefe de consulta externa	1	8						
Oficina Jurídica	1	8						
Quimioterapia juvenil			4	8				
Sala de espera familiares emergencia	3	8						
Administración de pacientes emergencia	2	24						

CONTINUA

Cuadro 4. 24b Tipos de lámparas, potencia y horas de uso, HNM.

Servicio	Tipos de iluminación							
	Luminaria Empotrada				Luminaria Superficial			
	2*40 W	hr	4*40 W	Hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Estación enfermería emergencia			6	24				
Cuartos de exámenes emergencia			8	24				
Alcaldía			10	8				
Pasillo perinatología			5	24				
Pasillo sala electiva			5	24				
Farmacia	3	8						
Cafetería	2	24						
Total	213	384	356	488	160	119	29	75

Fuente: Departamento técnico, HNM.

El número de luminarias totales, clasificadas según por su tipo, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 25 Total de lámparas y horas de uso, HNM.

Lámparas Empotradas		Lámparas Superficiales	
Potencia	Cantidad	Potencia	Cantidad
40W	669	40W	189
Total de Lámparas de 40W		858	

Se presentan los cálculos de consumo eléctrico y potencia por iluminación para la tecnología de uso actual en el HNM.

Para el área de Infectología se tiene:

Cuadro 4. 26 Total de lámparas y horas de uso para el departamento de Infectología, HNM

Servicio	Tipos de iluminación							
	Luminaria Empotrada				Luminarias Superficiales			
	2*40 W	hr	4*40 W	hr	2*40 W	hr	4*40 W	hr
Infectología	12	24	1	24	--	-	12	24

Consumo energético mensual actual

$$= \text{Cantidad de Luminarias} \times \text{Potencia por luminaria} \\ \times \text{hrs de uso al dia} \times \text{dias de uso al mes} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ Watts}}$$

Consumo energético mensual actual

$$= (2 \text{ luminarias} \times 12 \text{ arreglos}) + (4 \text{ luminarias} \times 1 \text{ arreglo}) \\ + (4 \text{ luminarias} \times 12) \times \frac{40 \text{ Watts}}{\text{Luminaria}} \times \frac{24 \text{ Hrs}}{\text{dia}} \times \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{\text{kW}}{1000 \text{ Watts}}$$

$$\text{Consumo energético mensual} = 2,188.80 \text{ Kwh/mes}$$

$$\text{Consumo energético anual} = 2,188.80 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 26,265.60 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

Demanda de potencia actual

$$= [(2 \times 12) + (4 \times 1) + (4 \times 12)] \text{ Luminarias} \times 40 \text{ watts} \\ = 3,040 \text{ watts} \times \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ watts}} = 3.04 \text{ kW}$$

Los arreglos de luminarias actuales del área de infectología en el HNM, son de 2 luminarias de 40W y 4 luminarias de 40 W.

Calculando el consumo energético se tiene:

$$\frac{\# \text{ de Tubos}}{\text{Luminaria}} = 2 \frac{\# \text{ de Tubos}}{\text{Luminaria}} = 4$$

$$\frac{\text{Potencia}}{\text{Tubo}} = 32 \text{ Watts}$$

$$\frac{\text{Potencia}}{\text{Arreglo de 2}} = 64 \text{ Watts}$$

$$\frac{\text{Potencia}}{\text{Arreglo de 4}} = 128 \text{ Watts}$$

$$\text{Tarifa por consumo eléctrico} = 0.192977 \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Consumo energético mensual} = [(2 \times 12 \text{ arreglos}) + (4 \times 1 \text{ arreglos}) + (4 \times 12 \text{ arreglos})] \times \frac{32 \text{ Watts}}{\text{Luminaria}} \times \frac{24 \text{ Hrs}}{\text{dia}} \times \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{\text{kW}}{1000 \text{ Watts}}$$

$$\text{Consumo energético mensual} = 1,751.04 \text{ Kwh/mes}$$

$$\text{Consumo energético anual} = 1,751.04 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 21,012.48 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

Demanda de potencia con implementación

$$\begin{aligned} &= [(2 \times 12 \text{ arreglos}) + (4 \times 1 \text{ arreglos}) + (4 \times 12 \text{ arreglos})] \times 32W \\ &= 2,432 \text{ watts} \times \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ watts}} = 2.432 \text{ kW} \end{aligned}$$

Calculando la reducción anual de consumo eléctrico y potencia demandada de la tecnología recomendada respecto la tecnología actual:

$$\begin{aligned} \text{Disminución de consumo eléctrico anual} &= (26,265.60 - 21,012.48) \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \\ &= 5,253.12 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Disminución de consumo eléctrico mensual} &= 5,253.12 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \\ &= 437.76 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Disminución de potencia anual} &= (3.04 - 2.432) \text{ kW} = 0.608 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \\ &= 7.30 \frac{\text{kW}}{\text{año}} \end{aligned}$$

4.2.1.2. Análisis de Factibilidad Económica para Cambio de Luminarias.

Conociendo el consumo energético de la tecnología actual y el de la tecnología recomendada, así como la demanda de potencia para cada caso, se determinan los costos asociados por el uso de cada tecnología.

Ya que el mayor consumo se genera en horario resto, se presenta el análisis de factibilidad económica para dicho horario, tomando la tarifa establecida para éste a la fecha (Julio 2012).

El HNM presenta tipos de conexión eléctrica de gran demanda (> 50 KW). El tipo “Mediana tensión con medidor horario”⁵³, tiene una tarifa en horario resto de:

$$\text{Tarifa por consumo eléctrico} = 0.192977 \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}}$$

Para la tecnología actual se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Costo de Consumo Energetico mensual} &= 2,188.80 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \frac{0.192977 \text{ US\$}}{\text{kWh}} \\ &= 422.38 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por Consumo Energético anual} &= 26,265.60 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} * 0.192977 \frac{\text{US\$}}{1 \text{ año}} \\ &= 5,068.65 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Demanda de potencia actual} = 3.04 \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{KW}} = \text{US\$}10.61$$

Para la tecnología sugerida se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Tarifa por consumo eléctrico} &= 0.192977 \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}} \\ \text{Costo por consumo energético mensual} &= 1,751.04 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \frac{0.192977 \text{ US\$}}{\text{kWh}} \\ &= 337.91 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

53 FUENTE: HISTORIAL DE REGISTRO DE RECIBOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL HNM PERIODO COMPRENDIDO DE DICIEMBRE 2010 HASTA NOVIEMBRE 2011.

$$\begin{aligned} \text{Costo por consumo energético anual} &= 21,012.48 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * \frac{0.192977 \text{ US\$}}{\text{kWh}} \\ &= 4,054.93 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Demanda de potencia con implementación} = 2.432 \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{KW}} = \text{US\$}8.48$$

El beneficio económico por ahorro en la disminución de consumo eléctrico y disminución de potencia en iluminación es el siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Costo energético mensual (actual)} \\ &\quad - \text{Costo energético con implementación de nuevas tecnologías} \\ &= \text{Beneficio Económico} \end{aligned}$$

$$\text{Beneficio Económico anual} = \left(5,068.65 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \right) - \left(4,054.93 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \right) = 1,013.72 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio Económico mensual} = 1,013.72 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 84.50 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}}$$

$$\begin{aligned} &\text{Beneficio económico anual por reducción de potencia} = \\ &= \text{Costo de potencia actual en iluminación} \\ &\quad - \text{Costo de potencia con nueva tecnología en iluminación.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Beneficio económico anual por reducción de potencia} \\ &= \left(\frac{\text{US\$}127.32}{\text{año}} \right) - \left(\frac{\text{US\$}101.76}{\text{año}} \right) = 25.56 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Beneficio económico total} \\ &= \text{beneficio económico por costo energético} \\ &+ \text{beneficio económico por reducción de potencia.} \end{aligned}$$

$$\text{Beneficio económico total anual} = 1,013.72 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} + 25.56 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} = 1,039.28 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

(En el anexo 4 se presentan los cuadros, donde se detallan los costos en consumos de kWh de energía y costos por distribución de potencia por utilizar la tecnología actual y por la tecnología recomendada, en todas las áreas identificadas con potencial de mejora.)

El periodo de retorno de la inversión se presenta para el “Departamento de infectología” (Área de estudio).

$$PSRI = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Ahorro anual}}$$

$$\textit{Ahorro anual} = \textit{Beneficio económico anual} = 1,039.28 \frac{\textit{US\$}}{\textit{año}}$$

$$\begin{aligned} \textit{Inversión inicial por cambio de luminarias} \\ = \# \textit{ de luminarias tipo T8} - 8 * \textit{precio unitario} \end{aligned}$$

$$\textit{Precio unitario} = 45.60 \textit{US\$}$$

$$\# \textit{ de luminarias tipo T8 para departamento de infectología} = 76$$

$$\textit{Inversión inicial} = 76 \times 45.60 \textit{US\$} = \textit{US\$}3,465.60$$

Asumiendo el 10% de la inversión inicial para gastos de instalación se tiene una inversión inicial total de:

$$\textit{Inversión inicial total} = \textit{US\$}3,465.60 + (\textit{US\$}3,465.60 \times 0.10) = \textit{US\$}3,812.16$$

$$PSRI = \frac{\textit{US\$} 3,812.16}{1,039.28 \frac{\textit{US\$}}{\textit{año}}}$$

$$\textit{PSRI} = 3.66 \textit{años} = 3 \textit{años}, 7 \textit{meses y} 27.6 \textit{días}$$

De realizarse la sustitución simultánea en todas las áreas del hospital el ahorro en cuanto a costos de energía eléctrica vendría dado del total de los kwh consumidos presentados en los cuadros del anexo 4, y el cálculo es el siguiente:

Costo energético mensual(actual)

– *Costo energético con implementación de nuevas tecnologías*
 = *Beneficio Económico*

$$\begin{aligned} \text{Beneficio Económico anual} &= \left(\frac{\text{US\$112,687.60}}{\text{año}} \right) - \left(\frac{\text{US\$90,150.08}}{\text{año}} \right) \\ &= 22,537.52 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Beneficio Económico mensual} = 22,537.52 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 1,878.13 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}}$$

Inversión inicial por cambio de luminarias

= # deluminariastipoT – 8 * preciounitario

Precio unitario = US\$45.60

de luminarias tipo T8 = 2,286

Inversión inicial = 2,286 × 45.60 US\$ = US\$104,241.60

Asumiendo el 10% de la inversión inicial para gastos de instalación se tiene una inversión inicial total de:

Inversión inicial total = (US\$104,241.60 × 1.10) = US\$114,665.76

$$PSRI = \frac{\text{US\$ 114,665.76}}{\frac{\text{US\$22,537.52}}{\text{año}}} = 5.10 \text{ años} \cong 5 \text{ años , 1 mes y 6 días}$$

En el Anexo 4 se presentan los periodos de retorno de inversión para cada área con potencial de mejora encontrado en las instalaciones del HNM, especificando que si el cambio de tecnología en iluminación se realiza simultáneamente en todos los departamentos, los ahorros en costos de energía eléctrica aumentan significativamente. Por

tal razón, el retorno de la inversión es más viable para todas las áreas en general que para áreas individuales, ya que el ahorro por la sustitución gradual a la tecnología recomendada es de igual forma significativa en términos económicos y ambientales, pero en menor grado, respecto al cambio de todo el sistema de iluminación definido en ésta recomendación.

4.2.1.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Cambio de Luminarias.

Las reducciones de emisiones de CO₂ a la atmosfera se presentan de la siguiente forma para el departamento de infectología:

Emisiones de CO2 mensuales con tecnologías de iluminación actual

$$= \frac{kWh}{mes} \text{ tipo de limunaria} \times FE_{CO_2}$$

El FE_{CO₂} para la energía eléctrica es de $0.6012 \frac{Kg \text{ de } CO_2}{kWh}$

Emisiones de CO2 mensuales con tecnologías de iluminación actual

$$= 26,265.60 \frac{KWh}{año} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \times \frac{0.6012 \text{ kg de } CO_2}{kWh}$$

$$= 1,315.89 \frac{kg \text{ de } CO_2}{mes}$$

Emisiones de CO2 anuales con tecnologías de Iluminación actual

$$= 1,315.89 \frac{kg \text{ de } CO_2}{mes} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 15,790.68 \frac{kg \text{ de } CO_2}{año} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$= 15.79 \text{ Ton } CO_2 \text{ emitidas}$$

Emisiones de CO2 mensuales con tecnologías de Iluminación sugerida

$$= \left(21,012.48 \frac{Kwh}{año} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \right) \times \frac{0.6012 \text{ kg de } CO_2}{kWh}$$

$$= 1,052.73 \frac{kg \text{ de } CO_2}{mes}$$

Emisiones de CO2 anuales con tecnologías de Iluminación sugerida

$$= 1,052.73 \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 12,632.76 \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$= 12.63 \text{ Ton CO}_2 \text{ emitidas}$$

$$\frac{\text{Beneficio ambiental total}}{\text{año}} = (15.79 - 12.63) \text{Ton CO}_2$$

$$= 3.16 \text{ Ton CO}_2 \text{ no emitidas}$$

En el anexo IV, se presenta la factibilidad ambiental para cada área con potencial de mejora en iluminación, como también la factibilidad ambiental, si el cambio de tecnología fuera simultanea para todas las áreas recomendadas.

La factibilidad de implementación de nueva tecnología se presenta en el siguiente cuadro, tomando la recomendación global como la sustitución simultanea de la tecnología en iluminación en todos los departamentos que presentan potencial de mejora en el HNM.

Cuadro 4. 27 Factibilidades por la implementación de recomendación “Sustitución de Luminaria de T12 a T8”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Ahorro de consumos de energía eléctrica de 112,821.12kWh / año	Ahorro por implementación de nueva tecnología US\$22,537.49	CO ₂ no emitido 67.83 TON CO ₂ /año
Ahorro en distribución d potencia de 18.288 kW/año		

4.2.2. Análisis de la recomendación para el Área Eléctrica, Cambio de Aires Acondicionados.

Para el área de aires acondicionados en el HNM, se tomó una muestra de estos equipos en las inspecciones realizadas al nosocomio (ver cuadro 3.20).

a) Situación Actual.

La muestra verificada de equipos de aire acondicionado es de 9 equipos instalados y en funcionamiento, en diferentes áreas del HNM (ver cuadro 3.20). Estos equipos cuentan con un valor del indicador de eficiencia (EER) menor a 11, lo cual se traduce en equipos menos eficientes, con altos consumos de energía eléctrica, transformándose en mayores costos económicos por operación.

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos con valores de indicador de eficiencia (EER) mayores a 18, ya que estos realizan las mismas funciones de forma más eficiente al demandar menor potencia, reduciendo de esta forma el consumo de energía eléctrica del HNM.

4.2.2.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Sustitución de Equipos de Aire Acondicionado.

La viabilidad técnica para esta recomendación, está enfocada en la reducción de la potencia (W) sujeto al cambio de equipos de aires acondicionados.

La recomendación planteada es la sustitución de equipos de aire acondicionado más eficientes, con indicador EER por arriba de 18, pero en el mercado nacional la distribución de aires acondicionados eficientes posee tan solo equipos de EER de 13, los cuales se aceptan como eficientes por tener un valor de indicador de eficiencia (EER) mayor a 11.

Del cuadro 3.20 se tienen las características de la muestra de equipos de aire acondicionado en estudio:

Cuadro 4. 28 Equipos más comunes de Aires Acondicionados que utiliza el HNM.

Ubicación	Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Horas de uso
Fórmulas Lácteas	Aire Acondicionado Minisplit	48,000 BTU/hr	8,800	24
Financiero Contable.	Aire acondicionado tipo ventana	32,500 BTU/hr	4,070	8
Colposcopia	Aire Acondicionado	36,000 BTU/hr	3,542	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 BTU/hr	3,542	8
Administración	Aire acondicionado minisplit	24,000 BTU/hr	2,662	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit	36,000 btu/hr	3,542	8
División Médica	Aire Acondicionado minisplit condensador	24,000BTU/hr	1,870	8
Planificación Familiar	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 btu/hr	3,520	8
Neonatos, Dirección.	Aire Acondicionado	24,000 BTU/hr	2,662	24

Fuente: Equipo técnico UES –HNM

Las características de los equipos de aire acondicionado recomendados al HNM se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 29 Características de Equipos Eficientes de Aires Acondicionados.

Capacidad de Aires Acondicionados	Potencia del Equipo
24,000 BTU/hr	1,847 W
36,000 BTU/hr	2,770 W
48,000 BTU/hr	3693 W

El consumo en kW/h de los equipos de aire acondicionado se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Consumo actual de } \frac{A}{A} \text{ al día} = \text{Potencia del equipo actual} \times \text{hrs de uso actual}$$

$$\begin{aligned}
\text{Consumo actual de } \frac{A}{A} \text{ al día} &= [(8,800W \times 24h) + (4,070W \times 8h) + (3,542W \times 8h) \\
&+ (3,542W \times 8h) + (2,662W \times 8h) + (3,542W \times 8h) + (1,870W \times 8h) \\
&+ (3,520W \times 8h) + (2,662W \times 24h)]
\end{aligned}$$

$$\text{Consumo actual de } \frac{A}{A} \text{ al día} = 457,072 \frac{Wh}{\text{día}} \times \frac{1kW}{1000 W} = 457.07 \cong 457.10 \frac{kWh}{\text{día}}$$

Potencia mensual de los equipos de aire acondicionado es:

$$\begin{aligned}
\text{Potencia } \frac{A}{A} \text{ actual} &= (8,800 + 4,070 + 3,542 + 3,542 + 2,662 + 3,542 + 1,870 + 3,520 \\
&+ 2,662)W
\end{aligned}$$

$$\text{Potencia } \frac{A}{A} \text{ actual} = 34,210 W \cong 34.21kW$$

Para el cálculo del consumo de energía eléctrica de la nueva tecnología, se hace énfasis en los equipos de aire acondicionado eficientes disponibles en el país. Con esta información se recomiendan los equipos necesarios para suplir la demanda actual de los equipos en muestra del HNM. Ya que en la actualidad no están disponibles equipos de 32,000 BTU/hr se recomienda la instalación de un equipo de 36,000 BTU/hr ya que con estos cambios se obtiene una disminución considerable de la demanda de energía respecto a los equipos en operación actual, como se presenta de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de nueva tecnología al día} = \text{Potencia del equipo nvo} \times \text{hrs de uso actual}$$

$$\begin{aligned}
\text{Consumo de nueva tecnología al día} &= (3,693W \times 24 \text{ hrs}) + (2,770W \times 8h) + (2,770W \times 8h) + (2,770W \times 8h) \\
&+ (1,847W \times 8h) + (2,770W \times 8h) + (1,847W \times 8h) + (2,770W \times 8h) \\
&+ (1,847W \times 24h)
\end{aligned}$$

$$\text{Consumo de nueva tecnología al día} = 273,312 \frac{Wh}{\text{día}} \times \frac{1kW}{1000Wh} = 273.31 \frac{kWh}{\text{día}}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia } \frac{A}{A} \text{ recomendada} \\ = (3,693 + 2,770 + 2,770 + 2,770 + 1,847 + 2,770 + 1,847 + 2,770 \\ + 1,847)W \end{aligned}$$

$$\text{Potencia } \frac{A}{A} \text{ actual} = 23,084 W \cong 23.08kW$$

Reducción de consumo por cambio de tecnologia = consumo actual – consumo nvo.

$$\text{Reducción de consumo por cambio de tecnologia} = 457.10 \frac{kWh}{\text{día}} - 273.31 \frac{kWh}{\text{día}}$$

$$\text{Reducción de consumo por cambio de tecnologia} = 183.79 \frac{kWh}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 5,513.70 \frac{kWh}{\text{mes}}$$

$$\text{Reducción de consumo por cambio de tecnologia} = 5,513.70 \frac{kWh}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

$$\text{Reducción de consumo por cambio de tecnologia} = 66,164.40 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Reducción de potencia mensual por cambio de tecnologia
= Potencia actual – Potencia nueva

$$\text{Reducción de potencia mensual por cambio de tecnologia} = 34.21 \frac{W}{\text{mes}} - 23.08 \frac{W}{\text{mes}}$$

$$\text{Reducción de potencia mensual por cambio de tecnologia} = 11.13 \frac{W}{\text{mes}}$$

4.2.2.2. Análisis de Viabilidad Económica para Sustitución de Equipos de Aire Acondicionado.

Conociendo los consumos en energía eléctrica para la situación actual y recomendada se obtiene el beneficio económico por la implementación de la siguiente forma:

Beneficio Económico = Costo Actual por utilización de $\frac{A}{A}$ – Costo por la utilización de nueva tecnologia de A/A

$$\begin{aligned} \text{Beneficio Económico} \\ = \left(457.10 \frac{kWh}{\text{día}} \times \frac{0.192977 \text{ US \$}}{kWh} \right) - \left(273.31 \frac{kWh}{\text{día}} \times \frac{0.192977 \text{ US \$}}{kWh} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Beneficio Económico} = \frac{\text{US\$ 35.47}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = \frac{\text{US\$1,064.10}}{\text{mes}}$$

$$\text{Beneficio Económico anual} = \frac{\text{US\$1,064.10}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = \frac{\text{US\$12,769.20}}{\text{año}}$$

Beneficio económico anual por reducción de potencia
 = Costo de potencia actual en ambientación
 – Costo de potencia con nueva tecnología en ambientación.

$$\text{Beneficio económico anual por reducción de potencia} \\ = \left(34.21 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{KW}} \right) - \left(23.08 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{KW}} \right)$$

$$\text{Beneficio económico anual por reducción de potencia} = 38.83 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}}$$

Beneficio económico total
 = beneficio económico por costo energético
 + beneficio económico por reducción de potencia.

$$\text{Beneficio económico total mensual} = \frac{\text{US\$1,064.10}}{\text{mes}} + 38.83 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} = 1,102.93 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}}$$

$$\text{Beneficio económico total anual} = 1,102.93 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = \mathbf{13,235.16 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}}$$

a) **Cálculo del Período simple de retorno de inversión (PSRI).**

$$\text{PSRI} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Ahorro anual} = \text{Beneficio económico anual} = \mathbf{13,235.16 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}}$$

Inversión inicial por cambio de equipos
 = Costo de equipos + costo de instalación

Cuadro 4. 30 Costos de Equipos Eficientes de Aires Acondicionados.

Costos de Equipos de Aire Acondicionado tipo mini Split marca LENNOX (EER 13)		
Capacidad de Aires Acondicionados	Potencia del Equipo	Costo de los equipos de aire acondicionado e instalación (US\$)⁵⁴
24,000 BTU/hr	1,847 W	1,634.65
36,000 BTU/hr	2,770 W	2,394.74
48,000 BTU/hr	3,693 W	3,174.54

Teniendo 3 equipos de 24,000 BTU/hr, 5 equipos de 36,000 BTU/hr y 1 equipo de 48,000 BTU/hrse tiene un costo de inversión total de US\$20,052.19

Cuadro 4. 31 Equipos de Aires Acondicionados recomendados para las áreas de muestra del HNM.

Ubicación	Tipo de Aire Acondicionado	Cantidad de Equipos	Capacidad	Potencia (W)
Fórmulas Lácteas	Aire Acondicionado Minisplit	1	48,000 BTU/hr	3,693
Financiero Contable.	Aire acondicionado tipo ventana	1	36,000 BTU/hr	2,770
Colposcopia	Aire Acondicionado	1	36,000 BTU/hr	2,770
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit condensador	1	36,000 BTU/hr	2,770
Administración	Aire acondicionado minisplit	1	24,000 BTU/hr	1,847
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit	1	36,000 btu/hr	2,770
División Médica	Aire Acondicionado minisplit condensador	1	24,000BTU/hr	1,847
Planificación Familiar	Aire Acondicionado minisplit condensador	1	36,000 btu/hr	2,770
Neonatos, Dirección.	Aire Acondicionado	1	24,000 BTU/hr	1,847

⁵⁴Elektrokool S.A. de C.V.

El periodo de retorno de la inversión sería de:

$$PSRI = \frac{US\$20,052.19}{13,235.16 \frac{US\$}{año}} = 1.52 \text{ años}$$

Esta recomendación técnica presenta un COSTO MEDIO de inversión.

4.2.2.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Sustitución de Equipos de Aire Acondicionado en el HNM.

Las reducciones de emisiones de CO₂ a la atmosfera se presentan de la siguiente forma:

$$EmisionesdeCO_2 \text{ mensuales conequiposde } \frac{A}{A} \text{ actual} = \frac{kWh}{mes} \text{ tipodeaire} \times FE_{CO_2}$$

El FE_{CO₂} para la energía eléctrica es de 0.6012 KgdeCO₂/kWh

$$EmisionesdeCO_2 \text{ mensuales contecnologíasdeiluminaciónactual} \\ = \left(457.10 \frac{kWh}{día} \times \frac{30 \text{ día}}{mes} \right) \times \frac{0.6012 \text{ kgdeCO}_2}{kWh} = 8,244.26 \frac{kgdeCO_2}{mes}$$

$$EmisionesdeCO_2 \text{ anuales conequiposde } \frac{A}{A} \text{ actual} = 8,244.26 \frac{kgdeCO_2}{mes} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \\ = 98,931.10 \frac{kgdeCO_2}{año} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 98.93 \text{ TonCO}_2 \text{ emitidas}$$

$$EmisionesdeCO_2 \text{ mensuales conequiposrecomendados} \\ = \left(273.31 \frac{kWh}{mes} \times \frac{30 \text{ día}}{mes} \right) \times \frac{0.6012 \text{ kgdeCO}_2}{kWh} = 4,929.42 \frac{kgdeCO_2}{mes}$$

$$EmisionesdeCO_2 \text{ anuales conequiposrecomendados} \\ = 4,929.80 \frac{kgdeCO_2}{mes} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 59,153.04 \frac{kgdeCO_2}{año} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} \\ = 59.15 \text{ TonCO}_2 \text{ emitidas}$$

Beneficioambientaltotal

$$\frac{\text{año}}{\text{año}} = (Emisionesactuales - Emisionesconlanvarecomendación) \text{ TonCO}_2$$

$$\frac{\text{Beneficio ambiental total}}{\text{año}} = (98.93 - 59.15) = 39.78 \text{ Ton CO}_2 \text{ no emitidas}$$

Las factibilidades para esta recomendación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 32 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de aires acondicionados eficientes”

Factibilidad Técnica	Factibilidad Económica	Factibilidad Ambiental
Ahorro de consumos de energía eléctrica de 183.77 KWh/día equivalente a 66,157.20 kWh/día.	Ahorro en energía eléctrica por US\$12,765.60/año.	CO ₂ no emitido a la atmósfera: 39.78 Ton de CO ₂ .
Ahorro en distribución de potencia 11.11 kW/mes equivalente a 133.32 kW/mes.	Ahorro en distribución de potencia por US\$465.12/año.	

4.2.3. Análisis de la recomendación: Área Eléctrica de Calentador de Agua.

El departamento de neonatos en el HNM cuenta con un calentador eléctrico para agua, que se utiliza en actividades de aseo de los recién nacidos.

a) Situación Actual.

El calentador eléctrico con el que cuenta el HNM se utiliza para calentar el agua a una temperatura promedio de 42°C, cuenta con una potencia aproximada de 5kW y se utiliza 2 horas al día.

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución de este tanque calentador eléctrico por un sistema de colectores solares de placa plana, que permitan captar la radiación solar y utilicen esta energía para calentar el agua necesaria en el área de neonatos y así suplir la demanda, generando una disminución en el consumo de energía eléctrica.

El sistema recomendado se presenta en la siguiente figura:

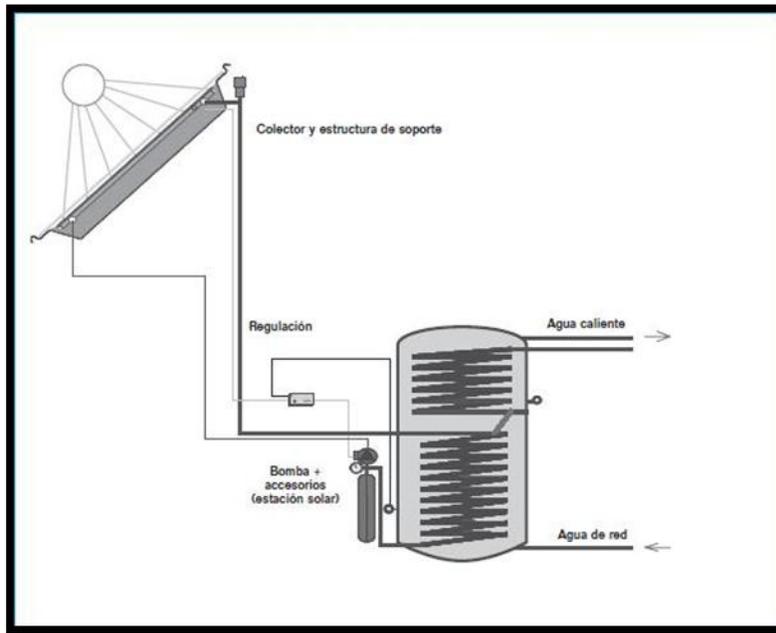


Figura 4. 2 Esquema del sistema de calentamiento de agua usando colectores solares de placa plana.⁵⁵

4.2.3.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Colectores Solares de Placa Plana.

La viabilidad técnica se basa en el consumo actual de energía eléctrica en kWh y en cómo se reduciría este, al instalarse el sistema de colectores solares para calentar el agua en el área de neonatos.

El consumo actual por la utilización de tanque calentador eléctrico es:

$$\text{Consumo de energía del calentador al día} = \text{Potencia} \times \text{hr de uso}$$

$$\text{Consumo de energía del calentador al día} = 5\text{kW} \times 2 \frac{\text{hr}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo de energía del calentador al día} = \frac{10 \text{ kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo de energía del calentador al mes} = \frac{10 \text{ kWh}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = \frac{300 \text{ kWh}}{\text{mes}}$$

⁵⁵ FUENTE: CATÁLOGO TARIFA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, BUDERUSLOGASOL.

El tanque actual con el que cuenta el HNM en el área de neonatos, tiene una capacidad aproximada de 40 galones equivalente a 0.151416 m^3 . En función a este volumen se estima el consumo diario en m^3 .

$$V_{\text{mensual}} = V_{\text{día}} \times \text{número de días al mes.}$$

Se establece un periodo de estudio de Octubre 2011 a Marzo 2012, esto basado en cálculos relacionados a la radiación y brillo solar en la ciudad de San Salvador.

Los cálculos se realizan para el mes de Octubre 2011.

$$V_{\text{mensual}} = 0.151416 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{31 \text{ días}}{\text{mes}} = 4.6939 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

En el siguiente cuadro se presentan los consumos mensuales de agua caliente en el departamento de neonatos, para el periodo en estudio.

Cuadro 4. 33 Parámetros de Consumo de Agua Caliente, Área de Neonatos, HNM.

Mes	Q (m^3/mes)	Días al mes	V_{mensual} (m^3)	Consumo diario de agua caliente (m^3)
oct-11	4.6939	31	4.69	0.15142
nov-11	4.5424	30	4.54	0.15141
dic-11	4.6939	31	4.69	0.15142
ene-12	4.6939	31	4.69	0.15142
feb-12	4.3911	29	4.39	0.15142
mar-12	4.6939	31	4.69	0.15142

La energía necesaria para calentar este volumen de agua es el siguiente:

$$\Delta T = T_U - T_r$$

$$Q_{\text{mes}} = V_{\text{mensual}} \times C_p^{\text{agua}} \times \Delta T \times \rho_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{día}} = \frac{Q_{\text{mes}}}{\text{días del mes}}$$

Donde:

ΔT : Deltatérmicodelaguasuave ($^{\circ}\text{C}$)

T_U : Temperaturodeusodelagua ($^{\circ}\text{C}$)

T_r : Temperaturadelaguaenlareddedistribución^{\circ}\text{C})

Q_{mes} : Energiamensualnecesariaparacalentarunvolumendeagua (KJ)

$Q_{\text{día}}$: Energiadiarianecesariaparacalentarunvolumendeagua (KJ)

C_p^{agua} : CalorEspecíficodelagua $\left[4.2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}\right]$

ρ_{agua} : Densidaddelagua $\left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$

Para el mes de Octubre 2011 la energía necesaria para el calentamiento del agua viene dado de la siguiente forma:

$$\Delta T = 42^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{mes}} = 4.69 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times 4.2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \times 15^{\circ}\text{C} \times 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 295,470 \frac{\text{KJ}}{\text{mes}}$$

$$Q_{\text{día}} = \frac{295,470 \frac{\text{KJ}}{\text{mes}}}{31 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 9,531.29 \frac{\text{KJ}}{\text{día}}$$

En el siguiente cuadro se reporta la energía diaria y mensual para calentar el volumen de agua requerido en el departamento de neonatos, HNM.

Cuadro 4. 34Energía Mensual y Diario necesaria para calentar la demanda de agua en Neonatos, HNM.

Mes	V _{mensual} (m ³)	ΔT (°C)	Q _{mes} (kJ)	Q _{día} (kJ)
oct-11	4.69	15	295,470.00	9,531.29
nov-11	4.54	15	286,020.00	9,534.00
dic-11	4.69	15	295,470.00	9,531.29
ene-12	4.69	15	295,470.00	9,531.29
feb-12	4.39	15	276,570.00	9,536.90
mar-12	4.69	15	295,470.00	9,531.29

La intensidad Solar Promedio mensual vendría dada por:

$$E = 0.94 \times H \times k$$

$$I = \frac{E \times 1000}{h_b}$$

Donde:

E: Radiación Solar en una superficie inclinada plana en el día representativo del mes $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$

H: Radiación solar diaria para una superficie plana en el día representativo del mes $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$

k: Razón de Radiación solar directa en una superficie inclinada.

I: intensidad promedio mensual $\frac{W}{m^2}$

h_b: brillo solar en hrs.

$$E_{\text{Octubre}} = 0.94 \times 4.7 \frac{kWh}{m^2} \times 1.077 = 4.76 \frac{kWh}{m^2}$$

$$I_{\text{Octubre}} = \frac{4.76 \frac{kWh}{m^2} \times \frac{1000 W}{1 kW}}{7 \text{ hrs}} = 680 \frac{W}{m^2}$$

En el siguiente cuadro se presentan los parámetros de energía disponible, intensidad y brillo solar, para el área de San Salvador, que es el área donde se ubicaría el sistema de colectores solares de placa plana en la instalación de techos del HNM.

Cuadro 4. 35 Parámetros de Energía Disponible, Intensidad y Brillo Solar para San Salvador.

MES	⁵⁶ H (kWh/m ²)	⁵⁷ k	E (kWh/m ²)	hb ⁵⁸ (h)	I (W/m ²)
oct-11	4.7	1.077	4.76	7	679.99
nov-11	4.73	1.131	5.03	8.2	613.49
dic-11	4.69	1.159	5.11	8.8	580.55
ene-12	4.94	1.144	5.31	9.1	584.01
feb-12	5.41	1.096	5.57	9.1	612.54
mar-12	5.75	1.04063011	5.62	9.2	611.37

Para el cálculo de la Energía Solar Disponible al mes se tiene que:

$$T_m = \frac{T_u + T_r}{2}$$

$$\eta = \frac{(ln + pn) \times (tm - ta)}{I}$$

$$As = \eta \times E$$

$$D_{\text{día}} = As \times \frac{3.6 \text{ MJ}}{1 \text{ kWh}} \times \eta a$$

$$D_{\text{mes}} = D_{\text{día}} \times \text{número de días}$$

Donde:

T_m : temperatura media del agua °C

T_u : Temperatura de uso del agua (°C)

T_r : Temperatura del agua en la red de distribución (previo clentamiento)(°C)

η : eficiencia de colector solar

ln : intercepto de la curva de eficiencia del colector.

⁵⁶ Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

⁵⁷ Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

⁵⁸ Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador.

p_n : pendiente de la curva de eficiencia del colector $\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$

t_a : temperatura ambiente $^\circ C$

A_s : aportación solar diaria $\frac{kWh}{m^2}$

η_a : Eficiencia del acumulador

$D_{\text{día}}$: Energía diaria disponible $\left(\frac{MJ}{m^2}\right)$

D_{mes} : Energía mensual disponible $\left(\frac{MJ}{m^2}\right)$

I : intensidad promedio mensual $\frac{W}{m^2}$

Se tomara una base de cálculo de la siguiente manera:⁵⁹

Cuadro 4. 36 Parámetros base de cálculo para el diseño de colectores solares de placa plana.

Bases de Cálculo	
Ta	27
Ln	0.008 (W/m ²)/°C
Pn	3.599 (W/m ²)/°C
na	0.755

Para el mes de Octubre se tiene:

$$T_m = \frac{42 + 27}{2} = 34.5^\circ C$$
$$\eta = \frac{(0.008 + 3.599) \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times (34.5 - 27)^\circ C}{680 \frac{W}{m^2}} = 0.0477$$

⁵⁹Catalogo de energía solar térmica “Buderus”, colector solar logasolskn 3.0

$$As = 0.0477 \times 4.76 \frac{kWh}{m^2} = 0.23 \frac{kWh}{m^2}$$

$$D_{\text{día}} = 0.23 \frac{kWh}{m^2} \times \frac{3.6 MJ}{1 kWh} \times 0.755 = 0.617 \frac{MJ}{m^2}$$

$$D_{\text{mes}} = 0.617 \frac{MJ}{m^2 \text{ días}} \times \frac{31 \text{ días}}{\text{mes}} = 19.13 \frac{MJ}{m^2}$$

Las condiciones de San Salvador para la energía diaria y mensual captada para los parámetros requeridos en el departamento de neonatos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 37Energía Diaria y Mensual Disponible para las condiciones de San Salvador.

MES	Tm (°C)	N	As (kWh/m ²)	D _{día} (MJ/m ²)	D _{mes} (MJ/m ²)
oct-11	34.5	0.0477	0.23	0.617	19.13
nov-11	34.5	0.0520	0.26	0.711	21.33
dic-11	34.5	0.0545	0.28	0.757	23.46
ene-12	34.5	0.0542	0.29	0.783	24.28
feb-12	34.5	0.0521	0.29	0.79	22.88
mar-12	34.5	0.0522	0.29	0.80	24.72

Calculando la superficie Colectora se tiene:

$$SC = \frac{Q_{\text{mes}}}{D_{\text{mes}} \times \frac{1000 GJ}{1KJ}}$$

$$CC = \frac{SC}{SP}$$

Donde:

SC: Superficie Colectora (m²)

Q_{mes} : Energía mensual necesaria para calentar un volumen de agua (KJ)

D_{mes} : Energía mensual disponible $\left(\frac{MJ}{m^2}\right)$

CC: Cantidad de colectores necesarios

SP: superficie del colector solar (m^2)

Base de cálculo superficie del colector (SP) 2.23 m^2 .

Para el mes de octubre se necesita la siguiente cantidad de colectores solares:

Cuadro 4. 38Energía Necesaria Mensual y Energía Mensual Disponible.

Mes	Q_{mes} (kJ)	D_{mes} (MJ/m ²)
oct-11	295,470.00	19.13
nov-11	286,020.00	21.33
dic-11	295,470.00	23.46
ene-12	295,470.00	24.28
feb-12	276,570.00	22.88
mar-12	295,470.00	24.72
Promedio	290,745.00	22.63

$$SC = \frac{290,745.00 \text{ KJ}}{22.63 \frac{MJ}{m^2} \times \frac{1000 \text{ KJ}}{1MJ}} = 12.85m^2$$

$$CC_{totales} = \frac{SC}{SP}$$

$$CC_{totales} = \frac{12.85 \text{ m}^2}{2.23 \text{ m}^2} = 5.76$$

Se necesitan 6 colectores solares con un área de 2.23 m^2 cada uno, para cubrir o suplir el 100% de la fracción solar recomendada. La orientación de este sistema de colectores está

diseñado hacia el sur y el área necesaria para su instalación se encuentra disponible en el área de techos conocido como “área sur banco de leche”.

El HNM cuenta con un 852.36 m² y el sistema de colectores solares de placa plana necesita un área de 12.85 m², lo cual vuelve viable la opción no solo en términos de ahorro de consumo de energía eléctrica sino también en términos técnicos de instalación.

El dimensionamiento del acumulador del sistema de calentamiento solar para agua se presenta de la siguiente manera, tomando como base un tamaño de 50 litros equivalente a 0.05 m³:

$$V_o = T_c \times SC$$

Donde:

V_o: tamaño del acumulador en Litros

T_c: Tamaño del acumulador recomendado por aplicación y superficie $\left(\frac{L}{m^2}\right)$

SC: Superficie Colectora (m²)

$$V_o = 50 \frac{L}{m^2} \times 12.86 m^2 = 643 \text{ Litros} \cong 0.643 m^3 \approx 1 m^3$$

Se necesita un acumulador con una capacidad de 1 m³.

4.2.3.2. Análisis de Viabilidad Económica para Colectores Solares de Placa Plana.

La viabilidad económica está asociada a la reducción en el uso de energía eléctrica para calentar agua. Ya que el horario del baño a los recién nacidos se realiza en horas de la mañana se realiza los cálculos en función de la tarifa para el horario resto el cual es de US\$0.192977/kWh y se presenta de la siguiente manera:

$$\text{Costo de energía por calentador} = \frac{kWh}{mes} \times \text{Tarifa horario resto.}$$

$$\text{Costo de energía por calentador} = \left[\frac{300 kWh}{mes} \right] \times \frac{0.192977 US \$}{kWh}$$

$$\text{Costo de energía por calentador mensual} = \frac{US\$57.8931}{mes}$$

$$\text{Costo de energía por calentador anual} = \frac{\text{US\$57.8931}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mese}}{1 \text{ año}} = \frac{\text{US\$694.72}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo por distribución de potencia} = \frac{5 \text{ kW}}{\text{mes}} \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{KW}} = 17.44 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo por distribución de potencia} = 209.28 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

Se sabe que el costo por sistema e instalación de colectores solares de placa plana es de US\$900/colector⁶⁰. El costo por el sistema e instalación de los 6 colectores solares de placa plana de 2.23 m² c/u, con un acumulador de 1 m³

$$\text{Costo por Sistema solar e instalación} = \frac{\text{US\$900}}{\text{colector}} \times 6 \text{ paneles} = \text{US\$5,400}$$

Beneficio Economico con la implementación = costo de enregía por calentador

$$\text{Beneficio Economico con la implementación} = \frac{\text{US\$712.16}}{\text{año}}$$

a) **Período simple de retorno de inversión (PSRI).**

$$PSRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$PSRI = \frac{\$5,400}{\frac{\$904.00}{\text{año}}} = 5.97 \text{ años} \cong 5 \text{ años, } 11 \text{ meses y } 19.2 \text{ días.}$$

4.2.3.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Colectores Solares de Placa Plana.

Las reducciones de emisiones de CO₂ a la atmosfera se presentan de la siguiente forma:

Emisiones de CO2 mensuales por uso de calentador

$$= \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \text{ por calentador} \times FE_{CO_2}$$

⁶⁰Catalogo de energía solar térmica “Buderus”, colector solar logasolskn 3.0

El FE_{CO₂} para la energía eléctrica es de $0.6012 \text{ Kg de CO}_2/\text{kWh}$

Emisiones de CO₂ mensuales por uso de calentador

$$= \left(300 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right) \times \frac{0.6012 \text{ kg de CO}_2}{\text{kWh}} = 180.36 \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{mes}}$$

Emisiones de CO₂ anuales por uso de calentador = $180.36 \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$

$$= 2,164.32 \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

Emisiones de CO₂ anuales por uso de calentador = 2.164 Ton CO₂ emitidas

Beneficio ambiental total
 $\frac{\text{año}}{\text{año}} = 2.164 \text{ Ton CO}_2 \text{ no emitidas}$

Cuadro 4. 39 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de un sistema paneles solares de placa plana”

Factibilidad Técnica	Factibilidad Económica	Factibilidad Ambiental
Ahorro de consumos de energía eléctrica de 3,600 kWh / año	Ahorro en energía eléctrica por US\$694.72/año; ahorro en distribución de potencia por US\$209.28/año	CO ₂ no emitido 2.164 Ton CO ₂
Ahorro en distribución de potencia 60 kW/año		

4.2.4 Análisis de la propuesta: Instalación de un Sistema Fotovoltaico (Área Eléctrica de Luminarias de 32W).

El HNM cuenta con luminarias de 32W en el área de Neonatos, esto por cambios enfocado a obtener un sistema más eficiente de iluminación.

a) Situación Actual.

El Hospital Nacional de Maternidad cuenta con un sistema de 36 arreglos de luminarias dobles de 32 W cada una, presentando una potencia de 64 W por arreglo, ubicados en el área de Neonatos, la cual funciona las 24 hrs del día los 365 días del año. Esto bajo el enfoque de eficiencia energética y buscando la disminución del consumo de energía eléctrica.

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución del sistema eléctrico de luminarias de arreglos de 64W por un sistema fotovoltaico, el cual a través de la captación de la radiación solar supla la demanda de energía eléctrica de este sistema de luminarias.

4.2.4.1. Análisis de Viabilidad Técnica para Instalación de Sistema Fotovoltaico.

La cantidad de luminarias, su ubicación y horas de uso se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. 40 Inventario de Iluminación de 20W en HNM por Área de servicio.

SERVICIO	Focos		
	luminarias de 32 W c/u	hr	kWh/día
Neonatología	72	24	55.30

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

Se presentan las especificaciones de potencia eléctrica en corriente alterna (AC) y corriente directa (DC) para el funcionamiento de los paneles solares con la demanda de energía establecida por el sistema de iluminación en análisis.

La radiación solar para el área de San Salvador es de 5.5 hrs⁶¹

$$Potencia Eléctrica en AC = \frac{\text{Consumo de energía por día}}{\text{Radiación solar}}$$

⁶¹ Determinación del Potencial Solar y eólico en El Salvador.

$$\text{Potencia Eléctrica en AC} = \frac{55.30 \text{ kWh/día}}{5.5 \text{ hrs.}} = 10.05 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$$

$$\text{Potencia Eléctrica en DC} = \frac{\text{Potencia Eléctrica en AC}}{\text{Factor de Conversor (AC a DC)}}$$

$$\text{Potencia Eléctrica en DC} = \frac{10.05 \text{ kW/día}}{0.88}$$

$$\text{Potencia Eléctrica en DC} = 11.4205 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$$

$$\text{Potencia Eléctrica en DC} = 11.421 \frac{\text{kW}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} = 11,421 \text{ W}$$

Calculando el número de paneles solares necesarios para suplir la demanda de 5,060 Watts:

$$\text{Número de Paneles requeridos} = \frac{\text{Potencia Eléctrica en DC}}{\text{Potencia de Paneles Fotovoltaico}}$$

$$\text{Número de Paneles requeridos} = \frac{11,421 \text{ W}}{200 \text{ W}} = 57.11 \text{ Paneles.}$$

$$\text{Número de Paneles requeridos} \approx 58 \text{ Paneles.}$$

El área requerida en los techos del HNM para la instalación de los 58 paneles solares es la siguiente:

Área total requerida en techos

$$= \text{Área de panel solar} \times \text{número de paneles requeridos}$$

$$\text{Área total requerida en techos} = 1.16 \frac{\text{m}^2}{\text{panel}} \times 57.11 \text{ paneles}$$

$$\text{Área total requerida en techos} = 66.27 \text{ m}^2 \cong 67 \text{ m}^2$$

El área requerida es técnicamente viable ya que el HNM cuenta con un área de techos orientada hacia el sur de 852.36 m².

En el cuadro 4.39 se presentan los factores asociados al sistema fotovoltaico para suplir con la demanda de energía en iluminación del área de neonatos del HNM.

Cuadro 4. 41Factores del Sistema Fotovoltaico.

Factores	Valor	Unidad
Consumo de energía por día	55.30	kWh/día
Radiación solar para el municipio de San Salvador	5.50	Horas
Potencia Eléctrica en AC	10.05	kW
Factor de Conversor (AC a DC)	0.88	
Potencia Eléctrica en DC	11.43	kW
Capacidad del Inversor	11.43	kW
Potencia Eléctrica en DC	11426	Watts
Potencia de Panel Fotovoltaico	200.00	Watts
Número de Paneles requeridos	57.13	Paneles
Área de Panel Solar	1.16	m ² /panel
Área total requerida de Techos	66.27	m ²
Orientación de los Paneles	Sur	
Inclinación	18.0	Grados
Latitud	13.7	N

Fuente: Equipo técnico UES

4.2.4.2. Análisis de Viabilidad Económica para Instalación de Sistema Fotovoltaico.

La viabilidad económica de esta recomendación está orientado a la tarifa en horario resto ya que el mayor consumo se genera en dicho horario. Se toma el dato a la fecha (Julio 2012).

La tarifa para grandes demandas (> 50 KW), mediana tensión con medidor horario para el horario resto es de:

$$Tarifa\ por\ consumo\ electrico\ horario\ resto = 0.192977 \frac{US\$}{kWh}$$

$$Tarifa\ por\ cargos\ de\ distribución\ de\ potencia = 3.488796 \frac{US\$}{kW - mes}$$

Los costos por la utilización de luminarias de 32W en energía y por distribución de demanda de potencia se desglosan a continuación:

$$\text{Costo por consumo de energía} = \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \text{tarifa consumo electrico} \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo por consumo de energía} = \left(55.30 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \times \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} \right) \times 0.192977 \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo por consumo de energía} = \frac{\text{US\$320.15}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo por consumo de energía anual} = \frac{\text{US\$320.15}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = \frac{\text{US\$3,841.80}}{\text{año}}$$

Costo por Demanda de Potencia

$$= (72 \text{ luminarias} \times 32W) \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \times 3.488796 \frac{\text{US\$}}{\text{kW} - \text{mes}}$$

$$\text{Costo por Demanda de Potencia mensual} = 8.038 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo por Demanda de Potencia anual} = 8.038 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = \frac{\text{US\$96.456}}{\text{año}}$$

Costo total mensual por luminarias de 32W

$$= \text{Costo por energía} + \text{Costo por potencia}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo total mensual por luminarias de 32W} &= 320.15 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} + 8.038 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \\ &= 328.19 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo total anual por luminarias de 32W} &= \frac{\text{US\$3,841.80}}{\text{año}} + \frac{\text{US\$96.456}}{\text{año}} \\ &= 3,938.26 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Costo por el panel solar} = \frac{\text{US\$4,250}}{\text{kW}}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo total por instalación de paneles solares} &= \frac{\text{US\$4,250}}{\text{kW}} \times 2.304 \text{ kW} \\ &= \text{US\$9,792} \end{aligned}$$

El beneficio anual por la implementación de esta recomendación viene dado por la disminución en el costo de energía por la utilización de luminarias de 20W:

$$\textit{Beneficio anual} = \textit{Costo total anual por luminarias de 32W}$$

$$\textit{Beneficio anual} = \textit{US\$3,938.26}$$

La inversión en un sistema fotovoltaico es de $\frac{\text{US\$4,500}}{\text{KW}}$ ⁶², la potencia para este sistema fotovoltaico es de 11.43 kW de tal forma que la inversión viene dada de la siguiente manera:

$$\textit{Inversión} = \textit{Costo por kW fotovoltaico} \times \textit{potencia electrica en DC}$$

$$\textit{Inversión} = \frac{\text{US\$4,500}}{\text{kW}} \times 11.43\text{kW} = \text{US\$51,435}$$

El periodo de retorno de la inversión (PSRI)es:

$$\textit{PSRI} = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Ahorro anual}}$$

$$\textit{Inversión Inicial} = \textit{Costo total por instalación de paneles solares}$$

$$\textit{PSRI} = \frac{\text{US\$51,435}}{3,938.26 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}}$$

$$\textit{PSRI} = 13.06\text{años} \approx 13 \text{ años, 7 meses y 6 días.}$$

La implementación de esta recomendación técnica presenta un COSTO ALTO de inversión.

4.2.4.3. Análisis de Viabilidad Ambiental para Instalación de Sistema Fotovoltaico.

Las reducciones de emisiones de CO₂ a la atmosfera se presentan de la siguiente forma:

⁶²Determinación del Potencial Solar y Eólico en El Salvador.

Emisiones de CO2 mensuales con tecnologías de iluminación actual

$$= \frac{kWh}{mes} \text{ tipo de luminaria} \times FE_{CO_2}$$

El FE_{CO_2} para la energía eléctrica es de $0.6012 \text{ Kg de } CO_2/kWh$

Emisiones de CO2 mensuales con tecnologías de iluminación actual

$$= \left(55.30 \frac{kWh}{día} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) \times \frac{0.6012 \text{ kg de } CO_2}{kWh} = 997.391 \frac{\text{kg de } CO_2}{\text{mes}}$$

Emisiones de CO2 anuales con tecnologías de Iluminación actual

$$= 997.391 \frac{\text{kg de } CO_2}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$= 11,968.70 \frac{\text{kg de } CO_2}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = \mathbf{11.97 \text{ Ton } CO_2 \text{ no emitidas}}$$

Cuadro 4. 42 Factibilidades por la implementación de recomendación “Instalación de un sistema fotovoltaico para iluminación”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Reducción de consumo de energía eléctrica de 19,908 kWh/año.	Ahorro económico por la implementación del sistema fotovoltaico de US\$3,938.26	TON de CO ₂ no emitidas 11.97 Ton CO ₂
Reducción de distribución de potencia de 27.65 kW/año		

El ahorro porcentual en el área de energía eléctrica, al implementar las medidas recomendadas se presentan en el cuadro 4.41

Cuadro 4. 43 Ahorro porcentual en consumo de energía eléctrica al implementar las medidas de recomendación técnica a dichas áreas.

RECOMENDACIÓN	KWH ANUALES REDUCIDOS
Sustitución de Luminarias	114,387.35
Área Eléctrica de Aires Acondicionados	66,164.40
Instalación de Paneles solares planos para sustituir tanque eléctrico calentador de agua	3,600.00
Instalación de un sistema fotovoltaico para sustituir consumo de energía en luminarias de 32W	19,908.00
Total	204,059.75
kWh anuales consumidos por el HNM ⁶³	1,946,664.50
Porcentaje de reducción en kWh al implementar medidas recomendadas	10.48%

Se observa entonces que se tiene un ahorro del 204,059.75 kWh, equivalente al 10.48% del consumo actual que ha presentado el HNM.

⁶³ Ver Cuadros 3.08 y 3.12, Capítulo 3

4.3. Recomendaciones de Plan de Registro de Perdidas, Parámetros de operación y/o Recursos Energéticos.

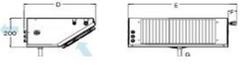
En esta sección se presentan formatos para facilitar el registro de fallas y/o mantenimiento en los sistemas que requieren suministros energéticos, con el fin de apoyar el mantenimiento y contribuir a la mejora de los procesos dentro del HNM.

Cuadro 4.44 Registro de Fugas para el Sistema de Generación de Vapor del HNM.

Hospital Nacional de Maternidad										
Registro de Fugas de Vapor en el Sistema de Generación de Energía Térmica.										
N°	Fecha y hora de identificación	Tipo de fuga				Ubicación de la Fuga	Total	Diámetro de Fuga (mm)	Presión de Vapor en la línea (PSI)	Temperatura de vapor en la línea (°C)
										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Cuadro 4.45 Registro de Aires Acondicionados del HNM, para identificar funcionamiento.

**Hospital Nacional de Maternidad
Registro de Control de Mantenimiento de Equipos de Aire Acondicionado.**

N°	Fecha y hora del Control	Tipo de Unidad		Ubicación del Equipo	Fallas en el Equipo.	Observaciones
		Unidad Evaporadora	Unidad Condensadora			
						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Cuadro 4.46 Registro de Análisis de Gases de Chimenea de la caldera, HNM.
Hospital Nacional de Maternidad
Registro de Control de Mantenimiento del Economizador de Gases de Chimenea.

N°	Fecha	Parámetros		Hora de revisión	Observaciones
		Nivel de Agua Fresca m ³	T° de Gases de Chimenea (°F)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Cuadro 4.47 Registro de Limpieza de Filtro para Combustible de La Caldera, HNM.

**Hospital Nacional de Maternidad
Registro de Control para Mantenimiento Para Filtro de Combustible para Calderas.**

N°	Purga de Fondo	Purga de Columna	P agua de alimentación (PSI)	T° agua de alimentación (°F)	P del combustible (PSI)	T° del Combustible (PSI)	P del aire atomizador (PSI)	Verificación Visual del Combustible	Observaciones del sistema (ruidos, fugas, vibraciones, condiciones inusuales)
1									
2									
3									
4									
5									

4.4. Análisis Económico, Proyección de Ahorros por Implementación de Medidas de Producción más Limpia y Análisis de Sensibilidad.

En esta sección se presenta la proyección económica en cuanto a ahorros e inversión que se obtendrían al implementar las recomendaciones de producción más limpia a las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad. El flujo de caja se realiza para un periodo de 15 años basado en la vida útil de la mayor parte de los equipos recomendados para ser instalados.

La inflación anual acumulada promedio que presentó El Salvador para el año 2011⁶⁴ fue de 4.10%; en cuanto a la tasa incremental de costo de energía eléctrica anual para El Salvador es del 5% y la tasa incremental en el costo del Fuel Oil es de 4.97%⁶⁵

Cuadro 4. 48 Parámetros del Flujo de caja para El Salvador.

Tasa de Inflación	4.10%
Tasa incremental del Costo de energía eléctrica anual	5.0%
Tasa Incremental del costo de Fuel oil	4.97%
Período de proyección	15 años

Los costos utilizados para este trabajo de investigación de combustible y de energía eléctrica en horario resto, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 49 Costo para combustible y energía eléctrica en el HNM.

Recurso	Precio
Combustible Fuel Oil No.6	\$3.05361/gal
Energía Eléctrica horario resto	\$0.192977/kWh

De las secciones anteriores se tabulan los ahorros anuales en kWh de energía eléctrica y en galones de bunker, según la aplicación de la recomendación:

⁶⁴ Banco Central de Reserva de El Salvador, Inflación anual.

⁶⁵ Ver anexo 7.

Cuadro 4. 50 Ahorros en energía eléctrica (kWh) y en consumo de combustible (gal) por la implementación de las recomendaciones de producción más limpia y eficiencia energética.

Concepto / años	Ahorro Anual
Ahorro por sustitución de luminarias incandescentes de 40 W a 32 W en áreas del HNM (kWh)	112,821.12
Ahorro por implementación de un sistema Solar Fotovoltaico para generar Energía Eléctrica en el área de iluminación en el área de neonatos (Kwh)	19,908.00
Ahorro por implementación de un sistema de colectores solares de placa plana en sustitución de un tanque electrico para calentar agu en el área de neonatos. (kWh)	3,600.00
Ahorro por sustituir los Aires acondicionados actuales por otros más eficientes (KWh)	66,164.40
Total ahorro (KWh/año)	202,494
Ahorro por sustitución de trampas de vapor dañadas en el área de lavandería (galones/año)	959.59
Ahorro por instalar un economizador de gases de chimenea para precalentar el agua suave de alimentación a la caldera (galones/año)	1,739.78
Ahorro por Instalar un tanque de condensado de mayor capacidad (galones/año)	1,908.48
Ahorro por Implementar un sistema de colectores solares de tubos al vacío para precalentar el agua fresca del tanque de alimentación de la caldera (galones/año)	5,596.80
Total ahorro (galones /año)	10,205

Los ahorros en términos económicos por la implementación de las recomendaciones antes expuesta se calculan de la siguiente manera:

Ahorros anuales en combustible

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{\text{gal bunker}}{\text{año}} \right) \text{de trampas de valor} \times \text{precio bunker} \right) \\
 &+ \left(\left(\frac{\text{gal bunker}}{\text{año}} \right) \text{de economizador} \times \text{precio bunker} \right) \\
 &+ \left(\left(\frac{\text{gal bunker}}{\text{año}} \right) \text{de tanque de condensa} \times \text{precio bunker} \right) \\
 &+ \left(\left(\frac{\text{gal bunker}}{\text{año}} \right) \text{de colectores tubos al vacio} \times \text{precio bunker} \right)
 \end{aligned}$$

Ahorros anuales en combustible

$$\begin{aligned}
 &= \left[\left(\frac{959.59 \text{ gal}}{\text{año}} \right) + \left(\frac{1,739.78 \text{ gal}}{\text{año}} \right) + \left(\frac{1,908.48 \text{ gal}}{\text{año}} \right) + \left(\frac{5,596.80 \text{ gal}}{\text{año}} \right) \right] \\
 &\times \frac{\$3.05361}{\text{gal}}
 \end{aligned}$$

Ahorros anuales en combustible = \$31,161.02

Ahorros anuales en reducción de energía eléctrica fotovoltaico

$$= \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) \text{de Sistema fotovoltaico} \times \text{precio kWh}$$

Ahorros anuales en reducción de energía eléctrica fotovoltaico

$$= 19,908 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times \$0.192977$$

Ahorros anuales en reducción de energía eléctrica fotovoltaico = \$3,841.79

Ahorros anuales en medida de eficiencia energética a implementar

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) \text{por luminarias} \times \text{precio kWh} \right) \\
 &+ \left(\left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) \text{por aires acondicionados} \times \text{precio kW} \right)
 \end{aligned}$$

Ahorros anuales en medida de eficiencia energética a implementar

$$= \left(112,821.12 \frac{kWh}{año} \times \frac{\$0.192977}{kWh} \right) + \left(66,164.40 \frac{kWh}{año} \times \frac{\$0.192977}{kWh} \right)$$

Ahorros anuales en medida de eficiencia energética a implementar = \$34,540.09

Ahorros anuales por sistema de colectores placa plana

$$= \left(\frac{kWh}{año} \right) \text{ por uso de energía para calentar agua} \times \text{precio kWh}$$

$$\text{Ahorros anuales por sistema de colectores placa plana} = 3,600 \frac{kWh}{año} \times \frac{\$0.192977}{kWh}$$

Ahorros anuales por sistema de colectores placa plana = \$695

Sub total de ahorros

$$= \sum \text{Ahorros anuales en energía eléctrica} \\ + \text{ahorros en energía térmica}$$

Ahorros en energía eléctrica = \$3,841.79 + \$34,540.09 + 695

Ahorros en energía eléctrica = \$39,076.88

El costo de la energía eléctrica incremental se calcula de la siguiente manera:

Costo de energía eléctrica incremental

$$= \text{Ahorros en energía eléctrica} \\ \times \text{tasa incremental de energía eléctrica anual}$$

Costo de energía eléctrica incremental = \$39,076.88 \times 0.05

Costo de energía eléctrica incremental = \$1,953.84

Ahorros en energía térmica = \$31,161.02

El costo incremental anual del fuel oil es el siguiente:

Costo de incremental Anual en Fuel Oil

$$= \text{Ahorros en energía térmica} \times \text{tasa incremental de fuel oil}$$

$$\text{Costo incremental de fuel oil} = \$31,161.02 \times 0.0497$$

$$\text{Costo incremental de fuel oil} = \$1,548.70$$

$$\text{Ahorro total anual} = \text{Sub total de ahorros} + \text{costo de energía incremental}$$

$$\text{Ahorro total anual} = \$39,076.88 + \$1,953.84 + \$31,161.02 + \$1,548.70$$

$$\text{Ahorro total anual} = \$73,740$$

Los ahorros anuales se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 51 Ahorros Monetarios Anuales por la implementación de las recomendaciones de producción más limpia y eficiencia energética.

Concepto	Anual
Ahorros anuales en combustible (sustitución de trampas de vapor, instalación de economizador, instalación tanque de condensa e instalación de sistema colectores solares de tubos al vacío)	\$31,161.02
Ahorros por reducción de energía eléctrica (fotovoltaico)	\$3,841.79
Medidas de Eficiencia Energética a implementar (sustitución de luminarias y aires acondicionados)	\$34,540.09
Ahorros por reducción de energía eléctrica por instalación de colectores solares de placa plana en el área de neonatos	\$695
Sub total de ahorros	\$70,237.90
Costo de Energía Eléctrica incremental	\$1,953.84
Costo De Fuel Oil incremental	\$1,548.70
Ahorro total	\$73,740

Ya que se cuenta con una tasa incremental de costo de energía eléctrica anual, los ahorros durante el periodo de proyección en estudio irán aumentando de la siguiente forma:

Ahorro total año n

$$\begin{aligned} &= \text{ahorro total año en energía eléctrica } (n - 1) \\ &+ (\text{ahorro total en energía eléctrica } (n - 1) \\ &\times \text{ tasa incremental de costo de energía eléctrica anual} \\ &+ \text{ ahorro total anual en energía termica } (n - 1) \\ &+ (\text{ahorro total en energía termica } (n - 1) \\ &\times \text{ tasa incremental de costo de fuel oil.} \end{aligned}$$

Para el año 2 de la proyección, el ahorro total vendría dado de la siguiente forma:

Ahorro total año

$$\begin{aligned} &= \$39,076.88 + (\$39,076.88 \times 0.05) + \$31,161.02 + (\$31,161.02 \\ &\times 0.0497) = \$77,417 \end{aligned}$$

Los ahorros totales para los 15 años de proyección se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 52 Ahorros Monetarios Anuales Total para el periodo de proyección.

Año	Ahorros Totales Anuales	Año	Ahorros Totales Anuales
1	\$73,740	8	\$99,535
2	\$77,417	9	\$103,221
3	\$81,103	10	\$106,908
4	\$84,790	11	\$110,594
5	\$88,476	12	\$114,280
6	\$92,162	13	\$117,967
7	\$95,849	14	\$121,653
		15	\$125,340

Los costos aproximados de mantenimiento, asociados a las medidas de producción más limpia y eficiencia energética para los años de proyección se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. 53 Costo de Mantenimiento a los equipos recomendados.

Concepto	Costo de Mantenimiento
Mantenimiento anual de los paneles fotovoltaicos	\$1,000.00
Mantenimiento anual economizador, luminarias, aires acondicionados, trampas de vapor, tanque de condensa.	\$ 1,500.00
Mantenimiento anual de Colectores Solares	\$1,000.00
Costos Totales	\$ 3,500.00

Los costos de mantenimiento están interrelacionados con la tasa de inflación de bienes y servicios, de la siguiente forma:

$$\text{Costo de mantenimiento} = \sum \text{costos de mantenimiento de todos los equipos}$$

Inflación para el año n será:

$$\text{Inflación año } n = \text{Costo total año } (n - 1) \times \text{tasa de inflación anual}$$

El costo total de mantenimiento está dado por:

$$\text{Costo Total año } n = \text{Costo total año } (n - 1) + \text{Inflación año } n$$

Para el año 1 se tiene:

$$\text{Costo de mantenimiento} = \$1,000 + \$1,500 + \$1,000 = \$3,500$$

Únicamente para el año 1, el costo total es igual al costo de mantenimiento.

$$\text{Inflación año } 1 = \$3,500 \times 0.04 = 143..50$$

$$\text{Costo Total año } 1 = \$3,500 + \$143.50 = \$3,644$$

En el cuadro 4.52 se presentan los costos de mantenimiento total para cada año de la proyección en estudio:

Cuadro 4. 54 Ahorros Monetarios Anuales Total para el periodo de proyección.

Año	Costo mantenimiento total anual	Año	Costo mantenimiento total anual
1	\$3,644	8	\$4,827
2	\$3,793	9	\$ 5,025
3	\$3,948	10	\$ 5,231
4	\$4,110	11	\$5,445
5	\$4,279	12	\$5,669
6	\$4,454	13	\$5,901
7	\$4,637	14	\$6,143
		15	\$6,395

En cuanto a la inversión total del proyecto se tiene el costo por los equipos de la siguiente manera:

Cuadro 4. 55 Inversión por medida recomendada.

Medidas de recomendación	Inversión
Eliminación de Fugas de Vapor	\$254.00
Instalación de un Economizador de Gases de Chimenea.	\$33,750.00
Dimensionar un tanque de Condensado de Mayor Capacidad.	\$2,550.00
Instalación de Colectores Solares de Tubos al Vacío para pre-calentar agua suavizada.	\$48,984.00
Sustitución de luminarias T12 de 40 W por tecnología T8 de 32W.	\$114,665.76
Sustitución de Equipos de Aire Acondicionados	\$20,052.19
Instalación de Colectores Solares de Placa Plana para calentar agua en el área de neonatos.	\$5,400.00
Instalación de un sistema fotovoltaico en el área de neonatos.	\$51,435.00
Inversión Total	\$277,090.95

Para calcular la depreciación para los equipos recomendados se utilizara el método de la línea recta:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo del equipo}}{\text{vida útil}}$$

Para los colectores solares se tiene:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\$54,384.00}{15 \text{ años}} = \frac{\$3,625.60}{\text{año}}$$

Depreciación acumulada es:

$$\begin{aligned} \text{Depreciación acumulada año } n \\ = \text{depreciación anual} + \text{depreciación acumulada } (n - 1) \end{aligned}$$

Por definición la depreciación acumulada para el año 1, es igual que el valor de la depreciación anual, de tal forma para la depreciación acumulada del año 2 se tiene:

$$\text{Depreciación acumulada año 2} = \$3,625.60 + \$3,625.60 = \$7,251.20$$

El valor en libros para el año 1 está dado de la siguiente forma:

$$\text{Valor en libros año 1} = \text{Costo del equipo} - \text{depreciación acumulada}$$

$$\text{Valor en libros año 1} = \$54,384.00 - \$3,625.60 = \$47,132.80$$

En los cuadros 4.56 y 4.57 se muestra el método de depreciación por línea recta para los equipos recomendados al HNM.

Cuadro 4. 56 Datos de depreciación para colectores solares.

Tabla de depreciación: Método de línea recta			
Equipo: Colectores solares inversión solar térmica			
Valor	\$ 54,384.00	Vida útil	15
Depreciación anual			\$3,625.60
Año	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor en libros
1	\$3,625.60	\$3,625.60	\$50,758.40
2	\$3,625.60	\$7,251.20	\$47,132.80
3	\$3,625.60	\$10,876.80	\$43,507.20
4	\$3,625.60	\$14,502.40	\$39,881.60
5	\$3,625.60	\$18,128.00	\$36,256.00
6	\$3,625.60	\$21,753.60	\$32,630.40
7	\$3,625.60	\$25,379.20	\$29,004.80
8	\$3,625.60	\$29,004.80	\$25,379.20
9	\$3,625.60	\$32,630.40	\$21,753.60
10	\$3,625.60	\$36,256.00	\$18,128.00
11	\$3,625.60	\$39,881.60	\$14,502.40
12	\$3,625.60	\$43,507.20	\$10,876.80
13	\$3,625.60	\$47,132.80	\$7,251.20
14	\$3,625.60	\$50,758.40	\$3,625.60
15	\$3,625.60	\$54,384.00	\$0.00
16	\$3,625.60	\$58,009.60	\$ (3,625.60)
17	\$3,625.60	\$61,635.20	\$ (7,251.20)
18	\$3,625.60	\$65,260.80	\$ (10,876.80)
19	\$3,625.60	\$68,886.40	\$ (14,502.40)
20	\$3,625.60	\$72,512.00	\$ (18,128.00)

Del cuadro anterior se observa que para la finalización de la proyección a los 15 años del proyecto los colectores solares no tendrían un valor en el mercado ya que se habrían depreciado en su totalidad estos equipos.

Para el sistema fotovoltaico se tiene una depreciación de línea recta de la siguiente manera:

Cuadro 4. 57 Datos de depreciación para paneles fotovoltaicos.

Tabla de depreciación: Método de línea recta			
Equipo: Paneles fotovoltaicos			
Valor	\$ 45,517.70	Vida útil	20
Depreciación anual			\$2,275.88
Año	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor en libros
1	\$2,275.88	\$2,275.88	\$43,241.81
2	\$2,275.88	\$4,551.77	\$40,965.93
3	\$2,275.88	\$6,827.65	\$38,690.04
4	\$ 2,275.88	\$9,103.54	\$36,414.16
5	\$ 2,275.88	\$11,379.42	\$34,138.27
6	\$ 2,275.88	\$13,655.31	\$31,862.39
7	\$2,275.88	\$15,931.19	\$29,586.50
8	\$2,275.88	\$18,207.08	\$27,310.62
9	\$2,275.88	\$20,482.96	\$25,034.73
10	\$2,275.88	\$22,758.85	\$22,758.85
11	\$2,275.88	\$25,034.73	\$20,482.96
12	\$2,275.88	\$27,310.62	\$18,207.08
13	\$2,275.88	\$29,586.50	\$15,931.19
14	\$2,275.88	\$31,862.39	\$13,655.31
15	\$2,275.88	\$34,138.27	\$11,379.42
16	\$ 2,275.88	\$36,414.16	\$9,103.54
17	\$2,275.88	\$38,690.04	\$6,827.65
18	\$2,275.88	\$40,965.93	\$4,551.77
19	\$2,275.88	\$43,241.81	\$2,275.88
20	\$2,275.88	\$45,517.70	\$0.00

El valor en el mercado al final del año 15 para los paneles fotovoltaicos es de \$11,379.42.

Los equipos como el economizador de gases de chimenea, el sistema de luminarias, los

aires acondicionados y el tanque de condensa no presentan valor de recuperación al año 15 porque su vida útil termina junto con el periodo de tiempo de la proyección en estudio (ver anexo V).

Para las trampas de vapor se incluye un monto de mantenimiento y reparación, el cual podrá ser utilizado a lo largo del periodo de la proyección económica, para sustituir dichas piezas, si fuere necesario, ya que el costo en el mercado de estos equipos no es muy elevado.

4.4.1. Proyección sin Financiamiento Bancario.

Para esta sección se presenta el flujo de caja para el proyecto sin financiamiento bancario.

Los montos usados son los especificados en la sección 4.4.

El flujo de caja presenta las variaciones económicas en el periodo de 15 años establecidos para el proyecto de la siguiente manera:

Cuadro 4. 58 Flujo de caja de efectivo para proyecto sin financiamiento bancario.

Flujo de Caja del Proyecto Sin Financiamiento Bancario																
Concepto/año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(+) Ahorros		\$ 73,740	\$ 77,417	\$ 81,103	\$ 84,790	\$ 88,476	\$ 92,162	\$ 95,849	\$ 99,535	\$ 103,221	\$ 106,908	\$ 110,594	\$ 114,280	\$ 117,967	\$ 121,653	\$ 125,340
(-) Costos		\$ 3,644	\$ 3,793	\$ 3,948	\$ 4,110	\$ 4,279	\$ 4,454	\$ 4,637	\$ 4,827	\$ 5,025	\$ 5,231	\$ 5,445	\$ 5,669	\$ 5,901	\$ 6,143	\$ 6,395
Flujo de caja operativo antes de impuestos y depreciación		\$ 70,097	\$ 73,624	\$ 77,155	\$ 80,679	\$ 84,197	\$ 87,708	\$ 91,212	\$ 94,708	\$ 98,197	\$ 101,677	\$ 105,149	\$ 108,612	\$ 112,066	\$ 115,510	\$ 118,945
(-) Depreciación		\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655
(=) Utilidad Bruta		\$ 60,442	\$ 63,969	\$ 67,500	\$ 71,024	\$ 74,542	\$ 78,053	\$ 81,557	\$ 85,053	\$ 88,542	\$ 92,022	\$ 95,494	\$ 98,957	\$ 102,411	\$ 105,855	\$ 109,290
(-) ISR (30%)		\$ 18,133	\$ 19,191	\$ 20,250	\$ 21,307	\$ 22,363	\$ 23,416	\$ 24,467	\$ 25,516	\$ 26,562	\$ 27,607	\$ 28,648	\$ 29,687	\$ 30,723	\$ 31,757	\$ 32,787
(=) Utilidad Neta		\$ 42,309	\$ 44,779	\$ 47,250	\$ 49,717	\$ 52,180	\$ 54,637	\$ 57,090	\$ 59,537	\$ 61,979	\$ 64,415	\$ 66,846	\$ 69,270	\$ 71,688	\$ 74,099	\$ 76,503
(+) Depreciación		\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655	\$ 9,655
(+) Valor de Rescate																\$ 11,379
(=) Flujo de Caja Neto		\$ 51,964	\$ 54,434	\$ 56,905	\$ 59,372	\$ 61,834	\$ 64,292	\$ 66,745	\$ 69,192	\$ 71,634	\$ 74,070	\$ 76,501	\$ 78,925	\$ 81,343	\$ 83,754	\$ 97,537
Detalle de inversiones:																
(-) Inversión Proyectada Solar Térmico	\$ 54,384															
(-) Inversión Proyectada Fotovoltaico	\$ 51,435															
(-) Inversiones Proyectadas de Eficiencia Energética	\$ 171,272															
(=) Flujo de Caja Neto Incremental	\$ (277,091)	\$ 51,964	\$ 54,434	\$ 56,905	\$ 59,372	\$ 61,834	\$ 64,292	\$ 66,745	\$ 69,192	\$ 71,634	\$ 74,070	\$ 76,501	\$ 78,925	\$ 81,343	\$ 83,754	\$ 97,537
Factor de descuento		\$ 0.88	\$ 0.78	\$ 0.68	\$ 0.60	\$ 0.53	\$ 0.47	\$ 0.41	\$ 0.36	\$ 0.32	\$ 0.28	\$ 0.25	\$ 0.22	\$ 0.19	\$ 0.17	\$ 0.15
Flujos descontados		\$ 45,796	\$ 42,278	\$ 38,951	\$ 35,816	\$ 32,873	\$ 30,123	\$ 27,560	\$ 25,179	\$ 22,973	\$ 20,935	\$ 19,055	\$ 17,326	\$ 15,737	\$ 14,280	\$ 14,656
Flujo acumulado		-\$ 231,295	-\$ 189,017	-\$ 150,066	-\$ 114,251	-\$ 81,377	-\$ 51,255	-\$ 23,695	\$ 1,484	\$ 24,458	\$ 45,393	\$ 64,448	\$ 81,773	\$ 97,510	\$ 111,790	\$ 126,446

La tasa de descuento sin financiamiento está en función de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) que para esta proyección se establece en un 9%, como también en función de la tasa anual de inflación, ya que la tasa de descuento es aquella tasa que sirve para estimar el valor presente de los flujos de caja futuros (proyecciones económicas) y se usa para medir cuan rentable es la inversión. La tasa de descuento mide el coste de oportunidad de los fondos del proyecto, es decir, cuánto deja de ganar la institución por utilizar sus recursos en el proyecto.

Tasa de Descuento sin financiamiento

$$= TMAR + Tasa\ de\ inflación + (TMAR \times tasa\ de\ inflación)$$

Para el análisis de flujo de efectivo:

$$Tasa\ de\ Descuento\ sin\ financiamiento = 9\% + 4.1\% + (9\% \times 4.1\%) = 13.47\%$$

Las funciones VAN y TIR de Microsoft Excel, fueron utilizadas para el cálculo del valor actual neto, que es la acción de trasladar al presente el flujo de caja anual, y la tasa interna de retorno, la cual indica la rentabilidad del proyecto. Se obtiene una VAN igual a \$142,299 y una TIR del 22%, para este caso si bien se tiene una TIR mayor a la TMAR, el proyecto se define como factible; pero teóricamente se sabe que entre mayor es la TIR, el proyecto es más viable económicamente. En el siguiente cuadro se reportan los parámetros económicos utilizados y obtenidos para el análisis económico sin financiamiento.

Cuadro 4. 59 Parámetros económicos para proyecto sin financiamiento económico.

TMAR (Tasa mínima de retorno de la inversión)	9%
Tasa de inflación	4.1 %
Tasa de descuento sin financiamiento	13.47%
VAN	\$126,446
TIR	21%

Los beneficios totales por la implementación de las recomendaciones técnicas para el HNM se presentan en el cuadro 4.60

Cuadro 4. 60 Beneficios totales por implementación de recomendaciones técnicas al HNM: Área Térmica.

Recomendaciones Técnicas	Beneficio Económico por Implementación.	Beneficio Ambiental por Implementación.	Porcentaje de Ahorros en costos de recursos por implementación de medidas respecto al costo actual de los recursos.	Indicadores Económicos del Proyecto.
Sustituir y/o Reparar trampas de vapor.	US\$2,932.60 en galones de combustible anuales.	8.71 TON CO ₂ /año no emitidas.	2.07	VAN de US\$126,446 TIR del 21%
Instalar un economizador para gases de chimenea para calentar agua suavizada para ser alimentada a la caldera.	US\$5,312.61 en galones de combustible anuales.	15.57 TonCO ₂ /año no emitidas.	3.76	
Dimensionar un tanque de condensado de mayor capacidad.	US\$5,827.73 en galones de combustible anuales.	21.17 TON CO ₂ /año no emitidas.	4.12	
Instalar un sistema de colectores solares de tubos al vacío para calentar el agua suave alimentada a la caldera.	US\$ 17,090.64 en galones de combustible anuales.	58.432 TON CO ₂ /año no emitidas.	12.09	
	Total de Ahorros Área Térmica		22.04	

Cuadro 4. 61 Beneficios totales por implementación de recomendaciones técnicas al HNM: Área Eléctrica

Recomendaciones Técnicas	Beneficio Económico por Implementación.	Beneficio Ambiental por Implementación.	Porcentaje de Ahorros en costos de recursos por implementación de medidas respecto al costo actual de los recursos.	Indicadores Económicos del Proyecto.
Sustitución de Sistema de Iluminación por tecnología más eficiente.	US\$22,537.49/año en costos de energía eléctrica.	67.83 TON CO ₂ /año no emitidas.	67.83 TON CO ₂ /año no emitidas.	VAN de US\$126,446 TIR del 21%
Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos más eficientes.	US\$12,765.60/año en costos de energía eléctrica.	39.78 TON de CO ₂ /año no emitidas a la atmosfera.	3.39	
Instalación de un sistema de colectores solares de placa plana para calentar agua en sustitución de tanque eléctrico en el área de Neonatos.	US\$694.72/año en costos de energía eléctrica.	2.164 Ton CO ₂ /año no emitidas a la atmosfera.	0.20	
Instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica a sistema de luminarias de 32W en el área de Neonatos.	US\$3,938.26/año en costo de energía eléctrica.	11.97 Ton CO ₂ /año no emitidas a la atmosfera.	1.02	
	Total de Ahorros Área Eléctrica		10.48	

4.4.2 Análisis Económico: Sensibilidad del Proyecto.

El análisis de sensibilidad de un proyecto, es aquel que muestra cuán sensible a cambios de ahorros y/o egresos puede llegar a ser un proyecto en función a la fluctuación de variables que afecten el flujo de caja de efectivo.

Para este caso la fluctuación se realiza en la tasa de inflación anual y en la tasa incremental de energía eléctrica anual.

Se obtienen diferentes fluctuaciones para observar como variaría el valor actual neto, con las modificaciones en dichas tasas, ya que los ahorros del proyecto están basados en estos valores porcentuales.

La finalidad de este análisis es evaluar la factibilidad del proyecto con cambios sensibles en estas tasas, ya que los ahorros asociados a la implementación de las medidas de producción más limpia y eficiencia energética recomendadas, se encuentran relacionadas con estas.

a) Sensibilidad al cambio en la tasa de inflación anual.

En esta sección se presenta el comportamiento del valor actual neto en diferentes escenarios, que podrían presentarse en los 15 años del proyecto de inversión.

Se presentan las fluctuaciones de la tasa de inflación anual y como esta puede afectar la inversión al flujo de cada de efectivo expuesto en las secciones anteriores.

Cuadro 4. 62 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa de inflación anual

Sensibilidad al cambio de inflación (Manteniendo todos los demás parámetros constantes)	
Inflación	VAN sin Financiamiento
2%	\$187,296
3%	\$156,734
4%	\$126,446
5%	\$ 103,961
6%	\$ 81,128
7%	\$ 60,314
8%	\$41,299
9%	\$23,889
10%	\$7,916

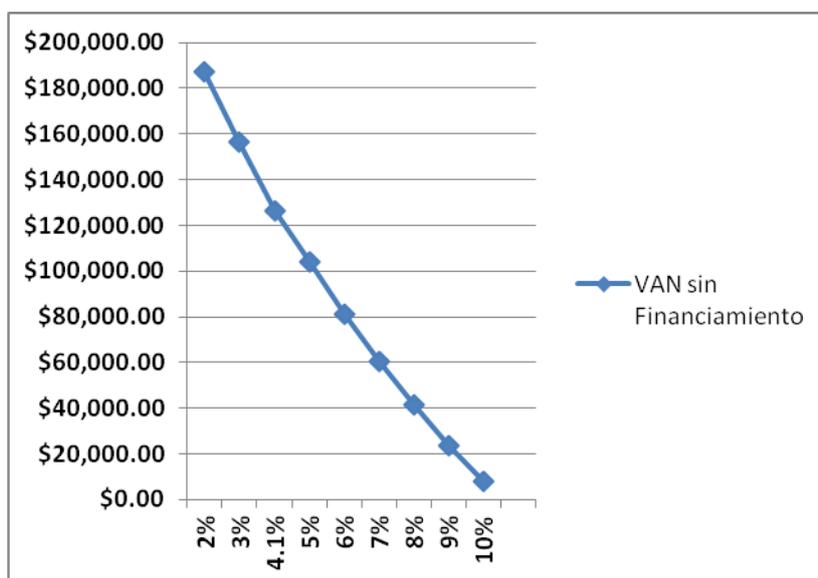


Gráfico 4.1 Cambio de la VAN en función de la fluctuación de tasa de inflación anual.

Del gráfico 3.8 puede observarse el comportamiento de la VAN. Este parámetro económico consiste en trasladar al tiempo actual (conocido como tiempo cero), los flujos monetarios que genera un proyecto.

b) Sensibilidad al cambio en la tasa incremental de energía eléctrica y fuel oil.

La variación en la tasa incremental de energía eléctrica anual, afectaría el valor actual neto de la siguiente manera:

Cuadro 4. 63 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa incremental de costo de energía eléctrica anual.

Sensibilidad al cambio de costo de energía eléctrica incremental (Manteniendo todos los demás parámetros constantes)	
Tasa de incremento de energía eléctrica anual	VAN sin financiamiento
1%	\$84,539
1.5%	\$89,624
2%	\$94,752
2.5%	\$99,923
3%	\$105,137
3.5%	\$110,397
4%	\$115,701
4.5%	\$121,050
5%	\$126,446

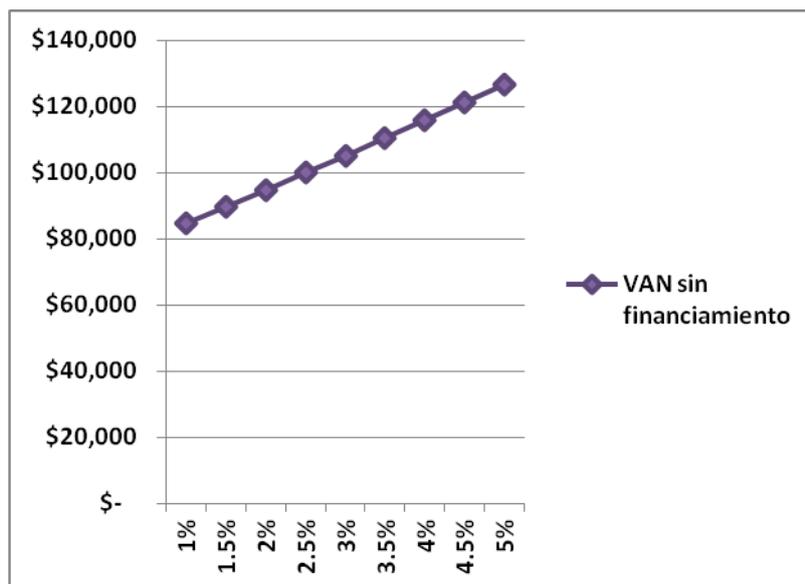


Gráfico 4.2 Cambio de la VAN en función de la fluctuación del costo incremental de energía eléctrica.

Del gráfico 3.9 se observa que el valor de la VAN aumenta cuando los costos energéticos se incrementan. Al aumentar el costo de energía los ahorros por el cambio de tecnología aumentarían y con ello aumenta también la factibilidad del proyecto.

Cuadro 4. 64 Fluctuación en la VAN por Sensibilidad al cambio de tasa incremental del costo de Fuel Oil.

Sensibilidad al cambio de costo de energía eléctrica incremental (Manteniendo todos los demás parámetros constantes (inflación 4.10% y tasa incremental de energía eléctrica de 5.0%))	
Tasa de incremento de Fuel Oil	VAN sin financiamiento
1%	\$93,287
2%	\$101,431
3%	\$109,713
4%	\$118,136
5%	\$126,446
6%	\$135,423
7%	\$144,293
8%	\$153,320
9%	\$162,508
10%	\$171,861
11%	\$181,384
12%	\$191,081

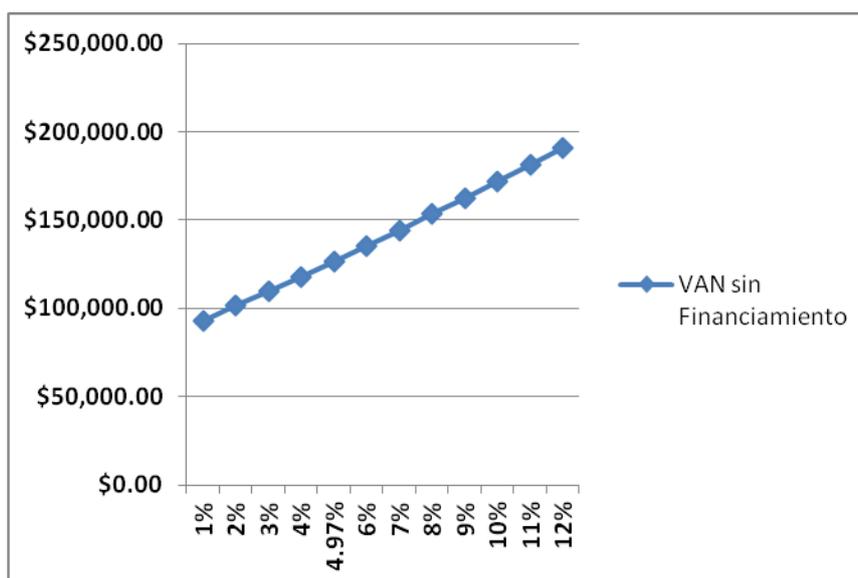


Gráfico 4.3 Cambio de la VAN en función de la fluctuación del costo incremental de Fuel Oil.

5.0 Observaciones.

1. Mediante el desarrollo del trabajo de investigación, realizado en las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad, se determinó que existe un alto costo de operación en ésta entidad, a causa del costo incremental de los recursos energéticos en los últimos años, como también a un uso inadecuado de los mismos.
2. De la inspección realizada, se observó y posteriormente cuantificó, las diferentes situaciones con potencial de mejora, tanto en el área térmica como el área eléctrica, enfocadas en optimizar el uso de los recursos energéticos y mejorar la eficiencia de los procesos.
3. Para el área de energía térmica, se observaron pérdidas de vapor, desaprovechamiento de condensado y desaprovechamiento del calor residual producido por el sistema, ya que la temperatura de las emisiones a la atmosfera es elevada.
4. Para el área eléctrica, se verificó el uso actual de equipos de iluminación y ambientación obsoletos, los cuales demandan mayor cantidad de energía eléctrica para su funcionamiento, generando mayores costos de operación.
5. Las áreas de energía térmica y eléctrica, presentan un flujo elevado de emisiones anuales de CO₂, generando un impacto negativo al medio ambiente, estas emisiones están en función del uso inadecuado de los recursos. En la búsqueda de aumentar la eficiencia del proceso, se estima reducir el daño ambiental, causado por el funcionamiento operativo del nosocomio y al mismo tiempo, lograr un ahorro económico significativo.

6.0 Conclusiones.

1. En base a la auditoria energética realizada en el Hospital Nacional de Maternidad se concluye que existen fuentes de pérdidas de recursos energéticos considerables que representan un potencial de mejora en las áreas de energía térmica y energía eléctrica.
2. En cuanto a las pérdidas de vapor en función de las factibilidades técnicas evaluadas: sustitución de trampas de vapor, instalación de un tanque de condensado de mayor capacidad, instalación de un economizador para gases de chimenea e instalación de un sistema de colectores solares de tubos al vacío se estiman ahorros en combustible fuel oíl de 1,205 galones de bunker equivalentes a US\$31,163.58 anuales representando un ahorro del 22.04% en función del consumo actual de combustible.
3. En cuanto al retorno del condensado se proyecta un aumento de retorno de condensado del 32.75% a un 57%, de igual forma se proyecta un aumento en la temperatura del agua alimentada a la caldera de 51°C a una temperatura de 70°C.
4. La instalación de un sistema de colectores solares de tubos al vacío para precalentar el agua suave alimentada a la caldera, un sistema de colectores solares de placa plana para calentar agua en neonatos y un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al área de neonatos, representan una innovación para la red hospitalaria pública nacional al incursionar en tecnologías verdes lo cual conlleva a beneficios técnicos, monetarios y ambientales.
5. Con relación a los altos consumos en energía eléctrica actuales en el Hospital Nacional de Maternidad se tiene que con la sustitución a tecnología más eficiente e innovadora se obtiene una reducción en el consumo de energía eléctrica de 202,494 kWh anuales equivalentes a US\$39,936.07 anuales que representa un 10.48% de ahorro en función del consumo actual.

6. Mediante el análisis de las factibilidades ambientales de las recomendaciones técnicas en el área térmica y eléctrica, se determinó que es posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 225.62 TON/año, que representa una disminución del 43.93% de las emisiones actuales. Las emisión anuales se reducirían de 513.59 TON/año a 287.97 TON/año, lo que representa una disminución considerable e importante de factores que influyen en el aumento del calentamiento global.
7. emisiones que conllevan al aumento del calentamiento global. Al obtener la factibilidad económica total del proyecto, el indicador económico valor actual neto (VAN) refleja la viabilidad económica de las recomendaciones técnicas propuestas al Hospital Nacional de Maternidad, ya que presenta un valor de US\$126,446 el cual se interpreta como un ahorro estimado que obtendría el nosocomio al implementar las medidas técnicas recomendadas.

7.0 Recomendaciones.

- a) Se recomienda como producto de este trabajo de investigación la implementación de las medidas técnicas recomendadas, dentro de un corto a mediano plazo ya que estas presentan ventajas técnicas, económicas y ambientales de importancia para el Hospital Nacional de Maternidad.
- b) Se recomienda a las autoridades correspondientes del Hospital Nacional de Maternidad, la atención adecuada para los sistemas energéticos del centro asistencial, ya que con instalaciones y procesos eficientes se percibirá una disminución en los costos de operación y/o funcionamiento del mismo, lo cual indicaría una vía encaminada a la recuperación de fondos económicos que pondrían ser invertidos en otras áreas de importancia.
- c) Se recomienda implementar un banco de registros de fugas de vapor, de funcionamiento y mantenimiento de equipos de ambientación como también para los equipos recomendados, ya que estos registros pueden contribuir a evitar que los recursos sean desaprovechados. Simultáneamente se recomienda en la medida de lo posible adquirir equipos medidores de flujo, cámaras termográficas, sistema analizador de gases de chimenea, equipo analizador de sólidos disueltos, entre otros, que permitan caracterizar la demanda real y el comportamiento del sistema de vapor.
- d) Se recomienda mantener una iniciativa constante en el concepto de mejora continua, tal y como se ha demostrado hasta el momento, esto con el fin de potenciar los ahorros económicos y ambientales al implementar el concepto a los procesos del Hospital Nacional de Maternidad.
- e) Se recomienda la capacitación periódica al personal técnico del Hospital Nacional de Maternidad en temas de Producción Más Limpia y Eficiencia Energética que asocien impactos positivos en los procesos técnicos reduciendo con esto costos en operación e impactos negativos al medio ambiente.

8.0 Referencias Bibliográficas.

8.1 Libros.

- 1 Cao E., "Transferencia De Calor En Ingeniería De Procesos", 2009, México, 1ª Ed, McGraw-Hill Professional.
- 2 CONUAE, Comisión nacional para el uso eficiente de la energía. 2008. *Beneficios del aislamiento térmico en la industria. 52P.*
- 3 Kern, "Procesos de transferencia de calor", 31ª Ed.
- 4 MARN/UCA/SNET, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Centro Americana "José Simeón Cañas", Servicio Nacional de Estudios Territoriales "Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador", Octubre de 2005, El Salvador
- 5 Plauchú Lima A., "Eficiencia en Sistemas de Generación y Distribución de Vapor" 1ª edición, 2006.
- 6 Smith J.M., Van Ness H.C., Abott M.M, 1997, México, "Introducción a la termodinámica en ingeniería química" 5ª Edición, McGraw-Hill Professional

8.2 Sitios Web Consultados.

- 1 Hospital Nacional de Maternidad, <http://www.hnm.gob.sv/> , consultado Abril 2012.
- 2 Ministerio de Salud, <http://www.salud.gob.sv/> , consultado Abril 2012.
- 3 Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, <http://www.siget.gob.sv/> , consultado Abril 2012.
- 4 MINETUR (2012) www.minetur.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx , consultado Agosto 2012.
- 5 Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía. <http://www.conuee.gob.mx>, consultado Junio 2012.
- 6 Centro Nacional de Producción Más Limpia El Salvador. <http://cnpml.org.sv> , consultado Junio 2012.
- 7 Ministerio de Economía, www.edrhym.gob.sv/hidropublic/consultas_hidro.htm, consultado Julio 2012.

8.3 Artículos Consultados.

1. Programa de USAID de excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR. 2011. "Guía de buenas prácticas en eficiencia energética para sistemas de vapor."
2. CIEMAT, "Simulación numérica del enfriamiento del fuel-oil en los tanques del prestige", Departamento de combustibles fósiles, 2007, España.
3. ANDA, "Pliego tarifario sector comercial 2009", DIARIO OFICIAL, TOMO N° 385, NÚMERO 199 - ACUERDO N° 867, 2009, El Salvador.
4. ESCOSOL, "Energías Renovables Tarifas PVP", SalvadorE., 2008, España.
5. CLEAVER BROOKS, "Model 4WI, promethean boiler: Operation, Service, and Parts Manual", 2009.
6. ENERGIA EOLICA Y SOLAR, "Presentación comparativa tecnologías calentamiento solar", 2008, México.
7. STI Solar Techonology, "Calentadores solares para Agua, sistemas residenciales", 2008, México.
8. ZYTECH solar, "Heat Pipe Solar Colectors", 2007, España.
9. DEMAX solar energía S.L, "Colectores Heat Pipe", 2009, España.
10. PHILIPS, "Capítulo de Lámparas Fluorescentes Tubulares 2009", México
11. SPIRAXSARCO, "Sistemas para tanques de alimentación a caldera", 2007, Argentina.
12. WAMCO S.A, "Balastos electrónicos ahorro de energía", Departamento técnico, 2009, Argentina.
13. SYLVANIA, "Catálogo lámparas decorativas", 2009, Argentina.
14. Jimenez Villalta G., UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA, "Las aplicaciones productivas y sustentables de la energía solar", Laboratorio de Energía Solar, Departamento de Física, 2010, Costa Rica.
15. INSIX LTDA, "sistemas de calentamiento solar", 2009, Chile.
16. CONSEJERÍA DE COMERCIO, INDUSTRIAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS, "Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables: Instalaciones fotovoltaicas", Gobierno de Canarias, 2010, Canarias, España.
17. ARMSTRONG, "Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados", 1998, Estados Unidos.

18. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, “Eficiencia en Calderas y Combustión”, 2007, México.
19. SPIRAXSARCO, “Guía de referencia técnica Calderas y accesorios”, 2002, Estados Unidos.
20. BUDERUS SOLAR, “Catalogo energía solar térmica”, 2007, España.

Anexos.

ANEXO I: GLOSARIO DE TÉRMINOS.

En esta sección se presentan las definiciones de términos utilizados en el presente trabajo de investigación.

Acometida: Lugar de la instalación donde se deriva la conexión eléctrica hacia otro lugar o edificio.

Agua suave: es el agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales. Si no se encuentra ninguna sal diluida entonces se denomina agua destilada.

Aire comprimido: se refiere aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor, para ser utilizado en distintos procesos en la industria.

Automatización de equipos: es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar los equipos utilizados en los procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

Balasto (balastro): es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en lámparas, ya sea un tubo fluorescente, lámpara de vapor de sodio, lámpara de haluro metálico o lámpara de vapor de mercurio. Técnicamente es un reactor que está constituido por una bobina de alambre de cobre esmaltado, enrollada sobre un núcleo de chapas de hierro o de acero eléctrico. Estos en base a su mecanismo de funcionamiento pueden electromagnéticos (funcionan por medio de campo electromagnéticos) y electrónicos (por medio de diodos).

Bióxido de Carbono CO₂: es uno de los gases de efecto invernadero que contribuyen a que la Tierra tenga una temperatura tolerable para la biomasa. Por otro lado, un exceso de dióxido de carbono contribuye al fenómeno conocido como efecto invernadero, reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta.

Bunker: También llamado Fuel Oil es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación del petróleo, generalmente tiene un precio bajo por esa condición (residuo) es por esto que se prioriza su uso en aplicaciones donde el consumo de energía es importante, como las aplicaciones navales, la generación eléctrica, calderas etc.

Caldera Pirotubular: Son aquellas calderas donde la combustión se realiza en el interior de una tubería; termino aplicado a calderas cuyo hogar está distribuido en un haz de tubería, a su alrededor fluye el agua para calentamiento o para generar vapor, acorde con la temperatura de la combustión.

Caldera: es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor.

Capacidad Calorífica: de un cuerpo, es la cantidad de calor, que dicho cuerpo absorbe cuando su temperatura aumenta un grado (o la que cede al disminuir su temperatura un grado).

Ciclo de Deming o ciclo PDCA es una estrategia de mejora continua de la calidad la cual se divide en cuatro pasos, Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.

Colposcopia: Servicio donde se lleva a cabo un procedimiento ginecológico que se realiza normalmente para evaluar a la paciente con resultados anormales en la prueba de Papanicolaou.

Condensado: en una caldera es el vapor que se ha convertido en líquido.

Depreciación: La depreciación consiste en reconocer de una manera racional y ordenada el valor de los bienes a lo largo de su vida útil estimada con anterioridad con el fin de obtener los recursos necesarios para la reposición de los bienes, de manera que se conserve la capacidad operativa o productiva del ente público. La distribución de dicho valor a lo largo de la vida, se establece mediante el estudio de la productividad y del tiempo mediante diferentes métodos, como el método de la línea recta, que establece una depreciación constante a lo largo de la vida útil de un equipo.

Energía activa: Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo

Energía reactiva: Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos lineales. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo y se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios).

Erogación: Es todo aquel desembolso de dinero en efectivo que lleva a cabo una persona o una empresa. Tanto los gastos como las inversiones que una persona física o jurídica realice en un año calendario se designarán como erogaciones.

Energía solar: es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol

Fuel Oil: Tipo de combustible conocido también como bunker

Factor de Emisión de CO₂: Es aquel factor que se utiliza para estimar la cantidad de gases de efecto invernadero (condensado en CO₂) que se generan al realizar la oxidación de un combustible.

Factor de potencia (fdp): Se define como la relación entre la Energía activa, P, y la Energía aparente, dicho factor establece una medida de la capacidad de una carga de absorber energía activa.

Farmacoterapia: Empleo terapéutico de los medicamentos. Estudio de la acción de los medicamentos sobre el organismo enfermo.

Flujo de caja: se entiende por flujo de caja o flujo de los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado. El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado.

Gases de Combustión: Son aquellos generados al oxidar un combustible.

Inflación: es el incremento generalizado del precio de los bienes y los servicios con relación a una moneda sostenido durante un período de tiempo determinado. Cuando el nivel general de precios sube, cada unidad de moneda alcanza para comprar menos bienes y servicios. Es decir que la inflación refleja la disminución del poder adquisitivo de la moneda: una pérdida del valor real del medio interno de intercambio y unidad de medida de una economía.

Leva: es un elemento mecánico hecho de algún material (madera, metal, plástico, etc.) que va sujeto a un eje y tiene un contorno con forma especial.

Lumen: es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

Mantenimiento autónomo: Se define básicamente como la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos que es llevado a cabo por los operadores y que no incurre en ajustes específicos de la maquina operada, sino más bien a detectar fallas en su origen. Generalmente se relaciona con el término limpieza e inspección.

Mejora continua: es un concepto del siglo XX que pretende mejorar los productos, servicios y procesos.

Morbimortalidad: El término se utiliza para referenciar una mortalidad causada por una enfermedad en determinadas poblaciones, espacios y tiempos.

Oncología: Es la especialidad médica que estudia y trata las neoplasias; tumores benignos y malignos, pero con especial atención a los malignos, esto es, al cáncer.

Paneles fotovoltaicos: Son aquellos que están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre ellos (electricidad solar).

Perinatología: Rama de la Medicina (obstetricia y pediatría) que estudia al Feto y al Lactante en el período perinatal. El período perinatal se inicia al terminar el período comprendido entre la vigésima y la vigésima octava semanas de la gestación y termina 7 a 28 días después del nacimiento.

Proyección económica: Las proyecciones económicas son estudios cuantitativos los cuales buscan describir cómo será el crecimiento de una economía en un determinado lapso de tiempo hacia el futuro. Estas se basan en los modelos económicos existentes, además de reportes históricos, para en ellas identificar patrones los cuales permitan saber hacia dónde se dirigirá la economía.

Puerperio: Período de las primeras 2 horas después del parto, que recibe también el nombre de posparto inmediato.

Suavizador de agua: también llamado **descalcificador** o **ablandador de agua**, es un aparato que por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos tratan el agua para evitar, minimizar o reducir, los contenidos de sales minerales y sus incrustaciones en las tuberías y depósitos de agua potable.

Tasa incremental de costo de energía eléctrica: Es aquella tasa que engloba el incremento y reducciones porcentuales del costo de la energía eléctrica en un período determinado.

Tasa interna de rendimiento (TIR): Es la tasa de interés obtenida de un flujo de caja a la cual los egresos son iguales a los ingresos, debajo de esta tasa el proyecto es rentable.

Tasa mínima de retorno de la inversión (TMAR): se refiere a la tasa mínima de interés a la cual el proyecto será rentable.

Temperatura de rocío: Temperatura a la cual el vapor forma la primera gota de líquido.

Termosifón: presentado cuando una masa de fluido es calentada, a través de la base de un recipiente. Es decir, el agua al entrar al colector por la parte inferior es calentada, lo cual disminuye su densidad debido al incremento de la temperatura, entonces, la columna de agua fría en la tubería de retorno al colector y la columna de agua caliente dentro del mismo, se desequilibran haciendo que por gravedad la primera baje y empuje el agua caliente hacia el tanque.

Toneladas de CO₂ equivalente: Se refiere a la cantidad de gases de efecto invernadero, representado en CO₂ generadas al oxidar una cantidad determinada de combustible.

Trampas de vapor: son un tipo de válvula automática que sirve para filtrar o separar el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables.

Valor actual Neto (VAN): Parámetro económico que consiste en trasladar al tiempo actual conocido en el flujo de caja de efectivo los flujos monetarios que genera un proyecto, este parámetro se utiliza para establecer la rentabilidad de un proyecto.

ANEXO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES CALDERAS CBW600.

Características de calderas cleaver brooks utilizadas en hnm.

A continuación se detallaran de manera sintetizada las características generales de las calderas CBW600-150-150 que posee el HNM detalladas en el cuadro 3.1 de la sección de 3.1.1.1.



Figura A. 1 Calderas CBW600-150-150

Identificación Modelos Calderas.

Primeramente se establece la nomenclatura que los productores de las calderas utilizan en sus modelos esto con el fin de poder identificar las características principales que se detallan a continuación:

- ✓ CB : Normal 4 pasos
- ✓ CBW: 3 pasos, Wet Back
- ✓ CBLE: Low Emmissions
- ✓ M : Monitor
- ✓ 100 : Diesel
- ✓ 200 : Diesel o Gas
- ✓ 300 : Fuel Oil No.4 o Gas
- ✓ 400 : Fuel Oil No. 6 o Gas
- ✓ 500 : Fuel Oil No 5 solamente
- ✓ 600 : Fuel Oil No. 6 solamente
- ✓ 700 : Gas solamente

Por lo tanto el modelo de las calderas utilizadas en el HNM se detalla a continuación:

CBW600-150-150= Caldera de 3 pasos, Wet Back, alimentada con Fuel Oil # 6 o Gas, de 150 HP de potencia.

Las calderas pirotubulares se usan en las aplicaciones donde las aplicaciones de potencia oscilan entre los 15 y 1800 Hp

Las calderas pirotubulares consisten en su mayor descripción de una carcasa cilíndrica de acero soldado con tubos orientados en manera horizontal conectados en sus extremos hacia los deflectores, donde el conjunto de tubos con sus deflectores contienen agua que será transformada en vapor, y en el centro de la caldera se encuentra el espacio destinado para la combustión del Fuel Oil.

Algunas de las partes externas de las calderas CBW600-150 se describen de acuerdo a la siguiente Figura.

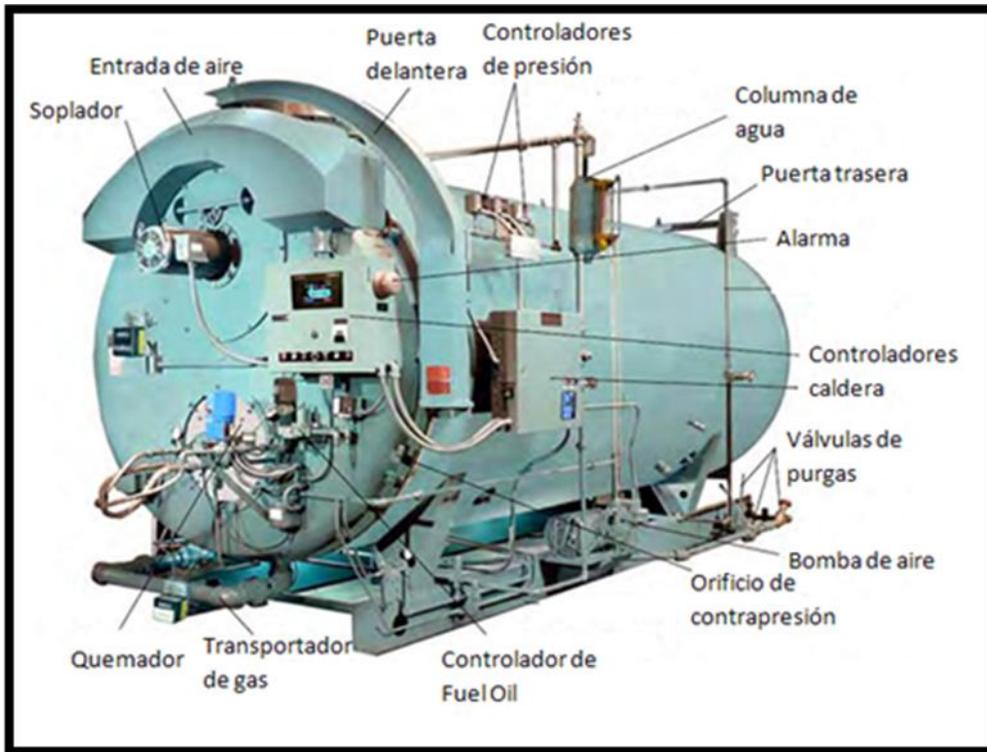


Figura A. 2 Componentes externos principales de caldera CBW600-150-150.

Se detalla a continuación de manera breve los sistemas integrados en la caldera, agrupados de acuerdo a la función que desarrollan:

✓ **El quemador y el sistema de control.**

El quemador de aceite es del tipo de baja presión atomizado por aire (boquilla). El quemador de gas es del tipo con orificio sin necesidad de pre-mezcla. Los quemadores se encienden por medio de chispa generada por un piloto de gas, dicho piloto es del tipo interrumpido, esto quiere decir que éste se apaga luego que se ha establecido la llama principal.

El aire de combustión es suministrado por un soplador centrífugo y el abastecimiento de este está controlado por el actuador de compuerta, dicho actuador regula el flujo de gas combustible por medio de un sistema articulado conectado a una válvula actuada por leva, lo que produce que el combustible y el aire entren proporcionalmente con el objetivo de mejorar la eficiencia de combustión.

El aire primario filtrado para atomizar el aceite combustible es suministrado independiente del aire de combustión por medio de la bomba de aire.

✓ **Controladores de Presión.**

Estos dispositivos indican la presión interna de la caldera, el control de la presión máxima de operación, este control interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede los límites establecidos; y a su vez posee un control modulador de la presión que percibe cambios en las presiones de la caldera y transmite la información al motor de modulación (leva) para variar la alimentación del quemador.

✓ **Controladores del Agua.**

La caldera posee un indicador de temperatura, que indica la temperatura interna del agua en la caldera, a su vez posee un regulador de la temperatura máxima si esta excede los límites establecidos, a su vez posee un modulador de la temperatura que percibe los cambios dentro de la caldera y transmite la información a la leva para que esta varíe la alimentación del quemador, a su vez la columna de agua interrumpe la operación del quemador si el nivel del agua de la caldera está por debajo del nivel seguro de operación, activando la alarma y el indicador de bajo nivel.

Este proceso de control se lleva a cabo por el programador integrado que posee la caldera que por medio de una secuencia de programación, Ordena, maneja y controla la secuencia de encendido y apagado de los quemadores de las calderas. Presentando las siguientes etapas:

✓ **Pre-Purga.**

Cuando se inicia el quemador, el flujo de combustible están cerrados y no existe llama en la caldera, se activa el soplador, a su vez se activo la bomba de aire, todo esto para provocar que se purgue el aire que esta contenido dentro de la caldera.

✓ **Llama Piloto.**

Cuando el aire es removido, se activa el paso de gas propano, a su vez se activa la ignición para encender el gas, esto se realiza para precalentar el combustible y el interior de la caldera para su correcto funcionamiento, posterior a esto ingresa el Fuel Oil y la bomba de aire empieza siendo controlado el sistema de Fuel Oil y aire por la leva, produce la oxidación del comburente. Esta etapa se mantiene mientras la llama del quemador se estabiliza en fuego alto.

✓ **Llama Principal.**

Al estar estabilizada la llama, el programa lleva las condiciones hacia fuego bajo, y es ahí cuando ingresa el agua para ser evaporada, y empieza el ciclo de producción de vapor manteniendo las condiciones del fuego de acuerdo a las consideradas en el ajuste.

✓ **Apagado/Post-Purga.**

El sistema regresa a condición de fuego bajo, empieza el cerrado del paso del Fuel Oil provocando que progresivamente la llama se extinga, posterior a esta etapa, se empieza un purgado del vapor remanente, del agua y del aire que este dentro de la caldera para evitar aumentos de presión dentro de la caldera y corrosiones debido a purgas de caldera remanente.



Figura A. 3 Controlador electrónico integrado a caldera CBW600-150-150

ANEXO III: DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GENERACIÓN DE VAPOR POR EL MÉTODO EMPÍRICO DE SEIGERT.

El objetivo principal de la generación de vapor es producir vapor a una presión mayor a la atmosférica, de manera de aprovechar la energía que posee en tales condiciones y cubrir las necesidades de la fábrica. El calor necesario para evaporar el agua proviene de la energía liberada en el proceso de oxidación de un combustible. Dicha liberación de energía se manifiesta en forma de calor (calor de combustión) y se transfiere al agua por mecanismos de **radiación**, **convección** y **conducción**. La importancia de conocer la eficiencia térmica con que **operan las calderas**, radica en evaluar el grado de aprovechamiento de la energía del combustible para producir vapor. Y de una manera directa estimar su existen potenciales de mejora en base a dicho valor. Existen diversas maneras de determinar la eficiencia de producción de vapor, pero en este caso se utilizará una manera indirecta empírica, utilizando la ecuación de Seigert para determinar dicha eficiencia, que depende de las pérdidas que pueden afectar la producción de vapor,

$$Pérdidas (\%) = \frac{K \cdot \Delta T}{\%CO_2 + C}$$

$$Eficiencia = 100 - \%Pérdidas$$

Donde:

K, C = constantes características de cada combustible

ΔT = Diferencia de temperaturas entre gases de chimenea y ambiente

$\%CO_2$ = % de Dióxido de carbono presente en gases de combustión

Para dicha estimación es necesario conocer el valor de las constantes K y C, por lo que una simplificación de esta ecuación se presenta en el cuadro 2.1 donde la eficiencia se evalúa de manera directa con el conocimiento de los parámetros de los gases de combustión: % exceso de aire, % CO₂, % O₂

Ahora para determinar la eficiencia de la producción de vapor, del cuadro 3.14, de la sección 3.1.2.1, donde se presenta el análisis de gases de combustión extraeremos la siguiente información

$$\text{Temperatura gases de combustión} = 414.33 \text{ } ^\circ\text{F} = 212.41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura ambiente} = 88.30 \text{ } ^\circ\text{F} = 31.27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\% \text{ CO}_2 = 13.30\%$$

$$\% \text{ exceso de aire} = 23.33\%$$

$$\Delta T = T_{\text{gases combustión}} - T_{\text{aire entrada}} = (212.41 - 31.27)^\circ\text{C} = 181.14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ahora en base a la información disponible podemos estimar la eficiencia de generación de vapor, debido a que los valores de exceso de aire y ΔT no son acordes a las tablas tendremos que realizar una interpolación para determinar la eficiencia en nuestras condiciones del proceso.

Primeramente obtenemos una regresión de los datos de % de exceso a $\Delta T=175^\circ\text{C}$

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0626 * \% \text{exceso} + 83.332$$

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0626 * 23.33\% + 83.332 = 81.87 \%$$

Ahora realizando el mismo procedimiento para un $\Delta T=200^\circ\text{C}$ tenemos

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0715 * \% \text{exceso} + 82.518$$

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0715 * 23.33\% + 82.518 = 80.84\%$$

Ahora podemos obtener la eficiencia a $\Delta T=181.13 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0412 * \Delta T + 89.08$$

$$\% \text{Eficiencia} = -0.0412 * 181.13 + 89.08 = 81.62\%$$

Cuadro III. 1Eficiencia de generación de vapor en función de parámetros de gases de combustión.

%Ex aire	%CO ₂	%O ₂	ΔT : Temperatura neta en °C (Temperatura de la chimenea menos la del aire de combustión)											
			100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
0	11.8	0	85.8	85.0	84.2	83.4	82.6	81.8	80.9	80.1	79.3	78.5	77.7	76.9
10	10.6	2.1	85.4	84.5	83.6	82.7	81.8	80.9	80.0	79.1	78.2	77.3	76.5	75.6
20	9.6	3.8	85.0	84.1	83.1	82.1	81.1	80.1	79.1	78.1	77.1	76.1	75.1	74.2
30	8.8	5.2	84.7	83.6	82.5	81.4	80.4	79.3	78.2	77.1	76.0	75.0	73.9	72.8
40	8.1	6.5	84.3	83.1	82.0	80.8	79.6	78.4	77.3	76.1	74.9	73.8	72.6	71.4
50	7.6	7.5	84.0	82.8	81.5	80.3	79.0	77.8	76.5	75.3	74.0	72.8	71.5	70.3
60	7.1	8.4	83.6	82.3	81.0	79.6	78.3	77.0	75.6	74.3	72.9	71.6	70.3	68.9
70	6.6	9.2	83.2	81.8	80.4	78.9	77.5	76.0	74.6	73.2	71.7	70.3	68.8	67.4
80	6.2	9.9	82.9	81.3	79.8	78.3	76.7	75.2	73.7	72.1	70.6	69.1	67.5	66.0
90	5.9	10.5	82.6	80.9	79.3	77.7	76.1	74.5	72.9	71.3	69.7	68.1	66.5	64.8
100	5.6	11.1	82.2	80.5	78.8	77.1	75.4	73.7	72.0	70.3	68.6	66.9	65.3	63.6
110	5.3	11.5	81.8	80.0	78.2	76.5	74.7	72.9	71.1	69.3	67.5	65.7	63.9	62.1
120	5	12	81.4	79.5	77.6	75.7	73.8	71.9	70.0	68.1	66.2	64.3	62.4	60.5
130	4.8	12.4	81.1	79.1	77.1	75.1	73.2	71.2	69.2	67.2	65.3	63.3	61.3	59.3
140	4.6	12.8	80.7	78.7	76.6	74.5	72.5	70.4	68.3	66.3	64.2	62.2	60.1	58.0
150	4.4	13.1	80.4	78.2	76.0	73.9	71.7	69.6	67.4	65.3	63.1	60.9	58.8	56.6

ANEXO IV: CÁLCULOS DE BALANCE DE MATERIA QUE DETERMINAN COMO “NO CONFIABLES”, EL ANÁLISIS DE GASES DE CHIMENEA PARA SO₂ Y NO.

Debido a que se determinó, que los valores de SO₂ y NO presentados en el análisis de chimenea, se consideran no confiables, se realiza el cálculo de composiciones de SO₂ y NO de manera teórica.

a) Obteniendo composiciones de SO₂ y NO en base al análisis de Gases chimenea.

En base a los datos proporcionados por la empresa Bacharach, INC, se tiene:

Tomando como referencia la densidad de los gases como 1.18 Kg/m³

$$\frac{0.004 \text{ kg/m}^3}{1.18 \text{ kg/m}^3} = 0.00339$$

b) Para obtener el % de NO, teniendo como dato reportado 296.00 pm se tiene:

$$296 \text{ ppm} \times \frac{0.001 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ ppm}} = 0.296 \text{ kg/m}^3$$

Tomando como referencia la densidad de los gases como 1.18 Kg/m³

$$\%NO = \frac{0.296 \text{ kg/m}^3}{1.18 \text{ kg/m}^3} = 0.250847 \times 100\% = \mathbf{25.08\%}$$

c) Para obtener el % de SO₂, teniendo como dato reportado 771.70 pm se tiene:

$$771.70 \text{ ppm} \times \frac{0.001 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ ppm}} = 0.7717 \text{ kg/m}^3$$

Tomando como referencia la densidad de los gases como 1.18 Kg/m³

$$\%SO_2 = \frac{0.7717 \text{ kg/m}^3}{1.18 \text{ kg/m}^3} = 0.653983 \times 100 = \mathbf{65.40\%}$$

Resumiendo tenemos:

$$\%NO = \mathbf{25.08\%}$$

$$\%SO_2 = \mathbf{65.40\%}$$

Debido al alto resultado obtenido, se procede a utilizar datos teóricos para el NO y SO₂.

ANEXO V: VIABILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE SUSTITUCIÓN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Se presentan en los Cuadros V.1, V.2, V.3 y V.4, los costos por iluminación en los que las diferentes áreas de servicio que el HNM posee. Primeramente se evalúan los costos de acuerdo a la tecnología actual, luego se presentan con la tecnología propuesta.

Posterior a esto se realiza la evaluación económica de la alternativa propuesta, para cada área de servicio, así como su factibilidad ambiental.

Cuadro V. 1 Consumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Lavandería	0.00	46.64	46.64	16,790.40	270.01	3,240.16	14.79	177.51
Central de equipos	26.88	7.68	34.56	12,441.60	200.08	2,400.94	5.02	60.29
Almacén general	3.84	29.44	33.28	11,980.80	192.67	2,312.02	14.51	174.16
Administración	20.48	0.00	20.48	7,372.80	118.57	1,422.78	8.93	107.18
Farmacia	9.60	0.00	9.60	3,456.00	55.58	666.93	1.40	16.75
Cirugía obstétrica	88.32	0.00	88.32	31,795.20	511.31	6,135.74	12.84	154.07
Puerperio	38.40	3.84	42.24	15,206.40	244.54	2,934.49	6.14	73.68
Oncología	61.44	0.00	61.44	22,118.40	355.70	4,268.34	8.93	107.18
Auditorio hospital	4.48	11.52	16.00	5,760.00	92.63	1,111.55	6.98	83.73
Infectología	26.88	46.08	72.96	26,265.60	422.39	5,068.66	10.61	127.27

CONTINUA

Cuadro V.1a Consumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Perinatología	126.72	0.00	126.72	45,619.20	733.62	8,803.46	18.42	221.05
Quirófanos	203.52	0.00	203.52	73,267.20	1,178.24	14,138.88	29.58	355.02
Sala de partos	180.48	0.00	180.48	64,972.80	1,044.85	12,538.26	26.24	314.83
Casa de médicos	65.28	0.00	65.28	23,500.80	377.93	4,535.11	9.49	113.87
Neonatología	180.48	0.00	180.48	64,972.80	1,044.85	12,538.26	26.24	314.83
Mantenimiento	0.00	12.80	12.80	4,608.00	74.10	889.24	5.58	66.98
Calderas	0.00	6.72	6.72	2,419.20	38.90	466.85	1.95	23.44
Subestación caldera	0.00	1.92	1.92	691.20	11.12	133.39	0.84	10.05
Capilla	0.00	1.28	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70
Oficina de enfermería	0.00	1.92	1.92	691.20	11.12	133.39	0.84	10.05
Financiero contable	10.24	3.84	14.08	5,068.80	81.51	978.16	6.14	73.68
UACI	3.84	0.00	3.84	1,382.40	22.23	266.77	1.67	20.10
Dirección	20.48	0.00	20.48	7,372.80	118.57	1,422.78	8.93	107.18
Colposcopia	7.04	0.00	7.04	2,534.40	40.76	489.08	3.07	36.84
Sala de espera colposcopia	6.40	0.00	6.40	2,304.00	37.05	444.62	2.79	33.49
Trabajo social	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	3.35	40.19
Citas	10.24	0.00	10.24	3,686.40	59.28	711.39	4.47	53.59
sala de espera citas	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	3.35	40.19
Informática	8.96	0.00	8.96	3,225.60	51.87	622.47	3.91	46.89

CONTINUA

Cuadro V.1b Consumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Clínica empresarial	2.56	0.00	2.56	921.60	14.82	177.85	1.12	13.40
Laboratorio infertilidad	2.56	0.00	2.56	921.60	14.82	177.85	1.12	13.40
Recepción sala de operaciones	1.28	0.00	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70
Recursos humanos	0.00	16.00	16.00	5,760.00	92.63	1,111.55	6.98	83.73
División médica	0.00	0.64	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Sala de estar	0.00	0.64	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Patrimonio	1.28	0.00	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70
Oficina de comunicaciones	0.00	1.92	1.92	691.20	11.12	133.39	0.84	10.05
Oficina UFP	5.12	0.00	5.12	1,843.20	29.64	355.70	2.23	26.79
Sala de reuniones	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	3.35	40.19
Recepción	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	3.35	40.19
Biblioteca	5.12	0.00	5.12	1,843.20	29.64	355.70	2.23	26.79
Depto. de Ginecología y Obstetricia	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	3.35	40.19
Auditorio de la clínica	15.36	0.00	15.36	5,529.60	88.92	1,067.09	6.70	80.38
Consulta externa	1.28	0.00	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70
Fisioterapia	4.48	0.00	4.48	1,612.80	25.94	311.23	1.95	23.44
Sala de espera Consulta externa	61.44	0.00	61.44	22,118.40	355.70	4,268.34	8.93	107.18
Cuartos de exámenes	0.64	0.00	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Enfermería jefe de servicio	1.28	0.00	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70

CONTINUA

Cuadro V.1c Consumo y Costos por utilización de luminarias de 40W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Farmacia consulta externa	1.28	0.00	1.28	460.80	7.41	88.92	0.56	6.70
Reuniones docencia	3.84	0.00	3.84	1,382.40	22.23	266.77	0.56	6.70
Electrocardiograma	0.64	0.00	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Unidad de psicología	0.64	0.00	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
feje de consulta externa	0.64	0.00	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Oficina Jurídica	0.64	0.00	0.64	230.40	3.71	44.46	0.28	3.35
Quimioterapia juvenil	5.12	0.00	5.12	1,843.20	29.64	355.70	2.23	26.79
Sala de espera familiares emergencia	1.92	0.00	1.92	691.20	11.12	133.39	0.84	10.05
Administración de pacientes emergencia	3.84	0.00	3.84	1,382.40	22.23	266.77	0.56	6.70
estación enfermería emergencia	23.04	0.00	23.04	8,294.40	133.39	1,600.63	3.35	40.19
cuartos de exámenes emergencia	30.72	0.00	30.72	11,059.20	177.85	2,134.17	4.47	53.59
Alcaldía	12.80	0.00	12.80	4,608.00	74.10	889.24	5.58	66.98
Pasillo perinatología	19.20	0.00	19.20	6,912.00	111.15	1,333.86	2.79	33.49
Pasillo sala electiva	19.20	0.00	19.20	6,912.00	111.15	1,333.86	2.79	33.49
Farmacia	1.92	0.00	1.92	691.20	11.12	133.39	0.84	10.05
Cafetería	3.84	0.00	3.84	1,382.40	22.23	266.77	0.56	6.70
Total	1,374.08	192.88	1,566.96	564,105.60	9,071.62	108,859.41	319.02	3,828.19

Cuadro V.2 Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Lavandería	0.00	37.31	37.31	13,432.32	216.01	2,592.13	11.83	142.01
Central de equipos	21.50	6.14	27.65	9,953.28	160.06	1,920.75	4.02	48.23
Almacén general	3.07	23.55	26.62	9,584.64	154.13	1,849.62	11.61	139.33
Administración	16.38	0.00	16.38	5,898.24	94.85	1,138.22	7.15	85.74
Farmacia	7.68	0.00	7.68	2,764.80	44.46	533.54	1.12	13.40
Cirugía obstétrica	70.66	0.00	70.66	25,436.16	409.05	4,908.59	10.27	123.25
Puerperio	30.72	3.07	33.79	12,165.12	195.63	2,347.59	4.91	58.95
Oncología	49.15	0.00	49.15	17,694.72	284.56	3,414.67	7.15	85.74
Auditorio hospital	3.58	9.22	12.80	4,608.00	74.10	889.24	5.58	66.98
Infectología	21.50	36.86	58.37	21,012.48	337.91	4,054.93	8.48	101.82
Perinatología	101.38	0.00	101.38	36,495.36	586.90	7,042.77	14.74	176.84
Quirófanos	162.82	0.00	162.82	58,613.76	942.59	11,311.11	23.67	284.02
Sala de partos	144.38	0.00	144.38	51,978.24	835.88	10,030.60	20.99	251.86
Mantenimiento	0.00	10.24	10.24	3,686.40	59.28	711.39	4.47	53.59
Calderas	0.00	5.38	5.38	1,935.36	31.12	373.48	1.56	18.76
Subestación caldera	0.00	1.54	1.54	552.96	8.89	106.71	0.67	8.04
Capilla	0.00	1.02	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36

CONTINUA

Cuadro V.2a Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Oficina de enfermería	0.00	1.54	1.54	552.96	8.89	106.71	0.67	8.04
Financiero contable	8.19	3.07	11.26	4,055.04	65.21	782.53	4.91	58.95
UACI	3.07	0.00	3.07	1,105.92	17.78	213.42	1.34	16.08
Dirección	16.38	0.00	16.38	5,898.24	94.85	1,138.22	7.15	85.74
Colposcopia	5.63	0.00	5.63	2,027.52	32.61	391.26	2.46	29.47
Sala de espera colposcopia	5.12	0.00	5.12	1,843.20	29.64	355.70	2.23	26.79
Trabajo social	6.14	0.00	6.14	2,211.84	35.57	426.83	2.68	32.15
Citas	8.19	0.00	8.19	2,949.12	47.43	569.11	3.57	42.87
sala de espera citas	6.14	0.00	6.14	2,211.84	35.57	426.83	2.68	32.15
Informática	7.17	0.00	7.17	2,580.48	41.50	497.97	3.13	37.51
Clínica empresarial	2.05	0.00	2.05	737.28	11.86	142.28	0.89	10.72
Laboratorio infertilidad	2.05	0.00	2.05	737.28	11.86	142.28	0.89	10.72
Recepción sala de operaciones	1.02	0.00	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36
Recursos humanos	0.00	12.80	12.80	4,608.00	74.10	889.24	5.58	66.98
División médica	0.00	0.51	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Sala de estar	0.00	0.51	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Patrimonio	1.02	0.00	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36
Oficina de comunicaciones	0.00	1.54	1.54	552.96	8.89	106.71	0.67	8.04

CONTINUA

Cuadro V.2b Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Oficina UFP	4.10	0.00	4.10	1,474.56	23.71	284.56	1.79	21.44
Sala de reuniones	6.14	0.00	6.14	2,211.84	35.57	426.83	2.68	32.15
Recepción	6.14	0.00	6.14	2,211.84	35.57	426.83	2.68	32.15
Biblioteca	4.10	0.00	4.10	1,474.56	23.71	284.56	1.79	21.44
Departamento de Ginecología y obstetricia	6.14	0.00	6.14	2,211.84	35.57	426.83	2.68	32.15
Auditorio de la clínica	12.29	0.00	12.29	4,423.68	71.14	853.67	5.36	64.31
Consulta externa	1.02	0.00	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36
Fisioterapia	3.58	0.00	3.58	1,290.24	20.75	248.99	1.56	18.76
Sala de espera Consulta externa	49.15	0.00	49.15	17,694.72	284.56	3,414.67	7.15	85.74
Cuartos de exámenes	0.51	0.00	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Enfermería jefe de servicio	1.02	0.00	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36
farmacia consulta externa	1.02	0.00	1.02	368.64	5.93	71.14	0.45	5.36
Reuniones docencia	3.07	0.00	3.07	1,105.92	17.78	213.42	0.45	5.36
Electrocardiograma	0.51	0.00	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Unidad de psicología	0.51	0.00	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
feje de consulta externa	0.51	0.00	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Oficina Jurídica	0.51	0.00	0.51	184.32	2.96	35.57	0.22	2.68
Quimioterapia juvenil	4.10	0.00	4.10	1,474.56	23.71	284.56	1.79	21.44

CONTINUA

Cuadro V.2c Consumo y costos por utilización de luminarias de 32W, HNM.

Servicio	Consumo Diario (kWh/día)			Anual (kWh/año)	Costo mensual	Costo anual	Costo por Potencia	Costo por Potencia
	Lámparas Empotradas	Lámparas Superficiales	Consumo total	Consumo total	US\$/mes	US\$/año	US\$/mes	US\$/año
Sala de espera familiares emergencia	1.54	0.00	1.54	552.96	8.89	106.71	0.67	8.04
Administración de pacientes emergencia	3.07	0.00	3.07	1,105.92	17.78	213.42	0.45	5.36
estación enfermería emergencia	18.43	0.00	18.43	6,635.52	106.71	1,280.50	2.68	32.15
cuartos de exámenes emergencia	24.58	0.00	24.58	8,847.36	142.28	1,707.34	3.57	42.87
Alcaldía	10.24	0.00	10.24	3,686.40	59.28	711.39	4.47	53.59
Pasillo perinatología	15.36	0.00	15.36	5,529.60	88.92	1,067.09	2.23	26.79
Pasillo sala electiva	15.36	0.00	15.36	5,529.60	88.92	1,067.09	2.23	26.79
Farmacia	1.54	0.00	1.54	552.96	8.89	106.71	0.67	8.04
Cafetería	3.07	0.00	3.07	1,105.92	17.78	213.42	0.45	5.36
Total	1,099.26	154.30	1,253.57	451,284.48	7,257.29	87,087.53	255.21	3,062.55

Cuadro V.3 Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.

Servicio	No. luminarias	Costo de Inversión por sistema de iluminación de 32 W	T12	T12	T8	T8	T12-T8	Costo de inversión + Costo de instalación	Retorno de inversión
			Costo anual	Costo por Potencia	Costo anual	Costo por Potencia	Beneficio económico		
			US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año		
Lavandería	106.00	4,833.60	3,240.16	177.51	2,592.13	142.01	683.53	5,316.96	7.78
Central de equipos	36.00	1,641.60	2,400.94	60.29	1,920.75	48.23	492.25	1,805.76	3.67
Almacén general	104.00	4,742.40	2,312.02	174.16	1,849.62	139.33	497.23	5,216.64	10.49
Administración	64.00	2,918.40	1,422.78	107.18	1,138.22	85.74	306.00	3,210.24	10.49
Farmacia	10.00	456.00	666.93	16.75	533.54	13.40	136.74	501.60	3.67
Cirugía obstétrica	92.00	4,195.20	6,135.74	154.07	4,908.59	123.25	1,257.97	4,614.72	3.67
Puerperio	44.00	2,006.40	2,934.49	73.68	2,347.59	58.95	601.63	2,207.04	3.67
Oncología	64.00	2,918.40	4,268.34	107.18	3,414.67	85.74	875.11	3,210.24	3.67
Auditorio hospital	50.00	2,280.00	1,111.55	83.73	889.24	66.98	239.06	2,508.00	10.49
Infectología	76.00	3,465.60	5,068.66	127.27	4,054.93	101.82	1,039.18	3,812.16	3.67
Perinatología	132.00	6,019.20	8,803.46	221.05	7,042.77	176.84	1,804.90	6,621.12	3.67
Quirófanos	212.00	9,667.20	14,138.88	355.02	11,311.11	284.02	2,898.77	10,633.92	3.67
Sala de partos	188.00	8,572.80	12,538.26	314.83	10,030.60	251.86	2,570.63	9,430.08	3.67
Casa de médicos	68.00	3,100.80	4,535.11	113.87	3,628.09	91.10	929.79	3,410.88	3.67
Neonatología	188.00	8,572.80	12,538.26	314.83	10,030.60	251.86	2,570.63	9,430.08	3.67
Mantenimiento	40.00	1,824.00	889.24	66.98	711.39	53.59	191.24	2,006.40	10.49
Calderas	14.00	638.40	466.85	23.44	373.48	18.76	98.05	702.24	7.16
Subestación caldera	6.00	273.60	133.39	10.05	106.71	8.04	28.69	300.96	10.49
Capilla	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49

CONTINUA

Cuadro V.3a Costos por sistema e instalación de luminarias de 32w y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.

Servicio	No. luminarias	Costo de Inversión por sistema de iluminación de 32 W	T12	T12	T8	T8	T12-T8	Costo de inversión + Costo de instalación	Retorno de inversión
			Costo anual	Costo por Potencia	Costo anual	Costo por Potencia	Beneficio económico		
			US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año		
Oficina de enfermería	6.00	273.60	133.39	10.05	106.71	8.04	28.69	300.96	10.49
Financiero contable	44.00	2,006.40	978.16	73.68	782.53	58.95	210.36	2,207.04	10.49
UACI	12.00	547.20	266.77	20.10	213.42	16.08	57.37	601.92	10.49
Dirección	64.00	2,918.40	1,422.78	107.18	1,138.22	85.74	306.00	3,210.24	10.49
Colposcopia	22.00	1,003.20	489.08	36.84	391.26	29.47	105.19	1,103.52	10.49
Sala de espera colposcopia	20.00	912.00	444.62	33.49	355.70	26.79	95.62	1,003.20	10.49
Trabajo social	24.00	1,094.40	533.54	40.19	426.83	32.15	114.75	1,203.84	10.49
Citas	32.00	1,459.20	711.39	53.59	569.11	42.87	153.00	1,605.12	10.49
sala de espera citas	24.00	1,094.40	533.54	40.19	426.83	32.15	114.75	1,203.84	10.49
Informática	28.00	1,276.80	622.47	46.89	497.97	37.51	133.88	1,404.48	10.49
Clínica empresarial	8.00	364.80	177.85	13.40	142.28	10.72	38.25	401.28	10.49
Laboratorio infertilidad	8.00	364.80	177.85	13.40	142.28	10.72	38.25	401.28	10.49
Sala de operaciones	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49
Recursos humanos	50.00	2,280.00	1,111.55	83.73	889.24	66.98	239.06	2,508.00	10.49
División médica	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Sala de estar	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Patrimonio	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49
Ofi. de comunicaciones	6.00	273.60	133.39	10.05	106.71	8.04	28.69	300.96	10.49
Oficina UFP	16.00	729.60	355.70	26.79	284.56	21.44	76.49	802.56	10.49

CONTINUA

Cuadro V.3b Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.

Servicio	No. luminarias	Costo de Inversión por sistema de iluminación de 32 W	T12	T12	T8	T8	T12-T8	Costo de inversión + Costo de instalación	Retorno de inversión
			Costo anual	Costo por Potencia	Costo anual	Costo por Potencia	Beneficio económico		
			US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año		
Sala de reuniones	24.00	1,094.40	533.54	40.19	426.83	32.15	114.75	1,203.84	10.49
Recepción	24.00	1,094.40	533.54	40.19	426.83	32.15	114.75	1,203.84	10.49
Biblioteca	16.00	729.60	355.70	26.79	284.56	21.44	76.49	802.56	10.49
Departamento de Ginecología y obstetricia	24.00	1,094.40	533.54	40.19	426.83	32.15	114.75	1,203.84	10.49
Auditorio de la clínica	48.00	2,188.80	1,067.09	80.38	853.67	64.31	229.49	2,407.68	10.49
Consulta externa	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49
Fisioterapia	14.00	638.40	311.23	23.44	248.99	18.76	66.92	702.24	10.49
Sala de espera C.externa	64.00	2,918.40	4,268.34	107.18	3,414.67	85.74	875.11	3,210.24	3.67
Cuartos de exámenes	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Enfermería de servicio	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49
farmacia c. externa	4.00	182.40	88.92	6.70	71.14	5.36	19.12	200.64	10.49
Reuniones docencia	4.00	182.40	266.77	6.70	213.42	5.36	54.69	200.64	3.67
Electrocardiograma	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Unidad de psicología	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
feje de consulta externa	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Oficina Jurídica	2.00	91.20	44.46	3.35	35.57	2.68	9.56	100.32	10.49
Quimioterapia juvenil	16.00	729.60	355.70	26.79	284.56	21.44	76.49	802.56	10.49
Sala de espera	6.00	273.60	133.39	10.05	106.71	8.04	28.69	300.96	10.49
Ad de pacientes emer	4.00	182.40	266.77	6.70	213.42	5.36	54.69	200.64	3.67

CONTINUA

Cuadro V.3c Costos por sistema e instalación de luminarias de 32W y periodo de retorno de inversión por departamento, HNM.

Servicio	No. luminarias	Costo de Inversión por sistema de iluminación de 32 W	T12	T12	T8	T8	T12-T8	Costo de inversión + Costo de instalación US\$	Retorno de inversión años
			Costo anual	Costo por Potencia	Costo anual	Costo por Potencia	Beneficio económico		
			US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año	US\$/año		
Estación enfermería emergencia	24.00	1,094.40	1,600.63	40.19	1,280.50	32.15	328.17	1,203.84	3.67
cuartos de exámenes emergencia	32.00	1,459.20	2,134.17	53.59	1,707.34	42.87	437.55	1,605.12	3.67
Alcaldía	40.00	1,824.00	889.24	66.98	711.39	53.59	191.24	2,006.40	10.49
Pasillo perinatología	20.00	912.00	1,333.86	33.49	1,067.09	26.79	273.47	1,003.20	3.67
Pasillo sala electiva	20.00	912.00	1,333.86	33.49	1,067.09	26.79	273.47	1,003.20	3.67
Farmacia	6.00	273.60	133.39	10.05	106.71	8.04	28.69	300.96	10.49
Cafetería	4.00	182.40	266.77	6.70	213.42	5.36	54.69	200.64	3.67
Total	2,286.00	104,241.60	108,859.41	3,828.19	87,087.53	3,062.55	22,537.49	114,665.76	5.09

Cuadro V. 4Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.

Servicio	T12	T8	TON deCO2 emitido por T12	TON de CO2 emitido por T8	Beneficio Ambiental Total Anual (TON de CO2 no emitidas)
	Consumo Diario (kWh/día)	Consumo Diario (kWh/día)			
	Consumo total	Consumo total			
Lavandería	46.64	37.31	10.09	8.08	2.02
Central de equipos	34.56	27.65	7.48	5.98	1.50
Almacén general	33.28	26.62	7.20	5.76	1.44
Administración	20.48	16.38	4.43	3.55	0.89
Farmacia	9.60	7.68	2.08	1.66	0.42
Cirugía obstétrica	88.32	70.66	19.12	15.29	3.82
Puerperio	42.24	33.79	9.14	7.31	1.83
Oncología	61.44	49.15	13.30	10.64	2.66
Auditorio hospital	16.00	12.80	3.46	2.77	0.69
Infectología	72.96	58.37	15.79	12.63	3.16
Perinatología	126.72	101.38	27.43	21.94	5.48
Quirófanos	203.52	162.82	44.05	35.24	8.81
Sala de partos	180.48	144.38	39.06	31.25	7.81
Casa de médicos	65.28	52.22	14.13	11.30	2.83
Neonatología	180.48	144.38	39.06	31.25	7.81
Mantenimiento	12.80	10.24	2.77	2.22	0.55
Calderas	6.72	5.38	1.45	1.16	0.29
Subestación caldera	1.92	1.54	0.42	0.33	0.08
Capilla	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
Oficina de enfermería	1.92	1.54	0.42	0.33	0.08

CONTINUA

Cuadro V. 4a Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.

Servicio	T12	T8	TON deCO2 emitido por T12	TON de CO2 emitido por T8	Beneficio Ambiental Total Anual (TON de CO2 no emitidas)
	Consumo Diario (kWh/día)	Consumo Diario (kWh/día)			
	Consumo total	Consumo total			
Financiero contable	14.08	11.26	3.05	2.44	0.61
UACI	3.84	3.07	0.83	0.66	0.17
Dirección	20.48	16.38	4.43	3.55	0.89
Colposcopia	7.04	5.63	1.52	1.22	0.31
Sala de espera colposcopia	6.40	5.12	1.39	1.11	0.28
Trabajo social	7.68	6.14	1.66	1.33	0.33
Citas	10.24	8.19	2.22	1.77	0.44
sala de espera citas	7.68	6.14	1.66	1.33	0.33
Informática	8.96	7.17	1.94	1.55	0.39
Clínica empresarial	2.56	2.05	0.55	0.44	0.11
Laboratorio infertilidad	2.56	2.05	0.55	0.44	0.11
Recepción sala de operaciones	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
Recursos humanos	16.00	12.80	3.46	2.77	0.69
División médica	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Sala de estar	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Patrimonio	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
Oficina de comunicaciones	1.92	1.54	0.42	0.33	0.08
Oficina UFP	5.12	4.10	1.11	0.89	0.22
Sala de reuniones	7.68	6.14	1.66	1.33	0.33
Recepción	7.68	6.14	1.66	1.33	0.33

CONTINUA

Cuadro V. 4b Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.

Servicio	T12	T8	TON deCO2 emitido por T12	TON de CO2 emitido por T8	Beneficio Ambiental Total Anual (TON de CO2 no emitidas)
	Consumo Diario (kWh/día)	Consumo Diario (kWh/día)			
	Consumo total	Consumo total			
Biblioteca	5.12	4.10	1.11	0.89	0.22
Departamento de Ginecología	7.68	6.14	1.66	1.33	0.33
Auditorio de la clínica	15.36	12.29	3.32	2.66	0.66
Consulta externa	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
Fisioterapia	4.48	3.58	0.97	0.77	0.19
Sala de espera Consulta externa	61.44	49.15	13.30	10.64	2.66
Cuartos de exámenes	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Enfermería jefe de servicio	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
farmacia consulta externa	1.28	1.02	0.28	0.22	0.06
Reuniones docencia	3.84	3.07	0.83	0.66	0.17
Electrocardiograma	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Unidad de psicología	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
feje de consulta externa	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Oficina Jurídica	0.64	0.51	0.14	0.11	0.03
Quimioterapia juvenil	5.12	4.10	1.11	0.89	0.22
Sala de espera familiares emergencia	1.92	1.54	0.42	0.33	0.08
Administración de pacientes emergencia	3.84	3.07	0.83	0.66	0.17
estación enfermería emergencia	23.04	18.43	4.99	3.99	1.00
cuartos de exámenes emergencia	30.72	24.58	6.65	5.32	1.33
Alcaldía	12.80	10.24	2.77	2.22	0.55

CONTINUA

Cuadro V. 4c Beneficio ambiental por implementación de recomendación para cada área con potencial de mejora en iluminación, HNM.

Servicio	T12	T8	TON deCO2 emitido por T12	TON de CO2 emitido por T8	Beneficio Ambiental Total Anual (TON de CO2 no emitidas)
	Consumo Diario (kWh/día)	Consumo Diario (kWh/día)			
	Consumo total	Consumo total			
Pasillo perinatología	19.20	15.36	4.16	3.32	0.83
Pasillo sala electiva	19.20	15.36	4.16	3.32	0.83
Farmacia	1.92	1.54	0.42	0.33	0.08
Cafetería	3.84	3.07	0.83	0.66	0.17
Total	1,566.96	1,253.57	339.14	271.31	67.83

ANEXO VI. DEPRECIACIONES ESTIMADAS POR EQUIPOS.

Cuadro VI. 1 Análisis de depreciación economizador

Tabla de depreciación: Método de línea recta			
Equipo: Economizador de Gases de Chimenea.			
Valor	\$33,750.00	Vida útil	15
Depreciación anual			\$ 2,250.00
Año	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor en libros
1	\$2,250.00	\$2,250.00	\$ 31,500.00
2	\$2,250.00	\$4,500.00	\$ 29,250.00
3	\$2,250.00	\$6,750.00	\$27,000.00
4	\$2,250.00	\$9,000.00	\$24,750.00
5	\$2,250.00	\$11,250.00	\$22,500.00
6	\$2,250.00	\$13,500.00	\$20,250.00
7	\$2,250.00	\$15,750.00	\$18,000.00
8	\$2,250.00	\$18,000.00	\$15,750.00
9	\$2,250.00	\$20,250.00	\$13,500.00
10	\$2,250.00	\$22,500.00	\$11,250.00
11	\$2,250.00	\$24,750.00	\$9,000.00
12	\$2,250.00	\$27,000.00	\$6,750.00
13	\$2,250.00	\$29,250.00	\$4,500.00
14	\$2,250.00	\$31,500.00	\$2,250.00
15	\$2,250.00	\$33,750.00	\$-
16	\$2,250.00	\$36,000.00	\$(2,250.00)
17	\$2,250.00	\$38,250.00	\$(4,500.00)
18	\$2,250.00	\$40,500.00	\$(6,750.00)
19	\$2,250.00	\$42,750.00	\$(9,000.00)
20	\$2,250.00	\$45,000.00	\$ (11,250.00)

Cuadro VII. 2 Análisis depreciación aires acondicionados

Tabla de depreciación: Método de línea recta			
Equipo: aires acondicionados			
Valor	\$20,052.19	Vida útil	15
Depreciación anual			\$1,336.81
Año	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor en libros
1	\$1,336.81	\$1,336.81	\$18,715.38
2	\$1,336.81	\$2,673.63	\$17,378.56
3	\$1,336.81	\$4,010.44	\$16,041.75
4	\$1,336.81	\$5,347.25	\$14,704.94
5	\$1,336.81	\$6,684.06	\$13,368.13
6	\$1,336.81	\$8,020.88	\$12,031.31
7	\$1,336.81	\$9,357.69	\$10,694.50
8	\$1,336.81	\$10,694.50	\$9,357.69
9	\$1,336.81	\$12,031.31	\$8,020.88
10	\$1,336.81	\$13,368.13	\$6,684.06
11	\$1,336.81	\$14,704.94	\$5,347.25
12	\$1,336.81	\$16,041.75	\$4,010.44
13	\$1,336.81	\$17,378.56	\$2,673.63
14	\$1,336.81	\$18,715.38	\$1,336.81
15	\$1,336.81	\$20,052.19	\$0.00
16	\$1,336.81	\$21,389.00	\$(1,336.81)
17	\$1,336.81	\$22,725.82	\$(2,673.63)
18	\$1,336.81	\$24,062.63	\$(4,010.44)
19	\$1,336.81	\$25,399.44	\$(5,347.25)
20	\$1,336.81	\$26,736.25	\$(6,684.06)

Cuadro VII. 3Análisis depreciación tanque de condenso

Tabla de depreciación: Método de línea recta			
Equipo: Tanque de Condensado.			
Valor	\$2,500.00	Vida útil	15
Depreciación anual			\$ 166.67
Año	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor en libros
1	\$166.67	\$166.67	\$2,333.33
2	\$166.67	\$333.33	\$2,166.67
3	\$166.67	\$500.00	\$2,000.00
4	\$166.67	\$666.67	\$1,833.33
5	\$166.67	\$833.33	\$1,666.67
6	\$166.67	\$1,000.00	\$1,500.00
7	\$166.67	\$1,166.67	\$1,333.33
8	\$166.67	\$1,333.33	\$1,166.67
9	\$166.67	\$1,500.00	\$1,000.00
10	\$166.67	\$1,666.67	\$833.33
11	\$166.67	\$1,833.33	\$666.67
12	\$166.67	\$2,000.00	\$500.00
13	\$166.67	\$2,166.67	\$333.33
14	\$166.67	\$2,333.33	\$166.67
15	\$166.67	\$2,500.00	\$ -
16	\$166.67	\$2,666.67	\$(166.67)
17	\$166.67	\$2,833.33	\$(333.33)
18	\$166.67	\$3,000.00	\$(500.00)
19	\$166.67	\$3,166.67	\$(666.67)
20	\$166.67	\$3,333.33	\$(833.33)

**ANEXO VII. GUÍA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS DE
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.**

HOSPITAL NACIONAL ESPECIALIZADO EN MATERNIDAD



**Guía de Recomendaciones
Técnicas de Producción Más
Limpia Enfocadas en Los
Requerimientos Energéticos.**



El Salvador, 2012

INTRODUCCIÓN.

La presente guía pretende exponer una serie de recomendaciones técnicas para las instalaciones del Hospital Nacional Especializado en Maternidad, orientadas al enfoque de eficiencia energética bajo el entorno de la mejora continua, buscando obtener procesos más sostenibles desde la perspectiva técnica, económica y ambiental. Dichas recomendaciones se presentan como soluciones técnicas compatibles con el funcionamiento del Hospital Nacional de Maternidad en el periodo de la investigación.

Las recomendaciones están orientadas a los requerimientos energéticos, en el uso eficiente de los recursos y en la reducción de la contaminación ambiental generada a partir de los procesos energéticos, sin dejar de lado la reducción en el costo de tales recursos.

Se presenta la Guía de Recomendaciones de Producción más Limpia para las instalaciones del Hospital Nacional de Maternidad como resultado de una investigación previa en el tema de requerimientos energéticos y como una opción y/o documento de referencia que aporta soluciones técnicas que pueden implementarse para obtener un uso eficiente en los recursos energéticos.

Este documento pretende aportar opciones técnicas de mejora, sumadas a las ya encaminadas acciones de mantenimiento y mejora, que ha realizado el departamento correspondiente dentro del Hospital.

1.0 Eficiencia Energética.

La eficiencia energética se define como producir más con el menor uso de los recursos, generando con ello la reducción del consumo de energía y/o combustibles, manteniendo los mismos servicios y/o procesos energéticos, sin disminuir la calidad en los procesos, cambiando la forma de uso de los recursos se puede proteger el medio ambiente mediante el correcto abastecimiento de los recursos, esto con el fin de obtener procesos más sostenibles técnica, económica y ambientalmente.

Al aplicar el concepto de eficiencia energética debe considerarse y evaluarse todos aquellos factores que estén involucrados en los procesos energéticos ya que este concepto no debe afectar el volumen de actividades de la institución que lo implemente, sino por el contrario contribuir a un funcionamiento que cumpla con los objetivos de diseño mediante el uso más adecuado de sus recursos energéticos, optimizando estos de la mejor manera posible

Los objetivos fundamentales del concepto de eficiencia energética son:

- Implementar medidas y/o cambios en los procesos que permitan la reducción de consumos de combustibles fósiles y energía eléctrica.
- Impulsar el desarrollo y promover la adquisición de tecnologías limpias para los procesos energéticos.
- Capacitar al personal técnico sobre eficiencia energética para lograr un mejor uso en los recursos energéticos como también en el tema de preservación del medio ambiente.

La importancia actual de la eficiencia energética se aplica a todos aquellos procesos que involucren en sus requerimientos de operación recursos energéticos. En esta guía se recomiendan medidas de producción más limpia bajo el enfoque de eficiencia energética para el Hospital Nacional de Maternidad.

La metodología implementada para listar esta serie de recomendaciones técnicas, se presenta bajo la dirección de producción más limpia al sector hospitalario en función de los requerimientos energéticos que utiliza el nosocomio. En la figura siguiente se describe

cada etapa realizada para la elaboración las recomendaciones que se presentan en las secciones posteriores.

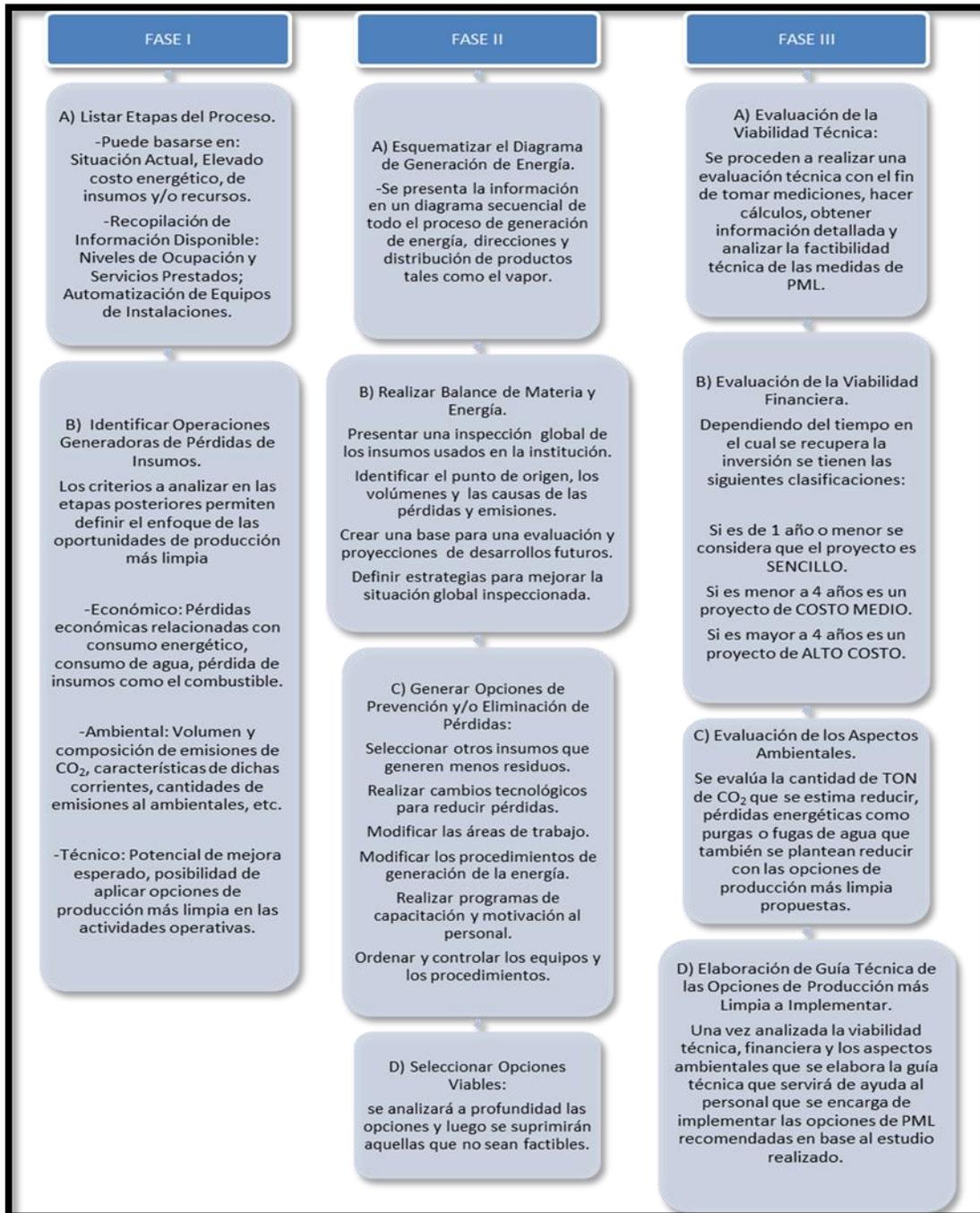


Figura 1. Esquema de Metodología de Producción Más Limpia aplicada al Sector Hospitalario.

2.0 Desarrollo de la Guía.

El desarrollo de las opciones presenta una situación actual y una situación recomendada con factibilidad técnica, económica y ambiental; como también características de los sistemas recomendados.

2.1 Recomendaciones al área del sistema de generación de vapor.

I) Reparación de Fugas de Vapor en trampas de vapor.

✓ Situación Actual

Mediante la inspección realizada en el Hospital Nacional de Maternidad, se identificaron fugas de vapor ubicadas en las Trampas de Vapor de Tipo cubeta invertida, ubicadas en el Área de Lavandería como se muestra en la figura 2.1.

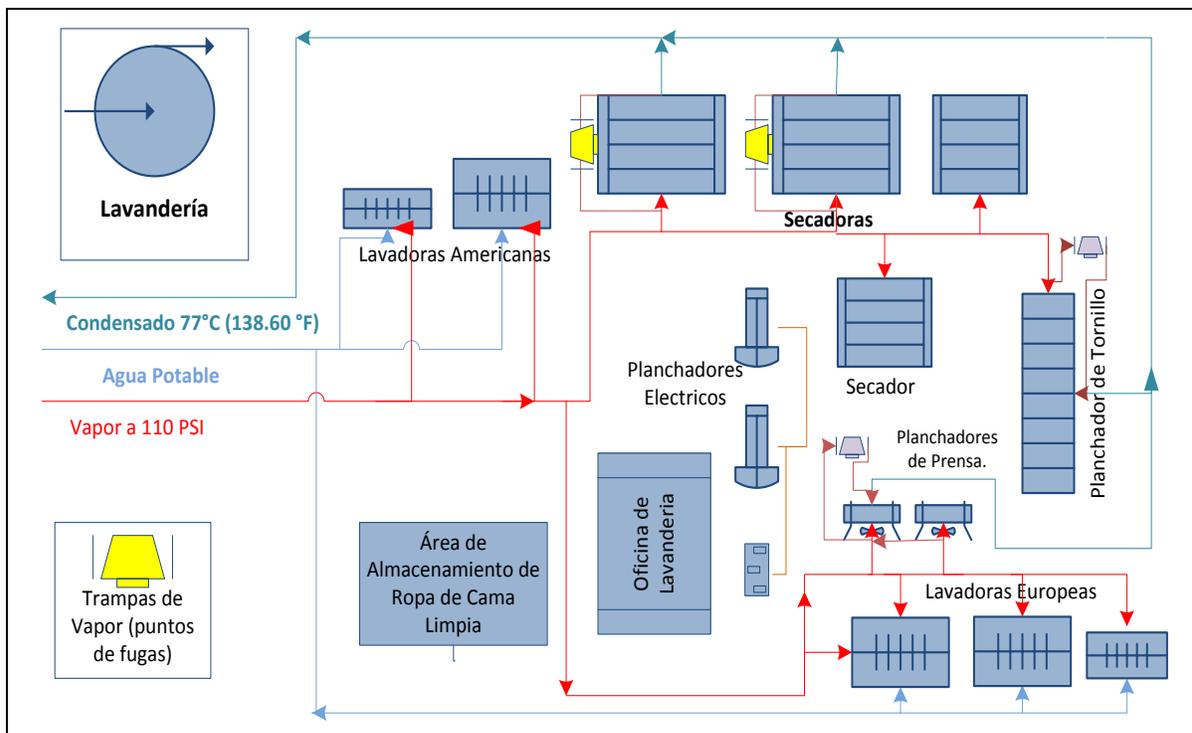


Diagrama de distribución de recursos en el área de Lavandería en el HNM.

La temperatura del condensado medida es de 77°C (170.6°F) y de acuerdo con las mediciones tomadas se especifica el siguiente cuadro.

Especificaciones de fugas de vapor.

Entrada de vapor	Ubicación de la fuga.	Diámetro de la tubería. (in)	Diámetro de la fuga (mm)	Temperatura de Superficie de la tubería (°C)	Presión a la que se encuentra la tubería (PSI)
Entrada N°1 (Lavandería)	Secadora N 1	½	1	102	110
	Secadora N 2	½	1	102	110

Fuente: Equipo técnico UES-HNM

✓ **Situación Recomendada:**

En la práctica se ha visto que con el correcto funcionamiento de las trampas de vapor se alcanzan ahorros desde un 0.01% hasta un 3.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera. Es por eso que se plantea el cambio y/o reparación de la trampa de vapor, para corregir las fugas de vapor identificadas.



El tipo de trampas de vapor con las que cuenta el HNM tienen el principio técnico de operación más confiable en la actualidad. El componente principal en este diseño es un sistema especial de palancas que multiplican la fuerza ejercida por el balde para abrir la válvula contra la presión en la trampa. Y debido a que el balde está abierto en la parte inferior, resiste daños debidos al golpe de ariete⁶⁶. Además, los puntos internos donde puede

existir desgaste ya han sido reforzados para una mayor vida útil. Esta es la gran importancia de contar con las trampas en perfecto funcionamiento para lograr el uso más eficiente de dicho accesorio.

⁶⁶Golpe de Ariete es el causante principal de las averías en tuberías e instalaciones hidráulicas. Al cerrar bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de agua que quedan detenidas son presionadas por las que vienen avanzando detrás y aún siguen moviéndose. Esto causa una sobrepresión que se desliza por la tubería.

Dentro de las principales características de estos accesorios podemos mencionar su eficiencia para incorporarse a sistemas que trabajan a presión constante y un tiempo de vida útil alto (entre 6 – 8 años) siempre y cuando se le dé el mantenimiento adecuado. Las fallas más comunes asociadas a las trampas de cubeta invertida es la falla en la posición abierta la cual causa pérdidas de vapor vivo. Las trampas descargan a un sistema de retorno de condensados y el vapor vivo, este tipo



de problema es difícil de localizar, por eso es de utilidad capacitar al personal de mantenimiento encargado de estos accesorios, ya que estas fallas generan pérdidas de vapor que equivale a pérdida de combustible, más costos de químicos para el tratamiento del agua fresca que se alimenta al sistema de generación de vapor, provocando de igual forma un incremento en la temperatura ambiente donde se presentan las fugas.

La revisión de las trampas de vapor se efectúa temporalmente de acuerdo al tipo de sistema de generación de vapor existente para determinar el funcionamiento de las mismas y evitar con ello problemas de atascamiento de palancas en posición abierta.

Los métodos de revisión puede variar de operador en operador pero en general debe revisarse la temperatura, sonidos y comportamiento visual de la(s) línea(s) donde se encuentren los accesorios para identificar si existe o no un problema con las trampas de vapor; puede también incorporarse al sistema de mantenimiento formatos de registros de fugas de vapor en estos accesorios, donde se reporte la energía perdida por la(s) fuga(s) y los tiempo de reparación y costos económicos de estos.

Los intervalos recomendados para la revisión del sistema de trampeo:

- a. Sistema de alta presión (más de 965.27 KPa (140 psi)): semanal o mensual
- b. Sistema de presión media (de 13.79 a 68.95 KPa (28 a 140 psi)): mensual o trimestral
- c. Sistema de baja presión (menos de 13.79 KPa (28 psi)): anual.

El sistema de generación de vapor del HNM cuenta con un sistema de presión media de tal forma se propone una revisión de las trampas de vapor entre uno y tres meses utilizando el siguiente formato de registro de fugas.

Hospital Nacional de Maternidad Registro de Fugas de Vapor en el Sistema de Generación de Energía Térmica.										
N°	Fecha y hora de identificación	Tipo de fuga				Ubicación de la Fuga	Total	Diámetro de Fuga (mm)	Presión de Vapor en la línea (PSI)	Temperatura de vapor en la línea (°C)
										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Analizados los datos las fugas de vapor en estos accesorios en el área de lavandería del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación “Eliminación de fugas de vapor”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA			FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Ahorro de energía por fugas: 112.60 GJ/año	Ahorro de Energía	9.38 GJ/mes	112.60 GJ/año	CO ₂ no emitido a la atmosfera: 0.73 TonCO ₂ /mes
	Ahorro de Búnker	75.26 gal/mes	959.59 gal/año	CO ₂ no emitido a la atmosfera: 8.71 TonCO ₂ /año
	Ahorro Monetario	US\$244.20 al mes	US\$2,932.60 al año	

I) Instalación de un Economizador para Gases de Chimenea.

a) Situación Actual:

En base a las mediciones tomadas y proporcionadas al sistema de generación de vapor del HNM, se establece que la energía emitida a la atmosfera por los gases de combustión, se consideran un desaprovechamiento de energía. Se emiten estos gases a una temperatura promedio de 414.33 °F (212.41°C).

Los valores de los parámetros medidos para la caldera #2 se presentan en el siguiente cuadro:

Parámetro	Unidad de Medida	Análisis 1 Fuego Bajo	Análisis 2 Fuego Medio	Análisis 3 Fuego Alto	Promedio
O ₂	%	3.20	5.1	4.00	4.10
CO ₂	%	14.00	12.40	13.40	13.30
Exceso de Aire	%	17.00	31.00	22.00	23.33
Eficiencia de Combustión	%	89.20	85.70	86.20	87.03
Temperatura de gases	°F	333	452	458	414.33
CO	Ppm	8.00	0.00	4.00	4.00

Fuente: Reportes BACHARACH, INC.

Se observa que los promedios de los parámetros exceso de aire, O₂ y CO₂ se encuentran dentro de los intervalos adecuados de operación, mientras que para el CO no, esto puede estar asociado a la calidad del combustible utilizado.

Valores reales y valores adecuados según parámetros de gases de chimenea.

Parámetro	Valor Adecuado ⁶⁸	Valor Reportado
O ₂	2%-5%	4.10%
CO ₂	12.5%-14%	13.30%
Exceso de Aire	20%-25%	23.33%
CO	80 – 150 ppm	4.00 ppm
NO _x	50 – 100 ppm	192.70 ppm
SO ₂	180 – 220 ppm	502.71 ppm



b) **Situación Recomendada:** Se recomienda con la instalación de un economizador para gases de chimenea, con el fin de mejorar la recuperación de calor total y la eficiencia del sistema de vapor del HNM hasta en un 10%, al extraer calor de los gases de combustión que se descargan a la atmosfera y ahorrar costos en

⁶⁷Ver sección 3.1.2.1 Área Térmica (Cuadro 3.15)

⁶⁸Manual Práctico tecnología de medición en calderas, Instrumentos Testo S.A. (2004).

combustible, ya que la energía emitida a la atmósfera sería aprovechada al calentar el agua de alimentación a la caldera con dichos gases. Para poder adecuar el valor de CO a los datos recomendados, sería necesario verificar la calidad del Búnker y de la presencia de Azufre en el mismo.

Los economizadores recuperan la energía de los humos (gases de chimenea), antes de ser emitidos a la atmósfera, y son necesarios para obtener una alta eficiencia en la caldera. Los economizadores recuperan parte de esa energía para precalentar el agua de alimentación de la caldera. La eficiencia del generador se incrementa en 1% por cada 4.5°C de reducción en la temperatura de los gases de



chimenea, de tal forma al recuperar calor de desperdiciado los economizadores pueden disminuir el consumo de combustible en un intervalo entre un 5% y 10%.

Simultáneamente a la instalación del economizador se debe implementar un registro de funcionamiento para reportar niveles de medición tales como el volumen y/o masa de agua a calentar y temperatura de los gases de chimenea capacitando a los operarios del cuarto de calderas que esta temperatura de gases no puede ser menor a 347 °F (175 °C) esto debido a la condensación del SO₂ presente en las emisiones y que si llegara a condensarse podría generar corrosión en el equipo de generación de vapor.

El plan de registro propuesto es el siguiente:

N°	Fecha	Parámetros		Hora de revisión	Observaciones
		Nivel de agua fresca m ³	Temperatura de gases de chimenea (°F)		
1					
2					
3					

Analizados los datos del sistema de generación de vapor del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación “instalación de un economizador para gases de chimenea”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Calor a ser aprovechado: 50.94 KJ/Kg de gases.	Ahorro en gastos de combustible: \$5,312.61al año	CO ₂ no emitido: 15.57 TonCO₂/año.
Agua a ser calentada: 299.45 Kagua/hora		
Combustible ahorrado: 1,739.78 gal búnker/año		

II) Instalación de un pre-calentador de combustible.

a) Situación Actual.

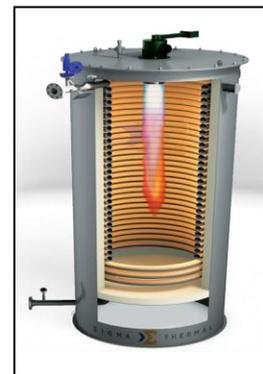
Mediante la inspección realizada en el HNM, se identificó que no existe un pre-calentador de combustible instalado, esto debido a la discontinuidad de un equipo de este tipo existente años atrás.

El Fuel Oil 6 (búnker) presenta un rango de temperaturas donde su ignición es óptima, en un intervalo que oscila entre los 80°C (176°F)- 99°C (210.20 °F) por abajo de esta temperatura este combustible es muy viscoso por lo que produce hollín en la base de la caldera y unos gases de combustión cargados de monóxido de carbono y por temperatura arriba de esta como su viscosidad es muy baja se forma espuma que produce oscilación de la llama, que puede tender a apagarla.

Para suplir esta necesidad la caldera posee instalada un calentador eléctrico, que sirve para los arranques en frío, posterior a esto es necesario la inyección de gas propano para mantener el fuel oil pre-calentado. Si esta cantidad de gas propano no es suministrada, la caldera tiende a apagarse, comprometiendo su integridad y buen funcionamiento.

b) Situación Recomendada:

Existen fuentes de pérdidas de vapor que se pueden aprovechar para lograr el precalentamiento del fuel Oil, y lograr un ahorro, esto debido a que ya que no se utilizaría energía eléctrica ni gas propano para precalentar dicho combustible, sustituyendo dichos recursos mediante el aprovechamiento de vapor desperdiciado en la actualidad. Para realizar las factibilidades de esta opción es necesario caracterizar las fuentes de pérdidas de vapor.



Analizados los datos del sistema de generación de vapor del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación “instalación de un tanque pre- calentador de combustible”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Pre calentador de combustible de 0.88 m².	Ahorros anuales en gastos de gas propano de \$813.98.	CO ₂ anual no emitido por Ahorro de gas propano. 1.57 TON CO ₂ .
Tanque de almacenamiento de 10 galones.	Ahorros anuales en FUEL OIL de \$14,950.73	CO ₂ anual no emitido por Ahorro de fuel oil 42.84 TON CO ₂
Ahorro de FUEL OIL: 10.64%		

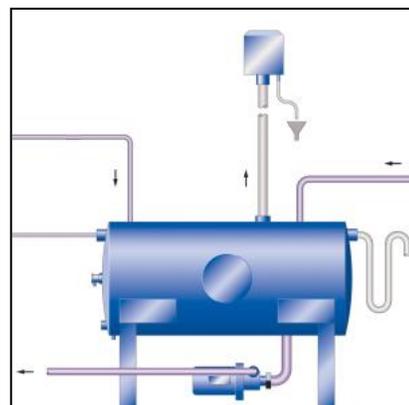
III) Dimensionar un tanque de condensado de mayor capacidad.

a) Situación Actual.

En el recorrido a las instalaciones del HNM se evidenció que este posee un tanque de almacenamiento de condensados de capacidad baja, por lo que existen pérdidas de vapor considerables debido a esta falta de capacidad. Es por esta razón que el retorno de condensados es de aproximadamente un 33%, lo cual es un potencial de mejora al aumentar este porcentaje de retorno.

b) Situación Recomendada:

Una de las pérdidas más importantes de vapor y en su defecto de condensados se encuentra próxima a la caldera, que es la alternativa propuesta para el intercambiador de calor, esta fuente presenta la ventaja con la instalación de un pre-calentador de combustible a la salida de este saldrá como condensado total, solamente será necesario el tanque directamente sin un condensador, ya que como se



mencionó el intercambiador de calor cumplirá a su vez esta función.

Analizados los datos del sistema de generación de vapor del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación “Dimensionar un tanque para condensado de mayor capacidad”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Instalación de un Tanque de Condensado de 1.5 m³	Ahorro sales de regeneración anual US\$75.00	Reducción anual en CO ₂ de 21.17 TON CO ₂ por ahorro de Fuel Oil
Ahorros de Fuel Oil de 4.12%	Ahorro agua no utilizada anual US\$2,047.56	
	Ahorro Fuel Oil anual US\$5,827.73	

IV) Instalación de Colectores Solares de Tubos al Vacío para precalentar el agua suavizada.

a) **Situación Actual:**

Al realizar el recorrido en las instalaciones del Hospital de Maternidad se evidenció que el agua suavizada entra a una temperatura de aproximadamente 31° C para ser mezclada con el retorno de condensados, esta mezcla de vapor de agua y agua suavizada necesita ser calentada para obtener vapor. El combustible que utiliza la caldera para realizar el proceso de vaporización del agua es Fuel Oil el cual ha presentado un costo promedio de \$ 3.05361/gal

b) Situación Recomendada:

Actualmente existen sistemas de calentamiento de agua a partir de la Energía Solar, este sistema puede ser utilizado para precalentar el agua suavizada y así tener un ahorro de combustible en la caldera, ya que el agua entraría al sistema a una temperatura mayor de 31° C. Existe diversidad de diseños de Colectores Solares dentro de los cuales uno de los más eficientes es el Colector Solar de tubos al Vacío con una eficiencia promedio de 0.70.⁶⁹



La tecnología de los tubos de vacío suele utilizarse para aplicaciones que requiera agua caliente de entre 40 y 130 °C. La temperatura ambiente supone un factor importante que afecta al rendimiento de los colectores, cuanto más fría sea esta menor será su rendimiento porque habrá más pérdidas en la superficie del colector, pero para la ubicación geográfica de El Salvador es una opción recomendable. Además este tipo de colectores es capaz de aprovechar la radiación difusa que suele darse en los días de nublados ligeros.

La característica importante de los colectores solares de tubos al vacío es que estos permiten un rápido calentamiento del agua ya que son muy eficientes en la captación de energía solar.

En la instalación de estos sistemas se recomienda dar un mantenimiento referente al control automático cada dos años pero tener un control constante de los equipos incluidos en el funcionamiento de los colectores solares.

Analizados los datos del sistema de generación de vapor del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

⁶⁹Fuente: Energías Renovables Tarifas PVP Salvador Escoda

Factibilidades por la implementación de recomendación de “Sistema de Colectores solares de tubos al vacío”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
<p>Instalación de un sistema de 27 Colectores Solares de Tubos al vacío para precalentar agua suave.</p>	<p>Ahorro anual de Fuel Oil de US\$ 17,090.64</p>	<p>Reducción anual de Emisiones de CO₂ de 58.432 TON CO₂ Por uso de Fuel Oil</p>
<p>Ahorros de 12.09% de Fuel Oil.</p>		

2.2 Recomendaciones Técnicas para el Área Eléctrica

I) Cambio de Luminarias de T12 a T8.

c) Situación actual.

En la mayor parte del HNM existen luminarias principalmente del tipo T12 de 40W. Este tipo de tecnología de lámpara posee balastro electromagnético, el cual aumenta el consumo energético de la lámpara si esta quemada o con desperfectos. El sistema de iluminación que posee el HNM es principalmente lámparas empotradas y superficiales T12 de 40W y focos de 60W, las que presentan un potencial de mejora al realizar dicha tecnología por tecnologías más eficientes.

d) Recomendación

Se recomienda la sustitución gradual de las lámparas tipo T12 por lámparas T8 de 32W, esto permitirá la reducción del consumo energético y representa una adaptación completa de las instalaciones del HNM a una tecnología más eficiente.



Existen alternativas para reducir los costos por consumo de energía, el utilizar sistemas obsoletos en iluminación genera mayores consumos de energía eléctrica elevando los costos por este servicio, las lámparas fluorescentes T12 pueden ser reemplazadas por lámparas fluorescentes T8 y balastos electrónicos de alto desempeño, realizando estos cambios se obtiene un sistema más eficiente en iluminación.

Una característica importante de esta medida es el alto tiempo de vida útil de las luminarias lo cual disminuye el costo de mantenimiento de la tecnología T8.

Las luminarias T8 estándar pueden sustituir a los tubos T12 de 38mm de diámetro, ofreciendo el mismo rendimiento fotométrico con un 10% de ahorro de energía.

Factibilidades por la implementación de recomendación de “Sustitución de luminarias”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
<p>Ahorro de consumos de energía eléctrica de 112,821.12kWh / año</p>	<p>Ahorro por implementación de nueva tecnología US\$22,537.49</p>	<p>CO₂ no emitido 67.83 TON CO₂/año</p>
<p>Ahorro en distribución de potencia de 18,288 W/año</p>		

II) Área Eléctrica de Aires Acondicionados.

a) Situación Actual.

La muestra verificada de equipos de aire acondicionado es de 9 equipos, instalados y en funcionamiento en diferentes áreas del HNM, estos equipos cuentan con un valor del indicador EER (indicador de eficiencia para equipos individuales) menor a 11, lo cual significa que son equipos menos eficientes y mayores consumidores de energía eléctrica transformándose en mayores costos económicos por operación. Las capacidades de los equipos tomados de muestra varían entre los 24,000 hasta los 36,000 BTU, como se observa en el siguiente cuadro:

Muestra de Equipos de Aire Acondicionados Analizados.

UBICACIÓN	EQUIPO	CAPACIDAD	POTENCIA (W)	HORAS DE USO
Fórmulas Lácteas	Aire Acondicionado Minisplit	48,000 BTU/hr	8,800	24
Financiero Contable.	Aire acondicionado tipo ventana	32,500 BTU/hr	4,070	8
Colposcopia	Aire Acondicionado	36,000 BTU/hr	3,542	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 BTU/hr	3,542	8
Administración	Aire acondicionado minisplit	24,000 BTU/hr	2,662	8
Consulta Externa	Aire Acondicionado minisplit	36,000 BTU/hr	3,542	8
División Médica	Aire Acondicionado minisplit condensador	24,000BTU/hr	1,870	8
Planificación Familiar	Aire Acondicionado minisplit condensador	36,000 BTU/hr	3,520	8
Neonatos, Dirección.	Aire Acondicionado	24,000 BTU/hr	2,662	24

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos con valores de indicador EER mayores a 11, ya que estos realizan el mismo funcionamiento de forma más eficiente al demandar menor potencia reduciendo de esta forma el consumo de energía eléctrica del HNM. Los equipos eficientes en la actualidad y disponibles en el



mercado salvadoreño se presentan únicamente en capacidades de 24,000; 36,000 y 60,000 BTU, de esta forma la recomendación se orienta a sustituir equipos que suplan la capacidad del ambiente donde se encuentran instalados como también reduzcan la demanda de

potencia de los equipos. Las características de los equipos recomendados para ser instalados se observan en el siguiente cuadro:

Características de Equipos de Aire Acondicionados Eficientes recomendados.

CAPACIDAD DE AIRES ACONDICIONADOS	POTENCIA DEL EQUIPO
24,000 BTU/hr	1,847 W
36,000 BTU/hr	2,770 W
48,000 BTU/hr	3693 W

Para sustituir y suplir la demanda en cada uno de las áreas seleccionadas se recomienda el siguiente cambio:

Comparación de características de equipos actuales y recomendados de equipos de aire acondicionado.

Ubicación	Cantidad Actual	Capacidad Actual	EER	Cantidad Recomendada	Capacidad Recomendada	EER
Fórmulas Lácteas	1	48,000 BTU/hr	5.45	1	48,000 BTU/hr	13
Financiero Contable.	1	32,500 BTU/hr	7.99	1	36,000 BTU/hr	13
Colposcopia	1	36,000 BTU/hr	10.16	1	36,000 BTU/hr	13
Consulta Externa	1	36,000 BTU/hr	10.16	1	36,000 BTU/hr	13
Administración	1	24,000 BTU/hr	9.02	1	24,000 BTU/hr	13
Consulta Externa	1	36,000 BTU/hr	10.16	1	36,000 BTU/hr	13
División Médica	1	24,000 BTU/hr	12.83	1	24,000 BTU/hr	13
Planificación Familiar	1	36,000 BTU/hr	10.23	1	36,000 BTU/hr	13
Neonatos, Dirección.	1	24,000 BTU/hr	9.01	1	24,000 BTU/hr	13

Del cuadro anterior puede verificarse que un aumento en la eficiencia del equipo disminuye considerablemente la demanda de potencia para su funcionamiento, convirtiéndose en ahorro de energía. Analizados los datos de la muestra de equipos de aire acondicionado del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación de “Sustitución de aires acondicionados”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Ahorro de consumos de energía eléctrica de 183.77 KWh/día equivalente a 66,157.20 kWh/día.	Ahorro en energía eléctrica por US\$12,765.60/año.	CO ₂ no emitido a la atmósfera: 39.78 Ton de CO ₂ .
Ahorro en distribución de potencia 11.11 kW/mes equivalente a 133.32 kW/mes.	Ahorro en distribución de potencia por US\$465.12/año.	

III) **Instalación de un sistema de colectores solares para calentamiento de agua en el área de neonatos, en sustitución de Calentador de Agua.**

a) **Situación Actual.**

EL calentador eléctrico con el que cuenta el HNM en el área de neonatos, se utiliza con el fin de calentar el agua a una temperatura promedio de 42°C para el baño de los recién nacidos, el calentador posee una potencia de 5kW y 2 horas de uso al día. La capacidad del tanque de calentamiento de agua tiene un aproximado de 40 galones, la cantidad de agua demandada aproximada de los últimos meses por este servicio se presenta en el siguiente cuadro:

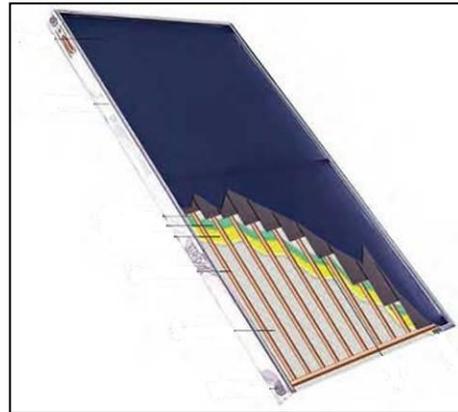
Consumo de agua caliente mensual en el área de neonatos.

Mes	Q (m ³ /mes)	Días al mes	V _{mensual} (m ³)	Consumo diario de agua caliente (m ³)
oct-11	4.6939	31	4.69	0.15142
nov-11	4.5424	30	4.54	0.15141
dic-11	4.6939	31	4.69	0.15142
ene-12	4.6939	31	4.69	0.15142
feb-12	4.3911	29	4.39	0.15142
mar-12	4.6939	31	4.69	0.15142

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución de este calentador eléctrico por un sistema de colectores solares de placa plana que permitan captar la radiación solar que utilicen esta energía para calentar el agua y así suplir la demanda de energía, generando una disminución en el consumo de energía eléctrica.

Los colectores de placa plana absorben la radiación solar con el fin de calentar un fluido mediante la transferencia de calor



Su funcionamiento se centra en exponer el colector al sol sin circulación de fluido en su interior, la temperatura de la placa captadora aumentara e irá almacenando el calor, de igual modo presentará un porcentaje de pérdida del calor captado, esto por los fenómenos de transferencia de calor presentes en el sistema (conducción, convección y radiación). Cuando se equilibra el sistema la temperatura se estabiliza a aquella para la cual fue diseñado el sistema, y en este momento se hace circular el agua se generará la transferencia de calor de la energía captada hacia el flujo volumétrico de agua a calentar, de tal forma que seguirá funcionando hasta que deje de ser necesario el uso de agua caliente y contando con un acumulador para que se tenga reserva de agua caliente.

Para el volumen de agua demandada en el área de neonatos y con los parámetros de temperatura necesarios se necesitan una instalación con 6 paneles solares en un área de techos de 12.85 m², existiendo la disponibilidad de techos para la instalación de dicho sistema.

Luego de ser analizados los datos de la demanda de agua y los parámetros de uso de la misma en el área de neonatos del HNM, se presenta la factibilidad técnica, económica y ambiental que se obtendría al aplicar esta recomendación.

Factibilidades por la implementación de recomendación de “Sistema de colectores solares para agua caliente en neonatos”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Ahorro de consumos de energía eléctrica de 3,600 kWh / año	Ahorro en energía eléctrica por US\$694.72/año; ahorro en distribución de potencia por US\$209.28/año	CO ₂ no emitido 2.164 Ton CO ₂
Ahorro en distribución de potencia 60 kW/año	Ahorro en distribución de potencia: US\$209.28/año	

IV) Área Eléctrica de Luminarias de 32W (Instalación de un sistema fotovoltaico.)

a) Situación Actual.

El hospital nacional de maternidad cuenta con un sistema de 36 arreglos dobles de luminarias dobles 32 W, presentando una potencia de 64 W por arreglo, ubicados en el área de Neonatos; la cual funciona las 24 hrs del día los 365 días del año, este sistema de luminarias instalado en los últimos años está bajo el enfoque de eficiencia energética, buscando la disminución del consumo de energía eléctrica del HNM.

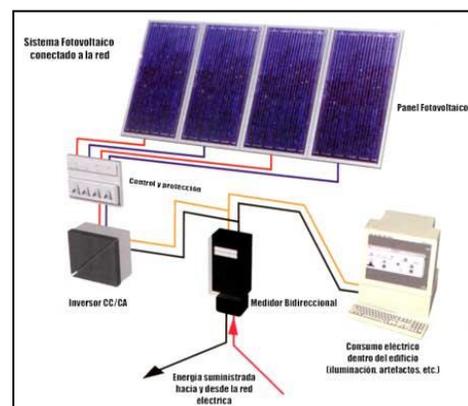
Característica del sistema actual de luminarias de 32W, área de neonatos en el HNM.

Servicio	Focos		
	luminarias de 32 W c/u	Hr de uso	kWh/día
Neonatología	72	24	55.30

b) Situación Recomendada.

Se recomienda la sustitución del sistema eléctrico de luminarias de arreglos de 64W por un sistema fotovoltaico el cual a través de la captación de la radiación solar supla la demanda de energía eléctrica de este sistema de luminarias, esto bajo el enfoque de producción más limpia y eficiencia energética.

Los sistema fotovoltaicos cuentan con componentes principales entre los cuales se destacan el arreglo



fotovoltaico el cual se encarga de transformar la luz del sol en electricidad y el elemento de la potencia que es un inversor de corriente directa a corriente alterna el cual tiene la función de adecuar la energía generada el sistema fotovoltaico a las características eléctricas de la red para que pueda ser inyectada a los equipos o sistemas que la demanden. Los sistemas fotovoltaicos son constituidos por un determinado número de unidades fotovoltaicas, el número de estas depende de la potencia nominal requerida en el sistema como también de la potencia pico de las unidades seleccionadas. La potencia nominal de las unidades recomendadas se encuentra en 200 Wp.

Los factores de diseño del sistema fotovoltaico recomendado se presenta en el cuadro siguiente:

FACTORES	VALOR	UNIDAD
Consumo de energía por día	55.30	kWh/día
Radiación solar para el municipio de San Salvador	5.50	Horas
Potencia Eléctrica en AC	10.05	kW
Factor de Conversor (AC a DC)	0.88	
Potencia Eléctrica en DC	11.43	kW
Capacidad del Inversor	11.43	kW
Potencia Eléctrica en DC	11426	Watts
Potencia de Panel Fotovoltaico	200.00	Watts
Número de Paneles requeridos	57.13	Paneles
Área de Panel Solar	1.16	m ² /panel
Área total requerida de Techos	66.27	m ²
Orientación de los Paneles	Sur	
Inclinación	18.0	Grados
Latitud	13.7	N

Fuente: Equipo técnico UES

Para la implementación de esta opción de producción más limpia se requieren 58 paneles solares con un área en techos para su instalación de 67 m² de tal forma la factibilidad de esta opción se presenta en el siguiente cuadro:

Factibilidades por la implementación de recomendación de “Instalación de un Sistema Fotovoltaico para sustitución de luminarias de 32W”

FACTIBILIDAD TÉCNICA	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	FACTIBILIDAD AMBIENTAL
Reducción de consumo de energía eléctrica de 19,908 kWh/año.	Ahorro económico por el cambio de luminarias de US\$3,938.26	TON de CO ₂ no emitidas 11.97 Ton CO ₂
Reducción de distribución de potencia de 27.65 kW/año		

ANEXO VIII. TASAS DE CRECIMIENTO DE FUEL OÍL.

Los cambios reportados en los precios del Fuel Oíl reportados por la Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro A. 2Tasa Incremental en Costos de Fuel Oíl⁷⁰

Periodo	Precio Promedio Internacional (US\$/gal)	Tasa Incremental en el costo del fuel oíl.
Diciembre 2007	1.6150	---
Enero 2008	1.650608	2.54%
Febrero 2008	1.61865	-2.26%
Marzo 2008	1.695875	4.77%
Abril 2008	1.76736	4.22%
Mayo 2008	1.97315	11.64%
Junio 2008	2.14455	8.68%
Julio 2008	2.50262	16.69%
Agosto 2008	2.34006	-6.50%
Tasa Promedio		4.97%

⁷⁰ Fuente: Ministerio de Economía, Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas.