



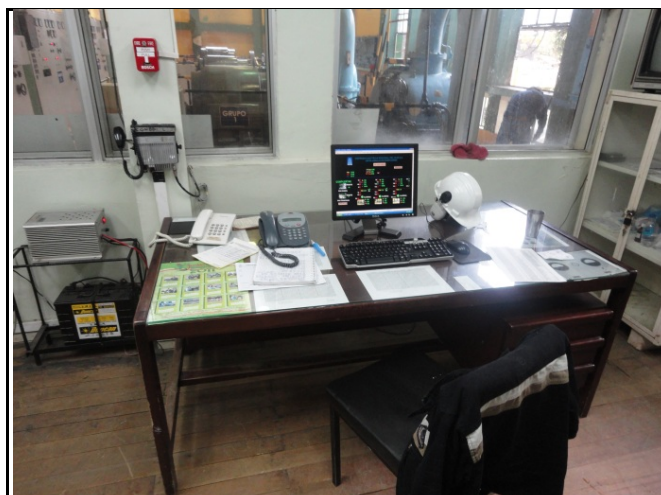
UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICA

**FACTIBILIDAD DE LA NORMA ISO  
50 001 EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA  
“CARLOS MORA CARRIÓN”**



**Director de Tesis: Ing. JORGE MUÑOZ VIZHÑAY**

Ing. Stalin Eduardo Cuenca Mendieta  
Email: [acerval@yahoo.com](mailto:acerval@yahoo.com)  
Loja, Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## RESUMEN

ISO 50001 es una nueva norma estandarizada para implementar un SGEN (Sistema de Gestión Energético), especifica requisitos para que una organización establezca, implemente, mantenga y mejore un SGEN, habilitando a dicha organización, sistemáticamente, a conseguir un mejoramiento continuo de su rendimiento energético y lograr el uso eficiente de energía, mejorando su productividad, competitividad y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La CCMC (Central Carlos Mora Carrión) es susceptible de evaluar su estado energético enmarcado en los requisitos que especifica la ISO 50001, cumpliendo los pasos correspondientes para demostrar la factibilidad de implementación de un SGEN bajo esta norma. Luego de demostrar la factibilidad se puede optar por la implementación.

La presente investigación primeramente describe las características principales de la CCMC, luego determina el marco teórico conceptual relacionado con energía, SGEN, Eficiencia Energética y revisión de la Norma ISO 50001, posteriormente indica la Política Energética Nacional referente a Energía y Eficiencia Energética como bases legales.

Por último se indica como planificar e implementar un SGEN para la CCMC basándose en dos Guías de implementación; se siguen las guías paso a paso y se aplican al caso de la CCMC hasta demostrar que se cumplen todos los requisitos establecidos por la ISO 50001 para implementar un SGEN.

**Palabras Clave.-** *Energía, Eficiencia Energética, Sistema de Gestión Energética, Norma ISO 50001, Central Carlos Mora Carrión, Producción y Consumo de Energía, Índices de Rehabilitación y Potenciación de una Pequeña Central Hidroeléctrica.*

## ABSTRACT

ISO 50001 is a new standard to implement a EnMS standardized ( Energy Management System ) , specifies requirements for an organization to establish , implement , maintain and improve one EnMS , enabling the organization systematically achieve continuous improvement of its energy efficiency and achieve energy efficiency , improving productivity , competitiveness and CO2 emissions reduction.

The CCMC (Central Carlos Carrión Mora) is susceptible to assess your energy framed by the requirements of ISO 50001 specifies , fulfilling the appropriate steps to demonstrate the feasibility of implementing a EnMS under this standard . After demonstrating the feasibility can choose to implement.

The present study first describes the main features of the CCMC, then determines the conceptual framework related to energy, EnMS , Energy Efficiency and revision of ISO 50001, then indicates the National Energy Policy regarding Energy and Energy Efficiency as a legal basis for justify this work.

Finally is indicated as plan and implement a EnMS for CCMC based on two implementation guides ; guidelines are followed step by step and applied to the case of the CCMC to demonstrate compliance with all requirements of the ISO 50001 to implement one EnMS .



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## INDICE

RESUMEN	1
INDICE	2
DERECHOS DEL AUTOR	8
OPINIONES	9
CERTIFICACIÓN	10
AGRADECIMIENTO	11
GLOSARIO	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABLAS Y GRAFICOS	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	17
<b>CAPITULO I</b>	<b>18</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “ING. CARLOS MORA CARRIÓN”</b>	
<b>1.1. Características principales</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Características de las Obras Civiles</b>	<b>21</b>
1.2.1. Captación y Túnel Zurita	22
1.2.2. Captación de Quebrada Durazno con Acueducto	22
1.2.3. Captación del río San Francisco	23
1.2.4. Conducción Principal de San Francisco	23
1.2.5. Captación Quebrada Milagros	24
1.2.6. Captación San Ramón y conducción al tanque de presión	24
1.2.7. Tanques de Presión	25
1.2.8. Tuberías de Presión	26
1.2.9. Casa de Máquinas	27
1.2.10. Edificios de Campamentos, Casa de Guardián, Auditorio y Bodega	28
1.2.11. Teleférico, con plataformas de salida y llegada, y caseta de operación	28
1.2.12. Obras Auxiliares	28
<b>CAPITULO II</b>	<b>29</b>
<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	
<b>2.1. La Gestión Energética</b>	<b>30</b>
2.1.1. La necesidad de Eficiencia Energética	31
2.1.2. Conceptos fundamentales sobre los Sistemas de Gestión Energética (SGEn)	31
2.1.3. ¿Por qué es necesario un Sistema de Gestión Energética en las Organizaciones?	33



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

2.1.4.	Proceso de certificación	34
2.1.5.	La Auditoría Energética como herramienta en la Gestión Energética	36
2.1.6.	¿Cómo se realiza una Auditoría Energética y cuál es su utilidad?	37
2.1.6.1.	Estudio Inicial	37
2.1.6.2.	Medición y recogida de datos	38
2.1.6.3.	Análisis y propuesta de mejoras	38
2.1.7.	Diseño e implementación de un SGEN	39
2.1.7.1.	Personas que deben implicarse en el diseño e implementación de un SGEN	39
2.1.7.2.	Planificación	39
2.1.7.3.	Implementación y Operación	39
2.1.7.4.	Examen y medidas correctivas	40
2.1.7.5.	Revisión por la dirección	41
2.1.7.6.	Recomendaciones	41
2.2.	<b>ISO 50001: Sistemas de Gestión de energía – Requerimientos con dirección para su uso</b>	42
2.2.1.	Alcance	43
2.2.2.	Referencias Normativas	43
2.2.3.	Términos y definiciones	43
2.2.3.1.	Límites	43
2.2.3.2.	Mejoramiento continuo	43
2.2.3.3.	Corrección	44
2.2.3.4.	Acción correctiva	44
2.2.3.5.	Energía	44
2.2.3.6.	Línea base de energía	44
2.2.3.7.	Consumo de energía	44
2.2.3.8.	Eficiencia Energética	44
2.2.3.9.	Sistema de Gestión de Energía SGEN	45
2.2.3.10.	Objetivo energético	45
2.2.3.11.	Rendimiento energético	45
2.2.3.12.	Indicadores de Eficiencia Energética IEE	45
2.2.3.13.	La Política Energética	45
2.2.3.14.	Revisión energética	45
2.2.3.15.	Servicios de energía	45
2.2.3.16.	Objetivo energético	46
2.2.3.17.	Uso de la Energía	46
2.2.3.18.	Partes interesadas	46
	Evaluación de la gestión del sistema	46
2.2.3.19.	No conformidad	46
2.2.3.20.	Organización	46



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

2.2.3.21.	Acción preventiva	46
2.2.3.22.	Procedimiento	46
2.2.3.23.	Producto	47
2.2.3.24.	Registro	47
2.2.3.25.	Alcance	47
2.2.3.26.	Uso significativo de energía	47
2.2.3.27.	Equipo	47
2.2.3.28.	La alta dirección	47
2.2.4.	Orientación sobre el uso de la cláusula 4 de los requisitos del SGE <sub>n</sub>	48
2.2.4.1.	Requisitos generales	48
2.2.4.2.	Gestión de la responsabilidad	48
2.2.4.3.	Política energética	49
2.2.4.4.	Planificación energética	49
2.2.4.5.	Implementación y operación	50
2.2.4.6.	Comprobación del funcionamiento	52
<b>CAPITULO III</b>		<b>53</b>
<b>MARCO LEGAL Y REGULATORIO</b>		
3.1.	<b>Plan Nacional del Buen Vivir</b>	54
3.2.	<b>“Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador”</b>	55
3.3.	<b>Constitución de la República del Ecuador</b>	57
3.4.	<b>Tratados Internacionales</b>	59
3.5.	<b>Normativa Nacional Vigente</b>	61
3.6.	<b>Estudio de Impacto Ambiental</b>	69
3.6.1.	Marco Legal	69
3.6.2.	Instrumentos Ambientales para el Desarrollo de Actividades Eléctricas	70
<b>CAPITULO IV</b>		<b>72</b>
<b>COMO PLANIFICAR E IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA LA CENTRAL “CARLOS MORA CARRIÓN”</b>		
4.1.	<b>Autoevaluación</b>	72
4.2.	<b>Asegurar el compromiso de la alta dirección</b>	73



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

4.2.1.	Tendencias en el uso y costos energéticos, y otros aspectos relativos	73
4.2.2.	Estimaciones de datos de ahorro desde datos de medidores de ahorro genéricos	79
4.2.3.	Comparación de los datos con el sector Industrial al que pertenece la empresa	79
4.2.4.	Casos de estudio describiendo los logros de la gestión energética	79
4.3.	<b>Construcción del caso de negocio para la CCMC</b>	82
4.3.1.	Información para construir el caso negocio	81
a.	Cantidad total de energía consumida en la central desde el 2009 al primer semestre del 2012	81
b.	Precios de combustible y de energía	81
c.	Datos de producción para propósitos de conocer las tasas de crecimiento o reducción en el futuro	82
d.	El potencial de mejora de eficiencia energética y ahorro de energía y los beneficios operacionales correspondientes	83
4.3.2.	<b>Pre-auditoría Energética de la CCMC</b>	84
4.3.2.1.	<b>Metodología utilizada</b>	84
4.3.2.2.	<b>Planificación</b>	84
	• <b>Ahorro del consumo energético y Eficiencia Energética</b>	85
	• <b>Renovación o modernización (rehabilitación) y la repotenciación de la CCMC</b>	88
	Índices de rehabilitación	91
	Índices de Repotenciación	92
4.4.	<b>Aspectos a considerar para la rehabilitación de la CCMC</b>	93
4.4.1.	El cambio de los reguladores de velocidad a electrónicos	93
4.4.2.	La automatización de las compuertas con telemando de la bocatoma de San Francisco y de San Ramón	94
4.4.3.	La automatización de las válvulas principales de entrada a las turbinas	95
4.4.4.	Cambio de turbina y generadores por otros de alto rendimiento	95
4.5.	<b>Alcance y Límites</b>	97
4.6.	<b>Elección del representante de la alta dirección</b>	98
4.7.	<b>Establecer el equipo de Gestión Energética</b>	98
4.8.	<b>Definición y declaración de la Política Energética</b>	99



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

<b>4.9. Metas y Objetivo</b>	100
<b>4.9.1</b> Objetivos	100
<b>4.9.2</b> Metas	101
<b>4.10. Establecimiento de la línea base energética</b>	101
<b>4.11. Indicadores de Desempeño Energético</b>	102
<b>4.12. Establecimiento de la Estructura para la Implementación del SGE</b>	102
<b>4.12.1.</b> Crear una conciencia Empresarial/Organizacional	103
<b>4.12.2.</b> Entender el rol de la comunicación, documentos y registros	103
<b>4.12.3.</b> Control de documentos	103
<b>4.12.4.</b> Control de registros	103
<b>4.12.5.</b> Plan del Proyecto de Implementación del SGE para la CCMC	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	106
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	108
<b>ANEXOS</b>	112
• Normas y formatos nacionales vigentes de eficiencia energética	112





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Stalin Eduardo Cuenca Mendieta, autor de la tesis **"FACTIBILIDAD DE LA NORMA ISO 50001 EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA "CARLOS MORA CARRIÓN"**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Master en Planificación y Gestión Energética. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, junio del 2013

---

Stalin Eduardo Cuenca M.

C.I.: 110296192-5





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Stalin Eduardo Cuenca M., autor de la tesis "**FACTIBILIDAD DE LA NORMA ISO 50001 EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA "CARLOS MORA CARRIÓN"**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, junio del 2013

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Stalin Eduardo Cuenca M.", is written over a horizontal line.

Stalin Eduardo Cuenca M.  
C.I.: 110296192-5



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CERTIFICACIÓN

Ingeniero MCT

Jorge Patricio Muñoz Vizhñay

**DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UNL**

Certifica:

Que el presente trabajo de investigación, previo a la obtención del grado de Magister en Planificación y Gestión Energética, titulado: **“FACTIBILIDAD DE LA NORMA ISO 50001 EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “CARLOS MORA CARRIÓN”**” presentado por el ingeniero Stalin Eduardo Cuenca M., ha sido revisado minuciosamente, el mismo que posee la suficiente profundidad en el tema, así como el cumplimiento de la reglamentación requerida por parte de la Universidad de Cuenca; por lo que, autorizo su presentación para los fines pertinentes.

---

Ing. MCT Jorge Patricio Muñoz Vizhñay

**DIRECTOR DE TESIS**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento a la Universidad de Cuenca, al Cuerpo Docente de la Maestría de Planificación y Gestión Energética de la Facultad de Química, por los conocimientos impartidos durante el periodo de estudios.

Un reconocimiento especial al Ing. Jorge Muñoz V. por haberme guiado con sus valiosos conocimientos durante el desarrollo de la tesis. Agradezco el tiempo dedicado para la realización y culminación de este trabajo.

A todos mis amigos, familiares y compañeros que de una u otra manera mostraron su apoyo en los momentos más críticos de la maestría.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## GLOSARIO

<b>SGEn</b>	Sistema de Gestión de Energía
<b>CCMC</b>	Central Carlos Mora Carrión
<b>IEE</b>	Indicadores de Eficiencia Energética
<b>NTE INEN</b>	Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)
<b>EERSSA</b>	Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A.
<b>AENOR</b>	Asociación Española de Normalización y Certificación
<b>UNE-EN</b>	Una norma Española de las Normas Europeas
<b>PNBV</b>	Plan Nacional del Buen Vivir
<b>PCH</b>	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
<b>CONELC</b>	Consejo Nacional de Electricidad
<b>CENACE</b>	Centro Nacional de Control de Energía
<b>MEER</b>	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
<b>MEM</b>	Mercado Eléctrico Mayorista
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** Ubicación de la CCMC
- Figura 1.2** Grupos generadores de la casa de máquinas de la CCMC
- Figura 1.3** Envolvente operativa de las turbinas de la CCMC
- Figura 1.4** Captación de la quebrada Durazno
- Figura 1.5** Captación principal del río San Francisco
- Figura 1.6** Captación de la quebrada Milagros
- Figura 1.7** Captación San Ramón
- Figura 1.8** Tanque de presión de San Francisco
- Figura 1.9** Tuberías de presión
- Figura 1.10** Casa de Máquinas
- Figura 1.11** Diagrama Unifilar actual y proyectado de la CCMC
- Figura 2.1** Esquema de un Sistema Integrado de Gestión que incluye un SGEN
- Figura 2.2** PDCA cycle
- Figura 2.3** Evolución de una gestión energética sistemática
- Figura 2.4** Evolución de una gestión energética no sistemática
- Figura 2.5** Fases para la certificación
- Figura 2.6** Modelo de SGEN
- Figura 2.7** Representación conceptual del desempeño energético
- Figura 2.8** Diagrama conceptual de procesos planificados de energía
- Figura 3.1** Pirámide Kelsiana de la Normariva
- Figura 4.1** Proceso Energético de la CCMC
- Figura 4.2** Le Hive, primer edificio mundial en conseguir certificación ISO 50001
- Figura 4.3** Instalaciones del software-hardware para controlar la eficiencia energética
- Figura 4.4** Pérdidas energéticas significativas en la producción de energía de la CCMC
- Figura 4.5** Variación del rendimiento de las turbinas con el caudal
- Figura 4.6** Variación del costo de una pequeña central hidroeléctrica según el salto.
- Figura 4.7** Reparto del costo de una pequeña central hidroeléctrica



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS

- Tabla 1.1** Características técnicas principales de los grupos generadores de la CCMC
- Tabla 1.2** Caudales principales de la CCMC
- Tabla 1.3** Producción de Energía Eléctrica en kWh de la CCMC
- Tabla 3.1** Precios Preferentes Centrales Hidroeléctricas hasta 50 MW en (cUSD/kWh)
- Tabla 4.1** Consumo y costos de energía de la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012 en kWh y USD, respectivamente (Energía bruta – Energía vendida al CENACE)
- Tabla 4.2** Consumos mensuales (según medidores de autoconsumo) kWh del 2009 al primer semestre del 2012
- Tabla 4.3** Pérdidas energéticas en % anual respecto a la producción bruta de la CCMC
- Tabla 4.4** Precios de los combustible
- Tabla 4.5** Precios medios a clientes finales
- Tabla 4.6.** Datos proporcionados por el Ing. Jorge Benavidez de un estudio preliminar de caudales de la CCMC
- Tabla 4.7** Producción de energía de la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012
- Tabla 4.8** Consumos anuales de energía en la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012
- Tabla 4.9** Condiciones necesarias para rehabilitación y/o repotenciación de pequeñas centrales hidroeléctricas (Acuña Hereira Yiselle 2009)
- Tabla 4.10** Rendimiento aproximado e índice de pérdidas en la producción de la CCMC
- Tabla 4.11** Pérdidas de generación del grupo generador Pelton No. 02 al 2010 debido a problemas del regulador de velocidad
- Tabla 4.12** Pérdidas de generación del 2010 y del grupo Pelton 02 debido a problemas que implican cerrar las compuertas principales de las bocatomas
- Tabla 4.13** Plan de Implementación del SGEN para la CCMC (6 meses calendario)
- 
- Gráfico 4.1** Consumo kWh en la CCMC (Energía bruta-Energía vendida al CENACE) del 2009 al primer semestre del 2012.
- Gráfico 4.2.** Consumos mensuales de energía eléctrica en kWh según medidores de *Gráfico*
- Gráfico 4.3** Consumos semestrales de energía eléctrica en kWh según medidores de autoconsumo
- Gráfico 4.4** Consumo de energía eléctrica anual de la CCMC y antenas en kWh según medidores de autoconsumo desde el 2009 al primer semestre del 2012
- Gráfico 4.5.** Consumos de la CCMC
- Gráfica 4.6** Índice de pérdidas Vs Producción
- Gráfica 4.7** Índice de consumo Vs Producción según medidores de autoconsumo
- Gráfica 4.8** Índice de consumo Vs Producción según totalizadores
- Gráfica 4.9** Correlación de Pérdidas de Producción Vs Energía Bruta Producida
- Gráfica 4.10** Correlación de Consumo según totalizadores Vs Energía Bruta Producida
- Gráfica 4.11.** Correlación de consumo según medidores Vs Energía Bruta Producida
- Gráfica 4.12.** Correlación de consumo según medidores Vs Energía Bruta Producida



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## INTRODUCCIÓN

ISO 50001 es una nueva norma estandarizada para implementar un robusto Sistema de Gestión de Energía (SGEn). ISO 50001 especifica requisitos para que una organización establezca, implemente, mantenga y mejore un SGEn, habilitando a dicha organización a tomar un enfoque sistemático para lograr un mejoramiento continuo de su rendimiento energético [01].

Las organizaciones actuales buscan lograr el uso eficiente de energía, mejorar su productividad, aumentar su competitividad, y, contribuir a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. La implantación de un SGEn, contribuye a lograr estos objetivos [20].

Ecuador ya está adoptando esta norma para mejorar el desempeño energético en algunas organizaciones, lo confirman capacitaciones que imparte el Estado a empresas como punto de partida para la implementación posterior de la norma. La CCMC de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. (EERSSA), es susceptible de evaluar su Eficiencia Energética para mejorar la rentabilidad de la misma, preservar el medio ambiente y aumentar el grado de autoabastecimiento energético, orientando políticas energéticas hacia la reducción del consumo de energía, incentivando el ahorro y la eficiencia [28].

El objetivo del presente es lograr la calificación de la CCMC para aplicar la Norma 50001 cumpliendo los pasos necesarios antes de la certificación, como se indican a continuación [27]:

- Paso A – Entrega de una propuesta establecida en función del tamaño y la naturaleza de la CCMC. Si se acepta la propuesta, se puede proceder con la auditoría formal.
- Paso B – Planificación de una ‘pre-auditoría’ o evaluación energética de la CCMC para tener una idea del nivel de preparación de la CCMC para la auditoría. Si bien ese paso es opcional, demostró ser de gran utilidad para identificar las debilidades de un sistema e incrementar la confianza antes que se lleve a cabo la auditoría formal.
- Paso C – Primera parte de la auditoría formal – Evaluación de Preparación. Esto permite evaluar hasta qué punto el sistema documental es conforme con los requerimientos de la norma, entender mejor la naturaleza de la CCMC, planificar el resto de la auditoría lo más eficientemente posible y empezar a examinar los elementos clave del sistema. Después de la evaluación se elaborará un informe en el que se identifican todos los hallazgos o incumplimientos, permitiendo la toma de acciones inmediatas, de ser necesario.

Luego de cumplir los pasos anteriores, se puede optar por la implementación y posteriormente por la certificación. Aspectos de costos y tiempos para la implementación impedirían que se la haga en el tiempo de realización de tesis.

El presente trabajo de investigación se estructuró en cuatro capítulos, repartidos de la siguiente manera: En el primer capítulo se hace una descripción de la CCMC, su ubicación, río y quebradas afluentes, las características técnicas principales, las características de las obras civiles.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

En el segundo capítulo se realiza el marco teórico conceptual en el que se define y se describen conceptos relacionados con la Gestión Energética, Eficiencia Energética, Sistemas de Gestión Energética (SGEn), certificación de un SGEn, la Auditoría Energética, Diseño e implementación de un SGEn. En la segunda parte de este capítulo se hace una revisión de la Norma ISO 50001: Sistemas de Gestión de Energía – Requerimientos con dirección para su uso, los términos y definiciones utilizados en la norma y la orientación sobre el uso de la cláusula 4 de los requisitos del SGEn.

En el tercer capítulo se indica la Política Energética Nacional referente a energía y eficiencia energética como bases Legales para justificar este trabajo: Plan Nacional del Buen Vivir, Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador, Constitución de la República del Ecuador, Tratados Internacionales, La Normativa Nacional Vigente y el Estudio de Impacto Ambiental.

En el cuarto y último capítulo se indica como planificar e implementar un SGEn para la CCMC, se comienza con la autoevaluación según totalizadores (Energía Bruta Producida menos Energía Vendida al CENACE) y según Medidores de Autoconsumo para identificar las principales prioridades de la CCMC, se indican los requerimientos mínimos para asegurar el compromiso de la alta dirección por ser crucial para asegurar el apoyo y el éxito de la gestión energética, se describen las tendencias en el uso y costos energéticos así como los aspectos relativos, se expone un caso exitoso de la gestión energética aplicando certificación ISO 50001. Se construye el caso de negocio para la CCMC para conseguir el compromiso de la alta dirección describiendo la cantidad total de energía consumida desde el 2009 hasta el primer semestre del 2012, los precios de la energía y datos de producción energética de la central para el mismo periodo y, el potencial de mejora de eficiencia energética y ahorro de energía basado primeramente solo en la Gestión y posteriormente considerando la rehabilitación o repotenciación de la Central. Se realiza un análisis considerando los aspectos básicos para la rehabilitación de la CCMC, por último se indican los alcances y límites, la elección del representante de la alta dirección, se propone el equipo de gestión energética y la declaración de la política energética, las metas y objetivos, el establecimiento de la línea base y de indicadores de desempeño energético y, se establece la estructura de la implementación del SGEn.

La culminación del presente trabajo se la hace indicando las conclusiones y recomendaciones, la bibliografía y Anexos. En esta última se plantean y evalúan algunas fichas de información para la auditoría energética de las construcciones y equipamiento de la CCMC basada en las normas INEN, regulaciones gubernamentales y algunas regulaciones internacionales.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## OBJETIVOS

### General

Establecer las condiciones necesarias para la implementación de la norma ISO 50001 a la Central Carlos Mora Carrión

### Específicos

- Reconocer y describir la Central Hidroeléctrica Carlos Mora Carrión.
- Determinar el Marco Teórico y Conceptual que fundamentarán la presente investigación.
- Determinar el Marco Legal y Regulatorio Nacional referente a Energía y Eficiencia Energética.
- Realizar una evaluación energética o pre-auditoría energética basada en la norma ISO 50001 a la CCMC.
- Evaluar el potencial de reducción de consumo de energía y optimización de recursos, la adopción de medidas de ahorro de energía.
- Determinar el plan técnico para la adopción de un SGEN basado en la norma ISO 50001, referente a medidas de ahorro, y la conformación de un Comité de Gestión de Energía que cree en la empresa una cultura de uso eficiente de energía.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “ING. CARLOS MORA CARRIÓN”

La central hidroeléctrica “Ing. Carlos Mora Carrión” (CCMC) se ubica en el sector El Tambo de la parroquia Sabanilla, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, a 32 Km. de la ciudad de Loja.

La Central hidroeléctrica utiliza las aguas de los ríos San Francisco y San Ramón mediante conducciones independientes, hasta los tanques de presión correspondientes, incluyendo las aguas de las quebradas Zurita, Durazno y Milagros, desde los tanques se conduce el agua hasta el by-pass de las tuberías, mediante tuberías de acero, desde allí, se derivan dos tuberías de acero para la conducción de agua a presión que alimentan a tres turbinas, alojadas en la casa de máquinas, ubicada en la margen derecha del río San Francisco antes de su confluencia con el río Zamora [29].

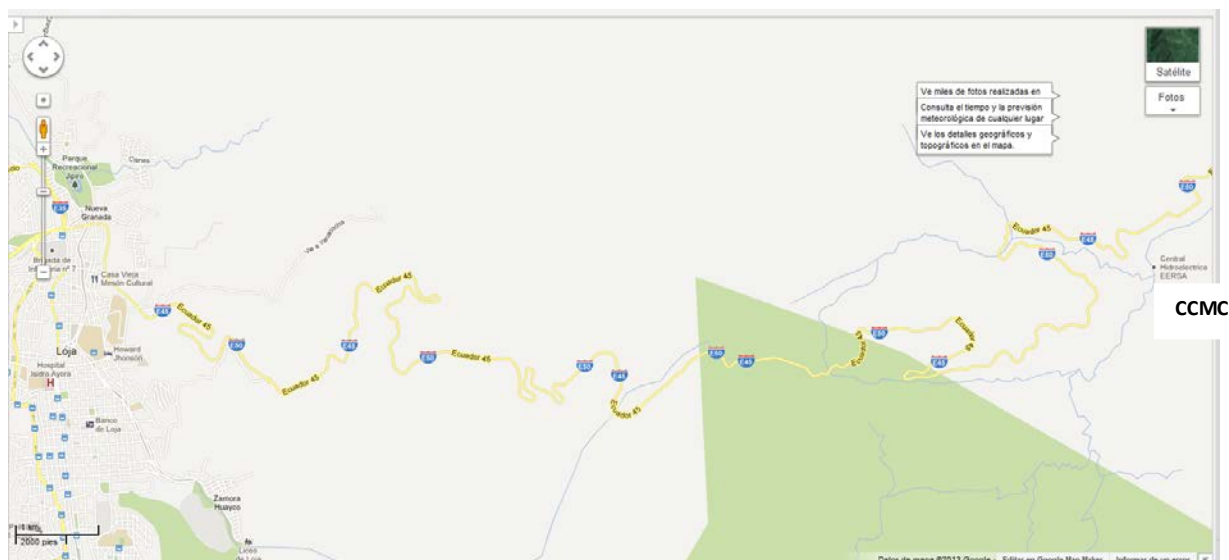


Figura 1.1 Ubicación de la CCMC. Fuente: Google Map Maker

#### 1.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las características técnicas principales de la central son:

Potencia nominal: 2400 kW

Caudal de diseño: 2,16 m<sup>3</sup>/s

Caída neta: 157 m

Energía estimada media anual: 17,5 GWh/año

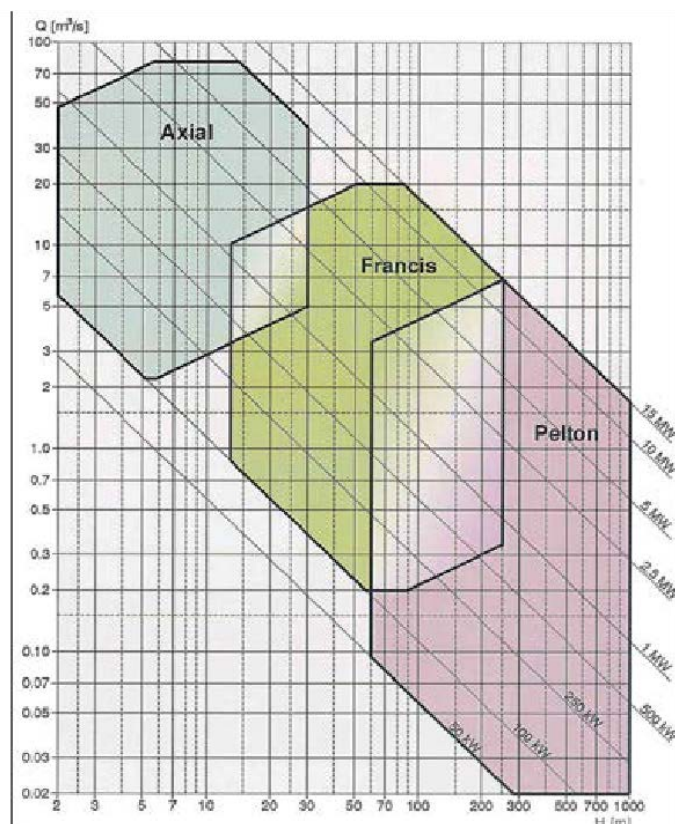
Tipo de central: Pasada o derivación

Unidades hidroeléctricas: Tres (dos pelton y una francis, ver figura 1.2)



**Figura 1.2 Grupos generadores de la casa de máquinas de la CCMC. Fuente propia**

La Central está conformada por tres unidades hidroeléctricas (dos turbinas tipo Pelton de 600 kW cada una y una tipo Francis de 1200 kW), que están operando desde hace aproximadamente 56, 51 y 45 años, respectivamente, con una producción de energía media anual de 17,5 GWh, que hoy representa el 12% de la energía disponible de la EERSSA [29]. Los criterios de selección de las turbinas se indican en la Figura 03.



**Figura 1.3 Envolvente operativa de las turbinas de la CCMC. Fuente: [30]**

Las principales características técnicas de los grupos hidroeléctricos se indican en la siguiente tabla:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 1.1 Características técnicas principales de los grupos generadores de la CCMC. Fuente: [21]**

	GRUPO No. 1	GRUPO No. 2	GRUPO No. 3
Marca	J.M. Voith	J.M. Voith	J.M. Voith
Tipo	Pelton	Pelton	Francis
Potencia Nominal	600 Kw	600 kW	1.200 kW
Horas acumuladas	299.862	260.462	218.458
Año de entrada en servicio	1956	1961	1967

Según la disponibilidad de agua los grupos funcionan las 24 horas durante todo el año, con excepción de los meses de noviembre y diciembre, en los cuales, por el estiaje funcionan a menor capacidad (aproximadamente el 70%). En las actuales condiciones, con el caudal normal, las turbinas funcionan con su potencia efectiva de 600 kW para los grupos No. 1 y 2 y de 1200 kW para el grupo No. 3, es decir con la potencia nominal [22].

El caudal ( $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$ ) necesario para generar la potencia máxima de la central (2400 kW) se presenta durante aproximadamente 9 meses al año (Tabla 1.2), lo que ha posibilitado generar para obtener un factor de planta promedio en los últimos años del 80% [29].

**Tabla 1.2 Caudales principales de la CCMC. Fuente: GEGEA-EERSSA**

Fecha	Río San Francisco (m <sup>3</sup> /s)	Transvase quebrada Zurita (m <sup>3</sup> /s)	Total (m <sup>3</sup> /s)	Canal San francisco (m <sup>3</sup> /s)	Diferencia (m <sup>3</sup> /s)	Diferencia con Caudal Ecológico (m <sup>3</sup> /s)	Diferencia con Caudales de Diseño y Ecológico (m <sup>3</sup> /s)
abr-07	4,1	0,49	4,59	2,41	2,18	1,77	2,0244118
may-07	4,47	0,62	5,09	2,5	2,59	2,18	2,5244118
jun-07	7,61	1	8,61	2,43	6,18	5,77	6,0444118
jul-07	4,29	0,62	4,91	2,13	2,78	2,37	2,3444118
ago-07	3,79	0,71	4,5	2,22	2,28	1,87	1,9344118
sep-07	2,99	0,54	3,53	2,31	1,22	0,81	0,9644118
oct-07	2,33	0,52	2,85	2,04	0,81	0,4	0,2844118
nov-07	5,28	0,75	6,03	2,04	3,99	3,58	3,4644118
dic-07	1,84	0,73	2,57	2,34	<b>0,23</b>	<b>-0,18</b>	0,0044118
ene-08	1,84	0,64	2,48	2,31	<b>0,17</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,0855882</b>
feb-08	3,14	1,1	4,24	2,42	1,82	1,41	1,6744118
mar-08	1,57	0,71	2,28	1,3	0,98	0,57	<b>-0,2855882</b>
abr-08	1,9	0,68	2,58	0,37	2,21	1,8	0,0144118
may-08	2,07	0,85	2,92	1,75	1,17	0,76	0,3544118
jun-08	2,54	0,53	3,07	2,01	1,06	0,65	0,5044118
jul-08	4,29	0,7	4,99	2,01	2,98	2,57	2,4244118
ago-08	3,01	0,7	3,71	2,01	1,7	1,29	1,1444118
	PROMEDIO		4,05588235				
	CAUDAL ECOLÓGICO		0,40558824				

**Tabla 1.3 Producción de Energía Eléctrica en kWh de la CCMC. Fuente: [13]**





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Año	2009	2010	2011	2012
Mes	Energía producida kWh			
Enero	1234197,00	1638769,41	981722,04	1729310,00
Febrero	1220163,00	1589738,00	1389160,00	1614684,00
Marzo	797616,00	1402325,00	965799,00	1671183,00
Abril	1314206,67	1724880,00	1552906,00	1724964,00
Mayo	1625983,00	1749244,00	1724947,00	1720590,00
Junio	1356096,13	1680590,00	1679171,00	1670668,00
Julio	1592621,67	1757558,00	1781556,00	
Agosto	1564507,57	503813,00	1771470,00	
Septiembre	1495791,71	801544,15	1137610,00	
Octubre	1255252,00	1115369,35	1491022,00	
Noviembre	1398319,00	846754,00	1077086,00	
Diciembre	1553585,00	793378,30	1290457,00	
<b>Total</b>	<b>16408338,76</b>	<b>15603963,20</b>	<b>16842906,04</b>	<b>10131399,00</b>

## 1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS CIVILES

La Central actualmente comprende las siguientes edificaciones, equipos y obras civiles:

- Captación y túnel Zurita, que a su vez recibe los caudales de las quebradas Juan León y Navidades.
- Captación de quebrada Durazno y acueducto.
- Captación del río San Francisco, compuesta por: dique y azud, boca de entrada, canal desrripiador y compuerta, rejilla, canal recolector, túnel, compuerta y canal de retorno al río, desarenador, canal de contorno y compuerta, canal embaulado, muros de contención y de embalse.
- Bodega y casa del guardián.
- Túnel de conducción Principal.
- Canal de conducción y compuerta principal.
- Captación de Quebrada Milagros.
- Tanque de presión San Francisco, con rejilla y compuerta.
- Tubería de presión hasta by-pass (primer anclaje).
- Captación quebrada San Ramón, compuesta por: azud y compuerta, rejilla lateral, canal y compuerta, desarenador y compuerta.
- Conducción por túnel.
- Conducción por canal.
- Tanque de presión San Ramón, con rejilla y compuerta.
- Tubería de presión hasta by-pass (primer anclaje).
- Bodega y casa del guardián.
- Tubería de presión izquierda, tres tramos.
- Tubería de presión derecha, tres tramos.
- Múltiple distribuidor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Casa de Máquinas.
- Teleférico, con plataformas de salida y llegada y casetas.
- Dos bloques de campamentos y auditorio.
- Vía de acceso de 4 m de ancho.
- Camino peatonal.
- Tarabita de abastecimiento.
- Sistema de abastecimiento de agua de vertiente.
- Camino peatonal desde casa de máquinas hasta el primer anclaje.
- Muros de protección de casa de máquinas y campamento.
- Cunetas de recolección de agua

## 1.2.1. Captación y Túnel Zurita

La captación es de tipo vertedero con rejilla y para los excesos tiene una rápida de descarga de las aguas captadas en las quebradas Zurita, Juan León y Navidades, se ubica en la margen izquierda a 50 m arriba de la captación principal. Estas aguas se trasladan hacia el río San Francisco por un túnel [29].

## 1.2.2. Captación de Quebrada Durazno con Acueducto

La captación consiste en un tanque con vertedero y rejilla, sus excedentes en crecidas se desbordan por encima del acueducto o canal de conducción, descargando las aguas captadas en forma de cascada hacia el desarenador de la toma San Francisco (Figura 1.4).

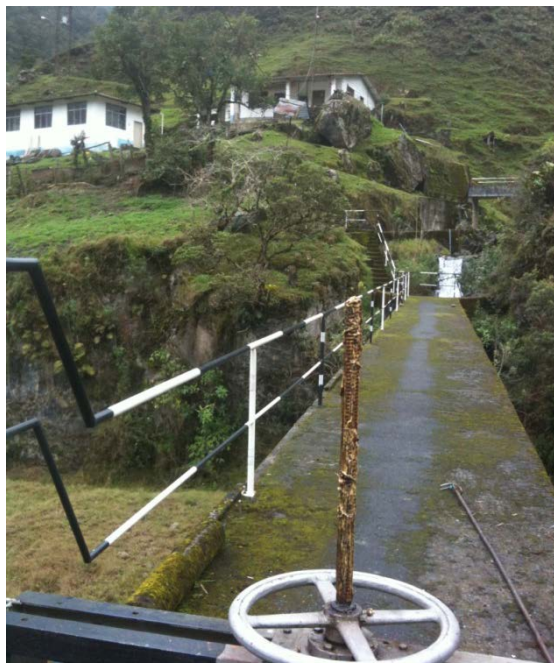


Figura 1.4 Captación de la quebrada Durazno. Fuente propia

## 1.2.3. Captación del río San Francisco

La captación o bocatoma (Figura 1.5) está ubicada en la margen derecha del río San Francisco, su construcción se realizó entre los años de 1950 a 1953, cuando se inició el montaje de la primera unidad de 600 kW [29].





*Figura 1.5 Captación principal del río San Francisco. Fuente propia*

La captación del río San Francisco está constituida por un vertedero de 25 m de ancho y 1,50 m de alto en el paramento superior, con un desnivel de 10 m sobre el cuenco de disipación. Aguas arriba y en la margen derecha, las aguas se captan a través de una rejilla vertical a un nivel inferior al de la cota de la cresta del vertedero. Las aguas captadas son conducidas a la cámara desripadora y luego a través de una rejilla vertical se conducen al tanque desarenador sobre el que se vierte directamente las aguas provenientes de la quebrada Duraznos. La estructura de la captación está controlada mediante compuertas para lavado de las cámaras y de by-pass, adicionalmente dispone de vertederos laterales de excesos [29].

Se debe indicar que como no existe facilidad para ingreso de vehículos a las obras de captación, se dispone de una tarabita de abastecimiento de cinco quintales de capacidad, de operación manual, que permite el transbordo desde la carretera hasta el camino peatonal que lleva a la captación.

#### 1.2.4. Conducción Principal de San Francisco

La conducción principal de las aguas captadas en el río San Francisco, tiene una longitud de 3355 m en el túnel número 1, con una sección media de 1,25 x 2,00 m<sup>2</sup> tipo baúl, revestida en hormigón simple y con una pendiente en la solera de 3 por mil. Para estas características la capacidad máxima de transporte del túnel a gravedad, es de 3,61 m<sup>3</sup>/s. Esta capacidad de descarga del túnel es superior al caudal de diseño de la central que es de 2,16 m<sup>3</sup>/s.

Como características hidráulicas de la conducción en túnel se pueden indicar que el calado normal para el caudal de diseño es 0,965 m con una velocidad promedio de 1,79 m/s y un calado crítico de 0,673 m.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La conducción en canal a gravedad, es de sección trapezoidal de  $1,20 \times 1,50 \text{ m}^2$  con taludes 2:1 y una longitud de 949,20 m. Las características son las siguientes: el calado normal del caudal de diseño es 0,735 m, la velocidad es de 1,875 m/s. El calado crítico es 0,63 m [29].

## 1.2.5. Captación Quebrada Milagros

Está compuesta de un azud, compuerta de descarga, rejilla de fondo ubicada en la pared del canal de conducción principal de San Francisco (Figura 1.6).

## 1.2.6. Captación San Ramón y conducción al tanque de presión

Esta captación está constituida por un azud de pequeñas dimensiones, aprovechando una garganta en el cauce del río San Ramón y cuya pendiente longitudinal es superior al 15 % (Figura 1.7). La entrada del agua se realiza mediante una rejilla vertical, dispone de compuerta de lavado, pasa al desripador, el mismo que se comunica directamente al túnel de conducción. La sección es de tipo baúl de  $1,00 \times 1,20 \text{ m}^2$  en la zona de túnel, posteriormente se comunica con canal abierto. La captación y conducción han sido diseñadas para transportar hasta  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  [29].



Figura 1.6 Captación de la quebrada Milagros. Fuente propia

Para la conducción, en este tramo, el calado normal para  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , es de 0,67m; y el calado crítico es de 0,467 m.





*Figura 1.7 Captación San Ramón. Fuente propia*

Cabe destacar que la disipación de la energía de las aguas a la salida del vertedero de excesos en épocas extraordinarias es eficaz, ya que debido a la pendiente longitudinal del río que es mayor que la crítica no exigió la construcción de un cuenco de disipación artificial. Adicionalmente, se pudo comprobar que en épocas invernales las crecientes han sobrepasado toda la estructura incluyendo compuertas y muros, sin daños de consideración.

Las obras de toma presentan deterioro de sus revestimientos, las compuertas no sellan adecuadamente por la antigüedad de los empaques y esta fracturada la viga superior de la compuerta de lavado, seguramente por la alta presión ejercida para su cierre. La conducción en canal abierto tiene una pendiente 3 por mil, con una sección transversal en cuadro de 1m por lado, y con taludes 2:1 [29].

## 1.2.7. Tanques de Presión



*Figura 1.8 Tanque de presión de San Francisco. Fuente propia*

La cámara de carga se construyó originalmente para dos entradas, pero por la identificación de un deslizamiento potencial que tiene la zona, se trasladó toda la estructura 80 m aguas



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

arriba, pero modificada para dos cámaras, donde su estabilidad está asegurada. El ingreso de agua a las cámaras de San Francisco y San Ramón son controladas mediante compuertas verticales, operadas manualmente y protegidas con rejillas.

El control de nivel se efectúa mediante tres boyas con contactos calibrados para tres niveles preestablecidos, que comunican la información a la central para tomar la acción que se crea pertinente. Se debe destacar que la información actual de caudales se basa solamente en la de los niveles.

El ingreso de las aguas provenientes del río San Ramón a la cámara de carga, tiene las mismas características de la anterior, aunque se informó que el control de niveles no funciona porque se han retirado las boyas de medida.

Se ha observado que el revestimiento de las paredes tiene fisuras y el revestimiento de la solera está también deteriorado, inclusive está expuesto el agregado grueso.

## 1.2.8. Tuberías de Presión

La tuberías de presión están formada por sectores soldados de 9 m, tienen una longitud de 329 m, el diámetro medio es de 700 mm, sirven para llevar el agua a las dos turbinas de 600 kW y una de 1200 kW; el desnivel es de 157 m y está apoyada en estructuras de hormigón armado, mediante anclajes en los cambios de pendiente de la ladera, formando tres tramos bien definidos. Se informó que la EERSSA tiene asignados recursos para realizar estudios y obras de protección para evitar deslizamientos que perjudiquen la estabilidad de las tuberías [29].



*Figura 1.9 Tuberías de presión. Fuente propia*

Se informó que la ladera sobre la que están apoyadas las tuberías de presión está constituida por una roca metamórfica, alterada, con la presencia de esquistos con pizarras y esquistos gráficas en menor escala, sobre todo, en el primer tramo superior, y que se ha





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

verificado la presencia de un deslizamiento potencial en la ladera izquierda, el mismo que continúa moviéndose constantemente.

## 1.2.9. Casa de Máquinas

La casa de máquinas (Figura 1.10) está ubicada en la cota 1782 msnm en el vértice de la unión del Río San Francisco y quebrada San Ramón, asentada sobre un macizo de rocas metamórficas competentes y está al borde del río, por lo que la descarga de las aguas turbinadas es directa al río. La casa de máquinas es una edificación de estructura de hormigón armado, con paredes de mampostería de ladrillo y pisos de hormigón simple recubierto de baldosa. Sus dimensiones interiores son de 8 x 22 m<sup>2</sup> en la nave principal, y un área anexa de alrededor de 100 m<sup>2</sup> [29].

En esta casa están alojados los tres grupos generadores antes descritos, puente grúa, interruptores, seccionadores, tableros de protección, operación y control, baterías, bombas y equipos auxiliares, transformadores de elevación y de servicios auxiliares. Se tiene previsto hasta el 2013 la extensión del patio de maniobras de la CCMC conforme se indica en el diagrama unificar (Figura 1.11). Existe una oficina, bodega, y un área pequeña de servicios varios.

Los grupos con turbinas Pelton fueron fabricados en el año de 1953 e instalados en 1956 y 1961, el grupo con turbina Francis fue construido en 1967 e instalado el mismo año. De la inspección realizada, se puede expresar que las instalaciones están en buen estado de funcionamiento técnico [21]



*Figura 1.10 Casa de Máquinas. Fuente propia*

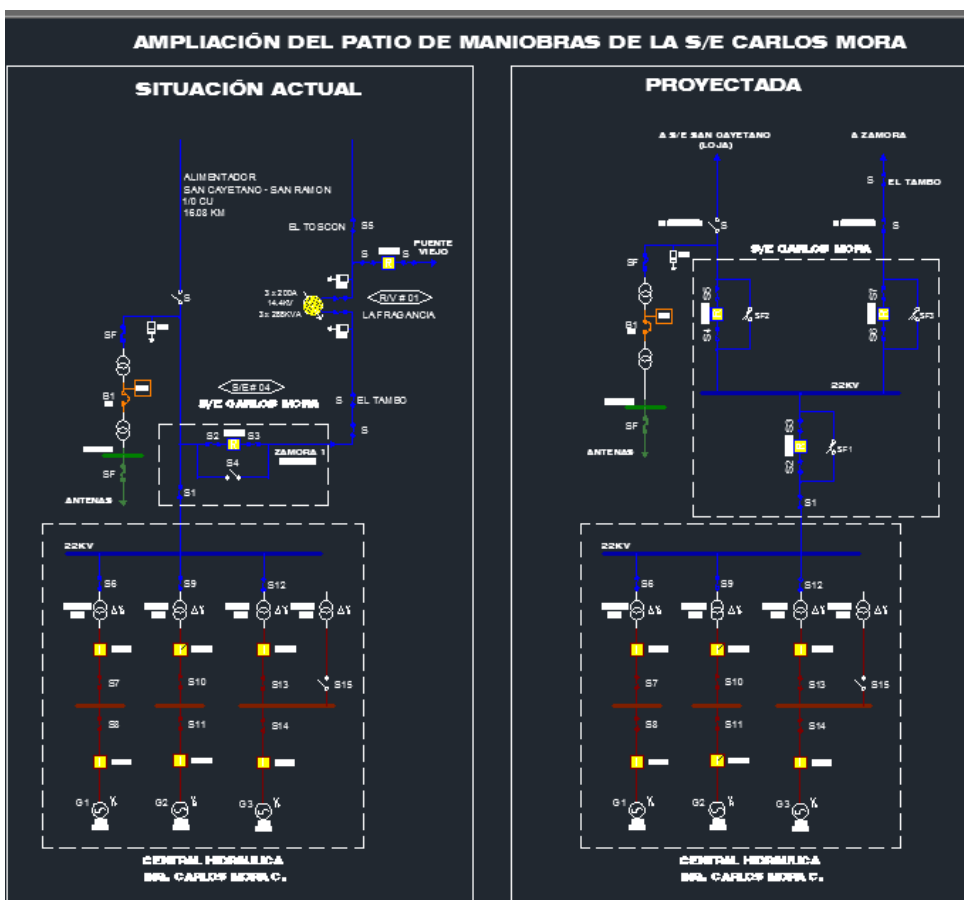


Figura 1.11 Diagrama unifilar actual y el proyectado de la CCIMC. Fuente: Superintendencia de Generación de la EERSSA

### 1.2.10. Edificios de Campamentos, Casa de Guardián, Auditorio y Bodega

Existen edificaciones que se ejecutaron durante el proceso constructivo y actualmente funcionan como edificios de operación y bodega, son de estructura de hormigón, mampostería de ladrillo, cubierta de asbesto cemento. Entre estas hay también un campamento o casa de habitación con los servicios básicos para cada trabajador. Cerca de la casa de máquinas está la casa del guardián y en el sector de acceso desde la carretera, están ubicadas edificaciones para un auditorio y para una brigada del Ejército Nacional.

### 1.2.11. Teleférico, con plataformas de salida y llegada, y caseta de operación

Durante la construcción de estas obras y para servicio de los trabajos en la ladera y la parte de tanque de presión y obras conexas, se había instalado un teleférico con plataformas operativas y caseta de control del malacate, con una capacidad de 12 quintales (545 Kg), operado con energía eléctrica desde el sitio de ubicación del malacate. Adicionalmente, según se indicó en la descripción de la captación del río San Francisco, se dispone de una tarabita de abastecimiento de cinco quintales (227 Kg) de capacidad.

### 1.2.12. Obras auxiliares



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Para el acceso a las instalaciones de la central a lo largo del camino carroable, existen dos puentes. Entre la edificación que tiene un salón tipo auditorio y la casa de máquinas está ubicado el parqueadero el mismo que es adoquinado.

Como confinamiento de esta estructura y cerramiento existe un muro de contención que protege las instalaciones del río San Francisco colindante. Para casos especiales está construido un graderío entre las tuberías de presión que conecta la casa de máquinas con el tanque de presión.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Los requerimientos que el propio mercado va imponiendo hacen que la gestión ambiental en general, y la energética en particular, sean piezas clave para el desarrollo estratégico de las empresas. A ello se une que, desde hace unos años, todos los debates y análisis relacionados con el uso de las energías primarias están condicionados por un conjunto de hechos que convergen hacia una misma conclusión: es indispensable racionalizar el uso de la energía a escala mundial para poder asegurar el futuro sostenible.

Hoy más que nunca, la correcta gestión de la energía es un tema crucial para cualquier organización, teniendo en cuenta las exigencias de sostenibilidad de la actual coyuntura económica, especialmente para las empresas industriales. Los actuales esfuerzos del Estado por fomentar la eficiencia energética y el uso de energías limpias, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como para desarrollar modelos sostenibles de desarrollo económico, incluyen entre sus medidas potenciar la implementación de SGE<sub>n</sub> [02].

ISO 50 001 es una nueva norma estandarizada para implementar un robusto SGE<sub>n</sub>. ISO 50001 especifica requisitos para que una organización establezca, implemente, mantenga y mejore un SGE<sub>n</sub>, habilitando a dicha organización a tomar un enfoque sistemático para lograr un mejoramiento continuo de su rendimiento energético [05].

“El uso de las normas ISO 50 001 de gestión de energía ofrece beneficios financieros, así como beneficios ambientales, a aquellos que apliquen la norma, ya que la Eficiencia Energética es casi seguro que equivalga a una reducción de costes de energía” [03].

#### 2.1. LA GESTIÓN ENERGÉTICA

La gestión energética se puede definir como la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas y, lograr ventajas competitivas, pero también para cumplir sus obligaciones medioambientales y compromisos de Responsabilidad Social [02].

Los sucesivos Planes de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética en los países desarrollados conlleva realizar grandes esfuerzos para mejorar los procesos y ser más eficientes desde el punto de vista energético, y también plantearse o incrementar el uso de las energías renovables para no depender de energía exterior ni de los combustibles fósiles [34]. .3



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Los planes de acción afectan principalmente a 7 sectores: Industria, Transporte, Edificación, Servicios Públicos, Equipamiento residencial y ofimático, Agricultura y Transformación de la energía [02].

Los Planes de Acción en el Sector Industrial y en otros sectores, proponen unas interesantes medidas:

- a. Acuerdos Voluntarios (Compromiso de las Asociaciones Empresariales para alcanzar el ahorro de energía detectado. Fomentar la adopción de medidas de ahorro por la industria).
- b. Auditorías Energéticas (Detectar el potencial y facilitar la toma de decisión de inversión en ahorro de energía / Determinar el benchmarking de procesos).
- c. Programa de Ayudas Públicas (Facilitar la viabilidad económica de las inversiones en ahorro energético para alcanzar el potencial detectado).

También, y como actuación legislativa, se deberá proponer la inclusión de una evaluación específica de impactos energéticos en todos los proyectos industriales. Pero para consolidar la eficiencia energética se necesita dar un paso más: Implementar sistemas que garanticen una gestión continuada de los aspectos energéticos de la organización.

La gestión energética por tanto, se ha convertido en una parte cada vez más importante de la gestión empresarial, que comprende las actividades necesarias para satisfacer eficientemente la demanda energética, con el menor gasto y la mínima contaminación ambiental posible [28].

## 2.1.1. La necesidad de Eficiencia Energética

La eficiencia energética produce concretos beneficios [35]:

- a. Facilita las posibilidades de disminución o compensación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y por tanto, disminución del impacto sobre el cambio climático. Facilita el cumplimiento de requisitos de carácter medioambiental.
- b. Reducción de la dependencia energética exterior y responsabilidad Social Corporativa [02].
- c. Uso racional, eficiente y sostenido del consumo de energía.
- d. Aumento de la competitividad y uso comercial de la certificación del SGE.
- e. Imagen de la empresa comprometida con el desarrollo sostenible y el ahorro energético.
- f. Facilita la toma de decisiones gerenciales para la inversión en ahorro y eficiencia energética.

## 2.1.2. Conceptos fundamentales sobre los Sistemas de Gestión Energética

Un SGE es una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización, que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos [05].

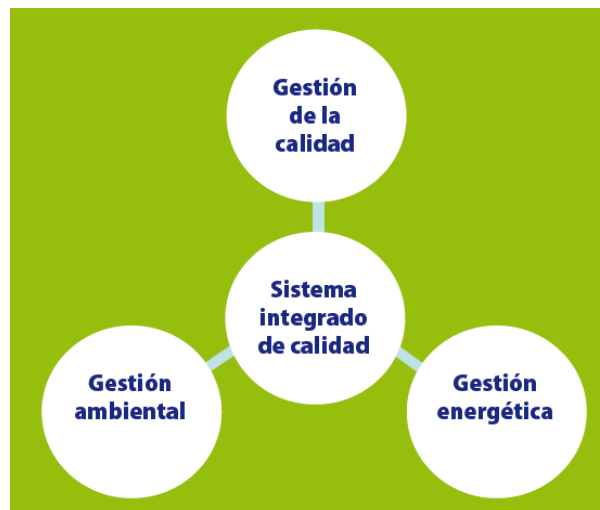


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Un SGEN está directamente vinculado al sistema de gestión de la calidad y al sistema de gestión ambiental de una organización, se contempla la política de la entidad sobre el uso de la energía, y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso, normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, ya que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas del desempeño energético [02].

La implantación de un SGEN es voluntaria y su nivel de éxito depende fundamentalmente del nivel de implicación de la propia organización, y en especial de la dirección, para gestionar el consumo y costos energéticos [11].



*Figura 2.1 Esquema de un Sistema Integrado de Gestión que incluye un Sistema de Gestión Energética. Fuente: [02]*

Un correcto SGEN se compone de [02]:

- Una estructura organizacional
- Procedimientos
- Procesos
- Recursos necesarios para su implementación

Un SGEN por sí mismo, siempre es beneficioso para la organización que lo define e implementa porque [33]:

- Permite la elaboración de la política energética
- Establece objetivos de mejora de la eficiencia y optimización energética e identifica y da prioridad a las medidas que deben tomarse
- Revisa los usos significativos de energía e identifica las áreas para los ahorros de energía.
- Implica a todo el personal con la gestión energética.
- Identifica y garantiza el cumplimiento de todos los requisitos legales relativos a sus aspectos energéticos, el orden y condiciones así como otros esquemas que la organización suscriba.
- Establece una estructura y un plan para la implementación de la política energética y el logro de objetivos.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- g. Establece procedimientos eficaces de planificación, control, seguimiento, auditoría y evaluación de los procesos energéticos para asegurarse que la gestión energética funcione como se diseñó.
- h. Se adapta al cambio de condiciones en términos de intercambio de precios de la energía, a las necesidades de nuevas regulaciones y a cambios en la organización y áreas de la empresa.

Un SGE<sub>n</sub> se basa en el siguiente ciclo básico:

- a. Establecimiento de la política energética de la entidad [05]: Debe evidenciar el compromiso de la dirección (no solo emitir y firmar), el alcance del sistema apropiado al tamaño de la organización, establecer el compromiso de la mejora continua, disponer los recursos y el marco para establecer los objetivos y la revisión por la dirección.
- b. Mejora continua mediante el ciclo planear-hacer-verificar-actuar (PDCA cycle) [31]:
  - Planificación: ¿qué vamos a hacer y en qué plazo?
  - Implementación de medidas: hagámoslo
  - Verificación: examen para comprobar si funcionan las medidas.
  - Revisión por la dirección: resultados que deciden qué incluir la nueva planificación.

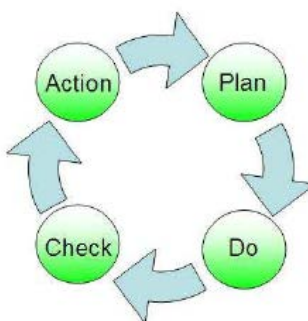


Figura 2.2 PDCA cycle: Fuente [33]

## 2.1.3. ¿Por qué es necesario un SGE<sub>n</sub> en las Organizaciones?

Los beneficios para la organización son [02]:

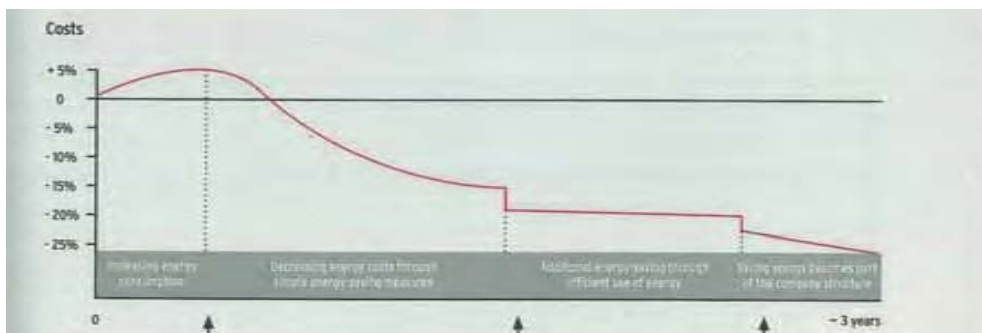
- a. Conocer el potencial de ahorro y mejora de la organización.
- b. Toma de decisiones para mejorar la competitividad.
- c. Un medio para gestionar la energía de forma activa, y para disponer de documentación ordenada y registros fiables en relación a los ahorros.

Los beneficios económicos (ahorro energético) [11]:

- a. Principalmente, hay estudios que evidencian que una gestión energética sistematizada permite ahorros mucho mayores que una gestión energética no sistematizada.
- b. La gestión energética sistemática (SGE<sub>n</sub>), aunque supone un coste inicial, rápidamente genera una disminución de costes en cadena, y los resultados son

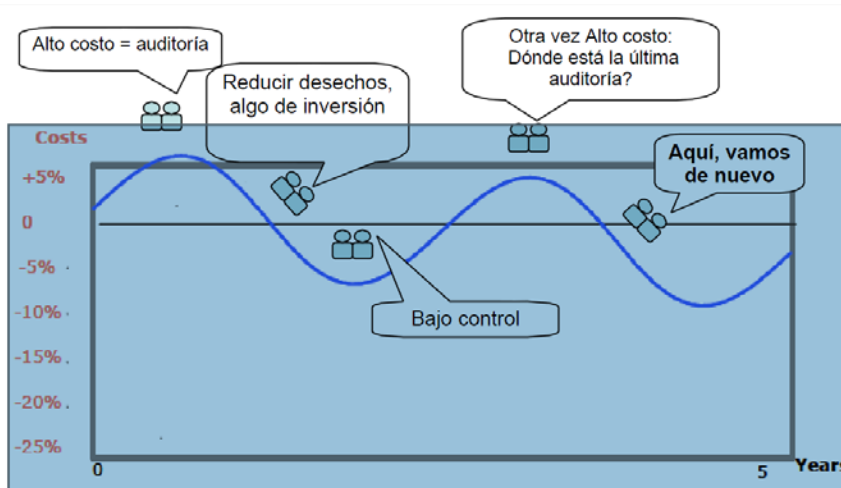
espectaculares en pocos años, consiguiéndose ahorros cercanos al 23% del coste inicial (Figura 2.3).

c. Con un sistema de gestión no sistematizado el ahorro no va más allá del 10% (Fig 2.4)



Decisión de la compañía en la Implementación de un SGE	Invertir, es decir comprar equipos eficientes de energía	Inversiones adicionales en mejoramiento tecnológico
<i>Incremento del Consumo Energético</i>	<i>Disminución de los costos energéticos por la aplicación de acciones simples de ahorro</i>	<i>Ahorros posteriores de energía por la promoción de prácticas eficientes</i>
		<i>Ahorros energéticos se convierten en cultura de la empresa</i>

**Figura 2.3 Gráfico de evolución de una gestión energética sistemática. Fuente: [32]**



**Figura 2.4 Resultados de la Gestión Energética no sistematizada. Fuente: [11]**

Otros beneficios: Responsabilidad Social Corporativa e imagen institucional [02].

- Otorgan a la entidad un prestigio evidente.
- Transmite a terceros la preocupación medioambiental de la organización y su vinculación a unos objetivos concretos respecto al uso racional de la energía, aporta transparencia respecto a su política de eficiencia energética, más allá de las comunicaciones habituales.

#### 2.1.4. Proceso de certificación

Para obtener un certificado, las empresas deben, primeramente, diseñar e implantar el SGE tal como se establece en la norma ISO 50001. La aplicación de la norma implica lo siguiente [35]:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- a. Cubrir los requisitos generales. La organización debe establecer, implementar y mantener un SGEN de acuerdo a la norma. Definir y documentar los límites del alcance de su SGEN. Determinar y documentar cómo va a cumplir los requisitos de esta norma para lograr la mejora continua de su eficiencia energética.
- b. Elaborar una política energética. Ésta debe establecer el compromiso de mejora continua del desempeño energético y de la eficiencia energética.
- c. Planificar, identificar y evaluar los aspectos energéticos y cumplir los requisitos legales y otros requisitos. Para ello identificará los aspectos energéticos significativos de su actividad y las oportunidades de mejora.
- d. Objetivos, metas y programas energéticos. Los objetivos deben ser coherentes con la política energética. Las organizaciones tiene que tener en cuenta los aspectos energéticos significativos y los requisitos legales aplicables. Se deben mantener programas para lograr los objetivos y metas. Además, deben considerar su capacidad tecnológica o condiciones financieras y de negocio.
- e. Implantación y operación. Se debe realizar con los recurso humano competente, capacitado y concientizado y con recursos tecnológicos y financieros necesarios para el funcionamiento del sistema de gestión. Se debe documentar y controlar las operaciones de áreas clave, operación y mantenimiento, contratos de servicios y capacitación, entre otras. También se debe asegurar la comunicación efectiva, el diseño eficiente y la compra de la energía, servicios y bienes [05].
- f. Seguimiento. Las organizaciones deben medir de forma regular las operaciones que puedan tener un impacto significativo en el uso de la energía. Si se detectan no conformidades, se deberán adoptar las medidas necesarias para mitigar los impactos. Además, deben realizar auditorías internas [02].

Después del proceso de implantación, se puede solicitar la certificación. El SGEN de la organización es auditado por una “tercera parte independiente” utilizando como referencia la Norma UNIT-ISO 50001, otorgándole un Certificado si satisface los requisitos de dicha Norma [36].

Los auditores analizan la información aportada por la empresa o institución. La auditoría de certificación, realizada en las instalaciones de la empresa o institución, da lugar a un informe en el que se detectan las posibles no conformidades (incumplimientos de la norma). En caso de existir, deben ser subsanadas con las acciones correctivas oportunas. Una vez acometidas, se procede a la certificación. La vigencia de estos certificados es de tres años, si bien anualmente se realizan auditorías de seguimiento [02].

Certificar el SGEN ayudará a la organización adoptar la ISO 50001 y el proceso de certificación es similar al de la ISO 14001 [27]. Las fases para la certificación se indican en la figura 2.5 y el modelo de un SGEN en la figura 2.6:





Figura 2.5 Fases para la certificación. Fuente: AENOR 2011.

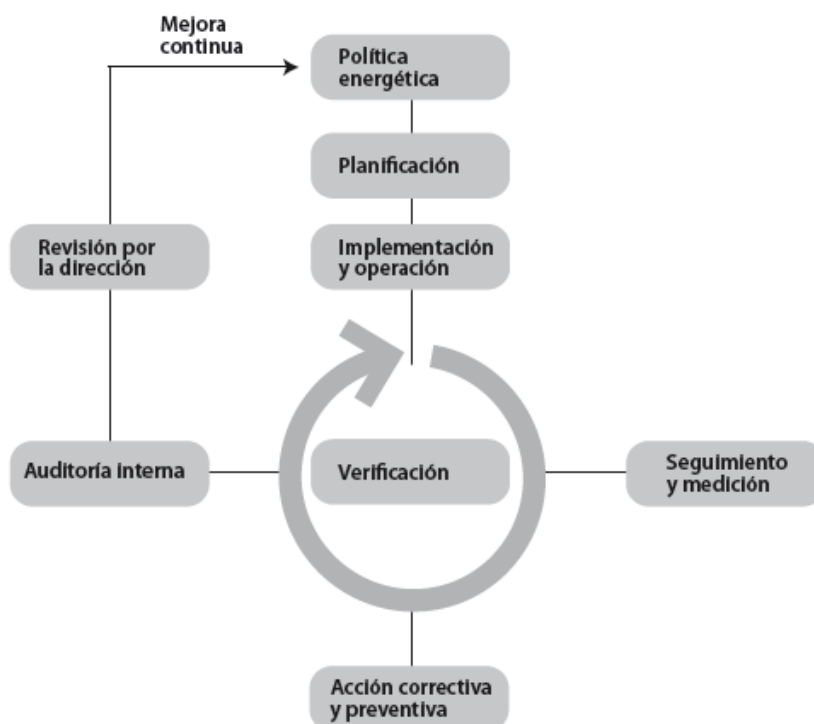


Figura 2.6 Modelo de Sistema de Gestión Energética. Fuente: [04]

### 2.1.5. La Auditoría Energética como herramienta en la Gestión Energética

Una auditoría energética es un proceso sistemático que compara un escenario energético actual con un escenario óptimo, con el objetivo de identificar los elementos diferenciales y realizar propuestas de mejora que reduzcan el consumo de forma viable [37].

Una auditoría energética consiste en una evaluación objetiva de una empresa, institución o proceso con objeto de:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado [02].
- Conocer la situación de partida y elaborar una hoja de ruta de mejoras de propuestas para la reducción de consumos (Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía) [37].
- Realizar el estado del arte de aplicaciones eficientes [37].



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- d. Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en coste energético y de mantenimiento, así como otros beneficios y costes asociados [02].
- e. Iniciar a la organización en los procesos de mejora continua energética [37].

Una auditoría persigue proponer para mejorar en eficiencia energética, si no se han realizado actuaciones previas es posible ahorrar a partir de un 25%. Implica: a) Realizar una recopilación de datos generales del cliente (descripción de la actividad y negocio y del servicio/producción), b) Recopilación de la información (inventario de equipos, fichas técnicas y descripción de puntos de consumo, procesos y factores de consumo, medidas de consumo en un análisis de campo, régimen de producción por equipo, y curva de carga anual cuarto-horaria de dos años). c) Balance energético (Relación entre el proceso de producción y los puntos, sistemas y operaciones de consumo). d) Indicadores energéticos (CEE: Coeficiente Específico energético o Índice energía/unidad producida, Coste unidad energía, Proporción fija y variable, Curva base, producción y desviaciones) [37].

En una auditoría energética las actividades de recolección de información, análisis, clasificación, propuesta de alternativas, cuantificación de ahorros y toma de decisiones se realiza por parte de una entidad especializada en diagnóstico energético de instalaciones, con ayuda de equipos de medición.

Tras este análisis especializado, se redacta a modo de Plan de Ahorro Energético, un listado de medidas para corregir el exceso de consumo. Cada una de las medidas se clasifica según el ahorro energético, el potencial ahorro económico, la inversión necesaria para implementarla y su período de retorno económico. Esto incluye en muchos casos la posibilidad de diseñar instalaciones de energía renovable, en el lugar más adecuado y con la tecnología que más se adapta a las necesidades de cada instalación [02].

Normalmente en el análisis a realizar se debe tener en cuenta [38]:

- a. Los hábitos de consumo
- b. Equipos de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, de potencia, eléctricos (ofimática) y de iluminación
- c. Aislamiento térmico de la instalación

La norma especifica los criterios de calidad que debe cumplir una auditoría energética en cuanto al ámbito y alcance, tecnología y metodología de análisis, la contabilidad energética de los procesos de la organización auditada y la forma de presentar las propuestas de mejora y, así, hacer comparables y unificar las auditorías energéticas, con la posibilidad de que un tercero independiente verifique que la auditoría se ha realizado conforme a la norma.

Con ello se garantiza la calidad de la auditoría y la fiabilidad de sus conclusiones. Además, la norma sirve como revisión inicial y apoyo en cualquier momento de la vida de un Sistema de Gestión Energética [02].

## 2.1.6. ¿Cómo se realiza una Auditoría Energética y cuál es su utilidad?



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Las fases básicas de una auditoría energética son:

## 2.1.6.1 Estudio Inicial

Consiste en una visita a las instalaciones de la organización, con el objetivo de recoger datos básicos sobre los equipos que consumen energía, las prácticas y horarios de trabajo, los consumos, y el estado general de las instalaciones. El análisis de los suministros energéticos y del proceso de producción permite localizar los principales focos de consumo con margen de mejora. Para agilizar el flujo de la información, se suele designar una persona responsable que se encarga de suministrar dichos datos, acompañar a los técnicos en la visita y realizar el seguimiento [02].

## 2.1.6.2. Medición y recolección de datos

Se comienza con la recopilación de datos generales del cliente (descripción de la actividad y negocio y del servicio/producción. Se continúa con la recopilación de la información (inventario de equipos, fichas técnicas y descripción de puntos de consumo, procesos y factores de consumo, medidas de consumo/análisis de campo, régimen de producción por equipo y curva de carga anual de al menos dos años) [37]. Se realizan mediciones a los equipos e instalaciones existentes, con especial dedicación a aquellos en los que se han localizado mayores oportunidades de ahorro energético.

## 2.1.6.3. Análisis y propuesta de mejoras

En esta fase se procede a realizar el análisis de las instalaciones, mostrando aquellas tecnologías nuevas presentes en cada tipo de instalación y los beneficios que reporta la introducción de dichas mejoras desde el punto de vista económico y ambiental [38].

El análisis de datos recogidos permite identificar las medidas de ahorro de energía y definir propuestas concretas para implantar dichas medidas. Estas propuestas pueden ser de diferentes tipos: las que no conllevan gasto alguno (cambio de hábitos de consumo, regulación y programación, mantenimiento, etc.) y aquellas que sí necesitan una inversión (sustitución de equipos, etc.). Para cada propuesta se calcula su rentabilidad (plazo de amortización de la inversión) y también, se indican otro tipo de mejoras no económicas [02].

El análisis del escenario actual implica: a) Balance energético, b) Indicadores Energéticos y, c) Diagrama energético. El resultado del análisis del escenario actual es el mapa de la situación de partida tanto de contexto del negocio, de proceso, técnico y económico que permitirá evolucionar hacia una mejor situación de eficiencia [37].

Mediante una auditoría energética se determina el grado de eficiencia de una instalación: se analizan los equipos, la envolvente térmica y los hábitos de consumo. En resumen, la auditoría energética es un instrumento que facilita la toma de decisiones de inversión en ahorro y eficiencia energética.

## 2.1.7. Diseño e implementación de un SGE



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El diseño e implementación de un SGE en el mejor de los casos deberá hacerlo un servicio de consultoría externa y que sea conforme a una Norma Internacional, y además tener en cuenta la cercanía geográfica, la experiencia de la entidad, los servicios accesorios relacionados, los plazos de implantación, y el coste.

## 2.1.7.1. Personas que deben implicarse en el diseño e implementación de un SGE

Son las personas responsables de la implementación eficaz de las actividades del SGE y de la realización de las mejoras en el desempeño energético [28]; se consideran las siguientes: a) Representante de la alta dirección, b) El Administrador de energía o ingeniero de energía (note que: en las empresas pequeñas, el representante de la Dirección puede ser el Administrador de Energía o el Ingeniero Ambiental, el Ingeniero de Salud y de Seguridad, o los tres). El encargado del SGE (puede ser un consultor externo), c) Departamento Jurídico, d) Gerencia y Administrador Financiero, e) El Administrador de Producción y/o el Administrador de Operación (s), f) Los Administradores de Calidad, Salud Ocupacional y Seguridad, g) Personal de comunicación y Marketing, h) Recursos Humanos y Formación, i) Administración y Compras, j) Ingeniería y Departamento Técnico, k) Un representante de cada una de las áreas claves con usos significativos de energía, así, todas las partes de la empresa son representadas. El tamaño del equipo variará con la escala y complejidad de la organización y su uso de energía y l) Las personas que han mostrado interés y cuya ayuda beneficiará a una implementación tranquila [11].

## 2.1.7.2. Planificación

Parte de la evaluación de los aspectos energéticos significativos (los que pueden tener un impacto significativo en el desempeño energético) controlables por la organización y comprende: a) Uso pasado y presente de la energía, b) Identificación de actividades, equipos y sistemas con impacto significativo, c) Identificación de personas/funciones de la organización cuyo trabajo puede influir en el desempeño energético, d) Identificación de las oportunidades de mejora, e) Fuentes de energía utilizadas y potencial de uso de energías renovables o excedentes, f) Seguridad y calidad del aprovisionamiento energético, g) Identificación de requisitos legales, h) Establecimiento de objetivos, metas y programas energéticos (concretos y medibles, con asignación de responsabilidades y con plazos definidos) [02].

## 2.1.7.3. Implementación y Operación

La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y operación [28].

- a. Roles, responsabilidades y autoridad, y asignación de los recursos necesarios. El éxito en la implementación de un sistema de gestión energética requerirá el compromiso y esfuerzo del personal de la Empresa, a todos los niveles [11].
- b. Competencia, formación y concienciación del personal en la política energética y el impacto de sus actividades. La organización debe asegurarse de que su personal y todas las personas que trabajan en su nombre sean conscientes de: 1) La importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y los requisitos del



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- SGEn, 2) Sus funciones, responsabilidades y autoridades para cumplir con los requisitos del SGEN, 3) Los beneficios de la mejora del desempeño energético y, 4) El impacto real y potencial, con respecto al uso y consumo de la energía, de sus actividades y cómo sus actividades y su comportamiento contribuyen a alcanzar los objetivos y metas energéticas [28].
- c. Establecimiento de procedimientos de comunicación interna que permitan la participación de todos [02].
  - d. Documentación y registro del sistema. Con el requerimiento de mantener documentados todos los procesos, procedimientos, instructivos y registros, se busca asegurar el correcto funcionamiento del SGEN, que asegure la mejora del desempeño energético continuamente. La intención es mantener toda la información relativa al SGEN organizada y disponible al alcance de toda la organización. La documentación debe ser sencilla, práctica y operativa de manera de evitar la burocratización del sistema [39].
  - e. Control operacional y de mantenimiento asociado a los aspectos energéticos significativos y que son coherentes con su política energética, mediante: 1) Establecimiento y fijación de criterios para la eficaz operación y mantenimiento de los usos significativos de energía, cuando su ausencia pueda llevar a desviaciones significativas de un eficaz desempeño energético, 2) Operación y mantenimiento de instalaciones, procesos, sistemas y equipos, de acuerdo con los criterios operacionales, y 3) Comunicación apropiada de los controles operacionales al personal que trabaja para o en nombre de la organización [28].
  - f. Evaluación de los aspectos energéticos en la adquisición de equipos, materias primas, productos, servicios y en el diseño de nuevos proyectos, actividades, instalaciones y edificaciones desde sus etapas más tempranas [02].

## 2.1.7.4. Examen y medidas correctivas

Comprende los siguientes puntos [02]:

- a. Seguimiento y medición de las características de las operaciones con un impacto significativo en el uso de la energía.
- b. Evaluación del cumplimiento legal.
- c. Procedimientos para tratamiento de no conformidades reales o potenciales, con la toma de acciones correctivas y preventivas.
- d. Control de los registros necesarios para demostrar la conformidad.
- e. Realización de auditorías internas del SGEN.

## 2.1.7.5. Revisión por la dirección

La alta dirección debe revisar a intervalos planificados, el SGEN de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas, los cambios necesarios y oportunidades de mejora [28].

## 2.1.7.6. Recomendaciones



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Un SGEN bajo una norma debe contemplar todos los procesos de la organización. La empresa debe tener un responsable ambiental-energético, que con independencia de otras funciones, lidere el proyecto internamente; dicha persona debe tener cierta autoridad dentro de la organización.

Los pasos para implementar exitosamente un SGEN pueden ser [02]:

- a. Reconocer que la Gestión Energética está entre las prioridades más altas de la organización y reflejarla en su política energética.
- b. Realizar un Análisis Inicial o Diagnóstico de la situación de partida de la organización respecto a sus aspectos energéticos, esto es bastante recomendable para planificar mejor la implantación del sistema.
- c. Identificar los aspectos energéticos de la organización, productos y servicios y determinar cuáles son realmente significativos.
- d. Identificar y hacer cumplir los requisitos legales y otros requisitos suscritos, relacionados con los aspectos energéticos.
- e. Establecer unos objetivos y metas cuantificables exigentes pero alcanzables.
- f. Establecer y mantener comunicaciones y relaciones constructivas y abiertas con las partes interesadas, internas y externas, especialmente fomentar la participación de los trabajadores.
- g. Asegurar el compromiso de la dirección y de todo el personal, sea propio o no, que compone la organización, procurando su formación y sensibilización, así como asignando responsabilidades adecuadas.
- h. Suministrar los medios necesarios para cumplir con la legislación y todos los compromisos energéticos adquiridos, así como los objetivos de forma constante a través de la mejora continua.
- i. Redactar, aprobar y distribuir un sistema documental que apoye el SGEN.
- j. Fomentar la planificación energética para mejorar el comportamiento a través del ciclo de vida del producto o servicio y el control de las operaciones, incluidas las políticas de compras y de mantenimiento.
- k. Evaluar el desempeño ambiental frente a la política, los objetivos, los indicadores y las prácticas y procedimientos del SGEN.
- l. Establecer un proceso de gestión para auditar y revisar el sistema de gestión, que permita la mejora continua del sistema y del comportamiento energético de la organización.
- m. Motivar a los subcontratistas y proveedores a establecer un SGEN.
- n. Realizar una revisión del sistema.

## 2.2. ISO 50001: SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA – REQUERIMIENTOS CON DIRECCIÓN PARA SU USO

Se describen los principales puntos de la Norma ISO 50001 (última revisión) que se tradujo del inglés y que se consideran importantes para la presente tesis.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## Introducción

El propósito de esta Norma Internacional (ISO 50001) es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad de energía. La implementación de este Estándar debería direccionar a la reducción en los costos de energía. Es aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones descuidadas en condiciones geográficas, culturales y sociales. La implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de la alta dirección [03].

Este Estándar Internacional especifica los requerimientos de un (SGEn) para que una organización desarrolle e implemente una política energética, establezca objetivos, metas y planes de acción, los cuales toman en consideración los requerimientos legales e información pertinente para los usos significativos de energía. Un SGEn permite a una organización realizar sus compromisos en las políticas, obtener acciones como sean necesarias para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema a los requerimientos de este Estándar Internacional.

Este Estándar Internacional se basa en el sistema de mejoramiento continuo Planear-Hacer-Revisar-Actuar (Figura 2.2) e incorpora gestión energética en prácticas organizacionales diarias.

La aplicación global de este Estándar Internacional contribuye a mejorar el uso eficiente del recurso energético disponible, elevando la competitividad, e impacto positivo sobre el cambio climático. Este Estándar Internacional considera todos los tipos de energía.

Este Estándar Internacional puede utilizarse para certificación, registro y auto-declaración de un sistema de gestión energética de una organización. No establece los requerimientos absolutos para el rendimiento energético fuera de los compromisos en la política energética de la organización para cumplir la aplicación legal y otros requerimientos. Así las organizaciones llevan dos operaciones similares, pero teniendo funciones de energía diferentes, pudiendo ambos conformar sus requerimientos.

La organización puede escoger integrarse a la norma ISO 50001 entre otros sistemas de gestión como son los de calidad, ambiental, salud ocupacional y seguridad o responsabilidad social, u otro.

### 2.2.1. Alcance

Esta norma internacional especifica los requisitos para que una organización establezca, implemente, mantenga y mejore un SGEn, lo que permite a la organización adoptar un enfoque sistemático, con el fin de lograr la mejora continua de la eficiencia energética y ahorro de energía. Esta norma internacional especifica los requisitos aplicables al suministro, usos y consumo de la energía, incluidas las prácticas de medición, documentación y presentación de informes, diseño y adquisición de energía con equipos, sistemas, procesos y personal. Esta Norma Internacional se aplica a todos los factores que influyen en el consumo de energía, que pueden ser controlados e



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

influenciados por la organización. En esta norma internacional no se establecen criterios específicos de rendimiento con respecto a la energía.

Esta Norma Internacional ha sido diseñada para los sistemas de gestión de energía para ser utilizada de forma independiente, pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión. Es aplicable a todas las organizaciones.

## 2.2.2. Referencias Normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias fechadas, sólo se aplican la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier modificación).

## 2.2.3. Términos y definiciones

Para los propósitos de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones:

### 2.2.3.1. Límites

Límites físicos o del sitio y límites organizacionales según lo definido por la organización.

NOTA: Los ejemplos incluyen un proceso, un grupo de procesos, una planta, una organización entera o varios sitios bajo el control de una organización.

### 2.2.3.2. Mejoramiento continuo

Proceso recurrente que se traduce en la mejora del desempeño energético y del SGen.

NOTA 1: El proceso de establecimiento de objetivos y la búsqueda de oportunidades de mejora es un proceso continuo.

NOTA 2: Con la mejora continua se puede lograr mejoras en la eficiencia energética global, en concordancia con la política energética de la organización.

### 2.2.3.3. Corrección

Medidas para eliminar una no conformidad detectada.

NOTA: Adaptada de la Norma ISO 9000:2005, definición 3.6.6.

### 2.2.3.4. Acción correctiva

Acción para eliminar la causa de una no conformidad.

NOTA 1: Puede haber más de una causa para una no conformidad.

NOTA 2: La acción correctiva se toma para prevenir la recurrencia, mientras que la acción preventiva se toma para prevenir la ocurrencia.

### 2.2.3.5. Energía



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido, energías renovables y otros, así como los medios de comunicación.

NOTA 1: Para el propósito de este estándar, la energía se refiere a las diversas formas de energía primaria o secundaria que se pueden adquirir, almacenar, tratar o utilizar en un equipo o en un proceso, o ser recuperada.

NOTA 2: La capacidad de un sistema para producir actividad externa o realizar un trabajo.

## 2.2.3.6. Línea base de energía

Referencia cuantitativa que proporciona una base para la comparación de la eficiencia energética.

NOTA 1: Una línea de base de energía puede reflejar un punto en el tiempo o un período de tiempo.

NOTA 2: Una línea de base de energía se puede normalizar por factores de ajuste [variable relevante que afecta el consumo y/o uso de energía], tales como el nivel de producción, grados diarios (temperatura exterior), etc.

## 2.2.3.7. Consumo de energía

Cantidad de energía aplicada.

## 2.2.3.8. Eficiencia energética

Proporción u otro tipo de relación cuantitativa entre la producción de un proceso, servicio, bien o energía, y su aporte inicial de energía.

NOTA 1: Ejemplos de ello son la eficiencia de conversión, la energía requerida/energía utilizada, entrada/salida, la energía utilizada para operación teórica/energía utilizada para operar real.

NOTA 2: Tanto la entrada y salida tienen que estar claramente especificadas en cantidad y calidad, y ser medibles.

## 2.2.3.9. Sistema de Gestión Energética SGEN

Conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan para establecer la política energética, objetivos energéticos y, procesos y procedimientos para alcanzar esos objetivos.

## 2.2.3.10. Objetivo energético

Resultado específico o logro previsto para cumplir con la política de la organización y metas energéticas para mejorar el desempeño energético.

## 2.2.3.11. Desempeño energético

Resultados medibles relacionados con el uso y el consumo de energía.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

NOTA 1: En el contexto de los sistemas de gestión de la energía, los resultados pueden medirse junto a: la política energética de la organización, objetivos, metas y otros requisitos de desempeño energético.

NOTA 2: El desempeño energético es uno de los componentes del rendimiento del SGE.

## 2.2.3.12. Indicadores de eficiencia energética IEE

Valor cuantitativo o medida de la eficiencia energética según lo definido por la organización.

## 2.2.3.13. La política energética

Intenciones y direcciones generales de una organización relacionada con su desempeño energético como se expresa formalmente por la alta dirección.

NOTA: La política energética proporciona un marco para la acción y para la fijación de objetivos y metas energéticas.

## 2.2.3.14. Revisión energética

Determinación del estado actual de eficiencia energética de la organización sobre la base de datos y otra información conducente a la identificación de oportunidades de mejora.

## 2.2.3.15. Servicios de energía

Actividades y sus resultados relacionados con la prestación y/o uso de la energía.

NOTA: Entre otras normas regionales o nacionales, conceptos tales como la identificación y revisión de los aspectos de la energía o el perfil de energía se incluyen en el concepto de revisión de la energía.

## 2.2.3.16. Objetivo energético

Requisito de eficiencia energética detallada y cuantificable, aplicable a la organización o a sus partes, que surge de las metas energéticas que hay que establecer y cumplir para alcanzar este objetivo.

## 2.2.3.17. Uso de la energía

Forma o tipo de aplicación de la energía.

NOTA: Ejemplos de ello son la ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos, líneas de producción.

## 2.2.3.18. Partes interesadas

Persona o grupo de interés que está afectado por el rendimiento energético de la organización.

## 2.2.3.19. Evaluación de la gestión del sistema



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener pruebas y evaluarlas de manera objetiva, con el fin de determinar el grado en que se cumplen los requerimientos.

## 2.2.3.20. **No conformidad**

El incumplimiento de un requisito [ISO 50001:2011, definición 3.6.2]

## 2.2.3.21. **Organización**

Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, parte o combinación de los mismos, ya sea incorporada o no, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración, y que tiene la autoridad para controlar su uso y consumo de energía.

NOTA: Una organización puede ser una persona o grupo de personas.

## 2.2.3.22. **Acción preventiva**

Medidas para eliminar la causa de una potencial no conformidad.

NOTA 1: Puede haber más de una causa para una potencial no conformidad.

NOTA 2: La acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda mientras que se toman medidas correctivas para prevenir la recurrencia.

## 2.2.3.23. **Procedimiento**

Forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso.

NOTA 1: Los procedimientos pueden estar documentados o no.

NOTA 2: Cuando un procedimiento está documentado, el término "procedimiento escrito" o "procedimiento documentado" se utiliza con frecuencia.

El documento que contiene un procedimiento puede ser llamado un "documento de procedimiento". [ISO 50001:2011, definición 3.4.5]

## 2.2.3.24. **Producto**

Resultado de un proceso.

## 2.2.3.25. **Registro**

Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades realizadas.

NOTA: Los registros se pueden utilizar, por ejemplo, para documentar la trazabilidad y para proporcionar evidencia de la verificación, medidas preventivas y acciones correctivas. [ISO 50001:2011, definición 3.7.6].

## 2.2.3.26. **Alcance**

Alcance de las actividades, instalaciones y decisiones que la organización aborda a través de un SGen, que puede incluir varias fronteras.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 2.2.3.27. Uso significativo de energía

Energía contable utilizada en el consumo energético y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético.

NOTA: Criterios significativos son determinados por la organización.

## 2.2.3.28. Equipo

Persona(s) responsable(s) de la aplicación efectiva de las actividades del sistema de gestión de energía para conseguir las mejoras del desempeño energético.

NOTA: El tamaño, la naturaleza de la organización y los recursos disponibles, determinarán el tamaño del equipo. El equipo puede ser una persona, como representante de la dirección.

## 2.2.3.29. La alta dirección

Persona o grupo de personas que dirige y controla a una organización al más alto nivel.

NOTA: La alta dirección controla la organización definida dentro del alcance del sistema de gestión de la energía. [ISO 50001:2011, definición 3.2.7]

## 2.2.4. Orientación sobre el uso de la cláusula 4 de los requisitos del SGen

### 2.2.4.1. Requisitos generales

La siguiente figura es una representación conceptual del desempeño energético

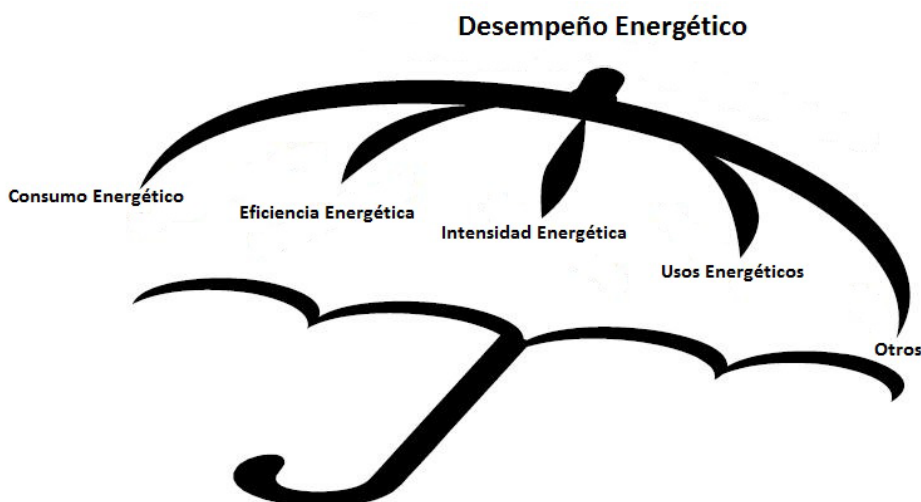


Figura 27 Representación conceptual del desempeño energético

### 2.2.4.2. Gestión de la responsabilidad

Ing. Stalin Eduardo Cuenca Mendieta  
Email: [acerval@yahoo.com](mailto:acerval@yahoo.com)  
Loja, Ecuador





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## a. General.

El representante de la dirección puede ser un empleado actual, nuevo en la organización o contratado. Las responsabilidades del representante de la dirección pueden representar la totalidad o parte de la función de trabajo.

La alta dirección aprueba la formación de un equipo de gestión de la energía. El equipo asegura la adquisición de las mejoras de eficiencia energética. El tamaño del equipo está determinado por la complejidad de la organización y puede ser una persona representante de la dirección. La organización puede utilizar un equipo multifuncional.

Para las organizaciones que llevan a cabo planes a largo plazo, deben incluir consideraciones de energía, tales como: fuente de energía (recurso energético), rendimiento energético y las mejoras de eficiencia energética en las actividades de planificación.

## b. Funciones, responsabilidades y autoridad

La alta dirección debe promover el comportamiento energético de la organización mediante la participación de los empleados, apoderamiento de los empleados, motivación del empleado, reconocimiento de los empleados, recompensas y participación de los empleados. El representante de la dirección podrá coordinar las actividades del equipo para lograr mejoras del desempeño energético.

### 2.2.4.3. Política energética

La política energética es la controladora de la implementación y la mejora del SGen y del desempeño energético de una organización. La política puede ser una breve declaración que los miembros de la organización pueden fácilmente entender y aplicar a sus actividades laborales. La difusión de la política energética puede ser utilizada como un controlador para manejar el comportamiento organizacional.

### 2.2.4.4. Planificación energética

#### a. General

Figura 2.7 es un diagrama conceptual que pretende mejorar la comprensión del proceso de planificación energética. Este diagrama no está destinado a representar los detalles de una organización específica. La información contenida en el esquema de planificación energética no es exhaustiva y pueden existir otros detalles específicos de la organización o circunstancias particulares.

Esta sección de la norma se centra en el desempeño energético de la organización y las herramientas para mantener y mejorar continuamente la eficiencia energética.

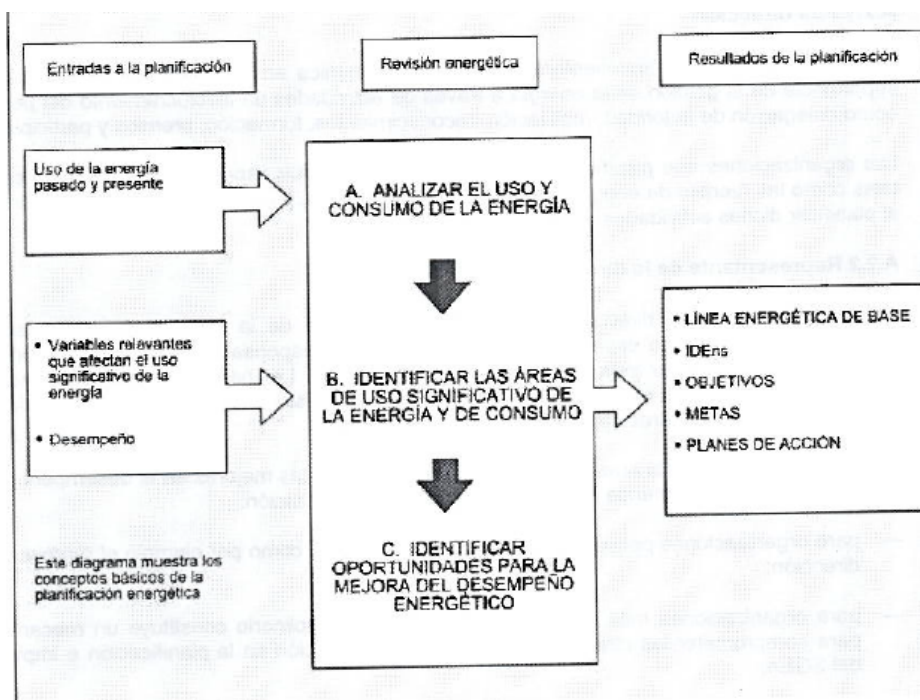


Figura 2.8 Diagrama conceptual del proceso de planificación energética

## b. Requisitos legales y otros

Los requisitos legales aplicables son los requisitos internacionales, nacionales, regionales y locales que se aplican al ámbito del SGE<sub>n</sub> relacionada con la energía. Ejemplos de otros requisitos pueden incluir acuerdos con los clientes, principios o códigos voluntarios de prácticas, programas voluntarios y otros.

## c. Revisión energética

La importancia es definida por la organización. Ejemplos de personas que trabajan en nombre de la organización incluye a contratistas de servicios, personal de tiempo parcial y al personal temporal.

Actualización de la revisión de energía significa la actualización de la información relacionada con el análisis, la determinación del significado y la determinación de oportunidades.

## d. Línea base energética

En un período adecuado la organización se propone contar con los requisitos reglamentarios o variables que afectan el uso y consumo de energía. La línea base de energía se mantendrá y se registrará como un medio para que la organización determine el período de mantenimiento de registros. Los ajustes a la línea base se consideran también en el mantenimiento y los requisitos se definen en el texto.

## e. Indicadores de eficiencia energética



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Los indicadores energéticos están diseñados para lograr una mejora del desempeño energético y cumplir con otros criterios de rendimiento. Hay una serie de indicadores energéticos desde una simple relación métrica para el modelo complejo. La organización debe elegir indicadores energéticos que informen la eficiencia energética.

## 2.2.4.5. Implementación y operación

### a. Competencia, formación y sensibilización

La organización define las competencias y la formación de sus necesidades organizativas.

Para asegurarse de que las personas puedan mantener o alcanzar la competencia, otras acciones se pueden tomar, como adiestramiento, entrenamiento cruzado, intercambio de empleos, transferencias, cambio de requisitos para el empleo o formación por diferentes técnicas.

La organización puede utilizar herramientas tales como carteles, cursos de formación, buzones de sugerencias, reuniones, etc., para mantener el conocimiento. Comportamientos positivos de la organización deben ser el resultado de la competencia y el conocimiento.

Una persona que trabaja para o en nombre de la organización debe ser consciente de los riesgos de no seguir un procedimiento establecido, que puede influir negativamente en la eficiencia energética.

### b. Documentación

#### b.1. Requisitos de documentación

Los únicos procedimientos que tienen que ser documentados son los que afirman que el procedimiento será de un procedimiento documentado. De lo contrario el procedimiento no tiene que ser documentado. La organización puede desarrollar todos los documentos que determinan la eficacia necesaria para demostrar el desempeño energético y el SGE.

Algunos ejemplos de documentos necesarios para asegurar la planificación eficaz de la energía pueden incluir: diagramas de flujo de procesos, diagramas de flujo de la energía, el protocolo de evaluación de energía. Algunos ejemplos de los documentos necesarios para asegurar el control operacional eficaz pueden incluir: una instrucción de trabajo para el mantenimiento de la caldera, una lista de comprobación para el mantenimiento del sistema de vapor.

### c. Control operacional

La difusión de conceptos de motivación (ver funciones, responsabilidad y autoridad) es esencial para una gestión eficaz de los controles operacionales.

### d. Diseño



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El diseño proporciona a la organización la oportunidad de crear un cambio positivo en el desempeño energético.

Durante la revisión de esta oportunidad los siguientes puntos pueden considerarse:

- ¿Por qué utiliza la fuente de energía?
- ¿Cuál es la fuente de energía?
- ¿Cuáles son las opciones tecnológicas?
- ¿"Quién" mantendrá este diseño más tarde?
- ¿Cómo los procesos existentes se pueden modificar?
- ¿Cómo se verá afectada la línea base?
- ¿Llevará esto a oportunidades sostenibles o renovables?
- ¿Cuándo afectarán estos cambios al SGen?

## **e. Adquisición de servicios energéticos, productos y energía**

### **e.1. Contratación de los servicios energéticos y productos**

La adquisición es una oportunidad para mejorar la eficiencia energética mediante el uso de productos y servicios más eficientes. También es una oportunidad de trabajar con la cadena de suministro e influir en sus comportamientos energéticos.

### **e.2. Contratación del suministro de energía**

Si la organización tiene una opción de suministro de energía, a continuación, la organización necesita una especificación para la contratación del suministro. Si la organización no tiene una opción con este requisito no se aplica a la organización.

### **e.3. Oferta de compra de energía**

En el desarrollo de las especificaciones de compra para el suministro de energía, los siguientes puntos pueden ser considerados:

- Calidad de la energía;
- La disponibilidad;
- La capacidad;
- Variación en el tiempo especificado;
- Parámetros de facturación, costos;
- Impacto ambiental;
- Otras personas si así lo determina por la organización.

NOTA: La aplicabilidad de esta sección puede variar de un mercado a otro. Se recomienda que el personal de gestión de la energía y el personal de compras de energía colaboren para maximizar las mejoras de eficiencia energética.

#### **2.2.4.6. Comprobación del funcionamiento**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## **a. Seguimiento, medición y análisis**

Los IEE están diseñados para lograr una mejora del desempeño energético y cumplir con otros criterios de rendimiento. En esta sección se aborda el seguimiento, medición y análisis de la eficiencia energética, no se ocupa de la vigilancia y medición del SGE<sub>n</sub>. Esta sección se ocupa de la investigación y la respuesta de eficiencia energética. Los IEE se pueden utilizar para alentar el comportamiento organizacional.

Ejemplos de variables pertinentes podrían incluir el nivel de producción, clima, la mezcla de productos, la tasa de ocupacional, etc.

## **b. Evaluación de cumplimiento legal/otros requisitos**

La organización debe designar a una persona competente, interna o externa para llevar a cabo esta evaluación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO III

### MARCO LEGAL Y REGULATORIO

Respecto a la Política Energética Nacional, a partir de 2007 el Gobierno del Ecuador propuso cambiar la matriz de energía con la finalidad de alcanzar la soberanía y sustentabilidad en este sector y contribuir a la construcción de un país post petrolero, propósito que constituye la política energética del actual régimen. Tal política y visión se recogen en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009- 2013. Aún cuando esta propuesta no figura entre los temas de mayor discusión y relevancia a nivel nacional, la transición energética emergente a nivel global es uno de los mayores retos de la humanidad en el presente siglo.

A partir de 2007 se comienza a tomar decisiones políticas y acciones de propuestas respecto del tipo de energía que necesitamos para nuestro desarrollo, mirando al futuro con responsabilidad hacia las nuevas generaciones.

En los últimos 15 años el país ha experimentado una fuerte dependencia de combustibles fósiles generando un cambio notable en su matriz energética, la energía eléctrica producida de fuentes térmicas equivale al 43,3% en la actualidad, mientras las provenientes de fuentes hidroeléctricas es de 45,3% (CONELEC, 2009).

La matriz energética del Ecuador es una primera investigación en el país sobre la transición hacia una matriz energética diversificada, en la que se considera la reducción gradual de combustibles fósiles para la producción de energía y un reemplazo con significativo aumento de generación hidroeléctrica, además abre el debate de la situación energética y la necesidad de cambios profundos en la política pública que permitan enfrentar los grandes problemas ambientales del siglo.

La matriz energética del Ecuador trata de orientar certeramente las políticas que se deben tomar en la materia, definiendo el aporte que se puede hacer en términos de reducción del consumo a través de la eficiencia energética. Además se muestra que el Ecuador puede generar otro tipo de energía porque tiene el potencial geotérmico, de biomasa, solar, eólica como ningún otro país. Los resultados del estudio indican una señal positiva para las energías renovables y que deberían ser tomadas en cuenta a la hora de definir e impulsar la matriz energética acorde con la Constitución y la planificación estatal (Eugenio Lloret O., diario el tiempo 2012).

La normativa y legislación vigentes relacionadas con este capítulo referentes a energía, pequeñas centrales hidroeléctricas y eficiencia energética se describen bajo la pirámide Kelsiana siguiendo la figura que se indica a continuación:





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

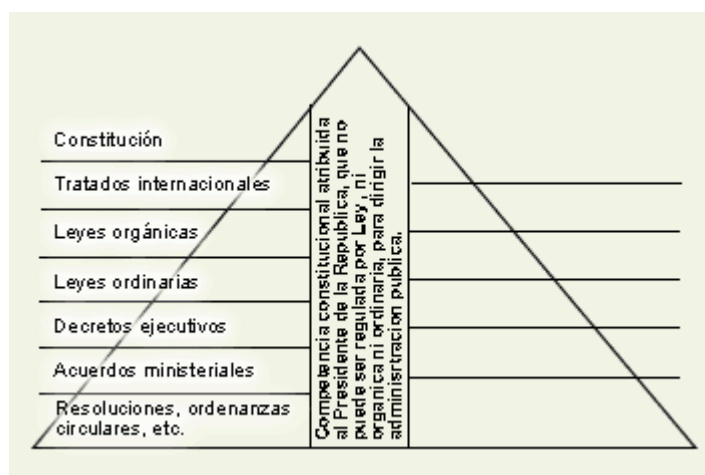


Figura 3.1 Pirámide Kelsiana de jerarquía normativa y legislación: Fuente [www.google.com](http://www.google.com)

## 3.1. PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2009 - 2013

A continuación se presentan algunas políticas y estrategias relacionadas con el tema de energía y eficiencia energética que constan en el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) 2009 – 2013 [07]:

Política 4.3. Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.

- a. Aplicar programas, e implementar tecnología e infraestructura orientadas al ahorro y a la eficiencia de las fuentes actuales y a la soberanía energética.
- b. Aplicar esquemas tarifarios que fomenten la eficiencia energética en los diversos sectores de la economía.
- c. Impulsar la generación de energía de fuentes renovables o alternativas con enfoque de sostenibilidad social y ambiental.
- d. Promover investigaciones para el uso de energías alternativas renovables, incluyendo la mareomotriz y la geotermia, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.
- e. Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en vehículos, embarcaciones y generación termoeléctrica, y sustituir gradualmente vehículos convencionales por eléctricos en el archipiélago de Galápagos.
- f. Diversificar y usar tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en la producción agropecuaria e industrial y de servicios.

Política 11.4.a: Impulsar el funcionamiento articulado y eficiente de las empresas y entidades públicas en la gestión de todos los sectores estratégicos.

*Estrategia 8.5.2. Generación, transmisión y distribución de energía*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El desarrollo del sector energético es estratégico para el Ecuador. En esta perspectiva el desarrollo del sector deberá garantizar el abastecimiento energético a partir de una apuesta a la generación hidroeléctrica que permitan reducir de manera progresiva la generación termoeléctrica y un fortalecimiento de la red de transmisión y sub-transmisión, adaptándola a las actuales y futuras condiciones de oferta y demanda de electricidad. Esto deberá complementarse con la inserción paulatina del país en el manejo de otros recursos renovables: energía solar, eólica, geotérmica, de biomasa, mareomotriz; estableciendo la generación de energía eléctrica de fuentes renovables como las principales alternativas sostenibles en el largo plazo.

Todas estas intervenciones deberán mantener el equilibrio ecológico de las fuentes para lo cual deberán respetarse exigentes normativas ambientales.

## 3.2. HACIA UNA MATRIZ ENERGÉTICA DIVERSIFICADA EN ECUADOR

Esta sección expone los fundamentos para el cambio de matriz energética en el Ecuador que se extrae del Resumen Ejecutivo de en “Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador”, comienza enunciando los siguientes factores energéticos clave para promover la transición energética:

El primer factor es dotar de energía moderna y limpia al tiempo que se mitiga el cambio climático, es esencial para evitar daños irreversibles al sistema climático global. Este factor configura la transición energética, con la intención de mover una inversión a nivel global significativa para descarbonizar el sector energético.

El segundo factor es considerar que el límite de la producción de petróleo no es el fin de las reservas conocidas, sino la limitante física de la atmósfera como sumidero de carbono sin que interfiera con la estabilidad climática del planeta de forma peligrosa. Los altos precios que como consecuencia adquiere el petróleo en países exportadores pueden originar un efecto contrario al incentivo para desarrollar nuevas tecnologías, es decir, desarrollar más reservas petroleras, exportar más petróleo y derivados, generar mayores recursos fiscales que se gasten en subsidios energéticos y mantener una matriz energética mayoritaria en hidrocarburos.

El tercer factor que promueve la transición energética es la creciente preocupación por la seguridad energética a nivel mundial, entendida como disponibilidad, confiabilidad, accesibilidad y sostenibilidad de las fuentes de energía para los consumidores y ciudadanos. Para esto se requiere reducir los riesgos físicos, económicos, sociales y ambientales en la provisión de energía.

Estos tres factores, la mitigación del cambio climático, el pico petrolero y la seguridad energética configuran las bases para la visión de una revolución energética donde la matriz energética empiece a sustentarse en fuentes de energía renovable.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

A la luz de esta realidad y propuesta a nivel global, la hipótesis es que una matriz energética con mayor diversificación en sus fuentes en base a fuentes de energía renovable que operen de manera descentralizada, podría aportar una mejor seguridad energética, menor vulnerabilidad del sistema y mayores beneficios ambientales en Ecuador.

En Ecuador, en 2008, el petróleo representaba el 84% de la matriz energética en el país y la hidroelectricidad el 59% de la matriz eléctrica, con un 38% de electricidad generada en centrales térmicas de combustibles fósiles, mientras que otras fuentes de energía renovable como solar, eólica y geotérmica no constituían ni el 1% (OLADE, 2011; Conelec, 2010).

Un elemento de política clave y que ha influido fuertemente en la matriz energética en Ecuador son los subsidios a derivados de petróleo. Puede argumentarse que por la presencia de estos subsidios Ecuador muestra un crecimiento mayor que los países andinos en su demanda de energía, en especial en el sector transporte. Este subsidio ha introducido una lógica de ineficiencia en el creciente consumo energético y pone presión al país y al gobierno para ampliar cada vez más las fuentes energéticas sin consideraciones de uso apropiado.

La propuesta estatal para el cambio de matriz energética tiene como estrategia principal en el sector eléctrico impulsar el desarrollo de grandes centrales, sobre todo en la vertiente amazónica. Así, el 86% de la expansión planificada para el período 2009-2020 será con base en fuentes hidroeléctricas (Conelec, 2009). De esta expansión, el 32% se centrará en una sola central hidroeléctrica, Coca Codo Sinclair (1500 MW).

Respecto al transporte no existe un documento integrado y específico del gobierno que planifique este sector de la matriz, como sí ocurre en electricidad con el Plan Maestro de Electrificación 2009- 2020 (PME) del Consejo Nacional de Electrificación, Conelec, lo cual es crítico si se considera que este sector es el de mayor consumo de energía y crecimiento.

Entonces, la propuesta de cambio de matriz energética oficial no conduce sino a la profundización de las dos grandes fuentes tradicionales que ha tenido Ecuador: agua y petróleo. Ante esto, diversificar la matriz energética con más fuentes de energía renovable aportaría a una mayor seguridad energética y menor vulnerabilidad al suministro de energía en el mediano y largo plazo. Con esta finalidad se evaluó las tecnologías de fuentes de energía renovable no hidroeléctricas y se identificó las de mayor potencial en el país que son las siguientes: la energía geotérmica con tecnologías de *condensing flash plants* y *binary cycle plants*, bioenergía con la tecnología de combustión combinada *co-firing*, los sistemas solares de generación eléctrica en base a energía térmica concentrada (CSP), módulos fotovoltaicos (PV) para generación tanto de manera descentralizada, en techos residenciales y comerciales, como en plantas a gran escala de paneles; y turbinas en tierra para energía eólica.

Los beneficios ambientales de estas propuestas incluirían la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de contaminantes primarios. Con ello, mejoraría la calidad del aire en las ciudades y disminuiría el riesgo de enfermedades respiratorias, de piel y cardiovasculares relacionadas con la contaminación. Sin embargo, las tecnologías de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

fuentes de energía renovable tienen otros impactos ambientales específicos que necesitan ser considerados al promover su masificación, y mitigados y manejados de implementarse los proyectos. Por ello, es necesario manejar estos impactos a través de los mecanismos existentes, adquirir tecnología, conocimientos y experiencias en cómo mitigarlos y reforzar la institucionalidad para cumplir con un manejo ambiental apropiado.

Entre los elementos que han llevado a la configuración tradicional del Ecuador respecto a su energía están la no existencia de un claro lineamiento de política energética y matriz energética en el largo plazo, la falta de armonización entre la planificación estatal, la visión del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) y la ejecución de actividades por parte de las entidades del sector energético, la gobernanza jerárquica del sector, la estructura de subsidios a la energía (derivados de petróleo y electricidad), y la falta de desarrollo, a nivel global y nacional, de tecnologías de fuentes de energías renovables.

Las recomendaciones que termina haciendo el autor son: a) Que el plan estratégico y a largo plazo de toda la matriz energética integre toda la cadena de producción de la energía y la interrelación con otros sectores y políticas públicas, además debe de estar armonizado con la visión, objetivos y actividades que delinear la construcción de un país post-petrolero según el PNBV. b) La política e institucionalidad del sector energético requiere de la adopción de una visión sistémica de la problemática energía-ambiente y desarrollo con la finalidad de evaluar mejor los impactos de los proyectos, diseñar planificación alternativa y mitigar sus impactos. c) Respecto de los subsidios a derivados de petróleo, es recomendable pensar y evaluar los verdaderos logros e incentivos que esta política ha ocasionado en el país. Desde una perspectiva sistémica de política energética no es eficiente ni coherente promover incentivos a fuentes de energía renovable por un lado, mientras que por otro se subsidia los precios de combustibles fósiles, haciendo más baratas sus tecnologías convencionales e incentivando un creciente consumo energético (modificar la política de los subsidios para su eliminación gradual o focalización que permita contar con financiamiento al sector energético).

Dentro de una política clara el Estado ecuatoriano a través del CONELEC presenta en la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11 el despacho preferente: “El CENACE despachará, de manera obligatoria y preferente, toda la energía eléctrica que las centrales que usan recursos renovables no convencionales entreguen al sistema, hasta el límite del 6%, de la capacidad instalada y operativa de los generadores del Sistema Nacional Interconectado, según lo establecido la Regulación complementaria del Mandato 15. Para el cálculo de límite se consideran todas las centrales renovables no convencionales que se acojan a esta regulación, a excepción de las hidroeléctricas menores a 50 MW, las que no tendrán esta limitación.”, pero no se presenta el plan para conseguir dicho objetivo.

### 3.3. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

El Art. 424 de la Constitución indica que “La Constitución es la norma suprema y prevalece sobre cualquier otra del ordenamiento jurídico. Las normas y los actos del poder público



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

deberán mantener conformidad con las disposiciones constitucionales; en caso contrario carecerán de eficacia jurídica”. Y el Art. 425 dice: El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

De acuerdo a lo anterior, se enunciarán los Artículos de la Constitución referentes a energía, energías renovables y eficiencia energética [41]:

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

**Art. 261.-** El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: .....

11. Los recursos energéticos; minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales.

**Art. 264.-** La política económica tendrá los siguientes objetivos:.....

3. Asegurar la soberanía alimentaria y energética.

**Art. 313.-** El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

**Art. 314.-** El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

**Art. 320.-** En las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, transparente y eficiente.

**Art. 385.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

**Art. 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones.

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

**Art. 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

## 3.4. TRATADOS INTERNACIONALES

Las agencias u organizaciones nacionales, regionales e internacionales de la energía elaboran informes y recomendaciones acerca de la problemática general de la energía. Igualmente, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo realiza estudios acerca de los planes y objetivos que deben cumplirse para modificar el deterioro ambiental y el uso de las energías convencionales (de origen fósil en especial) que lo provocan.

En general los protocolos o acuerdos que se logran entre los países participantes o firmantes tratan de promover iniciativas mediante las siguientes acciones para lograr un desarrollo sostenible [42]:

1. Limitar la contaminación, ejerciendo un mayor control de las emisiones de elementos contaminantes de los centros de producción energética y disminuyendo el uso de combustibles de origen fósil. Favorecer el ahorro de energía por medio de la sensibilización, la modificación de hábitos de consumo, la investigación y la exigencia de fabricación de equipos de mayor eficiencia energética y bajo consumo.
2. Diversificar las fuentes de energía con la paulatina sustitución de fuentes de energía convencionales por fuentes de energía de origen renovable y su propia combinación.
3. Establecer una legislación energética adoptando normativas nacionales, regionales y supraregionales que den cumplimiento a las recomendaciones y acuerdos en materia de conservación del entorno y de igualdad entre los pueblos.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

4. Realizar planes de sensibilización energética mediante campañas de difusión acerca de la problemática que generan determinados usos y formas de producción energética, y el desarrollo de planes educativos que muestren la viabilidad del uso de las energías de origen renovable, y la necesidad de un uso racional de la energía para lograr un desarrollo sostenible.

Los objetivos buscados son los siguientes [43]:

1. el fomento de políticas de eficacia energética compatibles con el desarrollo sostenible;
2. la creación de condiciones que induzcan a los productores y consumidores a utilizar la energía de la forma más económica, eficaz y ecológica posible;
3. el estímulo de la cooperación en el campo de la eficacia energética.

Las Partes contratantes se comprometen a establecer políticas de eficacia energética y los marcos legales y reglamentarios adecuados para fomentar aspectos como el funcionamiento eficaz de los mecanismos de mercado, con inclusión de la determinación de precios basados en el mercado.

Hablando de acuerdos y tratados internacionales con organismos energéticos en los que Ecuador es miembro, se pueden encontrar:

1. La Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR).- Fue firmado el 23 de mayo de 2008 por un grupo de 12 países suramericanos, entre los cuales se encuentran: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Colombia y Venezuela. Tiene como objetivo construir, de manera participativa y consensuada, un espacio de integración y unión en el ámbito cultural, social, económico y político, dando prioridad al diálogo político, las políticas sociales, la educación, la energía, la infraestructura, el financiamiento y el medio ambiente, mediante el fortalecimiento de la democracia y reducción de las asimetrías entre los participante [44].

2. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).- Nace en el contexto de la crisis energética internacional de inicios de la década del setenta, cuyos alcances y repercusiones fueron analizadas por los países de América Latina y el Caribe, que carentes de políticas energéticas y ante la necesidad de enfrentar adecuadamente esta crisis iniciaron un intenso proceso de movilización política que culminó el 2 de noviembre de 1973 con la suscripción del Convenio de Lima, instrumento constitutivo de la Organización, que ha sido ratificado por 27 países de América Latina y el Caribe: Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, Barbados, Cuba, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, Trinidad & Tobago, República Dominicana y Suriname, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y México.

Al impulsar la creación de OLADE se consideró la necesidad de establecer un mecanismo de cooperación entre los países de la Región para desarrollar sus recursos energéticos y atender conjuntamente los aspectos relativos a su eficiente y racional aprovechamiento a fin de contribuir al desarrollo económico y social de América Latina y el Caribe. La visión de OLADE es la Organización política y de apoyo técnico, mediante la cual sus Estados



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Miembros realizan esfuerzos comunes, para la integración energética regional y subregional. La misión es Contribuir a la integración, al desarrollo sostenible y la seguridad energética de la región, asesorando e impulsando la cooperación y la coordinación entre sus Países Miembros [45].

3. Comisión de Integración Energética Regional (CIER).- Es una ONG, sin fines de lucro, con estado diplomático, integrado por las Empresas Eléctricas y Organizaciones del sector Eléctrico de los diez países de América del Sur, un Comité Regional para Centroamérica y El Caribe, un Miembro Asociado y Entidades; el objetivo principal de este organismo es promover y alentar la integración de los sectores eléctricos regionales, para lo cual era imprescindible instituir los comités nacionales en América del Sur, siendo así que en la ciudad de Caracas – Venezuela, un 25 de noviembre de 1969, se cristalizó la creación de ECUACIER, que en sus inicios funcionaba bajo la estructura del INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación), Institución en la que se enmarcaba el quehacer eléctrico del Ecuador [46].

Mediante Acuerdo Ministerial Nº 146 de 5 de agosto de 1998, el Ministerio de Energía y Minas, ratificó la constitución del Comité Nacional de Integración Eléctrica del Ecuador ECUACIER. Actualmente ECUACIER es una asociación de naturaleza civil, de derecho privado conocido como Organismo No Gubernamental (ONG) sin fines de lucro y mantiene como misión “Vincular a las empresas y organismos del sector eléctrico ecuatoriano, con los organismos y entidades que conforman la Comisión de Integración Energética Regional (CIER).

## 3.5 NORMATIVA NACIONAL VIGENTE

La normativa nacional vigente para el Sector Eléctrico Ecuatoriano está conformada por Leyes, Mandatos, Reglamentos, Regulaciones y Resoluciones. Esta normativa proporciona una estructura legal capaz de permitir el desarrollo de proyectos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas y aspectos relacionados a Eficiencia Energética; en función de esta normativa, se pretende enumerar todo un conjunto de artículos, de gran importancia, considerados dentro de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, los mandatos o decretos ejecutivos, los acuerdos ministeriales, los reglamentos y regulaciones emitidos por el CONELEC, representante del estado ecuatoriano como persona jurídica y que ejerce todas las actividades de control y regulación en conformidad al Art. 13 de la LRSE.

En el año 2007, la Subsecretaría de Electricidad, parte de la estructura del entonces Ministerio de Energía y Minas, se convirtió en el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), asignándole las funciones de rectoría, planificación, control y desarrollo del sector eléctrico, y, del desarrollo de las energías renovables en el país. Para cumplir con su cometido, el MEER cuenta con un entorno legal que incluye:

**La Ley de Régimen del Sector Eléctrico, LRSE**, data del año 1996 aunque con modificaciones posteriores. La LRSE contiene normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico y de su funcionamiento [08].



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

En el capítulo IX de la LRSE, se especifica la necesidad de fomentar el desarrollo y uso de recursos energéticos no convencionales, y, se califica al desarrollo energético no convencional como prioritario en la asignación de recursos del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM).

La LRSE, establece que el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC), es el organismo encargado de dictar las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad.

El reglamento general, establece los procedimientos generales para la aplicación de la LRSE en la actividad de generación, y en la prestación de los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, necesarios para satisfacer la demanda nacional, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales. En lo relativo a la planificación, dispone básicamente lo que sigue:

Art. 5A.- Política de electrificación.- Corresponde al Presidente de la República, a través del Ministerio de Energía y Minas (hoy MEER), la formulación y coordinación de la política nacional del sector eléctrico, así como la elaboración del Plan Maestro de Energía del país. Para el desarrollo y ejecución de la política del sector eléctrico, el Estado actuará a través del Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC.

Art. 13.- Funciones y Facultades.- El CONELEC tendrá las siguientes funciones y facultades:

... b) Elaborar el Plan Maestro de Electrificación, para que garantice la continuidad del suministro de energía eléctrica, y en particular la de generación basada en el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, promoviendo su ejecución oportuna agotando para ello los mecanismos que la Ley le concede. Para tal efecto, mantendrá actualizado el inventario de los recursos energéticos del país con fines de producción eléctrica, para ser ejecutados directamente por el Estado, con recursos propios o asociándose con empresas especializadas...

El art. 63 de la LRSE establece: El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas. El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características.

Sobre la electrificación Rural: La normativa relacionada a la electrificación rural está incluida en la LRSE, en la que se especifica que el Estado promoverá los proyectos de desarrollo de electrificación rural y urbano-marginal, y, las obras de electrificación destinadas a la provisión de agua potable. Además se establece el FERUM.

Las normas generales que deben observarse para la planificación y aprobación de proyectos y para la ejecución de obras que se financien con los recursos económicos del FERUM, están definidas en el "Reglamento de la Administración del Fondo de Electrificación Rural-Urbano Marginal".



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Por efectos del Mandato No.15**, se eliminó el cargo del 10% sobre el consumo eléctrico que se venía aplicando a los usuarios comerciales e industriales a nivel nacional, con el cual se alimentaba el presupuesto anual del FERUM, que en los últimos años bordeaba los USD 48 millones. A partir de la expedición de este Mandato (23 de julio de 2008), el FERUM pasó a ser financiado con recursos del Presupuesto General del Estado, con una asignación inicialmente prevista de USD 168 millones para el año 2008, y de USD 120 millones anuales para los cuatro años siguientes, inversión que permitiría llegar con electrificación a prácticamente la totalidad de la población rural y urbano-marginal.

El uso eficiente y conservación de la energía es tender hacia una optimización en el uso de la energía eléctrica sin afectar la producción y el nivel de satisfacción de las necesidades, mediante la aplicación de una serie de medidas que en conjunto constituyen el “Uso Eficiente y Conservación de la Energía”. El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) determinó las “Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética”, documento en el cual se identifican una serie de problemas para cuya solución se requiere de urgentes cambios en la matriz energética por [09]:

- Ineficiencia en el uso de la energía
- Falta de manejo de la demanda
- Sector eléctrico con constantes riesgos de abastecimiento
- Caída en la producción petrolera
- Distorsión estructural entre demanda y capacidad de producción de productos petroleros
- Disminución o abandono de los esfuerzos de prospección de recursos energéticos primarios
- Inadecuado marco legal e institucional
- Ausencia de planificación energética
- Ausencia del Estado como rector y actor de la política energética

A fin de controlar la demanda para los cambios en la matriz energética, en el citado documento se proponen las siguientes estrategias para los principales sectores:

#### Sector residencial:

- Aumentar la eficiencia energética en usos térmicos y eléctricos específicos.
- Introducir energías renovables: paneles solares para calentamiento de agua.
- Controlar el uso de electricidad para cocción para evitar un fuerte incremento de la demanda de potencia de punta, cuidando el precio relativo del gas licuado de petróleo (GLP) con respecto a la tarifa eléctrica.

#### Sector transporte:

- Mejorar la eficiencia del transporte particular introduciendo vehículos híbridos.
- Introducir el uso de los biocombustibles para los vehículos particulares.
- Introducir el uso de Gas Natural Comprimido (GNC) para vehículos de transporte público (taxis).
- Introducir el uso de biodiesel en transporte pesado (camiones y camionetas)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## Sector Industrial:

- Mejorar la eficiencia energética tanto en usos térmicos y eléctricos.
- Promover la eficiencia energética como un mecanismo para mejorar la ventaja competitiva.
- Reducir el uso de derivados intermedios de petróleo como el diesel.

## Sector comercial, público y de servicios:

- Mejorar la eficiencia energética tanto en usos térmicos como eléctricos.
- Introducir el uso de paneles solares para calentamiento de agua.

Sobre esta base, el MEER ha venido tomando acción a través de algunas iniciativas entre las que se pueden citar:

- La introducción masiva de focos ahorradores.
- La determinación de ventajas impositivas para la importación de vehículos híbridos
- El desarrollo de proyectos de investigación para el futuro desarrollo de biocombustibles
- La introducción a manera experimental de cocinas de inducción para uso doméstico.
- Estudios prototipo para el uso de nuevas tecnologías en el transporte urbano.

Estas acciones deben ser complementadas a través de proyectos que involucren acciones de educación de la población, y difusión sobre las ventajas del uso racional de la energía, para generar una cultura y un compromiso de la población con este objetivo. En este sentido el MEER desarrolla el "Proyecto de Implementación del componente de energía en la currícula académica de la educación básica y el bachillerato del sistema educativo nacional".

El uso racional de la energía: Dentro de las políticas establecidas por el MEER, consta una que hace relación a la implementación de tecnologías de uso eficiente de la energía, el desarrollo de planes de reducción de pérdidas y la promoción sobre el uso racional y eficiente de la energía en la población.

Modernizar el sector energético es uno de los retos del momento actual, porque permitirá obtener recursos económicos para la expansión del sistema, al mismo tiempo permitirá que éste funcione adecuada y ágilmente. En este gran objetivo nacional, se inserta el Programa Nacional de Ahorro de Energía que lleva adelante el MEER, que tiene como finalidad dar un servicio eficiente y crear una nueva cultura de uso racional de energía que ayude a preservar nuestros recursos naturales, mejorar la economía familiar y proteger el ambiente.

Con políticas reales de ahorro de energía también se conseguirá garantizar la confiabilidad en el sistema de suministro de energía necesaria en situaciones contingentes que puedan producirse debido a años hidrológicamente secos y a un incremento de la demanda. Por ejemplo, si en dos años se reemplaza en el País dos millones quinientos mil focos incandescentes por ahorradores, se evitaría instalar una central eléctrica de 192 MW.

Si se usa racionalmente la energía, el Gobierno puede minimizar las grandes inversiones emergentes para construir nuevas centrales térmicas e hidroeléctricas y esos recursos, que



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

se deja de utilizarlos para estos propósitos, podrán ser destinados a otros planes, sobre todo sociales, que es la preocupación gubernamental prioritaria. Pero por sobre estas consideraciones el uso racional de la energía exigirá al ecuatoriano a vivir el ejercicio real de valores como la solidaridad.

Con estos antecedentes, se ha considerado necesario que el sector productivo y de servicios se involucre en el Programa a fin de alcanzar niveles más altos de eficiencia y competitividad, y para ello es fundamental el manejo de información y la adecuada capacitación en el uso eficiente de la energía en sus empresas. Para lograr este propósito, el MEER, ha decidido emprender con las estrategias de formación del mercado de eficiencia energética.

Se busca trabajar con el sector productivo y de servicios para hacerlo cada vez más eficiente y competitivo. Es posible demostrar que las reducciones de consumo de energía, logradas mediante la implementación de programas de uso racional de energía, tienen la ventaja de pagarse con los propios ahorros que se generan. Es necesario, por tanto, formar un mercado de eficiencia energética para que la ejecución de este tipo de proyectos se intensifique en el País.

Los resultados de este esfuerzo se medirán periódicamente a través de diversos mecanismos. Con solo apagar los focos innecesarios en las horas pico todos saldríamos ganando, pero se requiere de algo más: cambiar nuestra cultura del despilfarro, por la cultura del uso racional de la energía.

## **Acciones Ministeriales, Resoluciones y Ordenanzas**

Mediante Acuerdo Ministerial No. 035, publicado en el Registro Oficial No. 518 de 30 de Enero del 2009, se estableció lo siguiente:

Las perspectivas en el uso de energías renovables y energización rural contempla la normativa vigente para el desarrollo de energías renovables, financiada con recursos del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal FERUM. El CONELEC emitió la Regulación No. CONELEC – 004/11 que establece nuevos precios para la Energía Producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales (ERNC), y ratifica las condiciones de un despacho preferente para este tipo de generación, hasta un límite equivalente al 6% de la capacidad instalada en el MEM e incluye a los sistemas de generación hidroeléctricos de hasta 50 MW.

La REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11, concerniente a precios preferentes de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales determina:

Además, para las centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW se reconocerán los precios indicados en la Tabla No. 2 (Tabla 3.1), expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh. No se reconocerá pago por disponibilidad a este tipo de centrales que se acojan a la presente Regulación.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

CENTRALES	PRECIO
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS HASTA 10 MW	7.17
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 10 MW HASTA 30 MW	6.88
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 30 MW HASTA 50 MW	6.21

*Tabla 3.1 Precios Preferentes Centrales Hidroeléctricas hasta 50 MW en (cUSD/kWh)*

- Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2012.
- El CENACE despachará, de manera obligatoria y preferente, toda la energía eléctrica que las centrales que usan recursos renovables no convencionales entreguen al sistema, hasta el límite del 6%, de la capacidad instalada y operativa de los generadores del Sistema Nacional Interconectado, según lo establecido la Regulación complementaria del Mandato 15.
- Los generadores que están sujetos al despacho centralizado, deben comunicar al CENACE, la previsión de producción de energía horaria de cada día, dentro de los plazos establecidos en los Procedimientos de Despacho y Operación, a efectos de que el CENACE realice la programación diaria.

El CENACE, sobre la base de los precios establecidos en las Tablas Nos. 1 y 2 de la presente Regulación, liquidará mensualmente los valores que percibirán los generadores no convencionales por la energía medida en el punto de entrega, bajo las mismas normas de liquidación que se aplica a generadores convencionales.

En el MEER

De acuerdo al Estatuto Orgánico de Gestión por Procesos del MEER, publicado en el Registro Oficial No. 146, del 13 de mayo del 2011, en el Art. 32, relacionado a la Dirección de Eficiencia Energética, numeral II, literal f, se establece que el MEER es el único ente en el país con la atribución y responsabilidad de “establecer estándares de uso eficiente de energía para las distintas instalaciones y emitir certificados de eficiencia energética en entidades públicas y privadas que los cumplan”.

El estudio Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética de Ecuador, dió inicio al sistema permanente de planificación energética del MEER, bajo cuyo amparo se ha realizado una serie de iniciativas como:

- Definición de la tarifa de la dignidad.- Medida dirigida a los hogares con bajo consumo de energía.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Cambio de matriz energética.- El objeto principal de esta iniciativa es la transformación de la actual matriz energética del Ecuador a un modelo, en el que la energía hidroeléctrica se convierta en la principal forma de energía disponible a nivel nacional, reduciendo el uso de combustibles fósiles.
- Programa Eurosolar.- El objetivo específico de este programa, financiado en su mayor parte por la Comisión Europea, es proporcionar a las comunidades rurales beneficiarias, privadas del acceso a la red eléctrica, una fuente de energía eléctrica renovable para uso estrictamente comunitario.
- Sustitución de los focos incandescentes por focos ahorradores.- Esta iniciativa implicó la sustitución de seis millones de focos incandescentes por luminarias fluorescentes compactas de luz cálida o fría, a nivel nacional.
- Construcción de centrales hidroeléctricas de alta potencia.- Con el objeto de aumentar el aprovechamiento del potencial hidráulico ecuatoriano, el MEER puso en marcha una cantidad importante de proyectos hidroeléctricos de alta potencia, como el de Coca Codo Sinclair (1500 MW), Sopladora (500 MW), Mazar (160 MW), Baba (42 MW), etc.
- Proyectos de electrificación rural.- En el sector de la electrificación rural, además del Programa Eurosolar, se han desarrollado otros proyectos de sistemas solares fotovoltaicos residenciales en la provincia de Esmeraldas, Napo, y, en la Isla Santay.
- Programa de eficiencia energética en edificios públicos.- Este programa promueve el ahorro de energía en edificios públicos, y fue adoptado mediante Decreto Ejecutivo No. 1681, publicado en el Registro Oficial el 4 de mayo del 2009. El objetivo primordial es diagnosticar los índices de consumo energético de los inmuebles e identificar las oportunidades de ahorro, para una posterior implementación de sistemas de bajo consumo de energía.

Las normas de eficiencia e incentivos fiscales:

En la actualidad debido a la falta de una normativa de eficiencia energética no se tienen las herramientas que limiten el ingreso al País de equipos ineficientes o que éstos se etiqueten adecuadamente, con la finalidad de orientar al consumidor a que no sólo tome en cuenta el costo de inversión del equipo sino también su costo de operación. Por otro lado existe una falta de aplicación a las normativas de edificaciones que permita que las mismas se construyan en base a estándares que faciliten aprovechar las energías renovables que posean localmente.

En forma complementaria, se propone establecer incentivos fiscales y tributarios coordinadamente con autoridades respectivas para la aplicación de medidas que aceleren los procesos de sustitución de sistemas y tecnologías ineficientes por eficientes.

Por otra parte el MEER y el Instituto Nacional de Normalización (INEN) [10], han desarrollado algunas normas y reglamentos en el tema de energía y eficiencia energética:

- RTE INEN 035:09 Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado.
- NTE INEN 2511:09 Eficiencia energética en cámaras de refrigeración instaladas en vehículos automotores. Requisitos.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- NTE 2567:2010 Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos.
- NTE 2506:09 Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos.
- NTE INEN 2498:09 Eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios. Requisitos.
- NTE INEN 2495:09 Eficiencia energética para acondicionadores de aire de uso doméstico. Requisitos.
- RTE INEN 036:2010 Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado.
- NTE INEN 1000:09 1R Elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos ecuatorianos, RTE INEN.

En la DNH (Agencia de Regulación y Control Carburífero ARCH)

La Secretaria de Hidrocarburos, adscrita a la ARCH, informó que no existe normativa ni legislación sobre el uso eficiente de combustibles en el país.

Ordenanzas

a) En el Gobierno Provincial de Loja

En los Departamentos de Medioambiente y de Planificación del Gobierno Provincial de Loja, se explicó que no existe normativa provincial sobre eficiencia energética.

b) En el Gobierno Local de Loja

En los Departamentos de Medioambiente y de Planificación del I. Municipio de Loja, se explicó que no existe normativa provincial sobre eficiencia energética.

## 3.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), y su correspondiente Plan de Manejo Ambiental (PMA), se preparará con el propósito de evaluar en forma anticipada los posibles impactos ambientales que ocasionará un proyecto, obra o instalación eléctrica proponiendo las medidas para prevenir, atenuar y/o compensar los impactos negativos y potenciar los positivos.

La naturaleza del estudio de impacto ambiental es en sí, preventiva, porque la predicción de los efectos de emplazar una PCH sobre el sistema ambiental, permitirá formular las acciones para atenuar y mitigar los impactos negativos y optimizar los positivos; además de procedimientos para el monitoreo y control. En el país, el estudio de impacto ambiental está sujeto a un marco legal como son los convenios internacionales, la constitución, leyes, reglamentos y regulaciones; además que existe un manual de cómo proceder en todas las actividades eléctricas: generación, transmisión, distribución y comercialización. Todo esto dentro de un marco interinstitucional como es el Ministerio del Ambiente, CONELEC, CNRH, los Consejos Provinciales y Municipios, entre otros [29].



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 3.6.1 Marco Legal

Todo proyecto u obra para la generación, transmisión o distribución de energía eléctrica será planificado, diseñado, construido, operado y retirado, observando las disposiciones legales relativas a la protección del ambiente.

Sin perjuicio de lo señalado en el artículo 22 de la Ley de Gestión Ambiental, el CONELEC controlará el cumplimiento y efectividad de los Planes de Manejo Ambiental de las empresas autorizadas para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica [48].

El CONELEC vigilará que las empresas autorizadas para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, ejecuten programas de capacitación a todo nivel, en los diferentes aspectos relacionados con la protección ambiental en el ámbito de su competencia.

El Art. 13 del Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas (RAAE) indica las obligaciones de los concesionarios y titulares de permisos y licencias para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Los Artículos del 31 al 43 de este mismo reglamento indican los procedimientos y requisitos ambientales para concesiones, permiso o licencias [47].

Los Artículos 14 y 15 del RAAE indican la Normativa aplicable para la protección ambiental. El Art. 16 indica las medidas técnicas de prevención que el CONELEC establece mediante Regulaciones.

## 3.6.2 Instrumentos Ambientales para el Desarrollo de Actividades Eléctricas

Los Artículos del 17 al 30 del RAAE indican los instrumentos ambientales para el desarrollo de actividades eléctricas: Para los efectos de aplicación de la LRSE y del RAAE, son aplicables a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, los siguientes instrumentos técnicos [47]:

- a) Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que incluye el PMA; y,
- b) Auditoría Ambiental (AA).

La Auditoría Ambiental (AA) será la herramienta para evaluar el cumplimiento y efectividad del PMA, verificar la conformidad con la normativa ambiental aplicable, y proponer las recomendaciones pertinentes, durante las fases de construcción, operación - mantenimiento y retiro de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

La Auditoría Ambiental Interna (AAI), será practicada por los concesionarios y titulares de permisos o licencias. Se realizará con la periodicidad prevista en el PMA, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 37, literal b) del RAAE.

La Auditoría Ambiental Externa (AAE), será practicada por el CONELEC directamente o a través de terceros calificados. Se realizará cuando lo estime conveniente o a solicitud del Ministerio del Ambiente, para lo cual comunicará a los concesionarios o titulares de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

permisos o licencias con la debida anticipación. El costo que genere la AAE, cuando se efectúe a través de terceros, seleccionados por el CONELEC, correrá por cuenta del concesionario o titular de permiso o licencia. Los informes resultantes de la AAE estarán a disposición de la ciudadanía.

La AAI será realizada por personal idóneo y calificado, sea por personal dependiente de la empresa o a través de consultoría. En ambos casos los auditores deberán estar inscritos en el registro al que hace referencia el artículo 7, literal h), del RAAE. Para la AAE el CONELEC seleccionará el personal idóneo, calificado e independiente. Las AA se llevarán a cabo, teniendo como base la Guía para la Preparación de AA, que el CONELEC establecerá mediante Regulaciones.

El CONELEC vigilará el cumplimiento y efectividad de los PMA que deberán ejecutar los concesionarios y titulares de permisos o licencias, así como el cumplimiento de las obligaciones ambientales establecidas en el respectivo contrato, la LRSE y sus reglamentos, según corresponda.

El CONELEC ejercerá su facultad por sí mismo o a través de terceros, a quienes encargue la realización de AAE, inspección, monitoreo o cualquier actividad de control y vigilancia.



## CAPITULO IV

### CÓMO PLANIFICAR E IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA LA CENTRAL “CARLOS MORA CARRIÓN”

“La gestión de la energía son acciones técnicas y de comportamiento que de una forma económica afectan a la organización en su objetivo de mejorar su desempeño energético. La gestión Energética significa atención sistemática a la energía con el objetivo de mejorar continuamente el desempeño energético de la empresa y mantener estos logros. Esto asegura que la empresa pase continuamente a través del ciclo de ejecutar la política (incluyendo la evaluación de objetivos), planificando acciones, implementando acciones y chequeando los resultados, revisando el progreso y cuando sea requerido, actualizando la política y objetivos” [11]

El desarrollo del presente capítulo, toma la información del Manual del Estudiante: Entrenamiento en Gestión de Energía para usuarios UNIDO [11] y la DOE eGuide for ISO 50001 Organizational Structure del Ministerio Energía de Estados Unidos de América [12].

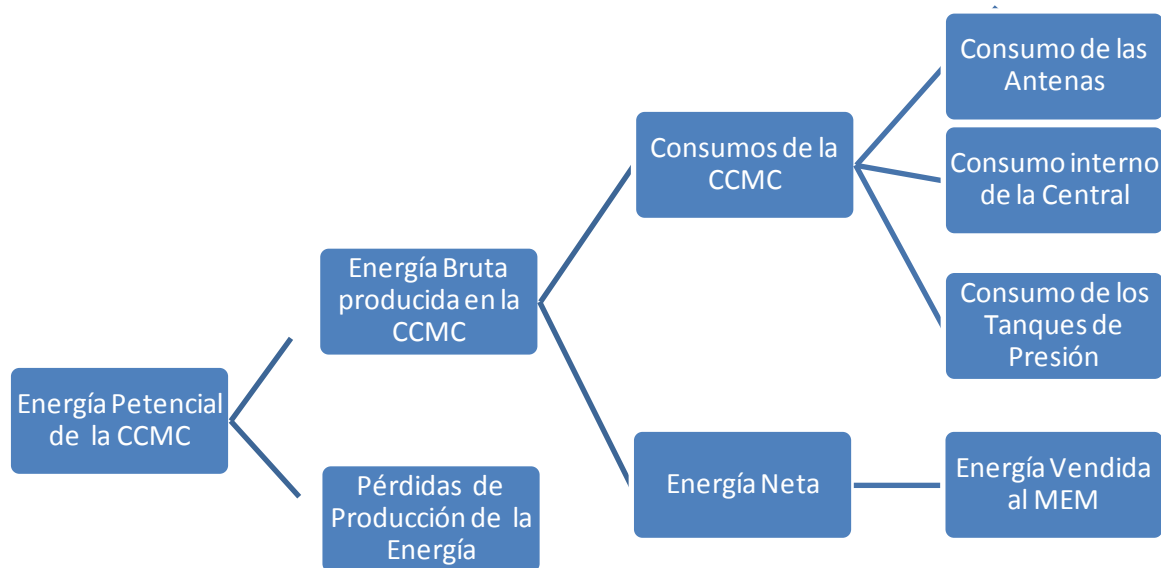


Figura 4.1 Proceso Energético de la CCMC

#### 4.1. AUTOEVALUACIÓN

Su objetivo es identificar las principales prioridades para la CCMC respecto al proceso de implementación del SGen. Las principales respuestas a las preguntas de los manuales descritos en el párrafo anterior son:

- El Presidente Ejecutivo de la EERSSA desconoce que los ahorros significativos en los costos de energía pueden ser alcanzados por simples medidas de bajo costo, sin necesidad de una inversión financiera.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- b) La Alta Dirección y Presidencia Ejecutiva no está comprometida formalmente en la reducción de costos de energía pero si existe una política energética acordada por la alta dirección que no se le hace un seguimiento de cumplimiento.
- c) Aunque se han identificado los roles, responsabilidades y autoridades, para todas las personas de la EERSSA, no se han clasificado las que tienen influencia en usos significativos de energía y por ende, no se ha documentado este asunto.
- d) No se han cuantificado y documentado formalmente los usos significativos de energía. Se lo ha hecho parcialmente cuando ha sido necesario.
- e) Nunca se ha establecido la línea base del desempeño energético, sobre la cual medir el progreso que ha realizado la CCMC.
- f) No se han identificado los indicadores o mediciones a ser usados para cuantificar el progreso en comparación a la línea base energética.
- g) Existen objetivos en materia de uso de energía pero no están ejecutados formalmente.
- h) Se ha empezado a identificar y documentar los objetivos y metas, que la CCMC tiene respecto a energía.
- i) Aún no se han establecido los planes de acción.
- j) No se ha evaluado nunca el sistema de gestión energética de la CCMC simplemente porque no existe.

En resumen, tanto la Alta Dirección como el Presidente Ejecutivo desconocen los SGEN y las ventajas que ello conlleva.

## 4.2. ASEGURAR EL COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN

Es crucial que desde la alta dirección se tenga todo el apoyo y compromiso para asegurar el éxito de la gestión energética, la conveniencia para el ahorro de energía y de costes, etc. Para esto se debe conocer y exponer lo siguiente:

### 4.2.1. Tendencias en el uso, costos energéticos, y otros aspectos relativos

Las tendencias cualitativas del uso de la energía en la CCMC han variado muy poco en los últimos años ya que su función principal es producir energía eléctrica y no de consumir energía para producir algo. Existen medidores de autoconsumo para el control y también totalizadores, estos últimos cuentan la energía bruta producida por la central y la energía vendida al MEM, cuya diferencia se toma como la energía consumida por la CCMC [49].

La energía consumida consiste en energía para iluminación, accionamientos de compuertas, tarabitas, medidores de nivel, energía eléctrica residencial para los 3 cuidadores hidráulicos, operadores y para la villa de militares (iluminación, planchado, baños y cocina), y, energía para las antenas.

De la figura 4.1., se puede deducir que la energía total consumida es la suma de los consumos de las antenas, interno de la central y del tanque de presión pero en la realidad,



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

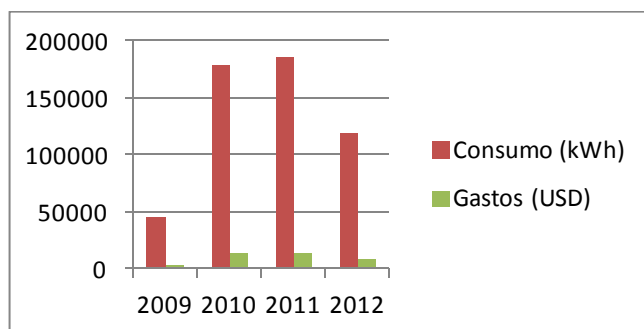
Fundada en 1867

la energía de las antenas no corresponde a un gasto energético útil para la producción de energía de la CCMC y por tanto se podría descartar.

El consumo de energía de las antenas no tiene un proceso de control adecuado y por tanto se recomienda la implementación de uno, empezando con la renovación del medidor de las antenas (en general no existe una coherencia en los datos de medidores de consumo).

**Tabla 4.1 Consumo y costos de energía de la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012 en kWh y USD, respectivamente (Energía bruta – Energía vendida al MEM)**

Mes	2009					2010				
	Energía Bruta (kWh)	Energía vendida al MEM (kWh)	Consumo (kWh)	% de energía consumida	Costos (USD)	Energía Bruta (kWh)	Energía vendida al MEM (kWh)	Consumo (kWh)	% de energía consumida	Costos (USD)
Enero	1.234.197	1233789	408	0,0	31.2528	1638769,41	1622060,5	16708,89	1,0	1296,61
Febrero	1.220.163	1219494	669	0,1	51.2454	1589738	1572465	17273,01	1,1	1340,386
Marzo	797.616	797162	454	0,1	34.7764	1402325	1386015,1	16309,91	1,2	1265,649
Abril	1.314.207	1313344	863	0,1	66.1098	1724880	1705234	19645,96	1,1	1524,526
Mayo	1.625.983	1625238	745	0,0	57.067	1749244	1729776,1	19467,89	1,1	1510,708
Junio	1.356.096	1354227	1.869	0,1	143.1757	1680590	1662578,9	18011,07	1,1	1397,659
Julio	1.592.622	1591006	1.616	0,1	123.7605	1757558	1738456,7	19101,32	1,1	1482,262
Agosto	1.564.508	1555466	9.041	0,6	692.5479	503813	497943	5870	1,2	455,512
Septiembre	1.495.792	1488247	7.545	0,5	577.9251	801544,149	790735,05	10809,1	1,3	838,7862
Octubre	1.255.252	1248498	6.754	0,5	517.3827	1115369,35	1104773,7	10595,64	0,9	822,2215
Noviembre	1.398.319	1392829	5.490	0,4	420.534	846754	833121,76	13632,24	1,6	1057,862
Diciembre	1.553.585	1543143	10.442	0,7	799.8572	793378,296	781455,7	11922,6	1,5	925,1937
<b>Total</b>	<b>16.408.339</b>	<b>16362443</b>	<b>45.896</b>	<b>0,3</b>	<b>3515,634</b>	<b>15603963,2</b>	<b>15424616</b>	<b>179347,6</b>	<b>1,1</b>	<b>13917,38</b>
Mes	2011					2012				
	Energía Bruta (kWh)	Energía vendida al MEM (kWh)	Consumo (kWh)	% de energía consumida	Costos (USD)	Energía Bruta (kWh)	Energía vendida al MEM (kWh)	Consumo (kWh)	% de energía consumida	Costos (USD)
Enero	981722,04	967600,3	14121,72	1,4	1101,495	1.729.310	1.713.429	15880,87	0,9	1238,708
Febrero	1389160	1373991	15168,78	1,1	1183,165	1.614.684	1.594.933	19751,24	1,2	1540,597
Marzo	965799	952718,9	13080,11	1,4	1020,249	1.671.183	1.650.987	20195,59	1,2	1575,256
Abril	1552906	1536955	15951,5	1,0	1244,217	1.724.964	1.704.121	20842,92	1,2	1625,748
Mayo	1724947	1706878	18069,4	1,0	1409,413	1.720.590	1.699.253	21337,38	1,2	1664,316
Junio	1679171	1661658	17513,28	1,0	1366,036	1.670.668	1.650.073	20594,89	1,2	1606,401
Julio	1781556	1763799	17756,66	1,0	1385,019					
Agosto	1771470	1753835	17634,54	1,0	1375,494					
Septiembre	1137610	1122296	15313,52	1,3	1194,455					
Octubre	1491022	1477468	13554,34	0,9	1057,238					
Noviembre	1077086	1062727	14358,69	1,3	1119,978					
Diciembre	1290457	1276495	13962,09	1,1	1089,043					
<b>Total</b>	<b>16842906</b>	<b>16656421</b>	<b>186484,6</b>	<b>1,1</b>	<b>14545,8</b>	<b>10.131.399</b>	<b>10.012.796</b>	<b>118602,9</b>	<b>1,2</b>	<b>9251,026</b>



**Gráfico 4.1. Consumo kWh en la CCMC (Energía bruta-Energía vendida al MEM) del 2009 al primer semestre del 2012**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

a. Considerando el consumo de energía en la Central como la Energía bruta producida menos la Energía vendida al MEM (Consumo de energía eléctrica I), para el año 2009 asciende a 45 896,01 kWh [13], que según la tabla de precios medios a clientes finales de las distribuidoras CONELEC (Tabla 4.6) da un costo de \$ 3 515,6; para el 2010 asciende a 179 347,62 kWh con un costo de \$ 13 917,38; para el 2011 fue de 186 484,64 kWh con un costo de \$ 14 545,80. Para el primer semestre del 2012, las pérdidas ascienden a 118 603 kWh con un costo de \$ 9 251 (consumos más altos que el promedio del 2011 y por ende se proyecta superior al 2011).

El salto brusco del aparente consumo interno de energía del 2009 al 2010 (290,77%) se debe principalmente a que hasta el 2009 se realizaba una estimación y desde este año en adelante se instalaron medidores electrónicos que proporcionan datos más reales; del 2010 al 2011 existe un incremento de 7137,02 kWh que representa un crecimiento del 4%. ¿Por qué estas pérdidas energéticas aumentan desde el 2010? ¿Cómo las controlamos?

b. El consumo interno de energía eléctrica en la CCMC considerando los medidores de autoconsumo (Consumo de energía eléctrica II) es el siguiente:

Tabla 4.2 Consumos mensuales (según medidores de autoconsumo) kWh del 2009 al primer semestre del 2012

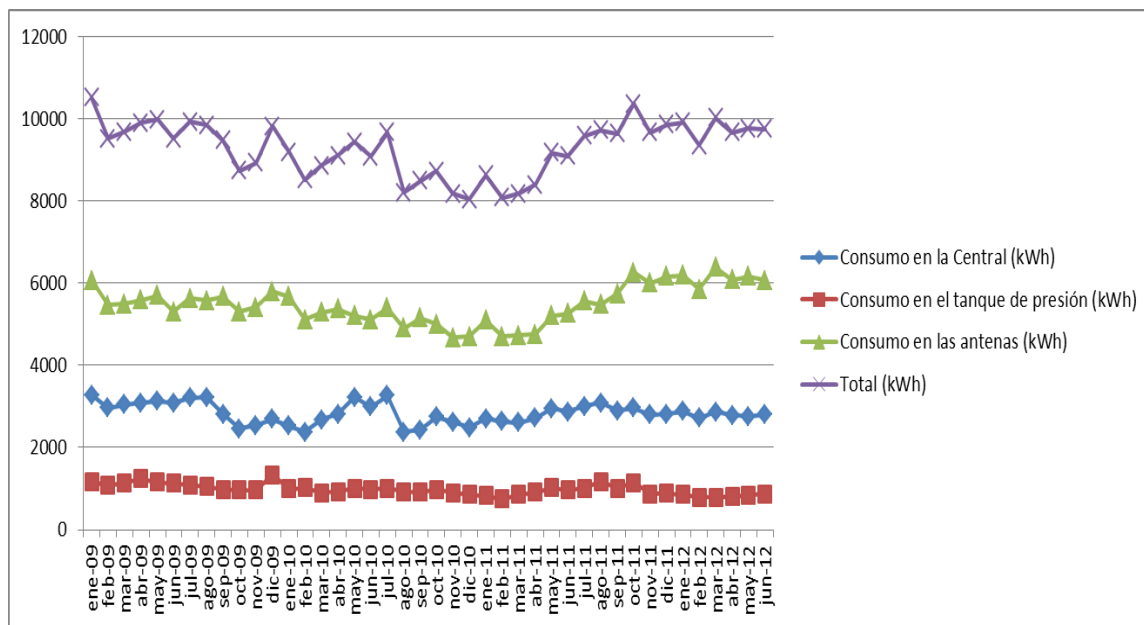
Mes	Consumo en la Central (kWh)	Consumo en el tanque de presión (kWh)	Consumo en las antenas (kWh)	Total (kWh)	Energía Bruta Producida (kWh)	% de la Energía Producida
ene-09	3277	1172	6063	10512	1234197,00	0,85
feb-09	2964	1075	5463	9502	1220163,00	0,78
mar-09	3046	1145	5487	9678	797616,00	<b>1,21</b>
abr-09	3080	1232	5585	9897	1314206,67	0,75
may-09	3126	1150	5694	9970	1625983,00	0,61
jun-09	3082	1135	5297	9515	1356096,13	0,70
jul-09	3207	1090	5621	9918	1592621,67	0,62
ago-09	3215	1050	5572	9837	1564507,57	0,63
sep-09	2810	984	5669	9463	1495791,71	0,63
oct-09	2460	969	5301	8730	1255252,00	0,70
nov-09	2542	969	5414	8925	1398319,00	0,64
dic-09	2683	1338	5788	9809	1553585,00	0,63
ene-10	2525	990	<b>5666</b>	9181	1638769,41	0,56
feb-10	2379	1023	5111	8513	1589738,00	0,54
mar-10	2675	900	5278	8853	1402325,00	0,63
abr-10	2809	925	5360	9094	1724880,00	0,53
may-10	3220	1000	5203	9423	1749244,00	0,54
jun-10	2982	983	5106	9071	1680590,00	0,54
jul-10	3259	1009	5387	9655	1757558,00	0,55
ago-10	2379	918	4895	8192	503813,00	<b>1,63</b>
sep-10	2433	906	5150	8489	801544,15	<b>1,06</b>
oct-10	2739	985	4998	8722	1115369,35	0,78



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

nov-10	2618	892	4665	8175	846754,00	0,97
dic-10	2481	854	4702	8037	793378,30	<b>1,01</b>
ene-11	2703	824	5096	8623	981722,04	0,88
feb-11	2631	748	4690	8069	1389160,00	0,58
mar-11	2602	849	4722	8173	965799,00	0,85
abr-11	2719	913	4749	8381	1552906,00	0,54
may-11	2945	1016	5203	9164	1724947,00	0,53
jun-11	2864	968	5253	9085	1679171,00	0,54
jul-11	3001	1012	5559	9572	1781556,00	0,54
ago-11	3079	1166	5474	9719	1771470,00	0,55
sep-11	2893	1003	5737	9633	1137610,00	0,85
oct-11	2962	1142	6251	10355	1491022,00	0,69
nov-11	2801	872	5989	9662	1077086,00	0,90
dic-11	2814	882	6.153	9849	1290457,00	0,76
ene-12	2872	855	6180	9907	1729310,00	0,57
feb-12	2709	793	5844	9346	1614684,00	0,58
mar-12	2860	782	6375	10017	1671183,00	0,60
abr-12	2779	803	6076	9658	1724964,00	0,56
may-12	2752	838	6162	9752	1720590,00	0,57
jun-12	2803	866	6067	9736	1670668,00	0,58



**Gráfico 4.2. Consumos mensuales de energía eléctrica en kWh según medidores de autoconsumo**

El valor del consumo total de la CCMC expresado en porcentaje anual en relación a la energía bruta producida, se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 4.3 Pérdidas energéticas en porcentaje anual respecto a la producción bruta de la CCMC**

**Pérdidas Energéticas en producción de energía en la CCMC**

Ing. Stalin Eduardo Cuenca Mendieta  
 Email: [acerval@yahoo.com](mailto:acerval@yahoo.com)  
 Loja, Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Año	Pérdidas (kWh)	Costos (\$)	Energía Bruta (kWh)	% de pérdidas totales respecto a la Energía Bruta
2009	45896	3516	16408339	0,28
2010	179348	13917	15603963	1,15
2011	186485	14546	16842906	1,11
2012	118603	9251	10131399	1,17

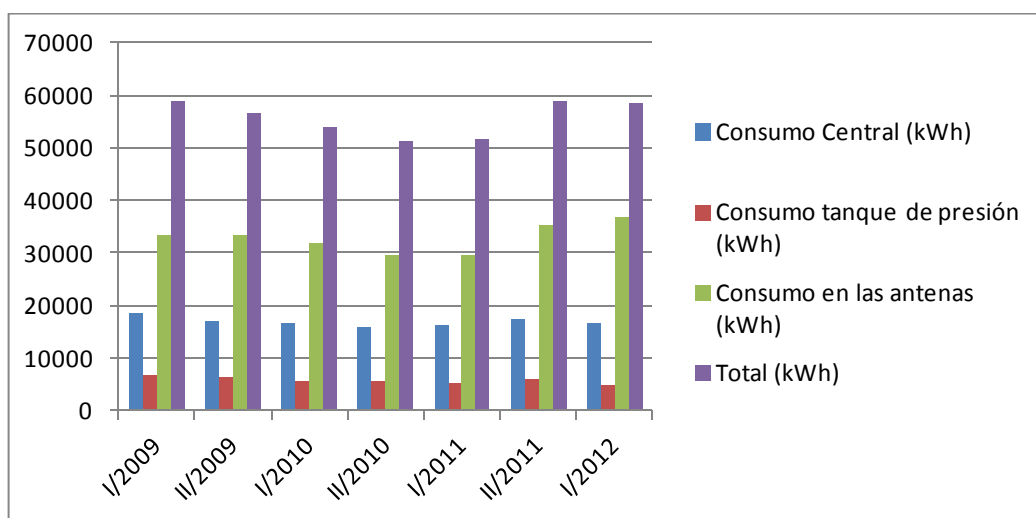


Gráfico 4.3 Consumos semestrales de energía eléctrica en kWh según medidores de autoconsumo

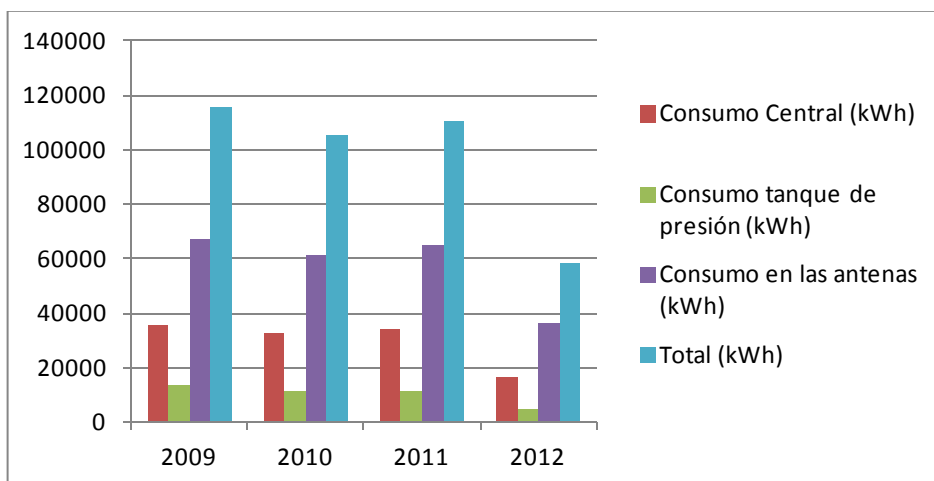


Gráfico 4.4 Consumo de energía eléctrica anual de la CCMC y antenas en kWh según medidores de autoconsumo desde el 2009 al primer semestre del 2012



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

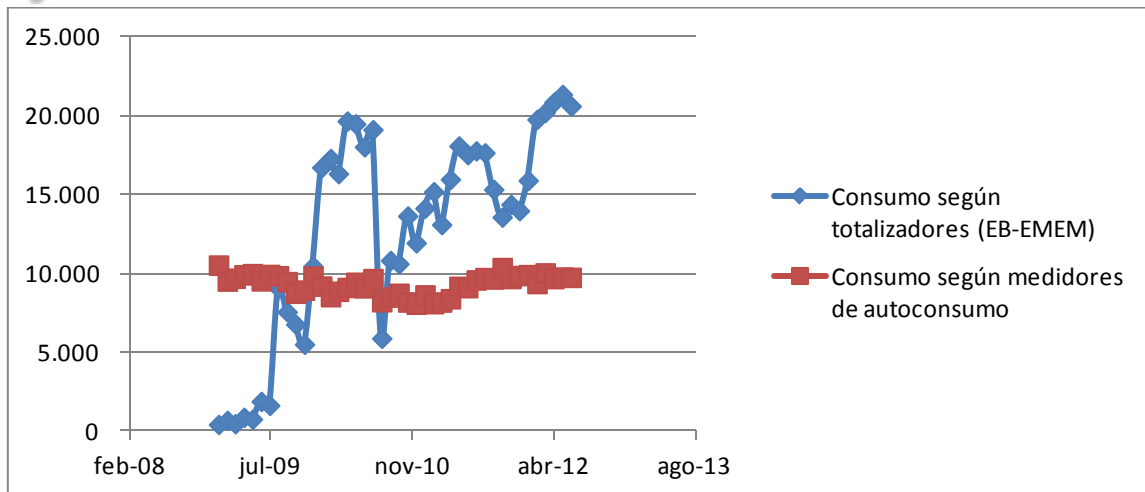


Grafico 4.5. Consumos de la CCMC

Al ser el consumo energético interno la diferencia entre energía bruta y la energía vendida al MEM diferente de la energía consumida según los medidores de autoconsumo, se concluye que existen graves errores en el control del consumo energético que deben corregirse.

El análisis de los datos de consumo de energía eléctrica basado en los medidores de autoconsumo de la CCMC y antenas aunque son porcentualmente bajos respecto a la generación bruta (Tabla 4.3), muestran que se tiene poco o ningún interés en su control ya que casi todos los meses de los años desde el 2009 al primer semestre del 2012 existe una falta de consideración del consumo de las antenas (que es el mayor en el consumo total).

Existen errores de medición, registro o falla del medidor en la central y antenas debido a que los datos registrados en las hojas de cálculo no son todos los días de los meses consistentes con los de los medidores de consumo. Por último, se deben cambiar los medidores de consumo especialmente de las antenas y elaborar un proceso de control y pago de ésta energía gastada.

**c. Otros consumos energéticos.-** Los tableros de control se accionan por bancos de baterías, el uno por cinco baterías de 12 V e Intensidad máx. de 150 A y el otro por 10 baterías de las mismas características del primero, y son remplazados cada 3 años. Estas baterías están de respaldo ante la falta de generación.

Se estima en promedio un gasto de 30 galones mensuales de gasolina por traslado del Jefe de Planta a la Central y para desbrozadoras, dando un gasto anual de \$ 471,3. Estos datos no tienen registro.

**d. Otros aspectos energéticos relativos.-** La mejora de eficiencia energética y los correspondientes beneficios de producción se podrían lograr si se mejora la automatización de la CCMC para el control de caudales; automatizando además de las válvulas principales de entrada a las turbinas, las compuertas de las bocatomas de San Francisco y San Ramón para optimizar el rebote de los tanques de presión en especial el de San Francisco pudiéndose incorporar una nueva turbina (repotenciación de la central) o al menos un molino





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

hidráulico comunitario, según las condiciones del caudal. Para esto, adicionalmente se necesita un estudio detallado de los caudales y rebotes del tanque de presión de San Francisco y afluentes de la central.

Considerando la inversión de nuevos equipos (rehabilitación de la central), la mejora en eficiencia energética y su consecuente aumento de producción de energía eléctrica se podría lograr si se cambian las turbinas, generadores y equipos complementarios por unos modernos más eficientes o de alto rendimiento ya que los que están montados en los grupos generadores tienen tecnologías perteneciente a los años de 1950 hasta 1970; complementariamente si se automatizan las compuertas de entrada principales a las turbinas y se cambian los reguladores de velocidad (gobernadores) con unos electrónicos de respuesta inmediata se ganaría tiempo de disponibilidad de los grupos generadores. Se requiere realizar un estudio económico financiero de cambio de estos equipos para probar la factibilidad empezando por los estudios de caudales (asunto ajeno al alcance de esta tesis).

Resumiendo en una simple oración, lo que puede hacer un SGE para la CCMC: La gestión energética disminuirá el consumo de energía y mejorará la producción de energía en la Central. Esto se justificará cuando se compruebe el potencial de mejoramiento por pérdidas y consumos solo por gestión y considerando un estudio aproximado con inversiones tecnológicas.

Los tres principales beneficios que la Central recibirá son: 1) Priorizar las oportunidades de ahorro de energía de las operaciones diarias (sin costo o de bajos costos). 2) Incremento en la concienciación energética entre los trabajadores de la empresa y su mayor participación. 3) Mejora de las eficiencias operacionales y de producción de energía.

#### **4.2.2. Estimaciones de datos de ahorro desde datos de medidores de ahorro genéricos**

Para el presente, no se consideran por no existir estos y por la dificultad en la adquisición.

#### **4.2.3. Comparación de los datos con el sector Industrial al que pertenece la empresa**

De los registros de producción de energía de la central y de los registros de mantenimiento de sus instalaciones y grupos de generación se puede notar que encajan dentro de lo previsto por los manuales de operación y mantenimiento de la CCMC [22] y otros manuales generales para las pequeñas centrales hidroeléctricas, además, son comparables con otras pequeñas centrales hidroeléctricas en buen estado del país.

Un breve análisis con índices de rehabilitación y repotenciación (que aún no sugieren la rehabilitación o repotenciación de la CCMC) que se hará posteriormente justificará este punto.

#### **4.2.4. Casos de estudio describiendo los logros de la gestión energética.**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

A continuación se describe un caso exitoso de aplicación de la norma ISO 50001 a un SGE<sub>n</sub>, conforme lo indica [11]. **Schneider Electric, primera certificación ISO 50001 (caso práctico)** Tomado de <http://www.infocalidad.net/> [16].



*Figura 4.2. Le Hive, primer edificio mundial en conseguir certificación ISO 50001*

La sede central de Schneider Electric, conocida como **Le Hive**, ha sido el **primer edificio en el mundo en conseguir la nueva certificación ISO 50001**, que establece los criterios de gestión eficiente de la energía para plantas industriales e instalaciones comerciales. Schneider Electric, tiene el compromiso de aumentar de manera continuada la eficiencia energética en todos sus edificios, reduciendo su impacto medioambiental y aumentando el confort para sus usuarios.

Para dar respuesta a los nuevos requerimientos Schneider Electric empezó a adaptar sus sistemas de gestión de la energía en el 2010, basándose en varios borradores de la certificación. El cumplimiento de la ISO 50001 ha sido reconocido con una **certificación AENOR**, de la organización de mismo nombre líder en certificaciones de Francia y una de las de mayor reputación en el ranking de organizaciones certificadoras a nivel mundial.

La media de consumo eléctrico de un edificio de oficinas de París es de 400 kilovatios-hora por metro cuadrado al año. La Unión Europea ha fijado que todos los edificios reduzcan su consumo a 50 kilovatios-hora por metro cuadrado al año para el 2030. **Schneider Electric ha reducido el consumo eléctrico de sus oficinas centrales de 300 a 65 kilovatios-hora por metro cuadrado.** El conjunto de edificios, que agrupa 6 emplazamientos que tenía Schneider Electric en París anteriormente, tiene 35000 m<sup>2</sup> de superficie y 1700 trabajadores.

Para lograr esta eficiencia energética, Schneider Electric desarrolló **EcoStruxure**, la arquitectura que integra todos los sistemas de gestión de los edificios, por ejemplo, recopila y analiza datos, en tiempo real de las pautas de consumo eléctrico de los edificios. Con la instalación del software y hardware adecuados, todo esto puede ser controlado desde un ordenador portátil o un smart phone. De esta manera, el sistema de calefacción, el aire acondicionado, el sistema de gestión de la iluminación, el sistema de seguridad, el control de incendios, el equipo de vigilancia, el sistema informático, y la ventilación (que anteriormente tenían sus sistemas de control independientes) se integran en un sistema de gestión integral del edificio y con un único punto de control.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



*Figura 4.3. Instalaciones del software-hardware para controlar la eficiencia energética*

Además de esto, cada trabajador dispone de una tarjeta con un sistema de radiofrecuencia que permite saber dónde está éste en cada momento y ajustar los sistemas de iluminación y climatización. Por ejemplo, si un trabajador sale de la oficina a la hora de la comida, la luz y el aire acondicionado se apagan automáticamente. Cuando vuelve, los parámetros que él ha definido anteriormente se activan al momento. Existen otros sensores que hacen que la luz artificial aumente o disminuya según la luz solar disponible. De forma similar, un sistema automático de persianas se ajusta automáticamente en concordancia con las necesidades de climatización e iluminación. Si las persianas están abiertas y la luz del sol entra directamente, entonces el sistema de iluminación se atenúa a la cantidad necesaria para mantener un entorno agradable.

Volviendo a nuestro tema, los requerimientos mínimos para demostrar el compromiso de la alta dirección son:

- a. Establecer una política energética (implementarla y mantenerla);
- b. Designar al representante de la dirección (e identificar el personal clave requerido para desarrollar e implementar exitosamente el SGE en la empresa).
- c. Proveer los recursos necesarios (tiempo, presupuesto, personal, e información);
- d. Comunicar la importancia de la gestión energética a toda la Empresa;
- e. Establecer los objetivos y las metas de energía;
- f. Tomar decisiones tan pronto sean requeridas para ayudar a las mejoras en el desempeño energético.
- g. Realizar las revisiones por la dirección.

Tener todo el soporte y compromiso de la alta dirección no significa que otras prioridades de la empresa estén comprometidas también. Significa que los problemas de desempeño energético están correctamente priorizados y encajan dentro de todos los objetivos y desafíos empresariales.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 4.3. CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE NEGOCIO PARA LA CCMC

Para el compromiso de la alta dirección en el que consta el Presidente Ejecutivo, este último pedirá información sobre la condición actual de la situación energética de la CCMC. Sólo si la alta dirección se convence de que habrá un beneficio en la situación energética tomará la decisión de implementar un sistema de gestión energético, dando el punto de partida para el desarrollo de la política de gestión energética.

### 4.3.1. Información para construir el caso de negocio:

#### a. Cantidad total de energía consumida en la central desde el 2009 al primer semestre del 2012

- **Consumo de energía eléctrica I:** Este consumo es la diferencia entre la producción bruta y la energía vendida al MEM y se describió en la tabla 4.1.
- **Consumo de energía eléctrica II:** Esta dada por los medidores de autoconsumo de la central, del tanque de presión y de las antenas. Los resultados están descritos en la tabla 4.2.

El consumo de combustibles no se lo ha registrado pero se aproxima a 30 galones mensuales (correspondientes a combustible para la camioneta de Jefatura de la central a combustible para las desbrozadoras y para limpieza y mantenimiento de los grupos generadores), o sea 360 gal/año desde el 2009 al 2011.

#### b. Precios de combustible y de energía

Tabla 4.4 Precios de los combustibles, fuente Petrocomercial

### Precios en Terminal - Distribuido por sectores

Sector: Sector Automotriz

Vigencia: VIGENCIA : DEL 19 AL 25 DE JULIO DE 2012

Productos	Precios USD/Glns	Decreto Ejecutivo 338
Gasolina Extra	1.309168	Art. 7
Gasolina Súper	1.68	Art. 7
Diesel 2	0.900704	Art. 7
Diesel Premium	0.900704	Art. 7

Productos	Precios USD/KG	Decreto Ejecutivo 338
GLP Vehicular	0.188384	Art. 7



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 4.5. Precios medios a clientes finales en el Ecuador (fuente CONELEC 2012)**

Precios medios a clientes finales de distribuidoras (USD ¢/kWh)												
Año	Residencial		Comercial		Industrial		A. Público		Otros		Medio	Variación (%)
	Precio Medio	Variación (%)	Precio Medio	Variación (%)	Precio Medio	Variación (%)	Precio Medio	Variación (%)	Precio Medio	Variación (%)		
1999	5,01		3,68		3,62		5,12		3,87		4,30	
2000	3,64	-27,37%	3,49	-5,32%	3,52	-2,65%	3,95	-22,85%	3,66	-5,49%	3,61	-16,21%
2001	5,95	63,73%	6,41	83,87%	6,83	93,83%	6,78	71,76%	6,79	85,86%	6,43	78,29%
2002	8,66	45,51%	8,03	25,23%	6,50	-4,89%	10,07	48,54%	8,37	23,21%	8,01	24,64%
2003	9,46	9,14%	8,11	1,01%	5,87	-9,71%	11,24	11,58%	8,21	-1,91%	8,19	2,28%
2004	9,83	3,93%	7,33	-9,56%	4,66	-20,50%	11,49	2,30%	7,72	-6,03%	7,79	-4,94%
2005	9,73	-0,96%	6,71	-8,54%	4,14	-11,26%	10,97	-4,58%	7,56	-2,00%	7,38	-5,32%
2006	9,77	0,41%	6,67	-0,52%	3,89	-5,93%	11,59	5,65%	7,31	-3,35%	7,29	-1,22%
2007	9,64	-1,39%	6,84	2,59%	3,99	2,49%	11,97	3,30%	7,35	0,62%	7,38	1,31%
2008	9,36	-2,92%	7,54	10,15%	4,34	8,74%	11,40	-4,78%	7,08	-3,74%	7,49	1,53%
2009	9,04	-3,34%	7,73	2,58%	5,65	30,28%	10,52	-7,66%	7,06	-0,25%	7,66	2,26%
2010	9,22	1,93%	7,84	1,46%	6,07	7,43%	9,86	-6,31%	5,86	-16,96%	7,76	1,20%
2011	9,42	0,29%	7,83	-0,09%	5,96	0,16%	10,17	-0,01%	6,19	-0,94%	7,80	0,03%
2012*	9,33	-0,99%	7,86	0,41%	6,08	1,90%	10,08	-0,80%	5,98	-3,30%	7,80	0,02%

**c. Datos de producción para propósitos de conocer las tasas de crecimiento o reducción en el futuro**

**Tabla 4.6. Datos proporcionados por el Ing. Jorge Benavidez de un estudio preliminar de caudales de la CCMC**

Fecha	Río San Francisco (m3/s)	Trasvase quebrada Zurita (m3/s)	Total (m3/s)	Canal San francisco (m3/s)	Caudal del río Sanfrancisco en las instalaciones de la CCMC (m3/s)	Diferencia con Caudal Ecológico (m3/s)	Diferencia con Caudales de Diseño y Ecológico (m3/s)
abr-07	4,1	0,49	4,59	2,41	2,18	1,77	2,0244118
may-07	4,47	0,62	5,09	2,5	2,59	2,18	2,5244118
jun-07	7,61	1	8,61	2,43	6,18	5,77	6,0444118
jul-07	4,29	0,62	4,91	2,13	2,78	2,37	2,3444118
ago-07	3,79	0,71	4,5	2,22	2,28	1,87	1,9344118
sep-07	2,99	0,54	3,53	2,31	1,22	0,81	0,9644118
oct-07	2,33	0,52	2,85	2,04	0,81	0,4	0,2844118
nov-07	5,28	0,75	6,03	2,04	3,99	3,58	3,4644118
dic-07	1,84	0,73	2,57	2,34	<b>0,23</b>	<b>-0,18</b>	0,0044118
ene-08	1,84	0,64	2,48	2,31	<b>0,17</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,0855882</b>
feb-08	3,14	1,1	4,24	2,42	1,82	1,41	1,6744118
mar-08	1,57	0,71	2,28	1,3	0,98	0,57	<b>-0,2855882</b>
abr-08	1,9	0,68	2,58	0,37	2,21	1,8	0,0144118
may-08	2,07	0,85	2,92	1,75	1,17	0,76	0,3544118
jun-08	2,54	0,53	3,07	2,01	1,06	0,65	0,5044118
jul-08	4,29	0,7	4,99	2,01	2,98	2,57	2,4244118
ago-08	3,01	0,7	3,71	2,01	1,7	1,29	1,1444118
		PROMEDIO	4,05588235				
		CAUDAL ECOLÓGICO	0,40558824				



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 4.7. Producción de energía de la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012**

Año	2009	2010	2011	2012
Mes	Energía producida kWh			
Enero	1234197,00	1638769,41	981722,04	1729310,00
Febrero	1220163,00	1589738,00	1389160,00	1614684,00
Marzo	797616,00	1402325,00	965799,00	1671183,00
Abril	1314206,67	1724880,00	1552906,00	1724964,00
Mayo	1625983,00	1749244,00	1724947,00	1720590,00
Junio	1356096,13	1680590,00	1679171,00	1670668,00
Julio	1592621,67	1757558,00	1781556,00	
Agosto	1564507,57	503813,00	1771470,00	
Septiembre	1495791,71	801544,15	1137610,00	
Octubre	1255252,00	1115369,35	1491022,00	
Noviembre	1398319,00	846754,00	1077086,00	
Diciembre	1553585,00	793378,30	1290457,00	
<b>Total</b>	<b>16408338,76</b>	<b>15603963,20</b>	<b>16842906,04</b>	<b>10131399,00</b>

**d. Potencial de mejora de eficiencia energética y ahorro de energía y los beneficios operacionales correspondientes son:**

- **Ahorro del consumo de energía eléctrica I.-** De la tabla 4.1 y gráfico 4.1., se debe determinar la causa real del aumento de la diferencia entre energía bruta producida y energía vendida al MEM desde el 2009. El análisis según estos datos se lo hará en el punto 4.3.2.2.
- **Ahorro de consumo de energía eléctrica II.-** De la tabla 4.7 y la gráfico 4.2, es necesario determinar la causa real del consumo en las instalaciones de la central y antenas cada año (desde el 2009), estos se hará en el punto 4.3.2.2.

**Tabla 4.8. Consumos anuales de energía en la CCMC del 2009 al primer semestre del 2012**

Año	Consumo Central (kWh)	Consumo tanque de presión (kWh)	Consumo en las antenas (kWh)	Total (kWh)
2009	35492	13309	66954	115755
2010	32499	11385	61521	105405
2011	34014	11395	64876	110285
2012	16775	4937	36704	58416

- **La renovación o modernización (rehabilitación) y la repotenciación de la CCMC.-** Requiere de un estudio preliminar tomando en cuenta lo siguiente [17]:





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 4.9 Condiciones necesarias para rehabilitación y/o repotenciación de pequeñas centrales hidroeléctricas (Acuña Herrera Yiselle 2009)**

CONDICIONES NECESARIAS PARA LA REHABILITACIÓN Y/O REPONTENCIACIÓN DE LA CENTRAL CCMC SEGÚN ACUÑA H.		
No.	Condición	Observación
1	Verificación de existencia del mercado para la venta de energía según el crecimiento de la demanda e interconexión eléctrica	Cumple
2	Establecer si la energía hidráulica anual asociada al caudal de la fuente de agua instalada en la planta es suficiente o si es posible un incremento en dicha capacidad	*Estudios preliminares y uno está ejecutandose
3	Establecer el estado de la obra civil y los costos necesarios para la reparación y/o adecuación	Cumple
4	Caracterización de la CCMC o recopilación de información técnica (del fabricante, informes técnicos de inspección y pruebas, y registros de operación y mantenimiento)	Por tratar ahora
5	Recopilación de información técnica de campo (inspección de los equipos)	Cumple y se tratará ahora

## 4.3.2 Pre-auditoría Energética de la CCMC

Esta parte resume el proceso de la pre-auditoría energética de la CCMC para la factibilidad de implementación de la norma ISO 50001. Como se indicó anteriormente, no se considera el detalle del consumo energético de las antenas ya que es un gasto parásito que no sirve para la producción de energía eléctrica de la central sino para atender los requerimientos energéticos de antenas que transmiten señales de radio y televisión en la parte sur del país.

Para una futura auditoría y considerando el alcance de la norma ISO 50001, se pueden utilizar fichas de levantamiento de la información conformada por los siguientes campos: datos generales, aspectos constructivos, sistemas de iluminación y sistemas de potencia; estas fichas se adjuntan en Anexos.

Para el presente, se considera la pre-auditoría energética de la CCMC como una auditoría de paso, la auditoría energética será ejecutada obligatoriamente cada período para evaluar la gestión de la energía en la CCMC.

### 4.3.2.1 Metodología que se seguirá

Con el fin de determinar y monitorear parámetros significativos de calidad o de la condición media de los elementos que se auditaran en la fase de implementación del SGen, se tomarán como referencia las normas nacionales vigentes relacionadas con eficiencia energética que se describen en los anexos 1.

Para minimizar errores por subjetividad, la información a monitorear debe ser técnicamente explicable, y, de fácil percepción para los usuarios y para el auditor.

### 4.3.2.2. Planificación



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- **Ahorro del consumo energético y Eficiencia Energética**

Primero, al considerar que los instrumentos de medición de la energía tanto bruta como la vendida al MEM tienen limitaciones o desajustes, esto requiere la contrastación y recalibración de estos con un instrumento patrón, luego de la cual, si no se superan los problemas se deben reemplazar por otros nuevos o en buen estado (se recomienda la adquisición e instalación de medidores inteligentes de tecnología actualizada).

Es necesario también comprobar que la diferencia entre la energía bruta y la vendida al MEM, sea aproximadamente igual a la suma de los consumos totales de la CCMC y antenas integrando los instrumentos de medida de energía bajo el SCADA.

La segunda consideración y luego de haber realizado la primera es que existan pérdidas o fugas de energía que aún no se han considerado y que deben de analizarse a fondo y puntualmente para corregirlas (con una auditoría energética completa).

Para comenzar el análisis de ahorro energético se deben renovar los medidores de autoconsumo que actualmente son electro-mecánicos por otros electrónicos modernos o inteligentes para realizar las mediciones y revisiones de consumo energético reales.

Los consumos más elevados corresponden al de las antenas que es un consumo parásito que no es útil para la producción de la CCMC. De todas formas se sugiere reparar, reajustar/calibrar o cambiar el medidor de consumo de las antenas y elaborar un proceso de control y pago de ésta energía gastada.

El segundo consumo más elevado es el consumo de la Central que se basa en gastos energéticos por iluminación, electrodomésticos de los operadores y oficinas (computadoras, televisores, refrigeradores, duchas eléctricas, hornillas eléctricas, etc.).

Haciendo el análisis de desempeño energético de la CCMC, se tienen tres aspectos generales que se debe considerar: a) los caudales, energía potencial y energía bruta para determinar las pérdidas energéticas en la producción de energía, b) los consumos según totalizadores y energía bruta y, c) los consumos según medidores de autoconsumo y energía bruta. La tabla 4.6 contiene valores de caudales de los afluentes principales para la CCMC, sin considerar la quebrada San Ramón, por lo tanto, la energía potencial calculada no será exacta, además hay que tener en cuenta que los caudales medidos no corresponden al de ingreso a la tubería de presión sino, a los tanques de presión y por ende, se pierde energía potencia por rebote o por mantenimientos imprevistos o planificados.

Por lo indicado en los párrafos iniciales de este apartado, los datos para analizar el desempeño energético de la CCMC no son confiables, pero se analizará conforme lo indican los manuales [11], [12] y [53] sin considerar estrictamente los valores de correlación entre las variables. Un análisis más preciso requiere de datos más confiables con instrumentos y equipos adecuados, que no es el alcance de este estudio pero que deja una referencia básica para un futuro estudio.



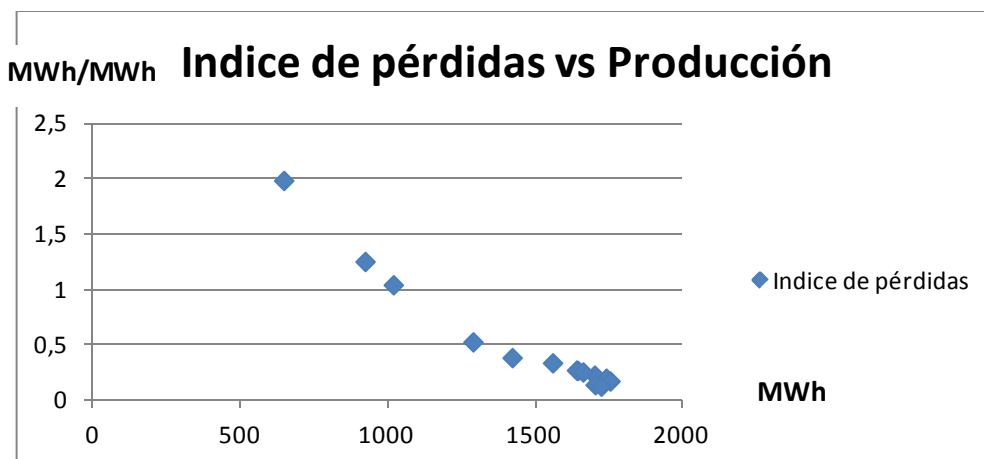
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 4.10. Rendimiento aproximado e índice de pérdidas en la producción de la CCMC**

Fecha	Energía Bruta (MWh)	Energía Potencial (MWh)	Pérdidas de producción (MWh)	Índice de pérdidas	Rendimiento total aprox. (%)
abr-07	1704,075	2081,763	377,687726	0,221638	81,85731152
may-07	1743,488	2081,763	338,274726	0,194022	83,75056282
jun-07	1643,019	2081,763	438,743726	0,267035	78,92441243
jul-07	1756,977	2052,849	295,872355	0,168399	85,58723491
ago-07	1561,977	2081,763	519,785726	0,332774	75,03146157
sep-07	1647,272	2081,763	434,490726	0,263764	79,12871045
oct-07	1424,91	1966,109	541,199242	0,379813	72,47359251
nov-07	1292,106	1966,109	674,003242	0,521632	65,71893223
dic-07	926,289	2081,763	1155,47373	1,247422	44,49541671
feb-08	1021,982	2081,763	1059,78073	1,036986	49,09214614
mar-08	1664,895	2081,763	416,867726	0,250387	79,97525265
jun-08	650	1937,196	1286,80587	1,978514	33,57378621
jul-08	1706,14	1937,196	231,05587	0,135426	88,07266349
ago-08	1726,404	1937,196	210,79187	0,122099	89,11871156
Promed.					59,22354089

De la tabla 4.6 de caudales afluentes para al CCMC y con filtrado de datos, se obtiene la tabla 4.10 y con ellos el resultado gráfico del índice de pérdidas vs la producción:



**Gráfica 4.6. Índice de pérdidas Vs Producción**

Se tiene una curva adecuada para el análisis [53] (estos puntos no consideran el afluente secundario de la quebrada San Ramón ni paradas imprevistas de generación por mantenimiento correctivo o agua inadecuada para generación o por mantenimiento planificado).





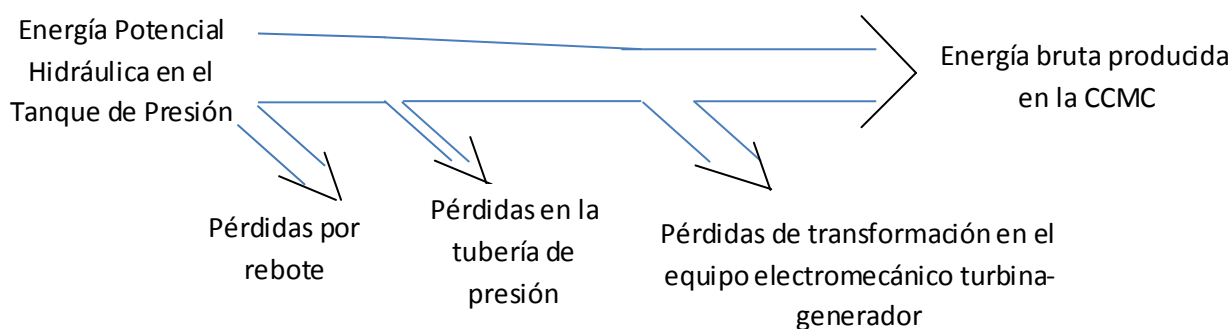
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

SEUs 1.- Las pérdidas en línea de producción de energía eléctrica desde el tanque de presión hasta la salida de los generadores (pérdidas por bajo rendimiento o eficiencia).

SEUs 2.- Los consumos energéticos de las antenas y de la central, según grafica 4.4. y/o según totalizadores.

Conocido el SEUs, se identifica el factor o variable significativa que tiene influencia directa, en estos casos, para SEU1 y de la tabla 4.10., las variables significativas son el caudal afluente para la CCMC (variable entorno-explotación) y las pérdidas energéticas del conjunto electromecánico (turbina-generator) y tubería de presión, que es una variable entorno-instalación. Por definición, las variables de entorno son variables que no pueden o no deben ser modificadas en condiciones normales de operación, las variables de explotación además son determinadas por las necesidades de operación del proceso y deben siempre respetarse sus valores asignados. Las variables de instalación dependen del estado físico de la instalación o de las condiciones del medio.



**Figura 4.4. Pérdidas energéticas significativas en la línea de producción de Energía Eléctrica de la CCMC**

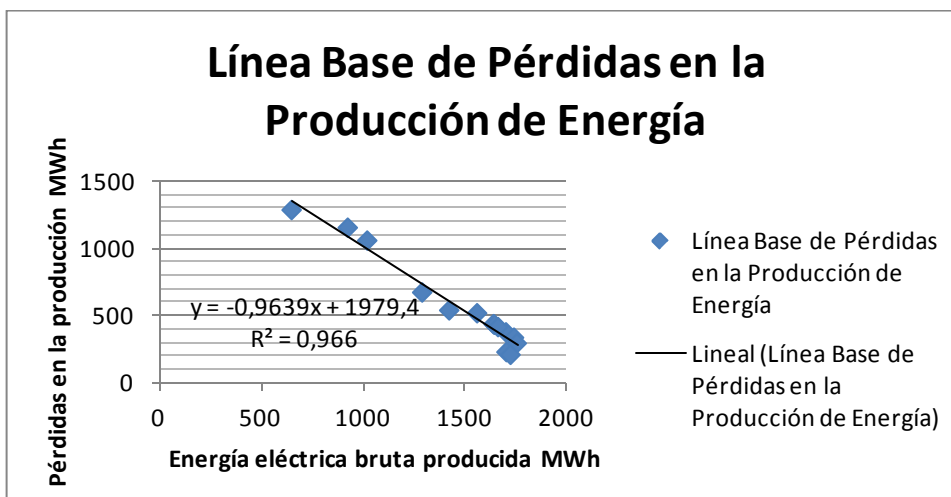
Para SEUs2, en el caso del consumo de las antenas, no existe información suficiente para determinar la variable significativa además de ser un consumo parásito para el proceso de producción (se sugiere realizar un plan de control y pago de esta energía gastada), queda entonces, si no se considera un cambio tecnológico ni estudio técnico completo, la variable significativa de gestión del consumo energético de la central y tanques de presión (coordinación, registros, controles, información, etc.). Además cabe indicar que el consumo de la central representa aproximadamente 0,22 % de la energía bruta producida y el de los tanques de presión 0,07% (este último es pequeño y casi constante y por tanto no significativo).

Para SEU1, se requiere medir las pérdidas en la línea de producción y los caudales afluentes. Como no se posee información actualizada del caudal para generar, se utiliza la de la tabla 4.10., quedando las líneas base de pérdidas como:



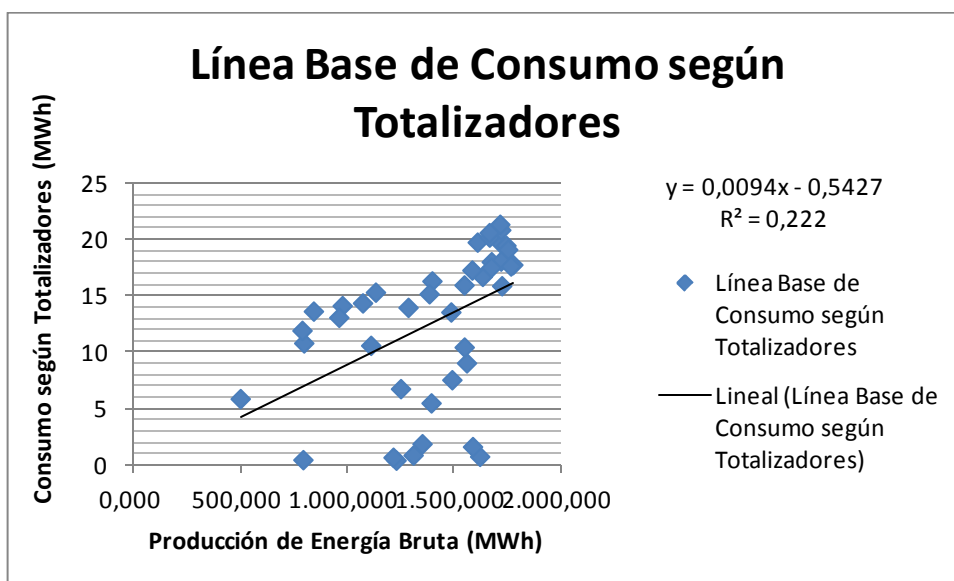
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Gráfica 4.9. Correlación de Pérdidas de Producción Vs Energía Bruta Producida

Estableciendo un primer Indicador de Desempeño Energético (InDE1) como Pérdidas de la línea de Producción/Energía Bruta Producida basado en una regresión lineal simple [11], se puede notar que la pérdida base de las instalaciones de la CCMC es de 1979 MWh, que se podría mejorar si se aplican medidas de Gestión de Energía complementadas con un cambio tecnológico especialmente con equipos de mayor rendimiento como las turbinas y generadores de los grupos generadores de la CCMC. Esta estimación se realizará en la sección 4.4.4.



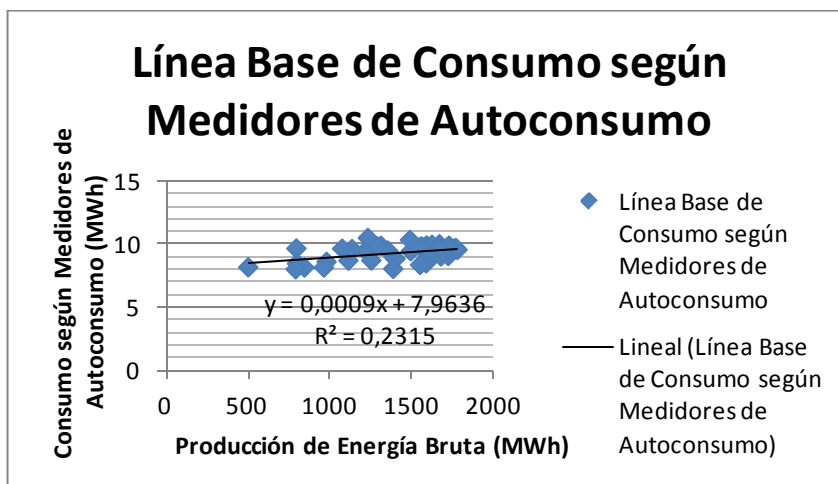
Gráfica 4.10. Correlación de Consumo según totalizadores Vs Energía Bruta Producida

Para los SEUs2 se establecen las líneas base de consumo primeramente basada en los consumos según totalizadores y luego según medidores de autoconsumo, teniendo como variable significativa la gestión del consumo de la central, tanques de presión y antenas; el segundo Indicador de Desempeño (InDE2) es por tanto el Consumo Energético (central, tanques de presión y antenas)/Energía Bruta producida en la CCMC.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

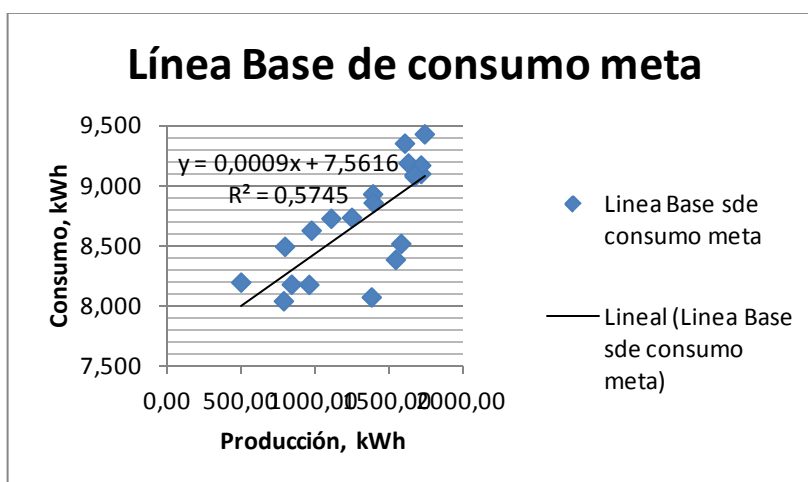


Gráfica 4.11. Correlación de consumo según medidores Vs Energía Bruta Producida

Comparando las gráficas 4.10. y 4.11., las regresiones lineales no son iguales ni aproximadas, con correlación de variables bajas que refleja problemas de medición, es decir, estos datos no son confiables para el análisis. En los datos de consumo según totalizadores, el consumo base es negativo y por tanto el análisis inconsistente. Si se considera el análisis según medidores de autoconsumo la línea base indica un consumo base de 7.96 MWh por mes.

El consumo base es el consumo de energía no asociada a la producción como iluminación de la planta e instalaciones, equipos de oficina, ventilación, calefacción, energía para servicios de mantenimiento, trabajo en vacío de equipos eléctricos y térmicos, pérdidas eléctricas por potencia reactiva, etc.

Para determinar el potencial de mejora en el desempeño energético por gestión energética en los consumos, se parte de los datos de energía bruta producida y total de consumo según totalizadores de la tabla 4.1. en MWh, se los filtra considerando que los datos de consumo sean menores o iguales a  $Y=0.0009X+7.9636$  y luego con esta nueva tabla se puede construir la Línea Base de Consumo Meta:



Gráfica 4.12. Correlación de consumo según medidores Vs Energía Bruta Producida





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Se concluye que la correlación de variables mejora pero los datos no son confiables para el análisis y que el consumo base disminuye a 7,56 MWh y por tanto, los consumos que se pueden reducir sin cambios tecnológicos solamente con gestión energética son 402 kWh/mes (o \$ 31,36/mes).

## • Renovación o modernización (rehabilitación) y la repotenciación de la CCMC

“Acuña Hereira señala que cuando la sumatoria de los índices de rehabilitación (IR) calculada sea mayor o igual a 55 se recomienda su rehabilitación y si la sumatoria de los índices de repotenciación (IP) es mayor o igual a 16,94 entonces se recomienda repotenciar” [17]. Se indican los siguientes índices significativos para la evaluación general de la planta (se considera el promedio de los grupos generadores):

### Índices de rehabilitación:

- Tiempo de Operación (IT):  $IT = \text{Tiempo de operación} * 10 / (\text{Vida útil esperada})$   
 $IT = (2012 - 1953) * 10 / 50 = 11,8$
- Factor por punto débil (FD): 1 = no es en absoluto punto débil, 1,5 = Es un elemento problemático y 2 = Es definitivamente un punto débil.  
 $FD = 1,5$  (Por los reguladores de velocidad de los grupos)
- Factor por condiciones especiales de operación (FO):  $FO = 1 + (\text{No. de condiciones especiales operativas presentes} / 8)$ 
  - I. Condiciones eléctricas inadecuadas para generación (bajo V, baja frecuencia, cos fi).
  - II. Bajo caudal para generación.
  - III. Agua con impurezas, madera y piedras.
  - IV. Fallas de equipos auxiliares (regulador de velocidad, paletas directrices, puntas, deflectores, etc.). $FO = 1 + 4/8 = 1,5$
- Condiciones de los componentes (IC): Muy bueno = 2, Bueno = 4, Aceptable = 6, Malo = 8 y Crítico = 10  
 $IC = 6$  (Condición de los reguladores de velocidad)
- Disponibilidad (ID):  $ID = 10 - (\text{disponibilidad anual \%} / 10)$

Al 2010, la disponibilidad anual de cada grupo generador fue:

$$G \text{ Pelton I} = 100 * (24 * 365 - 319,8) / (24 * 365) = 96,35\%$$

$$G \text{ Pelton II} = 100 * (24 * 365 - 192,0) / (24 * 365) = 97,81\%$$

$$G \text{ Francis III} = 100 * (24 * 365 - 124,37) / (24 * 365) = 98,58\%$$



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Por tanto:  $ID_{GI} = 10 - (96,35/10) = 0,37$   
 $ID_{GII} = 0,22$   
 $ID_{GIII} = 0,14$

$$ID_{TOTAL\ MEDIO} = 0,243$$

Al 2011, la disponibilidad anual de cada grupo generador fue:

$$G_{Pelton\ I} = 100 * (24 * 365 - 824,03) / (24 * 365) = 90,6\%$$
$$G_{Pelton\ II} = 100 * (24 * 365 - 797,77) / (24 * 365) = 90,9\%$$
$$G_{Francis\ III} = 100 * (24 * 365 - 624,18) / (24 * 365) = 92,9\%$$

Por tanto:  $ID_{GI} = 10 - (90,6/10) = 0,94$   
 $ID_{GII} = 0,91$   
 $ID_{GIII} = 0,71$

$$ID_{TOTAL\ MEDIO} = 0,85$$

El índice global de rehabilitación al 2010 es 53,44 < 55 y por tanto no requiere rehabilitación. El índice global de rehabilitación al 2011 es 54,05 < 55 y por tanto no requiere rehabilitación pero se va aproximando a límite mínimo (cuando comienza a ser señal de deterioro o de ineficiencia).

Otro aspecto importante después de este análisis es que si reparamos o renovamos los reguladores de velocidad, disminuiríamos el límite global de rehabilitación (evento es muy influyente en varios de estos índices) y por tanto, la CCMC no requeriría rehabilitación.

## Índices de Repotenciación:

- De caudales (IQ):  $IQ = (\text{No. de meses del año con } Q_{\text{disponible}} > Q_{\text{diseño}}) * 10/12.$   
 $IQ = 10 * 10/12 = 8,33$  (Considerando el caudal ecológico)
- De eficiencia:  $IE = ETG * 10/EM$

$$\text{Al 2010 tenemos: } IE = 15603963 * 10 / (2400 * 365 * 24) = 7,42$$

$$\text{Al 2011 tenemos: } IE = 16842906 * 10 / (2400 * 365 * 24) = 8,01$$

El índice global de repotenciación al 2010 es 15,75 < 16,94 (no requiere repotenciación). El índice global de repotenciación al 2011 es 16,34 < 16,94 (no requiere repotenciación).

Si se desea optimizar el caudal para generación automatizando las compuertas en la bocatoma de San Francisco, y controlando el aporte de otros afluentes, mejorando el rebote en el tanque de presión de San Francisco, sería posible una repotenciación de la CCMC.

El estudio de factibilidad de la repotenciación de la CCMC bajo la optimización de los caudales afluentes a la central se ve limitado por consideraciones ambientales ya que



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

existen especies animales y vegetales que están siendo afectadas por la disminución del caudal del río San Francisco debido a la captación de aguas para la CCMC. El cuidado de esta zona protegida los realiza la Estación Científica San Francisco y la EERSSA.

Dado que los índices de rehabilitación y de repotenciación evaluados al 2011 se acercan a su límite, es necesario considerar la optimización del actual sistema de producción de energía hidroeléctrica de la CCMC, por un lado mejorando el rendimiento del proceso de producción con equipo electromecánico de nueva tecnología (generador-turbina) y mejorando la gestión de consumo energético en la central, tanques de presión y antenas, como se deduce del punto Ahorro del consumo energético y Eficiencia Energética, descrito anteriormente.

## 4.4. ASPECTOS BASICOS A CONSIDERAR PARA REHABILITAR LA CCMC

Si bien los índices de rehabilitación aún no son alentadores para rehabilitar la central, un análisis preliminar, si se hacen algunas modificaciones en las instalaciones de la CCMC mejoraría la producción, disponibilidad y confiabilidad que siempre será conveniente:

**4.4.1. El cambio de los reguladores de velocidad a electrónicos.-** Indica que se puede incrementar la seguridad de los grupos y pasos de agua, se mejora el control en precisión y estabilidad, se simplifica el régimen de operación e incremento en la producción anual de energía debido a la mejora de disponibilidad de los grupos [21].

Tomando como referencia el grupo 2 (por ser el grupo generador que tiene su regulador de velocidad más defectuoso y más tiempo en esas condiciones), el costo de inversión del regulador de velocidad electrónico y el equipo adicional complementario es: \$ 143000 (Costos referenciales del regulador de velocidad al 2012, realizados por un consultor), si tomamos como año base el 2010 y el costo medio de energía vendida al 2012 de **0.078** \$/kWh (Tabla 4.6), este grupo tuvo 140 veces de indisponibilidad, actuando el regulador de velocidad a un  $T_c$  (tiempo de cierre) de 12 s., como lo indican las pruebas de rechazo y carga en el regulador de velocidad [22]. El tiempo de cierre en la entrada de la turbina, que sirve para evitar perturbaciones en la frecuencia no debe operarse en un tiempo superior a los diez segundos [23]. Si consideramos que el nuevo regulador electrónico actúa en 6 s., se ganarían como mínimo 840 s. de disponibilidad/operación del grupo que representa un aumento de 140 kWh/año y 10,92 \$/año.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 4.11. Pérdidas de generación del grupo generador Pelton No. 02 al 2010 debido a problemas del regulador de velocidad. Fuente: Partes de generación mensual de la CCMC del 2010.**

RESUMEN DE INDISPONIBILIDADES DEL GRUPO 2 POR FALLA DEL REGULADOR					
Fecha	H INIC	H FIN	Total P	Motivo	Corrección
7-ene-10	7:08:00	24:00:00	16:52:00	Mto. en el servomotor de comando de agujas del regulador de velocidad.	Cambio del regulador
8-ene-10	0:00:00	17:34:00	17:34:00	Mto. en el servomotor de comando de agujas del regulador de velocidad.	Cambio del regulador
4-feb-10			4:37:00	Problemas en el regulador de velocidad.	Cambio del regulador
20-feb-10	10:32:00	12:02:00	1:30:00	Arreglo de bandas del regulador de velocidad.	Cambio del regulador
21-feb-10	14:50:00	16:10:00	1:20:00	Cambio de bandas del regulador de velocidad.	Cambio del regulador
		SUMA	41:53:00	TOTAL DE ENERGÍA PERDIDA DE GENERAR (KwH)	25128
				AUMENTO DE VENTAS (\$)	1959,984

Si analizamos al 2010 los tiempos de indisponibilidad debidas a fallas del regulador de velocidad tenemos que son cinco veces y suman un tiempo de 41 horas y 53 min, que representaría un aumento de 25128 kWh/año y \$ 1960/año.

En total, cambiando el regulador de velocidad tendríamos un aumento no significativo de 25268 kWh/año y \$ 1970,9. El cambio de reguladores de velocidad de los grupos generadores de la CCMC no obedece a mejoras significativas de rendimiento energético sino más bien a condiciones básicas de operatividad de los grupos generadores para mantener controlado el voltaje y frecuencia.

**4.4.2. La automatización de las compuertas con telemando de la bocatoma de San Francisco y de San Ramón.-** Ahorraría al menos unos 15 min en la operación de las mismas, evitando que el cuidador hidráulico tenga que ir desde la casa de la guardianía o desde el lugar de trabajo hasta las compuertas de las bocatomas y sobre todo operar manualmente las compuertas de las bocatomas (según pruebas experimentales). La mejora de producción de energía del grupo en 1950 kWh/año y \$ 152,1/año.

La automatización de las compuertas de las bocatomas no causaría mejoras significativas de producción y eficiencia energética, pero si lo sería si se optimizan los caudales para repotenciar la central.

Un problema importante para la repotenciación a más de tener los caudales suficientes para hacerlo es el problema medioambiental que causa disminuir por lo menos dos meses por año (Tabla 4.18.) la cantidad suficiente de agua del río San Francisco en toda el área que comprenden canales y túneles en la Zona de Amortiguación de la Reserva Ecológica Podocarpus. Esto sugiere la no repotenciación de la Central.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Tabla 4.12. Pérdidas de generación del 2010 y del grupo Pelton 02 debido a problemas que implican cerrar las compuertas principales de las bocatomas. Fuente: Partes de generación mensual de la CCMC del 2010.

RESUMEN DE INDISPONIBILIDADES DEL GRUPO 2 QUE SON AFECTADAS CON LA OPERACIÓN DE LAS COMPUERTAS DE LAS BOCATOMAS				
Fecha	H INIC	H FIN	Total P	Motivo
21-ene-10	7:03:00	11:32:00	4:29:00	Limpieza de los tanques desarenadores de la captación.
9-mar-10	10:39:00	24:00:00	13:21:00	Trabajos en el azud de aguas turbinadas
10-mar-10	0:00:00	24:00:00	24:00:00	Trabajos en el azud de aguas turbinadas
11-mar-10	0:00:00	24:00:00	24:00:00	Trabajos en el azud de aguas turbinadas
13-mar-10	12:07:00	15:05:00	2:58:00	Agua no adecuada para generar
12-abr-10	17:08:00	20:35:00	3:27:00	Agua no apta para generar, exceso de material
9-may-10	10:02:00	13:32:00	3:30:00	Taponamiento con material petreo en la captación San francisco
10-may-10			4:31:00	Agua no apta para general exceso de material
6-jun-10	9:05:00	12:46:00	3:41:00	Debido a que el agua no está apta para generar
28-jun-10	8:44:00	13:09:00	4:25:00	Para realizar desalojo de material acumulado en el tanque de presión
28-jul-10	14:33:00	18:56:00	4:23:00	Agua no apta para generar
19-sep-10	6:45:00	10:55:00	4:10:00	Limpieza de tanques,
2-dic-10	7:06:00	19:32:00	12:26:00	Reparación de compuerta milagros de tanque de presión San Francisco
Tiempo de aumento (h)			3,25	
Aumento de energía (kWh/año)			1950,00	
Incremento de ingresos (\$/año)			152,1	

4.4.3. **La automatización de las válvulas principales de entrada a las turbinas.-** Tiene que considerar fundamentalmente el evitar grandes sobrepresiones (golpe de ariete) y puede variarse el tiempo de maniobras en la regulación de las potencias de la turbinas haciéndolo todo lo mayor posible respecto al tiempo de Cierre Límite; en este caso la sobrepresión desciende a valores aceptables [23]. El vendedor de las compuertas motorizadas programa el cierre de las válvulas principales con estos requerimientos. Además la automatización de las compuertas nos permite controlar sistemáticamente el caudal de entrada a las turbinas, lo que es indispensable si se automatiza la central.

Si se automatizaran las compuertas de las bocatomas se ganaría unos 5 min. por cada arranque del grupo, considerando el 2010 no se aumentará significativamente la generación del grupo 2. Las inversiones para la compra e instalación de las compuertas principales de turbina es aproximadamente \$ 125000 (DISETEC Soluciones Industriales).

4.4.4. **Cambio de turbina y generador por otros de alto rendimiento.-** El cambio o renovación del equipo electromecánico turbina-generador para las tres unidades de la CCMC es un punto muy importante si se quiere mejorar el rendimiento y eficiencia de la central ya que la tecnología actual ha desarrollado turbinas y en especial generadores de alto rendimiento en contraposición a las que actualmente poseen los grupos generadores que corresponden a tecnologías entre 1950 y 1960, según lo indican los datos de placa del equipo electromecánico de la CCMC.

Lamentablemente no se han podido obtener las características y costos de equipo electromecánico turbina generador de nueva tecnología para los grupos generadores de la



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

CCMC y poder así obtener cálculos exactos de mejora del rendimiento y eficiencia de la central y su tiempo de recuperación.

Haciendo una aproximación, tomando los datos de rendimiento de las turbinas modernas que son superiores a 0.94 para turbinas francis y de 0.9 para turbinas pelton para cargas superiores o iguales al 75% según [50] y [51]. Para los generadores el rendimiento es superior a 0.978 para cargas superiores o iguales al 75% según [51], con lo que se tiene un rendimiento total medio de los grupos electromecánicos de aproximadamente 0.90.

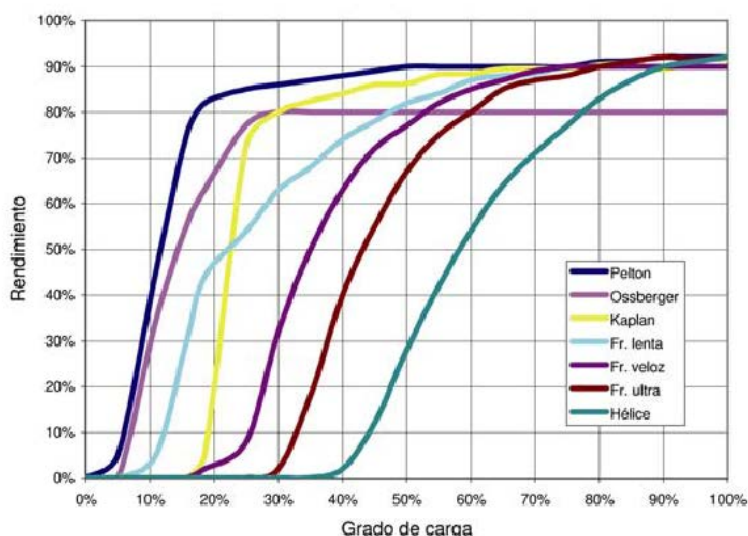


Figura 4.5 Variación del rendimiento de las turbinas con el caudal. Fuente [52]

Un estudio actualizado de caudales de ingreso a la tubería de presión permite determinar cuáles y cuantos grupos electromecánicos turbina-generador son más convenientes para rehabilitar la central, pero no existe al momento esta información actualizada, entonces, solamente se considera inicialmente el reemplazo individual de cada uno de los grupos electromecánicos.

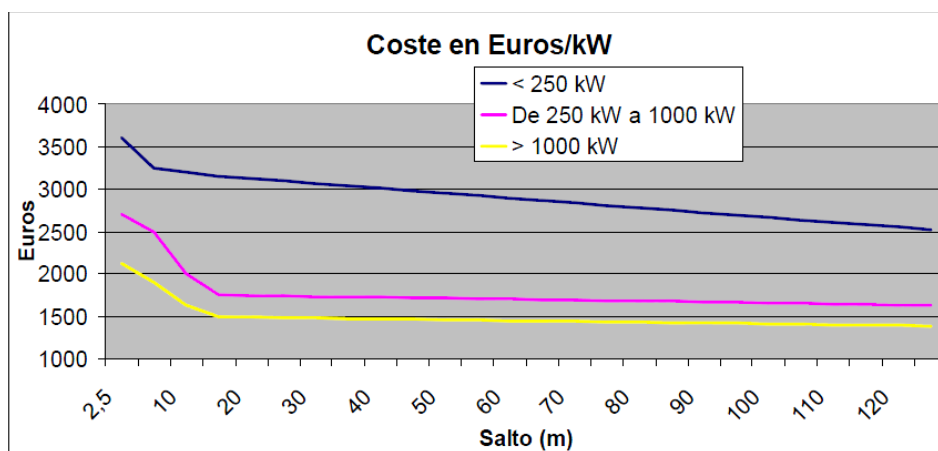


Figura 4.6 Variación del costo de una pequeña central hidroeléctrica según el salto. Fuente [52]



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

De la tabla 4.10, se tiene que el rendimiento de la central desde el 2007 al 2008 es del 0.59, pudiéndose mejorar el rendimiento en aproximadamente 0.3, lo que nos daría un aumento en la producción de energía de aproximadamente 420000 kWh al mes para cargas superiores o iguales al 75%.

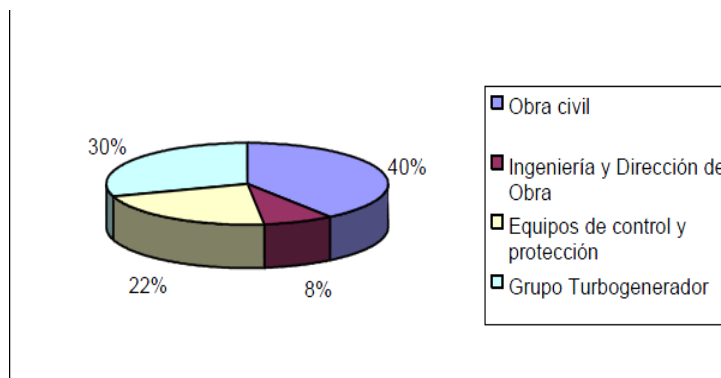


Figura 4.7 Reparto del costo de una pequeña central hidroeléctrica. Fuente [52]

Para una pequeña central hidroeléctrica el costo aproximado es de 1400 Euros/kW instalado o \$ 1700/kW instalado de los cuales el 30% del costo total corresponde al equipo turbogenerador [52], lo que resulta un gasto en los nuevos equipos turbogeneradores de aproximadamente \$ 1250000.

De la tabla 4.5. el costo del kWh a consumidores finales es 0,078 \$/kWh con la venta de 420000 kWh/mes se obtendría una ganancia de \$ 393120/año y por tanto se recuperaría la inversión en aproximadamente 3 años y medio para una carga de agua mayor o igual a un 75%. Esto no considera necesariamente el reemplazo del equipo turbogenerador de las tres unidades de generación sino que también se puede considerar, con un estudio completo de la energía potencial actual existente basada en los caudales afluentes, cambiarlos a otros de tipos diferentes con nuevas características.

Es importante considerar que los datos de la tabla 4.1. y su interpretación en la gráfica 4.1. indican que existen pérdidas de generación que aumentan anualmente desde el 2009 ya que la diferencia entre la energía bruta producida menos la energía vendida al CENACE así lo señalan y por tanto, es necesario antes de gestionar el cambio del equipo electromecánico para los grupos de la CCMC, solucionar estas pérdidas energéticas de rendimiento, donde es primordial que los reguladores de velocidad y equipo complementario funcionen óptimamente para evitar pérdidas energéticas del equipo electromecánico turbogenerador por falta de control de la frecuencia y voltaje de generación.

## 4.5. ALCANCE Y LÍMITES

Es necesario definir que será incluido en el SGE. Muchas veces una empresa decidirá no incluir algún aspecto.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

En el presente, se incluirán todas las instalaciones, procesos, fuentes de energía y el agua en las instalaciones de la CCMC, no se incluyen líneas ni obras civiles de las antenas y casa de vigilancia militar. Esto debe documentarse.

## 4.6. ELECCIÓN DEL REPRESENTANTE DE LA ALTA DIRECCIÓN

El representante de la alta dirección es responsable de establecer, implementar y mejorar el sistema de gestión energética. Él o ella son elegidos por la alta dirección y reciben la autoridad requerida y recursos necesarios para llevar a cabo las áreas de implementación. La dedicación del representante de la alta dirección no debe ser exclusiva para la implementación del sistema de gestión energética. En la práctica, él o ella hacen funciones muy relacionadas con la gestión.

El representante de la Alta Dirección debería asegurar que cada una de las personas involucradas en las mejoras del desempeño energético de la Empresa, claramente conocen su propio rol, sus responsabilidades y qué nivel de autoridad tiene cada uno para apoyar al SGE. De acuerdo al Manual SGE las responsabilidades y capacidades que tiene el representante de la alta dirección corresponden al Gerente de Planificación.

## 4.7. ESTABLECER EL EQUIPO DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Dependiendo del tamaño de la Empresa, el establecer el equipo o grupo de gestión energética puede ser una consideración importante. El propósito de formar un equipo de gestión energética es enlazar los varios departamentos o unidades de trabajo de la Empresa en el desarrollo e implementación del SGE. El equipo de gestión energética es a menudo el primer paso concreto en el cambio de cultura de la Empresa con respecto a la energía. El rol del equipo es ayudar al representante de la alta dirección en los procesos de implementación del sistema de gestión energética.

El equipo puede incluir alguno o todo lo siguiente [11]:

- a. El Representante de Alta Dirección;
- b. El Administrador de energía o ingeniero de energía.
- c. Las personas que han mostrado interés y cuya ayuda beneficiará a una implementación tranquila;
- d. Un representante de cada una de las áreas claves con usos significativos de energía, así, todas las partes de la empresa son representadas. El tamaño del equipo variará con la escala y complejidad de la organización y su uso de energía;
- e. El Administrador Financiero;
- f. El Administrador de Producción y/o el Administrador de Operación (s);
- g. Los Administradores de Calidad, Salud Ocupacional y Seguridad y
- h. El personal de comunicaciones o capacitación o



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- i. Otros departamentos relevantes que puedan tener un impacto en el uso de energía y con el potencial para ayudar en la Gestión.

Si aplicamos a nuestro caso de estudio, considerando el tamaño de la CCMC, que labora con cuatro operadores, cuatro ayudantes de operación, tres guardianes hidráulicos y dos guardias que trabajan en turnos de 12 horas con cambio de turnos y descanso de una semana, el Administrador de energía, el Administrador de Producción y/o de Operación puede ser el Jefe de Planta de la Central, el Administrador Financiero, Administrador de Calidad, Salud Ocupacional, Seguridad, Capacitación y Comunicación puede considerarse a un Ingeniero con experiencia en gestión de normas que actualmente tiene contratado la Gerencia de Medio Ambiente.

El equipo de gestión energética debe en la práctica complementarse con el equipo de gestión ambiental y de calidad que actualmente está establecido para impulsar la implementación de las normas ISO 9001 e ISO 14001 en la CCMC.

## 4.8. DEFINICIÓN Y DECLARACIÓN DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA

**“La declaración de la Política Energética** es un documento oficial con el cual la alta dirección demuestra su compromiso y soporte al sistema de gestión energética para alcanzar continuas mejoras en el desempeño energético”.

Este documento no necesita tener en detalle de cómo la CCMC gestionará su uso de energía pero es la base para las demás partes del SGEN. Necesita ser adecuada a los usos significativos de energía de la CCMC, ser revisada y actualizada periódicamente y ser comunicada a todos los empleados y contratistas de la CCMC. Además hace referencia al compromiso de mejora continua del desempeño energético a través de logros, metas y objetivos, para dar los recursos necesarios y lograr los logros, metas y objetivos, para desarrollar las medidas necesarias y mejorar el desempeño energético, para cumplir los requerimientos legales y otros de las actividades energéticas de la CCMC y para comprar productos y servicios eficientes de energía.

Para la CCMC se propone la siguiente declaración de la política energética:

La CCMC está comprometida a llevar a cabo sus operaciones de una manera ambientalmente responsable, incluyendo el uso de energía. Vamos continuamente a mejorar el desempeño energético. Vemos un fuerte alineamiento entre estas actividades y nuestras metas de reducir nuestros costos de operación y mantener o mejorar la producción de energía.

Se alcanzará mejoramiento en el desempeño energético a través de la implementación de un sistema de gestión de energía que incluya lo siguiente [11]:

- Desarrollaremos nuestros objetivos y metas para soportar el mejoramiento continuo en como usamos y producimos la energía.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Dispondremos de los recursos necesarios para alcanzar estos objetivos y metas.
- Realizamos una planeación del uso de los recursos energéticos (agua, electricidad y combustibles).
- Aplicamos buenas prácticas de operación, mantenimiento, planificación y gestión de la producción, para cumplir los indicadores de desempeño energético.
- Dispondremos que todo el personal involucrado en actividades que afectan significativamente nuestro uso y producción de energía se halle adecuadamente entrenado.
- Desarrollaremos mediciones para demostrar nuestro desempeño energético.
- Compraremos servicios y equipos eficientes que sean económicamente factibles.
- Los nuevos proyectos se someterán a una revisión energética para asegurar que el uso y la producción de energía sea tan bajo como técnica y económicamente factible.
- Cumpliremos con todos los requerimientos legales y otros que apliquen al uso y producción de energía.

Esta política será actualizada regularmente para garantizar que continúe y muestre nuestro compromiso con el buen manejo energético. Esta política será comunicada a todo el personal de la CCMC.

## 4.9. METAS Y OBJETIVOS

Para la CCMC se proponen los siguientes objetivos a mediano o largo plazo y las metas a corto plazo, siendo susceptibles a ajustes o cambios conforme transcurra el tiempo en el proceso de implementación del SGE:

### 4.9.1. Objetivos

- Disminuir las pérdidas energéticas en la producción de energía de la CCMC ya que el subcapítulo compromiso con la Alta Dirección indica que la diferencia entre energía bruta producida y energía vendida al MEM desde el 2009 va aumentando anualmente.
- Aumentar o mantener la producción de energía de la CCMC mediante la rehabilitación (cambio o renovación de equipo fundamental) de la misma conforme lo indican los aspectos a considerar para la rehabilitación de la CCMC.
- Reducir o controlar los consumos energéticos de la CCMC, mediante la compra y remplazo de medidores de consumo de alta precisión, de electrodomésticos y dispositivos eficientes y, con medidas de acción de la conducta del personal.
- Incrementar la sensibilización en materia de energía en el 100% de los empleados de la CCMC

### 4.9.2. Metas



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Conseguir el compromiso de la Alta Dirección para la implementación del SGE en la CCMC.
- Crear el equipo de Gestión Energética
- Controlar el proceso de producción y consumo de la CCMC con medidores de alta precisión.
- Reparar o renovar equipo de control de ser posible el equipo electromecánico para mejorar el control y producción de la CCMC.
- Desarrollar un plan de mediciones para el establecimiento de los Indicadores del desempeño energético.
- Tomar medidas de acción para disminuir las pérdidas energéticas.
- Reducir los consumos energéticos internos en un 3% anual.
- Capacitar al personal en la concientización de Eficiencia Energética.
- Entrenamiento a todos los operadores de la CCMC en operación energéticamente eficiente.

## 4.10. ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE ENERGÉTICA

El propósito de la línea base energética es desarrollar un punto de partida para medir las mejoras al desempeño energético, la línea base podría ser la cantidad total de electricidad y otros combustibles usados en el año que termina antes de la implementación del SGE, cuya ventaja es que el uso futuro de energía es comparado con esta línea base anual.

Luego de atender primero el potencial de mejora de eficiencia energética, ahorro de energía y los beneficios operacionales correspondientes descritos en la sección 4.3.2.2., se puede considerar para el 2013, dos líneas base que puede ser la cantidad de energía consumida y las pérdidas de energía en el proceso de producción de la CCMC en el 2012 (o el consumo de energía específico tal como kWh consumidos por unidad de kWh producido). No se puede tomar la línea base de pérdidas de energía si no se realizan las acciones correctivas básicas para toma de datos, es decir, actualizar la curva de caudales afluentes a la CCMC y contrastar, calibrar o renovar instrumentos de medición de energía.

## 4.11. INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

El identificar un número pequeño de indicadores de desempeño energético y establecer su histórico, nos ayudarán a estar seguros de que las metas de desempeño están siendo alcanzadas y si no es así, alertar de cualquier problema lo antes posible. Igualmente, luego de tomar acciones con referencia a la sección 4.3.2.2., el indicador más simple sería:

Ing. Stalin Eduardo Cuenca Mendieta  
Email: [acerval@yahoo.com](mailto:acerval@yahoo.com)  
Loja, Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- IDE1: kWh generados por la CCMC / kWh consumidos para generación (índice de consumo vs producción de energía) \*.

Nota.- \* Indica que sólo se tomará en cuenta la energía consumida para producir energía eléctrica en la CCMC, desechándose la energía parásita de las antenas.

Los consumos energéticos del personal de planta de la CCMC se pueden seguir y controlar con el siguiente índice:

- IDE2: kWh consumidos por el personal de la CCMC / # de personas que laboran en la CCMC.

Provisionalmente hasta que se cumplan adecuadamente las acciones a tomar con referencia a la sección 4.2.1.1., literal d), se puede considerar un índice que debería mantenerse casi constante e igual a la unidad:

Si se realiza un monitoreo y actualización de los caudales afluentes a la central, se puede considerar como indicador de desempeño energético IDE3 al índice de pérdidas en el proceso de producción de energía eléctrica kWh (o MWh)/Producción de energía kWh o (MWh).

## 4.12. ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGen

### 4.12.1. Crear una conciencia Empresarial/Organizacional

Es importante que todo el personal de la CCMC y empleados contratados estén conscientes del compromiso de la Empresa para la mejora del desempeño energético. Se debe incluir entrenamiento de concientización y reducción de costos de energía para todo el personal de la CCMC y para el personal del equipo de gestión energética. También se debe incluir en el entrenamiento el contexto del cambio climático y el efecto de los gases de invernadero (GEI) y la conexión entre el uso de energía en la Central y las emisiones de GEI.

Actualmente existe capacitación del gobierno para la implementación de SGen en las empresas y material suficiente para compartir al equipo de gestión energética, se requiere solamente la aceptación del compromiso por la alta dirección para emprender en la implementación del SGen en la CCMC ya que este dará beneficios seguros a la CCMC y por ende, a la EERSSA.

### 4.12.2. Entender el rol de la comunicación, documentos y registros

Para la gestión y operación efectiva del SGen es necesario que muchos ítems estén documentados. La siguiente es una lista de los documentos típicos que pueden ser requeridos para la CCMC:

- a. La Política Energética



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- b. La Revisión Energética
- c. Copias de la auditoría energética o reportes de evaluación
- d. Objetivos, metas y planes de acción
- e. Planes de entrenamiento
- f. Lista de parámetros críticos de operación
- g. Dibujos técnicos de sistemas y equipos, incluyendo procesos y diagramas de instrumentación y/o diagramas de flujo de procesos
- h. Especificaciones técnicas de equipos
- i. Especificaciones de compras de equipos que usan energía
- j. Indicadores de desempeño energético (IDE)
- k. Línea base
- l. Registros de operadores
- m. Mantenimiento y records de servicios
- n. Actas de reuniones sobre energía
- o. Y otros, de ser apropiado

#### 4.12.3. Control de documentos

Es importante encontrar documentos como dibujos técnicos y manuales de operación y otros de relativa importancia y ubicarlos en el lugar apropiado siguiendo un método sistemático simple de gestión de documentos. No importa si los documentos están en papel impreso o en documentos electrónicos.

El control y ubicación de los documentos importantes para llevar el SGEN de la CCMC ya está ejecutado por el Departamento de Medio Ambiente y Seguridad Industrial de la EERSSA en el proceso de implementación de las Normas de Calidad y Medio Ambiente.

#### 4.12.4. Control de registros

Los registros sirven para tener un documento de referencia para cuando se necesita chequear lo que ha sucedido previamente, además sirven de prueba para demostrar conformidad con los requerimientos del SGEN. Los registros ayudan a demostrar fácilmente el cumplimiento cuando una auditoría (interna) está siendo llevada a cabo en el sistema de gestión energética. Ejemplos de registros son los planes de entrenamiento, registros de los operadores, planes de acción y varias otras hojas de cálculo asociadas con el SGEN para la CCMC. Es necesario que los registros sean:

- a. Legibles por varias razones
- b. Fácilmente localizables e identificables

Al igual que el control de documentos, el control de registros ya está ejecutado por el proceso de implementación de las normas de calidad y medio ambiente, teniendo que complementarse los necesarios para el SGEN.

#### 4.12.5. Plan del Proyecto de Implementación del SGEN para la CCMC



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El plan debe de incluir primeramente la conservación del SGEN tan simple como sea posible, además debe tener cierto nivel de planificación y gestión para que el mismo sea exitoso.

Actualmente existen softwares y hardware complementario libres o comerciales para planificar, controlar y llevar adecuadamente la implementación y operación de los SGEN. Entre los de libre licencia y más fáciles de conseguir esta el Lanzador eGAM que puede ser descargado de la internet, el inconveniente es que luego de ser instalado, este necesita estar conectado a la red. Entre los de licencia comercial se tiene el m.9 que a parte de controlar energéticamente sus instalaciones, tiene un control centralizado de toda la instalación para su gestión y mantenimiento. En la web del U.S. Department of Energy se pueden encontrar más software para SGEN.

Para llevar un SGEN en la CCMC no se requiere un software sofisticado, sino más bien la adquisición de instrumentos de medición y control de energía adecuados y que tengan interface para funcionar con el sistema SCADA que está instalado en la central.

Se propone el siguiente plan de Implementación del SGEN para la CCMC (6 meses calendario):





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Item	Actividad	Duración (días)	Actividad Previa
	<b>Preparación</b>	25	
1	Asegurar el compromiso de la alta gerencia	5	
2	Clarificar roles, responsabilidad y autoridad	5	
3	Política energética preliminar	10	
4	Estimación de recursos	5	
	<b>Planeación</b>	10	
5	Revisión de requerimientos legales	10	
	<b>Revisión Energética</b>	67	
6	Adquirir y analizar los datos de energía	5	
7	Identificar UsSE	15	
8	Identificar personal clave y plan de entrenamiento	5	
9	Identificar variables de control energético	3	
10	Establecer parámetros operacionales críticos de los UsSE	2	
11	Auditoría Energética	15	
12	Revisión del control operacional	5	
13	Establecer base de datos	5	
14	Elaborar líneas base	2	
15	Establecer IDEn	3	
16	Establecer plan de medición	5	
17	Revisar potencial de fuentes alternativas y renovables	2	
	<b>Objetivos, metas y plan de acción</b>	10	
18	Establecer Objetivos	1	
19	Establecer metas	1	
20	Elaborar Plan de Acción	3	
21	Aprobación del Plan de Acción	5	
	<b>Implementación y Operación</b>	0	
22	Realizar entrenamientos	0	
23	Elevar el nivel de motivación	0	
24	Aplicar manejo de la documentación del SGEEn	0	
25	Operación de equipos y procesos	0	
26	Mantenimiento de equipos y procesos	0	
27	Aplicar el Plan de Acción	0	
28	Aplicar guías o metodologías de diseño	0	
29	Aplicar las especificaciones de compras	0	
30	Aplicar las formas de comunicación	0	
	<b>Verificación</b>	10	
31	Verificación técnica	0	
32	Verificación del desempeño	0	
33	Plan de auditoría interna	10	
34	Ejecución de auditorías internas	0	
	<b>Revisión Gerencial</b>	11	
35	Plan de revisión	10	
36	Entregar el plan de revisión	1	

**Tabla 4.13. Plan de Implementación del SGEEn para la CCMC (6 meses calendario)**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es muy importante implementar un Sistema de Gestión Energética en la CCMC ya que la diferencia entre energía bruta producida y la energía vendida al MEM no reflejan una coherencia entre el consumo energético o pérdidas energéticas de la central e instalaciones. Se requiere poner la atención adecuada a la información de los datos de producción y consumo energético de la CCMC. Esto lo demuestra la información recopilada de energía bruta producida, energía vendida al MEM y de los medidores de autoconsumo desde el 2009 hasta el primer semestre del 2012.

El primer paso para comenzar un análisis para reducir los consumos energéticos y mejorar la eficiencia energética es asegurarse que los instrumentos de medición de producción, venta y consumo energético funcionan bien y tienen la precisión adecuada. La información encontrada especialmente de los medidores de consumos energéticos tienen errores que deben ser corregidos y prevenidos con el remplazo de instrumentos modernos de medición.

Al ser el consumo energético de las antenas el más elevado y que no aporta a la producción de energía de la CCMC debe de controlárselo mediante el cambio del medidor o medidores de consumo energético de las antenas y elaborar un proceso de control y pago de ésta energía gastada complementada con medidas de registro y seguimiento.

Para evaluar y hacer el seguimiento del SGEN a la CCMC, debe de realizarse una auditoría energética en cada una de las instalaciones y equipos de la central utilizando las fichas informativas y de evaluación del cumplimiento de las normas INEN, regulaciones nacionales e internacionales sobre eficiencia energética como las que se indican en los Anexos. Esto nos ayudará a evaluar los usos energéticos significativos para tomar futuras medidas correctivas y/o preventivas y, de eficiencia energética.

La rehabilitación o repotenciación de la CCMC no se recomienda bajo la evaluación de los índices respectivos, sugeridos por Acuña Hereira pero se recomienda la rehabilitación en especial mediante el remplazo de algunos accesorios o dispositivos complementarios de nueva tecnología como son los reguladores de velocidad, sincronoscopios, válvulas de compuerta principal automáticas, etc.; esta renovación mejoraría el índice de rehabilitación de la CCMC.

El estudio de factibilidad de la repotenciación de la CCMC bajo la optimización de los caudales afluentes a la CCMC se ve limitado por consideraciones ambientales ya que existen especies animales y vegetales que están siendo afectadas por la disminución del caudal del río San Francisco, principal afluente para la generación hidroeléctrica. Es necesario el registro actualizado del caudal del río San Francisco y sus afluentes para determinar si se respeta el caudal ecológico en la generación de la CCMC.

El cambio o renovación del equipo electromecánico turbina-generador para las tres unidades de la CCMC es muy importante si se quiere mejorar el rendimiento y eficiencia de la central ya que la tecnología actual ha desarrollado turbinas y en especial generadores de alto



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

rendimiento en contraposición a las que actualmente poseen los grupos generadores que corresponden a tecnologías entre 1950 y 1960. Lamentablemente no se han podido obtener las características y costos de equipo electromecánico turbina generador de nueva tecnología para los grupos generadores de la CCMC y poder así obtener cálculos exactos de mejora del rendimiento y eficiencia de la central y su tiempo de recuperación.

Si se realiza una aproximación, sin considerar indispensables la correlación entre variables, se tienen los siguientes potenciales de ahorro y mejoramiento del desempeño energético: Los consumos que se pueden reducir sin cambios tecnológicos solamente con gestión energética son 402 kWh/mes (o \$ 31,36/mes), y mejorar el rendimiento de la central en aproximadamente un 30% invirtiendo en equipo electromecánico turbina-generador de costo aproximado a \$ 1250000, con una recuperación de inversión de tres años y medio.

Los alcances y límites, la elección del representante de la alta dirección, el establecimiento del equipo de eficiencia energética, la declaración de la política energética, las metas y objetivos energéticos, la línea base energética, los indicadores de desempeño energético y la estructura para la implementación de un SGEEn son factibles de diseñarlos e implementarlos y por tanto, se puede implementar un SGEEn a la CCMC conforme a la ISO 50001.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## BIBLIOGRAFÍA

- [01] José Luis TEJERA OLIVER. 2010. LA CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS NORMAS: UNE 216501:2009 DE AUDITORÍA ENERGÉTICA UNE-EN 16001:2010 E ISO 50001 DE SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA. Requisitos y experiencias. España.
- [02] Fundación MAPFRE. 2011. Guía Práctica para la Implantación de un Sistema de Gestión Energética. AEDHE. Henares, España.
- [03] DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 50001. 2010-08-26. Energy management systems — Requirements with guidance for use.
- [04] Muñoz Ramos Alfredo. 2011. Eficiencia Energética: Contribución de la Norma ISO 50001. Programa de Estudios de Investigación en Energía. Instituto de Asuntos Públicos. Universidad de Chile.
- [05] Acoltzi Acoltzi Higinio. 2011. ISO 50001 Gestión de Energía. México.
- [06] Poveda Mentor. 2007. Eficiencia Energética: Recurso no aprovechado. OLADE, Quito, Ecuador.
- [07] <http://www.plan.senplades.gob.ec>. 2011. Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013.
- [08] <http://www.conelec.gob.ec>. 2012. Normativas Nacionales.
- [09] <http://www.meer.gob.ec>. 2011. Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética
- [10] <http://www.inen.gob.ec>. 2012. Normas técnicas de Energía y Eficiencia Energética.
- [11] UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. 2011. Manual del Estudiante. Guía Práctica para Implementar un Sistema de Gestión Energética. ONUDI. Viena, Austria.
- [12] DOE eGuide for ISO 50001 Organizational Structure © 2011 Georgia Tech Research Corporation and U.S. Department of Energy.
- [13] Superintendencia de Generación. Estadísticas 2009, 2010, 2011 y 2012 de la Central Carlos Mora Carrión. Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. Loja, Ecuador.
- [14] Superintendencia de Generación. Indisponibilidades 2009, 2010, 2011 y 2012 de la Central Carlos Mora Carrión. Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. Loja, Ecuador.
- [15] Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. 2009. Manual de Gestión de Calidad, Ambiente, Salud y Seguridad Ocupacional. Loja, Ecuador.
- [16] <http://www.infocalidad.net/>. Primera certificación ISO 50001 (caso práctico)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- [17] Acuña Hereira Yisselle Indira. 2009. Metodología para el Estudio de Prefactibilidad de la Renovación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Grupo de Investigación en Energías Alternativas. Bogotá, Colombia.
- [18] Regulación de alumbrado público 008/11
- [19] Ordenanzas 3457 y 3477 del Distrito Metropolitano de Quito sobre arquitectura y urbanismo
- [20] Cruz Herrera Pablo Geovanny, Pardo Pardo Henry Bolívar. 2012. Implementación de la norma de gestión energética ISO/FDIS 50001 en el Campus San Cayetano de la UTPL. Universidad Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- [21] Carrera Orellana Jorge. 2011. Modernización del Sistema de Regulación de Velocidad en la Central Hidroeléctrica Carlos Mora. Universidad Politécnica Salesiana. Tesis previa a la obtención de título de Ingeniero Electrónico. Cuenca.
- [22] Manual de Operación y Mantenimiento de la CCMC. 2009. Superintendencia de Generación de la EERSSA. Loja
- [23] Hidrored. 2005. El fenómeno de Golpe de Ariete y su Aplicación en la Centrales Hidroeléctricas. Red Latinoamericana de Microenergía.
- [24] Certificación Energy Star para computadores y equipos periféricos
- [25] Carlos Alberto Serna Machado. 2010. Gestión Energética Empresarial una Metodología para la Reducción del Consumo de Energía. Conasfaltos, Colombia.
- [26] Escuela de negocios EOI. 2007. Manual de Eficiencia Energética. Gas Natural Fenosa, España.
- [27] SGS SA 2011. Energy Management Systems Audit, Certification and Training Services.
- [28] INEN. 2012. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50001:2012. Primera Edición. Quito – Ecuador.
- [29] GEGEA-EERSSA. 2 010. Auditoría Ambiental AA-2010. Loja-Ecuador
- [30] ESHA 2006. Guía para el Desarrollo de una Pequeña Central Hidroeléctrica. European Renewable Energy Council.
- [31] Adnan Hrustic. 2011. A simplified energy management system towards increased energy efficiency in SMEs. World Renewable Energy Congress 2011. Linkoping, Sweden.
- [32] García Sánchez Juan Manuel. 2012. La Eficiencia Energética en los Edificios de Oficinas la Nueva Norma: ISO 50001 de Sistemas de Gestión de la Energía. Dirección de Desarrollo Área de Eficiencia Energética. AENOR. España.
- [33] R. Intarajinda. 2010. Feasible Study of Integrated Energy Management System with International Organization for Standardization in Thailand. GMSARN International Journal 4.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- [34] Wirat Sriamonkitkul. 2010. A Review of Energy Management in the World. GMSARN International Journal 4.
- [35] International Global Certification (IGC). 2010. ISO DIS 50001 Sistemas de Gestión Energética. Guatemala.
- [36] Onflow Servicios Energéticos. Sistemas de Gestión de la Energía. Aportes de la nueva Norma UNIT-ISO 50001 a la mejora del desempeño energético.
- [37] Ipsom Energy. Auditorías Energéticas. [www.ipsom.com](http://www.ipsom.com)
- [38] Gobierno de Aragón. 2012. Manual de Auditorías Energéticas para Trabajadores y Delegados Sindicales. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.
- [39] Beltrán Sánchez Enrique. 2011. Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. Norma ISO 50001: 2011. PwC México.
- [40] Castro Miguel. 2011. Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador, Quito, CEDA.
- [41] Asamblea Constituyente. Constitución de la República del Ecuador. Constitución de bolsillo.
- [42] <http://tskan.com/convenios-y-tratados-internacionales/>
- [43] [http://europa.eu/legislation\\_summaries/](http://europa.eu/legislation_summaries/)
- [44] Santaella Carla. Los tratados internacionales y la integración comunitaria. [www.monografias.com](http://www.monografias.com).
- [45] <http://www.olade.org>.
- [46] <http://www.ecuacier.org>
- [47] Decreto Ejecutivo No. 1761 de 14 de agosto de 2001 R.O. No. 396 de 23 de agosto de 2001.
- [48] LEY NO. 37. RO/ 245 DE 30 DE JULIO DE 1999. LEY DE GESTION AMBIENTAL
- [49] Comisión ISO EERSSA. 2010. Procedimiento para Gestión Metrológica y Calibración de Instrumentos de Inspección y Medición. GEPLA-GEGEA.
- [50] <http://www.madeinchina.com>, pelton turbine runner, Hongya Power Generating Equipment to Utilities Limited.
- [51] DISAI automatic Systems, [www.disai.net](http://www.disai.net), Hidrogeneradores, weg.
- [52] Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos CIRCE. Guía de Energías Renovables Aplicadas a la PYMES. Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa. España.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

[53] UNIDO Partner for Prosperity. Sistema de Manejo de Energía Entrenamiento para Implementación. Basado en el contenido del Manual del Estudiante en SEMn de la ONDI. Quito, junio del 2012.

[54] Muñoz Vizhñay Jorge Patricio. 2013. Análisis de la incidencia del uso de cocinas eléctricas de inducción. EERSSA. Loja.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXOS

### 1. Normas y Formatos Nacionales Vigentes de Eficiencia Energética

**NTE INEN 2506:2009 referente a requisitos que debe cumplir un edificio para reducir a límites sostenibles su consumo de energía.-** Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir un edificio, para reducir a límites sostenibles su consumo de energía, incluyendo la obligatoriedad de que parte de la energía utilizada proceda de fuentes renovables. Esta norma se aplica en edificios de nueva construcción, y, en edificios cuyas modificaciones, reformas, o, rehabilitaciones superen el 25% del envoltorio del edificio.

La norma establece la forma y orientación adecuadas para un edificio, de tal manera que se logre un aprovechamiento climático máximo del entorno. Este objetivo se logra a través de una relación óptima entre la superficie y el volumen del edificio, relación conocida como factor de forma del edificio.

Esta norma no aplicaría en lo referente a la forma y orientación de la CCMC ya que casi todas las construcciones civiles (edificaciones) no son nuevas. De todas formas, una ficha de levantamiento de la información para la auditoría sería la siguiente:

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR
Dimensiones del edificio	Largo, m	
	ancho, m	
	alto, m	
	Superficie S, m <sup>2</sup>	
	Volumen V, m <sup>3</sup>	
Factor de forma	S/V	
0,5 <f<0,8	Si	
	No	
Uso de energía renovables para S>4000 m <sup>2</sup>	Si	
	No	
	No aplica	
Cumplimiento de la norma (1 de 2)	Si	
	No	

Referido a la iluminación de la CCMC, esta norma establece que toda zona dispondrá de al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en tableros eléctricos, como único sistema de control.

Se establece que las zonas de uso esporádico (baños y pasillos), dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o por sistema de temporización.

Se determina que las edificaciones deberán poseer sistemas de aprovechamiento de luz natural, instalados en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 m de la ventana, y, en todas las situadas bajo un lucernario.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La norma también establece los valores máximos de eficiencia energética de una instalación (VEEI), para diversas zonas de actividad diferenciada. La siguiente tabla muestra los valores VEEI máximos para áreas de no representación, como el caso de las instalaciones de la CCMC.

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m <sup>2</sup> )
Administración general	3.5
Andenes de estación de transporte	3.5
Salas de diagnóstico	3.5
Pabellones de exposición o ferias	3.5
Zonas comunes	4.5
Almacenes, archivos, salas técnicas, y, cocinas	5.0
Aparcamientos	5.0

El VEEI máximo de una zona, por cada 100 lux, se determina de acuerdo a la expresión (4.1):

$$VEEI = (P*100)/(S_i * E_m) \quad (4.1)$$

En dónde:

P, es la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares, W.

S, es la superficie iluminada, m<sup>2</sup>.

E<sub>m</sub>, es la iluminancia media horizontal mantenida, lux.

Los valores sugeridos de iluminancia media, según el lugar o actividad, se resumen en la tabla 4.12.

Lugar o Actividad	E, lux
Archivos, copiatoras, áreas de circulación	300
Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos	500
Dibujo técnico	750
Diseño asistido (CAD)	500
Salas de conferencias y reuniones	500
Puestos de recepción	300
Pasillo y vías de circulación	100
Servicios y aseos	100
Salas de descanso	100

Tomado de: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Sector residencial y Terciario. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Comunidad de Madrid

Para la iluminación se debe primeramente cambiar todos los focos y lámparas a ahorradores y fomentar una política cultural de apagado de los mismos cuando no sea necesario su uso.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Esta norma si aplica en lo referente a la iluminación de la CCMC y luego de la auditoría deben tomarse las medidas correctivas pertinentes. La ficha de información para la auditoría se indica en la tabla 4.13.

**Regulación de alumbrado público 008/11.-** El objetivo es normar las condiciones técnicas y financieras que permitan a las distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo. La EERSSA deberá observar lo dispuesto en la presente regulación ya que posee vías iluminadas con tráfico motorizado y vías peatonales [18].

Se consideran los aspectos técnicos como parámetros fotométricos, iluminación según las vías, niveles, variaciones temporales de la clase de iluminación de acuerdo con la densidad de tráfico tanto para vías iluminadas con tráfico motorizado y vías peatonales. Se consideran también los procedimientos para las mediciones, las condiciones de continuidad del servicio, límite, ajuste tarifario y reposiciones del servicio en luminarias. El CONELEC definirá el modelo de costo eficiente, los costos del servicio y los principios tarifarios aplicados. El aspecto comercial debe ser contabilizado en cuentas independientes a las que maneja la distribuidora. El envío de la información será remitido al CONELEC para que realice la supervisión y control del cumplimiento de los parámetros técnicos y comerciales establecidos por la presente regulación.

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR
Existencia del sistema de control de encendido y apagado manual	Si	
	No	
Existencia del sistema de control para las zonas de uso esporádico	Si	
	No	
Existencia de sistemas de aprovechamiento de luz natural	Si	
	No	
Tipo de lámpara	LED	
	Lámpara LFC	
	Lámpara fluorescente	
	Lámpara incandescente	
Número de lámparas	Unidades	
Potencia instalada en lámparas P (incluyendo la de los equipos auxiliares)	W	
Superficie iluminada Si	m <sup>2</sup>	
Iluminancia media para oficinas Em, 500 lux.		
Valor de la eficiencia energética para la instalación VEEL	$VEEL=(P*100)/(Si*Em)$	
VEEL, máximo 3,5 W/m <sup>2</sup>	Si	
	No	
Tipo de iluminación	Directa	
	Semidirecta	
	Difusa	
Horas de uso por mes t	t, h	
Energía consumida E	$E=P*t$ , kWh	
Cumplimiento de la norma, (3/4)	Si	
	No	



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Estas normas de alumbrado público se pueden aplicar a la CCMC y luego de la auditoría tomar las medidas correctivas pertinentes.

**Ordenanzas 3457 y 3477 del Distrito Metropolitano de Quito sobre arquitectura y urbanismo.**- Esta normativa propende al mejoramiento de las condiciones del hábitat, definiendo las normas mínimas de diseño y construcción que garanticen niveles normales de funcionalidad, seguridad, estabilidad, e, higiene en los espacios urbanos y edificaciones, y, que permitan además prevenir y controlar la contaminación, y, el deterioro del medio ambiente [19].

Aunque estas ordenanzas son de vigencia en el Distrito Metropolitano de Quito, al estar basadas en normas establecidas por el INEN, en el Código del Trabajo, en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, y, en el Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas, se constituyen en una importante referencia para la auditoría energética en la CCMC [20].

En esta normativa, se establece que las dimensiones de los locales se sujetarán a requerimientos mínimos, definidos de acuerdo al tipo de actividad que se realiza en ellos, al volumen de aire requerido por sus ocupantes, a la posibilidad de renovación del aire, a la distribución del mobiliario y de las circulaciones, a la altura mínima del local, y, a la necesidad de iluminación natural.

Se establece **una altura mínima del local** de 2.30 m. Para plantas bajas destinadas a comercio, oficinas, o, talleres, se establece una altura libre de 2.70 m o más. Estas dimensiones se observarán desde el piso terminado, hasta la cara inferior del elemento construido de mayor descuelgue.

Por cuanto, elementos como la iluminación y la ventilación aportada desde el exterior, contribuyen a la eficiencia energética de la edificación, la normativa establece que **todas las dependencias deberán poseer iluminación y ventilación a través de vanos que faciliten el ingreso de aire y luz natural desde el exterior**. Este requerimiento se evalúa de acuerdo a cinco parámetros:

- Superficie útil de la dependencia (A), m<sup>2</sup>
- Superficie total de ventanas (B) orientadas al exterior de la dependencia, m<sup>2</sup>
- Superficie total para ventilación (C), m<sup>2</sup>
- Área mínima total de ventanas para iluminación (D), m<sup>2</sup>
- Área mínima total para ventilación (E), m<sup>2</sup>

El área mínima total de ventanas para iluminación D, se calcula a través de la expresión (4.1):

$$D = A \cdot 0.2 \quad (4.1)$$

En dónde:

A, es la superficie útil de la dependencia, m<sup>2</sup>.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El área mínima total para ventilación E, se determina con la expresión (4.2):

$$E = D \cdot 0.3 \quad (4.2)$$

En dónde:

D, es el área mínima total de ventanas para iluminación, m<sup>2</sup>.

El requerimiento de la normativa sobre iluminación y ventilación de origen externo, se cumple si:

- La altura de la dependencia es mayor o igual a 2.30 m.
- El área mínima total de ventanas para iluminación es del 20% de la superficie útil del local ( $B \geq D$ ).

El área mínima para ventilación es del 30% de la superficie de la ventana ( $C \geq E$ ).

Esta norma aplicaría y requiere de inversión que la determinaría un Arquitecto o Ingeniero civil. La siguiente tabla sirve para la ficha informativa y para la auditoría:

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR
Dimensiones de la dependencia	Largo, m	
	Ancho, m	
	Alto, m	
	Superficie útil A, m <sup>2</sup>	
Altura mínima 2,3 m	Si	
	No	
Ventanas circundantes con vista exterior	# de ventanas	
	Superficie total B, m <sup>2</sup>	
	Superficie total de ventilación C, m <sup>2</sup>	
Área mínima total de ventanas para iluminación D	$D=A \cdot 0,2$ , m <sup>2</sup>	
Área mínima total para ventilación E	$E=D \cdot 0,3$ , m <sup>2</sup>	
Para iluminación se debe cumplir que $B \geq D$	Si	
	No	
Para ventilación se debe cumplir que $C \geq E$	Si	
	No	
Cumplimiento de los parámetros técnicos normados, (2/3)	Si	
	No	

**NTE INEN 1152:84, sobre iluminación natural de edificios.-** Establece las disposiciones generales y requisitos para la iluminación en viviendas, escuelas, oficinas, y, hospitales, determinando los valores mínimos de iluminación y su aplicación en la práctica.

Para asegurar un adecuado nivel de iluminación difusa en el interior del local, la norma establece que todas las superficies serán de colores claros con un buen índice de reflexión. También establece que las ventanas se proveerán de cortinas, persianas, parasoles, u, otros elementos para sombra, para evitar en lo posible, el ingreso de luz solar directa al local y disminuir el deslumbramiento ocasionado por la reflexión en las superficies de la dependencia.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Esta norma aplicaría y requiere una inversión mínima. La ficha informativa para la auditoría es la siguiente:

PARÁMETRO	VARIABLE	VALORES
Todas las superficies son de color claro	Si	
	No	
Ventanas provistas de cortinas, persianas u elementos para sombra	Si	
	No	
Cumplimiento de la norma, (2/2)	Si	
	No	

**Certificación Energy Star para computadores**, establece que el computador deberá poseer la capacidad de entrar en modo de espera, después de un período de inactividad. También establece que si el computador es comercializado con la capacidad de trabajar en red, deberá tener la capacidad de entrar en modo de espera mientras se encuentra en la red, pero conservando la capacidad de responder a episodios en los que sea preciso que entre en modo de funcionamiento. El computador deberá volver al modo de espera después de un período de inactividad, al finalizar la tarea requerida [20].

**Certificación Energy Star para equipos periféricos**, establece para las impresoras los mismos requerimientos que para los computadores, incluyendo la necesidad de que para todas las impresoras de tamaño normalizado, de velocidad superior a 10 ppm con una unidad de anverso - reverso (dúplex) instalada, el participante en el programa instruya a sus clientes acerca del uso de sus impresoras en modo dúplex, como modo de funcionamiento por defecto. También establece criterios de desempeño en el uso de energía. Las tablas 4.16 y 4.17, muestran los criterios establecido para las impresoras y equipos varios [20].

Velocidad del Producto (ppm)	Modo de espera (W)	Tiempo por defecto para entrar en el modo de espera (min)
<b>Impresoras monocromas (blanco y negro)</b>		
$0 < \text{ppm} \leq 10$	$\leq 10$	$\leq 5$
$10 < \text{ppm} \leq 20$	$\leq 20$	$\leq 15$



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Velocidad del Producto (ppm)	Modo de espera (W)	Tiempo por defecto para entrar en el modo de espera (min)
<b>Impresoras monocromas (blanco y negro)</b>		
20 < ppm ≤ 30	≤ 30	≤ 30
30 < ppm ≤ 44	≤ 40	≤ 60
44 < ppm ≤ ppm	≤ 75	≤ 60
<b>Impresoras de color</b>		
0 < ppm ≤ 10	≤ 35	≤ 30
10 < ppm ≤ 20	≤ 45	≤ 60
20 < ppm	≤ 70	≤ 60
<b>Impresoras de gran formato, tamaño A3</b>		
	≤ 28	≤ 30
<b>Impresoras de gran formato, tamaño A2</b>		
0 < ppm ≤ 10	< 35	< 30
10 < ppm ≤ 40	≤ 65	≤ 30
40 < ppm	≤ 100	< 90

\* Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos de América y la Comunidad Europea sobre la coordinación de los programas de etiquetado de la eficiencia

PARÁMETRO	TIPO	CANTIDAD
Número de equipos periféricos	Impresoras	
	Escáneres	
	Copiadoras	
	Otros	
Potencia instalada en equipos periféricos Pp	Pp, W	
¿Los equipos periféricos cuentan con una certificación (etiqueta) <i>Energy Star</i> ?	si	
	no	

PARÁMETRO	TIPO	CANTIDAD
Número de otros equipos varios	Cafeteras	
	Ventiladores	
	Otros	
Potencia instalada en equipos varios Pv	Pv, W	
¿Los equipos varios cuentan con una certificación (etiqueta) <i>Energy Star</i> ?	si	
	no	
¿Los equipos utilizados cuentan con una certificación (etiqueta) <i>Energy Star</i> ?	si	
	no	

**NTE INEN 2567:2010 referente a requisitos de eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico.-** Se aplica a todas las cocinas de inducción de uso doméstico, de tensión nominal no superior a 250 V, que se comercialicen en el Ecuador. Es completamente aplicable para la CCMC para remplazar a las hornillas eléctricas de la central.

**NTE INEN 2498:2009 referente a requisitos de eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios monofásicos y trifásicos.-** El último consumo corresponde al del





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

tanque de presión, a más de las lámparas de iluminación de los senderos que son lámparas fotovoltaicas, se consume energía para la activación de las tarabitas y compuertas de tanques de presión con motores eléctricos. La norma NTE INEN 2498:2009 referente a requisitos de eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios monofásicos y trifásicos se aplica para renovar estos motores eléctricos.

El ahorro en combustibles no se puede analizar debido a que no existe un registro de consumo en la central. Se sugiere realizarlo para analizar las oportunidades de ahorro.