



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Mecánica

DESARROLLO DE UN MANUAL DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA EMPRESAS Y EDIFICIOS

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Misael Fuentes Paredes
Ingeniero Mecánico

CÉSAR MANUEL LLANCAMÁN VIDAL
DAVID FELIPE PORFLITT GUTIÉRREZ
VALDIVIA - CHILE
2007

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación Comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación de los Señores:

David Felipe Porflit Gutiérrez
César Manual Llancamán Vidal

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día _____ como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Sr. Misael Fuentes P.

Profesores Informantes:

Dr. Rogelio Moreno M.

Sr. Marcelo Paredes C.

Director de Escuela:

Sr. Milton Lemarie O.

DEDICATORIA

“Dedicada con especial cariño a mi Madre, Abuela, Madrina y prima y a todas esas personas que siempre estuvieron a mi lado ayudándome de una u otra forma”

*“Dedicada a mis padres Dina y Manuel
y mis tías adoptivas Katy, Rebeca y
abuelita Berta”*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Página
Resumen.....	1
Summary.....	2
Sistema de unidades.....	3
Glosario.....	3
Introducción.....	4
Capítulo 1: Eficiencia energética.....	7
1.1. Energía.....	7
1.2. Economía energética.....	9
1.3. Auditorías energéticas.....	16
1.3.1. Secciones del proceso de auditoría.....	18
1.3.1.1. Trabajo de pre sitio.....	18
1.3.1.2. Trabajo in situ.....	21
1.3.1.3. Trabajo post sitio.....	23
Capítulo 2: Confección del manual de auditorías energéticas para empresas y edificios.....	25
2.1. Selección de la información bibliográfica.....	25
2.2. Descripción del proceso de desarrollo del manual de auditorías energéticas para empresas y edificios.....	26
Capítulo 3: Manual de auditorías energéticas para empresas y edificios.....	29
3.1. Generalidades.....	31
3.1.1. Instrucciones generales.....	31
3.1.2. Explicación del manual.....	31
3.1.3. Completación del manual.....	32
3.1.4. Equipos para las auditorías energética.....	32
3.1.4.1. Equipos para instalaciones de combustión.....	33
3.1.4.2. Equipos de consumos eléctricos.....	33

3.1.4.3. Otros instrumentos.....	33
3.1.5. Cálculos económicos.....	34
3.1.5.1. Datos de partida.....	34
3.1.5.2. Porcentaje de rentabilidad inmediatos.....	35
3.1.5.3. Índices de rendimiento indirectos.....	36
3.2. Formulario de la auditoría.....	39
3.2.1. Datos generales y de producción.....	39
3.2.1.1. Identificación del establecimiento.....	39
3.2.1.2. Otros datos.....	40
3.2.1.3. Datos de producción.....	42
3.2.2. Proceso.....	43
3.2.2.1. Diagrama de bloques del proceso.....	43
3.2.2.2. Descripción del proceso.....	45
3.2.2.3. Distribución del consumo energético en el proceso.....	45
3.2.2.4. Descripción de los equipos.....	46
3.2.2.5. Resumen de consumo de los principales equipos.....	48
3.2.3. Datos energéticos generales.....	50
3.2.3.1. Energía eléctrica.....	50
3.2.3.2. Energía térmica.....	51
3.2.3.3. Otras fuentes de energía.....	53
3.2.4. Contabilidad energética.....	53
3.2.4.1. Unidades de medida de la energía.....	56
3.2.4.2. Consumos específicos de los productos.....	57
3.2.5. Servicios.....	58
3.2.5.1. Alumbrado: Consumo energía eléctrica en alumbrado...58	
3.2.5.2. Aire comprimido: Consumo energía eléctrica en aire comprimido (tep).....	59
3.2.5.3. Calefacción: Consumo energía térmica en calefacción (tep).....	59
3.2.5.4. Acondicionamiento de aire y ventilación: Consumo de energía (tep).....	59

3.2.5.5. Refrigeración: Consumo de energía.....	59
3.2.6. Mejoras y recomendaciones energéticas.....	60
3.2.6.1. Mejoras en el proceso.....	60
3.2.6.2. Mejoras en tecnologías horizontales.....	61
3.2.6.3. Mejoras en servicios.....	62
3.2.6.4. Mejora en las condiciones de compra de las distintas energías.....	63
3.2.6.5. Resumen de mejoras.....	63
3.2.6.6. Recomendaciones.....	64
3.2.7. Resumen y conclusiones.....	64
3.1. Legislación energética chilena.....	65
3.3.1. Introducción.....	65
3.3.2. Normativa.....	65
3.3.2.1. Energía eléctrica.....	65
3.3.2.1.1. Leyes del sector electricidad.....	65
3.3.2.1.2. Decretos sector electricidad.....	67
3.3.2.1.3. Decretos tarifarios sector electricidad.....	67
3.3.2.1.4. Normas técnicas del sector electricidad.....	68
3.3.2.2. Energía térmica.....	72
3.3.2.2.1. Leyes del sector combustible.....	72
3.3.2.2.2. Decretos del sector combustible.....	73
Capítulo 4: Ejemplo del proceso de auditoría.....	77
4.1. Datos generales del establecimiento.....	77
4.2. Actividad principal del establecimiento.....	78
4.3. Datos de producción del establecimiento.....	78
4.4. Descripción del proceso de mantención en el taller del establecimiento.....	79
4.5. Diagrama de bloques del proceso de mantención.....	80
4.6. Distribución del consumo energético del proceso de mantención.....	81
4.7. Resumen de equipos en el proceso de mantención.....	81
4.8. Contabilidad energética.....	83
4.9. Datos energéticos generales.....	86

4.9.1. Energía eléctrica.....	86
4.9.2. Energía térmica.....	86
4.10. Servicios.....	86
4.11. Mejoras.....	87
Conclusiones.....	91
Bibliografía.....	93
Anexos.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Figura N° 1: Consumo electricidad por países.....	9
Figura N° 2: Proyección consumo energía en Chile.....	14
Figura N° 3: Diagrama de bloques esquemático	42

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
Cuadro N° 1: Caracterización de instrumentos de EE en el sector industrial, países seleccionados.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla N° 1: Descripción del establecimiento.....	37
Tabla N° 2: Datos de interés.....	38

Tabla N° 3: Datos de producción.....	40
Tabla N° 4: Operaciones del proceso productivo de la empresa.....	43
Tabla N° 5: Características nominales y reales de los principales equipos consumidores de energía.....	45
Tabla N° 6: Resumen de equipos consumidores de energía directa.....	46
Tabla N° 7: Resumen equipos consumidores de energía directa que generan energía indirecta (sistemas).....	46
Tabla N° 8: Resumen de equipos consumidores de energía indirecta.....	46
Tabla N° 9: Aprovevisionamiento de energía eléctrica.....	48
Tabla N° 10: Aprovevisionamiento de gas natural.....	49
Tabla N° 11: Aprovevisionamiento de Gas licuado de petróleo (GLP).....	49
Tabla N° 12: Aprovevisionamiento de Gasolina.....	49
Tabla N° 13: Aprovevisionamiento de Petróleo.....	49
Tabla N° 14: Aprovevisionamiento de Carbón.....	49
Tabla N° 15: Aprovevisionamiento de energía solar.....	50
Tabla N° 16: Aprovevisionamiento de energías especiales.....	50
Tabla N° 17: Consumo de energía facturado anual.....	52
Tabla N° 18: Equivalencias de conversión.....	54
Tabla N° 19: Consumos específicos por productos.....	55
Tabla N° 20: Detalle de alumbrado.....	55
Tabla N° 21: Detalle de aire comprimido.....	56
Tabla N° 22: Detalle de aire comprimido.....	56
Tabla N° 23: Detalle de aire comprimido.....	56
Tabla N° 24: Detalle de refrigeración.....	56
Tabla N° 25: Resumen de mejoras.....	60

RESUMEN

Este documento tiene por objeto realizar un manual de auditorías energéticas que pueda ser utilizado tanto en empresas como edificios, siendo de esta forma un real aporte al problema de uso ineficiente de energía en Chile y además el comienzo de una serie de medidas para lograr un desacoplamiento del crecimiento económico del país con el crecimiento del consumo energético. Para esto se pretende resaltar y promover la importancia del uso eficiente de energía, culminando finalmente con la realización de una auditoría energética a una empresa de la zona, para demostrar la real aplicabilidad del manual.

Para lograr estos objetivos se ha acudido a literatura actual de diversos autores especialistas en el tema, los cuales han logrado desde hace años excelentes resultados en países desarrollados, como Estados Unidos, España, Inglaterra, y otros. Además se ha trabajado en conjunto con empresas, las cuales han aportado tanto con instrumentación como con información técnica para la confección del manual.

Los resultados obtenidos demuestran que el presente manual puede ser un aporte para comenzar a mejorar un ámbito en el que Chile aún se está iniciando y en el cual se tienen muchas expectativas de alcanzar altos niveles de uso eficiente de energía.

La conclusión obtenida es que el manual puede ser utilizado para llevar a cabo auditorías energéticas y con ello alcanzar mejoras en la eficiencia del consumo de energía, tal como sucedió con la empresa auditada en el presente trabajo de titulación. Además se concluye que aunque probablemente habrá en el futuro documentos más completos, el presente manual ha creado un interés en saber qué resultados se pueden obtener con su aplicación tanto para el Gobierno de Chile como para algunas empresas privadas, los cuales están dispuestos a dar a conocer el presente documento.

SUMMARY

This document intend to make a manual of energy audits that can be used as much in companies as building, it being like this a real contribution to the problem of inefficient use of energy and also to be the beginning of a series of measures to achieve a disconnection of the economic growth of the country with the growth of the energetic consumption. For this it is sought to stand out and to promote the importance of the efficient use of energy, culminating finally with the realization of an energy audit to a company of the area, to demonstrate the real applicability of the manual.

To achieve these objectives one has gone to current literature from diverse specialist authors in the topic, which have achieved for years excellent results in developed countries, as United States, Spain, England, and others. One has also worked together with companies, which have contributed as much with instrumentation as with technical information for the making of the manual.

The obtained results demonstrate that the manual can be a contribution to begin to improve an environment in which Chile is still beginning and in which there are many expectations of reaching high levels of efficient use of energy.

The obtained conclusion is that the manual can be used to implement energy audits and with it to reach improvements in the energy consumption, just as it happened with the audited company in the present thesis's work. It is also concluded that although there will probably be in the future more complete documents, the manual present has created an big interest from Government from Chile like from some companies, which are disposed diffusing this document.

SISTEMA DE UNIDADES

El sistema de unidades que se utiliza en el presente trabajo es el Sistema Internacional de Unidades (SI) en conjunto con el Sistema Técnico de Unidades, debido al uso masificado de este último a nivel nacional. Además, se utilizará las toneladas equivalentes de petróleo¹ (tep), como unidad de energía que corresponde a la utilización de 1 tonelada de petróleo, utilizada para expresar la producción o el consumo de energía a nivel global.

GLOSARIO

°C	: Grados Celsius.
m	: Metro.
m ²	: Metro cuadrado.
s	: Segundo.
hr	: Hora.
kV	: Kilovolt
kVA	: Kilovolt-amperes.
kWh	: Kilowatt hora
MWh	: Megawatt hora
GWh	: Gigawatt hora
kW	: Kilowatt
kcal	: Kilocaloría
tep	: Tonelada equivalente de petróleo
kj	: Kilojoule
Mj	: Megajoule
kgf/cm ²	: Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado (técnico)
m ³ /hr	: Metro cúbico por hora
l/min.	: litros por minuto
\$: Pesos chilenos
USD	: Dólar americano

¹ Dado el papel esencial que desempeña el petróleo en la economía mundial, los políticos y economistas en particular utilizan la tonelada equivalente petróleo como unidad de energía para medir las necesidades de las naciones.

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la crisis del petróleo en la década de los años 1970-1980 se puso de manifiesto la gran dependencia energética existente en el mundo. La propia supervivencia de muchas empresas, organizadas en función de procesos intensivos en energía, que era hasta esos momentos muy barata, motivó a que desde la administración se incentivara la racionalización del consumo energético. Los estudios técnico-económicos mostraron que podía reducirse el consumo de energía, por ello se aplicaron medidas, especialmente en grandes y medianas empresas, y en los sectores con mayor dependencia energética.

La optimización energética no se alcanzó automáticamente, sino que se conjuntaron diferentes esfuerzos como la realización de auditorías, operaciones de demostración, introducción de equipos, procedimientos más eficientes y esquemas de financiamiento que permitieron rebajar la dependencia energética de las empresas.

En la actualidad la experiencia internacional demuestra que es común la creación de una agencia o entidad independiente con dedicación exclusiva al desarrollo de la eficiencia energética. En el caso de Canadá, se estima que entre 1990 y 2002 los programas implantados han permitido mejorar la eficiencia energética en un 13%, ahorrando a los canadienses un gasto del orden de USD 8,12 mil millones². Si se considera que el presupuesto gastado en eficiencia energética el 2002 fue de alrededor de USD 127 millones se puede decir conservadoramente que se ahorraron cerca de USD 5 por cada dólar invertido. Del mismo modo, se estima³ que en EEUU, entre 1978 y 2000, los programas de eficiencia energética implementados permitieron el ahorro de unos USD 30 mil millones, con una inversión cercana a los USD 8 mil millones, es decir casi unos USD 4 de ahorro por dólar invertido. En Chile, la actualidad referida a uso eficiente de energía es un poco diferente. Para comenzar cabe señalar que Chile el año

² Improving Energy Performance in Canada - Report to Parliament Under the *Energy Efficiency Act* - 2002- 2003

³ Energy Efficiency: Budget, Oil Conservation, and Electricity Conservation Issues, 2004, Fred Sissine, Resources, Science, and Industry Division

2004 importa el 72% de la energía que consume (vs. 48% en 1990)⁴, lo que refleja que ser ineficientes en el consumo de energía significa un alto costo para el país. Por otro lado, Chile presenta un crecimiento económico acoplado al crecimiento del consumo energético⁵, mientras que los países desarrollados presentan un desacoplamiento entre el crecimiento económico y la demanda energética, lo que ha sido producido, en gran medida, por la introducción de políticas de eficiencia energética motivadas por la escasez de recursos y, más recientemente, por el cuidado del medio ambiente a nivel global. De este modo, se ha generado la idea intuitiva de que existe un vínculo entre el crecimiento económico sostenible de una nación y la aplicación de políticas de eficiencia energética, dicho de otro modo, el uso eficiente de la energía (UEE), sería uno de los factores que encaminan a las naciones hacia el desarrollo sostenible. Es así como recién el año 2005, el ministerio de minería y energía en conjunto con la comisión nacional de energía (CNE) han abordado el tema, materializándolo con la creación de un programa llamado Programa País Eficiencia Energética (PPEE). Este programa es un esfuerzo participativo iniciado a comienzos de 2005 para poner a Chile al día, de modo rápido y eficaz, en un campo que aún está postergado. De esta manera, en enero de 2006 el PPEE ha empezado a operar como programa formal del estado de Chile, desarrollando una línea de acción⁶, es decir, un sistema nacional de eficiencia energética, el cual cuenta con una serie de proyectos destinados al tema de eficiencia energética en el país, dentro de los cuales se encuentran la realización de una política nacional e institucionalidad para la EE, un marco normativo y regulatorio para la EE, un sistema de auditorías de eficiencia energética, entre otros. Es este último punto, el que ha motivado la realización del presente trabajado de titulación, puesto que esta herramienta permite obtener un **conocimiento** suficientemente fiable del consumo energético de una empresa, detectar los **factores** que afectan al consumo de energía, e identificar, evaluar y ordenar las distintas **oportunidades de ahorro de energía**, en función de su

⁴ Cfr. Karen Poniachik. “*Plan de seguridad energética impulsado por el gobierno*”, Chile. 2006

⁵ “Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores del consumo en Chile”, Santiago, diciembre 2004, p. 74.
www.cne.cl/medio_amb/eficiencia/pdf/Info_Final_Potencial.pdf.

⁶ Mapa de acción: Sistema Nacional de Eficiencia Energética.

rentabilidad. En Chile no existe aún un conocimiento muy profundo del tema, y sólo se tiene certeza, según lo demuestran estudios⁷ por parte de la CNE, que la realización de auditorías energéticas en Chile, permitiría un ahorro de 91.6 Gwh. Sin embargo, el gobierno de Chile no cuenta con un reglamento o documento formalizado que permita realizar de manera eficiente y sistemática una auditoría energética, mientras que otros países tales como España, EEUU, entre otros, conociendo las virtudes de esta herramienta, ya han realizado manuales para llevar a cabo de forma eficiente el proceso de auditoría energética.

Objetivos Generales

Desarrollar un procedimiento o manual de auditoría energética que sea aplicable a empresas y edificios, y que además sea una herramienta de aporte al problema de uso ineficiente de energía en Chile.

Objetivos Específicos

- Resaltar y promover la importancia del uso eficiente de la energía.
- Dar a conocer la realidad del país en materia de uso eficiente de la energía y comparar dicha realidad con países que han abordado el tema en profundidad.
- Confeccionar un manual de auditoría energética aplicable a empresas y edificios.
- Aplicar el manual de auditoría energética en un ejemplo práctico en una empresa o edificio de la zona.

⁷ Identificación, evaluación y propuesta de medidas e instrumentos de eficiencia energética, para los distintos sectores de consumo del país informe final definitivo Presentado por Santiago Consultores Asociados Para la Comisión Nacional de Energía (CNE) Santiago, 21 de marzo de 2005

CAPÍTULO 1: EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.1. Energía

El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar y poner en movimiento.

En física, energía es la capacidad de obrar, transformar y poner en movimiento. En tecnología y economía, energía se refiere a un recurso natural y la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial o económico del mismo. En otras palabras, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo.

Básicamente, existen dos formas de aprovechar la energía:

- Por combustión directa de materias fósiles (caso de la gasolina, el gas natural, o el carbón). En este caso lo que se utiliza es energía química, es decir, la energía que se almacena en los enlaces químicos de los combustibles.
- Por transformación de cada tipo de energía en energía eléctrica, en una central de generación eléctrica. La energía eléctrica puede ser fácilmente distribuida y aprovechada, independientemente de la fuente que se utiliza para generarla.

Respecto a las formas de generación de energía eléctrica, existen dos tipos de fuentes de energía:

- Fuentes de energía renovables:
 - Energía eólica
 - Energía geotérmica
 - Energía hidráulica
 - Energía mareomotriz
 - Energía solar
 - Biomasa
 - Gradiente térmico oceánico
 - Energía azul

- Fuentes de energía no renovable:
 - Energía nuclear
 - Carbón
 - Gas natural
 - Petróleo

Se denomina energía renovable a la que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Energía no renovable es un término genérico referido a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y que, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable, o la producción desde otras fuentes es demasiado pequeña como para resultar útil a corto plazo.

Respecto a la explotación de la energía, ésta abarca una serie de procesos, que varían según la fuente empleada. De esta manera se tienen:

- Extracción de la materia prima (Uranio, Carbón. Petróleo y otros)
- Procesamiento de la materia prima (enriquecimiento del uranio, refinado del petróleo, entre otros)
- Transporte, almacenamiento y distribución de la materia prima, hasta el punto de utilización.
- Transformación de la energía (por combustión, fisión, y otros)

Para la electricidad, además se tiene:

- Generación de electricidad, por lo general mediante turbinas
- Almacenamiento y/o distribución de la energía
- Consumo

Por último, se tiene:

- Gestión de los residuos

1.2. Economía energética

La economía energética es una subclase de la economía que se centra en sus relaciones con la energía (tecnología) como base de todas las demás relaciones. Es una subclase de la economía ecológica en cuanto asume que la cadena alimentaria en la ecología tiene una analogía directa a la cadena de suministro de energía para las actividades humanas.

Algunas teorías van mucho más lejos asumiendo que estas relaciones son decisivas, tanto como la economía marxista asume que las relaciones de la propiedad son decisivas, en la determinación de las acciones humanas a gran escala.

Buckminster Fuller, en su obra "Cosmic Costing", fue un impulsor inicial de la economía energética. Teóricos modernos de la economía energética son a menudo postuladores de la teoría de la complejidad, como por ejemplo Joseph Tainter.

La economía energética fue considerada por algunos una rama de los movimientos de la ecología profunda, compartiendo la opinión de que la humanidad puede sufrir su desaparición cuando las fuentes de energía se agoten. Y consideran que esto no tiene alternativa. En consecuencia, el principio fundamental de la economía energética es la conservación de la energía.

Además la disponibilidad de la energía es un factor fundamental para el desarrollo y el crecimiento económico. La aparición de una crisis energética desemboca irremediablemente en una crisis económica. La utilización eficaz de la energía, así como el uso responsable, son esenciales para la sostenibilidad.

En la actual situación mundial, son varias las voces que abogan por reducir el consumo energético y de recursos naturales. Entre éstos se tienen:

- Informe sobre los límites del desarrollo del Club de Roma (1972)
- Teoría del pico de Hubbert, sobre el agotamiento del petróleo

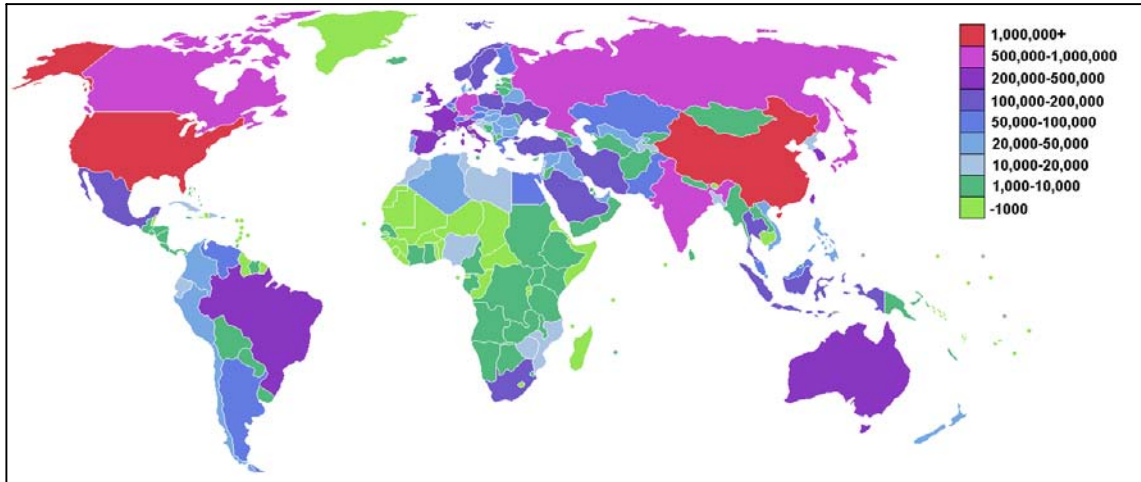


FIGURA N° 1: Consumo de electricidad por países en GWh

Sin ir más lejos y como se mencionó anteriormente, la crisis del petróleo entre los años 1970-1980 llevó posteriormente a una gran crisis económica mundial, donde la supervivencia de muchas empresas se vio afectada producto de la gran dependencia energética que éstas poseían. Este hecho motivó la reacción de los cargos administrativos, incentivando la racionalización del consumo energético, la cual más tarde pasó a ser también motivación de los distintos gobiernos. De esta manera, se comenzaron a realizar diferentes estudios técnico-económicos, los que mostraron que se podía reducir el consumo de energía mediante una serie de medidas, aplicadas especialmente a grandes y medianas empresas, que en ese momento poseían una mayor dependencia energética. Dentro de las medidas adoptadas para reducir el consumo energético se tienen operaciones de demostración, introducción de equipos, procedimientos más eficientes y esquemas de financiamiento que permitieran rebajar la dependencia energética de las empresas, la realización de auditorías energéticas, y otras.

En la actualidad, una mezcla de elementos relativos a la seguridad en el suministro de energía, en especial en países que carecen de hidrocarburos o disponen de éstos de manera limitada, a los compromisos internacionales relacionados con el cambio climático, y a la necesidad de generar nuevas fuentes de empleo, son las motivaciones o argumentos esgrimidos para adoptar políticas de eficiencia energética (EE) y situarlas como elemento clave de las políticas energéticas.

La experiencia internacional demuestra que es común la creación de una agencia o entidad independiente con dedicación exclusiva al desarrollo de la eficiencia energética. Los países que han optado por este tipo de institución, lo han hecho porque consideran que esta opción les permite disponer de recursos humanos técnicamente calificados, capaces de asesorar a las empresas, definir metas, desarrollar mecanismos específicos y evaluar críticamente las propuestas de las empresas energo-intensivas. Es común además, que los ejecutivos de una entidad de este tipo deban responder por los resultados obtenidos, en la medida que ellos constituyen su responsabilidad exclusiva.

Por último, su financiamiento se define en base a metas precisas y el manejo presupuestario evaluado en función del cumplimiento de las mismas.

Los resultados obtenidos por las agencias son elocuentes, tal como se menciona anteriormente, para el caso de Canadá y EEUU.

Por su parte, en la comunidad de Madrid, España, en materia de eficiencia energética, la auditoría energética es una actividad sometida a las leyes del mercado. La Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, dentro de sus ayudas a las energías renovables y eficiencia energéticas, incluye las auditorías energéticas entre las actividades que pueden obtener subvenciones de hasta un 40%.

Desde el punto de vista del consumidor, las medidas adoptadas se pueden clasificar en tres grandes grupos: acción voluntaria, regulación, e incentivos económicos y fiscales.

Las medidas voluntarias son aquellas que facilitan cambios en el comportamiento de empresas y de individuos, sin la necesidad de regulación o control gubernamental. Estas medidas implican, por lo tanto, la autorregulación. Entre las medidas voluntarias se cuentan por ejemplo la simple entrega de información, que permitan educar a los usuarios acerca del uso de la energía, la implementación de programas persuasivos que crean conciencia acerca de los problemas ambientales como el cambio climático, o las **auditorías energéticas** que permiten advertir a las empresas y usuarios residenciales acerca de sus pérdidas de energía y posibles mejoras.

El siguiente cuadro resume las características de las políticas de EE en algunos de los países analizados.

CUADRO N° 1: Caracterización de instrumentos de EE en el sector industrial, países seleccionados.

Mecanismos e Instrumentos		Países			
		Japón	Canadá	EEUU	México*
Reglamentos y estándares de eficiencia	Estándares para equipos (obligat/voluntarios)	✓			✓
Incentivos Económicos	Inversiones y/o subsidios	✓		✓	✓
	Préstamos blandos	✓			✓
	Ayuda financiera para auditorías			✓	✓
Gestión energética	Superintendentes	✓			✓
	Informes consumo energía	✓			✓
	Auditorías energéticas	✓		✓	✓
	Capacitación	✓	✓		✓
	Planes de ahorro	✓	✓		✓
Investigación y desarrollo			✓	✓	
Acuerdos voluntarios		✓			✓
Otros		Fomento a la Cogeneración			Fomento a la Cogeneración

*: En su mayor parte se refiere a las paraestatales: PEMEX y CFE.

Como se menciona anteriormente, en Chile recién el año 2005, el ministerio de minería y energía en conjunto con la CNE han empezado a trabajar con miras a abordar el tema del uso eficiente de la energía, lo cual se ha materializado con la creación del PPEE, el cual ha empezado a operar como programa formal del estado de Chile, desde enero del 2006.

Como objetivo estratégico del PPEE está el construir y consolidar un **Sistema Nacional de Eficiencia Energética** en Chile, con la participación activa de todos los actores nacionales relacionados con esta necesidad del país. Para el PPEE, el desarrollo de la eficiencia energética es un proceso multidimensional y se lo debe abordar en forma simultánea e interactiva en todas sus dimensiones.

El Programa cuenta con una institucionalidad para coordinar el tema, identificar prioridades, proporcionar un marco regulatorio y de fomento coherente y sistémico, convocar a todos los actores relevantes, y crear sinergias entre medidas y actividades de los variados actores y sectores. El Programa se basa en tres ejes fundamentales:

1. Cooperación público-privada y participación.
2. Mix de instrumentos de política.
3. Medidas de gran impacto y altamente rentables.

El PPEE ha desarrollado una línea de acción, es decir, un sistema nacional de eficiencia energética, el cual cuenta con una serie de proyectos destinados al tema de eficiencia energética en el país. Esta línea de acción ha sido incorporada en el Anexo 1.

Para el periodo 2006-2008, el PPEE pretende llevar a cabo una serie de actividades relacionadas:

Actividades transversales: Actividades transversales de gran importancia para el Programa en el período 2006-2008 son:

- La discusión de una Ley de Eficiencia Energética
- Un programa de regulación y normas de eficiencia energética
- La certificación en distintos ámbitos
- La información pública y las redes de actores
- La innovación tecnológica
- La capacitación, educación y sensibilización a todo nivel

Actividades sectoriales: Para efectos de definir con precisión y rigor las acciones concretas que se iniciarán en 2006 en los sectores más importantes del Programa, durante octubre de 2005 se realizaron cinco talleres participativos de identificación de proyectos futuros importantes de alcance nacional. Los temas de los talleres fueron:

- Eficiencia Energética en artefactos domésticos
- Eficiencia Energética en industria y minería
- Eficiencia Energética en transportes y desarrollo territorial
- Eficiencia Energética en vivienda y construcción
- Cultura de Eficiencia Energética.

Adicionalmente, el sector público asumió un compromiso por dar el ejemplo e implementar la eficiencia energética en “casa”. Esto se materializará básicamente a través de la integración de criterios de eficiencia energética en la contratación pública, a través de la integración de eficiencia energética en el alumbrado público y buenas prácticas municipales, así como a través de una mayor eficiencia en la gestión energética.

En resumen Chile necesita aprender a usar la energía en forma eficiente, en todos los sectores: residencial, comercial, transportes, industrial, minero, de transformación de energía y público.

Los países desarrollados han logrado que sus consumos de energía crezcan considerablemente menos que sus economías, es decir, han logrado un crecimiento de su economía desacoplado al crecimiento de su consumo energético. Por otro lado, mientras que varios países latinoamericanos han iniciado programas durante la última década y han obtenido beneficios significativos de esta decisión, Chile aún no ha iniciado este proceso y los consumos de energía han estado creciendo al mismo ritmo que la economía; más aún, se ha propagado en el país la errónea idea de que el alto crecimiento de la demanda de energía sería un indicador de desarrollo.

En este contexto, como se menciona anteriormente, Chile está importando aproximadamente el 72% de los insumos necesarios para producir la energía que consume⁸, lo cual ha llevado al País ha plantearse la idea de realizar acciones que ayuden a solucionar dicho problema.

De esta manera, a partir de la amplia diversidad de experiencias realizadas en los países desarrollados, un estudio realizado por la CNE ha estimado que una política activa de eficiencia energética permite lograr reducciones globales de consumo del orden de 1,5% anuales⁹. Si se proyectan durante diez años estas reducciones se puede estimar un menor consumo de 247 millones de barriles equivalentes de petróleo para el país en su conjunto. Valorizadas a un precio medio del petróleo de USD 50 por barril,

⁸ Cfr. Nicola Borregaard. “*Mapa de acción Programa País Eficiencia Energética*”, Chile. 2005.

⁹ “Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores del consumo en Chile”, Santiago, diciembre 2004, p. 74. www.cne.cl/medio_amb/eficiencia/pdf/Info_Final_Potencial.pdf.

tales reducciones dan un menor consumo acumulado de USD 12.350 millones.¹⁰ El siguiente gráfico refleja estas proyecciones:

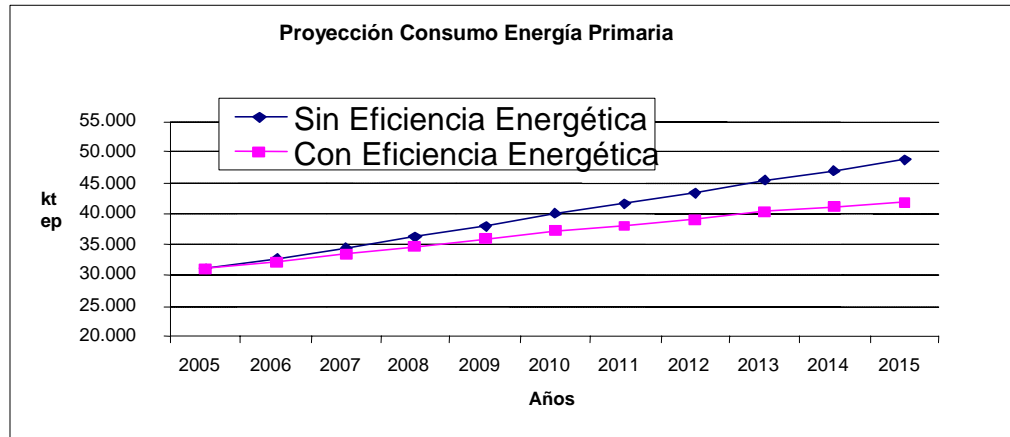


FIGURA N° 2: Proyección consumo energía en Chile

Dentro de la importancia del uso eficiente de la energía en el país, existen cuatro áreas básicas que se benefician en forma directa. Éstas son: *Área estratégica*: Reducción de la vulnerabilidad del país por dependencia de fuentes energéticas externas. *Área económica*: (a) Reducción de costos de abastecimiento energético para la economía en su conjunto. Experiencias de países industrializados han demostrado que la unidad de energía ahorrada a través de programas de eficiencia energética tuvo un costo de alrededor de USD 0,03; estando esta cifra significativamente por debajo del costo promedio de generación de energía en Chile¹¹. (b) Ahorro económico por reducción de consumo energético entre los consumidores y la industria (en todos los servicios energéticos tales como luz, acondicionamiento ambiental, transporte) y (c) Generación de actividad económica, empleo y oportunidades de aprendizaje tecnológico, en los nuevos mercados de bienes y servicios que se crearán para los diferentes sectores usuarios. *Área Ambiental*: Alivio de las presiones sobre los recursos naturales y los asentamientos humanos al reducirse la tasa de crecimiento de la demanda por energéticos. Esto incluye alivio de presiones locales así como presiones globales tales

¹⁰ El precio promedio en la primera quincena de octubre 2005 fue de 60,43 US\$/bbl (www.oilnergy.com/lobrent.htm). Si se actualiza la cifra anterior con una tasa del 12% anual da un beneficio neto estimado de US\$ 5.170 millones.

¹¹ Vea International Energy Agency (2005): The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmers in IEA Countries. August 2005, Paris.

como las emisiones de CO₂, conducentes al calentamiento global. *Área social y de género*: Todos los beneficios serán más importantes para las familias de más bajos ingresos, porque ellas gastan un porcentaje mayor de su ingreso en energía que las demás familias. Esto tiene especial relevancia para el alto porcentaje de hogares chilenos cuyos jefes son mujeres y muchas veces deben sostener a la familia sin otra ayuda.

1.3. Auditorías energéticas

La energía permite a las empresas alcanzar mayor productividad y mayor calidad en su producción. Sin embargo, la energía se debe cubrir mayoritariamente con importaciones. Por ello, el conocimiento de cómo la empresa **contrata** su energía, cómo la **consume** en sus procesos, y cuánto **repercute** en sus costos, su **posición relativa** respecto a otras empresas similares y las posibles mejoras para disminuir el costo energético, fue el origen del desarrollo de las auditorías energéticas.

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- 1.- Se obtiene un **conocimiento** suficientemente fiable del consumo energético de la empresa.
- 2.- Se detectan los **factores** que afectan al consumo de energía.
- 3.- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas **oportunidades de ahorro de energía**, en función de su rentabilidad.

Adicionalmente se presentan complementos a la auditoría energética. De esta manera, la empresa auditada, a la vista del informe final, que explica y resume toda la auditoría, podría completar dicho informe con los siguientes aspectos dándole mayor valor añadido.

1.- Diseño de la “gestión energética de la empresa”

- Procedimientos para monitorizar los consumos energéticos.
- Relación con los sistemas de gestión medioambiental, calidad, seguridad e higiene.

2.- Formación y entrenamiento energético del personal

- Gerencia y cuadros responsables.
- Personal de mantenimiento.

3.- Implementación de las medidas de ahorro detectadas

- Sin costo.
- De costo reducido.
- De costo elevado.

En definitiva, la auditoría energética es una herramienta que permite conocer la trazabilidad de la energía en relación con:

1. *El producto elaborado*

Cantidad y tipo de energía incorporada en cada operación de proceso.

2. *La instalación industrial*

Energía destinada a alumbrado, calefacción, aire acondicionado, ventilación, aire comprimido, vapor, informática, ofimática, comunicaciones, y restantes tecnologías horizontales, dado que repartir la energía añadida a cada producto en cada uno de los procesos de fabricación forma parte de la labor de la auditoría energética. En cuanto a los sistemas de gestión medioambiental, la auditoría permite reducir el consumo de recursos contemplado en los objetivos de este tipo de sistemas.

Por todo esto, la auditoría energética es hoy día una herramienta necesaria, tanto para las empresas y personas como para la conservación de la energía y del medio ambiente. De esta forma, un manual de auditorías energéticas es una herramienta fundamental para realizar dichas auditorías.

Existen varias designaciones para los diferentes tipos de auditorías según la profundidad y cobertura del análisis que se desarrolle. De esta forma, se tienen los siguientes niveles:

- Recorrido a través del establecimiento:** Se refiere al tipo de auditoría donde se realiza una inspección visual de cada sistema de energía usado.
- Auditoría estándar:** Se refiere al tipo de auditoría que analiza la cantidad de energía usada y perdida, a través de una revisión o estudio detallado y análisis de equipos, sistemas y características operacionales.

- ❑ **Simulación computacional:** Se refiere al tipo de auditoría que incluye un detalle más profundo del uso de energía por función y una evaluación más comprensiva de los modelos de uso de energía. Esto se consigue a través del uso de software de simulación.

Una vez que se tiene establecido el nivel de auditoría a realizar, se puede empezar con la recolección de información en los componentes estructurales y mecánicos que influyen en el uso de energía de la empresa o edificación, y acerca de las características operacionales de la instalación. Mucha de esta información puede y debe ser recopilada previo a la visita del sitio actual. A través de la evaluación del uso y sistemas de energía, antes de entrar a la empresa o edificación, ayudará a identificar las áreas de ahorro potencial, lo cual permitirá lograr un uso más eficiente del tiempo en el lugar de trabajo.

1.3.1. Secciones del proceso de auditoría

Un enfoque organizado para auditar, ayudará a recopilar información de forma práctica y útil y reducirá la cantidad de tiempo gastado en la evaluación de la empresa o edificación. Separando el proceso de auditoría en tres componentes distintos: *trabajo pre sitio*, *trabajo in situ* y *trabajo post sitio*, llega a ser más fácil destinar el tiempo a cada etapa e iniciativa para un reporte de auditoría más extenso y útil.

A continuación se describen las tareas asociadas con cada sección del proceso de auditoría.

1.3.1.1. Trabajo de pre-sitio

El trabajo de pre-sitio es importante para poder conocer aspectos básicos del establecimiento. Esta preparación ayudará a asegurar el uso más eficaz del tiempo y minimizar las interrupciones para el personal del establecimiento.

A través del trabajo de pre-sitio también se reducirá el tiempo requerido para completar la sección “in-situ” de la auditoría.

La revisión de los sistemas y funcionamientos del establecimiento en el trabajo pre-sitio, debe generar una lista de preguntas específicas y temas para ser discutidos durante la visita real al establecimiento.

Para realizar un trabajo de pre-sitio eficiente se señalan a continuación algunas tareas indispensables.

- Recolectar y revisar dos años de datos de energía utilizada. Tabular y graficar dichos datos. Verificar los modelos estacionales, variaciones inusuales, y exactitud de las facturaciones. Los gráficos de consumo y los datos de costos hacen entender más fácil cómo cada empresa usa su energía. Determinando las cargas estacionales y bases, luego adjudicando el uso de energía entre sistemas específicos de la empresa tales como calefacción, refrigeración, iluminación y agua caliente, es más fácil identificar las áreas con mayor potencial de ahorro. También es importante incluir las demandas eléctricas en Kilowatts y cargos de la demanda en la evaluación.
El gráfico circular de usos y costos de energía para los tipos de combustible puede ofrecer una documentación convincente del uso global de energía.
- Obtener dibujos y especificaciones mecánicas, arquitectónicas, y eléctricas del establecimiento original así como de trabajos adicionales o remodelaciones que pudieran haber sido hechas. Consultar por dicha información en el departamento local del establecimiento o con el arquitecto original si el dueño no los tiene. Si cualquier auditoría energética o estudio ha sido hecho en el pasado, obtener una copia y revisar dichos estudios.
- Dibujar un plano simple del suelo del establecimiento en papel tamaño A4 o A3. Hacer varias copias para usar y tomar apuntes durante la visita real al sitio. Usar las copias separadas para anotar la información referente al lugar de emplazamiento de equipos de HVAC (calefacción, vapor, aire acondicionado, refrigeración), a mandos, a zonas caloríficas, niveles ligeros y otros sistemas relacionados de energía.

- Calcular el área bruta en metros cuadrados usando las dimensiones del exterior del establecimiento multiplicada por el número de niveles. Pueden sustraerse áreas substanciales que no son acondicionadas y ocupadas.
- Usar formularios de toma de datos de la auditoría, adjuntados en el anexo 2, para recolectar, organizar y documentar todos los datos pertinentes al establecimiento y equipos. Libros de trabajo o ejercicios de auditoría que contienen listas de control, listas de equipos, y otras formas, están disponibles en una variedad de fuentes (ASHRAE). Se puede también encontrar en estos libros utilidad para desarrollar propias formas para encontrar necesidades específicas. Para ahorrar tiempo, se recomienda completar los formularios tanto como sea posible usando los planos y especificaciones del establecimiento antes de empezar el trabajo in-situ.
- Desarrollar un perfil narrativo del establecimiento que incluya edad, ocupación, descripción y condiciones arquitectónicas existentes, mecánicas y sistemas eléctricos. Identificar el mayor consumo de energía de equipos o sistemas.
- Calcular los índices de uso de energía (IUE) en tep/m² y compararlos con otros IUE de tipos de empresas similares usando el cuadro en la sección de contabilidad de energía. El IUE es calculado convirtiendo el consumo anual de todos los combustibles en tep, luego dividiendo por el área bruta o total de la empresa o edificio en metros cuadrados. Puede ser un buen indicador del potencial relativo para ahorrar energía. Una IUE relativamente baja indica menos potencial de ahorros de energía grandes.
- Mientras se completa el trabajo pre-sitio, identificar áreas de particular interés y escribir cualquier pregunta que se pueda tener en el avance.

1.3.1.2. Trabajo in-situ

La cantidad de tiempo requerido variará dependiendo de la integridad de la información recolectada en el trabajo pre-sitio, la complejidad del establecimiento y sistemas de éste y la necesidad para testear o someter a pruebas los equipos. Pequeños establecimientos pueden tomar menos tiempo, mientras que los de gran tamaño pueden tomar dos días o más. Por lo tanto, en este punto se debe completar totalmente el formulario de toma de datos adjuntado en el anexo 2.

A continuación, se señalan algunos de los pasos para ayudar a conducir una auditoría eficaz.

- Tener todas las herramientas necesarias disponibles en el sitio. Intentar prever las herramientas de mano básicas y equipos de prueba que se necesitarán para llevar a cabo el trabajo a través de la inspección. Algunas de las herramientas básicas de auditoría incluyen: notebook, calculadora, linterna, cinta métrica, termómetro de bolsillo, probador de corriente, cuchillo de bolsillo, cámara, entre otros.
- Antes de recorrer el establecimiento, sentarse con el gerente para revisar los perfiles de consumos de energía y discutir aspectos que no se es capaz de ver, tales como programas de ocupación, operación y prácticas de mantenimiento y planes futuros que pueden tener un impacto en el consumo de energía.
- Confirmar que el plano del establecimiento coincida con el establecimiento actual y cambios importantes. Usar copias de los planos de los pisos, anotar la localización de equipos tales como calderas, cámaras frigoríficas, calentador de agua, cocinas electrodomésticos, ventilador de combustión, además de tipos de alumbrado, niveles e interruptores, fotos del lugar, temperaturas de las piezas, condiciones generales y otras observaciones.

- Rellenar y corroborar las hojas faltantes de los formularios de toma de datos de la auditoría, si las hubiere. Usarlas para organizar la visita al sitio y como un recordatorio para recolectar información faltante de los documentos del pre-sitio.
- Ver los sistemas relacionados a la ECMs y O&Ms en una lista preliminar. ECM, que significa “*Enterprise Content Management*” o *Gestión del contenido de la empresa*, es el periodo de gestión de documentos, los cuales describen las tecnologías usadas por las organizaciones para capturar, manejar, guardar y controlar el contenido de la empresa, incluyendo documentos, imágenes, e-mails, mensajes instantáneos, videos y otros. O&M, que significa “*Operations and Maintenance*” son las actividades relacionadas a acciones de rutina, preventivas, predictivas, programadas y no programadas con el objetivo de prevenir fallas en los equipos y prevenir una disminución en el aumento de eficiencia, fiabilidad, y seguridad.
- Revisar la aplicación de las recomendaciones, anotar cualquier problema que pueda afectar la implementación. Adjuntar medidas adicionales a la lista como un recorrido al establecimiento.
- Tomar ideas como *el recorrido a través del establecimiento*. Incluir equipos mecánicos, alumbrado, espacios de trabajo interiores, áreas comunes y salas y las piezas incluidas en el exterior. Ellas son útiles en la documentación de condiciones existentes, discusión de problemas y temas con compañeros de trabajo, además de servir como un recordatorio de lo que se inspeccionó. Los gerentes del establecimiento serán útiles para explicar medidas de conservación para administradores y ocupantes.

1.3.1.3.Trabajo post-sitio

En este punto, se debe completar el formulario de la auditoría propiamente tal, para poder elaborar un completo informe de uso de energía en el establecimiento, el cual será presentado al profesional encargado, y que contendrá toda la información necesaria para proponer mejoras y recomendaciones en términos energéticos.

El trabajo post-sitio es un paso necesario e importante para asegurar que la auditoría sea una herramienta de planificación útil. El auditor necesita evaluar la información reunida durante la visita al sitio, investigar posibles oportunidades de conservación, organizar la auditoría dentro de un reporte comprensivo y fabricar recomendaciones en mejoras mecánicas, estructurales, operacionales y de mantenimiento.

El trabajo post-sitio incluye los siguientes pasos:

- Inmediatamente después de la auditoría, revisar y clarificar las notas. Completar la información que no se tuvo tiempo para escribir durante la auditoría. Usar copias del plano del piso para ordenar notas por documentos permanentes.
- Examinar y revisar las listas ECM y O&M propuestas. Eliminar esas medidas que carecen de potencial y documentos por los que fueron eliminados. Investigar un proceder preliminar en medidas de conservación potencial y notar condiciones que requieren futuras evaluaciones por un ingeniero u otro especialista.
- Procesar las fotos y pegar o importar imágenes en hojas. Numerar las fotografías y anotar en un plano del piso la localización en donde cada foto fue tomada. Identificar y adherir notas debajo de las imágenes como necesidades.

- Organizar todos los cuadros o tablas, gráficos, descripciones del edificio, hojas de datos de auditoría, notas y fotos dentro de una carpeta. La audición de energía puede ser un proceso en curso. Para la mantención de toda la información en una carpeta o archivador dedicada, el archivo puede ser fácilmente adjuntados o actualizados y pueden ser muy útiles para arquitectos e ingenieros, si son hechos futuros trabajos en el edificio.

CAPÍTULO 2: CONFECCIÓN DEL MANUAL DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA EMPRESAS Y EDIFICIOS

Para la confección del manual se han seguido una serie de pasos, tal como se señala en el capítulo anterior. De esta manera se ha logrado un trabajo más eficiente y organizado que tiene como resultado un documento completo, fácil de entender y aplicable por cualquier persona que posea los conocimientos básicos de ingeniería.

A continuación se describe más específicamente la forma en la cual se llevó a cabo la confección del manual.

2.1. Selección de la información bibliográfica

La auditoría energética, como se mencionó anteriormente es una herramienta muy usada en la actualidad por países que poseen activos programas de eficiencia energética como Estados Unidos, Canadá, Japón, España, entre otros. Tal ha sido el nivel de masificación de la auditoría energética en estos países, que en la mayoría de ellos existen manuales de auditorías energéticas impulsado por los gobiernos a través de los programas de eficiencia energética y que están disponibles gratuitamente en las páginas de Internet de dichos programas, tanto a nivel de empresas como de edificaciones.

De esta manera, aprovechando la basta experiencia internacional y teniendo la certeza de la utilidad que han prestado los manuales de auditorías energéticas en sus países de origen, se han seleccionado algunos ejemplares en base a su relevancia, nivel de utilización en sus países de origen, el prestigio y años de experiencia en el tema por parte de sus autores.

Son varias las obras sobre auditorías energéticas que se utilizaron para el desarrollo del manual de auditorías energéticas para empresas y edificios, pero son principalmente dos de ellas en las cuales se basó el presente trabajo de titulación. La primera de ellas corresponde al libro “Handbook of energy audits” de Albert Thumann

y William J. Younger. Esta obra cuyos autores de origen norteamericano y destacados investigadores en toda el área de la eficiencia energética, ofrece en su sexta edición publicada el año 2003, una sólida, comprensiva y práctica referencia teórica sobre auditorías energéticas en industrias y edificios. La segunda obra consultada corresponde al “Manual de auditorías energéticas AEDIE”. Este manual se edita el año 2003 dentro del marco de un acuerdo firmado entre la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y AEDIE (*Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía*), y tiene por objeto proporcionar un instrumento a las pymes de la Comunidad de Madrid que les sirva de guía para realizar y entender una auditoría energética de su instalación industrial, efectuada por un auditor o por sus propios medios. Es precisamente esta última obra la que se acerca de mejor forma al concepto de manual que se quiere desarrollar en el presente trabajo de titulación. Es por esto, que la metodología utilizada consiste en homologar la lógica empleada en el manual de auditorías energéticas AEDIE y llevarla a la realidad de Chile. De esta manera, se pretende ser un real aporte para el país en el ámbito del ahorro y uso eficiente de energía, pretendiendo que el manual quede a disposición del gobierno y por ende de cualquier persona que desee realizar una auditoría con el propósito de utilizar en forma eficiente la energía consumida y al mismo tiempo incentivar y masificar el uso de este documento, creando una conciencia de la utilidad que presta en términos monetarios y del cuidado al medio ambiente, entre otros.

2.2. Descripción del proceso de desarrollo del manual de auditorías energéticas para empresas y edificios.

La lógica a emplear lleva a enfocar el análisis energético de una empresa o edificación, desde un punto de vista macro, es decir, que englobe los principales consumos y datos generales, hasta analizar cada consumo particular en el interior de la empresa o edificio.

El objetivo principal que debe cumplir el manual de auditorías energéticas es recopilar de la empresa o edificio auditado un conjunto de datos básicos tales como

producciones, consumos de electricidad y combustibles, costos energéticos, entre otros.

Una vez recopilados estos datos corresponde su procesamiento para ser analizados y relacionados con la finalidad de determinar indicadores energéticos tales como consumos específicos, costos energéticos para los distintos productos elaborados, consumos energéticos por unidad de área (IUE), entre otros. Todos estos indicadores son necesarios para ser comparados con otras empresas del mismo rubro. De esta forma, existe el “benchmarking” energético (estudio comparativo), que se desarrolla para conocer el estado del consumo energético de varias empresas del mismo sector, y comparar de manera sistematizada las distintas características del consumo de energía. Esta es una información muy valiosa para detectar la excelencia energética y así, tomar decisiones sobre reformas o nuevas inversiones, sin tener que reinventar desde cero, reduciendo entre otras cosas costos y tiempo.

De esta manera, se comienza el manual de auditorías energéticas para empresas y edificios con una explicación de instrucciones generales que indican la forma de llevar a cabo el proceso de auditoría, los medios materiales necesarios y la explicación de conceptos económicos que permitan la evaluación económica de las alternativas de mejoras energéticas propuestas una vez finalizado el proceso de auditoría.

Para realizar la labor de toma de datos de manera sistemática y ordenada se confeccionan una serie de tablas de toma de datos que parten, como se mencionó anteriormente, de datos generales de la empresa y consumos principales hasta el desglose y análisis particular de los distintos equipos. Para esto, se explican también todos los conceptos insertos en las tablas de toma de datos. Por lo tanto, el manual de auditorías energéticas para empresas y edificios consta de dos partes principales. La primera y más importante trata del manual propiamente tal, en donde se explica detalladamente cómo ha de efectuarse una auditoría energética incluyendo todas las instrucciones necesarias para un correcto proceder. Esta sección comienza con lo identificación del establecimiento y datos generales. Se prosigue con la interiorización a los consumos energéticos del establecimiento, pasando por el proceso productivo, la contabilidad energética y culminando con los servicios. La segunda parte del manual de auditorías energéticas para empresas y edificios corresponde a las tablas de tomas de datos (anexo 2), que corresponden a una copia para ser utilizadas en el trabajo in situ de

la auditoría y que tienen por objeto facilitar y aligerar el amplio proceso de recolección de información energética en el establecimiento.

Estas tablas son extraídas de la primera parte del manual y es ahí donde se ha explicado cabalmente cómo han de rellenarse.

Una vez finalizado el proceso de auditoría y analizada la información recopilada se deben identificar las áreas críticas del establecimiento y confeccionar una lista de mejoras que pudieran ser implantadas para posteriormente realizar una clasificación de estas mejoras con respecto al costo de implementación de dicha mejora y el grado de ahorro energético que se producirá.

En el capítulo siguiente se muestra el manual de auditorías energéticas terminado, el cual es el resultado de lo descrito en los párrafos anteriores.

CAPÍTULO 3: MANUAL DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA EMPRESAS Y EDIFICIOS.

En este capítulo se muestra el manual de auditorías energéticas propiamente tal, con las instrucciones para ser utilizado y las explicaciones de cada uno de los conceptos insertos en él. El manual cuenta con una serie de tablas las cuales son explicadas para asegurar su correcto uso a la hora de realizar la auditoría. Además se agregan dichas tablas en el anexo 2 (sin explicaciones y algo modificadas), con el propósito que sean utilizadas en el trabajo in situ de la auditoría. Finalmente el manual menciona toda la legislación energética correspondiente al País, la cual puede ser obtenida gratuitamente en las páginas Web www.sec.cl, www.cne.cl, entre otras.



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA**



**MANUAL DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA
EMPRESAS Y EDIFICIOS**

CÉSAR LLANCAMÁN V.
FELIPE PORFLITT G.
Valdivia-Chile
2007

3.1. GENERALIDADES

3.1.1. Instrucciones generales

Las auditorías energéticas requieren que se establezca una buena relación entre el personal del establecimiento auditado y el personal auditor, para que la transmisión de datos e informaciones sea más fluida.

La planificación de los trabajos de la auditoría debe acordarse con el responsable del establecimiento, para minimizar las interferencias con el normal funcionamiento de éste, y cumplirse estrictamente.

Para la realización de medidas “in situ” debe obtenerse autorización previa. Se harán con las máximas medidas de seguridad para el personal de la empresa o edificación y de la empresa auditora.

En lo posible, hay que evitar que los operadores del establecimiento modifiquen su método de trabajo habitual.

Es conveniente preparar una lista de la documentación necesaria para la auditoría, y comentarla con el responsable del establecimiento para fijar un plazo de entrega, así como solicitar los permisos necesarios para la instalación de aparatos de medida.

Estas instrucciones generales son también aplicables cuando la auditoría la realiza personal de la propia empresa.

3.1.2. Explicación del manual

El manual está constituido principalmente por una serie de formularios ordenados lógicamente desde una visión macro del consumo energético hasta interiorizarse plenamente con cada uno de los sistemas particulares del establecimiento logrando visualizar los consumos individuales de cada equipo.

La primera parte importante de la auditoría está constituida por la recopilación de datos. Para facilitar la labor de recopilación, existen formularios de toma de datos, los

cuales se comienzan a rellenar lo más completamente posible en el trabajo de pre-sitio de la auditoría para luego ser terminados durante el trabajo in-situ.

En estos formularios se pueden plasmar cada uno de los consumos existentes en el establecimiento. Estos formularios se encuentran disponibles en el anexo 2.

3.1.3. Completación del manual

Si se han cumplido todas las indicaciones reflejadas en los apartados precedentes, la completación del manual es relativamente sencilla.

Cuando la empresa no disponga de datos y no se pueda completar algún apartado, podrá obviarse cuando se estime que no afecta al resultado de la auditoría. En caso contrario, la experiencia del auditor y la comparación con la práctica en el sector permitirá fijar un criterio para estimar el valor no conocido.

Para valorar las mejoras puede utilizarse la experiencia del auditor, base de datos y ofertas de suministradores.

3.1.4. Equipos para las auditorías energéticas

La auditoría energética exige la realización de medidas específicas que complementan las que se pueden obtener leyendo los instrumentos existentes en el establecimiento.

La realización de los balances de materia y energía requiere medidas específicas que, para la producción normal y el mantenimiento, no son necesarias.

Los equipos que se indican a continuación son imprescindibles para la auditoría, si bien estos pueden complementarse con otros elementos más sofisticados para facilitar el trabajo del auditor.

3.1.4.1. Equipos para instalaciones de combustión

Un analizador de gases de combustión, que incluya sonda para toma de muestras, opacímetro, termómetro para gases y ambiente.

3.1.4.2. Equipos de consumos eléctricos

Para realizar medidas de consumos eléctricos son necesarios equipos como: un wattmetro, un multímetro, un cosenofímetro, un probador de corriente, entre otros.

3.1.4.3. Otros instrumentos y equipos

La sonda de medida de tiro y sondas (tubos de Pitot, Annubar, Isocinéticas) para medidas de velocidad, son facultativas. Estas sondas permiten determinar los caudales volumétricos de los gases a partir de la medida del perfil de velocidades en los conductos, medir diferencias de presión, presiones estáticas y dinámicas y tomas de muestras representativas que no alteran la composición de los gases, en particular si arrastran partículas.

Otros equipos facilitan la labor del auditor: Luxómetros, sondas de temperatura ambiente, pirómetros ópticos y termográficos, anemómetros y caudalímetros, tacómetros y otros.

Como medios auxiliares deben mencionarse el ordenador portátil, cronómetro, herramientas, cinta métrica y equipos de seguridad.

Los manuales de todos los aparatos de medida utilizados, así como las normas sobre medidas editadas por instituciones de reconocido prestigio, como UNE, ASTM, ASME, CENELEC, API, CEN, DIN, VDE, EPA, etc., deben formar parte del bagaje del auditor.

3.1.5. Cálculos económicos

Como toda actividad empresarial, la eficiencia energética tiene un condicionante, que es la rentabilidad económica. Aunque cada empresa tiene su sistema y sus criterios para medir la rentabilidad y establecer sus prioridades, a continuación se incluye un procedimiento clásico de cálculo de la rentabilidad de las mejoras energéticas, que requiere conocer la inversión efectuada y el ahorro económico obtenido.

3.1.5.1. Datos de partida

Antes de efectuar los cálculos, se han de reunir los datos de base que se relacionan y explican a continuación:

- **Inversión (\$) (I)**

Valoración de los equipos que hay que adquirir y los trabajos que hay que realizar, a los precios vigentes en el mercado, todo ello de acuerdo con una especificación funcional.

- **Disminución anual de costos energéticos (\$/año) (DCE)**

Valoración del ahorro en costos energéticos, consecuencia de la implantación de la mejora energética.

- **Aumento costos mantenimiento/operación (\$/año) (ACMO)**

Valoración del incremento anual de los costos de mantenimiento y de operación asociados a la mejora energética introducida.

- **Ahorro económico anual (\$/año) (AEA)**

Valoración del ahorro económico anual resultante, que se obtiene aplicando la expresión siguiente:

$$AEA = DCE - ACOMO \dots\dots\dots 3.1$$

Donde:

AEA: Ahorro económico anual (\$/año)

DCE: Disminución anual de costos energéticos (\$/año)

ACMO: Aumento de costos en mantenimiento/operación (\$/año)

3.1.5.2. Porcentaje de rentabilidad inmediato

Para evaluar las inversiones se emplea el siguiente porcentaje de rentabilidad:

- **Periodo de amortización bruta (pay-back) (años) (PB)** (También conocido como tiempo de retorno de la inversión)

Se determina mediante la expresión:

$$PB = \frac{I}{AEA} \dots\dots\dots 3.2$$

Donde:

PB: Periodo de amortización bruta (años)

I: Inversión en equipos y trabajos (\$)

AEA: Ahorro económico anual (\$/año)

3.1.5.3. Índices de rendimiento indirectos

Estos índices relacionan la inversión con el beneficio a lo largo de la vida del equipo y se calculan mediante las expresiones:

- **Retorno (rendimiento) bruto inversión (RBI)**

Para determinar este índice se utilizan otros conceptos, como vida útil del equipo y ahorro económico durante todo el proyecto. El rendimiento bruto de la inversión se determina mediante la expresión.

$$AEAn = AEA \times Vu \dots\dots\dots 3.3$$

Donde:

AEAn: Ahorro económico durante todo el proyecto (\$)

AEA: Ahorro económico anual (\$/año)

Vu: Vida útil del equipo (años)

$$RBI = \left(\frac{(I - AEAn)}{I} \right) \times 100 \dots\dots\dots 3.4$$

Donde:

RBI: Retorno bruto de la inversión

I: Inversión en equipos y trabajos (\$)

AEAn: Ahorro económico durante todo el proyecto (\$)

Expresa el porcentaje de beneficio obtenido a lo largo de la vida de la instalación, equipo, procedimiento, origen de la mejora, etc.

- **Retorno (rendimiento) bruto anual (RBA)**

Con este indicador se calcula el ahorro anual, que suele ser más operativo.

$$RBA = \frac{RBI}{Vu} (\% \text{ anual}) \dots\dots\dots 3.5$$

Donde:

RBA: Retorno bruto anual

RBI: Retorno bruto de la inversión

Vu: Vida útil del equipo (años)

- **Tasa de retorno de la inversión (TRI)**

Mediante este indicador se pretende disponer de una base para comparar distintas alternativas de inversión. Se calcula mediante la expresión siguiente, que considera la depreciación del equipo.

$$D = \frac{I}{Vu} \dots\dots\dots 3.6$$

Donde:

D: Depreciación anual (lineal) (\$/año)

I: Inversión en equipos y trabajos (\$)

Vu: Vida útil del equipo (años)

$$TRI = \frac{(AEAn - D)}{I} \dots\dots\dots 3.7$$

Donde:

TRI: Tasa de retorno de la inversión

AEAn: Ahorro económico durante todo el proyecto (\$)

D: Depreciación anual (lineal) (\$/año)

I: Inversión en equipos y trabajos (\$)

Nota: La depreciación se supone que es lineal durante la vida de la mejora propuesta.

3.2. FORMULARIO DE LA AUDITORÍA

3.2.1. Datos generales y de producción

El objetivo de este ítem es identificar a la empresa o edificio y a la industria, así como a las personas que más directamente participan en la auditoría, tanto por parte de la empresa auditora, como de la auditada.

3.2.1.1. Identificación del establecimiento

TABLA N° 1: Descripción del establecimiento

Nombre de la empresa:			
Dirección social:			
Ciudad:		Comuna:	
Provincia:		Región:	
Código postal:			
Dirección del establecimiento:			
Ciudad:		Comuna:	
Provincia:		Región:	
Código postal:			
Actividad principal de la empresa:			

La dirección social se refiere a la dirección en donde se encuentran ubicadas las oficinas centrales de la empresa, pudiendo, en muchos casos, estar ubicadas en un lugar distinto al de la industria. Por esta razón, esta dirección es el primer lugar al que el auditor debe acudir.

3.2.1.2. Otros datos

TABLA N° 2: Datos de interés

Capital social		\$
Facturación anual del establecimiento		\$
Número de empleados del establecimiento		
Repercusión costo energía en costo total de producción		%
Grado ocupación capacidad productiva		%
Horario de trabajo	1 turno	
	2 turnos	
	3 turnos	
Régimen del funcionamiento	Horas día	
	Días semana	
	Horas año	
Persona de contacto:		
Cargo:	Teléfono	
E-mail:		
Técnico de auditoría:		
Email:	Teléfono	
Fecha		

El número de empleados se refiere al número medio del último año. Si hay efecto de estacionalidad, se hará constar en una nota al pie.

La repercusión del costo de energía en el costo total de la producción está referida a la producción anual.

La capacidad productiva es la producción máxima que se puede obtener con las instalaciones materiales, los equipos, personal y los edificios.

El grado de ocupación de la capacidad productiva de una empresa, está definida como el cociente entre el tiempo real productivo utilizado (Capacidad Practica) y el tiempo nominal disponible planeado para un turno de ocho horas de labor por día (Capacidad Teórica), expresado en tanto por ciento, puesto que todas las entidades económicas poseen por igual este preciado recurso tiempo de 24 horas por día, es decir 8760 horas por año como máximo aprovechable. Existe el criterio y aceptación general

en establecer tres niveles de capacidad; a) Capacidad Teórica (CT), b) Capacidad Práctica (CP) y c) Capacidad Normal (CN) (Goodman & Reece, 1990). La Capacidad Teórica se refiere a la posibilidad de una instalación para producir a plena velocidad sin interrupciones. Esta capacidad teórica sólo se logra, si la instalación produce mercancías en 100 % del tiempo disponible. La Capacidad Práctica se establece debido a que es imposible que cualquier instalación pueda operar a la capacidad teórica o ideal por lo que se deben hacer provisiones de descuento a la capacidad teórica por las interrupciones inevitables como el tiempo perdido por reparaciones, preparación de los equipos, rehacer el trabajo, demoras en materiales, días festivos, fines de semana, vacaciones, etc. Es decir, la CP se obtiene como la diferencia entre la capacidad teórica y provisiones de descuento. La escala de estas deducciones varía de acuerdo con la empresa de que se trate y también depende en gran parte de si el negocio necesita un gran capital en la producción de electricidad o gran utilización de mano de obra en el montaje de componentes a mano, como en la producción de cocinas o muebles. Por último, la Capacidad Normal (CN) se determina mediante los pedidos de los clientes y de acuerdo con el pronóstico de la demanda promedio durante el período siguiente, pudiendo dejar de operar el tercer turno, lo que por sí solo reduciría el volumen del nivel de la capacidad práctica. La CN es la diferencia entre la capacidad práctica y las horas de exceso improductivo para cubrir la demanda pronosticada.

En cuanto al régimen de funcionamiento, cuando éste varíe los fines de semana o estacionalmente también se detallará en nota al pie o en hoja aparte.

3.2.1.3. Datos de producción

TABLA N° 3: Datos de producción

ESTRUCTURA DE COSTOS (% sobre valor de la producción anual)		
Combustible y energía		
Materias primas		
Otros gastos		
Costo de personal		
Depreciación e impuestos directos		
VALOR DE LA PRODUCCIÓN ANUAL EN PESOS (\$):		
PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS	Unidad	Cantidad/año
Adjunto hoja anexa		
PRINCIPALES PRODUCTOS	Unidad	Cantidad/año
Adjunto hoja anexa		

En la estructura de costos, a veces no es fácil cubrir todos los cuadros. Sin embargo, es necesario rellenar el relativo a la representatividad del consumo energético sobre el valor de la producción.

No obstante es fundamental facilitar al auditor información correcta, tanto de materias primas, como de los productos principales. Así, el auditor podrá tener una buena idea de la calidad del uso de la energía, mediante el cálculo de los consumos y costes energéticos.

Respecto a la depreciación e impuestos directos, el primero se refiere, a los costos involucrados cuando finalice la vida útil de algún equipo, maquinaria, muebles, etc. Los impuestos directos se refieren al pago de todos los impuestos a los que esté afecta la empresa según su rubro. Toda esta información el auditor la puede solicitar al contador de la empresa.

3.2.2. Proceso

Para plantear con propiedad mejoras energéticas, el auditor debe ser informado del proceso productivo dentro del establecimiento, sus operaciones básicas, y sus particularidades y condicionantes. La práctica habitual es dibujar un diagrama de bloques durante una entrevista con la persona de contacto del establecimiento y que luego se complete durante la visita a la planta. En las fábricas que disponen de controles por SCADA¹², que presentan en pantallas el proceso completo o áreas de proceso, conviene solicitar la impresión de esas pantallas.

3.2.2.1. Diagrama de bloques del proceso

La confección del diagrama de bloques es una parte muy importante en el proceso de auditoría, puesto que éste debe representar lo más fidedigna, clara y eficientemente posible el proceso productivo o de funcionamiento de la empresa o edificio correspondientemente. Si bien este diagrama puede solicitarse en el establecimiento durante el trabajo de pre-sitio, es en el trabajo in-situ donde se debe perfeccionar y completar de manera que represente cabalmente el proceso o funcionamiento real del establecimiento, para poder posteriormente tener un acceso rápido y eficiente a la información y completar los puntos siguientes de la auditoría, tales como la descripción del proceso o funcionamiento, distribución del consumo energético en el proceso, consumos específicos y otros.

De esta manera el diagrama de bloques debe incluir las principales operaciones básicas. Deben identificarse las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente.

A partir del diagrama de bloques deberá poder efectuarse el balance de masa anual de la fábrica y determinar el rendimiento másico del proceso, indicándose las recirculaciones de productos intermedios y los residuos materiales.

¹² Sistema de adquisición de datos y control automático.

También deberá permitir repartir el consumo de energía destinada a proceso entre las distintas etapas en que se ha dividido.

El siguiente diagrama es un diagrama de bloques muy esquemático en el que se divide el proceso en bloques que representan las operaciones unitarias de dicho proceso¹³ y los aportes de energía en cada bloque.

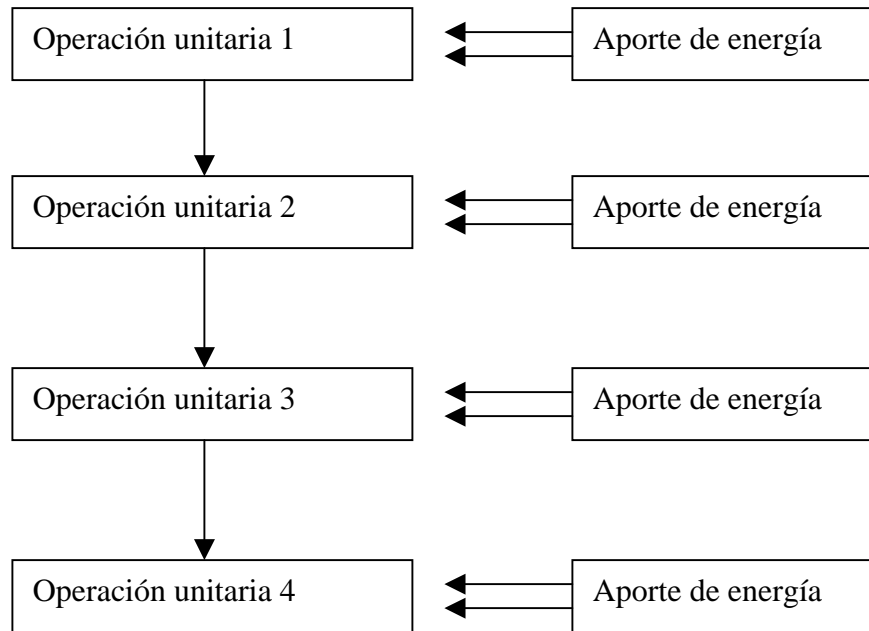


FIGURA N° 3: Diagrama de bloques esquemático

¹³ En el capítulo 4. (Ejemplo del proceso de auditoría) se puede apreciar un ejemplo más completo de un diagrama de bloques del proceso.

3.2.2.2. Descripción del proceso

En este apartado se reflejarán las condiciones nominales del proceso y sus parámetros nominales, tales como: caudales másicos, condiciones ambientales y de proceso, consumos de energía garantizados, pérdidas y otros.

3.2.2.3. Distribución del consumo energético en el proceso

En este apartado se darán a conocer las principales operaciones básicas del proceso productivo de la empresa o funcionamiento del edificio junto con sus respectivos consumos energéticos. Estas operaciones se encuentran insertas en el diagrama de bloques del proceso.

Finalmente en este análisis se reflejará la distribución de cada tipo de energía según las distintas operaciones básicas en que se descompone el proceso o funcionamiento del establecimiento.

Se necesitará una tabla por cada línea de producción de un producto específico del establecimiento y se marcará con una X el tipo de energía que consume cada operación.

TABLA N° 4: Operaciones del proceso productivo de la empresa

Línea de producción				
OPERACIÓN	ENERGÍA TÉRMICA	ENERGÍA ELÉCTRICA	ENERGÍA NEUMÁTICA	ENERGÍA HIDRÁULICA

3.2.2.4. Descripción de los equipos

Este apartado se completará lo más claramente posible, especialmente cuando se trate de equipos innovadores con rendimientos especialmente elevados o en equipos obsoletos y muy deficientemente mantenidos. Se completarán las características nominales de los principales equipos consumidores, procurando alcanzar el 85% del consumo energético global.

Además se realizarán mediciones del consumo real de energía de cada equipo presente en la descripción. Para tal efecto los instrumentos a ser utilizados deben quedar determinados en el trabajo de pre-sitio. Se necesitarán instrumentos tales como amperímetros, voltímetros, rotatómetros, caudalímetros, entre otros.

En el caso que se haya sustituido algún equipo por otro de mayor rendimiento, deberá estimarse el consumo anual del equipo existente. Por lo tanto, se deben inventariar los equipos existentes y reflejar en la siguiente tabla los datos solicitados. Para completar la tabla siguiente se puede utilizar la tabla equivalencias para la conversión de energía, presentes en la tabla 18 del apartado 2.4.2.

Respecto al tipo de equipos, éstos se clasificarán en equipos que consumen energía directa, es decir, energía eléctrica y energía térmica (combustible), tales como motores eléctricos, de combustión, etc., y en equipos consumidores de energía indirecta (vapor, agua caliente, aire comprimido, líquido refrigerante, entre otros), tales como prensas hidráulicas, pistolas neumáticas, secadoras, etc.

Además se tendrán equipos consumidores de energía directa que también generan energía indirecta, y que en la realidad son sistemas, pero que para efectos prácticos en éste manual se clasificarán en “equipos consumidores de energía directa que generan energía indirecta” como por ejemplo: unidad compresora, unidad generadora de vapor (calderas), sistema frigorífico, unidad hidráulica, entre otros.

El caudal y la presión se determinarán a la salida de los equipos consumidores de energía directa que generan energía indirecta, para poder compararlos con los consumos de los equipos consumidores de energía indirecta. Por lo tanto, en el caso de estos últimos equipos, el caudal y la presión serán determinados a la entrada de éstos con el fin de determinar sus distintos consumos.

Respecto al consumo de energía, éste se determinará tanto para equipos consumidores de energía directa como para equipos consumidores de energía indirecta que generan energía indirecta. De esta forma tendremos como consumos directos el consumo eléctrico generado por un motor en una unidad compresora, el consumo de combustible en una unidad productora de vapor (caldera), entre otros. Para el cálculo del consumo nominal y real se debe multiplicar la potencia de consumo por las horas de utilización anual del equipo, y finalmente aplicar los factores correspondientes para expresar el resultado final en tep.

TABLA N° 5: Características nominales y reales de los principales equipos consumidores de energía.

Descripción general	
Equipo:	
N°:	
Descripción:	
Tipo de equipo:	
Tipo de energía:	
Antigüedad:	
Régimen del equipo (%):	
Utilización (hrs/año):	
Temperatura del proceso:	
Condiciones de operación:	
Proceso	
Producción (para equipos generadores de energía indirecta)	
Caudal nominal (m ³ /hr)	
Caudal real (m ³ /hr)	
Presión nominal (kgf/cm ²)	
Presión real (kgf/cm ²)	
Recuperador:	
Consumo	
Consumo nominal	Consumo real
Consumo directo	
Potencia eléctrica:	Potencia eléctrica:
Combustible:	Combustible:
Poder calorífico:	Poder calorífico:
Consumo combustible:	Consumo combustible:
Energía directa (tep/año):	Energía directa (tep/año):
Consumo indirecto	
Caudal (m ³ /hr):	Caudal (m ³ /hr):
Presión (kgf/cm ²):	Presión (kgf/cm ²):
Temperatura (°C):	Temperatura (°C):

3.2.2.5. Resumen de consumo de los principales equipos

Este apartado se dividirá en 3 tablas, siendo la primera la de los equipos consumidores de energía directa, es decir, equipos que consuman directamente energía eléctrica como un motor eléctrico, un motor de combustión interna, entre otros. La segunda tabla la constituirán los equipos consumidores de energía directa que generan energía indirecta, los cuales, como se mencionó en el apartado anterior, son sistemas

3.2.3. Datos energéticos generales

En esta parte del estudio se recopilan informaciones energéticas generales, relacionadas con las fuentes de suministro energético.

3.2.3.1. Energía eléctrica

Todos los datos relativos a este apartado se encuentran tanto en el contrato de suministro, como en los recibos de facturación.

Deben ser facilitados al auditor la copia del contrato y de los recibos correspondientes de al menos dos años. Con esta información, el auditor podrá estudiar posibles mejoras en la contratación.

Adicionalmente, el auditor podrá valorar económicamente el ahorro de energía eléctrica que se obtenga en las mejoras recomendadas más adelante.

Es conveniente incluir un esquema unilineal muy esquemático, con acometida a la red de distribución, sistema de medidas y transformadores principales si existen.

El aprovisionamiento de energía en Chile está regulado por la Superintendencia de Electricidad y combustibles (SEC.) a través de la legislación energética vigente, la cual se menciona en el capítulo 3. De esta forma, para completar la tabla siguiente se deberá recurrir al Decreto 276, el cual se puede obtener gratuitamente de la página Web www.sec.cl.

TABLA N° 9: Aprovechamiento de energía eléctrica

1	Compañía generadora	
2	Compañía distribuidora	
3	Tipo de tarifa (según decreto 276)	
4	Tensión acometida (kV)	
5	Potencias conectada (kW)	
6	Conocimiento curva de carga	SI / NO
7	Consumo último año (kWh/año)	
8	Precio promedio (\$/kWh)	
9	Precio promedio (\$/kW)	
10	Tipo de contrato	
10.1	Tarifa	
10.2	Tipo de Medidor de energía	
10.3	Potencia contratada (kW)	
10.4	Potencia Máxima Leída (kW)	
10.5	Discriminación horaria	
10.6	Potencia contratada Punta (kW)	SI / NO
10.7	Potencia Máxima Leída Punta (kW)	
11	Auto producción y/o cogeneración	
11.1	¿Se ha analizado su implantación?	SI / NO
11.2	¿Hay algún sistema implantado?	SI / NO
	En su caso, indicar tipo (motor, turbina, etc.)	
	Cantidad generada anualmente (kW /hr)	
	Consumida en la propia empresa (%)	
	Vendida al exterior (%)	

3.2.3.2. Energía térmica

Igual que en el caso de la energía eléctrica, se debe facilitar al auditor el contrato(s) de suministro de combustibles, así como de las facturas de los últimos 2 años por lo menos (aunque siempre es recomendable un período mayor, para evitar los errores por diferencia de stocks).

Por un lado, el costo de los combustibles puede ser objeto de mejora (mediante negociación o cambio de suministrador), y además es necesario para conocer el ahorro económico derivado de mejoras energéticas.

Conviene incluir un diagrama P&I¹⁴ (acometida a la red de distribución y ERM, incluido PTZ) para gas natural o boca de carga y depósitos almacenamiento para petróleo o gasolina).

¹⁴ P&I: Diagrama de Tuberías e Instrumentos. ERM: Estación de Regulación y Medida. PTZ: Presión, Temperatura y Factor de Compatibilidad.

El poder calorífico de cada combustible es proporcionado por la compañía distribuidora.

TABLA N° 10: Aproveccionamiento de gas natural

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

TABLA N° 11: Aproveccionamiento de Gas licuado de petróleo (GLP)

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

TABLA N° 12: Aproveccionamiento de Gasolina

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

TABLA N° 13: Aproveccionamiento de Petróleo

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

TABLA N° 14: Aproveccionamiento de Carbón

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/ton)	
5	Consumo último año (ton/año)	
6	Precio promedio (\$/ton)	
7	Descripción del tipo de carbón:	

3.2.3.3. Otras fuentes de energía

Para realizar correctamente los balances energéticos generales del establecimiento y de operaciones básicas de éste, el auditor debe ser informado o calcular por su cuenta otros inputs energéticos, cualquiera que sea su forma.

Sólo se incluirán en este capítulo el vapor, aire comprimido u otra energía transformada que se consuma en la fábrica pero no se genere en la misma.

La inclusión de P&I esquemáticos de estas fuentes energéticas es conveniente.

TABLA N° 15: Aprovechamiento de energía solar

1	Térmica (kcal/año)	
2	Eléctrica (kWh/año)	

TABLA N° 16: Aprovechamiento de energías especiales

1	Aire comprimido (kWh/año)	
2	Vapor de agua (kcal/año)	

3.2.4. Contabilidad energética

En este apartado se resume la distribución de consumos y costos energéticos de la empresa o edificio. Así mismo, todos los inputs energéticos se reducen a la misma unidad, es decir, tep que tiene un valor de 10 millones de kcal. Sin embargo, los consumos específicos se exponen usando la unidad kcal, en el caso de combustibles y kWh, en el caso de la electricidad.

Para realizar esta tarea se recomienda resumir toda la información referente a las fuentes de suministro en una tabla resumen para obtener una visión más completa de los distintos tipos de energía que el establecimiento demanda. Además, de esta forma es más fácil llegar a calcular el índice de uso de energía (IUE) y el costo total de energía por metro cuadrado, para finalmente poder comprarse con otras empresas del rubro. Una IUE relativamente baja indica menos potencial de grandes ahorros de energía.

La tabla siguiente sólo refleja el consumo energético para la electricidad y gas licuado, debido al espacio disponible en la hoja, pudiendo extenderse dicha tabla a cualquier otro tipo de combustible utilizado en el establecimiento.

Para el caso de la electricidad, el costo de consumo estará constituido por el costo de energía consumida en kWh más el costo de demanda de potencia en kW.

El recargo por factor de potencia se refiere al cobro por el consumo de potencia reactiva realizado por los equipos trifásicos.

Los otros cargos se refieren a cargos de costo fijo, intereses, pago fuera de plazo, entre otros.

El factor de carga es una medida de eficiencia eléctrica en la empresa. Es la relación entre el consumo eléctrico en kWh y la demanda de potencia por el mismo periodo de facturación. Un bajo factor de carga es un buen indicador que la instalación ha demandado altos peaks de potencia en algún punto del periodo de facturación. Un factor de carga ideal debería ser tan cercano a 1 como sea posible. Sin embargo un establecimiento casi nunca opera las 24 hrs. del día, por lo el factor deberá ser considerablemente más bajo que el máximo teórico 1. De esta manera, si un establecimiento opera sólo 12 hrs. en el día, por ejemplo, entonces un factor de carga del 0,5 puede ser el más alto posible para dicho establecimiento.

TABLA N° 17: Consumo de energía facturado anual

Año: 2005	Electricidad									Gas licuado					Total		Índice uso energía IUE	
	(A)	(B) kWh	(C) kW	(D) \$	(E) \$/kWh	(F) \$	(G) \$	(H) $kwh \times 8,6^{-5}$	(I) $\frac{kwh}{kw \times días \times 24}$	(B) m^3	(D) \$	(E) \$/ m^3	(G) \$	(H) $kcal/m^3 \times 1 \times 10^7$	(H)	(J) \$	(K)	(L) \$/ m^2
Enero																		
Febrero																		
Marzo																		
Abril																		
Mayo																		
Junio																		
Julio																		
Agosto																		
Septiembre																		
Octubre																		
Noviembre																		
Diciembre																		
Total anual																		

A: # de días del periodo de facturación

B: Consumo

C: Demanda eléctrica consumida (kW)

D: Costo consumo¹⁵ (\$)

E: Costo unitario

F: Recargo por factor de potencia (RFP) (\$)

G: Otros cargos (\$)

H: Consumo (tep)

I: Factor de carga

J: Costo total en la facturación

K: IUE (tep/m²)

L: Costo total de energía por metro cuadrado (\$/m²)

¹⁵ Para el caso de electricidad: Energía normal (Kwh.) + Demanda máxima facturada (Kw.)

3.2.4.1. Unidades de medida de la energía

El **julio o joule** (J) es la unidad del Sistema Internacional para energía y trabajo. Se define como el trabajo realizado por la fuerza de 1 newton en un desplazamiento de 1 metro y toma su nombre en honor al físico James Prescott Joule. El joule también es igual a 1 vatio por segundo, por lo que eléctricamente es el trabajo realizado por una diferencia de potencial de 1 voltio y con una intensidad de 1 amperio durante un tiempo de 1 segundo.

La **tonelada equivalente de petróleo** (tep) es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que hay en una tonelada de petróleo y, como puede variar según la composición de éste, se ha tomado un valor convencional de:

$$41.868.000.000 \text{ joules} = 11.630 \text{ kWh} = 1 \text{ tep.}$$

Este es una de las más grandes unidades de energía

La **termia** es una unidad de energía, equivalente a 1 millón de calorías. Se usa en el suministro de gas natural para calcular las facturas. Como el gas suministrado tiene un poder calorífico algo variable, el cobro se hace sobre termias en vez de sobre m^3 , ya que este está basado por energía.

El **kilovatio hora** (kWh) es una unidad de energía. Equivale a la energía desarrollada por una potencia de un kilovatio (kW) durante una hora, equivalente a 3,6 millones de joule. El kilovatio-hora se usa generalmente para la facturación de energía eléctrica, dado que es más fácil de utilizar que la unidad de energía del SI de unidades, el joule, la cual corresponde a un watio-segundo (w.s). El julio es por tanto una unidad demasiado pequeña, lo que obligaría a emplear cifras demasiado grandes.

Una **caloría** (cal) es una unidad de energía del sistema técnico. Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5 a 15,5 Grados Celsius.

TABLA N° 18: Equivalencias de conversión

$1 \text{ tep} = 10^7 \text{ kcal} = 11,628 \text{ MWh} = 41.868 \text{ Mj}$
--

3.2.4.2. Consumos específicos de los productos

En este apartado se calcularán los consumos específicos en kj /unidad de los principales productos en el proceso productivo de la empresa. Para esto se puede utilizar la tabla de equivalencias de conversión presente en el apartado 2.4.2.

Es necesario, como se menciona anteriormente, contar con un diagrama de bloques que represente a cabalidad el proceso productivo o funcionamiento del establecimiento.

Los consumos totales se obtienen descontando a la energía contabilizada el consumo en servicios y las pérdidas.

El hecho de uniformar todos los consumos energéticos, cualquiera que sea la fuente, se debe a que no todas las fuentes tienen la misma capacidad energética por unidad de peso o volumen.

Para calcular el consumo específico de energía por producto elaborado, será necesario utilizar el diagrama de bloques del proceso y las tablas de descripción de los equipos presentes en el apartado 2.2.4., obteniéndose de ellos los consumos energéticos de cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de un producto determinado. De esta manera, se toma un producto y se sigue su recorrido inverso, es decir, desde que sale de la línea de producción hasta que se ingresan las primeras materias primas al proceso pasando por cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de éste. De esta manera, por ejemplo, se deberá dividir la cantidad de energía utilizada en la línea de producción en un rango de tiempo, por la cantidad de productos elaborados en dicho tiempo.

3.2.5.2. Aire comprimido: Consumo energía eléctrica en aire comprimido (tep)

TABLA N° 21: Detalle de aire comprimido

Habitación	Equipo y cantidad				Potencia (kW)	hrs. func./día	Consumo (tep)

3.2.5.3. Calefacción: Consumo energía térmica en calefacción (tep)

TABLA N° 22: Detalle de calefacción

Habitación	Equipo y cantidad				Potencia (kW)	hrs. func./día	Consumo (tep)

3.2.5.4. Acondicionamiento de aire y ventilación: Consumo de energía (tep)

TABLA N° 23: Detalle de aire acondicionado

Habitación	Equipo y cantidad				Potencia (kW)	hrs. func./día	Consumo (tep)

3.2.5.5. Refrigeración: Consumo de energía

TABLA N° 24: Detalle de refrigeración

Habitación	Equipo y cantidad				Potencia (kW)	hrs. func./día	Consumo (tep)

3.2.6.6. Recomendaciones

Teniendo presente el contenido de la auditoria se incluirán unas recomendaciones sobre las mejoras que deberían llevarse a cabo, así como modificaciones operativas que mejoran la eficiencia energética.

3.2.7 Resumen y conclusiones

En este apartado se incluirá un resumen ejecutivo que brevemente muestre el contenido de la auditoria y sus principales conclusiones

3.3. LEGISLACIÓN ENERGÉTICA

3.3.1. Introducción

Un elemento indispensable en la gestión de la eficiencia energética es el conocimiento actualizado de la legislación energética básica. Las fuentes más directas para este conocimiento, y de las cuales se ha obtenido la información legal, son los sitios Web de la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC) www.sec.cl, el ministerio de minería y energía www.minmineria.cl, y la comisión nacional de energía (CNE) www.cne.cl.

3.3.2 Normativa

3.3.2.1. Energía eléctrica

3.3.2.1.1. Leyes del sector electricidad

Leyes que regulan el sector eléctrico y que son competencia de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Ley N° 18.410 (actualizada 19.05.2005)

Crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

DFL N° 1 de 1982 (actualizada 12.04.2006)

Aprueba modificaciones al Decreto con Fuerza de Ley N° 4 de 1959, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica.

Ley N° 19.674

"Modifica el D.F.L. N° 1, de 1982, de Minería, Ley General de Servicios Eléctricos, con el objeto de regular los cobros por servicios asociados al suministro eléctrico que no se encuentran sujetos a fijación de precios"

Publicado en el Diario Oficial del 3 de Mayo de 2000

Ley N° 19.940 de 2004

Modifica el DFL N° 1 de 1982. Regula Sistemas de Transporte de Energía Eléctrica, establece un nuevo sistema de tarifas para sistemas eléctricos medianos e introduce las adecuaciones que indica a la Ley General de Servicios Eléctricos.

Ley N° 20.018:

"Modifica marco normativo del sector eléctrico"

Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

Publicado en el Diario Oficial del 19 de Mayo de 2005

Resolución Exenta N° 544/05

"Aprueba Procedimiento para determinación de cargos o abonos para consumidores regulados producto de las diferencias entre el precio de nudo y el costo marginal, aplicable a suministros sometidos a regulación de precios no cubiertos por contrato".

Resolución Exenta N° 637

"Aprueba Nuevo Procedimiento para determinación de cargos o abonos para consumidores regulados producto de las diferencias entre el precio de nudo y el costo marginal, aplicable a suministros sometidos a regulación de precios no cubiertos por contratos."

Ley N° 18.681 de 1987

Establece normas complementarias de administración financiera, de incidencia presupuestaria y de personal.

Ley N° 20.040

"Modifica el decreto con fuerza de Ley N°1, de 1982 del Ministerio de Minería, Ley General de Servicios Eléctrico"

Publicado en el Diario Oficial del 9 de Julio de 2005

3.3.2.1.2. Decretos sector electricidad

Reglamentos que intervienen en el sector eléctrico y que son competencia de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Decreto Supremo NC 327 de 1997

Fija Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos (DFL N° 1 de 1982).

Decreto N° 158 de 2003

Introduce modificaciones al Decreto Supremo N° 327, de Minería, que fija el Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos.

Decreto N° 298 de 2006

Reglamento para la certificación de productos eléctricos y de combustibles.

Decreto N° 119 de 1989

Aprueba Reglamento de sanciones en materia de electricidad y combustibles.

Decreto N° 686 de 1998

Establece norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica.

Decreto Supremo N° 92 (Actualizado)

Reglamento de Instaladores eléctricos y de electricistas de recintos de espectáculos públicos.

3.3.2.1.3. Decretos tarifarios sector electricidad

Decretos Tarifarios vigentes para las empresas de distribución eléctrica.

Decreto N° 147 de 2006

Fija precios de nudo para suministros de electricidad

Decreto N° 99 de 2005

Fija peajes de distribución aplicables al servicio de transporte que presten los concesionarios de servicio público de distribución.

Decreto N° 276 de 2004

Fija fórmulas tarifarias aplicables a los suministros sujetos a precios regulados que realizan las empresas de distribución.

Decreto N° 197 de 2004

Tarifica los servicios no consistentes en suministro de energía que están asociados a la Distribución Eléctrica.

Decreto N° 632 de 2000

Fija fórmulas tarifarias para las empresas eléctricas concesionarias de servicio público de distribución.

3.3.2.1.4. Normas técnicas del sector electricidad

Instrucciones y decisiones que la Superintendencia de electricidad y combustibles (SEC) ha adoptado para seguir garantizando el normal desarrollo del sector eléctrico y de sus actores.

- **Instalaciones**

Norma N° 4/2003

Establece las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de consumo en Baja Tensión. Oficio de SEC aclara dudas para construcciones en ejecución al momento de su entrada en vigencia.

NSEG_8.75

Estipula los niveles de tensión de los sistemas e instalaciones eléctricas.

NCh_2.84

Establece disposiciones técnicas que deben cumplirse en la elaboración y presentación de proyectos relacionados con instalaciones eléctricas.

NCh_10.84

Indica los procedimientos a seguir para la puesta en servicio de una instalación interior. Incluye copia de Declaración de Instalación Eléctrica Interior.

Norma IEC 60335-2-76 Anexos BB y CC

Instrucciones para la instalación y conexión de cercos eléctricos.

- **Medidores**

NSEG_3.71

Normas técnicas sobre medidores eléctricos.

NCh_32.85

Establece los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de medida adicional que se instalen junto a los empalmes monofásicos, para permitir el registro y control de las variables que intervienen en la tarifa horaria BT 4.1.

NCh_34.86

Fija los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de medida adicional que se instalen junto a los empalmes trifásicos, para registrar y controlar las variables que intervienen en las tarifas horarias BT 4.1 y AT 4.1.

- **Transporte, transformación y distribución**

Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos

Establece las exigencias de seguridad y calidad de servicio para aquellos sistemas eléctricos cuya capacidad instalada de generación sea inferior a 200 MW y superior a 1.500 kW.

NSEG_20.78

Se establecen las condiciones mínimas de seguridad que se deben cumplir durante la construcción, montaje, operación y mantenimiento de las Subestaciones de Transformación que se utilicen para dotar de energía a las instalaciones interiores.

NSEG_16.78

Especificaciones para transformadores de distribución en 13,2 kV.

Norma N° 5

Fija las disposiciones para la ejecución de instalaciones eléctricas de corrientes fuertes, entendiéndose como tales a aquellas que sirven para generar, transportar, convertir, distribuir y utilizar energía eléctrica.

NSEG_6.71

Fija las normas para la ejecución de cruces y paralelismos de líneas eléctricas.

Norma Exenta N° 78 de 2000

Dicta norma técnica aprobada por la Comisión Nacional de Energía sobre “Sistema de Información Público” de los Centros de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central y del Sistema Interconectado del Norte Grande.

Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para los sistemas interconectados

Establece marco de exigencias para el Sistema Interconectado Central y el Sistema Interconectado del Norte Grande.

- **Alumbrado Público**

NSEG_15.78

Indica especificaciones para luminarias de calles y carreteras, incluyendo características fotométricas, del sistema óptico, eléctricas y mecánicas.

NSEG_21.78

Contiene las exigencias mínimas que debe cumplir el alumbrado público en sectores residenciales.

Norma N° 9/71

Establece diseño de alumbrado público en sectores urbanos, fijando los niveles mínimos de iluminación de calles y las condiciones en que éstos deben ser obtenidos.

- **Empalmes**

NSEG 14.76

Se establecen las disposiciones constructivas de los empalmes aéreos trifásicos en la distribución aérea secundaria, aplicable a aquellos cuya capacidad nominal no sea superior a 20 kVA.

NSEG 12.87

Especifica las disposiciones de instalación y ejecución de los empalmes aéreos monofásicos en baja tensión, para suministrar energía eléctrica en 220 V, cuya capacidad nominal no exceda de 9 kVA.

NSEG_3.71

Normas técnicas sobre medidores eléctricos.

NCh_32.85

Establece los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de medida adicional que se instalen junto a los empalmes monofásicos, para permitir el registro y control de las variables que intervienen en la tarifa horaria BT 4.1.

NCh_34.86

Fija los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de medida adicional que se instalen junto a los empalmes trifásicos, para registrar y controlar las variables que intervienen en las tarifas horarias BT 4.1 y AT 4.1.

3.3.2.2. Energía térmica**3.3.2.2.1. Leyes del sector combustible**

Leyes que rigen la producción, distribución y comercialización de combustibles en el país, así como establecen los ámbitos de competencia de la Superintendencia de electricidad y combustibles.

Ley N° 18.410 (actualizada 19.05.2005)

Crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, estableciendo sus funciones y ámbitos de competencia.

D.F.L. N° 323 de 1931

Ley de Servicios de Gas y sus modificaciones.

D.F.L. N° 1 de 1978

Deroga Decreto N° 20 de 1964, y lo reemplaza por las disposiciones en él indicadas. Fundamentalmente, establece un Registro en el que deben inscribirse las personas que importen, refinen, distribuyan, transporten o expendan petróleo, gas natural y gas licuado directamente al público.

Decreto Supremo N° 132 de 1979

Establece normas técnicas, de calidad y de procedimiento de control aplicables al petróleo crudo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustibles.

Decreto Supremo N° 198 de 1994

Modifica Decreto N° 132, de 1979, introduciendo disposiciones respecto a la responsabilidad del control permanente de la calidad de los combustibles.

3.3.2.2. Decretos del sector combustible

- **Instalaciones Interiores**

Decreto Supremo N° 222 / 1995

Reglamento sobre instalaciones interiores de gas.

Decreto Supremo N° 191 / 1996

Aprueba reglamento de instaladores de gas.

- **Productos**

Decreto N° 315 / 1993

Establece requisitos mínimos que deben cumplir los Organismos Técnicos de inspección y mantenimiento de válvulas para cilindros de gas licuado de petróleo.

Decreto Supremo N° 381 / 1990

Establece requisitos mínimos que deben cumplir los Organismos Técnicos de inspección periódica y reparación de cilindros para GLP en servicio.

Reglamento de Certificación de Productos

Documento en consulta ante la Organización Mundial del Comercio (OMC).

- **Combustibles líquidos**

Decreto N° 379 / 1986

Reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo, destinados a consumos propios.

Decreto N° 90 / 1996

Aprueba reglamento de seguridad para el almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.

Proyecto de Reglamento de Seguridad para Combustibles Líquidos

Proyecto en consulta, perfecciona lo establecido por el D.S. N° 90 de 1995

Decreto N° 133 / 2004

Establece especificaciones de calidad de los combustibles.

Decreto Supremo N° 310 / 1983

Aprueba reglamento de seguridad para el transporte de combustibles líquidos por vía férrea

Decreto Supremo N° 132 / 1979

Establece normas técnicas, de calidad y de procedimiento de control aplicables al petróleo crudo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustibles.

Decreto N° 174 / 2001

Prohíbe la mezcla de Kerosene con otros combustibles y establece requisitos al Kerosene para uso doméstico e industrial almacenado, distribuido y comercializado en las regiones Metropolitana, V, VI, VII y VIII.

Decreto N° 16 / 1998

Establece plan de prevención y descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.

Decreto N° 58 / 2004

"Reformula y actualiza Plan de Prevención y Descontaminación para la Región Metropolitana". Aquí publicamos el Capítulo III, que trata de los Combustibles.

Decreto N° 319/2006

Establece especificaciones de calidad de combustibles que indica

Decreto N° 177/2006

Modifica requisito de lubricidad para el petróleo diesel grado A1 que se comercialice en la Región Metropolitana

Decreto N° 222/2004

Establece requisito de lubricidad para el petróleo diesel grado A1

Decreto N° 456/1997

Establece requisitos para combustibles que indica

- **Combustibles gaseosos**

Decreto Supremo N° 67 / 2004

Reglamento de Servicios de Gas de Red (Actualiza Decreto de Interior N° 3707).

Decreto Supremo N° 254 / 1995

Aprueba reglamento de seguridad para el transporte y distribución de gas natural, con requisitos mínimos que deben cumplir sus redes con el fin de resguardar a las personas y los bienes y de preservar el medio ambiente.

Decreto Supremo N° 263 / 1995

Aprueba reglamento sobre concesiones provisionales y definitivas para la distribución y el transporte de gas.

Decreto Supremo N° 739 / 1994

Reglamento de seguridad para la distribución y expendio de gas de ciudad.

Decreto N° 29 / 1986

Aprueba reglamento de seguridad para almacenamiento, transporte y expendio de gas licuado, con el objetivo de prevenir todo hecho que cause o pueda causar daño a las personas o a la propiedad.

Decreto Supremo N° 132 / 1979

Establece normas técnicas, de calidad y de procedimiento de control aplicables al petróleo crudo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustibles.

Decreto N° 178 / 1992

Modifica Decreto N° 132, de 1979, del Ministerio de Minería, dictaminando que las empresas de gas licuado no podrán mantener en su poder una cantidad de cilindros ajenos que exceda del 0,2% del inventario declarado.

Decreto Supremo N° 198 / 1994

Modifica Decreto N° 132, de 1979, del Ministerio de Minería, respecto a materias como el control permanente de la calidad de los combustibles, la prohibición de llenar cilindros que hayan cumplido el plazo para ser sometidos a inspección periódica, y la identificación visual de los cilindros.

Decreto Supremo N° 194 / 1989

Reglamento sobre libre intercambio de cilindros de gas licuado entre las empresas distribuidoras y entre éstas y los usuarios, así como normas de comercialización complementarias.

Decreto N° 51 / 1987 para uso de GNC

Autoriza empleo de Gas Natural Comprimido (GNC) como combustible de vehículos motorizados en la Duodécima Región.

Decreto N° 52 / 1987 para uso de GLP en Vehículos

Autoriza empleo de Gas Licuado de Petróleo como combustible de vehículos motorizados, siempre que se cumpla con los requisitos de seguridad establecidos en la Norma NCh 2102.Of87.

CAPÍTULO 4: EJEMPLO DEL PROCESO DE AUDITORÍA.**4.1. Datos generales del establecimiento**

Nombre: Taller de mantención de Transportes Klenner e Hijos Ltda.

Dirección Social: Picarte 4011, Parcela 8

Ciudad: Valdivia

Comuna: Valdivia

Provincia: Valdivia

Región: Décima Región de los Ríos

Código Postal: 1081

Dirección del establecimiento: Sector Dollinco s/n, Parcela 6

Ciudad: San José

Comuna: San José

Provincia: Valdivia

Región: Décima Región de los Ríos

Capital Social: (\$) 60.000.000

Facturación anual: No genera ingresos directos (ver punto 4.3.)

Número de empleados del establecimiento: 12

Horario de trabajo: 3 turnos

Régimen de funcionamiento: 7,5 hrs./día por turno, 6 días a la semana, 6480 hrs./año

Persona de contacto: Sr. Guillermo Parra Alcatroz

Cargo: Supervisor

Fono / E-mail: 56 63 452169 / gparra@transportesklenner.cl

Técnicos Auditoría: Sr. César Llanccamán V. y Sr. Felipe Porflitt G.

Fono / E-mail: 56 9 2234253 / fporflitt161@gmail.com, cesarllanccaman@gmail.com

4.2. Actividad principal del establecimiento

Las actividades que se realizan en el establecimiento son las de oficina de administración y dirección de flota de transporte y maquinaria, junto con su mantención realizada en el taller.

El establecimiento consta de un galpón principal en el cual se realizan los trabajos de mantención de la flota de transporte y maquinaria. Este galpón es utilizado en conjunto con personal de la empresa Kaufmann, utilizando éstos exactamente el 50% del galpón.

EL horario de trabajo es de 1 turno diario de lunes a sábado para el personal de la empresa Transportes Klenner e Hijos Ltda., y de 3 turnos diarios de lunes a sábado para el personal de la empresa Kaufmann.

En el galpón se utiliza en su mayoría energía eléctrica, la que es además, en una parte del proceso de mantenimiento, transformada a energía neumática a través de un compresor. Por otro lado, utiliza gas licuado para el proceso de soldado a oxígeno.

Existen también por parte de la empresa de Transportes Klenner e Hijos Ltda., un container y oficinas administrativas en los cuales se utiliza sólo energía eléctrica en servicio. Por parte de la empresa Kaufmann, existe un container que se utiliza tanto para bodega de equipos como para la acomodación del personal, utilizándose por ende energía eléctrica en servicio.

4.3. Datos de producción del establecimiento

El galpón de mantención produce por parte de la empresa transportes Klenner 2160 horas al año de mantenimiento estructural a la flota de camiones y maquinaria. Por parte de la empresa Kaufmann, esta produce 6912 horas al año, en las cuales se realiza mantenimiento a motores, lubricación, reparación de frenos y ejes de la flota de camiones.

El servicio de mantenimiento que produce el establecimiento no genera ingresos por terceros, ya que tanto Transportes Klenner como Kaufmann realizan mantenimiento

a la flota de camiones y maquinarias de la propia empresa Transportes Klenner. Sin embargo, el hecho de que la empresa de Transportes Klenner realice su propio mantenimiento, y que la empresa Kaufmann utilice parte del galpón para realizar sus tareas, significa un ahorro en los costos de mantención para Transportes Klenner, lo que en definitiva se traduce en un mayor ingreso de sus utilidades.

Respecto a la estructura de costo, el valor de la producción anual en el establecimiento alcanza los \$27.711.759, estando esto compuesto por: combustibles y energía: \$3.045.215, lo que equivale a un 11 %, materias primas: \$1.289.056, equivalente a un 4,6 %, otros gastos: \$754.145, equivalentes a un 2,7 %, costo de personal: \$21.808.227, equivalente a un 78,7 % y depreciación e impuestos directos: \$815.116, equivalente a un 2,95 %.

4.4. Descripción del proceso de mantención en el taller del establecimiento

Como se mencionó anteriormente, el establecimiento trabaja de lunes a sábado durante las 24 hrs. del día, durante todos los meses del año.

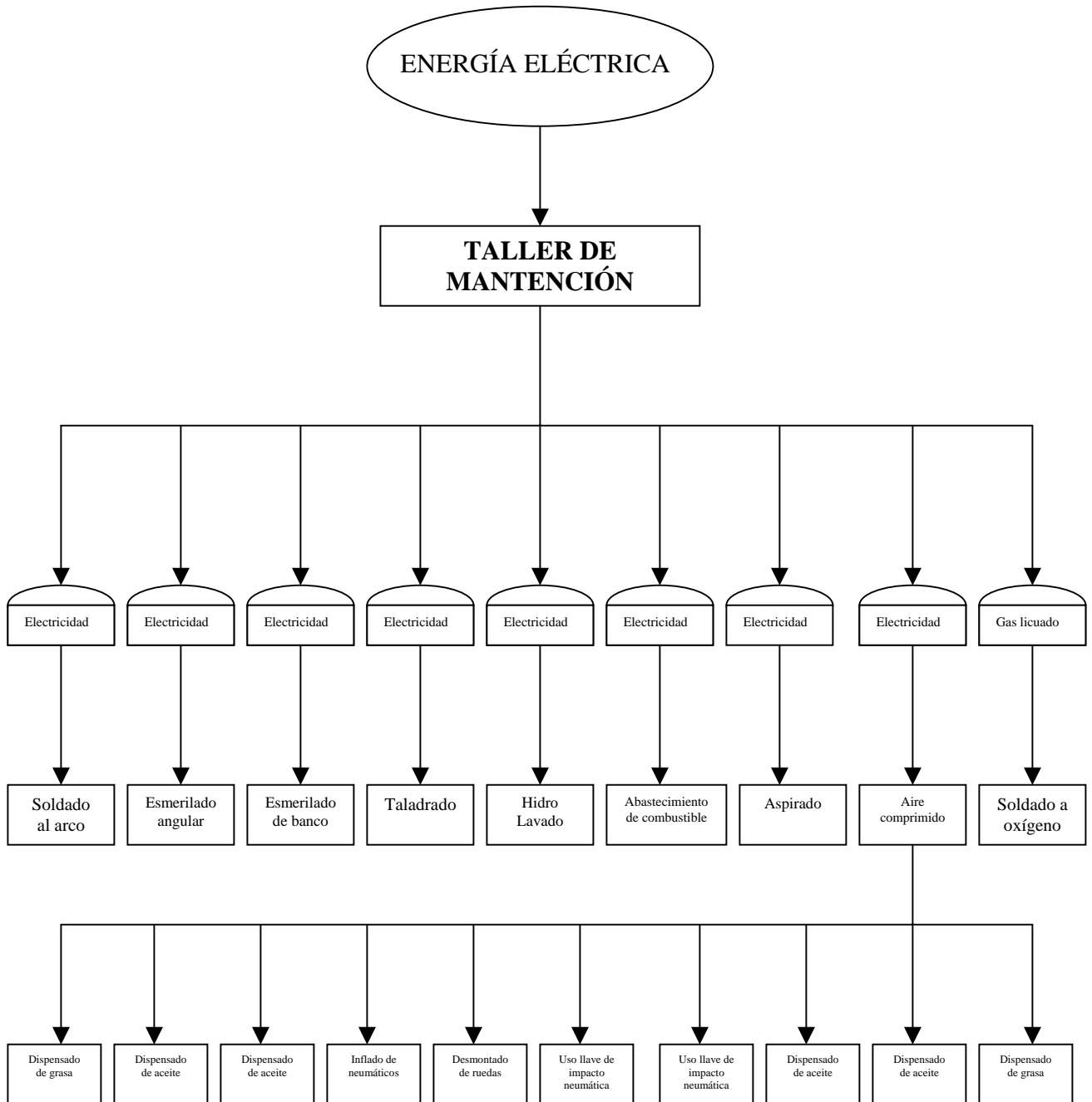
La empresa de Transportes Klenner e Hijos Ltda. realiza principalmente labores de reparación estructural y cambio de neumáticos, para lo cual se utilizan los siguientes procesos: soldado al arco, esmerilado angular, esmerilado de banco, taladrado, producción de aire comprimido, dispensado de lubricante, inflado de neumáticos, desmontado de neumáticos, soldado a oxígeno, hidrolavado y abastecimiento de combustible.

Por otro lado la empresa Kaufmann realiza la reparación y mantención de motores, lubricación, reparación de frenos y ejes, para lo cual utilizan los siguientes procesos: uso de llaves de impacto neumáticas, dispensado de lubricante, aspirado de polvo y agua y otros.

El galpón está abierto a la atmósfera, por lo que los trabajos son realizados a temperatura ambiental.

El establecimiento en su totalidad es abastecido de electricidad por medio de un empalme, el cual alimenta el galpón, oficinas y ambos container.

4.5. Diagrama de bloques del proceso de mantención



4.6. Distribución del consumo energético del proceso de mantención

En el proceso de mantención del taller del establecimiento se utilizan dos tipos de energía, que son la energía eléctrica y energía térmica.

Como se visualiza en el diagrama de bloques, el consumo de electricidad tiene lugar en casi la totalidad de los procesos, siendo éstos los siguientes: soldado al arco, esmerilado angular, esmerilado de banco, taladrado, hidrolavado, abastecimiento de combustible, aspirado, y producción de aire comprimido; mientras que el consumo de combustible, específicamente el gas licuado (GLP) tiene lugar sólo en el proceso de soldado a oxígeno.

4.7. Resumen de equipos en el proceso de mantención

Equipo	Tipo equipo	Proceso	Potencia consumida nominal (kW)	Potencia consumida real (kW)	Utilización (hrs/año)	Consumo energía nominal (kWh/año)	Consumo energía Real (kWh/año)
Soldadora al arco LHE 300 ESAB	Consumidor energía directa	Soldado al arco	3,83	3,86	1440	5515,2	5558,4
Taladro de pedestal ASEVER DRM-270F	Consumidor energía directa	Taladrado de pedestal	1,2	0,43	144	172,8	61,92
Esmeril de banco Black & Decker 6820	Consumidor energía directa	Esmerilado de banco	0,87	0,46	576	501,12	264,96
Esmeril angular Makita n° 9069h	Consumidor energía directa	Esmerilado angular	2,2	1,57	1008	2217,6	1582,56
Hidro Lavadora FAIP TK-215	Consumidor energía directa	Lavado de transporte y maquinaria	5,6	5,4	576	3225,6	3110,4
Aspiradora FAIP mod. turbo 2002	Consumidor energía directa	Aspirado de agua y polvo	1,6	0,77	288	460,8	221,76

Equipo	Tipo equipo	Proceso	Potencia consumida nominal (kW)	Potencia consumida real (kW)
Compresor SCHULZ categoría V n° 036963	Consumidor energía directa y generador energía indirecta	Producción de aire comprimido	7,5	7,2
Utilización (hrs/año)	Consumo energía nominal (kWh/año)	Consumo energía real (kWh/año)	Producción nominal (l/min.)	Producción real (l/min.)
864	6480	6220,8	1132	809

Equipo	Tipo equipo	Proceso	Consumo nominal (l/min.)	Consumo real (l/min.)
Bomba neumática dispensadora de grasa RAASM	Consumidor energía indirecta	Dispensado de grasa	240	108
Bomba neumática dispensadora de aceite RAASM	Consumidor energía indirecta	Dispensado de aceite	270	105
Bomba neumática dispensadora de aceite RAASM	Consumidor energía indirecta	Dispensado de aceite	270	105
Bomba neumática dispensadora de aceite RAASM	Consumidor energía indirecta	Dispensado de aceite	270	105
Llave neumática de impacto 1"	Consumidor energía indirecta	Desmontado de ruedas	227	263

Bomba neumática dispensadora de aceite Pump 2 Master SAMOA	Consumidor energía indirecta	Dispensado de aceite	150	75
Bomba neumática dispensadora de aceite Pump 2 Master SAMOA	Consumidor energía indirecta	Dispensado de aceite	150	75
Bomba neumática dispensadora de grasa RAASM	Consumidor energía indirecta	Dispensado de grasa	130	72
Llave neumática de impacto Chicago CP772H	Consumidor energía indirecta	Uso llave de impacto neumática	227	163
Llave neumática de impacto Chicago CP894	Consumidor energía indirecta	Uso llave de impacto neumática	340	244

4.8. Contabilidad energética

En la tabla siguiente se resume la distribución de consumos y costos energéticos de la empresa o edificio de los años 2005 y 2006. En dicha tabla quedan reflejados los consumos de energía mensuales que realiza el establecimiento durante los años mencionados y los cobros por dichos consumos. También queda establecido el costo total de energía por metro cuadrado y el IUE del establecimiento. Para este cálculo el área del establecimiento es de 741 m², en donde 640 m² corresponden al galpón, 60 m² a oficinas, 26 m² a instalaciones de la empresa Kaufmann y 15 m² a instalaciones de la empresa de Transportes Klenner.

Año: 2005	Electricidad									Gas licuado					Total		Índice uso energía IUE	
	(A)	(B) kWh	(C) kW	(D) \$	(E) \$/kWh	(F) \$	(G) \$	(H) $\frac{kwh}{kw \times 8,6^{-5}}$	(I) $\frac{kwh}{kw \times días \times 24}$	(B) m ³	(D) \$	(E) \$/m ³	(G) \$	(H) $\frac{kcal \times 10^{-7}}$	(H) \$	(J) \$	(K) \$	(L) \$/m ²
Enero	30	1.749	12	142.009	25,8	8.521	31.218	0,15	0,20	7,466	8.888	1.190	1.687	0,018	0,168	192.323	0,0002	260
Febrero	30	1.766	12	142.413	27,5	9.969	28.029	0,15	0,20	7,466	8.888	1.190	1.687	0,018	0,168	190.986	0,0002	258
Marzo	30	1.921	12	139.456	27,7	2.789	1.101	0,17	0,22	7,466	8.888	1.190	1.687	0,018	0,188	153.921	0,0003	208
Abril	30	2.221	13,1	155.711	27,7	3.114	26.048	0,19	0,26	7,466	10.043	1.345	1.908	0,018	0,208	196.824	0,0003	266
Mayo	30	2.708	12	161.385	27,7	-	33.870	0,23	0,31	7,466	10.043	1.345	1.908	0,018	0,248	207.206	0,0003	280
Junio	30	3.266	13,1	181.528	26,6	-	25.692	0,28	0,35	7,466	10.043	1.345	1.908	0,018	0,298	219.171	0,0004	296
Julio	30	3.439	14,5	219.050	33,1	-	35.559	0,30	0,33	7,466	9.612	1.287	1.826	0,018	0,318	266.047	0,0004	359
Agosto	30	3.428	14,5	220.110	33,1	5.805	36.435	0,30	0,33	7,466	9.612	1.287	1.826	0,018	0,318	273.788	0,0004	369
Septiembre	30	3.418	14,4	223.457	34,7	6.704	46.125	0,29	0,33	7,466	9.612	1.287	1.826	0,018	0,308	287.724	0,0004	388
Octubre	30	2.149	14,4	179.649	34,7	1.796	37.687	0,18	0,21	7,466	10.911	1.461	2.073	0,018	0,198	232.116	0,0003	313
Noviembre	30	2.076	14,4	177.200	34,7	7.088	37.647	0,18	0,20	7,466	10.911	1.461	2.073	0,018	0,198	234.919	0,0003	317
Diciembre	30	2.809	14,4	202.932	34,7	14.205	45.977	0,24	0,27	7,466	10.911	1.461	2.073	0,018	0,258	276.098	0,0004	373
Total anual		30.950	160,8	2.144.900		59.991	385.388	2,66						0,216	2,876	2.731.123	$\bar{x}=0,0003$	$\bar{x}=307$

A: # de días del periodo de facturación

B: Consumo

C: Demanda eléctrica consumida (kW)

D: Costo consumo¹⁶ (\$)

E: Costo unitario

F: Recargo por factor de potencia (RFP) (\$)

G: Otros cargos (\$)

H: Consumo (tep)

I: Factor de carga

J: Costo total en la facturación

K: IUE (tep/m²)

L: Costo total de energía por metro cuadrado (\$/m²)

¹⁶ Para el caso de electricidad: Energía normal (kWh) + Demanda máxima facturada (kW)

Año: 2006	Electricidad									Gas licuado					Total		Índice uso energía IUE	
Mes	(A)	(B) kWh	(C) kW	(D) \$	(E) \$/kWh	(F) \$	(G) \$	(H) $Kwh \times 8,6^{-5}$	(I) $\frac{Kwh}{Kw \times dias \times 24}$	(B) m ³	(D) \$	(E) \$/m ³	(G) \$	(H) $Kcal \times 10^{-7}$	(H)	(J) \$	(K)	(L) \$/m ²
Enero	30	1.811	15,20	171.641	35,7	13.731	29.854	0,16	0,17	7,466	10.120	1.355	1.922	0,018	0,178	227.268	0,0002	307
Febrero	30	1.853	14,40	160.803	33,3	9.648	37.482	0,16	0,19	7,466	10.120	1.355	1.922	0,018	0,178	219.975	0,0002	297
Marzo	30	1.819	14,40	161.969	34,5	9.718	36.119	0,16	0,18	7,466	10.120	1.355	1.922	0,018	0,178	219.848	0,0002	297
Abril	30	2.154	14,40	179.377	36,9	3.588	38.098	0,19	0,20	7,466	9.742	1.305	1.850	0,018	0,208	232.655	0,0003	314
Mayo	30	2.441	14,40	190.108	36,9	-	39.126	0,20	0,24	7,466	9.742	1.305	1.850	0,018	0,218	240.826	0,0003	325
Junio	30	3.615	15,70	224.674	31,8	-	36.044	0,31	0,32	7,466	9.742	1.305	1.850	0,018	0,328	272.310	0,0004	367
Julio	30	2.589	15,00	187.971	31,8	-	32.171	0,22	0,24	7,466	12.267	1.643	2.331	0,018	0,238	234.740	0,0003	317
Agosto	30	3.908	17,00	244.555	31,8	-	42.898	0,34	0,32	7,466	12.267	1.643	2.331	0,018	0,358	302.051	0,0005	408
Septiembre	30	3.453	16,60	228.067	31,8	-	48.569	0,30	0,29	7,466	12.267	1.643	2.331	0,018	0,318	291.234	0,0004	393
Octubre	30	3.011	16,80	216.189	31,8	-	44.771	0,26	0,25	7,466	10.586	1.418	2.011	0,018	0,278	273.557	0,0004	369
Noviembre	30	2.481	16,80	199.495	31,8	3.990	44.027	0,21	0,20	7,466	10.586	1.418	2.011	0,018	0,228	260.109	0,0003	351
Diciembre	30	1.998	16,80	183.360	31,8	9.168	42.832	0,17	0,16	7,466	10.586	1.418	2.011	0,018	0,188	247.957	0,0003	335
Total anual		31.133	187,5	2.348.209		49.843	471.991	2,70						0,216	2,916	3.022.530	$\bar{x}=0,0003$	$\bar{x}=340$

A: # de días del periodo de facturación

B: Consumo

C: Demanda eléctrica consumida (kW)

D: Costo consumo¹⁷ (\$)

E: Costo unitario

F: Recargo por factor de potencia (RFP) (\$)

G: Otros cargos (\$)

H: Consumo (tep)

I: Factor de carga

J: Costo total en la facturación

K: IUE (tep/m²)

L: Costo total de energía por metro cuadrado (\$/m²)

¹⁷ Para el caso de electricidad: Energía normal (kWh) + Demanda máxima facturada (kW)

4.9. Datos energéticos generales

4.9.1. Energía eléctrica

La empresa generadora es el Sistema Interconectado Central (SIC) y la empresa distribuidora es Sociedad Austral de Electricidad (SAESA).

En el establecimiento se tiene una tarifa contratada AT3-A, con una tensión acometida de 23 kv y una potencia conectada de 30 kw. El tipo de contrato es un contrato anual auto renovable (indefinido)

4.9.2. Energía térmica

La empresa distribuidora del gas licuado utilizado en el establecimiento es Abastible y la empresa comercializadora en el sector es “Patricio Hernán Sepúlveda Torres”.

4.10. Servicios

En este caso es muy difícil determinar con exactitud el consumo energético real debido a que en el establecimiento no existe un régimen fijo de funcionamiento de los equipos destinados a servicio. No obstante, se encuestó a cada uno de los trabajadores del establecimiento por separado y se logró obtener una estimación promedio de las horas de utilización tanto del alumbrado como de los equipos de servicio. El resultado obtenido fue bastante real, ya que en comparación con el consumo anual de energía eléctrica facturado, el cual alcanzó los 31.133 (kWh /año), el consumo medido en terreno alcanzó los 32.656, 31 (kWh /año). De esta manera se tiene que del total de energía eléctrica consumida en el año por el establecimiento, es decir, 32.656,32 (kWh /año), un 52,13% de la energía la consumen los equipos de producción, un 18% los equipos de servicio y un 29,87% el alumbrado eléctrico.

4.11. Mejoras Energéticas

❖ Instalación de banco de condensadores

Situación actual

El taller de mantenimiento posee varios equipos que consumen energía reactiva, como la soldadora al arco y motores varios, disminuyendo el $\cos \phi$ del establecimiento. Debido a que el establecimiento posee un sistema tarifario con medidor de energía reactiva, la empresa debe pagar un promedio anual de \$ 65.352 por concepto de recargo por mal factor de potencia.

Descripción de la mejora

Se propone la instalación un banco de condensadores de 10 KVAR, el que permitiría estabilizar el consumo de energía reactiva y mantener el $\cos \phi$ por sobre 0.93 que es lo mínimo que permite SAESA para no tener sobre cargos por mal factor de potencia. El costo de la instalación en obra vendida asciende a \$200.000, no requiriendo este sistema mantenimiento futura ni costos extras.

Situación futura

Cálculos económicos

Datos:

$I = 200.000 \text{ \$/años}$

$DCE = 65.352 \text{ \$/años}$

$ACMO = 0 \text{ \$/años}$

Ahorro económico anual

$$AEA = DCE - ACMO$$

$$AEA = 65.352 \frac{\$}{\text{años}} - 0 \frac{\$}{\text{años}}$$

$$AEA = 65.352 \frac{\$}{\text{años}}$$

Amortización bruta

$$PB = \frac{I}{AEA}$$

$$PB = \frac{200.000 \frac{\$}{\text{años}}}{\$65.352 \frac{\$}{\text{años}}}$$

$$PB = 3.06 \text{ años} \approx 3 \text{ años}$$

El ahorro económico anual correspondería al no pago de recargo por mal factor de potencia lo cual es en promedio anual \$ 65.352, recuperándose la inversión en 3 años.

❖ **Mantenimiento de las pistolas neumáticas**

Situación actual

En el taller de mantenimiento se utilizan varias llaves de impacto neumáticas las cuales presentan evidentes fugas de aire, ya que cuando los operadores dejan las llaves de paso abiertas y no existe ningún dispositivo neumático en funcionamiento, el compresor de igual forma se enciende. Además se comprobó mediante las mediciones in-situ que una de las llaves de impacto consume más aire que el aire nominal que debiera consumir.

Descripción de la mejora

Para mejorar esta situación sólo se necesita realizar un pequeño mantenimiento a las llaves de impacto, el cual puede consistir simplemente en cambiar las abrazaderas de cada una de ellas. Además se deben dejar cerradas las llaves de paso en los horarios en que no se necesite utilizar las llaves de impacto. Finalmente se puede acudir a una empresa de mantención para que realice una mantención especializada de cada una de las llaves de impacto.

Situación futura

Está demostrado por la empresa SMC y su software de mantenimiento que un agujero de 2 mm en una red de aire comprimido provoca una pérdida de dinero de aproximadamente 20 millones de pesos anuales. Por lo tanto suponiendo aproximadamente por las condiciones observadas en el taller que cada pistola posea una fuga correspondiente a un agujero de 0,5 mm, el dinero ahorrado alcanzaría aproximadamente los 5 millones de pesos anuales.

❖ **Mejorar el comportamiento del consumo energético**

Situación actual

En la actualidad los trabajadores del taller de mantenimiento no poseen consciencia del ahorro de energía que se obtendría si se preocuparan de no ocupar energía en los momentos en que no se necesita de su utilización. De esta forma, en la visita a terreno durante una semana se verificó que en algunas dependencias del establecimiento se mantienen las luces encendidas incluso durante momentos en que no se utilizan dichas dependencias. Además como se mencionó anteriormente no cierran las llaves de paso del sistema de aire comprimido, consumiéndose aire en los momentos en que no se utilizan los equipos neumáticos.

Descripción de la mejora

Se realizará una reunión con los trabajadores para informar de los ahorros energéticos que se podrían obtener si mejoran su comportamiento, tratando de generar conciencia de los beneficios obtenidos con su nuevo comportamiento.

Situación futura

Se obtendrán ahorros en el consumo de electricidad, ya sea por el alumbrado como por el uso del compresor, y por ende un ahorro económico importante para el establecimiento.

CONCLUSIONES

Los países desarrollados llevan años trabajando en lograr un uso más eficiente de su energía, con lo cual han logrado desacoplar su crecimiento económico del consumo energético. De esta manera han alcanzado, entre otras cosas, ahorrar grandes cantidades de dinero y disminuir las emisiones de CO₂ al medioambiente.

Chile está atrasado en materia de eficiencia energética, por lo cual ha desarrollado en los últimos años una serie de medidas para alcanzar altos niveles de uso eficiente de energía. Para ello, el Gobierno en conjunto con el Ministerio de Minería y Energía y la Comisión Nacional de Energía (CNE) ha creado un programa llamado Programa País Eficiencia Energética (PPEE), dedicado a alcanzar dichos objetivos.

El manual de auditorías energéticas para empresas y edificios es una de muchas herramientas existentes en el mundo, que permite optimizar y lograr mejoras en el consumo energético del establecimiento al cual se aplica. De esta forma, el manual resulta ser un instrumento con gran potencial de aporte para mejorar la eficiencia energética del país en la medida que se aplique y difunda, siendo de vital importancia contar con el respaldo tanto del gobierno como de empresas privadas para desempeñar esa labor.

Con la realización de la auditoría energética a una empresa de la zona, se ha demostrado la real aplicabilidad del presente manual, lo cual ha creado un incentivo a seguir trabajando, con la ayuda de expertos, para mejorar esta herramienta y de esta forma el problema existente en el país.

Cabe señalar, que si bien el ejemplo de auditoría energética realizado no aborda todos los aspectos que señala el manual, esto se debe a que dicho manual es un material genérico que trata de involucrar todas las materias energéticas y procesos productivos que se encuentran en las distintas empresas del país, ya sea una fábrica de cecinas, un aserradero, taller mecánico u otro. Por lo tanto, no es importante la magnitud, ni diversidad de la empresa auditada, sino demostrar, como se menciona en el párrafo anterior, la real aplicabilidad del manual, lo cual, además no es el objetivo principal del trabajo de titulación. De esta forma, por simple que pueda parecer el ejemplo de auditoría, queda demostrado que el Manual de Auditorías Energéticas para Empresas y Edificios es totalmente aplicable, comprobando que se obtienen mejoras energéticas y económicas tras su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ESCOBAR, G. SALUDES, D. TOLEDO J. 2003. “*Manual de auditorias energéticas*”, AEDIE, Asociación para la Investigación y Diagnósis de la Energía, Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid; Primera edición-
- [2] KRARTI, M. 2004. “*Energy Audit of Building Systems*”, Editorial CRC Press, First edition.
- [3] ALBERT THUMANN, WILLIAM J YOUNGER, THUMANN THUMANN. 2003. “*Handbook of Energy Audits*”, Sixth Edition
- [4] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. “*Programa País Eficiencia Energética*”. Disponible en www.cne.cl. Consultado el 5 de enero de 2007.
- [5] SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES. “*Regulación sectorial área electricidad y combustible*”. Disponible en www.sec.cl. Consultado el 5 de marzo de 2007
- [6] JOSÉ ROLDAN VILORIA. 1989. “*Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada*”, Segunda edición.
- [7] HARRY MILEAF. 1998. “*Curso Práctico de Electricidad*”, Editorial Limusa, Undécima edición.

ANEXOS

**ANEXO 1: LÍNEA DE ACCIÓN O SISTEMA NACIONAL
DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DESARROLLADO POR
EL PPEE**

LÍNEA DE ACCIÓN O SISTEMA NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DESARROLLADO POR EL PPEE

Con la participación de los actores del Comité Convocante y de especialistas se formuló en enero de 2005, y luego se validó y enriqueció en abril de 2005 con 100 actores, la Visión de Desarrollo del Sistema Nacional de Eficiencia Energética que se deberá construir en Chile, utilizando la herramienta *mapa de acción*. Dicha visión establece que este Sistema deberá estar constituido por trece grandes *líneas de acción* interdependientes, o líneas *básicas*, que son paralelas y todas necesarias para el objetivo global, de crear una cultura de eficiencia energética en el país y así lograr el desacoplamiento entre el crecimiento económico y el crecimiento en el consumo energético.

En la página siguiente se entrega esta Visión de Desarrollo completa del Sistema Nacional de Eficiencia Energética a través de su *mapa de acción*, que detalla cada una de las líneas básicas a través de líneas *específicas*.

El objetivo estratégico se hace concreto a través de este mapa. Construir el Sistema Nacional de Eficiencia Energética consiste en poner en implementar el mapa entero. Y esto se hará mediante la amplia serie de innovaciones que el PPEE está dirigido a emprender, a través de la acción conjunta de sus actores en el sector público, el sector privado, los gobiernos locales y la sociedad civil.

***Mapa de Acción:* Sistema Nacional de Eficiencia Energética**

MAYÚSCULAS: Línea de acción establecida (con actores, actividades e impacto)

Minúsculas: Línea de acción no establecida

A. Política nacional e institucionalidad para la EE

- A-1 Promoción de una visión integrada de la EE que considera calidad, confiabilidad y seguridad
- A-2 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EE DEL PAÍS
- A-3 Identificar y remover obstáculos de política pública a la EE
- A-4 Sistema de metas país de EE para horizontes especificados

- A-5 Programa indicativo nacional de metas y acciones de EE
- A-6 Política de normas mínimas de EE
- A-7 Política de infraestructura para la regulación de EE
- A-8 Incorporación de EE como fuente en planes de abastecimiento energético
- A-9 Política de fomento a la generación distribuida
- A-10 Políticas de cogeneración y aprovechamiento de energías residuales
- A-11 Incentivar la diversidad de la exploración y explotación de hidrocarburos y otras fuentes nacionales de energía primaria
- A-12 Consideración de la EE en la evaluación de proyectos de inversión pública
- A-13 Política de desarrollo urbano - territorial con EE
- A-14 Política de uso sustentable de recursos naturales
- A-15 Política de promoción del uso de energías renovables no convencionales
- A-16 Fomento de RRR (reducir, reciclar y reutilizar)
- A-17 Desarrollo de institucionalidad para la EE
- A-18 Mecanismos de colaboración público-privado para EE

B. Generación de cultura de eficiencia energética

- B-1 Información pública en EE
- B-2 Campaña de sensibilización en medios de comunicación masivos
- B-3 Difusión de las ventajas individuales de la EE para el consumidor
- B-4 Mecanismos de asesoría al consumidor para evaluar su potencial de ahorro energético
- B-5 Programa de educación para el uso eficiente de energía residencial
- B-6 Posicionamiento de la EE en la opinión pública como conducta exigible
- B-7 Instrumentos de reconocimiento público
- B-8 Programas de formación y capacitación en EE
- B-9 Difusión de casos emblemáticos para educación
- B-10 INCORPORACIÓN DE EE EN MALLAS CURRICULARES DE CARRERAS UNIVERSITARIAS ATINGENTES
- B-11 Incorporación de EE en mallas curriculares universitarias
- B-12 Desarrollo de post grados en EE

- B-13 Incorporación de EE en mallas curriculares de formación técnica
- B-14 Identificación y utilización de espacios para la EE en el currículo escolar
- B-15 Énfasis de la EE en el sistema nacional de certificación ambiental escolar
- B-16 Involucramiento de organizaciones comunitarias en la EE
- B-17 Promoción de planes de acción y agendas ciudadanas para EE

C. Marco normativo y regulatorio para la EE

- C-1 Establecimiento de estándares mínimos de EE
- C-2 Establecimiento de normas nacionales de EE
- C-3 Coordinación y complementación en las regulaciones y legislaciones
- C-4 Ajuste a la EE del marco regulatorio del abastecimiento energético
- C-5 Remoción de las barreras de entrada a la distribución de electricidad e hidrocarburos
- C-6 Incorporar EE, calidad y seguridad a los reglamentos de media y baja tensión
- C-7 Cogeneración y otros sistemas de integración energética
- C-8 Regulación del uso de estándares mínimos de motores, transformadores y otros equipos
- C-9 Normas mínimas y fomento a la EE en el alumbrado público
- C-10 Regulación de importación de equipos de segunda mano
- C-11 Normas de consumo de energía de equipos en stand-by

D. Sistema de monitoreo y fiscalización de EE nacional

- D-1 Sistema nacional de estadísticas con estándares reconocidos
- D-2 Transparentar las contribuciones de la EE a la reducción de externalidades
- D-3 Sistema de indicadores
- D-4 Sistema de auditoria de EE
- D-5 Sistema de mediciones sectorizada de consumo por usuarios
- D-6 Sistema de mediciones por fiscalizadores acreditados
- D-7 Fiscalización de regulaciones
- D-8 Difusión de resultados e impactos de programas de EE

E. Sistema de certificación de EE

- E-1 Etiquetado y sellos de EE
- E-2 Información sobre energía en el ciclo de vida de los productos finales
- E-3 Información sobre energía contenida en insumos y materias primas
- E-4 Benchmarking internacional de EE
- E-5 Estándares de EE para proyectos llave en mano

F. Instrumentos de fomento e incentivos económicos, tributarios y financieros para la EE

- F-1 Consideración de la EE en el financiamiento público de proyectos de inversión privada
- F-2 Desarrollo de instrumentos financieros
- F-3 Fondo para la inversión en EE
- F-4 Incentivo a las empresas de servicios energéticos (ESCOs)
- F-5 Incentivo a la oferta tecnológica para EE
- F-6 Incorporación de la EE en la Responsabilidad Social Empresarial
- F-7 Programas voluntarios de EE
- F-8 Incorporación de criterios de EE en Acuerdos de Producción Limpia
- F-9 Difusión voluntaria del desempeño energético de las empresas
- F-10 Libertad de comercio de excedentes energéticos y cogeneración
- F-11 Política de discriminación tributaria positiva
- F-12 Política de precios de combustibles importados que reflejen paridad de importación
- F-13 Búsqueda de financiamiento internacional para EE
- F-14 Registro de consultores para EE

G. Incorporación a mecanismos internacionales de EE

- G-1 APROVECHAMIENTO DEL PROTOCOLO DE KIOTO Y SIMILARES
- G-2 Preparación para la incorporación de EE como requisito de competitividad internacional
- G-3 Incorporación y difusión de experiencias internacionales

G-4 Programas asociativos o gubernamentales que generen masa crítica para financiamiento internacional

G-5 Promoción de fondos de ONGs internacionales para EE

H. Política y programa sectorial de EE en vivienda, edificios y construcción

H-1 ESTÁNDARES DE EE PARA VIVIENDA

H-2 Estándares de EE para edificaciones no residenciales

H-3 NORMAS DE EE ACORDES CON LA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR DE LA VIVIENDA

H-4 Programa de reconversión y mejoramiento energético en construcciones e instalaciones existentes

H-5 Fomento a la gestión energética en edificios

H-6 Promoción de construcción en lugar de demolición de edificios

H-7 Programa de evaluación y retroalimentación de edificios post construcción

H-8 Programa de evaluación y retroalimentación energético-ambiental de proyectos

I. Política y programa sectorial de EE en transporte

I-1 Política de EE en la infraestructura de transporte

I-2 Revisión de impuestos específicos al combustible

I-3 POLÍTICAS DE FOMENTO AL TRANSPORTE PÚBLICO

I-4 Promoción de medios no motorizados de transporte

I-5 EE en terminales y estaciones de intercambio modal

I-6 EE EN GESTIÓN DE TRÁNSITO

I-7 EE en gestión de flotas de transporte

I-8 Conducción eficiente de vehículos

I-9 Certificación de EE para vehículos

I-10 Incentivo económico a vehículos de alto rendimiento

J. Política y programa sectorial de EE en uso industrial (minería, agricultura y comercio)

- J-1 Promoción de la cogeneración
- J-2 Utilización de energías térmicas residuales
- J-3 Desarrollo de sinergias energéticas entre empresas
- J-4 Utilización energética sustentable de residuos urbanos, industriales y agrícolas
- J-5 Promoción de reingeniería de procesos para la EE

K. Política y programa sectorial de EE en la transformación de energía

- K-1 Normas de emisión de grandes fuentes y matriz de energía primaria
- K-2 Verificación, por centros de despacho de carga, de disponibilidades, costos y variables de operación de asociados
- K-3 Mecanismos y normas para el uso eficiente y sustentable del agua y otros recursos naturales en la generación eléctrica
- K-4 Incorporación de proyectos de EE en los planes y programas de abastecimiento energético

L. Política y programa sectorial de EE en el sector público

- L-1 Remoción de obstáculos a la eficiencia pública
- L-2 Incentivos a la EE en el sector público
- L-3 Integración de criterios de EE en política de adquisiciones del Estado
- L-4 Eficiencia energética en edificios públicos existentes
- L-5 Evaluación de ciclo de vida de los proyectos de inversión pública
- L-6 Política y programa sectorial de EE en el sector municipal
- L-7 Reconversión a sistemas de alumbrado público eficientes

M. Innovación tecnológica para la EE

- M-1 INVESTIGACIÓN EN EE
- M-2 Desarrollo tecnológico para EE
- M-3 Programas y canales de transferencia tecnológica

M-4 DESARROLLO DE CASOS EMBLEMÁTICOS PARA TRANSFERENCIA

M-5 Líneas de financiamiento para investigación, desarrollo e innovación en EE

M-6 Capacitación en EE para empresas de alta intensidad energética

M-7 Capacitación en EE para otras empresas y pymes

M-8 Sistemas de benchmarking de EE entre empresas

M-9 Sistemas de climatización distrital

M-10 PARTICIPACIÓN EN REDES INTERNACIONALES DE CONOCIMIENTO

M-11 Creación de centros demostrativos sobre EE

Este mapa de acción fue preparado en la sesión participativa del Seminario “Hacia un Sistema Nacional de Eficiencia Energética”, organizado por el Programa País de Eficiencia Energética y realizado en Santiago el día 8 de abril de 2005. Se basó en la versión previa generada por un Taller de Visión de Desarrollo, el día 7 de enero de 2005, por 30 actores de la eficiencia energética y especialistas en la materia. Los participantes en ambos eventos fueron seleccionados por el Comité Convocante del Programa, que está integrado por actores públicos, privados y de la sociedad civil. El taller de visión de desarrollo y el mapa de acción son componentes de la metodología de Innovación Participativa, que facilita la comprensión de los procesos de innovación de alta complejidad y hace posible su gestión eficaz.

ANEXO 2: FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS

FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS**1.1. Datos generales y de producción****1.1.1. Identificación del establecimiento****Tabla de descripción del establecimiento**

Nombre de empresa:			
Dirección social:			
Ciudad:		Comuna:	
Provincia:		Región:	
Código postal:			
Dirección del establecimiento:			
Ciudad:		Comuna:	
Provincia:		Región:	
Código postal:			
Actividad principal del establecimiento:			

1.1.2. Otros datos**Tabla de otros datos de interés**

Capital social		\$	
Facturación anual del establecimiento		\$	
Número de empleados del establecimiento			
Repercusión costo energía en costo total de producción		%	
Grado ocupación capacidad productiva		%	
Horario de trabajo	1 turno		
	2 turnos		
	3 turnos		
Régimen del funcionamiento	Horas día		
	Días semana		
	Horas año		
Persona de contacto:			
Cargo:		Teléfono	
E-mail:			
Técnico de auditoría:			
Email:		Teléfono	
Fecha			

1.2.2. Descripción de los equipos

Tabla de características nominales y reales de los principales equipos consumidores de energía.

Descripción general	
Equipo:	
Nº:	
Descripción:	
Tipo de equipo:	
Tipo de energía:	
Antigüedad:	
Régimen del equipo (%):	
Utilización (hrs/año):	
Temperatura del proceso:	
Condiciones de operación:	
Proceso	
Producción (para equipos generadores de energía indirecta)	
Caudal nominal (m ³ /hr)	
Caudal real (m ³ /hr)	
Presión nominal (kgf/cm ²)	
Presión real (kgf/cm ²)	
Recuperador:	
Consumo	
Consumo nominal	Consumo real
Consumo directo	
Potencia eléctrica:	Potencia eléctrica:
Combustible:	Combustible:
Poder calorífico:	Poder calorífico:
Consumo combustible:	Consumo combustible:
Energía directa (tep/año):	Energía directa (tep/año):
Consumo indirecto	
Caudal (m ³ /hr.)	Caudal (m ³ /hr.)
Presión (kgf/cm ²)	Presión (kgf/cm ²)
Temperatura (° C)	Temperatura (° C)

1.3. Datos energéticos generales

1.3.1. Energía eléctrica

Tabla de aprovisionamiento de energía eléctrica

1	Compañía generadora	
2	Compañía distribuidora	
3	Tipo de tarifa (según decreto 276)	
4	Tensión acometida (kV)	
5	Potencias conectada (kW)	
6	Conocimiento curva de carga	SI / NO
7	Consumo último año (kWh/año)	
8	Precio promedio (\$/kWh)	
9	Precio promedio (\$/kW)	
10	Tipo de contrato	
10.1	Tarifa	
10.2	Tipo de Medidor de energía	
10.3	Potencia contratada (kW)	
10.4	Potencia Máxima Leída (kW)	
10.5	Discriminación horaria	
10.6	Potencia contratada Punta(kW)	SI / NO
10.7	Potencia Máxima Leída Punta (kW)	
11	Auto producción y/o cogeneración	
11.1	¿Se ha analizado su implantación?	SI / NO
11.2	¿Hay algún sistema implantado?	SI / NO
	En su caso, indicar tipo (motor, turbina, etc.)	
	Cantidad generada anualmente (kW /hr)	
	Consumida en la propia empresa (%)	
	Vendida al exterior (%)	

1.3.2. Energía térmica

Tabla de aprovisionamiento de gas natural

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

Tabla de aprovisionamiento de Gas licuado de petróleo (GLP) (Butano/propano)

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

Tabla de aprovisionamiento de Gasolina

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

Tabla de aprovisionamiento de Petróleo

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/m ³)	
5	Consumo último año (m ³ /año)	
6	Precio promedio (\$/m ³)	

Tabla de aprovisionamiento de Carbón

1	Compañía distribuidora	
2	Compañía comercializadora	
3	Tarifas/precios	
4	Poder calorífico (kcal/ton)	
5	Consumo último año (ton/año)	
6	Precio promedio (\$/ton)	
7	Descripción del tipo de carbón:	

1.3.3. Otras fuentes de energía**Tabla de aprovisionamiento de energía solar**

1	Térmica (kcal/año)	
2	Eléctrica (kWh/año)	

Tabla de aprovisionamiento de energías especiales

1	Aire comprimido (kWh/año)	
2	Vapor de agua (kcal/año)	

1.4. Contabilidad energética

Tabla Consumo de energía facturado anual

Año: 2005	Electricidad									Gas licuado					Total		Índice uso energía IUE	
	(A)	(B) kWh	(C) kW	(D) \$	(E) \$/kWh	(F) \$	(G) \$	(H) $kwh \times 8,6^{-5}$	(I) $\frac{kwh}{kw \times días \times 24}$	(B) m^3	(D) \$	(E) \$/ m^3	(G) \$	(H) $kcal/m^3 \times 1 \times 10^7$	(H)	(J) \$	(K)	(L) \$/ m^2
Enero																		
Febrero																		
Marzo																		
Abril																		
Mayo																		
Junio																		
Julio																		
Agosto																		
Septiembre																		
Octubre																		
Noviembre																		
Diciembre																		
Total anual																		

A: # de días del periodo de facturación

B: Consumo

C: Demanda eléctrica consumida (kW)

D: Costo consumo¹⁸ (\$)

E: Costo unitario

F: Recargo por factor de potencia (RFP) (\$)

G: Otros cargos (\$)

H: Consumo (tep)

I: Factor de carga

J: Costo total en la facturación

K: IUE (tep/m²)

L: Costo total de energía por metro cuadrado (\$/m²)

¹⁸ Para el caso de electricidad: Energía normal (kwh) + Demanda máxima facturada (kw)

