

NAMA PyME

Elaboración de insumos para el Programa Eco-Crédito Empresarial Individualizado (ECEI)



Elaboración de insumos para el Programa Eco-crédito Empresarial Individualizado (ECEI)

Mecanismos de Certificación de conocimientos y habilidades deseables en los consultores que atenderán el proyecto.

giz



México, D.F., Mayo del 2015

La Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo) por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa Mexicano-Alemán para NAMA”, el cual se implementa como parte de la Iniciativa Internacional sobre Cambio Climático (IKI), que ha sido comisionada a GIZ por encargo del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB por sus siglas en alemán). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Secretaría de Energía y/o de la GIZ.

Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

SENER / GIZ

Elaboración de insumos para el Programa Eco-Crédito Empresarial Individualizado (ECEI). Mecanismos de certificación de conocimientos y habilidades deseables en los consultores que atenderán el proyecto, México, D.F., Mayo del 2015

Edición y Supervisión: Jorge Eduardo Atala

Autor(es): Soluciones Integrales para Energía, Ambiente y Tecnología (Rosa María Jiménez, Alejandra Coronilla)

Diseño: GIZ México

Impreso en México

© SENER – Secretaría de Energía
Av. Insurgentes Sur 890
Col. Del Valle
C.P. 03100, México, D.F.
T 52 55 50006000
I www.energia.gob.mx

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Av. San Jerónimo 458, 3er Piso
Col. Jardines del Pedregal
C.P. 01900, México, D.F.
T 52 55 54902127
I www.semarnat.gob.mx

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, Piso 15, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez
C.P. 03100, México, D.F.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/
<http://www.giz.de/en/worldwide/33041.html>

Tabla de Contenido

Resumen Ejecutivo	9
1 Introducción	11
1.1 Finlandia	13
1.2 Consorcio PINE (<i>Promoting Industrial Energy Efficiency</i>).....	13
1.3 India	15
2 Esquemas de certificación propuestos.....	17
2.1 Certificación por competencias laborales	17
2.1.1 Ventajas y desventajas de la certificación de competencias.....	17
2.1.2 Consideraciones para redactar el estándar de competencia	18
2.1.2.1 Grupo técnico	18
2.1.2.2 Aspectos a calificar	19
2.1.2.3 Propuesta de entidades de certificación y evaluación.....	20
2.1.2.4 Modelo de certificación	21
2.2 Certificación a través de conocimientos adquiridos (cursos de capacitación y experiencia).....	22
2.2.1 Perfil deseable de las entidades académicas	23
2.2.2 Responsabilidades de las instituciones académicas y de asistencia técnica participantes en el Programa.....	23
2.2.3 Perfil de los aspirantes a auditores energéticos.....	23
2.2.4 Modelos de acreditación.....	24
2.2.4.1 Considerando a la SENER como responsable de la impartición del curso.....	24
2.2.4.2 Considerando a las instituciones académicas como responsables de impartir el curso	24
3 Conclusiones y recomendaciones	26
Anexo 1 Esquemas internacionales de certificación para gestor de energía.....	27
Japón.....	27
India ²⁸	
Australia.....	30
Chile	31
European Energy Manager – EUREM	32
Certified Energy Auditor (CEA [®]).....	32
Certified Energy Manager – CEM [®]	33
European Energy Manager – EUREM	34

Comparación de los procesos de calificación para especialistas en eficiencia energética. .	35
Anexo 2. Certificación por competencias laborales	39
Niveles de certificación de los estándares de competencia.....	42
Anexo 2a. Institutos Tecnológicos existentes en el país	44
Aporte del Instituto	44
Capital humano involucrado (mínimo sugerido)	44
Anexo 3. Listas de verificación	45
Energía eléctrica.....	45
Energía térmica.....	50
Edificación	51
Anexo 4. Formatos para recopilar información.....	52
Información general	52
Energía eléctrica.....	55
Energía térmica.....	71
Anexo 5. Metodologías y ecuaciones de cálculo	79
Sistemas eléctricos	79
Sistemas térmicos.....	89
Bibliografía	102

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipo de Cambio Usado en el Estudio (4 de mayo de 2015)	8
Tabla 2. Actividades del gestor y auditor energético, de acuerdo con las normas ISO 50001 e ISO 50002	12
Tabla 3. Consorcio PINE (<i>Promoting Industrial Energy Efficiency</i>)	13
Tabla 4. Roles y responsabilidades del Gestor y auditor energético en la India.	15
Tabla 5. Requisitos para la certificación como Auditor Energético.....	23
Tabla 6. Requisitos previos para la Certificación CEA.....	33
Tabla 7. Requisitos previos para la Certificación CEM.	34
Tabla 8. Comparativo requisitos previos para acreditaciones	36
Tabla 9. Niveles de estándares de competencia, CONOCER	42
Tabla 10. Límites de composición del agua de caldera para varias presiones de trabajo	97

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo de certificación por competencias	21
Figura 2. Tiempos estimados para obtener un certificado como auditor energético por competencias laborales	22
Figura 3. Modelo de acreditación de conocimientos adquiridos, propuesta: a través de SENER	24
Figura 4. Modelo de acreditación de conocimientos adquiridos, propuesta: a través de instituciones académicas	25
Figura 5. Esquema general del Sistema de Gestión Energética de Japón.....	27
Figura 6. Esquema general del Sistema de Gestión Energética de India	29
Figura 7. Procedimientos base para la Acreditación de Auditores de Energía y Mantenimiento.	29
Figura 8. Esquema General del Sistema de Gestión Energética de Australia.....	30
Figura 9. Esquema General del Programa de Eficiencia Energética de Chile.....	31
Figura 10. Sistemas que integran el Sistema Nacional de Competencias	39
Figura 11. Interrelación de los diferentes actores del Sistema Nacional de Competencias.....	40
Figura 12. Proceso general de creación de un estándar de competencia.....	41
Figura 13. Principales estadísticas en formación de capacidades, septiembre de 2014.....	41
Figura 14 Regionalización de los Institutos Tecnológicos.....	44

Listado de Abreviaturas

ACHEE	Agencia Chilena de Eficiencia Energética
AEE	Asociación de Ingenieros de Energía (Por sus siglas en inglés)
AMERIC	Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNDES	Banco Nacional de Desarrollo (Brasil)
CAINTRA	Cámara de la Industria de Transformación de Nuevo León
CAMEXA	Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria
CANINPA	Cámara Nacional de la Industria Panificadora
CANIRAC	Cámara Nacional de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados
CAREINTRA	Cámara Regional de la Industria de Transformación del Estado de Jalisco
CCL	Cámara de Comercio de Lima
CEA	Certified Energy Auditor
CEM	Certified Energy Manager
CII	Corporación Interamericana de Inversiones
CME	Consejo Mundial de la Energía
CMVP	Certified Measurement & Verification Professional
CNEC	Cámara Nacional de Empresas de Consultoría
COMPITE	Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
ECEI	Eco-crédito Empresarial Individualizado
EE	Eficiencia Energética
EPSEs	Empresas Proveedoras de Servicios Energéticos
ESCOs	Energy Services Company

EUREM	European Energy Manager
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
GEF	Global Environment Facility
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
ICSA	Ingeniería en Construcción y Soluciones Ambientales
IEI	Ingeniería Energética Integral
INEGA	Instituto Energético de Galicia
ISO	International Organization for Standardization
KOSGEB	Organización para el Desarrollo de las Pequeñas y Medianas Empresas, KOSGEB, por sus siglas en turco
NTCL	Norma Técnica de Competencia Laboral
OCDE	<i>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos</i>
PINE	Promoting Industrial Energy Efficiency
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PyME	Pequeña y Mediana Empresa
RoSEFF	Romania SME Sustainable Energy Finance Facility
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaria de Energía
SME	Small and Medium Enterprise
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UE	Unión Europea
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WWF	World Wildlife Fund

Tabla 1. Tipo de Cambio Usado en el Estudio (4 de mayo de 2015)

1 MXN	=	0.0579 Euro	=	0.0645 US\$
1 Euro	=	1.1145 US\$	=	17.2681 \$ MXN
1 US\$	=	0.8972 Euro	=	15.4940 \$ MXN

Fuente: Banco de México

Resumen Ejecutivo

Antecedentes: Para poner en marcha el programa eco-crédito individualizado será necesario contar con auditores energéticos acreditados para llevar a cabo las auditorías en las PyME. Para esto es imperioso contar con un mecanismo para certificar/acreditar a estos actores clave, además de conocer el perfil académico y de experiencia que deberán cubrir los aspirantes a participar en el programa. Así mismo, será preciso contar con una institución(es) que emitan la acreditación o en su caso la certificación de los conocimientos y las habilidades.

Objetivo y alcance: Proponer dos mecanismos de certificación/acreditación de auditores energéticos para su integración en la lista de auditores del Programa Eco-crédito Empresarial Individualizado (ECEI).

Metodología: Búsqueda, revisión y análisis de la siguiente información:

- Casos internacionales de programas de acreditación/certificación para auditores energéticos.
- Certificación mediante estándares de competencia del CONOCER.
- Instituciones que pueden fungir como centros de evaluación
- Perfiles de los aspirantes a ser auditores energéticos

Desarrollo de las propuestas de mecanismos que contemplen la acreditación/certificación de los auditores energéticos que participarán en el Programa Eco-crédito Empresarial Individualizado (ECEI), considerando la información analizada.

Estructura del documento: El documento incluye tres capítulos, el primero de ellos (introducción) muestra los esquemas de certificación de Finlandia, el consorcio PINE y la India, así como las principales actividades de un auditor energético comparadas con las de un gestor energético. El segundo capítulo presenta el esquema de certificación por competencias laborales que tiene implementado el CONOCER, además de los mecanismos de acreditación/certificación propuestos. El capítulo 3 son las conclusiones y recomendaciones. Además se incluyen cinco anexos, el primero de ellos contiene los modelos de certificación/acreditación de auditores energéticos de países seleccionados y de la asociación de ingenieros en energía. El anexo 2 contiene los niveles de certificación de los estándares de competencia y una lista de los Institutos Tecnológicos que podrían fungir como centros de evaluación. El anexo 3 contiene las listas de verificación recomendadas para homologar las actividades de los auditores considerando energía eléctrica, energía térmica y edificación. El anexo 4 contiene los formatos que permiten homologar la calidad de los reportes de auditoría, así como optimizar los tiempos de elaboración de los informes. Finalmente, el anexo 5 contiene la metodología y ecuaciones de cálculo.

Resultados clave: Se proponen dos mecanismos de certificación/acreditación:

1. A través de un estándar de competencia, lo que implica la creación de un grupo técnico para la redacción del estándar, así como la creación de organismos certificadores y evaluadores del estándar. Esto podría consumir alrededor de dos años para que los primeros auditores estén certificados, por lo que se sugiere que esta propuesta se utilice como mecanismo de recertificación o para acreditar a nuevos consultores.
2. A través de la demostración de conocimientos adquiridos. Este mecanismo incluye la realización de un curso de capacitación y una evaluación de los aspirantes a participar como auditores energéticos en el programa. Esta propuesta tiene dos derivaciones:
 - a. Que sea la SENER la que convoque, evalúe y acredite a los participantes, o

- b. Que sean instituciones educativas, seleccionadas por la SENER, las que evalúen y acrediten a los auditores, en los tiempos que indique la SENER.

Conclusiones y recomendaciones: Buenas prácticas internacionales, las certificaciones:

- Se llevan a cabo mediante una convocatoria de una entidad gubernamental, misma que es líder del programa de auditoría energética.
- Las entidades que realizan la acreditación/certificación de los auditores están avaladas por la entidad gubernamental.
- La acreditación/certificación se realiza, ya sea, a través de la asistencia de los aspirantes a un curso especializado, con duración de tres a cinco días, y al finalizar éste, se realiza una evaluación (Finlandia, CEA[®], Australia); o bien a través de un examen (India, Japón).
- Para participar en el curso y/o la evaluación, los aspirantes deben cubrir un nivel de formación profesional y experiencia mínima indispensable
- Las entidades que realizan la acreditación envían los resultados a la entidad gubernamental y ésta hace pública la lista de auditores acreditados/certificados

La Certificación por competencias laborales es un proceso a implementar en el mediano plazo (2 años) debido a los tiempos de elaboración e implementación del estándar, por lo que se sugiere, en el corto plazo, acreditar a los auditores energéticos a través de un curso y una evaluación. Para la recertificación de estos auditores puede contemplarse la opción de la certificación con el estándar de competencias o a través de la acumulación de puntos, como lo hace la asociación de ingenieros en energía.

1 Introducción

Uno de los principales instrumentos utilizados por los programas para mejorar la competitividad de las PyME es el uso de servicios de consultoría; sin embargo, es común que los consultores no se interesen por este sector debido a que no tienen la escala para pagar sus honorarios. De la misma forma, las empresas podrían no estar dispuestas a contratar un consultor o no conocer las razones por las que lo requieren. Por ello los programas PyME deben buscar hacer más accesible el pago de servicios de consultoría a través del financiamiento o el subsidio. Independientemente del instrumento utilizado, los administradores de programas que utilicen la consultoría como mecanismo de apoyo deben tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Selección de consultores:** Un programa PyME de consultoría será tan bueno como sus consultores. Por lo tanto deben existir mecanismos rigurosos, transparentes y estrictos de selección de consultores.
- ✓ **Evaluación de consultores:** Una vez que los consultores hayan llevado a cabo su trabajo deberán ser evaluados por las empresas beneficiarias. Un ejemplo efectivo puede encontrarse en programas que no pagan la totalidad de los honorarios de consultoría hasta que la empresa haya quedado satisfecha con el consultor.

En el caso específico del programa de auditoría energética para PyME, surgen dos barreras que deben ser cubiertas para poder contar con consultores en energía, una de ellas es el mecanismo del entrenamiento y la acreditación de los especialistas, la otra es la estandarización de los alcances de la auditoría y la metodología para llevarla a cabo. Las propuestas para superar ambas barreras deben tomar en cuenta los costos y el tiempo para su implementación, por ejemplo, para llevar a cabo la formación de consultores de energía convocado a especialistas en el tema, suele ser suficiente un curso de homologación de conocimientos, con duración de uno a tres días; sin embargo, conforme el programa vaya creciendo y consolidándose entre las PyME será necesario contar con un número creciente de consultores aprobados por el programa, por lo que es recomendable considerar la formación de nuevos consultores a través de otros mecanismos, tales como la acreditación de un diplomado especializado en el tema y/o la certificación a través de un estándar de competencia.

A nivel internacional, existen dos convergencias en los métodos usados para la acreditación/aprobación de los consultores de energía, una de ellas, para aquellos países que tienen como política la realización obligatoria de auditorías energéticas (por ejemplo, Japón y la India), es aprobar un examen de conocimientos en el tema, el cual se lleva a cabo una o dos veces al año. La otra, para aquellos países con mecanismos de apoyo para las auditorías voluntarias (por ejemplo, Finlandia o Suecia), es el asistir a un curso de acreditación para ser auditor energético, el cual puede ser programado dependiendo de la demanda de consultores. En ambos casos, los requisitos para la acreditación/certificación de los consultores están bien definidos, como se verá más adelante, así como los alcances y la metodología de la auditoría.

Antes de continuar con el análisis de mecanismos de acreditación para consultores en energía, es conveniente puntualizar las actividades que un auditor energético debe desarrollar, esto es particularmente importante debido al auge que actualmente tiene la implementación de sistemas de gestión energética; si bien la gestión de la energía precisa una revisión y caracterización de los consumos de energía (que puede hacerse a través de una auditoría energética), un especialista en sistemas de gestión energética no necesariamente tiene la capacidad y la experiencia necesarias para realizar satisfactoriamente las tareas de una auditoría energética.

La tabla 2 resume las principales actividades de estos especialistas, de acuerdo con las normas ISO 50001 *Energy management systems — Requirements with guidance for use*, y la ISO 50002 *Energy audits — Requirements with guidance for use*. Esta información es enunciativa, más no limitativa.

Tabla 2. Actividades del gestor y auditor energético, de acuerdo con las normas ISO 50001 e ISO 50002

Gestor de energía (ISO 50001)	Auditor energético (ISO 50002)
<ul style="list-style-type: none"> • Brinda asistencia para el desarrollo de la política energética de la empresa, calcula las inversiones y los costos con base en esta política. • Desarrolla un plan para promover el sistema de gestión de energía dentro de la organización, integra un equipo de energía para dar seguimiento al sistema de gestión. • Desarrolla los procedimientos para el sistema de gestión y los criterios de evaluación de los mismos. Asigna roles y responsabilidades del sistema de gestión. • Investiga el consumo de energía de la empresa e integra los análisis del mismo. • Asigna tareas para implementar los proyectos elegidos para la mejora del desempeño energético, así como para alcanzar los objetivos del sistema de gestión. • Prepara un programa de entrenamiento y sensibilización en materia de uso eficiente de la energía y gestión energética, éste abarca a toda la empresa. Implementa un sistema de reconocimientos. • Realiza de manera periódica, reportes internos del sistema de gestión. • Desarrolla un plan de mejora del sistema de gestión, para el corto y mediano plazo, tomando en cuenta los comentarios y opiniones del equipo de energía. • Mantiene un monitoreo tecnológico, para conocer las mejoras prácticas disponibles, así como los adelantos en tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerda con la organización los límites, alcances y objetivos de la auditoría energética; el nivel de detalle; el período de tiempo para llevar a cabo las actividades; los criterios para evaluar y jerarquizar las oportunidades de mejora del desempeño energético encontradas; los compromisos de tiempo y recursos de la organización; los entregables esperados y el formato del informe. • Revisa con la organización los detalles del plan de auditoría, incluyendo tiempos, necesidad de conectar equipos de medición, entrevistas con el personal, trabajo en sitio, entre otros. • Recopila, sistematiza y registra los datos de energía pertinentes, que apoyen los objetivos de la auditoría. • Evalúa la validez y la disponibilidad de los datos obtenidos y poner de relieve los problemas que impidan continuar con la auditoría. Si es necesario, podrá proponer un método diferente para recoger o complementar los datos. • Establece y evalúa el actual desempeño energético de los usos de la energía acordados en el alcance de la auditoría. • Identifica las oportunidades de mejora del desempeño energético. • Evalúa el impacto de cada oportunidad detectada sobre el actual desempeño energético. • Elabora el informe de auditoría, de manera clara y concisa, incluyendo los métodos para la toma y el análisis de los datos, así como la lista jerarquizada de los proyectos de mejora del desempeño energético.

Fuente: Elaboración propia con base en los estándares de ISO.

En algunos países la frontera entre los roles y responsabilidades de un gestor energético y un auditor energético son difusos, en algunos casos, como la India, el auditor energético certificado puede ser a la vez gestor energético certificado; en otros casos como Finlandia, España y Alemania el gestor energético puede llevar a cabo auditorías energéticas. En los siguientes apartados se resumen los esquemas de certificación de la India, del consorcio PINE y de Finlandia. Además en el anexo 1 se detallan otros esquemas internacionales de certificación para especialistas en eficiencia energética.

1.1 Finlandia

Dentro del programa de auditorías energéticas de Finlandia¹, en vigor desde 1992², se considera la figura de auditores energéticos calificados. El administrador del programa es el Departamento de Energía del Ministerio de Empleo y Economía de Finlandia. La aplicación y funcionamiento del programa está a cargo de la empresa estatal Motiva Oy, sus funciones incluyen la promoción de las actividades de auditoría, el desarrollo de modelos de auditoría, el monitoreo, la formación de auditores de energía y el control de calidad de las auditorías. Los lineamientos generales de calificación de auditores establecen la especialización en sistemas eléctricos y para sistemas HVAC. Motiva Oy organiza capacitación básica y de seguimiento para los auditores, además mantiene una lista de auditores con competencias en energía eléctrica o térmica. Los cursos básicos se organizan dos veces al año, en mayo y noviembre. El curso incluye un apartado básico y dos apartados avanzados, uno para la parte eléctrica y el otro para la parte térmica. Para obtener la calificación, los candidatos requieren al menos tres años de educación básica en tecnología energética (eléctrica, HVAC, procesos o tecnología de plantas de generación) y experiencia en el sector (o certificado del empleador de la experiencia laboral que implica un nivel correspondiente de conocimientos adquiridos) y aprobar el examen. De 1994 a 2013, el curso básico registró una matrícula de más de 1400 participantes.

1.2 Consorcio PINE (*Promoting Industrial Energy Efficiency*)

El consorcio PINE está compuesto por 14 socios de 7 países de la UE (Austria, Bulgaria, Chipre, Italia, Rumania, Eslovaquia y España) y combina, para cada país, a expertos técnicos con representantes empresariales (véase la tabla 3), que son el punto de conexión entre el consorcio y las PyME industriales. Su objetivo es aumentar la eficiencia energética en las PyME industriales en el sector manufactura, por medio de sistemas de auditoría y el asesoramiento profesional técnico para la aplicación de medidas personalizadas. PINE fue financiado por el Programa *Intelligent Energy Europe* y sus actividades se completaron en marzo de 2015.

Tabla 3. Consorcio PINE (*Promoting Industrial Energy Efficiency*)

País	Socio técnico	Socio empresarial
Austria	Consultoría e Investigación medioambiental, S.A.	Cámara de Comercio de Estiria
Bulgaria	Agencia regional de la Energía de Pazardjik	Asociación para el desarrollo económico de empresas comerciales e industriales
Chipre	Stratagem Energy Ltd	Cámara de Comercio e Industria de Limassol
Italia	Parque Científico AREA de Trieste	Confederación Italiana de pequeñas y medianas empresas
Rumania	IPASA	Asociación rumana de fabricantes de materiales de construcción
Eslovaquia	Universidad Técnica de Kosice - Facultad de Ingeniería Civil	Cámara de Comercio e Industria de Eslovaquia - Cámara regional de Presov
España	Centro de Investigación de Recursos y Consumos energéticos	Consejo Aragonés de Cámaras de Comercio e Industria

Fuente: PINE, consultado en línea, mayo 2015, disponible en: <http://www.pineaudit.eu/es/about-us.aspx>

¹ Consultado en línea, mayo 2015, http://www.motiva.fi/en/areas_of_operation/energy_auditing/mee-supported_energy_auditing/auditor_training

² Fuente: *Institute for Industrial Productivity - Industrial Efficiency Policy Database*, Consultado en línea, mayo de 2015, disponible en <http://iepd.iipnetwork.org/policy/energy-audit-programme>

En todos los países hay diferentes tipos de programas de formación:

- ✓ **Rumania:** Hay diferentes agencias regionales que promueven cursos, como la Agencia de Eficiencia Energética y Energía Renovable de Ploiesti y la Agencia de Brasov para la Gestión de la Energía y el Medio Ambiente. A nivel nacional, es el Departamento de Eficiencia Energética, dependiente de la Autoridad Rumana de Regulación Energética (ANRE, por sus siglas en rumano), quien tiene a su cargo la elaboración y coordinación de los programas de formación y autorización de auditores energéticos y de gestores de energía. De acuerdo con la legislación secundaria en materia de eficiencia energética, los auditores energéticos que estén autorizados en la Unión Europea o en el área económica europea lo estarán en Rumania, previa entrevista en la que prueben su conocimiento acerca de la legislación Rumana en la materia. Los requisitos que se solicitan son:
 - Copia certificada de la autorización del país miembro, traducida y certificada legalmente
 - Referencias de haberse desempeñado como auditor los tres años anteriores
 - Lista del equipo de medición que poseen los auditores y que servirá para el desempeño de sus actividades

Cabe mencionar que el esquema regulatorio de Rumania contempla la certificación de gestores de energía y la autorización de auditores energéticos. Para los auditores se tiene contemplado dos tipos de autorización:

- Individual Clase I, puede realizar auditorías en sistemas eléctricos, térmicos o ambas.
- Persona Legal (al menos 3 auditores energéticos empleados) Clase I o Clase II, puede realizar auditorías en sistemas eléctricos, térmicos o ambas.

Hasta 2013, Rumania tenía autorizados 70 auditores energéticos individuales y 19 personas legales. Con el fin de obtener la autorización como auditores de energía, las personas físicas tienen que obtener el certificado de que fueron entrenados en el desarrollo y análisis de las auditorías energéticas. Hay 10 universidades que tienen un acuerdo con ANRE para organizar estos cursos. El programa de formación contempla tres módulos:

- Módulo I. Bases de Electro-energéticas / termo-energéticas - 15 horas (5 horas de teoría / 10 de práctica)
- Módulo II. Medidas Eléctricas/no Eléctricas 20 horas (teoría 10 horas / 10 de práctica)
- Módulo III - Desarrollo y análisis de auditorías electro-energéticas / termo-energéticas, 25 horas (teoría 15 horas / 10 de prácticas)

Los cursos se estructuran en 3 módulos, con una duración de 10 horas / módulo. Del total de 60 horas de formación, 30 horas son destinadas a la teoría y 30 horas se asignan a la práctica. La teoría se refiere a la aprobación de la enseñanza a distancia utilizando una plataforma flexible de e-learning, permitiendo que los auditores elijan la institución para la formación. La práctica se refiere a la aprobación del sistema de "capacitación directa" en la sede de la institución en la que los auditores son entrenados en operaciones prácticas, estudios de casos y análisis, etc.

- ✓ **Austria:** La agencia de energía de Austria lleva a cabo la certificación, acreditación y entrenamiento de los auditores energéticos.
- ✓ **Italia:** Hay cursos para auditores de energía. La entidad que los organiza es la Federación Italiana para el Uso Racional de la Energía. a un nivel regional es la Agencia

Nacional de Nuevas Tecnologías, Energía y Desarrollo Económico Sostenible y en la región de Venecia.

- ✓ **España:** Existen diferentes tipos de cursos, así como las posibilidades de financiar algunas de ellas por el Estado. La entidad que ofrece actividades de formación dirigidas a personas empleadas y desempleadas en España es el Instituto Nacional de Empleo, en Aragón esta entidad se llama INAEM. A nivel nacional, la autorización para auditor energético se realiza a través del cumplimiento de una certificación relativa a la obtención de los conocimientos teóricos, considerados necesarios para la realización de las auditorías energéticas, expedida por una entidad acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para certificar personas y disponer de la documentación que así lo acredite.

Para la presente propuesta, resaltan los casos de Rumania y de España, el primero por el esquema de asociación con Universidades para impartir los cursos de acreditación de los auditores, son ellas las que emiten la documentación que avala los conocimientos y habilidades de los auditores y la agencia reguladora publica la lista de expertos avalados. España por su parte, ha optado por la acreditación de auditores usando el esquema de certificación a través de una entidad reconocida e independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta la conformidad de una empresa, producto, proceso, servicio o persona con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas, la norma de referencia se publicó en España en julio de 2015 bajo el nombre UNE-EN 16247-5 Auditorías energéticas, parte 5: Competencia de los auditores energéticos.

1.3 India

El gobierno de la India tiene establecido un examen de certificación nacional para otorgar los certificados de Auditor Energético Certificado y Gestor de Energía Certificado. La Oficina de Eficiencia Energética (BEE, por sus siglas en inglés) es la agencia encargada de esta certificación. El examen establece criterios uniformes para la certificación y asegura que los servicios que serán proporcionados por las personas certificadas cumplan con los requisitos de conocimientos que requiere la industria. En la India las figuras de auditor y gestor de energía tienen diferentes roles y responsabilidades, como se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4. Roles y responsabilidades del Gestor y auditor energético en la India.

Gestor de energía	Auditor de energía
<ul style="list-style-type: none"> • Es un actor clave en la formulación de la política energética de la organización; • Es el líder en el desarrollo del plan de acción de la política de gestión energética; • Desarrolla actividades relacionadas con la administración del uso y consumo de la energía, la ejecución de los proyectos, la capacitación del personal y las necesidades financieras que tienen que ver con la mejora del desempeño energético; • Prepara la información con respecto a la energía consumida y las medidas adoptadas por recomendación del auditor de energía, misma que será entregada a la agencia correspondiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Lleva a cabo la auditoría energética detallada; • Verifica el consumo de energía y establece las líneas base de información energética; • Realiza un balance de materia y energía; • Lleva a cabo una evaluación del desempeño energético tomando como base las normas vigentes y los niveles de consumo de energía; • Identifica y prioriza las medidas de mejora del desempeño energético, tomando en cuenta un análisis técnico y financiero de las alternativas de implementación; • Entrega un informe escrito y da seguimiento a la implementación de las medidas.

Fuente: Elaboración propia con información del BEE

Los requisitos para acceder al proceso de certificación son:

Para gestores de energía deben poseer cualquiera de las siguientes calificaciones:

- Ingeniero graduado (BE/BTech) o equivalente con tres años de experiencia.
- Posgrado en ingeniería (ME/MTech) o equivalente con dos años de experiencia.
- Ingeniero graduado con un posgrado en administración o equivalente con dos años de experiencia.
- Diploma de ingeniero o equivalente con seis años de experiencia.
- Posgrado en física o electrónica o química con tres años de experiencia.

Para auditores energéticos:

- Ingeniero graduado (BE/BTech) o equivalente con tres años de experiencia.
- Posgrado en ingeniería (ME/MTech) o equivalente con dos años de experiencia.
- Ingeniero graduado con posgrado en administración o equivalente con dos años de experiencia.

El examen consta de cuatro secciones:

1. Aspectos generales de gestión de energía y auditorías energéticas (3 horas de duración, 150 puntos máximo).
2. Eficiencia energética en servicios térmicos (3 horas de duración, 150 puntos máximo).
3. Eficiencia energética en servicios eléctricos (3 horas de duración, 150 puntos máximo).
4. Valoración del desempeño energético en equipos y sistemas auxiliares (examen a libro abierto, 3 horas de duración, 100 puntos máximo).

Para obtener el certificado de Gestor de Energía el candidato debe obtener al menos el 50% de los puntos en los tres primeros aspectos; para el certificado de auditor energético el candidato debe obtener al menos 50% de los puntos en los cuatro aspectos. La BEE desarrolló cuatro libros-guía, los cuales son enviados a los candidatos al momento de registrarse en el proceso de certificación. En el anexo 1 se dan más detalles del proceso de certificación. De la información presentada se pueden establecer cuatro diferentes esquemas o mecanismos de acreditación/certificación/autorización de los auditores energéticos:

1. Mediante un curso de autorización impartido por el organismo administrador, con duración de dos a tres días (Finlandia).
2. Mediante un curso impartido por instituciones académicas y avalado por la agencia reguladora de energía, con duración de 60 horas (Rumania).
3. Mediante un examen nacional de competencias (India).
4. Mediante la certificación de competencias, a través de una entidad acreditadora y un estándar de competencia (España).

En todos los casos se solicita como requisito que el auditor tenga, de preferencia, una formación académica sólida en sistemas eléctricos o térmicos y al menos tres años de experiencia realizando auditorías energéticas. Cabe mencionar que todos los casos analizados cuentan con componentes clave que sirven de soporte al programa, tales como plantillas, listas de verificación, modelos software, etc., los cuales proporcionan apoyo al auditor de energía. Considerando esto, el presente trabajo incluye listas de verificación, formatos y un compendio de métodos de evaluación que pueden ser de utilidad para el Programa (véanse los anexos 3 a 5).

2 Esquemas de certificación propuestos

En esta sección se detallan dos propuestas para la autorización de auditores energéticos o consultores en energía, la primera será con base en un estándar de competencias y la segunda a través de cursos de homologación y/o formación de capacidades. En el corto plazo, para reducir al mínimo el costo de la autorización, se recomienda no utilizar un organismo oficial de acreditación (como la Entidad Mexicana de Acreditación, EMA), en lugar de ello, se recomienda la aprobación mediante la participación en un curso y una evaluación al término del mismo. Este instrumento le da la oportunidad al Agente Administrador el poder actuar cuando las auditorías no cumplan con los requisitos mínimos de calidad. En el mediano plazo, se sugiere considerar la formación de nuevos consultores a través de un curso de mayor duración (un diplomado, por ejemplo) o al obtener la certificación de competencias laborales.

2.1 Certificación por competencias laborales

La certificación de competencia laboral es el reconocimiento formal de los conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes adquiridos por un individuo mediante diferentes procesos, demostrando éstos en el desempeño de una función productiva, conforme a una Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL). En general, la certificación de la competencia laboral es voluntaria, dependiendo del interés del trabajador por obtener un documento que reconozca sus conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes. En México, el Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laborales (CONOCER) coordina el Sistema Nacional de Competencias (SNC), que desarrolla estándares de competencia y determina mecanismos de evaluación y certificación mediante comités sectoriales. Los certificados de competencia laboral tienen validez en todo el país, al tener como base para su expedición las Normas Técnicas de Competencia Laboral con carácter nacional. El SNC está integrado por el sistema de normalización, el sistema de certificación, el sistema de formación y capacitación y el sistema de evaluación. En el sector energía, en 2012 se creó el Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable (ER) y Eficiencia Energética (EE), dentro del CONOCER. En el anexo 2 se dan más detalles acerca de este mecanismo.

2.1.1 Ventajas y desventajas de la certificación de competencias

Ventajas

- El tipo de reconocimiento exigido al profesional para asegurar su competencia evoluciona con la madurez del mercado
- Aval y acreditación a nivel internacional: movilidad geográfica
- Garantía de cualificación de los profesionales ante el cliente
- Seguridad laboral en la contratación de los profesionales: confianza en las competencias de los profesionales

Desventajas

- Únicamente el 35% de la población económicamente activa ha tomado algún curso de capacitación relacionado con su trabajo, principalmente en áreas de servicios, administración, contabilidad, producción industrial, comercialización, tecnologías de la información, comunicaciones y electrónica, seguridad y desarrollo personal, y sólo el 1.5% se ha certificado en base a NTCL.
- Falta de reconocimiento y valoración de las competencias laborales.

- Carencia de programas de capacitación que desarrollen competencias basadas en NTCL.
- Desvinculación entre la formación para el trabajo y las necesidades de personal competente en el ámbito laboral.
- Ausencia de programas para el desarrollo de capital humano.

El mayor reto de los estándares de competencia radica en la falta de reconocimiento y valoración de este esquema, en México se tiene la creencia de que los estándares de competencia son necesarios solamente para asegurar la calidad de actividades rutinarias (como la instalación o mantenimiento de equipo) y que no involucran un nivel profundo de conocimientos técnicos, de administración de proyectos o de consultoría a empresas. Para superar esta barrera se recomienda llevar a cabo campañas de sensibilización y de presentación de los beneficios de los estándares de competencia, dirigidas tanto a los auditores energéticos como a las PyME, esta labor puede coordinarse entre el CONOCER, el Comité de Gestión por Competencias y el agente administrador del programa. Asimismo, podría ser conveniente que, una vez que se cuente con el estándar, el Programa de auditorías energéticas para PyME solicite a los auditores, como requisito de participación y permanencia dentro del programa, la certificación en dicho estándar.

2.1.2 Consideraciones para redactar el estándar de competencia

Dada la experiencia observada en la elaboración e implementación de otros estándares de competencia, en la cual el tiempo invertido para poner en funcionamiento el esquema es cercano a 20 meses (cómo se verá más adelante), se recomienda que este mecanismo se utilice como una opción para la renovación de la autorización de auditores energéticos que hayan ingresado al programa a través de un mecanismo más ágil, como lo es un curso de homologación de conocimientos y habilidades, y/o para la autorización, en el mediano plazo, de nuevos consultores en energía.

2.1.2.1 Grupo técnico

El estándar se desarrollaría dentro del Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable (ER) y Eficiencia Energética (EE). Este Comité ya cuenta con varios grupos de expertos técnicos, los cuales desarrollaron los estándares ya publicados, por lo que resulta natural convocarlos para la redacción de este estándar, entre otras instituciones podrían participar las siguientes:

- Cámara Mexicana – Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA).
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación – Consejo Químico.
- Cámara Nacional de Empresas de Consultoría (CNEC).
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción (AMERIC).
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo).
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).
- Ingeniería Energética Integral (IEI).
- Ingeniería en Construcción y Soluciones Ambientales, S.A. de C.V. (ICSA).
- Grupo Ergon Plus.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) – Facultad de Ingeniería- Instituto de Energías Renovables.
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) – Facultad de Ingeniería.

- Secretaría de Energía (SENER).

Asimismo, se sugiere invitar, entre otras, a las siguientes instituciones:

- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Iberoamericana
- COMPITE
- Banamex
- Nacional Financiera Banca de Desarrollo
- Cenapyme (Centro Nacional de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa) de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM
- Careintra
- Caintra
- Canirac
- Canainpa
- Cámara de la industria y el vestido
- Asociación de hoteles y moteles
- Asociación de Industriales del Valle de México
- Semarnat
- Profepa
- Secretaría del Medio Ambiente del D. F.
- Instituto del Emprendedor
- Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Jalisco

2.1.2.2 Aspectos a calificar

Para integrar los aspectos a calificar pueden considerarse los principios del auditor energético que indica la norma ISO 50002, Auditorías Energéticas:

Competencia³

El auditor de energía debe tener un conocimiento adecuado para el tipo de trabajo que realizará, de acuerdo con el alcance, los límites y el objeto a auditar acordados. La competencia puede demostrarse a través de:

- a. la educación y / o formación adecuada;*
- b. las experiencias y habilidades técnicas, gerenciales y profesionales pertinentes;*
- c. la familiaridad con las regulaciones apropiadas;*
- d. la familiaridad con los usos de la energía a auditar;*
- e. el conocimiento de los requisitos de la norma internacional;*
- f. (para el miembro del equipo designado como auditor de energía líder) que tiene los conocimientos necesarios para gestionar y liderar al equipo de auditoría energética.*

Las calificaciones y la formación educacional deben considerar las directrices y recomendaciones locales o nacionales.

³ En el anexo 4.1 de la norma se cita: Competencia: El auditor de energía debe tener un conocimiento adecuado para el tipo de trabajo que realizará, de acuerdo con el alcance, los límites y el objeto a auditar acordados. La educación y el entrenamiento apropiados pueden incluir calificaciones profesionales en campos de relevancia técnica o cuantitativa. El grado de experiencia técnica o gerencial y las habilidades requeridas deberán incrementarse de acuerdo con los niveles de la auditoría energética, debido a la necesidad de poseer conocimientos de procesos específicos; así como la necesidad de identificar las mejoras al desempeño que puedan ser implementadas por la organización auditada. Ejemplo: Un ingeniero mecánico con experiencia en auditorías y optimización de calderas en edificios comerciales puede no tener el conocimiento necesario para auditar una caldera de una termoeléctrica.

Confidencialidad

El auditor de energía ejercerá discreción en el uso y protección de la información adquirida en el ejercicio de sus funciones. La información de la auditoría energética no se utilizará indebidamente para beneficio personal por el auditor de la energía o de la organización, o de una manera perjudicial para el interés legítimo de la organización. Este concepto incluye el manejo adecuado de la información sensible o confidencial.

Objetividad

El auditor de energía actuará independientemente y de manera imparcial. Identificará y dará a conocer a la organización, en el momento oportuno, los conflictos de interés, ya sean personales, financieros o de otro tipo.

NOTA: Un conflicto de intereses se produce cuando un individuo u organización está involucrada en múltiples intereses, algunos de los cuales, posiblemente, podría corromper la motivación de un acto en el otro.

Si la organización tiene la intención de llevar a cabo una auditoría energética usando personal interno, puede que no sea posible que el auditor (s) de energía sea totalmente independiente del objeto auditado (s), pero debe hacerse todo lo posible para eliminar los prejuicios y fomentar la objetividad. Para redactar las actividades que debe realizar el auditor energético se recomienda tomar en cuenta el proceso de auditoría. De acuerdo con la ISO 50002, este proceso se integra por:

- a. Planeación de la auditoría energética;
- b. Reunión de inicio y plan de medición;
- c. Recopilación de datos;
- d. Trabajo en sitio;
- e. Análisis;
- f. Reporte, y
- g. Reunión de cierre.

También pueden considerarse otros aspectos, tales como:

Conocimientos y habilidades en:

- Marco de referencia reglamentario y normativo
- Sistemas energéticos
- Sistemas de generación de energía
- Métodos de análisis (por ejemplo: Análisis *Pinch*, diagramas de *Sankey*, análisis de regresión, suma acumulada, estudios comparativos)
- Desempeño energético
- Evaluación económica

2.1.2.3 Propuesta de entidades de certificación y evaluación

Actualmente el FIDE y CAMEXA cuentan con la acreditación como Centros de Evaluación-Certificación para los estándares de energía publicados, en especial el de Gestor energético, por lo que pueden ampliar sus servicios con este nuevo estándar. Así mismo, se sugiere, a largo plazo, considerar introducir el estándar en el mercado a través de los Institutos Tecnológicos u otra institución educativa de nivel superior interesada.

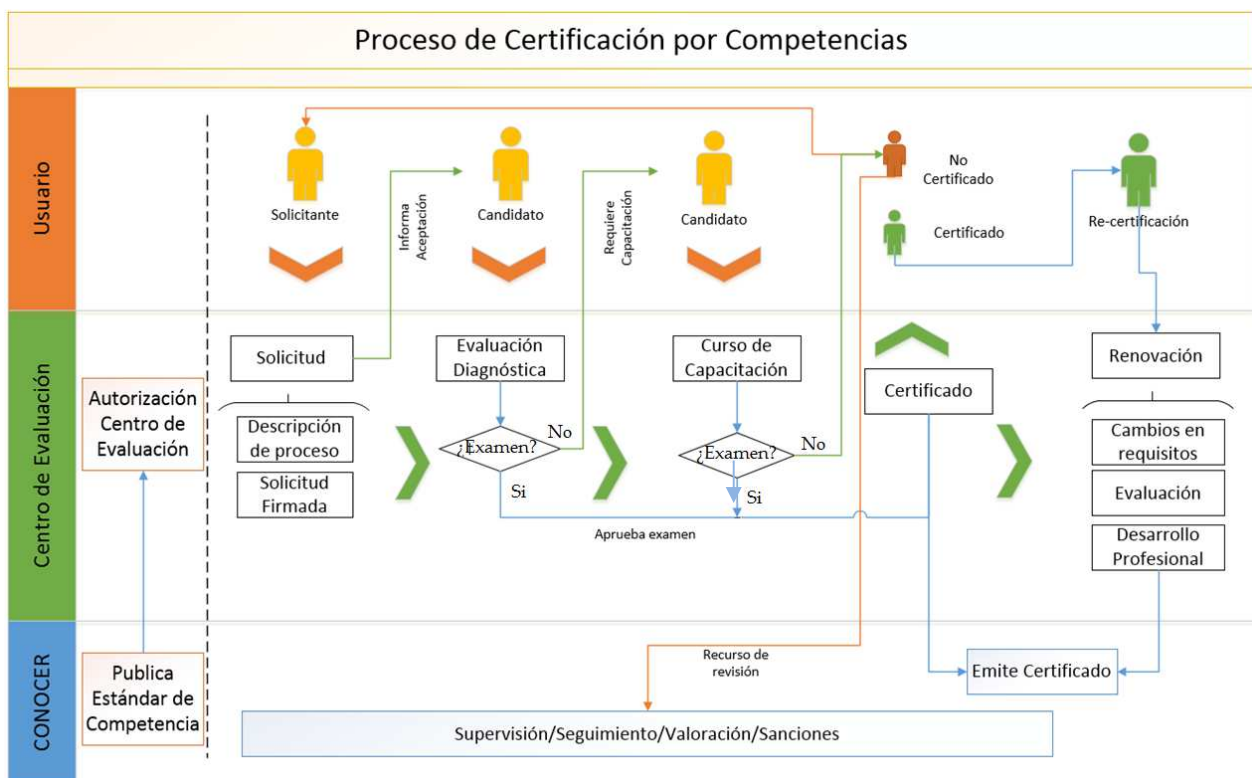
2.1.2.4 Modelo de certificación

La certificación de competencias reconoce el saber, el saber ser y el saber hacer de una persona independientemente de la forma en que haya adquirido esos saberes. El certificado de competencia es un documento oficial donde se acredita a una persona como competente de acuerdo a lo establecido en un estándar de competencia, es expedido por la Secretaría de Educación Pública del Gobierno Federal en el cual se asegura que el desempeño de una persona se ajusta a lo que requieren las empresas o instituciones. El proceso de evaluación con fines de certificación incluye los siguientes pasos:

- o La persona interesada acude a un Centro de Evaluación donde demuestra mediante su desempeño, productos y comportamiento que sabe hacer dicha función conforme a un Estándar de Competencia. Se recomienda que el aspirante realice una evaluación diagnóstica para detectar que efectivamente cubre los requisitos de conocimientos que se solicitan en el estándar.
- o La evaluación para certificar la competencia se realiza en una situación real de trabajo o bien dependiendo de las características de la función puede ser una situación laboral simulada.
- o El evaluador integrará un portafolio de evidencia y lo enviará al Organismo Certificador (OC) o a la Entidad de Certificación y Evaluación (ECE) con el cual trabaja. Aquí se revisará que el proceso cumplió con la calidad requerida y se dictaminará si la persona es competente o todavía no en esa función.
- o Si resulta competente se enviarán sus datos al CONOCER para que emita el certificado de competencia laboral.

El modelo propuesto para el programa se muestra en la figura 1.

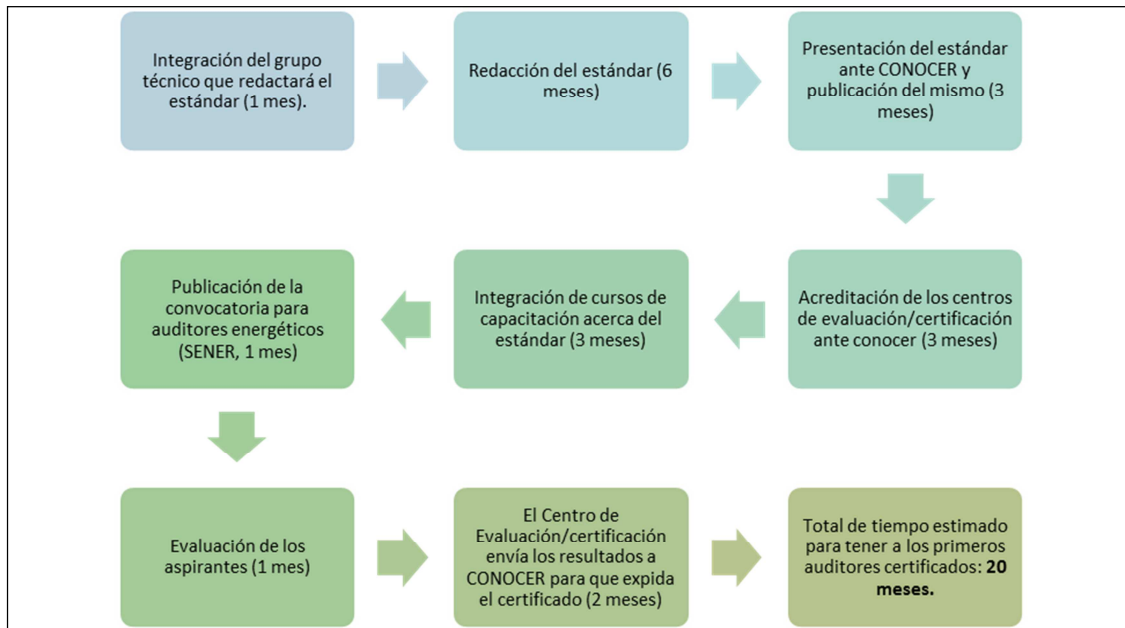
Figura 1. Modelo de certificación por competencias



Fuente: Elaboración propia

Conviene hacer la puntualización de los tiempos necesarios, desde que se forma el grupo técnico, hasta que un aspirante puede obtener su certificado, estos pueden llevar más de año y medio, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Tiempos estimados para obtener un certificado como auditor energético por competencias laborales



Fuente: Elaboración propia con base en la experiencia de la elaboración del estándar de gestión de la eficiencia energética en la organización y estimados para el proceso convocatoria y evaluación de los auditores.

También habrá que considerar los costos del proceso de evaluación y certificación, los cuales son variables dependiendo del Centro de Evaluación al que se acuda, así como los costos del CONOCER, derivados de los servicios para expedir el Certificado.

2.2 Certificación a través de conocimientos adquiridos (cursos de capacitación y experiencia)

Para la acreditación como auditor energético participante en el Programa, el aspirante deberá estar en posesión de una calificación técnica adecuada. La calificación técnica se considerará acreditada mediante la superación de un curso de capacitación específico sobre auditorías energéticas. Este curso podrá ser impartido, ya sea por un consultor que considere la Secretaría de Energía o mediante una institución académica. El hacerlo a través de un consultor tiene la ventaja de ser más ágil en su implementación, en comparación con la impartición a través de instituciones académicas, ya que esto involucra firma de convenios de colaboración y compromisos de trabajo lo cual conlleva más tiempo. Esta propuesta considera a la Secretaría de Energía como líder del Programa de acreditación de auditores energéticos, por lo que deberá emitir las convocatorias para la apertura de los cursos de capacitación y evaluación de los mismos. En los siguientes apartados se enlistan las características deseables y el perfil, tanto de las entidades académicas como de los aspirantes a la acreditación como auditor energético.

2.2.1 Perfil deseable de las entidades académicas

Se recomienda realizar el desarrollo de capacidades a través del aprovechamiento de la infraestructura ya existente en el país. Las Universidades Tecnológicas y los Institutos Tecnológicos de la SEP pueden ofrecer los servicios de capacitación en la mayoría del territorio nacional; además, en algunas regiones se puede contar con entidades académicas como la UNAM, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad de Guadalajara, la Universidad Iberoamericana, entre otras. El mecanismo de participación puede ser mediante un convenio de colaboración entre la SENER y las entidades académicas participantes. En el anexo 2a se muestra un mapa con los Institutos Tecnológicos existentes en el país que cuentan con carreras de ingeniería mecánica, química, eléctrica o industrial, el cual nos da una idea del alcance que podría tener un convenio de colaboración entre la SENER y estos institutos para llevar a cabo la capacitación para la acreditación de los auditores energéticos.

2.2.2 Responsabilidades de las instituciones académicas y de asistencia técnica participantes en el Programa

1. Definición de los responsables de sus instituciones para el desarrollo e implementación del proyecto.
2. Definición de la(s) persona(s) que participarán en la capacitación y el desarrollo del proyecto.
3. Participación en la capacitación de Auditores Energéticos.
4. Impartición del programa de capacitación
5. Integración e informe de resultados.
6. Participación en las reuniones de evaluación del mecanismo de desarrollo de capacidades y del programa convocadas por la SENER (una cada año).

2.2.3 Perfil de los aspirantes a auditores energéticos

Para el Programa Eco-crédito Empresarial Individualizado pueden considerarse las opciones de capacitación de acuerdo con el perfil académico de los participantes y los años de experiencia que estos poseen, tal como lo hace la Asociación de Ingenieros en Energía (AEE, por sus siglas en inglés). Los interesados deben asistir a uno de los cursos de formación preparatorio, y completar y aprobar el examen de evaluación. Este curso se sugiere que sea de al menos 40 horas. Se sugiere considerar los mismos requisitos que la AEE:

Tabla 5. Requisitos para la certificación como Auditor Energético

Educación	Experiencia
Ingeniería o Arquitectura	3 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones.
Un grado técnico de dos años	5 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones.
Ninguno	10 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relacionadas con la gestión de instalaciones

Fuente: AEE

En caso de que los aspirantes no cubran con los requisitos, podrían considerarse las siguientes opciones:

1. Que el aspirante curse un Diplomado sobre auditorías energéticas, el cual deberá tener una duración de al menos 150 horas y su contenido se sugiere sea consensuado entre las diferentes entidades académicas participantes. Entre los temas a considerar se encuentran los siguientes:
 - a. Normativa y regulación energética
 - b. Diagnósticos energéticos
 - c. Energía eléctrica
 - d. Energía Térmica
 - e. Edificación sostenible
 - f. Evaluación Económica y Financiera de Proyectos

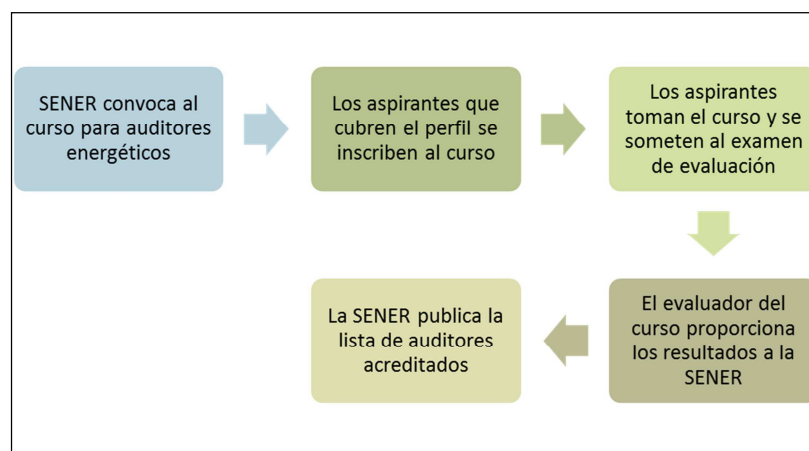
2.2.4 Modelos de acreditación

En esta sección se detallan dos propuestas para implementar un curso de homologación de conocimientos y habilidades de los consultores en energía, la primera de ellas considera a la SENER como responsable de la impartición del curso de acreditación y de la publicación de la lista de auditores (análogo al sistema de autorización que opera en Finlandia), la segunda considera a instituciones académicas como las responsables de la impartición del curso y a la SENER como responsable de la publicación de la lista de auditores (similar al que opera en Rumania).

2.2.4.1 Considerando a la SENER como responsable de la impartición del curso

La SENER hace una convocatoria para integrar la lista de auditores energéticos acreditados para el programa eco-crédito empresarial individualizado. Los aspirantes que cubren el perfil se inscriben al curso. Los capacitadores/facilitadores evalúan el desempeño de los aspirantes y proporcionan los resultados a la SENER. La SENER publica la lista de auditores acreditados (véase la figura 3).

Figura 3. Modelo de acreditación de conocimientos adquiridos, propuesta: a través de SENER



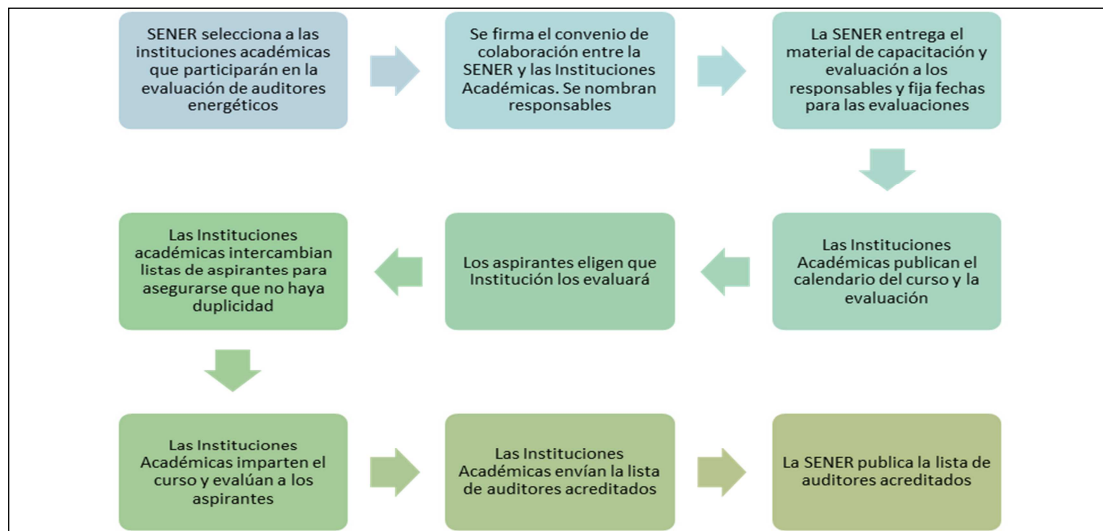
Fuente: Elaboración propia

2.2.4.2 Considerando a las instituciones académicas como responsables de impartir el curso

La SENER hace una selección de las entidades académicas, de acuerdo con el perfil de las mismas; se celebra el convenio de colaboración y se nombra a los responsables del programa de capacitación. La SENER proporciona a estos responsables el material para la acreditación (material del curso y evaluaciones). La SENER publica la lista de instituciones acreditadas para

impartir el curso y para realizar la evaluación de los aspirantes a auditores energéticos, además establece fechas en las que se llevarán a cabo las evaluaciones (por ejemplo, en los meses de marzo y septiembre). Las instituciones publican las fechas de impartición del curso. Los aspirantes que cubren el perfil se inscriben al curso y se someten a la evaluación. Las instituciones académicas proporcionan a la SENER el listado de auditores acreditados. La SENER publica esta lista (véase figura 4).

Figura 4. Modelo de acreditación de conocimientos adquiridos, propuesta: a través de instituciones académicas



Fuente: Elaboración propia

3 Conclusiones y recomendaciones

De la información internacional analizada en materia de acreditación y certificación de especialistas en eficiencia energética, en especial de auditores energéticos se puede ver que hay una coincidencia en el esquema de certificación:

- Se lleva a cabo mediante una convocatoria de una entidad gubernamental, misma que es líder del programa de auditoría energética.
- Las entidades que realizan la acreditación/certificación de los auditores están avaladas por la entidad gubernamental.
- La acreditación/certificación se realiza, ya sea, a través de la asistencia de los aspirantes a un curso especializado, con duración de tres a cinco días, y al finalizar éste, se realiza una evaluación (Finlandia, CEA[®], Australia); o bien a través de un examen de certificación (India, Japón).
- Para participar en el curso y/o la evaluación, los aspirantes deben cubrir un nivel de formación profesional y experiencia
- Las entidades que realizan la acreditación envían los resultados a la entidad gubernamental y ésta hace pública la lista de auditores acreditados/certificados.

En México, la certificación mediante estándares de competencia de personal especializado se enfrenta a diversas barreras, entre ellas se puede mencionar la creencia de que este tipo de certificación sólo avala actividades que requieren pocos conocimientos especializados y que se enfoca más a certificar habilidades que pueden considerarse como oficios (Elaboración de libros mediante el uso de procesadores de hojas de cálculo, Instalación de sistemas de iluminación eficientes, etc.). Otra barrera es el tiempo para que un especialista pueda obtener su certificado, desde que se inicia el proceso de elaboración del certificado hasta que se pone a la disposición de los aspirantes puede pasar un año, a esto hay que sumar el tiempo que le tomará a los centros de evaluación/certificación contar con la infraestructura para poder ofrecer la certificación y, en su caso, los cursos de capacitación (medio año), esto sumaría al menos un año y medio antes de tener disponibles a auditores certificados que puedan participar en el programa. Por estas razones, se sugiere que se tome esta opción para el mediano plazo y que en el corto plazo se opte por acreditar a los auditores a través de un curso y la evaluación al finalizar éste.

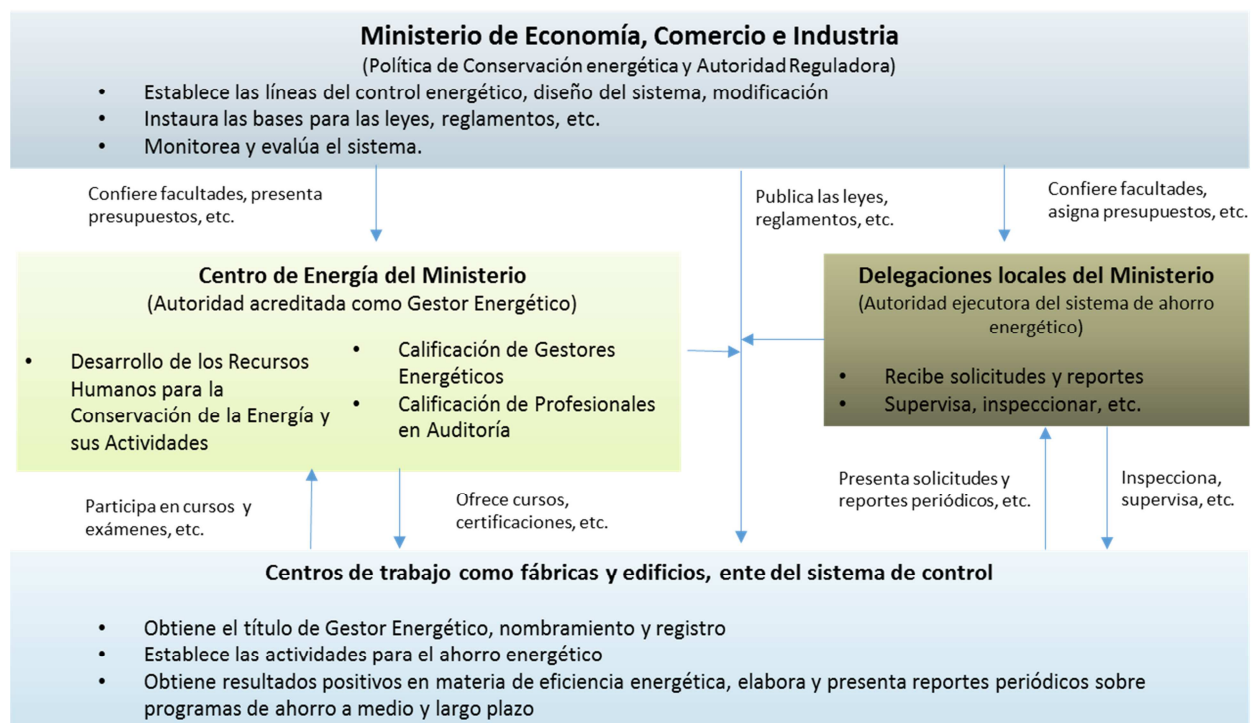
Normalmente, la acreditación/certificación de los especialistas tienen una duración de entre dos y tres años, y los procesos de recertificación/acreditación varían de acuerdo con la institución que emite el certificado, por ejemplo la asociación de ingenieros en energía (AEE, por sus siglas en inglés) solicita que los aspirantes a la recertificación acumulen un total de 10 créditos. Los créditos son obtenidos con la combinación de horas de formación y diferentes actividades. En el caso de Finlandia, los auditores pueden seguir siendo parte del programa siempre y cuando las auditorías y los informes que hayan realizado cumplan con los requisitos de calidad que solicita Motiva Oy. Este último esquema es el que se recomienda para el corto plazo para el programa eco-crédito empresarial individualizado, en el inter se podría implementar el esquema de certificación por competencias, recordando que para este último es necesario desarrollar el estándar de auditor energético, ya que los estándares desarrollados hasta el momento no incluyen las actividades y responsabilidades específicas de este tipo de especialistas.

Anexo 1 Esquemas internacionales de certificación para gestor de energía

Japón

La formulación de la política energética en Japón es conducida bajo la autoridad del Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MECI), éste determina las políticas de ahorro energético y establece leyes, reglamentos, criterios de evaluación y estándares de gestión; además, estipula las actividades anuales de la autoridad inspectora y las empresas designadas. En relación al área de auditoría energética y gestión de energía delega las funciones al Centro de Conservación de Energía de Japón. Éste tiene entre otras actividades la promoción de la conservación de la energía, el desarrollo de los recursos humanos en materia energética, la calificación de gestores energéticos; así como la calificación de los profesionales en auditoría energética, entre otros, (véase la figura 5).

Figura 5. Esquema general del Sistema de Gestión Energética de Japón



Fuente: Elaboración propia con base al Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-J)⁴ y Centro de Conservación de Energía de Japón (ECCJ)⁵

⁴ Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-J) Disponible en: <http://www.meti.go.jp/english/> Consultado el 13 de mayo de 2015.

⁵ Centro de Conservación de Energía de Japón (ECCJ) Disponible en: <http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/> Consultado el 13 de mayo de 2015.

El ECCJ implementa activamente diversos seminarios para desarrollar al personal como auditores profesionales. El Centro ofrece capacitación a través de seminarios técnicos y prácticos. Para los auditores profesionales proporciona dos métodos de certificación:

- El primero es Certificación de Ingeniero Auditor en Conservación de Energía de Edificios. El Centro certifica a personas que puedan implementar de manera adecuada medidas de conservación de energía en edificios como hospitales, hoteles, centros comerciales, etc. Este modelo de certificación está dirigido a los administradores de instalaciones de edificios, proveedores de instalaciones y consultores. El proceso de adquisición es tomando conferencias adecuadas, examen escrito, preparación y presentación de un informe de auditoría.
- La segunda opción es la Certificación de Profesionales de Auditoría Energética, en esta categoría se certifican a profesionales que pueden realizar auditorías energéticas o hacer una gran propuesta de mejora de manera profesional para la gestión de la energía total del lugar de trabajo, dentro de las empresas, etc. Los participantes pueden ser ingenieros de la compañía, ingenieros con conocimiento técnico equivalente a la de gestores energéticos con calificación nacional. El proceso de certificación es a través de un examen específico, la preparación y la presentación de un informe de auditoría.

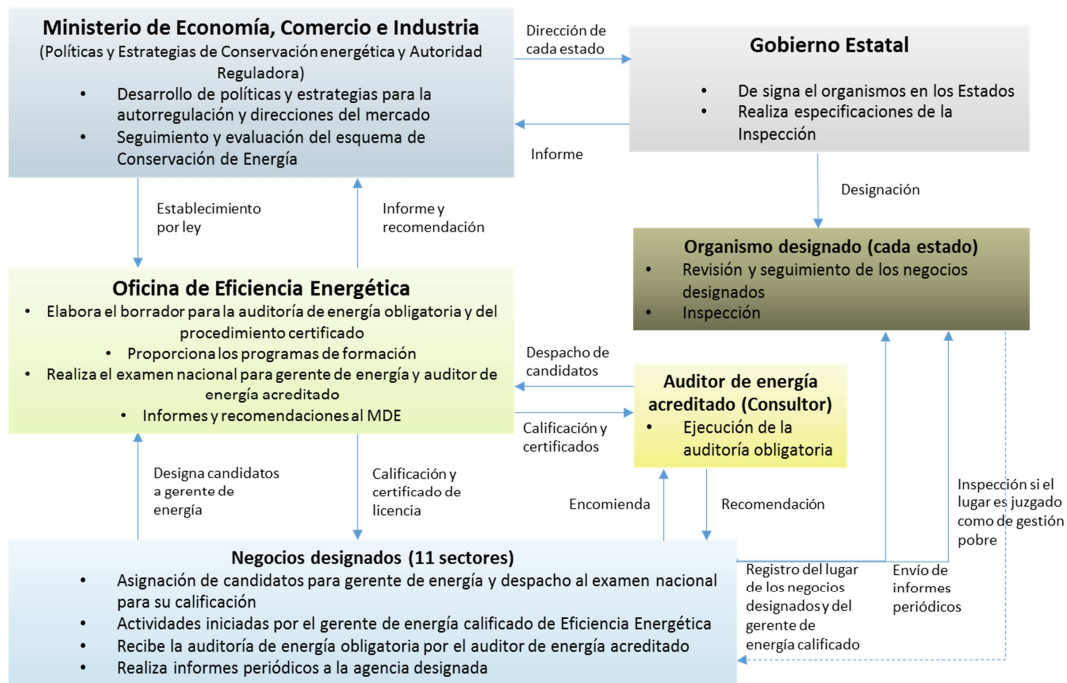
Además, ofrece la certificación en la norma ISO 50001, de Gestión de Energía; el Centro funciona como órgano de registro de auditores, llevando a cabo la aprobación de cursos de capacitación que son implementados por el mismo Centro, además de la evaluación y registro de los auditores.

India

La legislación en la India en materia energética se encuentra a cargo del Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-I), que determina las políticas de ahorro energético y establece leyes y reglamentos entre otros. De acuerdo con la ley de eficiencia energética de 2002, el Gobierno de la India constituyó la Oficina de Eficiencia Energética (BEE), la cual tiene la misión de ayudar en el desarrollo de políticas y estrategias en la autorregulación y mercado, dentro del marco general de la Ley de Conservación de la Energía de 2001, con el objetivo principal de reducir la intensidad energética de la economía de este país. La BEE estableció la auditoría energética obligatoria para empresas altamente consumidoras de energía, ésta se realiza de manera externa a las empresas a través de las organizaciones designadas por cada estado del país. Las empresas seleccionadas tienen que presentar informes periódicos basados en las actividades del gerente de energía así como las recomendaciones que emitieron los auditores externos de energía acreditados (véase la figura 6).

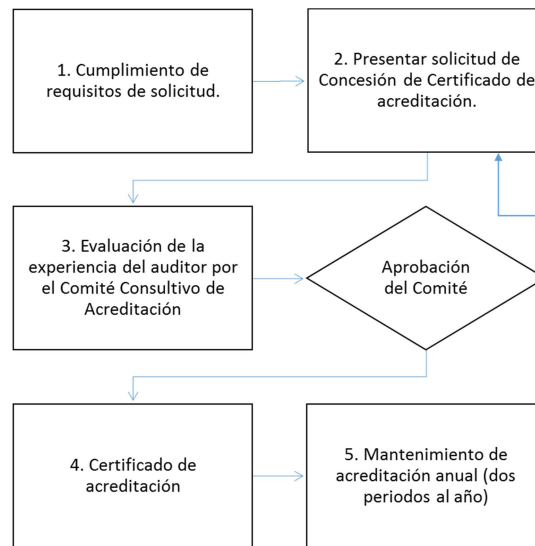
Los requisitos iniciales para los aspirantes a auditores energéticos incluyen combinaciones entre educación y experiencia. Para obtener la acreditación como Auditor de Energía, el aspirante debe ser un gestor de energía certificado por la BEE y aprobar el examen de "Evaluación del desempeño de energía para equipos y sistemas de servicios públicos", contar con cinco años de experiencia en auditorías de energía, 3 de ellos realizados en empresas de alto impacto energético. El certificado de acreditación lo emite la Oficina de Eficiencia Energética (véase la figura 7).

Figura 6. Esquema general del Sistema de Gestión Energética de India



Fuente: Elaboración propia con base al Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-I)⁶ y Oficina de Eficiencia Energética (BEE)⁷

Figura 7. Procedimientos base para la Acreditación de Auditores de Energía y Mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia con base en los lineamientos establecidos por la Oficina de Eficiencia Energética.

⁶ Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-I) Disponible en: <http://commerce.nic.in/MOC/index.asp> Consultado el 13 de mayo de 2015.

⁷ Oficina de Eficiencia Energética (BEE) Disponible en: <http://beeindia.in/index.php/> Consultado el 13 de mayo de 2015.

Australia

El programa de Eficiencia Energética está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente (véase la figura 8). La obligación de presentar una auditoría energética aplica a empresas grandes o altamente consumidoras de energía. Los requisitos para la formación de auditores energéticos están sujetos a la legislación sobre reportes de gases de efecto invernadero y reportes de auditoría (*National Greenhouse and Energy Reporting*, NGER, por sus siglas en inglés). Los auditores deben registrarse en un listado nacional, aquellos que deseen ser parte del listado deben cumplir con los requisitos de elegibilidad detallados en la Ley ambiental (NGER) 2007. La vigencia del registro de auditores es permanente siempre y cuando cumplan con las actualizaciones correspondientes establecidas, o bien hasta que elijan darse de baja. Para obtener la certificación como auditores existen tres categorías:

- En la primera, los solicitantes deben proporcionar pruebas de que tienen conocimiento de la auditoría por un organismo cualificado como Auditor Energético. Si el solicitante no está calificado o certificado para la categoría 1, entonces debe demostrar conocimiento de la auditoría en una de las siguientes dos maneras: finalización con éxito de un curso de formación correspondiente o la participación en al menos cinco auditorías por un total de al menos 700 horas en los últimos cinco años.
- Para la categoría 2, además debe proporcionar evidencia de su conocimiento de la dirección del equipo de auditoría y aseguramiento, a través del curso de formación correspondiente o con el certificado correspondiente.
- Para la Categoría 3 tendrá que estar registrado actualmente como auditor de la categoría 2. Los solicitantes deben tener experiencia como líder del equipo auditor o miembro del equipo en al menos dos auditorías de energía.

Figura 8. Esquema General del Sistema de Gestión Energética de Australia.



Fuente: Departamento del Medio Ambiente⁸ y National Greenhouse and Energy Reporting (NGER)⁹

⁸ Departamento del Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.environment.gov.au/> Consultado el 13 de mayo de 2015.

Chile

En Chile los lineamientos y regulaciones relacionados a EE están a cargo del Ministerio de Energía; la División de Eficiencia Energética es la encargada de promover las políticas públicas en materia de EE. Adicionalmente, tiene a cargo el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE)¹⁰, que tiene como misión consolidar el uso Eficiente de la Energía como una Fuente de energía, contribuyendo al desarrollo energético sustentable de Chile. El PPEE creó la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), cuyos objetivos incluyen el implementar programas y proyectos específicos que impulsen la disminución del consumo energético; además, de realizar la educación y difusión en estos temas¹¹ (véase la figura 9).

Figura 9. Esquema General del Programa de Eficiencia Energética de Chile.



Fuente: Programa País de Eficiencia Energética¹²

La Agencia promueve acciones de capacitación en los distintos ámbitos de EE, estas acciones están coordinadas por la Línea de Desarrollo de Capacitación. Entre los cursos que imparten se encuentran:

- Certified Measurement & Verification Professional (CMVP®)
- Certified Energy Manager (CEM®)

⁹ National Greenhouse and Energy Reporting (NGER). Disponible en: <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/NGER/About-the-National-Greenhouse-and-Energy-Reporting-scheme> Consultado el 13 de mayo de 2015.

¹⁰ El Programa País de Eficiencia Energética fue conformado oficialmente a finales de 2005; sin embargo, con los cambios institucionales a partir de 2010 queda a cargo del Ministerio de Energía.

¹¹ Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) Disponible en: <http://www.acee.cl/> Consultado el 11 de mayo de 2015.

¹² Presentación Programa País de Eficiencia Energética, Disponible en: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/energias_limpias/presentaciones/dia2/3-Cardenas_presentacion.pdf Consultado el 11 de mayo de 2015.

- Cursos de introducción a la medición y verificación.
- Curso de certificación de gestores energéticos (versión semi presencial).

La capacitación está conformada por 4 niveles de profundización: introductorio, gestor, consultor y especialista.¹³ Con el objeto de disponer de información sobre consultores calificados en materia de diagnósticos energéticos, la Agencia estableció el Registro de Consultores. Para poder pertenecer a este registro, los aspirantes deben atender a las convocatorias organizadas por la AChEE (2 veces al año). Éstas están dirigidas a consultores independientes o empresas consultoras cuyas actividades se encuentren relacionadas a las auditorías de EE en el sector industrial o minero. Los requisitos mínimos del consultor son: contar con un título con afinidad a la convocatoria (con mínimo 4 años de estudio); experiencia en la consultoría de EE; además de contar con una certificación internacional como Certified Energy Manager – CEM o European Energy Manager – EUREM.¹⁴

European Energy Manager – EUREM

El Diplomado *European Energy Manager* (EUREM) es un programa de capacitación en eficiencia energética y perfeccionamiento práctico aplicado a la empresa. El programa fue desarrollado a partir del 2003 por ingenieros alemanes expertos en materia energética en conjunto con las Cámaras de Industria y Comercio de Alemania (IHK). Durante los últimos años el Diplomado EUREM ha sido implementado en 25 países de la Unión. El Diplomado tiene como objetivo formar a ejecutivos que desean conocer en qué área de su empresa se puede disminuir el consumo energético de la manera más económica. No tiene como objetivo formar auditores energéticos. Los requisitos para tomar el diplomado son:

- Tener título profesional (no se requiere comprobación)
- Experiencia de trabajo de un mínimo de 3 años (área indiferente, no se requiere comprobación)
- Trabajar actualmente en una empresa ya que necesitan desarrollar un proyecto de título real (no se requiere comprobación)
- Carta de exposición de motivos

Certified Energy Auditor (CEA®)

La Asociación de Ingenieros de Energía (AEE, por sus siglas en inglés) es una red trabajo e información en los campos dinámicos de la ingeniería energética, gestión de la energía, las energías renovables, la generación de energía, servicios de energía y áreas relacionadas. Sus programas de certificación de energía son ampliamente reconocidos, actualmente cuenta con 17,000 membresías de profesionales en 90 países. Con base a la creciente demanda de profesionales cualificados, la acreditación CEA se desarrolla y se añade a la amplia cartera de certificaciones profesionales ofrecidos por la AEE. La certificación CEA identifica a los profesionales que tienen el conocimiento y la experiencia requerida necesaria en el creciente

¹³ Línea de Desarrollo de Capacitación, Disponible en: <http://www.acee.cl/areas/desarrollo-negocios> Consultado el 11 de mayo de 2015.

¹⁴ Registro de consultores, AChEE, disponible en: <http://www.consultoree.cl/> Consultado el 11 de mayo de 2015.

campo de la auditoría energética. Los interesados en obtener el CEA deben asistir a uno de los seminarios de formación preparatorio, además de completar y aprobar el examen CEA. Las áreas de conocimiento a evaluar son: metodología de auditoría energética; instrumentación de la auditoría; herramientas de auditoría; análisis económico; tecnología de sistemas de construcción; iluminación; HVAC; envolvente del edificio; controles; calderas y sistemas de vapor; auditoría del agua; y la revisión de los informes de auditoría. Los postulantes al CEA deberán cumplir con algunos requisitos previos para calificar para el proceso de certificación, los cuales se han diseñado para tener en cuenta la posible diversidad de la educación y la experiencia práctica que un individuo puede tener (véase la tabla 6). La capacitación en Auditoría Energética puede realizarse de forma presencial o en la web. El primero se realiza en 3 días en uno de sus lugares programados; el segundo, es un seminario de 12 horas, distribuidas 6 sesiones de horas.

Tabla 6. Requisitos previos para la Certificación CEA.

Educación	Experiencia
Ingeniería o Arquitectura	3 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones.
Un grado de no ingeniería de cuatro años	4 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones.
Un grado técnico de dos años	5 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones.
Ninguno	10 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relacionadas con la gestión de instalaciones

Nota: Las cartas de referencia y verificación de empleo deberán presentarse

Fuente: AEE, Certified Energy Auditor (CEA)¹⁵

La AEE cuenta además con los certificados *Master's Level Certified Energy Auditor* (CEAM) y el *Energy Auditor in Training* (CEAIT) diseñados también para la profesionalización de la auditoría energética. El CEAM está diseñado para llegar más allá de los reemplazos de equipos típicos y desarrollar un plan que considera áreas adicionales de energía, como la calidad del aire interior, cumplimiento del código, operación y mantenimiento, mitigación de riesgos, puesta en marcha y el grado de inversión detalles. El CEAIT es para profesionales en energía que no cuentan con las credenciales de experiencia necesarios para la certificación CEA, así como para los recién egresados que participen en el programa para adquirir las competencias dentro del esquema de certificación como auditor de energía.

Certified Energy Manager – CEM®.

La Asociación de Ingenieros de Energía (AEE) es una red trabajo e información en los campos dinámicos de la ingeniería energética, gestión de la energía, las energías renovables, la generación de energía, servicios de energía y áreas relacionadas. Sus programas de certificación de energía son ampliamente reconocidos, actualmente cuenta con 17,000 membresías de profesionales en 90 países. La Certificación CEM ha sido ampliamente aceptada y utilizada como una medida de logro profesional en el campo de la gestión de la

¹⁵ Certified Energy Auditor (CEA®), disponible en: <http://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3365> , Consultado el 11 de mayo de 2015.

energía. Se ha ganado el uso de toda la industria como el estándar para la calificación de profesionales de energía que han demostrado un alto nivel de experiencia, competencia, aptitud e idoneidad ética en la profesión de gestión de la energía, tanto en Estados Unidos como en el extranjero. Los requisitos previos para calificar para el proceso de certificación se han diseñado para tener en cuenta la posible diversidad de la educación y la experiencia práctica que un individuo puede tener. El postulante al CEM debe cumplir con criterios combinados entre educación y experiencia (véase la tabla 7).

Tabla 7. Requisitos previos para la Certificación CEM.

Educación	Experiencia
Ingeniería o Arquitectura	3 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.
Licenciatura en Tecnología, las ciencias ambientales, física o ciencias de la tierra	4 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.
Licenciatura en Administración	5 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.
2 años como asociado en gestión de energía	6 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.
2 años como técnico asociado	8 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.
Ninguno	10 años o más de experiencia en gestión energética o ingeniería energética.

Nota: Las cartas de referencia y verificación de empleo deberán presentarse
Fuente: CEM - Certified Energy Manager¹⁶

Todos los candidatos CEM deben asistir a un seminario de formación preparatoria CEM realizada por un proveedor de capacitación aprobado y completo y aprobar en un plazo de cuatro horas un examen a libro abierto escrito que se supervisado por un administrador del examen aprobado. Información sobre las opciones del seminario se proporciona a continuación.

European Energy Manager – EUREM

El Diplomado *European Energy Manager* es un programa de capacitación en eficiencia energética y perfeccionamiento práctico aplicando a la empresa. El programa fue desarrollado a partir del 2003 por ingenieros alemanes expertos en materia energética en conjunto con las Cámaras de Industria y Comercio de Alemania (IHK). El programa se centra en la identificación de puntos claves para el mejoramiento de la eficiencia energética en los procesos, instalaciones y edificaciones de empresas. Tiene como objetivo formar ejecutivos que desean conocer en qué área de su empresa se puede disminuir el consumo energético de la manera más económica. El programa NO pretende formar a consultores de eficiencia energética. Los requisitos para tomar el diploma son:

- Tener título profesional (no se requiere comprobación)
- Experiencia de trabajo de un mínimo de 3 años (área indiferente, no se requiere comprobación)

¹⁶ CEM - Certified Energy Manager, disponible en: <http://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3351#eligibility>, Consultado el 11 de mayo de 2015.

- Trabajar actualmente en una empresa ya que necesitan desarrollar un proyecto de título real (no se requiere comprobación)
- Carta de motivación

Comparación de los procesos de calificación para especialistas en eficiencia energética.

La tabla 8 muestra una comparativa entre los diferentes esquemas de certificación o acreditación mencionados con anterioridad. Estas certificaciones están dirigidas a gerentes de planta y/o de operaciones, jefes de producción, encargados de procesos, ejecutivos de mantenimiento, jefes de administración, encargados de medio ambiente, o bien, consultores especializados en eficiencia energética. El nivel de estudios preponderante para ingresar a estas evaluaciones es ingeniería o licenciatura con afinidad a energía o cuidado ambiental. Pero también existen algunas opciones con nivel técnico, donde se solicita un mayor grado de experiencia en la materia.

Tabla 8. Comparativo requisitos previos para acreditaciones

Ente responsable		Acreditación	Requisitos para la inscripción	Requisitos para la acreditación	Requisitos para mantener la acreditación
Japón	Centro de Conservación de Energía de Japón (ECCJ)	Certificación de Ingeniero Auditor en Conservación de Energía de Edificios	Administradores, proveedores y consultores de instalaciones	Conferencias, examen escrito, preparación y presentación de un informe de auditoría	No disponible
		Certificación de Profesionales de Auditoría Energética	Ingenieros de empresas, ingenieros con conocimiento técnico equivalente a la de gestores energéticos	Examen específico, la preparación y presentación de un informe de auditoría	No disponible
India	Oficina de Eficiencia Energética	Acreditación como Auditor de Energía	Ingeniero graduado (Licenciatura de Ingeniería / Licenciatura en Tecnología) o equivalente	Tres años de experiencia laboral que implica el uso de la energía en la operación, mantenimiento, planificación, etc. Entrenamiento y evaluación.	El mantenimiento de la acreditación es anual, y dispone de dos periodos al año. El mantenimiento del registro se encuentra establecido en la Ley de Conservación de la Energía de 2001 ¹⁷ , donde establece la evaluación del auditor de energía por el comité, de acuerdo con las evaluaciones realizadas en el año y el cumplimiento de la ley. El código de ética tiene un valor primordial para dicha evaluación.
			Ingeniero de postgrado (Máster de Ingeniería / Maestría en Tecnología) o equivalente	Dos años de experiencia laboral que implica el uso de la energía en la operación, mantenimiento, planificación, etc. Entrenamiento y evaluación.	
			Ingeniero graduado con título de postgrado en Gestión o equivalente	Dos años de experiencia laboral que implica el uso de la energía en la operación, mantenimiento, planificación, etc. Entrenamiento y evaluación.	
Australia	Ministerio de Energía	Auditor energético	Licencia eléctrica sin restricciones	Categoría 1: Curso de formación correspondiente o participación en 5 auditorías equivalente a 700 horas en los últimos cinco años.	El mantenimiento del registro se encuentra establecido en la ley <i>National Greenhouse and Energy Reporting Regulations</i> 2008,

¹⁷ La última actualización se encuentra establecida en la Gaceta Extraordinaria del Gobierno de la India del día 31 de marzo de 2010, disponible en: http://www.beeindia.in/about_bee/documents/gazette_notification/notifications/No.2-11%287%29-09%28E-H%29-BEE.pdf, consultado el 12 de mayo de 2015.

Ente responsable		Acreditación	Requisitos para la inscripción	Requisitos para la acreditación	Requisitos para mantener la acreditación
				<p>Categoría 2: Categoría 1 y acreditación en dirección de auditoría y aseguramiento.</p> <p>Categoría 3: Categoría 2 y experiencia como líder del equipo auditor o miembro del equipo en al menos dos auditorías de energía.</p>	<p>División 6.6, donde señala entre otros: cumplimiento del código de conducta, comportamiento profesional, conflicto de intereses, entre otros.</p>
Chile	Programa País de Eficiencia Energética	Auditor energético	Certified Measurement & Verification Professional (CMVP®), o Certified Energy Manager (CEM®)	Atender a las convocatorias organizadas por la AChEE (2 veces al año). Los requisitos mínimos del consultor son: contar con un título con afinidad a la convocatoria (con mínimo 4 años de estudio); experiencia en la consultoría de EE; además de contar con una certificación internacional como Certified Energy Manager – CEM o European Energy Manager – EUREM.	No disponibles
CEA, AEE	Association of Energy Engineers	Certified Energy Auditor (CEA®)	Título de Ingeniería o Arquitectura	3 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones. Entrenamiento y evaluación.	El certificado tiene una validez de 3 años. Para renovar la certificación se requiere un total de 10 créditos. Los créditos son obtenidos con la combinación de horas de formación y diferentes actividades, como son: empleo, membresía profesional, educación continua, conferencias, premios profesionales, publicaciones, o bien, un puesto en el comité directivo de organizaciones no
			Un grado diferente al de ingeniería (cuatro años de formación)	4 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones. Entrenamiento y evaluación.	

Mecanismos de Certificación de conocimientos y habilidades deseables en los consultores que atenderán el proyecto
 Anexo 1. Esquemas internacionales de certificación para gestor de energía

Ente responsable		Acreditación	Requisitos para la inscripción	Requisitos para la acreditación	Requisitos para mantener la acreditación
			Un grado técnico de dos años	5 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relativa a la gestión de instalaciones. Entrenamiento y evaluación.	gubernamentales, relacionadas a energía.
			Ninguno	10 años o más de experiencia en auditoría energética, gestión de la energía, la gestión de instalaciones, o la experiencia relacionadas con la gestión de instalaciones. Entrenamiento y evaluación.	
EUREM	Cámaras de Industria y Comercio de Alemania (IHK)	<i>European Energy Manager – EUREM</i>	Título profesional	Experiencia de trabajo de un mínimo de 3 años (área indiferente, no se requiere comprobación) Trabajar actualmente en una empresa ya que necesitan desarrollar un proyecto de título real (no se requiere comprobación) Aprobación del diplomado	Hasta el día de hoy no cuenta con un sistema de renovación. Es una acreditación con alto reconocimiento en el mercado laboral.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Certificación por competencias laborales

¿Qué es la certificación por competencias laborales?

La certificación de competencia laboral es el reconocimiento formal de los conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes adquiridos por un individuo mediante diferentes procesos, demostrando éstos en el desempeño de una función productiva, conforme a una Norma Técnica de Competencia Laboral (NTCL). En general, la certificación de la competencia laboral es voluntaria, dependiendo del interés del trabajador por obtener un documento que reconozca sus conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes. El Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laborales (CONOCER) coordina el Sistema Nacional de Competencias (SNC), que desarrolla estándares de competencia y determina mecanismos de evaluación y certificación mediante comités sectoriales. Los certificados de competencia laboral tienen validez en todo el país, al tener como base para su expedición las Normas Técnicas de Competencia Laboral con carácter nacional. El SNC está integrado por el sistema de normalización, el sistema de certificación, el sistema de formación y capacitación y el sistema de evaluación. La figura 10 muestra las funciones y los principales actores que intervienen en este sistema:

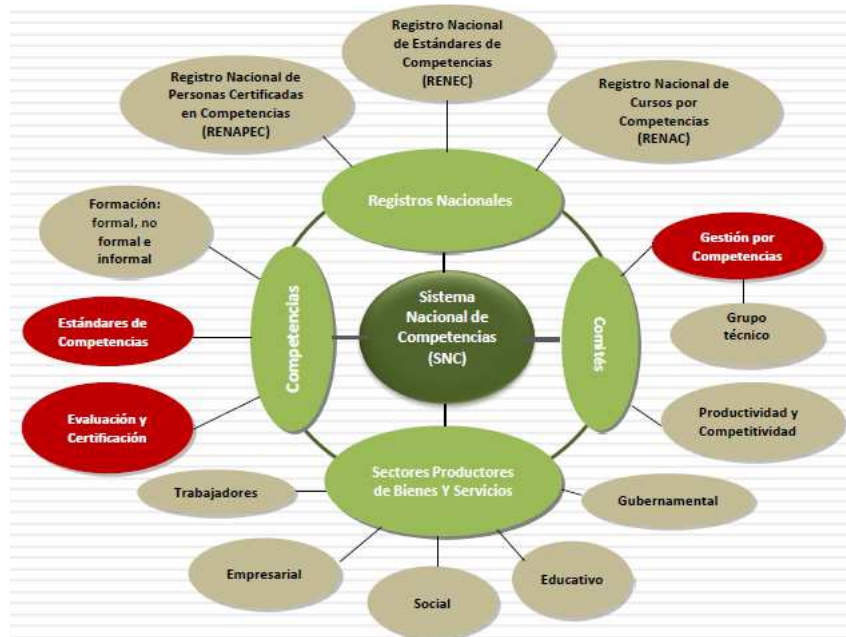
Figura 10. Sistemas que integran el Sistema Nacional de Competencias



Fuente: Elaboración propia con datos del CONOCER.

De acuerdo con el CONOCER, para clasificar los estándares de competencia es necesario identificar el sector económico que se va a beneficiar con la NTCL y de acuerdo con sus características y necesidades integrar el comité correspondiente. Actualmente el CONOCER cuenta con 29 sectores definidos y 87 Comités (uno de ellos se encuentra dedicado a Energía Renovable y Eficiencia Energética). La figura 11 muestra la interrelación de los diferentes actores de este sistema.

Figura 11. Interrelación de los diferentes actores del Sistema Nacional de Competencias



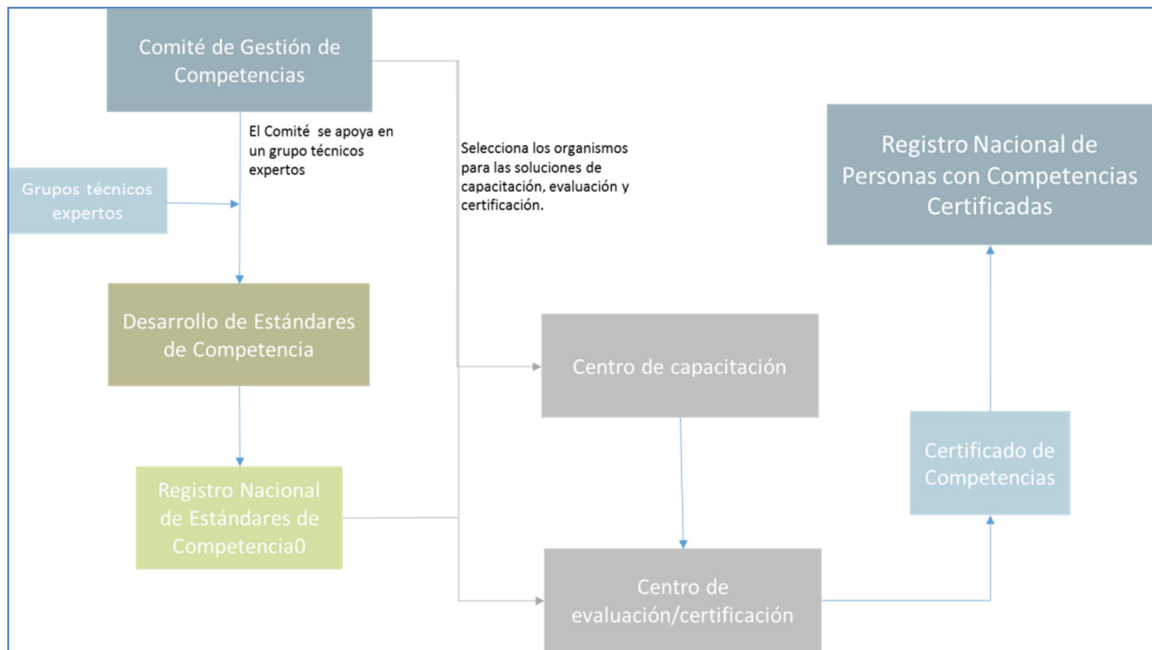
Fuente: Carlos León Hinojosa, CONOCER, noviembre 2014

En el sector energía, en 2012 se creó el Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable (ER) y Eficiencia Energética (EE), dentro del CONOCER. Esta iniciativa es promovida por la Secretaría de Energía (SENER) con el acompañamiento de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ). El objetivo es generar capital humano calificado en ER y EE, mediante el desarrollo de Estándares de Competencia (EC) y la certificación del personal técnico bajo dichos estándares. Los EC buscan además, vincular y orientar la oferta laboral de acuerdo con la demanda. A la fecha el Comité ha desarrollado 3 estándares de competencia en energía renovable y 5 en eficiencia energética:

- Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable
- Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque
- Operación del mantenimiento al sistema energético de inmuebles
- Instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red hasta 10 kW en baja tensión sin respaldo de baterías
- Instalación de sistemas de iluminación eficientes
- Gestión de eficiencia energética en la organización
- Gestión del mantenimiento al sistema energético de inmuebles
- Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda

Para la creación de un estándar de competencia el Comité de Gestión de Competencias se apoya en grupos de expertos técnicos, una vez aprobado el estándar por el Comité, éste se envía al CONOCER para su evaluación y posterior inscripción en el Registro Nacional de Estándares de Competencia. Una vez publicado el estándar el Comité de Gestión de Competencias selecciona a los organismos que brindarán las soluciones de capacitación, evaluación y certificación (véase la figura 12).

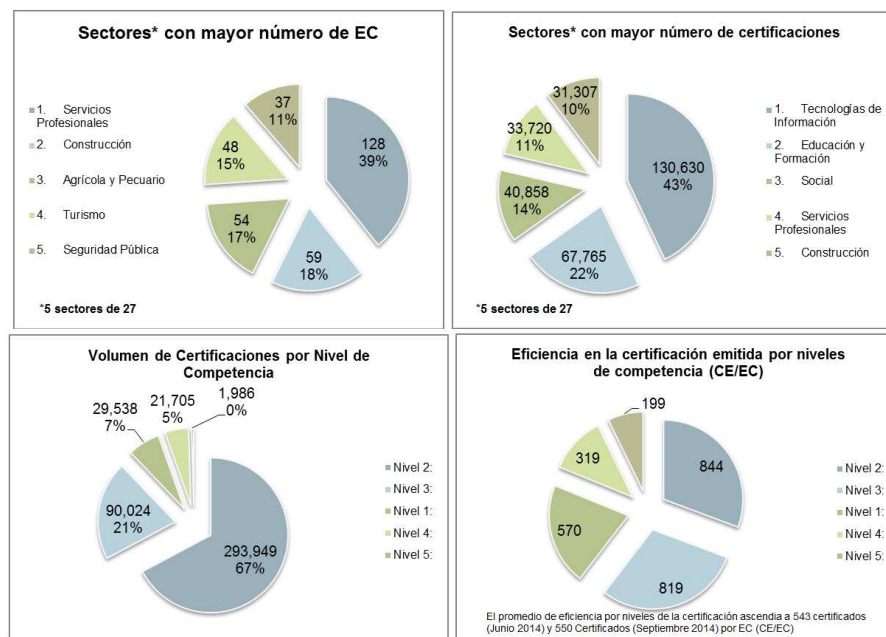
Figura 12. Proceso general de creación de un estándar de competencia



Fuente: Elaboración propia con datos del CONOCER

A septiembre de 2014 había registrados 163 comités de gestión por competencias, 106 en el sector productivo, 23 en administración pública, 21 en el sector educativo, 11 en el sector social y 2 en cultura y artes. En la figura 9 se presentan las principales estadística relacionadas con la formación de capacidades a través de estándares de competencia, a septiembre de 2014 (véase figura 13).

Figura 13. Principales estadísticas en formación de capacidades, septiembre de 2014



Fuente: Elaboración propia con datos del CONOCER.

Niveles de certificación de los estándares de competencia

Los estándares de competencia permiten identificar los conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y comportamientos, que una persona debe tener para realizar una función determinada con un alto nivel de desempeño, y son referentes nacionales para la certificación de competencias de personas. Los estándares de competencia desarrollados por los diferentes Comités de Gestión por Competencias, se encuentran inscritos en el Registro Nacional de Estándares de Competencia, el cual además de ser un instrumento de transferencia del conocimiento, genera señales de mercado al sector educativo, para que éste desarrolle y valide estructuras curriculares en los sistemas formales de educación, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Niveles de estándares de competencia, CONOCER

Nivel del estándar de competencia	Ejemplo del estándar de competencia
<p>1. Competencias operativas, en este nivel las personas son competentes para: Aplicar dominios manuales y de rapidez, frecuentemente repetitivos; usar en forma segura y apropiada herramientas e instrumentos de medición simples. Por lo general tienen poca independencia y están sujetas a recibir instrucciones de trabajo.</p>	<p>Manejo de aplicaciones de información en equipo de cómputo, nivel básico</p>
<p>2. Competencias técnicas, en este nivel las personas son competentes para: Aplicar con mayor precisión conocimientos técnicos sobre insumos, procesos relacionados con el mantenimiento y operación de sistemas de complejidad mediana; resolver problemas utilizando herramientas e instrumentos de medición más complejos; interpretar fórmulas, planos y especificaciones. Por lo general atienden órdenes de trabajo para la solución de problemas específicos y tienen mayor autonomía en su actividad técnica.</p>	<p>Instalación de Sistemas de iluminación eficientes</p>
<p>3. Competencias técnicas especializadas, en este nivel las personas son competentes para: Conducir y/o supervisar; ser responsables de motivar y capacitar a su equipo; realizar actividades técnicas específicas; tener dominio sobre el uso productivo de los insumos; programar presupuestar y coordinar actividades del equipo de trabajo; informar oportunamente sobre resultados, aprovechamientos, mejoras realizadas, necesidades y problemas identificados; proponer soluciones; reportar por lo general a una gerencia o a un cliente específico; cumplir y comprometer metas y resultados específicos.</p>	<p>Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda</p>
<p>4. Competencias profesionales, en este nivel las personas son competentes para: Gestionar procesos de producción de bienes y/o servicios; ser responsables de la planeación, programación, elaboración de presupuestos, ejecución y evaluación de actividades de un área específica dentro de una organización, o de una determinada actividad profesional independiente; aplicar dominios de creatividad para el diseño de productos y/o servicios, en su caso, de nuevas formas de producción y de mejora de los productos o servicios; manejar información estadística y tener la capacidad para investigar y comparar los resultados de su área o actividad profesional en áreas similares de los competidores; establecer sistemas de calidad y mejora continua; alinear los propósitos del área con los propósitos del sistema en su conjunto;</p>	<p>Gestión de eficiencia energética en la organización</p>

Nivel del estándar de competencia	Ejemplo del estándar de competencia
y reportar resultados a la alta gerencia.	
5. Competencias profesionales avanzadas , en este nivel las personas son competentes para: Dirigir una organización o áreas complejas dentro de un sistema complejo; realizar diseños de productos o sistemas complejos, consultorías de procesos o de alta tecnología; tener una visión global y ser capaz de realizar diagnósticos con información multifactorial y en contextos o escenarios cambiantes; ser responsable de los resultados del sistema, de la coordinación y desarrollo de las partes; y actuar con mayor autonomía asumiendo retos personales e institucionales.	Proporcionar servicios de consultoría general

Fuente: Elaboración propia, con información de la página de CONOCER

Anexo 2a. Institutos Tecnológicos existentes en el país

Se sugiere establecer una estrategia de evaluación de aspirantes a auditores energéticos aprovechando la infraestructura de los Institutos Tecnológicos que actualmente ofrecen las carreras de ingeniería eléctrica, mecánica, mecatrónica y química, entre otras, debido a que entre su personal habrá especialistas que estén interesados en llevar a cabo la evaluación, además de aportar una labor de promoción y difusión del programa de acreditación.

Aporte del Instituto

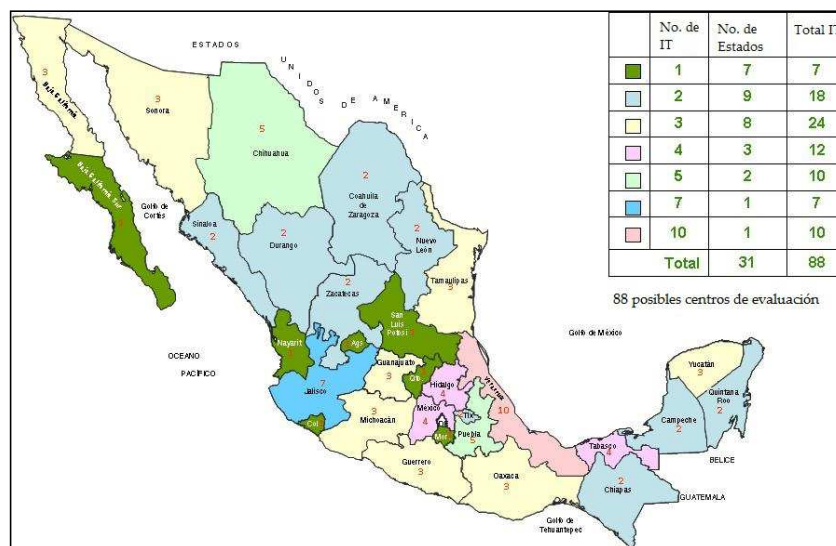
- Conocimiento de la industria mexicana, así como de las necesidades concretas de las empresas con las que trabajan y a las que ayudan a solucionar los problemas técnicos que se les presentan.
- Experiencia y conocimiento en apoyo a la concepción y ejecución de políticas empresariales en materia de uso eficiente de la energía.
- Promoción de la acreditación
- Difusión Tecnológica
- Información.
- Formación.

Capital humano involucrado (mínimo sugerido)

- 1 profesional con experiencia en diagnósticos energéticos (primero y segundo nivel)
- 1 profesional con experiencia en verificación de cumplimiento de normativa energética
- 1 Profesional con experiencia en innovación y desarrollo tecnológico
- 1 Profesional con experiencia en evaluación económica de proyectos de eficiencia energética

La figura 14 muestra la regionalización de los Institutos Tecnológicos.

Figura 14
de los
Tecnológicos



Regionalización
Institutos

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Listas de verificación

A continuación se presentan una serie de listas de verificación (*check lists*) que pueden utilizarse para homologar las actividades de los auditores.

Energía eléctrica

Las listas de verificación son enunciativas, no limitativas. Las tablas A3.1 a A3.7 se refieren a sistemas eléctricos.

Tabla A3 1. Lista de verificación, aire comprimido

No.	Lista de verificación. Aire comprimido	Si	No	NA	ND
1	¿Se usa aire comprimido para limpieza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Se usa aire comprimido para refrigerar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Existen técnicas que puedan reemplazar el uso de aire comprimido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Se usan cilindros neumáticos en un proceso automático para movimientos lineales y/o rotatorios?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Está correctamente cuantificada la demanda de aire?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿El sistema de aire comprimido presenta fugas o sobrepresiones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Existe un programa de eliminación y prevención de fugas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿El sistema tiene una distribución en forma de anillo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿El compresor opera a carga parcial?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Existe tubería innecesaria conectada a la red de distribución de aire comprimido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿El diámetro de las tuberías es el adecuado para el servicio que alimenta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Se tienen controles de temperatura del aire de entrada al compresor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿El aire comprimido que se entrega al sistema está limpio, seco y estable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿El aire comprimido se entrega a la presión adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿El aire comprimido se obtiene a un costo razonable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se utiliza el compresor en forma continua, aun cuando el proceso no lo requiera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Se cuenta con tanque pulmón?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Se ubica la admisión de aire al compresor cerca de fuentes de calor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Hay más de un compresor alimentado al mismo proceso al mismo tiempo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	¿Se utiliza una válvula de estrangulación para modular la capacidad de salida del compresor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	¿Se produce aire a alta presión para alimentar tareas que no lo requieren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	¿Hay instalados compresores de paletas rotatorias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	¿Se cuenta con sistemas para remover la humedad del aire?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	¿El agua de enfriamiento del compresor se descarga al drenaje?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	¿Desconoce si la caída de presión en accesorios y equipo auxiliar es mínima?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	¿Se utilizan boquillas de aire?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	¿Las boquillas de aire operan a su máxima eficiencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	¿Los compresores de aire reciben mantenimiento de manera regular?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	¿Se cuenta con una estación centralizada de aire comprimido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

Tabla A3 2. Lista de verificación, motores eléctricos

No.	Lista de verificación. Motores eléctricos	Si	No	NA	ND
1	¿Se cuenta con un inventario de motores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Está el motor bien dimensionado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Se aprecian diferencias entre las intensidades de las fases mayores al 15%?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Se aprecian ruidos extraños, vibraciones excesivas, calentamientos o un funcionamiento anormal del motor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿La valoración general es que el motor opera correctamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Existen motores de más de 3 kW de potencia en la instalación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Los motores mayores a 3 kW, ¿son de alto rendimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Se emplean motores sobredimensionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Realiza un seguimiento del funcionamiento y consumo de los motores más grandes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	En los motores que funcionan permanentemente a la misma carga, ¿se corrige in situ la potencia reactiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Se realizan operaciones periódicas de comprobación y mantenimiento en los elementos mecánicos de transmisión?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Se ha considerado instalar variadores de frecuencia en los motores que funcionan a varias cargas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	La tensión de alimentación, ¿se encuentra por encima del 105% de la nominal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	La tensión de alimentación, ¿se encuentra por debajo del 95% de la nominal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿La temperatura ambiente a la que trabajan los motores se encuentra por encima de los 40 °C?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se emplean sistemas de arranque, distinto del directo, en los motores más grandes o cargados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Dejan de funcionar los motores que están acoplados a bombas y ventiladores cuando la máquina a la que sirven está parada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Hay instalados motores de eficiencia estándar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Hay instaladas correas de transmisión estándar (correas en V)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	¿Se mantienen encendidos algunos motores operando en vacío?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	¿Se utilizan generadores de flecha para proveer un control de velocidad variable a los equipos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	¿Se utilizan transmisiones de corriente parásita (de Eddy) para controlar la velocidad variable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	¿Hay instalados motores que operan de manera continua a carga parcial?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	¿Se arrancan varios motores al mismo tiempo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	¿Se intercambian motores en el proceso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	¿Se reparan motores sin llevar un registro apropiado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	¿Se ha corregido el factor de potencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	¿Los voltajes en las líneas están balanceados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 3. Lista de verificación, iluminación

No.	Lista de verificación. Iluminación	Si	No	NA	ND
1	¿Cada zona dispone al menos de un sistema de encendido y apagado independiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿El encendido y apagado se realiza desde el cuadro eléctrico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Existen potenciómetros (reguladores) manuales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Algunos circuitos disponen de temporizadores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Algunos circuitos disponen de relojes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Existen detectores de presencia de movimiento en las zonas de uso esporádico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Existen detectores de presencia o movimiento en otras zonas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Existe un sistema de aprovechamiento de luz natural?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Sistema centralizado de gestión?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Existe un plan de mantenimiento del sistema de iluminación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Contempla la limpieza de luminarias con metodología y periodicidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Contempla la limpieza de lámparas con metodología y periodicidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Contempla el remplazo de lámparas con su frecuencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Contempla el mantenimiento de los sistemas de regulación y control existentes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Ha revisado el nivel de iluminación de cada local o espacio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se aprovecha la luz natural?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿El personal apaga las luces cuando sale de un local?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Se aprecia algún local o espacio con bajo nivel de iluminación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Se limpian las lámparas y luminarias todos los años	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	¿Se emplean lámparas incandescentes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	¿Se han observado pantallas y difusores mal instalados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	¿Existe un número suficiente de interruptores por área iluminada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Los locales de uso intermitente, ¿disponen de detectores de presencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	¿El alumbrado exterior permanece apagado siempre que no es necesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	¿Están las paredes, suelos y techos pintados de colores claros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Los locales con techos altos (más de 6 m), ¿tienen tubos fluorescentes o lámparas de descarga?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	¿Las lámparas de descarga son de vapor de mercurio o de vapor de sodio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	¿Las lámparas de incandescencia se sustituyen por lámparas de bajo consumo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	¿El alumbrado está mal distribuido, se producen sombras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	¿Se producen deslumbramientos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	¿Se aprecian parpadeos o efectos estroboscópicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	¿El alumbrado no está bien particionado en circuitos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	¿La reproducción cromática parece adecuada – IRC lámparas correcto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	¿El color de la luz no es adecuado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	¿Las lámparas fluorescentes tienen balastos electromagnéticos instalados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 4. Lista de verificación, climatización

No.	Lista de verificación. Climatización / Aire acondicionado	Si	No	NA	ND
1	¿Se revisa semanalmente el funcionamiento del equipo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Existe un procedimiento de detección de fugas de refrigerante o de agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Está escalonado el funcionamiento de varios equipos en paralelo para condiciones modulares?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Cuando no hay demanda de frío, ¿funcionan continuamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Se encuentran libres los espacios de los difusores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Se revisa con regularidad el correcto funcionamiento de los termostatos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Están separados los espacios climatizados y los no climatizados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Existen fuentes de calor no controladas en los locales acondicionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Existe un programa de limpieza y mantenimiento de conductos y aberturas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se realiza una inspección anual del equipo por algún servicio técnico certificado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Están aisladas todas las tuberías, bridas y válvulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Está fraccionada la potencia del equipo de producción de frío?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Está sobredimensionado el equipo de producción de frío?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Se aprovecha el enfriamiento por ventilación en épocas frías del año?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Se suministra la cantidad adecuada de aire acondicionado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se controlan infiltraciones a los ambientes acondicionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Se ubican los equipos en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Se utiliza una sola unidad de gran capacidad para atender cargas parciales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 5. Lista de verificación, refrigeración

No.	Lista de verificación. Refrigeración	Si	No	NA	ND
1	¿Es el sistema de refrigeración ha sido optimizado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Los compresores de refrigeración se operan de manera manual o semi-manual?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Se opera con succiones de presión bajas con el objeto de mantener la temperatura deseada de almacenamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Se usan reguladores de contrapresión para controlar la presión de succión y dar cabida a gran parte de la carga?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿La presión de carga es mayor a la presión nominal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Se realiza un mantenimiento regular de los compresores y evaporadores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Puede optimizarse el control de descarcha del evaporador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Hay posibilidades de recuperar calor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Se suministra aire frío a los condensadores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se acomodan los productos a refrigerar, dentro de la cámara de refrigeración, de modo que permita la libre circulación del aire entre éstos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Están correctamente instalados los sellos y empaques de puertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Están aisladas las líneas de refrigerante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿La iluminación es la adecuada y está optimizada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Se minimiza el intercambio de aire (cortinas de aire, puertas de cerrado rápido)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿El caudal de aire se alimenta de forma adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se controla la humedad, temperatura y contaminantes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Está correctamente dimensionado el sistema (motores, bombas y unidades de ventilación)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Es adecuada la localización de la unidad del condensador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Hay posibilidad de sustitución tecnológica de los equipos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente elaboración propia

Tabla A3 6. Lista de verificación, bombas y ventiladores

No.	Lista de verificación. Bombas y ventiladores	Si	No	NA	ND
1	¿Se apagan los ventiladores que no son necesarios?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Se aprovechan los sistemas de ventilación natural?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Se ha comprobado que los caudales de ventilación no son excesivos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Está prevista la recirculación del aire?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿La velocidad del aire es excesiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿La ventilación está mal regulada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿El sistema es ruidoso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿La calidad del aire ambiente es mala?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿El sistema es poco fiable (muchas averías)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se cuenta con un programa de mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Se balancea el flujo de aire?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿El sistema cuenta con sensores de temperatura, contaminación y/u ocupación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Están zonificadas las áreas ventiladas y se suministra el aire en forma secuencial, conforme a los niveles de contaminación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Están limpios y balanceados los sistemas de distribución?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Los sistemas de bombeo están correctamente dimensionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se cuenta con un listado de equipos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 7. Lista de verificación, sistema eléctrico general, contabilidad energética

No.	Lista de verificación. Sistema eléctrico general, contabilidad energética	Si	No	NA	ND
1	¿Faltan diagramas unifilares o no se actualizan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Se tiene transformadores operando con baja carga o sobrecargados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Se mantienen funcionando equipos obsoletos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Hay un crecimiento desordenado del sistema eléctrico de la planta como producto de la exigencia del proceso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Se utilizan conductores con muchos años de antigüedad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿No se controla la calidad de la energía en la planta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿El factor de potencia es menor a 0.9?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿El factor de carga es menor a 0.4?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Hay posibilidad de cambiar de tarifa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se registra mensualmente el gasto energético (diésel, gas, electricidad)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Se actualiza regularmente el inventario de equipos/plantas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Se comprueba regularmente el consumo de energía en las áreas funcionales individuales (sistemas de vapor, aire comprimido, iluminación, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Se han establecido referencias con las que comparar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Se analizan regularmente las tendencias de consumo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Se comparan y verifican periódicamente los valores de consumo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Se calculan los costos energéticos en función del consumo de energía útil?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Se han determinado los costos energéticos para las áreas funcionales individuales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Existe algún responsable que compruebe las facturas energéticas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Se efectúan lecturas mensuales de los medidores de energía?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	¿Se comprueba que las lecturas e importes facturados son correctos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	¿Se revisa anualmente el contrato de suministro de energía eléctrica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	¿Se dispone de un medidor de energía reactiva en el equipo de medición eléctrico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	¿Está planeado el consumo en los diferentes periodos tarifarios?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	¿Se controla continuamente el factor de potencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

Energía térmica

Las listas de verificación son enunciativas, no limitativas. Las tablas A3.8 a A3.10 se refieren a sistemas térmicos.

Tabla A3 8. Lista de verificación, calderas

No.	Lista de verificación. Calderas	Si	No	NA	ND
1	¿Exceso de humo negro en la chimenea?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Parpadeo de la flama?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Ruido excesivo en el motor del ventilador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Requemado de pintura en la tapa trasera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Falta de agua en el cristal de nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Fuga de agua en tapa frontal trasera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Presencia de chisporroteo en la flama?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Elevada emisión de NOx, en la chimenea?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿La temperatura de la chimenea es muy alta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Las purgas de la caldera se realizan de manera manual?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Las trampas de vapor funcionan correctamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Se reparan las fugas en las líneas de distribución de vapor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Se efectúa mantenimiento en el aislamiento y accesorios de la línea de vapor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿El sistema de retorno de condensado está abierto a la atmósfera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Los condensados no se recirculan a la caldera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Los ciclos de encendido de la caldera son frecuentes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Se monitorea de forma manual la eficiencia y el desempeño del sistema de vapor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿El caudal de los ventiladores, de tiro inducido y forzado, se controla mediante estrangulamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	¿Hay oportunidades de recuperación de calor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	¿Existen procedimientos para el tratamiento de agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	¿Se monitorea el nivel de sólidos disueltos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 9. Lista de verificación, aislamiento térmico

No.	Lista de verificación. Aislamiento térmico	Si	No	NA	ND
1	¿Las superficies calientes se mantienen por debajo de 60°C?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Los tanques, las tuberías, válvulas y demás accesorios se encuentran aislados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Se observan áreas calientes sin aislamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Hay un programa de mantenimiento / reemplazo para el aislamiento dañado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Se observan goteras en las tuberías cubiertas con aislamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Los tanques y tuberías están pintados o forrados con aluminio de baja emisividad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿El aislamiento tiene el espesor óptimo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Tabla A3 10. Lista de verificación, hornos

No.	Lista de verificación. Hornos	Si	No	NA	ND
1	¿Se percibe radiación hacia el exterior por paredes, techos y pisos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Existe escape de calor en gases de chimenea?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Hay pérdida en combustible no quemado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿El equipo está sobredimensionamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿La combustión del horno es completa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Bajo poder calorífico del combustible?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿La distribución de aire dentro del equipo es adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Hay precalentamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Se operan los hornos a temperaturas superiores a las necesarias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se operan los hornos en forma intermitente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿No se efectúan reparaciones al aislamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿No se utiliza el calor residual?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿El quemador está ajustado de manera apropiada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	¿Las superficies de intercambio de calor están limpias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	¿Los sellos de puertas y las cubiertas están en buenas condiciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	¿Los hornos operen a su máxima capacidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Se de mantenimiento a la instrumentación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿La entrada de aire permite que éste se encuentre lo más seco posible?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Edificación

La lista de verificación de la tabla A3.11 es enunciativa, no limitativa.

Tabla A3 11. Lista de verificación, edificación

No.	Lista de verificación. Edificación	Si	No	NA	ND
1	¿Se observan humedades en paredes o techos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Se cierran puertas / ventanas cuando está encendida la climatización?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Está planificada la revisión periódica de puertas y ventanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Están correctamente selladas puertas y ventanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Existen huecos considerables en los cerramientos de locales climatizados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Funcionan correctamente los cierres de las puertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Están correctamente separados los espacios calentados y no calentados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Está aislada la cubierta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Existen ventanas con doble acristalamiento o con doble ventana?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿Se observan puentes térmicos (sobre todo apoyos de cielorraso, repechos de ventanas, zona de sócalos, voladizos de balcones, apoyos)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	¿Existen fuentes innecesarias de sustancias tóxicas (materiales de construcción, productos para protección de la madera, pinturas)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	¿Existe un programa de mantenimiento de las instalaciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Formatos para recopilar información

Los formatos para recopilar información son herramientas auxiliares que permiten homologar la calidad de los reportes de auditoría, así como optimizar los tiempos de elaboración de los informes. A continuación se presentan formatos para recopilar, según sea el caso, datos de placa y/o datos de operación de los diferentes equipos y sistemas consumidores de energía que se presentan mayormente en las PyME.

Información general

Es importante contar con estos datos, ya que permiten clasificar los consumos de energía de acuerdo con los sectores económicos en los que se encuentran las empresas participantes en el Programa, así como realizar análisis de posicionamiento o *benchmarking*. Las figuras A4.1 a A4.3 muestran los formatos de información general.

Figura A4 1. Formato F1. Información de la empresa

F1. Información de la empresa					
Información General					
1. Datos Generales					
Nombre de la empresa:					
Rama Industrial:					
Productos Principales:					
Año de inicio de actividades:					
2. Ubicación					
	Corporativo y/u oficinas		Planta		
Calle:					
Colonia:					
Localidad:					
Municipio y Estado:					
C.P.:					
Teléfono:					
Email:					
m ² de construcción:					
m ² de terreno:					
Altitud (MSNM):					
3. Tiempo de operación personal					
	Corporativo y/u oficinas		Planta		
Número de empleados:					
Días por semana:					
Número de turnos:					
Régimen de operación:	Continuo:	Por temporada:	Continuo:	Por temporada:	
	Teóricas:	Reales:	Teóricas:	Reales:	
Horas de operación por año:					
4. Información Histórica					
Período	Consumo mensual, kJ	Demanda Elec., kW	Producción A	Producción B	
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
PROM.					
5. Personal responsable del diagnóstico energético					
	Corporativo y/u oficinas		Planta		
Nombre:					
Cargo:					
Teléfono:					
Fax:					
Email:					
Fecha:					

Fuente: elaboración propia

Figura A4 2. Formato F1a. Información anual de consumo de energía

F1a. Información anual de consumo de energía												
Información de consumo de energía												
Nombre de la empresa:												
Área:												
Fecha:												
Responsable de la información:												
Turnos de operación												
Turno	Horario		Días a la semana			Horas / año		Tipo de tarifa eléctrica				
Regimen de operación: Continuo () Por temporada () Temporada de operación:												
Consumos energéticos mensual												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Electricidad	kW											
	\$ por kW											
	kWh											
	\$ por kWh											
	FP											
	\$ por FP											
	FC											
	\$ Total											
Gas natural	m ³											
	\$											
Gas LP	m ³											
	\$											
Diésel	L											
	\$											
Combustoleo	L											
	\$											
Otro	Unidad											
	\$											

Fuente: elaboración propia

Figura A4 3. Formato F1b. Información de producción anual

F1b. Información de producción anual													
Información de producción													
Nombre de la empresa:													
Área:													
Fecha:													
Responsable de la información:													
Turnos de operación													
Turno	Horario			Días a la semana			Horas / año			Tipo de tarifa eléctrica			
Regimen de operación: Continuo () Por temporada () Temporada de operación:													
Consumos energéticos mensual													
Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Principales materias primas													
Principales productos													
Observaciones													

Fuente: elaboración propia

Figura A4 5. Formato F3. Levantamiento de datos de placa, motores eléctricos

F3. Levantamiento de los datos de placa de los motores eléctricos

Información de motores eléctricos																
Nombre de la empresa:																
Área:																
Fecha:																
Responsable de la información:																
No. Ref.	Aplicación	Datos de Placa									Veces rebobinado	Años de uso	Principales fallas	Horario de uso		Horas de uso al mes
		Marca	Velocidad r.p.m.	Tipo de carcasa	Voltaje V	Amperaje A	Potencia HP	FP %	Eficiencia %	F. S.				Inicio	Apagado	

Fuente: elaboración propia

Figura A4 6. F3a. Registro de las mediciones eléctricas en motores

F3a. Registro de las mediciones eléctricas en motores

Información de motores eléctricos (medición)																		
Nombre de la empresa:																		
Área:																		
Fecha:																		
Hora:																		
Responsable de la información:																		
No. Ref.	Aplicación	Medición												Equipo accionado	Tipo o modelo	Capacidad	Años de uso	Comentarios
		Marca	Tipo de carcasa	Velocidad r.p.m.	Voltaje V			Corriente A			FP fracción							
					A	B	C	A	B	C	A	B	C					

Fuente: elaboración propia

Figura A4 8. Formato F4 levantamiento de datos de placa, bombas

F4 Levantamiento de los datos de placa del equipo de bombeo

Información sistema de bombeo																
Nombre de la empresa:																
Área:																
Fecha:																
Responsable de la información:																
Sistema de bombeo																
ID	Apicación	Esquema	Antigüedad (años)	Marca	Modelo	Tipo	Tamaño	No. de serie	Presión máxima (bar)	HP	Caudal (m ³ /s)	Presión (bar)	Carga (m)	RPM	Horas de uso/año	Motor
																ID
																Tipo
																Antigüedad (años)
																HP
																V
																A
																RPM
																Ef.
																No. Reembobinado
																ID
																Tipo
																Antigüedad (años)
																HP
																V
																A
																RPM
																Ef.
																No. Reembobinado
Observaciones																

Fuente: elaboración propia

Figura A4 9. Formato F4a Levantamiento de datos operativos, sistema de bombeo

F4a Levantamiento de datos operativos del sistema de bombeo

Información sistema de bombeo					
Nombre de la empresa:					
Área:					
Fecha:					
Responsable de la información:					
ID		Aplicación			
Características del fluido					
Fluido:	_____	Temp. _____ °C	Peso específico:	_____ kg/m ³	
Observaciones: _____					
Diagrama esquemático					
Mediciones hidráulicas					
Niveles:					
Nivel de depósito de succión (A): _____ m.		Longitud de tubería en succión (B): _____ m.			
Distancia descarga a manómetro (C): _____ m.		Altura manómetro de descarga (D): _____ m.			
	Diámetro (m)	Material	Presion (bar)	Gastos (\$)	Vel. (m/s)
Solución					
Descargas					
Mediciones eléctricas					
Tipo			RPM		
HP			h/año		
V					
OBSERVACIONES:					

Fuente: elaboración propia

Figura A4 10. Formato F5 Levantamiento de datos de placa, compresores

F5 Levantamiento de datos de placa de compresores

Información de compresores													
Nombre de la empresa:													
Área:													
Fecha:													
Responsable de la información:													
Compresor					Motor					Datos de diseño		Operación	
ID	Tipo	Marca	Modelo	Antigüedad (años)	Capacidad (HP)	V (Volts)	I (Amparaje)	Potencia (Watts)	RPM	Caudal (m³/s)	Presión (bar)	Descripción	h/año
OBSERVACIONES:													

Fuente: elaboración propia

Figura A4 11. Formato F5a Levantamiento de datos de operación, compresores

F5a Levantamiento de datos de operación de compresores

Información de compresores																				
Nombre de la empresa:																				
Área:																				
Fecha:																				
Responsable de la información:																				
Compresor					Motor					Aire de succión		Aire ambiente		Aire de descarga						
ID	Tipo	Marca	Modelo	Flujo (m ³ /h)	Capacidad (HP)	V (Volts)	Año	Factor de carga (%)	Eficiencia η	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)	Flujo (m ³ /h)	Presión (bar)	No. de etapas de compresión	Eficiencia isentrópica η	Potencia eléctrica demandada (kW)	Factor de coincidencia (%)	
OBSERVACIONES:																				

Fuente: elaboración propia

Figura A4 12. Formato F5b Levantamiento de datos, fugas de aire comprimido

F5b Levantamiento de datos de fugas de aire comprimido

Información de fugas de aire comprimido												
Nombre de la empresa:												
Área:												
Fecha:												
Responsable de la información:												
Compresor					Linea							
ID	Tipo	Marca	Modelo	Flujo (m ³ /h)	Área considerada	Número de fugas	Diámetro (mm)	Presión en la línea (bar)	Caudal de aire (m ³ /h)	Pérdida de potencia (hp)	Horas de producción (h/año)	
OBSERVACIONES:												

Figura A4 13. Formato F6 Levantamiento de datos de placa, ventiladores

F6 Levantamiento de datos de placa y diseño, ventiladores/sopladores

Información de ventiladores/sopladores									
Nombre de la empresa:									
Área:									
Fecha:									
Responsable de la información:									
ID	Voltaje	Amperaje	Potencia	RPM	Marca	Modelo	Operación (h/año)	Caudal de aire (m ³ /s)	Presión estática (bar)
OBSERVACIONES:									

Fuente: elaboración propia

Figura A4 14. Formato F6a Levantamiento de datos de operación, ventiladores

F6a Levantamiento de datos de operación, ventiladores/sopladores

Información de ventiladores/sopladores													
Nombre de la empresa:													
Área:													
Fecha:													
Responsable de la información:													
ID	Temperatura (°C)	Velocidad (RPM)	% de entrada del regulador de tiro	Presión promedio de succión (bar)		Presión promedio de salida (bar)		Promedio de presión diferencial (bar)		Volumen (m ³ /s)	I (amp)	Potencia (kW)	Horas de uso/año
				Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2				
				Lado 1		Lado 1		Lado 1					
				Lado 2		Lado 2		Lado 2					
				Lado 1		Lado 1		Lado 1					
				Lado 2		Lado 2		Lado 2					
				Lado 1		Lado 1		Lado 1					
				Lado 2		Lado 2		Lado 2					
				Lado 1		Lado 1		Lado 1					
				Lado 2		Lado 2		Lado 2					
OBSERVACIONES:													

Fuente: elaboración propia

Figura A4 15. Formato F7 Levantamiento de datos de placa, acondicionamiento de ambiente

Formato 7. Registro de la información de los equipos de acondicionamiento de ambiente

Acondicionamiento de ambiente												
Nombre de la empresa:												
Área:												
Fecha:												
Responsable de la información:												
ID	Tipo	No. de unidades	Capacidad t de refrigeración	Carga (kW)	EER	COP	Tipo de refrigerante	Cantidad de refrigerante (kg)	Horas de operación al mes	Equipo auxiliar	Potencia placa kW	Horas de uso al mes
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		

Tipos: 1. Unidad central; 2. Paquete; 3. Ventana; 4. Aire lavado

Obsevaciones

Fuente: elaboración propia

Figura A4 16. Formato F7a Levantamiento de datos de operación, acondicionamiento de ambiente

Formato 7a Registro de la información de los equipos de acondicionamiento de ambiente

Acondicionamiento de ambiente												
Nombre de la empresa:												
Área:												
Fecha:												
Responsable de la información:												
ID	Evaporador				Compresor	Aire						
	Temperatura del refrigerante a la entrada (°C)	Temperatura del refrigerante a la salida (°C)	Caudal del refrigerante (m ³ /s)	Caída de presión del refrigerante, de la entrada a la salida (bar)	Potencia de entrada (kW)	Área (m ²)	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	HR a la entrada (%)	HR a la salida (%)	
Medición en campo												
	T (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
v (m/s)												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
Observaciones												

Fuente: elaboración propia

Figura A4 17. Formato F8 Levantamiento de datos de placa, refrigeración

Formato 8 Registro de la información de los equipos de refrigeración

Refrigeración												
Nombre de la empresa:												
Área:												
Fecha:												
Responsable de la información:												
ID	Tipo	No. de unidades	Capacidad t de refrigeración	Carga (kW)	EER	COP	Tipo de refrigerante	Cantidad de refrigerante (kg)	Horas de operación al mes	Equipo auxiliar	Potencia placa kW	Horas de uso al mes
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
										Compresor		
										Motor		
										Bomba		
										Otros		
										Total		
Tipos: 1. Unidad central; 2. Paquete; 3. Ventana; 4. Aire lavado												
Observaciones												

Fuente: elaboración propia

Figura A4 23. Formato F10b Levantamiento de datos de eficiencia, calderas

Formato 10b. Registro de la información de calderas, eficiencia de combustión

Información de calderas																
Nombre de la empresa:																
Área:																
Fecha:																
Responsable de la información:																
ID	Ubicación	Hora	Aire ambiente		Combustible		Agua de alimentación		Vapor			Análisis de los gases de combustión				Temp. de sup. de la caldera (°C)
			Temp. Bulbo húmedo (°C)	Temp. Bulbo seco (°C)	Gasto (kg/h)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /h)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /h)	Presión (bar)	Temperatura (°C)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	Temp. (°C)	
Observaciones																

Fuente: elaboración propia

Figura A4 24. Formato F10c Levantamiento de datos, trampas de vapor

Formato 10c Registro de la información de trampas de vapor

Trampas de vapor														
Nombre de la empresa:														
Área:														
Fecha:														
Responsable de la información:														
ID	Ubicación	Familia*	Tipo**	Tamaño	Marca	Modelo	Diámetro de orificio (mm)	Presión del sistema (kg/cm ²)	Temperatura en la trampa (°C)	Valor Máximo de Medición (db)	Tipo de Flujo***	Operación Anual (h)	Comentarios de Operación	Recomendación

* Familias de tramp. MC = Mecánicas; OR = Orificio; TR =Termodinámicas; TS = Termostáticas
 ** Tipos de trampas. Flotador, cubeta (invertida o abierta). Disco, Pistón, Bimetálicas, Diagrama, otras.
 *** C = Continuo; I = Intermitente

Fuente: elaboración propia

Figura A4 25. Formato F11 Levantamiento de datos de placa, hornos

Formato 11 Registro de la información de placa de hornos

Información de horno													
Nombre de la empresa:													
Área:													
Fecha:													
Responsable de la información:													
ID	Ubicación	Año de fabricación	Capacidad nominal	Tipo de horno	Tipo de combustible	Capacidad máxima de flujo de combustible	Eficiencia	Presión de operación (bar)	Temp. de operación (°C)	¿Hay dispositivos de recuperación de calor?	Tipo de tiro	Altura de la chimenea (m)	Horas de operación (h/año)
Observaciones													

Fuente: elaboración propia

Figura A4 28. Formato F13 Levantamiento de datos, intercambio de calor

Formato 13 Registro de la información de intercambiadores de calor

Intercambiadores de calor																		
Nombre de la empresa:																		
Área:																		
Fecha:																		
Responsable de la información:																		
ID	Flujo (kg/h)		Temperatura		Presión		Densidad		Conductividad térmica		PCN		Caída de presión		Relaión de capacidad R	Efectividad S	LMTD (°C)	Coef. Transf. de calor, U (kW/m ² K)
	Fluido caliente (kg/h)	Fluido frío (kg/h)	Fluido caliente (°C)	Fluido frío (°C)	Fluido caliente (bar)	Fluido frío (bar)	Fluido caliente, ρ_h	Fluido frío, ρ_f	Fluido caliente (W/mK)	Fluido frío (W/mK)	Fluido caliente	Fluido frío	Fluido caliente (bar)	Fluido frío (bar)				
Observaciones																		

Anexo 5. Metodologías y ecuaciones de cálculo

Otro componente esencial de un programa de auditoría energética son los métodos de cálculo relacionados con las auditorías energéticas. El objetivo principal es proporcionar ayuda al auditor de energía en la recopilación de datos y más tarde en la cuantificación de los potenciales de eficiencia energética y de los costos de inversión y tiempos de retorno. En este anexo se presentan metodologías y ecuaciones para sistemas eléctricos y térmicos, así como para la edificación.

Sistemas eléctricos

En esta sección se presentan ecuaciones para calcular los ahorros ípor corregir el factor de potencia, eficiencia de motores, bombas, aire comprimido, iluminación y refrigeración/climatización.

- **Ecuaciones relacionadas con el factor de potencia**

1. Obtención del factor de potencia con datos de la factura eléctrica

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{(kWh)^2 + (kVArh)^2}}$$

2. Potencia reactiva requerida para elevar el factor de potencia de FP_1 a FP_2

$$kVAr = kW [tg(\cos^{-1} FP_1) - tg(\cos^{-1} FP_2)]$$

3. Potencia activa

$$P = I \times \sqrt{3} \times V \cos \phi; \cos \phi = FP$$

4. Corrección de potencia reactiva por tensión
 En donde:

V_1 = Voltaje de línea
 V_2 = Voltaje de diseño (banco de capacitores)

$$kVAr_{totales} = kVAr \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2$$

5. Cargo por factor de potencia menor a 90 %

$$\text{Cargo} = \text{Facturación} \times \frac{3}{5} \left(\frac{90}{FP} - 1 \right)$$

6. Bonificación por factor de potencia mayor al 90 %

$$\text{Bonificación} = \text{Facturación} \times \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{FP} \right)$$

7. Reducción de pérdidas en los cables (I_2R) en Watts (W), que pueden ser obtenidas con el siguiente factor:

$$\% K = \left[1 - \left(\frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \right)^2 \right] \times 100$$

8. Disminución de la caída de tensión en cables
 En donde:

ΔV = disminución en la caída de voltaje en Volts (V)
 L = Inductancia en Henry (Hy), $W = 2 \pi f$
 f = Frecuencia en Hertzios (Hz)

$$\Delta V = I (R \cos \phi + W L \sin \phi)$$

• **Ahorro en consumo de energía, al pasar de un FP inicial ($\cos \phi_1$) a un valor final ($\cos \phi_2$)**

1. Determinar la corriente de fase

En donde:

I_1 = Corriente de fase en amperes (A) con $\cos \phi_1$; I_2 = Corriente de fase en amperes (A) con $\cos \phi_2$;
 P = Carga eléctrica en Watts (W)

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi_1}$$

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi_2}$$

2. Conocer la resistencia eléctrica total en ohmios de los cables de alimentación

En donde:

R_T = Resistencia eléctrica total en ohmios (Ω);
 R_{Cable} = Resistencia del cable en ohmios (Ω);
 l_{Cable} = Longitud del cable en metros (m)

$$R_T = R_{Cable} \times l_{Cable}$$

3. Determinar las pérdidas térmicas al pasar de un FP inicial ($\cos \phi_1$) a un valor final ($\cos \phi_2$)

En donde:

P_1 = Carga eléctrica en Watts (W) con $\cos \phi_1$;
 P_2 = Carga eléctrica en Watts (W) con $\cos \phi_2$;
 R_T = Resistencia eléctrica total en ohmios (Ω)

$$P_1 = 3R_T I_1^2;$$

$$P_2 = 3R_T I_2^2$$

4. Reducción en pérdidas térmicas (ΔP):

$$\Delta P = P_1 - P_2; \text{ [Watts]};$$

$$\% \Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

5. Determinar la diferencia de consumo anual de energía eléctrica (kWh/año)

$$\text{Diferencia consumo de energía} = \frac{(P_1 - P_2) \times \left(\frac{\text{horas}}{\text{mes}}\right) \times 12}{1000}$$

• **Liberar potencia del transformador en kilovolts-ampers (kVA)**

1. La carga total del transformador se mide en kVA

En donde:

kW = Potencia activa,
 $kVAR$ = Potencia reactiva

$$kVA = \sqrt{(kW)^2 + (kVAR)^2}$$

2. La potencia liberada en el transformador, mientras se mantiene la misma potencia activa, puede ser expresada por:

En donde:

kW = Carga máxima de potencia activa,
 $\cos \phi_1$ = Factor de potencia inicial,
 $\cos \phi_2$ = Factor de potencia final o deseado

$$kVA = kW \left(\frac{1}{\cos \phi_1} - \frac{1}{\cos \phi_2} \right)$$

- **Eficiencia de motores**

Cálculo de eficiencia

El cálculo de eficiencia se hace con la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica expresada en porcentaje.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica}} \times 100$$

Las unidades de potencia deben ser iguales.

- La potencia eléctrica se expresa en kilowatts (kW)
- La potencia mecánica en caballos de potencia (CP o HP)

Equivalencias útiles para la conversión de unidades.

- 1CP = 0.746 kW
- 1kW = 1.34 CP

Reducción de pérdidas

Para reducir las pérdidas sustituya los motores por motores más eficientes.

Ejemplo:

Sustitución del motor anterior por uno con eficiencia del 90%.

Cálculo de PA:

Para calcular la potencia ahorrada (PA) aplique la ecuación:

$$PA \text{ (kW)} = 0.746 \times CP \left(\frac{100}{E_1} - \frac{100}{E_2} \right)$$

En donde:

0.746 = Factor de conversión de CP a kW

CP = Caballos de potencia

E_1 = Motor con menor eficiencia

E_2 = Motor con mayor eficiencia

Ejemplo

Suponga que los dos motores trabajaran 3000 horas al año. Esto es:

- 12 horas diarias, 5 días de la semana, 50 semanas por año

La energía ahorrada anualmente equivale a:

$$PA = 0.746 \times 100 \left(\frac{100}{85} - \frac{100}{90} \right) \text{ kW} = 4.87 \text{ kW} \text{ (Disminución de potencia);}$$

$$3000 \text{ horas} \times 4.87 = 4,610 \text{ kWh}$$

• **Cálculo de la potencia de motor de acuerdo con el uso final**

Uso final	Simbología
Bomba $P = Q \cdot d \cdot \frac{h}{\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • Q: Caudal en m³/s. • d: Peso específico en N/dm³. • h: Altura de la elevación en m. • η: Rendimiento mecánico.
Elevación de agua $P = Q \cdot \frac{h}{75\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en CV. • Q: Caudal en m³/s. • h: Altura de la elevación en m. • η: Rendimiento mecánico.
Mecanismos de elevación $P = F \cdot \frac{v}{1000\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia mínima del motor en kW. • F: Fuerza resistente a la marcha en N (F= m. g). • v: Velocidad en m/s. • η: Rendimiento mecánico. • g: Aceleración, 9.81m/s².
Mecanismo giratorio $P = M \cdot \frac{N}{9,550\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia mínima del motor en kW. • M: Par de giro en Nm. • N: Revoluciones por min⁻¹
Accionamiento de grúas con accionamiento unilateral del carro $P = P_1 \cdot m_g + 2 \frac{m_c + m_{car}}{\sum m} P$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • P₁: Potencia mínima necesaria en kW. • m_g: Masa de la grúa en kg. • m_c: Masa del carro en kg. • m_{car}: Masa de la carga en Kg.
Mecánico de traslación $P = m_T \cdot w \cdot \frac{v}{2\pi \cdot 9,550\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • m_T: Peso total en N. • w: Resistencia de traslación 0.007 cojinetes de rodillo 0.020 de fricción. • v: Velocidad de traslación en m x min⁻¹ • η: Rendimiento mecánico.
Para un ascensor $P = \frac{1}{2} F \cdot \frac{v}{1,000\eta}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • F: Fuerza en N • v: Velocidad en m/s • η: Rendimiento mecánico.
Absorbida por un ventilador	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW.

Uso final	Simbología
$P = Q.Pr. \frac{9,81}{1,000\eta}$	<ul style="list-style-type: none"> • Q: Caudal en m³ /s • P: Presión en mm de columna de agua. • η: Rendimiento mecánico
<p>Potencia necesaria en una máquina</p> $P = M. \frac{N}{9,550\eta_m}$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • M: Par de giro de la máquina en Nm. • N: Número de revoluciones por minuto. • η_m: Rendimiento de la máquina. • F: Fuerza (peso, fricción) en N
<p>Potencia absorbida por un motor trifásico</p> $P_1 = \sqrt{3}.V. I. \cos \phi$ $P_2 = \sqrt{3}.V. I. \cos \frac{\phi}{735}$ $P_3 = \sqrt{3}.V. I. \cos \frac{\phi}{1,000}$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P₁: Potencia en W. • P₂: Potencia en CV. • P₃: Potencia en kW. • V: Tensión nominal en V. • I: Intensidad nominal en A • Cos φ: Factor de potencia.
<p>Potencia desarrollada por un motor trifásico</p> $P_1 = \sqrt{3}.V. I. \cos \phi. \frac{\eta}{1,000}$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • η: Rendimiento del motor a la potencia nominal
<p>Potencia absorbida por un motor de corriente continua</p> $P = V. I$ $P_1 = V. \frac{I}{1,000}$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en W. • V: Tensión de inducido en V. • I: Intensidad nominal en A. • P₁: Potencia en kW.
<p>Potencia absorbida por un motor monofásico de corriente alterna</p> $P = V. I. \cos \phi$ $P_1 = V. I. \cos \frac{\phi}{1,000}$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en W. • P₁: Potencia en kW
<p>Intensidad absorbida por un motor trifásico</p> $I = 1000 \frac{P}{\sqrt{3}}. V. \eta. \cos \phi$	<p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P: Potencia en kW. • V: en voltios • η: Rendimiento del motor a la potencia nominal. • Cos φ: Factor de potencia

Uso final	Simbología
Velocidad sincrónica para motores a 50 y 60 Hz $N = f \frac{60}{P}$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • N: Número de revoluciones por minuto. • f: Frecuencia de la red en Hertz. • P: Número de par de polos del motor
Deslizamiento $S = \frac{n_s - n_N}{n_s} \times 100\%$ $n_N = (1 - s) n_s$	En donde: <ul style="list-style-type: none"> • S: deslizamiento • n_s: velocidad sincrónica • n_N: velocidad nominal

• **Bombeo**

La potencia de la bomba es proporcional al producto de la elevación de presión H y el flujo (capacidad) Q dividido por la eficiencia de la bomba. Si el flujo está dado en L/min y la elevación de presión en metros, la potencia de la bomba en kW es:

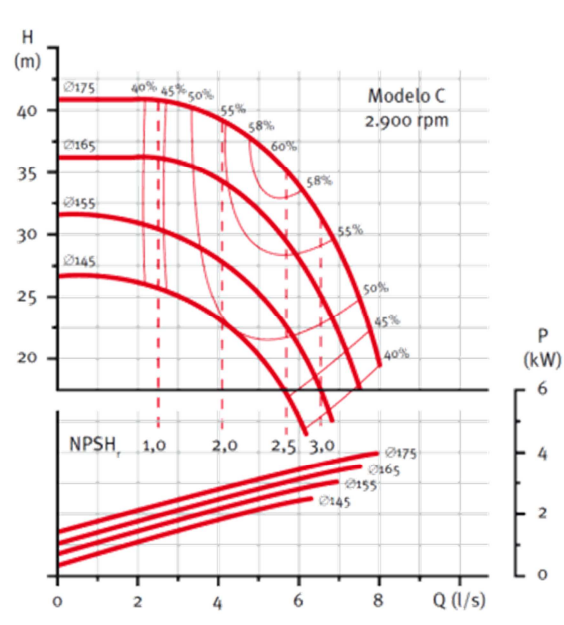
$$kW_p = \frac{Q \times H \times 9.8}{60,000 \times \eta}$$

• **Efecto del diámetro del impulsor en bombas centrífugas**

Capacidad: $Q_2 = Q_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)$

Elevación de presión total: $H_2 = H_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$

Potencia: $P_2 = P_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$



- **Relación de eficiencia, compresores**

Este indicador nos permite comparar varios compresores para identificar los más eficientes

$$\text{Relación de eficiencia CAGI}^* = \frac{\text{Potencia medida (kW)}}{100 \text{ CFM de flujo producido}} \frac{\text{kW}}{100 \text{ CFM}}$$

- *** Compressed Air and Gas Institute (CAGI); CFM = cubic feet per minute**

Las necesidades del aire comprimido están definidas por tres factores determinantes: la calidad, la cantidad y el nivel de presión requerido por los usuarios finales en una planta.

- **Fugas en el sistema de aire comprimido**

Compresores con control carga/descarga

Para los compresores que operan mediante estrategias de control del tipo marcha/paro o carga/descarga, hay una manera fácil de cuantificar la cantidad de fugas en el sistema. Este método consiste en poner el compresor en marcha cuando no hay demanda en el sistema (cuando toda la demanda esta parada). Se realizan una serie de mediciones para determinar el tiempo promedio que tarda en cargar y descargar el compresor. El compresor entrara en ciclos de carga y descarga debido a las fugas de aire. La fuga total (expresada en porcentaje) se puede calcular como sigue:

$$\text{Fuga (\%)} = \frac{T \times 100}{T + t}$$

En donde:

T = tiempo en carga o en ON [minutos]

t = tiempo en descarga o en OFF [minutos]

Las fugas se expresaran en términos del porcentaje perdido sobre la capacidad del compresor.

Fugas (aire suministrado)

En los sistemas con otras estrategias de control, las fugas pueden ser estimadas cuando hay un medidor de presión aguas abajo del receptor. Este método requiere una estimación del volumen total del sistema, incluidos los receptores de aire secundario, redes de aire comprimido, y las tuberías (V). El sistema se pone en marcha y se lleva a la presión normal de operación (P_1). Se detiene el sistema y se mide entonces el tiempo (t) que tarda el sistema en bajar a una presión más baja (P_2), que debe ser un punto igual cercano a la mitad de la presión de trabajo. Las fugas en este caso se pueden calcular de la siguiente manera:

$$R, \text{Fuga} \left[\frac{L}{\text{min}} \right]_{\text{Aire Sum}} = \frac{V \times (P_1 - P_2)}{\Delta t \times 1.013}$$

En donde:

P_1 = Presión inicial (bar_g); P_2 = Presión final (bar_g); Δt = intervalo de tiempo durante el cual se midieron las fugas (minutos);
 V = volumen total del sistema [litros]; R = tasa promedio de fuga (LPM)

- **Costo de las fugas de aire comprimido**

$$\text{Costo} = R \times E \times \text{horas de operación} \left(\frac{\text{horas}}{\text{año}} \right) \times \text{costo de la energía} \left(\frac{\$}{\text{kWh}} \right)$$

E = Eficacia específica del compresor, dato del fabricante, en kW/LPM

- **Costo del aire comprimido**

El aire comprimido es una de las formas más costosas del uso de la energía en las empresas manufactureras. Esto es debido a que aproximadamente se necesitan ocho caballos de potencia eléctrica para obtener un caballo de potencia en el aire comprimido. Para determinar el costo anual de la energía eléctrica utilizada para el aire comprimido, consulte su último recibo de energía para determinar la cantidad que está pagando su empresa por kWh y calcule el costo de operar el sistema bajo dos condiciones: a carga completa y a carga parcial.

En ambos casos, multiplique:

- La potencia del compresor (hp)
- El factor de conversión de hp a kW (0.746)
- Las horas de operación anual del equipo (hrs/año)
- El costo del kWh de su empresa (\$/kWh)
- El porcentaje de tiempo a plena carga o carga parcial
- El porcentaje de potencia (hp) a plena carga o carga parcial

El resultado de este producto divídalo entre la eficiencia (η) del motor eléctrico:

$$\text{Costo anual} = \frac{(\text{hp})(0.746) \left(\frac{\text{h}}{\text{año}} \right) \left(\frac{\$}{\text{kWh}} \right) (\% t) (\% \text{ hp}_{\text{Plena carga}})}{\eta_{\text{motor eléctrico}}}$$

Calcule el costo del aire comprimido para cada uno de los usos específicos o, cuando menos, para los usos más importantes; esto le permitirá determinar la conveniencia del uso del aire comprimido en algunas aplicaciones, como pueden ser las de ventilación o soplado, pues en la mayoría de los casos resulta más económico y eficiente el utilizar otro tipo de equipos accionados directamente por motores eléctricos. Primero, calcule el volumen de aire producido anualmente por el sistema para una operación específica; para esto, multiplique:

- La potencia del compresor (hp)
- Los metros cúbicos de aire por minuto y por caballo ($\text{m}^3 \text{ min}/\text{hp}$)
- El total de horas de operación anuales (h/año)
- 60 minutos por hora (60 min/h)
- El porcentaje de tiempo a plena carga
- El porcentaje de potencia a plena carga

Volumen de aire producido anualmente:

$$\text{Volumen anual} = (\text{hp}) \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min} \times \text{hp}} \right) \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right) \left(\frac{\text{h}}{\text{año}} \right) (\% \text{ hp}_{\text{Plena carga}})$$

• **Indicador de costo de aire comprimido**

Conviene tener en su empresa un indicador del costo del aire comprimido; para esto, calcule el costo de 100 m³: divida el costo total anual de la energía utilizada en la operación del compresor entre el volumen de aire producido anualmente y multiplique por 100:

$$\text{Costo}_{100\text{m}^3} = \frac{\text{Costo de energía anual (\$)}}{\text{Aire producido anualmente (m}^3)} \times 100$$

• **Calidad de iluminación**

Ley cuadrática inversa

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Donde

- E = Iluminancia (lux)
- d = distancia de la fuente de luz hasta la zona de interés (m)
- I = Intensidad luminosa (lm)

Fórmula del método Lumen

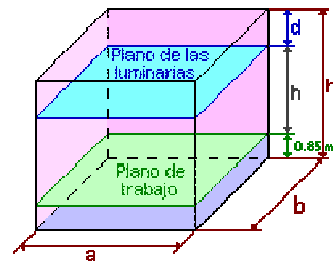
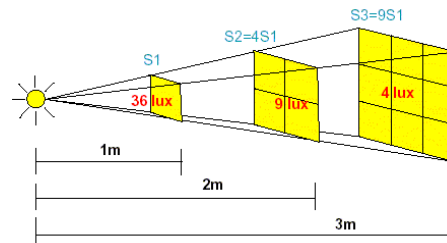
$$N = \frac{F_1 \times A}{L_u \times LLF \times C_u}$$

Donde:

- N = número de lámparas requeridas
- A = área de la habitación en metros cuadrados
- F₁ = nivel de Lux requerido en el área de trabajo
- L_u = lúmenes de salida de la lámpara
- C_u = coeficiente de utilización
- LLF = factor combinado de degradación de luz

Producir luz eficientemente

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{lumenes}}{\text{Watt}}$$



Encuentra el número de lámparas necesarias para proporcionar 500 Lux uniformes en la superficie en una habitación de 15 x 10. Asuma dos lámparas de 3,000 lúmenes por cada luminaria, y asuma que el LLF es de 0.65 y el CU es de 70%

$$N = \frac{(500 \times 150)}{3,000 \times 0.65 \times 0.7} = 55$$

El número requerido de luminarias con dos lámparas es de 28.

- **Potencia frigorífica (COP)**

La potencia frigorífica será la cantidad de calor extraída de la fuente fría.

La relación entre esta última y el trabajo específico aportado al sistema se le denomina eficiencia, **coeficiente de desempeño** o COP (*Coefficient of Performance*) y se expresa como:

$$COP = \frac{Q_i}{W_k} \left[\frac{kWh_{t\acute{e}rmico}}{kWh_{el\acute{e}ctrico}} \right] = \frac{Q_i}{-(Q_i + Q_{i'})} = \frac{T_i}{T_{i'} - T_i} > 0$$

Donde Q_i es el calor de evaporación y W_k es el trabajo de compresión

Entre menor sea la temperatura que se pretenda conseguir y cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura de la fuente caliente (frecuentemente el medio ambiente) y la temperatura de la fuente fría, menor será la eficiencia global del sistema

- **Relación de eficiencia energética (REE, EER)**

La eficiencia es la relación de la capacidad de enfriamiento de la unidad (potencia de refrigeración) entre la potencia eléctrica de la misma (watts).

La potencia de refrigeración, generalmente, se expresa en BTU (British Thermal Unit) por hora.

1 T.R. (tonelada de refrigeración) = 12,000 BTU/h = 3,024 kcal/h = 12,661 kJ/h = 3.517 kW

$$EER = \frac{\text{Potencia de refrigeración}}{\text{Potencia eléctrica requerida}}$$

Entre mayor sea la Relación de Eficiencia Energética (REE) la unidad es más eficiente

- **Para enfriamiento, el COP y el EER se relacionan como**

$$COP = \frac{EER}{3.6 \frac{kJ}{kWh}}$$

$$EER = \frac{\frac{kJ}{h} \text{ de enfriamiento}}{W \text{ de entrada eléctricos}}$$

$$\frac{kW_{ent}}{kW_{enfr}} = \frac{3.6}{EER} = \frac{1}{COP}$$

Un kW de A/C = 3,600 kJ/h

Un kW es una medida de potencia en acondicionamiento de aire (A/C), y es utilizado para dimensionar sistemas, o para determinar demanda eléctrica.

Un kWh de A/C = 3,600 kJ

El kWh es una medida de energía en A/C, y es utilizado para dimensionar sistemas de tanques de almacenamiento de energía térmica (TES) o para determinar la energía eléctrica consumida.

Sistemas térmicos

En esta sección se presentan la metodología para calcular la eficiencia de una caldera, así como las ecuaciones para calcular los ahorros por mejoras en aislamiento y sistemas de vapor.

• Eficiencia de calderas

A continuación se presentan los métodos de pérdidas (método indirecto) y el método de entradas y salidas (método directo), aprobados por el código ASME (*Power Test Codes. Steam Generating Units. 4.1*).

Cálculos preliminares

Se deben realizar los siguientes cálculos preliminares:

- Flujo de nitrógeno (W_{N_2})
- Flujo de aire seco (W_a)
- Flujo de gases de combustión (W_g)
- Relación carbono / hidrógeno (C/H)
- Presión parcial de la humedad en el flujo de gases de combustión (mg)
- Aire teórico (a_t)
- % Exceso de aire (E_a)

✓ Flujo de nitrógeno

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$W_{N_2} = \frac{28.02 \times N_2}{12.01 \times (CO_2 + CO)} \times \frac{C + \frac{12.01 \times S}{32.07}}{100}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
W_{N_2}	Flujo de nitrógeno	kg _{N2} / kg cq
N_2	Nitrógeno en los gases de combustión	% mol
CO_2	Bióxido de carbono en los gases combustión	% mol
CO	Monóxido de carbono en los gases de combustión	% mol
C	Carbono en el combustible	% peso
S	Azufre en el combustible	% peso
kg _{N2}	Kilogramos de nitrógeno	kg
kg cq	Kilogramos de combustible quemado	kg

✓ Flujo de aire seco

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{W_{N_2} - \frac{N_2 \text{ comb}}{100}}{0.7685}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
W_a	Flujo de aire seco	kg as / kg cq
W_{N_2}	Flujo de nitrógeno	kg _{N2} / kg cq
$N_2 \text{ comb}$	Nitrógeno en el combustible	% peso
kg as	Kilogramos de aire seco	kg

✓ **Flujo de gases de combustión**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$W_g = \frac{(44.01 \times CO_2 + 32 \times O_2 + 28.02 \times N_2 + 28.01 \times CO) \times (C + 12.01 \times \frac{S}{32.07})}{12.01 \times (CO + CO_2) \times 100}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
W_g	Flujo de gases de combustión secos	kg gas / kg cq
CO_2	Bióxido de carbono en los gases de combustión	% mol
O_2	Oxígeno en los gases de combustión	% mol
N_2	Nitrógeno en los gases de combustión	% mol
CO	Monóxido de carbono en los gases de combustión	% mol
C	Carbono en el combustible	% peso
S	Azufre en el combustible	% peso
kg gas	Kilogramos de gases de combustión secos	kg

✓ **Relación carbono/hidrógeno**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{H} = \frac{C}{H_2}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
C	Carbono en el combustible	% peso
H_2	Hidrógeno en el combustible	% peso

✓ **Presión parcial de la humedad en el flujo de gases de combustión**

Se calcula por medio de las siguientes ecuaciones:

$$m_g = \frac{8.936 \times H_2}{100} + W_a \times W_{aw} + \frac{M_f}{100} + W_z$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
mg	Contenido de humedad en los gases de combustión	kg agua / kg cq
H_2	Hidrógeno en el combustible	% peso
W_a	Flujo de aire seco	kg as / kg cq
W_{aw}	Humedad en el aire	kg agua / kg as
M_f	Humedad en el combustible	% peso
W_z	Flujo de vapor atomizado	kg vapor / kg cq
kg_{agua}	Kilogramos de agua	kg
kg_{vapor}	Kilogramos de vapor	kg

Y por medio de la siguiente ecuación:

$$P_{mg} = \frac{P_b}{1 + \left(1.5 \times \frac{C}{m_g} \times (CO_2 + CO) \right)}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
P_{mg}	Presión parcial de la humedad en el flujo de gases de combustión	kPa
P_b	Presión barométrica del lugar	kPa
mg	Contenido de humedad en los gases de combustión	kg agua / kg cq
CO_2	Bióxido de carbono en los gases de combustión	% mol
CO	Monóxido de carbono en los gases de combustión	% mol
C	Carbono en el combustible	% peso

✓ **Aire teórico**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{11.51 \times C + 34.3 \times \left(H_2 - \frac{O_2}{7.937} \right) + 4.335 \times S}{100}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
A _t	Aire teórico (estequiométrico)	kg as / kg cq
C	Carbono en el combustible	% peso
H ₂	Hidrógeno en el combustible	% peso
S	Azufre en el combustible	% peso
O ₂	Oxígeno en el combustible	% peso

✓ **% Exceso de aire**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$E_a = \frac{O_2}{21 - O_2} \times 100$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
O ₂	Oxígeno en los gases de combustión	% mol

Cálculo de créditos

Para obtener los créditos es necesario calcular lo siguiente:

- Calor en el aire de entrada (B_a)
- Calor sensible con el combustible (B_f)
- Calor en el vapor de atomización (B_z)
- Calor suministrado con el calor que entra con el aire (B_m)
- Total de créditos (B)

✓ **Calor en el aire de entrada**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$B_a = W_a \times Cp_{as}(T_a - T_{ref})$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
B _a	Calor en el aire de entrada	kJ / kg cq
W _a	Flujo de aire seco	kg as / kg cq
cp _{as}	Calor específico del aire seco	kJ / kg as °C
T _a	Temperatura del aire	°C
T _{ref}	Temperatura de referencia	°C

✓ **Calor sensible en el combustible**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$B_f = Cp_f \times (T_f - T_{ref})$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
B _f	Calor sensible en el combustible	kJ / kg cq
Cp _f	Calor específico del combustible	kJ / kg °C
T _f	Temperatura del combustible	°C

✓ **Calor en el vapor de atomización**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$B_z = \frac{W_{va} \times (h_{va} - h_{vsat})}{W_f}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
B _z	Calor en el vapor de atomización	kJ / kg cq
W _{va}	Flujo de vapor de atomización externo a la unidad	kg / s
h _{va}	Entalpía del vapor de atomización	kJ / kg
h _{vsat}	Entalpía del vapor saturado a T _{ref}	kJ / kg
W _f	Flujo de combustible	kg / s

✓ **Calor suministrado con la humedad que entra con el aire**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$B_m = W_a \times W_{aw} \times C_{pv} \times (T_a - T_{ref})$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
B _m	Calor suministrado con la humedad que entra con el aire	kJ / kg cq
W _a	Flujo de aire seco	kg as / kg cq
W _{aw}	Humedad en el aire	kg agua / kg as
C _{pv}	Calor específico del vapor	kJ / kg °C
T _a	Temperatura del aire a quemadores	°C
T _{ref}	Temperatura de referencia	°C

✓ **Total de créditos**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$B = B_a + B_f + B_z + B_m$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
B	Calor total en los créditos	kJ / kg cq

Combustible

Para hacer el cálculo del combustible es necesario calcular antes:

- El calor que entra con el combustible (H_f)
- La energía que entra al sistema (H_f + B)

✓ **Calor que entra con el combustible**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$H_f = W_f \times PC_f$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
H _f	Calor suministrado con el combustible (poder calorífico del combustible)	kJ / s
W _f	Flujo de combustible	Kg/s
PC _f	Poder calorífico del combustible	KJ/kg

✓ **Energía que entra al sistema**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$H_f + B$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
H _f + B	Calor que entra al sistema	kJ / kg

✓ **Método de pérdidas de energía (método indirecto)**

Cálculo de la eficiencia.

A continuación se presenta la memoria de cálculo para determinar la eficiencia de operación de la caldera, por el método de pérdidas de energía (método indirecto), la cual se determina por la siguiente ecuación:

$$\eta_p = 100 - \frac{L}{H_f + B} \times 100$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
η_p	Eficiencia de la caldera, por el método de pérdidas de energía	%
L	Pérdidas en el generador de vapor	kJ / kg cq
H _f	Calor suministrado con el combustible	kJ / kg cq
B	Créditos	kJ / kg cq

Cálculo de pérdidas de energía

Para hacer el cálculo de pérdidas de energía es necesario calcular lo siguiente:

- Pérdida de energía por gases de combustión (L_g)
- Pérdidas de energía por formación de CO (L_{CO})
- Pérdidas de energía por la humedad producto de la combustión del H (L_h)
- Pérdidas de energía por la humedad en el aire (L_{ma})
- Pérdidas de energía por la humedad en el combustible (L_{mf})
- Pérdidas de energía por el vapor de atomización (L_z)
- Pérdidas de energía por radiación y convección (L_r)
- Pérdidas de energía no determinadas (L_i)
- Porcentaje de pérdidas de energía en el generador de vapor (L)

✓ **Pérdidas de energía por gases de combustión**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_g = W_g \times Cp_g \times (T_{gas} - T_{ref})$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L _g	Pérdidas de energía por gases de combustión secos	kJ / kg cq
W _g	Flujo de gases de combustión	kg gas / kg cq
Cp _g	Calor específico de los gases de combustión	kJ / kg °C
T _{gas}	Temperatura de los gases de combustión	°C
T _{ref}	Temperatura de referencia	°C

Porcentaje de pérdidas de energía por gases secos: $\%L_g = L_g \times \frac{100}{H_f + B}$

- ✓ **Pérdidas de energía por formación de CO**
Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{CO} = \frac{CO \times 10160 \times 1.0549 \times 2.205 \times \frac{C}{100}}{CO_2 + CO}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_{CO}	Pérdidas de energía por la formación de CO	kJ / kg cq
CO_2	Bióxido de carbono en los gases de combustión	% mol
CO	Monóxido de carbono en los gases de combustión	% mol
C	Carbono en el combustible	% peso

Pérdidas de energía por formación de CO: $\%L_{CO} = L_{CO} \times \frac{100}{H_f+B}$

- ✓ **Pérdidas de energía por la humedad producto de la combustión del H_2**
Se mide por medio de la siguiente ecuación:

$$L_h = \frac{8.936 \times H_2 \times (h_{pv} - h_{wsat})}{100}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_h	Pérdidas de energía por la humedad producto de la combustión del H_2	kJ / kg cq
H_2	Hidrógeno en el combustible	% peso
h_{pv}	Entalpía del vapor a la presión P_{mg} y T_{gas}	kJ / kg
h_{wsat}	Entalpía del líquido saturado a T_{ref}	kJ / kg

Pérdidas de energía por la humedad producto de la combustión del hidrógeno: $\%L_h = L_h \times \frac{100}{H_f+B}$

- ✓ **Pérdidas de energía por la humedad en el aire**
Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{ma} = W_a \times W_{aw} \times (h_{pv} - h_{vsat})$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_{ma}	Pérdidas de energía por la humedad del aire	kJ / kg cq
W_a	Flujo de aire seco	kg as/ kg cq
W_{aw}	Humedad en el aire	kg agua / kg as
h_{pv}	Entalpía del vapor a la presión P_{mg} y T_{gas}	kJ / kg
h_{vsat}	Entalpía del vapor saturado a T_{ref}	kJ / kg

Pérdidas de energía por la humedad del aire: $\%L_{ma} = L_{ma} \times \frac{100}{H_f+B}$

- ✓ **Pérdidas de energía por la humedad en el combustible**
Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{mf} = \frac{H_2O \times (h_{pv} - h_{wsat})}{100}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_{mf}	Pérdidas de energía por la humedad en el combustible	kJ / kg cq
H_2O	Humedad en el combustible	% peso
h_{pv}	Entalpía del vapor a la presión P_{mg} y T_{gas}	kJ / kg
h_{wsat}	Entalpía del líquido saturado a T_{ref}	kJ / kg

Pérdida de energía por la humedad del combustible: $\%L_{mf} = L_{mf} \times \frac{100}{H_f+B}$

✓ **Pérdidas de energía por el vapor de atomización**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_z = \frac{W_{va} \times (h_{pv} - h_{vsat})}{W_f}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_z	Pérdidas de energía por el vapor de atomización	kJ / kg cq
W_{va}	Flujo de vapor de atomización externo a la unidad	kg / s
h_{pv}	Entalpía del vapor a la presión P_{mg} y T_{gas}	kJ / kg
h_{vsat}	Entalpía de vapor saturado a T_{ref}	kJ / kg
W_f	Flujo de combustible	kg / s

Pérdidas de energía por el vapor de atomización: $\%L_z = L_z \times \frac{100}{H_{f+B}}$

✓ **Pérdidas de energía por radiación**

L_r = Pérdidas de energía por radiación y convección %

Puede calcularse si se conoce el área de superficie de la caldera y la temperatura de superficie:

$$L_{rm} = 0.548 \times \left[\left(\frac{T_s}{55.55} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{55.55} \right)^4 \right] + 1.957 \times (T_s - T_a)^{1.25} \times \sqrt{\frac{196.85V_m + 68.9}{68.9}}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_{rm}	Pérdidas de energía por radiación /m ²	W/m ²
V_m	Velocidad del viento	m / s
T_s	Temperatura de la superficie	K
T_a	Temperatura ambiente	K

Entonces:

$$L_r = L_{rm} \times A_{sup} \times t_{op} \times 3.6$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
L_r	Pérdidas de energía por radiación	kJ / kg cq
A_{sup}	Área de superficie de la caldera	m ²
t_{op}	Tiempo de operación	horas

Pérdidas de energía por radiación: $\%L_r = L_r \times \frac{100}{H_{f+B}}$

✓ **Pérdidas de energía no determinadas**

L_i = Pérdidas de energía no determinadas proporcionada por el fabricante %

Pérdidas de energía no determinadas, estimadas

Pérdidas de energía	Condición
1.0 %	Combustibles líquidos y gaseosos
1.5 %	Combustibles sólidos

Porcentaje de pérdidas de energía en el generador de vapor:

$$L = L_g + L_{CO} + L_h + L_{ma} + L_{mf} + L_z + L_r + L_i$$

L = Pérdidas totales de energía en la caldera

✓ **Método de entradas y salidas (Método directo)**

A continuación se presenta la memoria de cálculo para determinar la eficiencia de operación de la caldera, por el método de entradas y salidas (de energía), la cual se determina por la siguiente ecuación.

$$\eta_{e-s} = \frac{\text{energía aprovechada en el vapor}}{\text{energía de entrada}} \times 100$$

$$\eta_{e-s} = \frac{W_{va} \times (h_{pv} - h_{aa})}{W_f \times (H_f + B)} \times 100$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
η_{e-s}	Eficiencia de la caldera, por el método de entradas y salidas	%
W_{va}	Flujo del vapor de salida	kg / s
h_{pv}	Entalpía del vapor de salida	kJ / kg
h_{aa}	Entalpía del agua de alimentación (de entrada)	kJ / kg
B	Créditos (energía de los créditos) de entrada	kJ / kg
H_f	Energía suministrada con el combustible de entrada	kJ / kg
W_f	Flujo de combustible de entrada	kg / s

• **Cálculo de los ahorros de combustible y pérdidas basados en la variación de la eficiencia.**

Existe una diferencia importante entre mejora de la eficiencia y ahorro de combustible. Un incremento de la eficiencia de 80 a 81% es una mejora de 1% en la eficiencia, sin embargo, como el incremento es proporcional ($1/80 \% = 1.25$), representa un 1.25% de ahorro en combustible. El porcentaje en ahorro de combustible siempre es mayor que el incremento en eficiencia. De igual manera, el porcentaje de pérdida en los ahorros de combustible siempre es mayor que el porcentaje de reducción de la eficiencia. La fórmula para calcular los ahorros de combustible o sus pérdidas, derivadas de un cambio en eficiencia es:

$$\text{Ahorros} = (\text{eficiencia nueva} - \text{eficiencia anterior}) / \text{eficiencia nueva}$$

El costo / beneficio por mantener la eficiencia de la caldera a un nivel alto se calcula fácilmente con la fórmula siguiente:

$$A = C \times \frac{E_a - E_i}{E_a} \times C_c \times H_a$$

En donde:

A = ahorro potencial anual en combustible

C = consumo de energía promedio en millones de joules por hora

E_i = eficiencia ideal

E_a = eficiencia actual o nueva

C_c = costo del combustible por millón de joules

H_a = horas de operación anual

La eficiencia de las calderas varía con la carga, el potencial de ahorro en el combustible cambiará dependiendo de la carga para la cual se tiene la eficiencia de referencia.

• **Purgas de la caldera**

La cantidad de agua que se debe purgar es crítica para controlar el total de sólidos disueltos (TSD) en el agua de la caldera.

Consideraciones:

1. La cantidad de agua que se alimenta a la caldera debe ser igual a la de agua que se pierde.
2. Sea

A = Cantidad de agua de alimentación (kg/h)

V = Cantidad de vapor generado (kg/h)

P = Cantidad de agua purgada (kg/h)

Entonces: $A = V + P$

3. La cantidad de purga puede relacionarse con la cantidad de agua de alimentación utilizando los ciclos de concentración (Cc)

$Cc = A / P$

En donde:

Cc = Ciclos de concentración

A = Cantidad de agua de alimentación (kg/h)

P = Cantidad de agua purgada (kg/h)

En la tabla se muestran los valores sugeridos por la Asociación Americana de Fabricantes de Calderas (AMBA, por sus siglas en inglés) como límites de la composición del agua para obtener una buena calidad de vapor, para varias presiones de trabajo.

Tabla 10. Límites de composición del agua de caldera para varias presiones de trabajo

Presión en la caldera (kg/cm ²)	Total de sólidos disueltos (ppm)	Alcalinidad (ppm)	Sólidos en suspensión (ppm)	Sílice (ppm)
0 - 20	3,500	700	300	125
21 - 30	3,000	600	250	90
31 - 42	2,500	500	150	50
43 - 52	2,000	400	100	35
53 - 63	1,500	300	60	20
64 - 70	1,250	250	40	8.0
71 - 105	1,000	200	20	2.5
106 - 140	750	150	10	1.0
más de 140	500	100	5	0.5

Fuente: Asociación Americana de Fabricantes de Calderas AMBA

- **Estimación de fugas de vapor**

El flujo de vapor que se fuga a través de las líneas de distribución o por una trampa de vapor en malas condiciones se puede estimar de la forma siguiente:

$$W_{vf} = k \times \pi \times \left(\frac{D_{tub}}{10}\right)^2 \times \sqrt{\frac{2 \times gc \times 100 \times (P_{vap} - P_{atm}) \times \rho}{1 \times 10^6}} \times \frac{\beta^2}{4}$$

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
W_{vf}	Vapor que se fuga	kg/s
k	Coficiente de orificio	adimensional
π	Constante	adimensional
D_{tub}	Diámetro de la línea de vapor	mm
gc	Factor de conversión gravitacional	N/kgf
P_{vap}	Presión manométrica del en la línea	kg/cm ²
P_{atm}	Presión atmosférica	kg/cm ²
ρ	Densidad del vapor	kg/cm ³
D_{oirf}	Diámetro del orificio de la fuga	mm
β	D_{oirf} / D_{tub}	adimensional

- **Estimación del calor perdido**

La energía perdida por la fuga a través de las líneas de distribución o por una trampa de vapor en malas condiciones se puede estimar de la forma siguiente:

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

En donde:

Sigla	Descripción	Unidades
Q_f	Calor perdido	kJ/s
W_{vf}	Vapor que se fuga	kg/s
Δh_v	Entalpía de vapor en la línea ($h_{vf} - h_{aa}$)	kJ/kg
h_{vf}	Entalpía del vapor fugado en las condiciones del sistema	kJ/kg
h_{aa}	Entalpía del agua a las condiciones que se alimenta al sistema de generación de vapor (P,T)	kJ/kg

- **Cálculo de la transferencia de calor en superficies aisladas**

El procedimiento de cálculo para predecir la pérdida o ganancia de calor y las temperaturas de superficie en equipos o tuberías aisladas, se basa en la consideración de que la estructura del sistema aislante es uniforme, esto es, que el material aislante de las tuberías o las superficies aisladas es de densidad uniforme.

Nomenclatura

C = Coeficiente de forma (1.79 para superficies planas y 1.016 para tuberías)	adimensional.
Esp = Espesor del material aislante	m
t_{op} = Temperatura de operación	K
t_{sup} = Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante	K
t_a = Temperatura ambiente	K
k_{ais} = Conductividad térmica del termoaislante	W/(m K)
V = Velocidad del viento	m/h
Emss = Emisividad de la superficie aislada	adimensional
d_o = Diámetro exterior del equipo o tubería aislado	m

Procedimiento de cálculo

✓ Superficies planas

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura en superficies planas o tuberías de diámetro mayor a 610 mm, se emplearán las siguientes relaciones:

1. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, h_c ($W/m^2 K$):

$$h_c = 3.0075 \times C \times [1.11 / (t_{sup} + t_a - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (t_{sup} - t_a)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

2. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_r ($W/m^2 K$):

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times \text{Emss} \times \frac{t_a^4 - t_{sup}^4}{t_a - t_{sup}}$$

3. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, h_s ($W/m^2 K$):

$$h_s = h_c + h_r$$

4. Cálculo del flujo de calor por unidad de área, q (W/m^2):

$$q = \frac{(t_{op} - t_a)}{[(\text{esp}/k_{ais}) + (1/h_s)]}$$

5. Verificación de la temperatura de superficie, t_{sc} (K):

$$t_{sc} = t_a + \frac{q}{h_s}$$

6. Convergencia de la temperatura de superficie

Si $t_{sup} = t_{sc}$, entonces las pérdidas de calor son igual a q y la temperatura en la superficie aislada es t_{sc} . En caso contrario, hacer $t_{sup} = t_{sc}$ y regresar al punto No. 1 del procedimiento de cálculo para superficies planas.

✓ Tuberías

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura de superficie en tuberías hasta de 609 mm de diámetro nominal, se emplearán las siguientes relaciones:

1. Cálculo del diámetro aislado, d_a (m):

$$d_a = d_o + 2 \times \text{esp}$$

2. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, h_c ($W/m K$):

$$h_c = 2.7241 \times C \times (d_a)^{-0.2} \times [1.11 / (t_{sup} + t_a - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (t_{sup} - t_a)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

3. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación, h_r ($W/m^2 K$):

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times \text{Emss} \times \frac{t_a^4 - t_{sup}^4}{t_a - t_{sup}}$$

4. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, h_s ($W/m^2 K$):

$$h_s = h_c + h_r$$

5. Cálculo del flux de calor, q (W/m):

$$q = \frac{\pi \times (t_{op} - t_a)}{\frac{1}{2 \times k_{ais}} \times \ln \frac{d_a}{d_o} + \frac{1}{h_s \times d_a}}$$

5. Verificación de la temperatura de superficie, t_{sc} (K):

$$t_{sc} = t_{op} - \frac{q}{2 \times \pi \times k_{ais}} \times \ln \frac{d_a}{d_o}$$

6. Convergencia de la temperatura de superficie. -Si $t_{sup} = t_{sc}$, entonces las pérdidas de calor son igual a q y la temperatura en la superficie aislada es t_{sc} . En caso contrario, hacer $t_{sup} = t_{sc}$ y regresar al punto No. 1 del procedimiento de cálculo para tuberías.

- **Flujo de calor a través de paredes**

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

En donde:

Q es la pérdida de calor en watts.

U (W/m^2K) Conductancia. Una medida de la cantidad de energía transferida a través de un área de 1 metro cuadrado de material cuando hay una diferencia en la temperatura de 1 grado K. Es el inverso de la sumatoria de las resistencias al flujo de calor.

A es el área de transferencia de la pared, techo o puerta

ΔT es la diferencia de temperatura (entre el interior y el exterior) en K ($T_{ex} - T_{int}$)

Algunos parámetros:

- ✓ **Conductividad térmica k** (W/mK)

Depende de la densidad, tipo y tamaño de los poros, humedad y estructura mineral. Cuanto menor es la conductividad térmica, mejor es el aislamiento. Aire = 0.024 [W/mK]; Agua = 0.6 [W/mK] i.e. 25 veces más grande

- ✓ **Conductancia, U** (W/m^2K); $U = \frac{1}{\Sigma R}$

- ✓ **Resistencia R** (m^2/WK)

R puede obtenerse de la conductancia U, teniendo en cuenta un espesor dado del material.

$$R = \frac{1}{U}$$

Si la conductividad k es dada, R se puede calcular conociendo k y el espesor del material (t) en metros. $R = \frac{t}{k}$

$$\Sigma R = R_{película\ aire\ int} + R_{contrachapado} + R_{película\ aire\ exterior} \left[\frac{m^2}{WK} \right]$$

✓ Flujo de calor por aire

$$\dot{q} = \dot{m} \Delta h \text{ [kW]} \quad \text{General}$$
$$\dot{q} = \dot{m} C_p \Delta T \text{ [kW]} \quad \text{Sólo calor sensible}$$

$$\dot{m} = \dot{V} * \rho$$

\dot{m}	=	Flujo másico (kg/s)
Δh	=	Diferencia de entalpía (kJ/kg)
C_p	=	Capacidad calorífica (kJ/kg·°C)
ΔT	=	Diferencia de temperatura(°C)
\dot{V}	=	Flujo volumétrico (L/s)
ρ	=	Densidad (kg/m ³)

$$\rho_{\text{aire}} = 1.204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{p_{\text{aire}}} = 1.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

✓ Agua: Sólo calor sensible

$$\dot{q} = \left(LPS * \frac{1,000 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ L}} \right) * \frac{4.2 \text{ kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * \Delta T$$

$$\dot{q} = LPS * 4.2 * \Delta T \text{ [kW]}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 4.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

Bibliografía

- NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2011. “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso”, México, (2011)
- ISO 5002 *Energy audits — Requirements with guidance for use*, ISO/TC 242, Switzerland, (2014)

Páginas web, con acceso en mayo de 2015:

- Banco de México. Mercado Cambiario [en línea] México. [Consulta: 4 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/dyn/portal-mercado-cambiario/index.html>
- Descripción del programa de entrenamiento para auditores energéticos de Finlandia, consultado en línea, mayo 2015, http://www.motiva.fi/en/areas_of_operation/energy_auditing/mee-supported_energy_auditing/auditor_training
- Descripción del programa de apoyos para auditorías energéticas de Finlandia, Institute for Industrial Productivity - Industrial Efficiency Policy Database, Consultado en línea, mayo de 2015, disponible en <http://iepd.iipnetwork.org/policy/energy-audit-programme>
- Consorcio PINE (Promoting Industrial Energy Efficiency), Socios, consultado en línea, mayo 2015, disponible en: <http://www.pineaudit.eu/es/about-us.aspx>
- Esquema general del Sistema de Gestión Energética de Japón, en línea, Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-J) Disponible en: <http://www.meti.go.jp/english/> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Centro de Conservación de Energía de Japón (ECCJ) Disponible en: <http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Esquema general del Sistema de Gestión Energética de India, Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MCEI-I) Disponible en: <http://commerce.nic.in/MOC/index.asp> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Oficina de Eficiencia Energética (BEE) Disponible en: <http://beeindia.in/index.php/> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Esquema General del Sistema de Gestión Energética de Australia, Departamento del Medio Ambiente, Disponible en: <http://www.environment.gov.au/> Consultado el 13 de mayo de 2015, y National Greenhouse and Energy Reporting (NGER), Disponible en: <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/NGER/About-the-National-Greenhouse-and-Energy-Reporting-scheme> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- National Greenhouse and Energy Reporting (NGER). Disponible en: <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/NGER/About-the-National-Greenhouse-and-Energy-Reporting-scheme> Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) Disponible en: <http://www.acee.cl/> Consultado el 11 de mayo de 2015.
- Presentación Programa País de Eficiencia Energética de Chile, Disponible en: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/energias_li_mpias/presentaciones/dia2/3-Cardenas_presentacion.pdf Consultado el 11 de mayo de 2015.

- Línea de Desarrollo de Capacitación en eficiencia energética, Chile, disponible en: <http://www.acee.cl/areas/desarrollo-negocios> Consultado el 11 de mayo de 2015.
- Registro de consultores, AChEE, disponible en: <http://www.consultoree.cl/> Consultado el 11 de mayo de 2015.
- Requisitos para obtener el Certified Energy Auditor (CEA®), disponible en: <http://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3365> , Consultado el 11 de mayo de 2015.
- Requisitos para obtener el CEM - Certified Energy Manager, disponible en: <http://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3351#eligibility>, Consultado el 11 de mayo de 2015.
- Cartaobndes. [en línea] Brasil. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/>
- ECOPYME. Plataforma Web de Buenas Prácticas Ambientales para PyME [en línea] Perú. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://ecopyme.pe/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censos Económicos 2014* [en línea] México. [Consulta: 20 de abril de 2015]. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default_t.aspx
- Instituto Tecnológico de Galicia. *Jornada ENTIC: Empresas Inteligentes y Gestión Energética* [en línea] España. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://www.invest.gov.tr/es-ES/investmentguide/investorsguide/Pages/Incentives.aspx>
- KOSGEB. [en línea] Turquía. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://www.kosgeb.gov.tr/Pages/UI/Default.aspx>
- National Institute of Statistics and Economic Studies. *Small and medium enterprises* [en línea] Francia. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/petite-moyenne-entreprise.htm>
- Prevención Integral. La Xunta de Galicia impulsa el ahorro de las PYMES gallegas con un nuevo servicio de Diagnóstico energético online [en línea] España. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2013/05/26/xunta-galicia-impulsa-ahorro-pymes-gallegas-con-un-nuevo-servicio>
- RO-SEFF. *Energy Efficiency* [en línea] Rumania. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <https://www.seff.ro/eligibility/5/page.html>
- Secretaría de Energía. *Diagnósticos Energéticos en Industrias* [en línea] Argentina. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3751>
- Secretaría de Energía. *Sistema de Información Energética* [en línea] México. [Consulta: mayo 2015]. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>
- Small Business Administration. *Small Business Size Standards* [en línea] Estados Unidos. [Consulta: 4 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.sba.gov/content/size-standards-methodology>

**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn/ Alemania
Telefon: +49 228 44 60-0
Fax: +49 228 4460-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/ Alemania
Telefon: +49 6196 79-0
Fax: +49 6196 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle
C.P. 03100, México D.F.
T +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico

