



Manual Estadística Energética

2017

olade

Organización Latinoamericana de Energía



Manual de
Estadística
Energética

2017

Este documento fue preparado bajo la dirección de:
Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

Alfonso Blanco Bonilla

Secretario Ejecutivo

Jorge Asturias

Director de Estudios y Proyectos

Con el apoyo financiero:

Banco Interamericano de Desarrollo - BID

Los autores de este documento son:

Fabio García

Especialista OLADE

Marco Yujato

Especialista OLADE

Adiela Arenas

Consultor

*Se agradece a los Países Miembros de la Organización por la
colaboración brindada en la revisión de este documento.*

*Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen
a las organizaciones arriba mencionadas. Se autoriza la utilización de la información contenida
en este documento con la condición de que se cite la fuente.*

ISBN 978-9978-70-121-8

2da edición, mayo 2017

Copyright © Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de este documento siempre que se cite
debidamente la fuente.

Todos los derechos reservados.

Contacto

OLADE

Avenida Mariscal Antonio José de Sucre N58-63 y Fernández Salvador

Edificio OLADE- Sector San Carlos

Quito - Ecuador

Telefonos :(+593-2) 2293-527 / 2598-122

sier@olade.org

ÍNDICE

PRÓLOGO	11
CAPITULO I	13
1. ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS	14
1.1. Introducción	14
1.2. Identificación de fuentes de datos estadísticos	14
1.3. Institucionalización de la información energética	15
1.3.1. Identificación de actores proveedores de información	15
1.3.2. Formalización del Comité de Información Energética	16
1.4. Fuentes de datos estadísticos: encuestas estadísticas	18
1.5. Recolección de datos estadísticos	19
1.6. Análisis de los datos	20
1.6.1. Validación y edición de datos	21
1.6.2. Imputación de datos	21
1.6.3. Procedimientos de estimación de los datos	21
1.7. Control de calidad de los datos	22
CAPITULO II	23
2. Definiciones generales	24
2.1. Definición de energía	24
2.2. Formas de energía	24
2.3. Fuentes de energía	24
2.4. Medición de la energía	24
2.5. Contenido energético y valor calorífico	25
2.6. Definición de cadena energética	25
2.7. Definición de matriz energética de un país	25
2.8. Definición de balance energético	25
2.9. Definición de estadísticas energéticas	25
2.10. Definición de energía final	26
2.11. Definición de energía útil	26
2.12. Usos finales	26
CAPITULO III	27
3. DEFINICIONES DE FUENTES DE ENERGÍA	28
3.1. Fuentes de energía primaria	28
3.1.1. Hidrocarburos primarios	28
3.1.1.1. Petróleo primario	28
3.1.1.2. Líquidos de gas natural	29
3.1.1.3. Gas natural	29

3.1.2. Fuentes minerales	30
3.1.2.1. Carbón mineral	30
3.1.2.2. Combustibles fisionables y energía nuclear	30
3.1.3. Energía directa	31
3.1.4. Biomasa	31
3.1.5. Otras fuentes Primarias	32
3.2. Fuentes de energía secundaria	32
3.2.1. Electricidad	32
3.2.2. Productos de petróleo y gas natural	32
3.2.3. Productos de fuentes minerales	34
3.2.4. Productos de biomasa	34
3.2.5. Otras fuentes secundarias	35
3.2.6. No energético	35
CAPITULO IV	37
4. BALANCES ENERGÉTICOS	38
4.1. Definición balances de energía	38
4.2. Objetivos fundamentales del balance energético	39
4.3. Estructura general del balance energético	40
4.3.1. Actividades de oferta	40
4.3.1.1. Producción primaria	40
4.3.1.2. <i>Reinyección o recirculación</i>	44
4.3.1.3. <i>Importación</i>	44
4.3.1.4. <i>Exportación</i>	44
4.3.1.5. <i>Variación de inventarios</i>	44
4.3.1.6. <i>Energía no aprovechada</i>	45
4.3.1.7. <i>Transferencias</i>	45
4.3.1.8. <i>Bunker</i>	45
4.3.2. Actividades de transformación	45
4.3.2.1. <i>Refinerías</i>	46
4.3.2.2. <i>Centros de tratamiento de gas natural</i>	48
4.3.2.3. <i>Centrales eléctricas (públicas y autoproductoras)</i>	48
4.3.2.4. <i>Coquerías y altos hornos</i>	53
4.3.2.5. <i>Carboneras</i>	53
4.3.2.6. <i>Destilerías de etanol</i>	54
4.3.2.7. <i>Plantas de biodiesel</i>	55
4.3.2.8. <i>Otros centros de transformación</i>	56
4.3.3. Consumo final energético	56
4.3.3.1. Sector agropecuario (CIIU división 01)	57
4.3.3.2. Sector pesca (CIIU división 01)	57
4.3.3.3. Sector silvicultura (CIIU división 02)	57
4.3.3.4. Sector de minas y canteras (CIIU división 10 a 14)	58
4.3.3.5. Sector industrial manufacturero (CIIU división 15 a 37)	58
4.3.3.6. Sector de la construcción (CIIU división 45)	59
4.3.3.7. Sector transporte (CIIU división 60 a 62)	59
4.3.3.8. Sector comercial y servicios (CIIU división 41, 50 a 55, 63 a 93)	61
4.3.3.9. Sector residencial	61
4.3.3.10. Consumo final no energético	62
4.3.3.11. Consumo propio	62

4.3.3.12. Pérdidas	63
4.4. Cuentas del balance energético	64
4.4.1. Cuentas del balance energético en el formato olade	64
4.4.1.1. Cuentas con actividades (filas)	64
4.4.1.2. Cuentas con fuentes de energía (columnas)	66
CAPITULO V	71
5. RESERVAS Y POTENCIALES	72
5.1. Reservas	72
5.1.1. Reservas de hidrocarburos	72
5.1.2. Reservas de carbón mineral	73
5.1.3. Reservas de uranio o combustibles fisionables	73
5.2. Potenciales energéticos	73
5.2.1. Potencial de hidroelectricidad	73
5.2.2. Potencial de geotermia	74
5.2.3. Potencial eólico	74
5.2.4. Potencial solar	75
5.2.5. Potencial de biomasa (bioenergético)	76
CAPITULO VI	77
6. PRECIOS DE LOS ENERGÉTICOS	78
6.1. Precios de referencia de los energéticos	78
6.1.1. Precio interno	78
6.1.2. Precios externos	80
6.2. Precios promedio de los energéticos	80
6.2.1. Precios promedio por energético	81
6.2.1.1. <i>Petróleo crudo</i>	81
6.2.1.2. <i>Gas natural</i>	81
6.2.1.3. <i>Carbón siderúrgico y carbón térmico</i>	82
6.2.1.4. <i>Coque de carbón</i>	82
6.2.1.5. <i>Nuclear</i>	82
6.2.1.6. <i>Leña</i>	82
6.2.1.7. <i>Electricidad</i>	83
6.2.1.8. <i>Biocombustibles</i>	83
6.2.1.9. <i>Gas Licuado de Petróleo (GLP)</i>	83
6.2.1.10. <i>Gasolinas</i>	83
6.2.1.11. <i>Kerosene y turbo</i>	84
6.2.1.12. <i>Diesel oil</i>	84
6.2.1.13. <i>Fuel oil</i>	84
6.2.1.14. <i>Carbón vegetal</i>	84
6.2.1.15. <i>Lubricantes</i>	85
6.2.1.16. <i>Asfalto</i>	85
CAPITULO VII	87
7. INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA	88
7.1. Infraestructura del sector hidrocarburos	88
7.1.1. Campos petroleros y gasíferos	88
7.1.2. Oleoductos, gasoductos y poliductos	89
7.1.3. Ductos internacionales	89
7.1.4. Refinerías	89
7.1.5. Plantas de tratamiento de gas	90

7.1.6. Plantas de licuefacción y regasificación	90
7.1.7. Instalaciones de almacenamiento	90
7.2. Infraestructura de carbón mineral	91
7.2.1. Yacimientos y minas	91
7.2.2. Sistemas de transporte	91
7.2.3. Coquerías	92
7.2.4. Altos hornos	92
7.2.5. Instalaciones de almacenamiento	92
7.3. Infraestructura del sector eléctrico	92
7.3.1. Centrales eléctricas	92
7.3.2. Interconexiones internacionales (comercio exterior)	93
7.3.3. Campos geotérmicos	93
7.3.4. Proyectos hidroeléctricos	94
7.4. Infraestructura de energías renovables	94
7.4.1. Plantaciones bioenergéticas	94
7.4.2. Carboneras	95
7.4.3. Destilerías	95
7.4.4. Plantas de biodiesel	95
7.4.5. Plantas de biogás/ biodigestores	96
7.4.6. Otros centros de transformación de biomasa	96
CAPITULO VIII	97
8. VARIABLES NACIONALES	98
8.1. Variables nacionales del sector eléctrico	98
8.2. Variables del sector hidrocarburos	99
8.3. Variable del sector de carbón mineral	99
8.4. Variables del sector de energías renovables	99
8.5. Variables económicas	100
8.6. Variables demográficas	100
CAPITULO IX	101
9. IMPACTO AMBIENTAL	102
9.1. Introducción	102
9.2. Emisiones de CO ₂ por el método de referencia	102
9.2.1. Consumo aparente	104
9.2.2. Factores de emisión de CO ₂	104
9.2.3. Fracción de carbón oxidado	105
9.2.4. Volumen de carbón almacenado	106
9.2.5. Emisiones del consumo de biomasa	107
9.3. Método por actividades y tecnologías	107
9.3.1. Fuentes de información	108
9.3.2. Factores de emisión	108
CAPITULO X	117
10. INDICADORES	118
10.1. Indicadores para el sector energético	118
10.2. Clasificación de los indicadores básicos del SIEE	118
10.3. Descripción y formulación de los indicadores	119
10.3.1. Indicador de carácter general	119
10.3.1.1. Tasa de crecimiento	119
10.3.2. Indicadores socio-económicos	120

10.3.2.1. PIB per cápita	120
10.3.2.2. Relación población urbana sobre población total	121
10.3.2.3. Relación población económicamente activa sobre población total	121
10.3.2.4. Composición sectorial del PIB	122
10.3.3. Indicadores económico-energéticos	122
10.3.3.1. Intensidad energética agregada	122
10.3.3.2. Intensidad energética por sectores económicos	122
10.3.3.3. Precio medio de la energía a consumidor final	123
10.3.3.4. Precio medio de la energía por energético	123
10.3.3.5. Elasticidad demanda energética respecto al pib	124
10.3.3.6. Elasticidad demanda energética respecto al precio	125
10.3.3.7. Dependencia del consumo energético de las importaciones de energía	126
10.3.4. Indicadores energéticos per cápita	126
10.3.4.1. Consumo energético total per cápita	126
10.3.4.2. Consumo eléctrico per cápita	126
10.3.5. Indicadores de la estructura del sector energético	127
10.3.5.1. Estructura de la producción de energía primaria	127
10.3.5.2. Estructura del consumo de energía por energético	127
10.3.5.3. Estructura del consumo de energía por sector	128
10.3.5.4. Estructura de la generación eléctrica por energético	128
10.3.5.5. Estructura del consumo eléctrico por sector	128
10.3.6. Indicadores de impacto ambiental	129
10.3.6.1. Participación de los recursos renovables en la oferta energética total	129
10.3.6.2. Emisiones de gases de efecto invernadero per-capita	129
10.3.6.3. Intensidad de emisiones totales respecto al pib	130
10.3.6.4. Emisiones de gei por unidad de electricidad generada	130
10.3.7. Indicadores de eficiencia energética	131
10.3.7.1. Eficiencia de transformación energética	131
10.3.7.2. Eficiencia de generación eléctrica	131
10.3.7.3. Factor de utilización de las instalaciones energéticas	132
10.3.7.4. Factor de pérdidas por transporte y distribución de energía	133
10.3.8. Indicadores de reservas y potenciales	134
10.3.8.1. Porcentaje del potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado	134
10.3.8.2. Alcance de las reservas probadas de recursos fósiles	134
10.3.9. Indicadores de desarrollo energético sostenible	135
CAPITULO XI	137
11. SISTEMAS DE UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSIÓN	138
11.1. Sistema Internacional de Unidades (S.I.)	138
11.1.1. Conferencia general de pesas y medidas	138
11.1.2. Consagración del S.I.	138
11.1.3. Sistema coherente	138
11.2. Unidades del Sistema Internacional de Unidades	138
11.3. Equivalencia entre el S.I. y otros sistemas de unidades	141
11.4. Equivalencia entre las unidades energéticas comunes	142
11.5. Factores de conversión de unidades físicas a calóricas	144
11.6. Factores de eficiencia de las instalaciones energéticas	146
11.6.1.1. Energía térmica útil	146
11.6.1.2. Eficiencia en centrales termoeléctricas convencionales	146

ANEXOS	147
Anexo I. Diagramas de Procesos	148
Anexo II. Diagrama Proceso de Extracción de Gas Natural	148
Anexo III. Tecnologías	149
Anexo IV. Energía nuclear o nucleenergía	154
Anexo V. Energías no comerciales	154
Anexo VI. Tratamiento de la cogeneración	155
Anexo VII. Clasificación del Carbón Mineral	158
Anexo VIII. Energía Eólica	159
BIBLIOGRAFÍA	161

PRÓLOGO

La Organización Latinoamericana de Energía-OLADE, pone a disposición de sus Países Miembros y al público relacionado al sector energético, esta publicación que tiene como objetivo principal convertirse en una guía de referencia para la administración de estadísticas energéticas.

Por medio de este documento OLADE busca en cada País Miembro promover el fortalecimiento y la sustentabilidad de un sistema estructurado, fundamental para la administración organizada, estandarizada, eficaz y eficiente de estadísticas energéticas, que cumplan con las características de consistencia, completitud y puntualidad. Parámetros que en combinación con información económica, social y de otros ámbitos, permitan analizar como las tendencias y la inercia del pasado, pueden afectar el futuro desarrollo del sector energético.

Este manual contiene los conceptos básicos necesarios para la gestión, recopilación, administración y validación de las estadísticas del sector energético. Para obtener como objetivos principales; la elaboración de los balances energéticos en términos de energía final, el cálculo del inventario de gases de efecto invernadero y la generación de una gama de indicadores de tipo energético, económico, económico-energético y de impacto ambiental.

Adicional a la información relacionada al balance este documento, también incluye temas complementarios que ayudan en el análisis del sector energético tales como: reservas y potenciales, precios de los energéticos, infraestructura energética y variables socio-económicas.

Otro aspecto a considerar dentro de las estadísticas energéticas, es la importancia de mantener una organización sistemática, de acuerdo a estándares internacionales. Por esta razón este documento tiene como referencia al International Recommendations for Energy Statistics (IRES) de la United Nations Statistical Commission UNSD.

Agradecemos a las autoridades gubernamentales de nuestros Países Miembros, y en especial a los Asesores de los sistemas de información, y al equipo de consultores y funcionarios que conforman la Secretaría Permanente de OLADE, que han contribuido en la elaboración de este documento de consulta.

Alfonso Blanco Bonilla
Secretario Ejecutivo
OLADE

El presente documento fue elaborado por la Organización Latinoamericana de Energía - OLADE con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo - BID. Este trabajo tiene como objetivo principal contribuir a las estrategias del SEforALL Américas proyecto liderado por el BID.



CAPÍTULO I

Estadísticas energéticas

1. Estadísticas energéticas

1.1. INTRODUCCIÓN

Las estadísticas energéticas juegan un papel importante en la planificación energética nacional y regional, dentro de ellas el balance de energía puesto que se construyen con base en los valores que reportan los países a las organizaciones internacionales.

Debido a la relevancia que presentan los datos estadísticos, es imprescindible la organización sistemática de la información de acuerdo a estándares internacionales que permitan la comparabilidad. Es así como OLADE desde la versión anterior del Manual de Estadísticas Energéticas del año 2011 ha hecho el esfuerzo de armonizar su estructura con la de iniciativas de transparencia de información energética como JODI (Joint Organisations Data Initiative).

Los organismos internacionales más importantes han hecho un esfuerzo significativo por crear un estándar para el entendimiento mutuo entre países, tal es el caso del Internacional Recommendations for Energy Statistics (IRES), La Agencia Internacional de Energía (AIE), La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y por supuesto OLADE, consciente del papel preponderante que cumple en la recopilación de las estadísticas energéticas en los países de América Latina y El Caribe, ha hecho esfuerzos significativos por medio de sus sistemas de información Energética SIEE-SIER y cada uno de los asesores SIEE quienes revisan y aprueban las metodologías propuestas en este documento.

La presente actualización del Manual de Estadísticas Energéticas contempla las decisiones acordadas en la XVI Reunión de Trabajo de los Asesores SIEE llevada a cabo en Puerto España, Trinidad Tobago el 23 de Octubre de 2015; sobre la nueva estructura de la Matriz del Balance Energético presentado por OLADE.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE DATOS ESTADÍSTICOS

Las fuentes típicas de datos estadísticos son las encuestas a la población bajo estudio. Se realizan o bien mediante la consulta a toda la población, que se llamará censo, o a una muestra significativa en cuyo caso se llamará encuesta, de la que se hablará más adelante en este manual. Los censos son ejercicios intensivos que requieren alto consumo de tiempo y recursos debido a que hay que consultar a toda la población. Sin embargo, dependiendo de la población de interés y los recursos disponibles de cada país en particular, el censo puede ser una buena opción para obtener datos energéticos.

Las encuestas de muestreo se utilizan para recopilar información de una parte de la población llamada muestra, a partir de la cual se sacarán conclusiones sobre toda la población y son, en la mayoría de los casos, menos costosas que los censos. Las encuestas más utilizadas según IRES (2011) en función de la muestra son: 1. Encuestas a las empresas, 2. Encuestas a los hogares y 3. Encuestas mixtas: hogares y empresas. Cabe resaltar que una parte importante del esfuerzo que se realice en el tema de estadísticas, debe estar encaminado a encontrar un diseño adecuado de las fuentes de estadísticas energéticas, en las cuáles las encuestas juegan una papel muy importante, pues son sus principales fuentes de datos.

En el caso de OLADE, las fuentes principales de información son las Instituciones Oficiales relacionadas al sector energético, mediante una estructura organizada de contactos dentro de la cual se establece un enlace de comunicación entre un especialista de OLADE y un punto focal en cada uno de sus Países Miembros denominado Asesor SIEE.

Los datos necesarios para el análisis y procesamiento estadístico proceden de distintas fuentes. La información operativa energética debe ser recolectada tanto en organizaciones públicas como privadas, estas entidades tienen este tipo de registros para sus procesos internos de gestión y es utilizada posteriormente con fines de estadísticas energéticas.

Las instituciones del estado recolectan información relacionada con el monitoreo, registro y supervisión de las actividades relacionadas con la producción y el consumo de energía; buscando la reducción de los tiempos de recopilación, mayor frecuencia en la actualización de datos, entre otras.

Las entidades privadas como las industrias y los productores de energía recolectan información de tipo estadístico para los procesos de control interno de la producción, lo cual es de vital importancia para la labor desarrollada y muestra índices de eficiencia.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que a la hora de analizar las estadísticas energéticas se identifiquen y revisen las distintas fuentes de datos operativos que tiene el país, puesto que estas recopilan información para distintos fines, muchas veces no relacionados con el sector energético.

Algunos registros que recopilan los países y que son valiosos como fuentes de datos energéticos de tipo operativo son: Registros aduaneros (importación y/o exportación de los productos energéticos), registros sobre los tipos de impuestos a los combustibles, registros de los operadores del mercado regulado de gas y electricidad, censos poblacionales, entre otros; los países recolectan esta información, no necesariamente con fines de estadísticas energéticas por lo que deberá realizarse una actividad de clasificación de dicha información. (Manual de Planificación Energética, 2014)

Existen también datos recolectados por organizaciones del sector privado que pueden ayudar a entender al sector industrial y comercial así como algunos aspectos importantes relacionados con sus actividades productivas; es posible que esta información sea de carácter confidencial, por lo que se deberán realizar las respectivas gestiones para liberar las restricciones de confidencial. La información proveniente de algunas empresas consultoras dedicadas a estudios de proyectos energéticos o de estudios de mercado, puede tener algún costo, por lo que se deberá evaluar si el costo-beneficio proveniente de tal fuente de información satisface las necesidades.

1.3. INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ENERGÉTICA

Es necesario indicar que para efectos de ésta publicación al citar a un Sistema de Administración de Información se hace referencia a una estructura organizada con roles, responsabilidades, métodos, procedimientos, metodologías y cronogramas, para la administración y publicación de la información del sector energético; sin confundir con un Sistema de Información Energética el cual permite la automatización de dicho sistema.

El marco legal es uno de los puntos más importantes que debe resolverse a la hora de institucionalizar el sistema de administración de información energética ya que debe considerársele para todo lo relacionado con las estadísticas, pues especifica las responsabilidades y leyes por las que deben regirse las entidades que recolecten y provean los datos, produzcan o utilicen estadísticas.

Un segundo punto para resolver es crear los arreglos institucionales adecuados entre las agencias con datos importantes para las estadísticas energéticas, de manera que se puedan realizar los procesos adecuados de recolección y análisis de la información. Es conveniente crear un estándar para dichos procesos entre todas las instituciones involucradas; así como la creación de un sistema de información centralizado de las estadísticas energéticas. Es recomendable que estos estándares estén en concordancia con las metodologías internacionales de manera que se puedan comparar y de ser el caso utilizar datos que pudieran tener las agencias energéticas internacionales.

1.3.1. Identificación de actores proveedores de información

OLADE al igual que otros organismos internacionales distinguen principalmente tres grupos de proveedores de información: Las industrias energéticas, los autoproductores y los consumidores de energía.

Las industrias energéticas son entidades cuya actividad principal es la producción de energía, pueden concentrarse en el procesamiento de un combustible particular o especializarse en una parte del suministro de energía. A este grupo pertenecen los generadores de electricidad, las plantas de procesamiento de gas y las refinerías entre otras.

Para los productores de energía es importante contar con un registro detallado de la información de sus procesos no solamente para la administración de su negocio sino también para cumplir con los reportes que exigen las entidades regulatorias. De esta manera los

datos que proceden de esta fuente pueden ser obtenidos fácilmente sin mucha demora y con alta calidad.

Cuando la persona que procesa los datos estadísticos no tiene contacto directo con los productores de energía es usual que algunas instituciones como asociaciones de productores, cámaras industriales, oficinas regionales y organizaciones civiles actúen como intermediarios entre las personas responsables del manejo de información y las fuentes originales con el fin de facilitar el proceso de recolección de los datos.

Los Autoprodutores: Son los productores de electricidad que generan para su propio consumo, y que pertenecen principalmente a los sectores industrial, comercial y residencial; en algunas ocasiones suministran excedentes de energía a la red pública, sin que sea esta parte de su actividad principal. Por ejemplo las empresas de cogeneración eléctrica que generan a partir del calor remanente de sus procesos industriales. Desde el punto de vista de las estadísticas energéticas no es usual que estas empresas tengan la misma calidad de la información que tienen aquellas cuya actividad principal es la producción de energía, en estos casos se necesitarán aplicar encuestas especiales para la recolección de los datos.

Aunque en muchos casos los Autoprodutores participan con una pequeña fracción de la producción energética nacional, las recomendaciones internacionales apuntan a que sean contabilizados dentro de las estadísticas energéticas nacionales, particularmente porque hay una tendencia al incremento de dicha participación y porque su generación es importante para la medición de emisiones de CO₂ y para el cálculo de los indicadores de eficiencia energética. En países donde los Autoprodutores de energía juegan un rol significativo en el agregado nacional de suministro energético y consumo, deben existir procedimientos más adecuados que ayuden a obtener mejores datos. En algunos países la autoproducción requiere un permiso del gobierno, el cual facilita el monitoreo de estas compañías obteniéndose datos más significativos.

Consumidores energéticos: Pertenecen a este grupo tanto los sectores de consumo final como industrial, transporte, residencial, comercial etc. Como el propio sector energético. Los procesos para obtener la información de estos grupos requiere un mayor esfuerzo por parte de las organizaciones de estadísticas puesto que se deben considerar características como dispersión, diversidad, movilidad entre otras, lo que hace que las encuestas a consumidores sea la principal fuente de recolección de los datos, pero estas deberán ser diseñadas con metodologías específicas y estrategias de recolección considerando subgrupos de consumidores, dadas sus particularidades.

En la mayoría de casos son los productores quienes proveen la información sobre el consumo energético de sus usuarios. Sin embargo, cuando se tiene información incompleta se hace necesario diseñar encuesta para los consumidores; en otros casos como el consumo de leña es necesario aplicar una encuesta a los sectores residenciales con el fin de obtener dicha información.

1.3.2. Formalización del Comité de Información Energética

OLADE con el propósito de consolidar un Sistema de Administración de Información sustentable para la gestión de las estadísticas energéticas, recomienda una estructura organizacional denominada "Comité de Información Energética".

En la visión de OLADE, el Comité de Información Energética es un comité de especialistas del sector energético interesados en proporcionar y recibir información energética actualizada en el que participan efectivamente, representantes de las principales instituciones relacionadas con el sector.

Está constituido por tres tipos de integrantes: en primer lugar el equipo técnico encargado de la administración y asistencia técnica, en segundo lugar los coordinadores subsectoriales que son un grupo de especialistas del Ministerio o Secretaría de Energía y en tercer lugar los representantes de las entidades públicas y privadas, vinculadas o relacionadas con el sector energético.

Las funciones principales de los integrantes del Comité de Información Energética son, en primer lugar, asesorar al Administrador del sistema con el objetivo de establecer características, disponibilidad y requerimientos de la información, en particular para cada uno de los subsectores que representan y en general para todo el sector energético. En segundo lugar, facilitar el acceso a la información y permitir la colaboración de las entidades que representan quienes además proponen alternativas adecuadas sobre la operación, funcionalidad, administración y difusión del sistema de administración de estadísticas energéticas.

El administrador del sistema tiene las siguientes funciones:

- Coordinar con el Comité de Información Energética, el contenido, alcance y desagregación de la información que se administra en el sistema.
 - Coordinar la recopilación, procesamiento y almacenamiento de la información del sistema.
 - Identificar los temas a ser considerados por el Comité.
 - Convocar y coordinar las reuniones del Comité.
 - Mantener el sistema en constante funcionamiento, garantizando la calidad, oportunidad y veracidad de la información.
 - Informar al resto del Comité el estado y funcionamiento del sistema.
 - Promover la divulgación del sistema de administración de información energética, entre las autoridades del sector y la comunidad energética.
- Evaluar la posibilidad de disponer de una herramienta informática que permita la automatización del sistema de administración de información energética. OLADE para sus Países Miembros pone a su disposición de la plataforma informática el Sistema de Información Energética Regional OLADE-SIER.

En el caso de disponer de un sistema informático, es necesario designar el *Especialista Informático* quien deberá asesorar al Comité de Información en tecnologías informáticas relacionadas con la herramienta y que se encargará de las siguientes actividades:

- Instalar y actualizar los componentes del Sistema de Información Energética.
- Administrar el sistema como herramienta informática.
- Proporcionar soporte técnico informático a los integrantes del Comité y a los usuarios del Sistema.
- Propiciar un enlace técnico informático con el organismo administrador.

Los *Coordinadores Subsectoriales* son los responsables de coordinar, con las entidades del sector, el suministro de la información que se administra en el sistema, apoyando con su experiencia el almacenamiento revisión y control de calidad de los datos; elaborando o participando en la elaboración de análisis y diagnósticos del área de su especialidad y del sector en general. Colaborarán con el Administrador del Sistema en las siguientes actividades:

- Proporcionar apoyo técnico en un subsector energético determinado.
- Facilitar la interacción entre el Administrador del Sistema y los Asesores subsectoriales.
- Mantener los criterios de consistencia, veracidad y oportunidad de la información.
- Gestionar la recopilación y actualización de la información subsectorial.
- Establecer los requerimientos del Ministerio, Secretaría o Entidad que administre el sistema.
- Definir los requerimientos de la información relacionada con su subsector.

Los *Asesores Subsectoriales* orientan al Administrador del Sistema sobre las características de la información, contenido, alcance y especificaciones funcionales del sistema, facilitando el suministro de información de cada una de sus instituciones y promoviendo la difusión del sistema en sus entidades. Se encarga de las siguientes actividades:

- Establecer un procedimiento adecuado para el flujo y la administración de las estadísticas que requiere el Sistema.
- Definir los requerimientos del Sistema, de acuerdo con la estructura del sector energético.
- Implementación, administración y mantenimiento del sistema.
- Gestionar la difusión de usuarios externos y del público en general, al sistema.
- Asesorar al Comité Estadístico para la definición e implementación de una estructura de información adecuada para su país.
- Facilitar el acceso a la información y la colaboración de las entidades que representan a sus integrantes.
- Establecer los criterios de consistencia, veracidad y oportunidad de la información.
- Gestionar el suministro y consolidación de la información subsectorial

A continuación se describen algunos de los beneficios de disponer de un Sistema de Administración de Información:

- El Sistema de Administración de Información integrará toda la información de la cadena energética, estableciendo criterios homogéneos para su estandarización, garantizando la confiabilidad de los resultados y el análisis que se realice a partir de ellos.
- El Sistema dispondrá de series históricas para las más importantes variables del sector energético, a partir de las cuales se podrán establecer comportamientos tendenciales, identificar las causas de cambios en la composición de la matriz

- energética, así como la perspectiva del comportamiento futuro del sector.
- La implementación de un Sistema de Administración de información permitirá optimizar la oportunidad y periodicidad con que hasta ahora se había suministrado y divulgado la información energética de cada país.
 - Con el sistema se obtendrán indicadores que combinen información económica y energética, potencializando el análisis del sector y aportando mejores elementos para su planificación.
 - Adicional a los beneficios anteriores, en el caso de implementar un sistema informático como el OLADE-SIER que proporciona OLADE, el sistema de información ofrecerá en una misma plataforma, además de datos de tipo numérico, documentación, textos e información sobre la legislación que se aplica al sector energético.
 - El OLADE-SIER como herramienta informática, cuenta con la última tecnología, de manera que su actualización, administración y consulta es simple, práctica, de fácil respuesta, posible para cualquier usuario sin estar condicionada a plataformas o conocimientos especializados. Así mismo, la ampliación de contenidos y mejoras futuras será posible con un mínimo esfuerzo tecnológico y de recursos.
 - El sistema de administración de estadísticas energéticas amplía la posibilidad de un mejor conocimiento del comportamiento del sector energético, tanto para las autoridades como para la sociedad en general, proporcionando mejores elementos para su desarrollo y planificación.

Para la *conformación del Comité de Información Energética*, el Administrador del Sistema convocará a una reunión a representantes de las entidades e instituciones vinculadas o relacionadas con el sector energético, pertenecientes a las áreas de elaboración y/o análisis de estadística e información, con el fin de presentar las características, actividades, alcances y beneficios del sistema y solicitar su participación como Asesores del Sistema de información.

Se recomienda que el Comité sea formalizado mediante una resolución o normativa expedida por el Ministerio o Secretaría, con lo cual tenga el respaldo institucional para solicitar la colaboración de las demás entidades. Así mismo, acordar un procedimiento que permita que el representante de cada entidad sea designado en forma oficial para contar con el respaldo institucional de esta.

1.4. FUENTES DE DATOS ESTADÍSTICOS: ENCUESTAS ESTADÍSTICAS

Como ya se explicó en este capítulo los censos y las encuestas son las fuentes más importantes para la obtención de los datos energéticos, pero en vista de que el censo requiere una gran inversión en recursos de tiempo y dinero se utiliza principalmente la encuesta como fuente típica de datos estadísticos. Las encuestas estadísticas se realizan a la población de interés bajo consideración y a partir de ella se infieren resultados para toda la población.

Las encuestas típicas se pueden clasificar de acuerdo al estándar internacional del IRES en:

1. Encuestas industriales (desde el punto de vista de la oferta energética, realizadas a empresas que producen energía)
2. Encuestas a hogares (grupos de personas con similares características económicas y sociales); estas encuestas se utilizan para saber características de la demanda energética y
3. Encuestas mixtas que son una combinación de las dos anteriores.

El diseño de las encuestas estadísticas es muy importante y se espera que tenga en cuenta aspectos importantes como las necesidades de información particular por la cual se va a realizar la encuesta así como los objetivos de dicha información, de esta manera se podrá proceder a seleccionar la muestra (tamaño y grupo(s) de interés) que va a ser objeto de la encuesta. Es importante tener en cuenta que como producto final del diseño de la encuesta se obtendrán cuestionarios y documentación de apoyo que servirá para preparar a los entrevistadores con el objetivo de resolver cualquier posible duda que se pueda presentar con los entrevistados.

A partir de la experiencia de OLADE en la recopilación de datos de diferentes fuentes energéticas se recomienda la coordinación y el diálogo permanente entre las instituciones que elaboran encuestas tales como los distintos Ministerios de un país, de manera que no se superpongan generando gastos innecesarios de recursos en el diseño de la encuesta y una carga adicional en los entrevistadores que aplican las encuestas.

Las encuestas energéticas en general, muestran mejor información asociada al consumo de los combustibles que otras fuentes como registros oficiales. En particular cuando se diseñan encuestas para consumo de biomasa dirigidas a grupos específicos de tipo rural

serán la mejor opción para la recopilación de información energética. Aunque a menudo estos datos deben ser estimados cuando no se tienen los recursos de tiempo y dinero.

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) recomienda cuando se diseñan encuestas específicas para la biomasa tener en cuenta el número de habitantes que consumen leña para fines de cocción, cuántos tienen acceso a otro tipo de combustibles y cuántos utilizan la leña con fines de calefacción. Se recomienda para este tipo de encuestas la preparación de las preguntas de manera sencilla y directa con preguntas cuya respuesta sea “sí” o “no”, de manera que se permita una comprensión clara entre el entrevistador y el entrevistado además de optimizar el tiempo empleado para la realización de la encuesta. Lo cual en el ámbito rural puede ser muy significativo por las grandes distancias que podrían recorrerse.

Finalmente es importante advertir que en algunos casos el muestreo de todos los subgrupos de interés será una tarea difícil y por lo tanto se deberán utilizar estimaciones basadas en los resultados de encuestas, así como inferirse resultados basados en características geográficas y socioeconómicas de subgrupos similares.

1.5. RECOLECCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS

Es importante que cada país tenga programas y metodologías para la recolección de datos con fines de estadísticas energéticas, que deberán cumplir con criterios de calidad de la información, métodos de cálculo estandarizados, fuentes de datos tanto nacionales como internacionales de manera que se tenga información: detallada, completa, oportuna y confiable.

El manual de planificación energética de OLADE recomienda a los países realizar las siguientes acciones con el fin de obtener un proceso de recolección de la información adecuado:

- Determinar las organizaciones que son específicamente responsables de los datos y los análisis estadísticos.
- Revisar y verificar el alcance, calidad y confiabilidad de los datos básicos. Esta evaluación puede incluir disponibilidad de los datos, frecuencia del reporte o recolección de los datos, periodos de tiempo, calidad, confiabilidad y relevancia. Las estadísticas deberían ser consistentes en forma y definición. Las unidades de medida deberían ser estandarizadas.
- Determinar la existencia y el tipo de indicadores de energía que ya están siendo usados. En este caso habría que determinar si esos indicadores están en armonía con los propuestos en este capítulo.
- Identificar las fuentes de información y los mecanismos y protocolos para acceder a los datos.
- Evaluar la estructura institucional responsable de la generación de información y de la verificación de la adecuada coordinación sistémica u organizacional.

Como ya se ha dicho en este capítulo la recolección de datos con fines de estadísticas energéticas puede conllevar un gasto significativo de recursos que para la situación de algunos países en particular hace inviable esta tarea al menos parcialmente, en cuyos casos la mejor solución puede ser optar por realizar estimaciones más generalizadas que no involucren grandes recursos. El marco regulatorio y las metodologías de los países deberán realizar una evaluación organizada del proceso de alcance y cobertura de recolección de la información y en cuales casos la mejor opción será estimar datos.

De acuerdo a las recomendaciones internacionales del IRES (2011), asumidas dentro del Manual de Planificación Energética de OLADE (2014), la tarea de recolección de los datos debe tener en cuenta: El diseño conceptual, las instituciones de las que se obtendrá la información, la cobertura geográfica, el periodo de referencia y la frecuencia con la cual los datos se recolectan.

Según el IRES, en el diseño conceptual se establece el objetivo general de la recolección de datos. En el alcance de la temática se deben tener en cuenta las estructuras de las diferentes cadenas productivas y su situación actualizada, el tipo de datos estadísticos que se van a recolectar, como por ejemplo, los flujos y existencias de productos energéticos, y las unidades de medida. Además se deben aplicar estándares internacionales en el proceso de diseño de la base de datos.

Las instituciones y organizaciones de las que se obtienen los datos, deben ser conocidas por el grupo de trabajo que realizará la recolección de los datos con el fin de realizar un trabajo eficiente. Es recomendable la clasificación en grupos como: empresas energéticas, autoproductores y consumidores de energía.

La Cobertura geográfica identifica el área física para la cual se recolectan los datos estadísticos que es en general de alcance nacional pero, dependiendo de las prioridades de los países se podrá realizar también a nivel regional, teniendo en este caso un nivel de detalle en la información energética de mejor calidad.

El Período de referencia se refiere al periodo de tiempo que abarcan los datos recolectados. En ese periodo de referencia los datos pueden ser recolectados con una frecuencia de hora a hora, día a día, mes a mes, etc.

El periodo de referencia de datos debe ser planificado y registrado cuidadosamente ya que los datos recolectados pueden tener un comportamiento cíclico o estacional. Esto último puede establecer una gran diferencia en el análisis, pudiendo ser una fuente de error en caso de que la época del año en la que se recolecta la información no sea la adecuada.

La Frecuencia de recolección de los datos

La mayoría de agencias internacionales de estadísticas energéticas realizan la recolección de datos anualmente debido a necesidades de información más detallada que cubren toda la cadena: producción, transporte y consumo. Otras agencias como JODI realizan la recolección de datos mensuales. En general la frecuencia de recolección de datos (mensual, trimestral, semestral o anual) dependerá de la prioridad de los datos, por ejemplo es importante disponer de los datos de producción y comercialización mensual del petróleo. Aunque esta debe ser de menor alcance que la realizada anualmente debido a que un incremento en la frecuencia de recolección de los datos en general aumenta los costos asociados.

En algunos casos la recolección de datos con frecuencia menor a la anual, se desarrolla por razones especiales como llenar vacíos en los datos que se recolectan anualmente, para establecer una línea base de la información.

En OLADE se realiza la recopilación de datos anuales con el fin de realizar el balance energético, así como información anual de reservas, potenciales, precios de los energéticos, infraestructura energética, variables nacionales e impacto ambiental. Existe también una propuesta de recolección de datos mensuales de oferta y demanda de hidrocarburos con el fin de armonizar las estructuras con el JODI, también se recopila información mensual de electricidad, biocombustibles, precios al consumidor final y de comercio exterior.

1.6. ANÁLISIS DE LOS DATOS

En esta etapa se procesan los datos obtenidos de la etapa anterior (recolección) para convertirlos en nueva información. El procesamiento se realiza mediante modelos estadísticos que de manera organizada y siguiendo un conjunto de reglas toman los datos y los transforman en salidas estadísticas. De acuerdo a la experiencia de OLADE y con base en estándares internacionales como el IRES (2011) el análisis de los datos contempla las siguientes etapas:

1. Validación y edición de los datos
2. Imputación de los datos faltantes
3. Estimación de las características de la población.

La primera etapa organiza los datos y los procesa con el objetivo de dar una mirada a la información, para determinar si hubo errores en la etapa de recolección tales como, cobertura insuficiente, preguntas que no obtuvieron respuesta, respuestas fuera del rango esperado, respuestas contradictorias, entre otras. En la siguiente etapa se procesan los datos con respuestas insuficientes o contradictorias mediante un proceso de sustitución de valores con el objetivo de tratar los datos con técnicas estadísticas. Finalmente en la tercera etapa cuando no se observan datos con características confiables se necesitará realizar una estimación de los datos faltantes de acuerdo a los datos históricos obtenidos.

Los problemas que se observan en la información estadística a menudo se relacionan con el diseño de los cuestionarios, principalmente por desconocer las características de la población, errores cometidos por los encuestadores debido a entrenamiento inadecuado, errores en los formatos de las instituciones que proveen información energética.

A continuación se describen las etapas del procesamiento de datos descritas anteriormente.

1.6.1. Validación y edición de datos

Es un proceso necesario que garantiza la calidad de los datos recopilados desde distintas fuentes de estadísticas, principalmente desde encuestas. Se realiza un análisis sistemático de la información con el objetivo de identificar y/o modificar los datos cuestionables, con base en procedimientos ordenados de tipo estadístico.

Los procedimientos y criterios para la validación deben ser establecidos por la autoridad estadística correspondiente de acuerdo al tipo de información que se esté procesando. Es importante resaltar que con estos procedimientos organizados se trata de evitar la alteración impropia de los datos originales.

Algunos problemas con los datos pueden ser prevenidos desde la etapa de diseño de los cuestionarios (para el caso de encuestas) relacionando varias preguntas de manera que si no se obtiene respuesta de una de ellas haya varias opciones para ser reemplazadas. Otra posible solución para obtener respuestas adecuadas es dar más tiempo a los proveedores de información para que obtengan los datos.

Debido a que la etapa de validación y edición de los datos requiere personal altamente capacitado así como herramientas estadísticas que pueden ser muy costosas, es importante una valoración adecuada de las áreas más importantes en las que deberán ser enfocados los esfuerzos con el objetivo de no corregir información que no es necesaria, tanto por su poco impacto en los resultados finales como porque pudiera ser el caso de que esté repetida.

1.6.2. Imputación de datos

Según el IRES, la siguiente etapa en el análisis de los datos es la imputación que se refiere al proceso de reemplazar las respuestas equivocadas o la falta de datos, por valores consistentes de manera que se obtenga un conjunto de datos congruente.

Existe una amplia gama de métodos de imputación desde sencillos hasta procedimientos estadísticos complejos que incluyen etapas de optimización con el fin de mejorar los tiempos de procesamiento de la información. En general para elegir un método de imputación de los datos deberá tenerse en cuenta las características de los datos perdidos y la relevancia en el análisis global de dichos datos. Algunas de las propiedades recomendadas por las agencias internacionales para la imputación de datos tienen que ver con:

1. El número de datos imputados deberá ser siempre el mínimo con el objetivo de conservar los datos originales tanto como sea posible.
2. Los datos imputados deben satisfacer todos los controles de edición.
3. La información que ha sido imputada deberá ser siempre anunciada así como el procedimiento mediante el cual se llegó a su sustitución.

1.6.3. Procedimientos de estimación de los datos

Después de que los datos han sido validados, editados y las imputaciones han corregido las respuestas erróneas y las preguntas sin respuesta, los procedimientos especiales se aplican a los valores de la muestra para estimar las características requeridas de la población (estos se denominan procedimientos de "extrapolación"). En algunos casos, se pueden utilizar métodos estadísticos más sofisticados para este propósito. La aplicación de estimaciones es un procedimiento complejo y es recomendable que sean siempre los especialistas quienes hagan esta tarea.

Según el IRES, el tratamiento de los valores atípicos es una estimación importante, particularmente en estadísticas energéticas. Dichos valores son datos suministrados que son correctos pero inusuales en el sentido de que no representan a la población muestreada y por lo tanto pueden distorsionar las estimaciones. Si el peso del muestreo es grande y el valor atípico no ajustado se incluye en la muestra, la estimación final será indebidamente grande y representativa, ya que es impulsada por un valor extremo. La forma más sencilla de hacer frente a un caso atípico, es reducir su peso en la muestra de manera que se represente sólo a sí mismo. Alternativamente, las técnicas estadísticas se pueden usar para calcular un peso mayor, adecuado para la unidad de valor atípico. Los detalles sobre el tratamiento de estos valores deben ser proporcionados en los metadatos.

1.7. CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS

Asegurar la calidad de los datos es uno de los puntos centrales de las oficinas de estadísticas. Los datos energéticos disponibles para los usuarios, son el producto final de un proceso complejo con muchas etapas, incluyendo la recolección de los datos desde varias fuentes, procesamiento de datos, ajuste a las necesidades de los usuarios finales y por último, la disseminación de los datos. La calidad de los datos finales depende de que garantice la excelencia de cada una de las etapas de recolección, procesamiento y análisis de los datos.

Según las buenas prácticas recomendadas en el Manual de Planificación Energética de OLADE (2014) las dimensiones en las cuales puede ser dividida la calidad de los datos, tienen que ver con elementos de calidad tanto estáticos como dinámicos. La dimensión estática tiene que ver con los elementos que tienden a cambiar de forma relativamente lenta. Los elementos estáticos de la calidad de los datos están asociados con características como: relevancia, credibilidad, exactitud, puntualidad, coherencia y accesibilidad. A continuación se presenta cada uno de estos de acuerdo a lo recomendado por IRES (2011).

1. *La relevancia* de las estadísticas energéticas refleja el grado en el cual los datos están disponibles para las necesidades de los usuarios finales. Es decir, es necesario la identificación de las necesidades de grupos de usuarios actuales y potenciales. Las estrategias para la medición de la relevancia incluyen el rastreo de los usuarios, la realización de encuestas de satisfacción y el estudio de resultados. Es importante tener en cuenta la consulta directa a los usuarios clave a cerca de las necesidades y prioridades, así como sus puntos de vista sobre los vacíos y deficiencias en los programas de energía. De manera que se pueda actualizar la relevancia de forma dinámica.
2. *La credibilidad o integridad* de las estadísticas energéticas se construye con el tiempo y se refiere a la confianza que los usuarios depositan en esos datos, basándose en la reputación de los organismos responsables de su producción. Un aspecto fundamental es la confianza en la objetividad de los datos, lo que implica que sean tratados de acuerdo a estándares internacionales aceptados.
3. *La precisión* de las estadísticas energéticas se refiere al grado en el que los datos se estimen correctamente o que describan las cantidades o características para las que han sido diseñados. Debido a que no existe una medida global única de precisión, los errores se caracterizan en términos de sesgo (error sistemático) y varianza (error aleatorio). Aunque para el caso de las estimaciones de energía basadas en datos de encuestas por muestreo, la precisión se puede medir mediante los indicadores de: tasas de cobertura, errores de muestreo, errores de preguntas sin respuesta, errores de procesamiento y errores de medición y de modelo.
4. *La oportunidad de la información* se refiere al tiempo entre el final del periodo de referencia con el cual la información está relacionada y su disponibilidad a los usuarios. Es particularmente importante el periodo en el cual la información permanece útil para sus propósitos principales. Es decir, se tiene en cuenta la rapidez para hacer disponible la información así como el tiempo en que esta pueda ser utilizada sin perder vigencia, esto dependerá tanto de la frecuencia de medición de la entidad encargada como del fenómeno físico que está siendo medido.
5. La coherencia de los datos energéticos se refiere al grado en el cual los datos están lógicamente conectados y son mutuamente consistentes, es decir la medida en la cual ellos puedan ser utilizados en marcos de análisis más amplios. La estructuración de una metodología común y consistente con los diferentes intereses de los usuarios promueve la coherencia de los datos.
6. *La accesibilidad* de la información se refiere a la capacidad de divulgación de la información y a la adopción de ella en los ambientes laborales. Esto incluye el medio por el cual se accede a la información (la facilidad de llegar a él) la disponibilidad de los datos y el soporte que se realice a los usuarios



CAPÍTULO II

Definiciones generales

2. Definiciones generales

A continuación se presentan algunas definiciones importantes desde el punto de vista de la cadena de producción de la energía. Dichas definiciones son parte del quehacer diario del personal involucrado en la elaboración del balance energético de cada país y por lo tanto se hace indispensable el establecimiento de un marco de comprensión generalizado, que permita el entendimiento de las distintas partes involucradas en las estadísticas energéticas.

Las definiciones que se presentan a continuación han sido recopiladas de los estándares internacionales y formuladas de acuerdo con las necesidades de la región, haciendo uso de un lenguaje simple que posibilite la comprensión de los conceptos del ámbito energético y facilite la consulta para toda la comunidad involucrada en las estadísticas energéticas.

En este capítulo se introducen conceptos, definiciones y clasificaciones que serán presentados con mayor profundidad en los capítulos siguientes.

2.1. DEFINICIÓN DE ENERGÍA

Capacidad de un elemento natural o artificial de producir alteraciones en su entorno. La energía puede ser utilizada y / o transformada en movimiento, luz, calor, electricidad, radiaciones, etc.

Dependiendo del ámbito de estudio, como mecánica clásica, mecánica cuántica, teoría de la relatividad, etc., se pueden encontrar diferentes definiciones para la energía. En términos físicos, se entiende como la capacidad de un sistema para realizar un trabajo. Para efecto del tema que compete a este documento, se considera la energía en su manifestación como calor y/o electricidad.

2.2. FORMAS DE ENERGÍA

Las manifestaciones de la energía pueden o no ser perceptibles para nuestros sentidos, pero esta puede, de alguna manera, ser aprovechada o transformada ya sea como movimiento, luz, calor, electricidad, radiación, etc. La energía mecánica (relacionada con el movimiento de materia), se puede clasificar en dos categorías: potencial y cinética. La potencial se refiere a la energía almacenada en el sistema y que puede ser convertida en algún momento en energía de movimiento, por ejemplo la energía almacenada del agua en un embalse, el aire comprimido en un tanque de presión, la energía elástica de un material flexible, etc.; mientras la energía cinética está asociada con el movimiento mismo.

2.3. FUENTES DE ENERGÍA

Conceptualmente es todo elemento o producto, natural y artificial, del cual podemos obtener energía en cualquiera de sus formas o manifestaciones, sin embargo, en el ámbito de las estadísticas energéticas, se consideran solamente aquellos elementos de los cuales podemos obtener calor y/o electricidad.

2.4. MEDICIÓN DE LA ENERGÍA

La cuantificación de la energía desde el punto de vista estadístico, se realiza considerando las fuentes de las cuales se extrae, haciendo las siguientes distinciones:

- a) Fuentes combustibles, como sólidos, líquidos y gases, se pueden medir mediante unidades físicas de masa o de volumen o en unidades energéticas, de acuerdo a su capacidad de producir calor por combustión.
- b) Fuentes no combustibles, como la solar, geotermia, hidroenergía y energía eólica, se medirán solamente en unidades energéticas (calor y/o electricidad).

2.5. CONTENIDO ENERGÉTICO Y VALOR CALORÍFICO

Para efecto de estadísticas energéticas, se entenderá como contenido energético de una fuente, su capacidad de producir electricidad y/o calor. El valor o poder calórico, es la cantidad de calor por unidad de masa, que una fuente material, es capaz de producir al combustionarse.

Existen dos medidas del valor calórico: a) el valor calórico superior y b) el valor calórico inferior.

a) Valor calórico superior o bruto

Cantidad de calor generado por la combustión de un producto, que incluye el calor latente del vapor de agua que se forma, al combinarse el hidrógeno contenido en el producto, con el oxígeno del aire.

b) Valor calórico inferior o neto

Cantidad de calor generado por la combustión de un producto, descontado el calor latente del vapor de agua que se forma. Cabe anotar que para la cuantificación del contenido calórico de las fuentes combustibles, se toma el valor calórico inferior, ya que se considera que el calor contenido en el vapor de agua de la combustión, que es liberado cuando el agua se condensa, se pierde, debido a que este vapor se disipa en la atmósfera.

2.6. DEFINICIÓN DE CADENA ENERGÉTICA

Es la serie de etapas, procesos y eventos, por los que una fuente energética debe pasar desde su origen hasta su aprovechamiento, como producción, transporte, transformación, almacenamiento, consumo, etc.

2.7. DEFINICIÓN DE MATRIZ ENERGÉTICA DE UN PAÍS

Es el estudio del sector energético en el que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes energéticas al interior del país, así como el inventario de recursos energéticos disponibles; considerando para estas variables su evolución histórica y proyección a futuro. El conocimiento y análisis de la matriz energética son elementos básicos para la planificación y aseguramiento del abastecimiento energético.

2.8. DEFINICIÓN DE BALANCE ENERGÉTICO

Contabilización de los flujos de energía en cada una de las etapas de la cadena energética y las relaciones de equilibrio entre la oferta y la demanda, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito de un país o una región y para un período determinado (generalmente un año).

2.9. DEFINICIÓN DE ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS

Son las series de valores en el tiempo, que cuantifican tanto los flujos de la energía a través de la cadena energética, como otras

variables relacionadas con el sector como son: reservas y potenciales, capacidades de producción, de procesamiento, de transporte, de almacenamiento, precios, etc. Se pueden incluir también en estas estadísticas, algunas variables económicas y sociales que son de gran importancia para el análisis del comportamiento energético de un país.

2.10. DEFINICIÓN DE ENERGÍA FINAL

Es la cantidad de fuente energética que se consume en cada uno de sectores económicos y sociales del país, sin importar las eficiencias en los equipos o artefactos consumidores.

2.11. DEFINICIÓN DE ENERGÍA ÚTIL

Es la cantidad de energía realmente utilizada para cumplir la tarea productiva del equipo o aparato consumidor, por ejemplo el calor necesario que deban absorber los alimentos para cocinarse.

Figura 1. Energía Final y Energía Útil



Fuente: OLADE

2.12. USOS FINALES

Son las aplicaciones útiles de la energía, que satisfacen necesidades energéticas específicas como:

- Iluminación
- Calefacción
- Refrigeración
- Aire acondicionado
- Cocción
- Calor de procesos
- Fuerza motriz



CAPÍTULO III

Definiciones de fuentes de energía

3. Definiciones de fuentes de energía

A continuación se presentan las definiciones de las principales fuentes de energía involucradas en la elaboración del balance energético nacional. Estas definiciones fueron revisadas a la luz de los manuales de estadísticas energéticas internacionales y ajustadas de acuerdo a las realidades de la región.

3.1. FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA

Se entiende por energía primaria las fuentes de energía en su estado natural, es decir, que no han sufrido ningún tipo de transformación física o química mediante la intervención humana. Se las puede obtener de la naturaleza, ya sea: en forma directa como en el caso de la energía hidráulica, solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geotermia, etc. Las fuentes primarias de energía, están subdivididas en dos grupos.

FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES

Se consideran fuentes primarias no renovables de energía, a aquellos recursos fósiles agotables en el tiempo, y que tienen un período de formación de muy largo plazo.

3.1.1. Hidrocarburos Primarios

3.1.1.1. Petróleo Primario

Se considera en este grupo al conjunto de hidrocarburos que constituyen los principales insumos para refinerías y plantas de fraccionamiento, a partir de los cuales se obtienen los productos petroleros secundarios. En casos específicos se emplean también como consumo final en determinadas actividades industriales. Este grupo de energéticos se ha subdividido en tres categorías: a) petróleo crudo, b) líquidos de gas natural (LGN) y c) otros hidrocarburos.

Criterios de Clasificación del Petróleo

El petróleo puede clasificarse de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Por el contenido de azufre:
 - Petróleo crudo dulce
 - Petróleo crudo agrio
2. Por su densidad (grados API)
 - Crudo ligero (30°-40°)
 - Crudo medio o mediano (22°-29.9°)
 - Crudo pesado (10°-21.9°)
 - Crudo extrapesado (menos de 10°)
3. Por la composición química
 - Parafina
 - Nafteno
 - Aromático

Petróleo crudo

Mezcla compleja de hidrocarburos de distinto peso molecular, en la que hay una fracción, generalmente pequeña, de compuestos que contienen azufre y nitrógeno. La composición del petróleo es variable y puede dividirse en tres clases, de acuerdo a los residuos de la destilación: como parafinas, asfaltos o una mezcla de ambos.

En su estado natural se encuentra en fase líquida y permanece en esta fase en condiciones normales de presión y temperatura,

aunque en el yacimiento puede estar asociada con hidrocarburos gaseosos. En este concepto se incluyen los líquidos del gas asociado que se condensan al salir a la superficie, en las instalaciones de producción (condensados de petróleo) u otros hidrocarburos líquidos que sean mezclados con el caudal comercial de petróleo crudo. El Petróleo Crudo, es el principal insumo a las refinerías para la elaboración de los productos petroleros o derivados.

➤ Otros hidrocarburos

Este concepto abarca otro tipo de insumos a refinería diferentes al petróleo crudo natural, como son los crudos sintéticos

3.1.1.2. Líquidos de Gas Natural

Son los hidrocarburos de bajo peso molecular licuables, recuperados del gas natural asociado o libre, en las plantas de separación o procesamiento o que se condensan durante el manejo, transporte y compresión del gas natural. Incluyen el propano, el butano, el etano y pentanos y se constituyen en insumos para las refinerías y plantas de fraccionamiento.

3.1.1.3. Gas Natural

Mezcla gaseosa de hidrocarburos. Incluye tanto el gas natural libre como el asociado y se presenta también en las minas de carbón o zonas de geopresión. Para objetos del balance energético se les considera dentro de una misma fuente, tanto al gas libre como al gas asociado neto producido, por ser de naturaleza y usos similares.

En la composición del gas natural participa mayoritariamente el metano, pero también puede incluir etano, propano, otros hidrocarburos en porcentajes menores y algunos gases no combustibles tales como nitrógeno y dióxido de carbono. Cuando se distribuye, el gas natural puede contener también cantidades de biogás y gases manufacturados.

El gas natural es generalmente obtenido en campos petroleros, asociado al flujo de petróleo, así como en campos de gas libre. El gas natural también incluye gas de mina de carbón, gas de veta de carbón y gas de esquisto. Este último es gas natural atrapado en las formaciones de rocas de esquisto y está tomando importancia como fuente de gas natural en ciertos países.

Para efectos de transporte el gas natural puede ser sometido a un proceso de licuefacción donde se reduce la temperatura para simplificar el almacenamiento. El volumen del Gas natural licuado ocupa alrededor de 1/600 de su volumen a condiciones normales y las temperaturas se reduce a niveles de -160 °C.

➤ Gas natural asociado

Mezcla gaseosa de hidrocarburos que se produce asociada con el petróleo crudo. Generalmente contiene fracciones de hidrocarburos líquidos ligeros (condensables) por lo que se le llama frecuentemente “gas húmedo”.

➤ Gas natural no asociado

Mezcla gaseosa de hidrocarburos constituida principalmente por el metano obtenido de los campos de gas. Como en general no contiene condensables se le suele llamar “gas seco” o “gas libre”.

➤ Hidrocarburos no convencionales

Las tecnologías implementadas para producir petróleo y gas de hidrocarburos no convencionales varían en función de las formaciones de las que se extraen, a partir de:

- Arenas petrolíferas: Son arenas sueltas o arenisca parcialmente consolidada, el contenido de hidrocarburos de estos depósitos son un tipo de petróleo denso y extremadamente viscoso (también conocido como asfalto) o petróleo crudo extrapesado; mezclado con otros componentes no energéticos tales como arcilla y agua. Debido a su alta viscosidad, no pueden ser producidos ni tratados con métodos convencionales.
- Gas de esquisto: Petróleo crudo ligero contenido en formaciones de acumulación de petróleo de baja permeabilidad tales como esquisto o arenisca apretada. Con el fin de producirlo, se requiere técnicas de perforación y de recuperación modernas tales como el fracturamiento hidráulico y con frecuencia utiliza la misma tecnología de pozos horizontales.
- Esquisto Bituminoso: Es una roca sedimentaria orgánica de grano fino que contiene cantidades significativas de kerógeno de la cual los hidrocarburos sintéticos líquidos (aceite de esquisto bituminoso) y aceite combustible gas de esquisto puede

ser producido. La técnica utilizada para extraer el aceite en estas formaciones es la fracturación hidráulica a través de una técnica de acceso horizontal. Entonces, la roca obtenida se calienta (se cocina) con el fin de obtener aceite.

3.1.2. Fuentes Minerales

3.1.2.1. Carbón Mineral

Mineral combustible sólido, de color negro o marrón oscuro que contiene esencialmente carbono, así como pequeñas cantidades de hidrógeno y oxígeno, nitrógeno, azufre y otros elementos. Resulta de la degradación de los restos de organismos vegetales durante largos períodos, por la acción del calor, presión y otros fenómenos físico químicos naturales. Debido a que se dan distintos grados de cambio en el proceso, el carbón mineral no es un mineral uniforme y se clasifica por rangos, de acuerdo a su grado de degradación, en series que van desde lignitos a antracitas, pasando por los sub-bituminosos y los bituminosos, los cuales presentan diferencias considerables en su contenido de volátiles, carbono fijo y poder calorífico. En términos de uso final, el carbón mineral se puede dividir en dos clases: a) carbón coquizable o metalúrgico y b) carbón térmico o de vapor.

➤ Carbón coquizable o metalúrgico

Carbón cuyas propiedades permiten el proceso de pirolisis o destilación destructiva del mismo, para la producción de coque, que es un producto empleado en la fabricación del acero en los altos hornos.

En los anexos se presenta la clasificación del carbón mineral de acuerdo a su valor calorífico.

➤ Carbón térmico o de vapor

Carbón empleado como combustible para la producción de vapor de agua, tanto para la generación de electricidad como para procesos industriales. Se caracteriza por un relativamente alto poder calorífico.

3.1.2.2. Combustibles fisionables y energía nuclear

El combustible fisionable es el mineral de uranio después del proceso de purificación y/o enriquecimiento. Lo que se considera como energía primaria nuclear no es el mineral de uranio en sí mismo, sino el contenido térmico del vapor de agua que ingresa a la turbina proveniente del reactor. Este contenido térmico se puede estimar con base en la producción de electricidad de la central nuclear y una eficiencia promedio del conjunto turbina-generador.

FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLES

Se consideran energías renovables a aquellos recursos no fósiles, de períodos de formación relativamente cortos o continuos, es decir que bajo un régimen de explotación racional, su disponibilidad no disminuye con el tiempo. Actualmente la fuente de energía más importante es la biomasa sólida, sobre todo la leña que es utilizada principalmente para la cocción, en los países en vía de desarrollo.

Las fuentes de energía renovables consideradas son: hidroenergía, geotermia, eólica, solar y biomasa (leña, productos de caña y otra biomasa)

En los balances energéticos, la biomasa es tratada de manera similar que los combustibles fósiles a pesar de las grandes diferencias entre ambas. Cuando se utiliza biomasa para cocción de alimentos las pérdidas pueden llegar a cerca del 95%, acompañado esto además de la dificultad para determinar la energía útil.

Muchos de los usos de la biomasa se llevan a cabo en el sector de consumo final, puesto que lo que se captura mediante encuestas (por ejemplo) es la cantidad de biomasa que se consume a nivel doméstico, no la cantidad de energía útil que se produce. Por estas razones la medición de la energía útil no es práctica a este nivel. En vez de eso, se espera que se realice una estimación a partir de las unidades físicas de entrada hacia la producción de energía, estimar el valor calorífico y asumir la eficiencia del proceso de conversión.

Para el caso de las energías renovables que se transforman en electricidad es más sencillo llevar a cabo su conteo en los balances energéticos, puesto que se puede tener la información de la producción de la electricidad en GWh y debido a que las empresas generadoras conocen la eficiencia de sus procesos, es relativamente sencillo estimar la producción primaria energía.

Las energías renovables pueden clasificarse en dos categorías: energía directa y biomasa

3.1.3. Energía Directa

Son formas de energía que pasan a contabilizarse como fuentes cuando son aprovechadas para la generación de electricidad o eventualmente para un uso final tales como la hidroenergía, geotermia, eólica y solar; es decir no constituyen por sí mismas commodities energéticos que se puedan intercambiar o comercializar.

➤ Hidroenergía

Energía contenida en un caudal hídrico. Cuando se permite que el agua fluya a través de una turbina que se conecta a un generador eléctrico, la energía del agua se convierte en electricidad.

El agua puede tomarse desde un embalse asociado generalmente a grandes centrales de generación o desde el caudal de los ríos, en cuyo caso, la central de generación se llamará central a filo de agua.

➤ Geotermia

Es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor, la cual puede ser transmitida hacia la superficie por un fluido que esté en contacto con la roca caliente. Dicho fluido está constituido, por agua en estado líquido, vapor o una mezcla de ambos. Esta energía es utilizada para la generación de electricidad –primera categoría de energías renovables- y en algunos casos el calor residual de la generación eléctrica se utiliza para procesos industriales (cogeneración)

➤ Energía eólica

Energía producida por el viento y que se puede aprovechar en un conjunto turbina-generador.

➤ Energía solar

Energía producida por el sol, aprovechada principalmente para la generación de electricidad en centrales fotovoltaicas y termosolares. También se puede aprovechar directamente en los sectores de consumo final para calentamiento de agua (a través de colectores solares) y secado de granos.

3.1.4. Biomasa

Materia orgánica de origen vegetal y animal utilizada con fines energéticos. La biomasa puede ser usada directamente como combustible o procesada y convertida en subproductos líquidos y gaseosos. Entre las fuentes de mayor uso se pueden mencionar la leña, los cultivos agrícolas, los residuos orgánicos municipales y el estiércol

➤ Leña

Energía que se obtiene directamente de los recursos forestales. Incluye los troncos y ramas de los árboles, pero excluye los desechos de la actividad maderera, los cuales quedan incluidos en la definición de “residuos vegetales” utilizados para fines energéticos. La energía aprovechada a partir de la leña se conoce como dendroenergía

➤ Productos de caña

Incluyen los productos de caña de azúcar que tienen fines energéticos. Entre ellos se encuentran el bagazo, el jugo de caña y la melaza. Estas dos últimas constituyen la principal materia prima para la obtención de etanol.

➤ Otra Biomasa

Residuos orgánicos

Son materiales de origen orgánico que se obtienen a partir de procesos biológicos e industriales y que proceden de diversos sectores como la agricultura, la ganadería, la industria maderera, etc.

Dependiendo del sector donde procedan, los residuos se pueden clasificar en: a) residuos animales, b) residuos vegetales, c) residuos industriales o recuperados y d) residuos urbanos.

a) Residuos Animales

Se refiere a los residuos de las actividades agropecuarias y a los desechos urbanos. Estos pueden ser utilizados

directamente como combustible en forma seca o convertidos a biogás, a través de un proceso de fermentación o método de descomposición.

b) Residuos Vegetales

Son los recursos energéticos obtenidos de los residuos agroindustriales y forestales. Se incluyen aquí todos los desechos agrícolas (excepto el bagazo de caña), tales como: cascarilla de arroz, cascarilla de café, coquito de palma, etc. y los desechos de los aserraderos de madera (que no se incluyen en el concepto de la leña ni el bagazo, etc.) con propósitos energéticos. Los residuos madereros son desechos que se generan típicamente en aserraderos, depósitos de madera y fábricas de aglomerados.

c) Residuos Industriales o Recuperados

Sustancias con contenido energético, producidas en plantas industriales como un subproducto del proceso productivo, como el licor negro del papel, residuos de la industria química (excepto los petroquímicos que deben considerarse productos secundarios porque provienen de gas natural o derivados del petróleo), etc.

d) Residuos urbanos o residuos municipales

Desechos de ciudad (basura o líquidos residuales) que por sus componentes orgánicos pueden desprender metano que es un gas combustible, líquidos combustibles o calor.

Aceites vegetales

Constituyen la principal materia prima para la obtención de biodiesel. Estos aceites provienen de todo tipo de plantas oleaginosas tales como: la palma africana, el coco, la colza, el maní, el girasol, la higuera, la soja; siendo el cultivo de mayor rendimiento, el de la palma africana.

Usos tradicionales de la Biomasa

Se refiere a los usos como leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y animales, en los procesos de cocción y calentamiento en el sector residencial. Estos procesos tienen una eficiencia de la conversión muy baja (menos del 20%).

Otras fuentes de energía renovables

En este grupo se incluyen otras fuentes, no especificadas en los conceptos anteriores, que pueden volverse representativas con el desarrollo de nuevas tecnologías, por ejemplo, energía mareomotriz, células de combustible, etc.

3.1.5. Otras Fuentes Primarias

Toda fuente de energía primaria que no ha podido ser ubicada dentro de las anteriores categorías se considera aquí.

3.2. FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA

Se denomina energía secundaria a los productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de fuentes de origen primario o de otras fuentes secundarias. Las fuentes y formas de energía secundaria consideradas para el balance energético, se clasifican de acuerdo a la fuente primaria de la que provienen y son las siguientes:

3.2.1. Electricidad

Energía transmitida por electrones en movimiento. Se incluye la energía eléctrica generada con cualquier recurso, sea primario o secundario, renovable o no renovable, en los diferentes tipos de plantas de generación eléctrica.

3.2.2. Productos de petróleo y gas natural

Este grupo corresponde a los productos de la refinación del petróleo crudo y líquidos de gas natural; y a los obtenidos en las plantas de fraccionamiento del Gas Natural.

➤ **Gas licuado de petróleo (GLP)**

Consiste en una mezcla de hidrocarburos livianos, que se obtienen como producto de los procesos de refinación, de estabilización del petróleo crudo y de fraccionamiento de líquidos de gas natural. Puede ser de tres tipos: a) mezcla de hidrocarburos del grupo C3 (propano, propeno, propileno) b) mezcla de hidrocarburos del grupo C4 (butano, buteno, butileno) c) mezcla de C3 y C4 en cualquier proporción. El GLP normalmente se licua bajo presión, para el transporte y almacenamiento.

➤ **Gasolina**

Mezcla de hidrocarburos líquidos, livianos, obtenidos de la destilación del petróleo y/o del tratamiento del gas natural, cuyo rango de ebullición se encuentra generalmente entre los 30-200 °C. Dentro de este grupo se incluyen:

Gasolina de aviación

Mezcla de naftas reformadas de elevado octanaje, de alta volatilidad y estabilidad y de un bajo punto de congelamiento, que se usa en aviones de hélice con motores de pistón.

Gasolina automotriz

Mezcla compleja de hidrocarburos relativamente volátiles, que con o sin aditivos (como el tetraetilo de plomo), se usa como combustible para motores de vehículos terrestres, de ignición por chispa (ciclo Otto).

Nafta

Fracción ligera del petróleo que se obtiene mediante destilación directa entre los 30 y 210 °C, se utiliza como insumo tanto en la fabricación de gasolinas, como en la industria petroquímica. Además se emplea como solvente en la industria química (fabricación de pinturas y barnices).

➤ **Kerosene y Jet Fuel**

Combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 °C. Los querosenos, según su aplicación, se clasifican en:

Jet Fuel

Kerosene con un grado especial de refinación, que posee un punto de congelación más bajo que el del kerosén común. Se utiliza como combustible en motores de reacción y turbo hélice.

Kerosene

Combustible que se utiliza para cocción de alimentos, en alumbrado, motores, en equipos de refrigeración y como solvente para asfaltos e insecticidas de uso doméstico.

➤ **Diesel y gas oil**

Combustibles líquidos que se obtienen de la destilación atmosférica del petróleo entre los 200 y 380 °C, son más pesados que el kerosene y se utilizan en motores de combustión interna de ciclo Diesel (automóviles, camiones, generación eléctrica, motores marinos y ferroviarios) y para calefacción en usos industriales y comerciales. Se incluyen dentro de este grupo otros gasóleos más pesados que se destilan entre 380 y 450 °C y se usan como insumos petroquímicos.

➤ **Fuel oil**

Combustible residual de la refinación del petróleo y comprende a todos los productos pesados (incluyendo los obtenidos por mezcla). Generalmente es utilizado en calderas, plantas de generación eléctrica y en motores utilizados en navegación.

➤ **Gas de refinería (no gas licuado)**

Gas no condensable obtenido de la refinación del petróleo crudo, compuesto principalmente de hidrógeno, metano y etano. Es usado como fuente de energía en el propio proceso de refinación.

➤ **Coque de petróleo**

Combustible sólido y poroso no fundible, generalmente de color negro, con un alto contenido de carbono (90% - 95%) y que se obtiene como residuo en la refinación del petróleo. Se usa como combustible para calefacción y como insumo en coquerías para la industria siderúrgica, en la elaboración de electrodos y en la producción de químicos.

➤ **Otros productos de petróleo y gas**

Comprenden todos los productos de refinerías y centros de tratamiento de gas, no especificados anteriormente, los cuales se utilicen como combustibles.

3.2.3. Productos de Fuentes Minerales

En este grupo se incluyen el coque de coquería y los gases, tanto de coquería como de los altos hornos.

➤ **Coque de carbón mineral**

Material sólido no fundible, de alto contenido de carbono, obtenido como resultado de la destilación destructiva del carbón mineral en las coquerías.

➤ **Gases Industriales**

Son aquellos gases con un cierto contenido energético que puede ser aprovechado, se catalogan principalmente dentro de ésta categoría al gas de coquería y al gas de alto horno.

Gas de coquería

Gas obtenido como producto secundario en el calentamiento intenso del carbón mineral o coque, con una mezcla de aire y vapor, en las coquerías. Está compuesto de monóxido de carbono, nitrógeno y pequeñas cantidades de hidrógeno y dióxido de carbono.

Gas de Alto Horno

Se obtiene como un subproducto de la actividad de producción de acero en altos hornos, siendo usado generalmente como combustible para fines de calentamiento en la planta.

➤ **Otros Productos de fuentes minerales**

Se considera a todo producto de alguna fuente mineral que no se adapte a las definiciones anteriores dentro de ésta categoría.

3.2.4. Productos de biomasa

En este grupo están incluidas todas aquellas fuentes secundarias obtenidas de la transformación de la biomasa.

➤ **Carbón vegetal**

Es el combustible obtenido de la destilación destructiva de la madera en ausencia de oxígeno, en las carboneras.

Este producto absorbe humedad rápidamente, por lo cual suele contener un 10 a 15% de agua, además de un 0.5 a 1.0% de hidrógeno y un 2 a 3% de cenizas, con un poder calorífico inferior de alrededor de 6500 kcal/kg. Estas características pueden variar según la calidad de la leña que le dé origen.

En algunos casos puede sustituir al coque en los procesos siderúrgicos y ser consumido en la industria; en el sector residencial se le emplea para cocción.

Biocombustibles líquidos

Son combustibles sustitutos parciales, o en algunos casos totales, de combustibles de origen fósil como la gasolina y el diesel; se obtienen de la transformación de la biomasa e incluyen el etanol y el biodiesel.

➤ **Etanol**

El etanol es un líquido incoloro que puede producirse por fermentación de materias vegetales con un alto contenido de azúcar, como el jugo de caña de azúcar o melazas; materias vegetales con un alto contenido de almidón como la mandioca, maíz etc.; y materias con un alto contenido de celulosa: leña, desechos vegetales. Puede ser utilizado como alcohol anhidro o hidratado, solo o mezclado con gasolina en motores de combustión interna.

La obtención del etanol a partir del almidón es más complejo, debido a que este debe ser hidrolizado previamente para convertirlo en azúcar.

A partir de la celulosa es aún más complicado porque primero se debe realizar un pretratamiento de la materia vegetal, para que la celulosa pueda ser atacada por las enzimas hidrolizantes.

El rendimiento en la obtención de etanol es mayor, a partir de sustancias con alto contenido de azúcares; el rendimiento es intermedio para sustancias que contienen almidón y bajo para las celulosas.

El etanol al ser mezclado con gasolina de origen fósil toma el nombre de Biogasolina y de acuerdo a su porcentaje de participación en la mezcla se le asigna denominaciones como E5, E10, E20, etc.

➤ Biodiesel

Combustible líquido obtenido de la transesterificación de aceites vegetales con un alcohol ligero, principalmente el metanol. Como subproducto se obtiene la glicerina.

Tiene propiedades similares a las del diesel del petróleo y puede ser utilizado en motores de combustión interna del ciclo diesel, realizando pequeñas adecuaciones. Puede ser usado puro o en mezcla con el diesel.

La principal ventaja de este combustible es que proviene de fuentes primarias renovables y por lo tanto contribuye a la disminución de emisiones de CO₂.

La mayor desventaja es que para su producción en grandes volúmenes, se requieren vastas extensiones de cultivos de oleaginosas, lo que es un limitante en el caso de los países de pequeña extensión territorial.

Las mezclas de Biodiesel y Diesel convencional se denominan de acuerdo al porcentaje de participación del biodiesel como B5, B10, B20, etc.

➤ Biogás

Es el gas compuesto principalmente por metano, obtenido de la fermentación anaeróbica de desechos biomásicos y de rellenos sanitarios. Se emplea como combustible en centrales de generación eléctrica. Se puede clasificar en tres grupos:

- **Gas de relleno sanitario:** Es el biogás que se obtiene de la materia orgánica en los rellenos sanitarios.
- **Gas a partir de lodos:** Gas obtenido por fermentación anaeróbica en las plantas de tratamiento residual.
- **Otros Biogases:** Otros biogases que se obtienen por fermentación anaeróbica no especificados.

3.2.5. Otras fuentes secundarias

Son aquellos productos secundarios que no se han podido catalogar dentro de las categorías anteriores.

3.2.6. Productos No Energéticos

Son aquellos productos que no se utilizan con fines energéticos aun cuando poseen un considerable contenido energético; entre ellos se pueden mencionar los asfaltos, solventes, aceites, grasas y otros lubricantes.



CAPÍTULO IV

Balances energéticos

4. Balances energéticos

Existen dos maneras de presentar los balances de energía. La primera, como balance de productos donde se expresa cada ítem en términos de unidades físicas, reflejando el balance entre la oferta y el uso de esos productos energéticos. La segunda como balance de flujos energéticos, en la que se debe conocer los contenidos caloríficos de los combustibles para realizar la respectiva conversión a unidades energéticas. Algunos de los más importantes indicadores energéticos, tanto de consumo como de eficiencia, están elaborados con base en la información de los balances energéticos.

4.1. DEFINICIÓN BALANCES DE ENERGÍA

El balance energético es el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos de energía a través de las cadenas energéticas desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final. Esta contabilización se lleva a cabo, generalmente, para el ámbito territorial de un país y para períodos anuales. Este se puede presentar en dos modalidades: a) como balance físico y b) como balance calórico.

➤ El Balance físico

Llamado también balance de productos, es aquel que muestra los flujos de energía utilizando las unidades de medida físicas de cada fuente; estas unidades pueden ser de volumen (para líquidos y gases), de masa (para sólidos) o en algunos casos de energía. Cada fuente por lo general presenta una unidad de medida distinta, por esto no es fácil la comparación ni agregación entre fuentes de energía.

➤ Balance calórico

Para que el Balance calórico pueda permitir las comparaciones y agregaciones entre los flujos de diferentes fuentes, es necesario que todas las medidas se encuentren en una unidad común, por este motivo se convierten los flujos físicos a flujos calóricos, utilizando como factores de conversión los poderes caloríficos inferiores de las fuentes combustibles y las equivalencias entre unidades, para las fuentes medidas directamente en unidades calóricas o de energía.

El balance es una herramienta que facilita la planificación global energética, pero que debe ser considerado junto con otros elementos del sistema económico. El balance energético da una imagen de las relaciones físicas del sistema energético en un determinado período histórico. Visualiza cómo se produce la energía, se exporta o importa, se transforma y se consume por sectores económicos. Permite calcular ciertas relaciones de eficiencia y hacer un diagnóstico de la situación energética de un país, región o continente determinado.

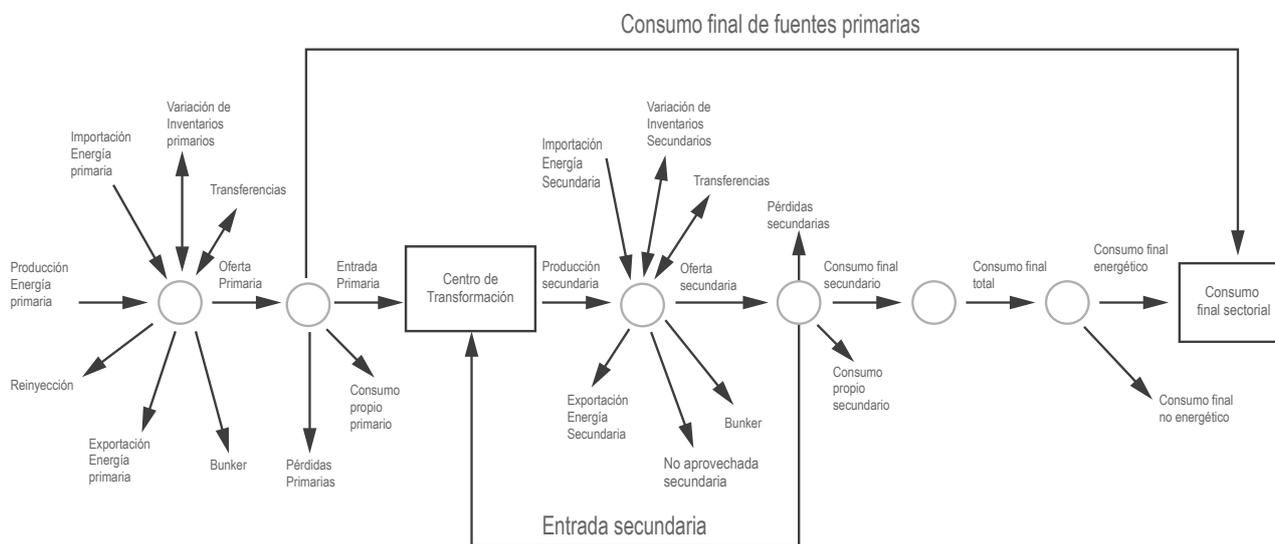
Al analizar el pasado (incluyendo el pasado reciente) es lógico comenzar con la oferta de las distintas fuentes de energía y determinar después la forma en que cada una de ellas ha sido utilizada, acumulada o tal vez perdida. Esta sucesión lógica conduce a lo que cabe denominar el balance energético descendente, cuya forma general es la siguiente:

- OFERTA
- TRANSFORMACIÓN
- CONSUMO FINAL

Sin embargo, es a través de su relación con otras variables socio-económicas que el balance energético se convierte en un instrumento de planificación. En este sentido, la existencia de este, es una condición necesaria para la planificación energética. Un balance cumple en el sector energético un papel análogo al de las matrices de insumo-producto en el sector económico. Por otra parte, al evaluar el futuro, es conveniente a veces proyectar el consumo relacionándolo de alguna manera con la cifra del PIB, su estructura y distribución, con la cantidad total de equipos consumidores y con la probable evolución tecnológica en la utilización de energía, calculando la oferta a partir del consumo proyectado. Esta secuencia lleva a lo que se denomina balance energético ascendente con la siguiente forma general:

- CONSUMO
- TRANSFORMACIÓN
- OFERTA

Figura 2. Diagrama Balances energéticos



Los Balances Energéticos en Términos de Energía Final ¹ (BEEF), tienen la limitación de no hacer una evaluación de las reservas energéticas y no llegar a la etapa de la energía útil ² (BEEU). Esfuerzos tendientes a llevar la contabilidad energética desde la fase de reservas hasta la de energía útil facilitarán el análisis y la formulación de políticas, especialmente en el campo de la sustitución de energía.

Por otra parte, para los países en desarrollo, dada la importancia del sector rural y de las fuentes “no comerciales” ³ de energía, es esencial incluir en el balance dichos consumos, con el fin de conocer la estructura energética del sector rural, sus problemas e implicaciones en la economía nacional.

4.2. OBJETIVOS FUNDAMENTALES DEL BALANCE ENERGÉTICO

A continuación se presentan los objetivos fundamentales de la elaboración de balances energéticos:

- Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas, entre los diferentes sectores de la economía nacional.
- Servir de instrumento para la planificación energética.
- Conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional.
- Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos, que permitan impulsar, cuando sea posible, los procesos de sustitución.
- Crear las bases apropiadas que lleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
- Ser utilizado para la proyección energética y sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo.

¹ Energía Final (EF) es aquella energía, primaria o secundaria, que es utilizada directamente por los sectores socio-económicos. Es la energía tal cual entra al sector consumo y se diferencia de la energía neta (sin pérdidas de transformación, transmisión, transporte, distribución y almacenamiento), por el consumo propio del sector energía. Incluye al consumo energético y no energético.

² Energía Útil (EU), es la energía realmente aprovechada en los procesos energéticos finales, en razón de que no toda la energía que entra a un sistema consumidor es aprovechada y depende para cada caso de la eficiencia de los aparatos consumidores. Es aquella energía neta a la cual se le han deducido las pérdidas de utilización del equipo o artefacto donde se consumen a nivel del usuario. Se aplica tanto al consumo propio como al consumo final, energético y no energético

³ Ver capítulo “Tratamiento de las Energías No-Comerciales”

4.3. ESTRUCTURA GENERAL DEL BALANCE ENERGÉTICO

Para poder expresar las relaciones que se ponen de manifiesto en un balance energético, es indispensable establecer una estructura lo suficientemente general, para obtener una adecuada configuración de las variables físicas propias de este sector. El Balance Energético en Términos de Energía Final (BEEF) de OLADE, se presenta en forma matricial y está conformado por las columnas, que representan las fuentes energéticas (primarias y secundarias) y por las filas, que representan las actividades, es decir, los orígenes y los destinos o consumos de la energía). Las actividades del balance energético se han dividido en tres grupos, de acuerdo a su aporte a las relaciones de equilibrio: a) actividades de oferta, b) actividades de transformación y c) actividades de consumo.

4.3.1. Actividades de oferta

Son las actividades o eventos que permiten calcular la oferta interna de energía, es decir, la cantidad de energía disponible al interior de un país, ya sea para su consumo final directo o para su transformación en otras fuentes de energía. Este grupo incluye, las siguientes actividades:

- Producción primaria
- Reinyección o recirculación
- Importación
- Exportación
- Variación de inventarios
- No aprovechado
- Transferencias
- Bunker

4.3.1.1. Producción primaria

Se considera la producción interna de toda fuente de energía primaria, extraída, explotada o cosechada, en el territorio nacional, que sea de importancia para el país.

Producción de Hidrocarburos Primarios

➤ **Producción de petróleo crudo**

Corresponde a las producciones fiscalizadas de petróleo crudo individuales, de todos los campos petrolíferos de un país, luego del proceso de separación que se realiza a boca de pozo del fluido de extracción que puede contener además del petróleo crudo, líquidos de gas natural, gas natural y agua.

➤ **Producción de gas natural**

La producción de gas natural se refiere a la suma de las producciones de los campos de gas natural tanto asociado como no asociado al petróleo, incluyendo la producción costa afuera (*offshore*) dentro de aguas nacionales. Para el gas asociado al petróleo esta medición se realiza después de la separación del fluido de extracción que contiene petróleo crudo, líquidos de gas natural, gas natural y agua. Para el gas libre o no asociado, la medida se toma directamente a boca de pozo.

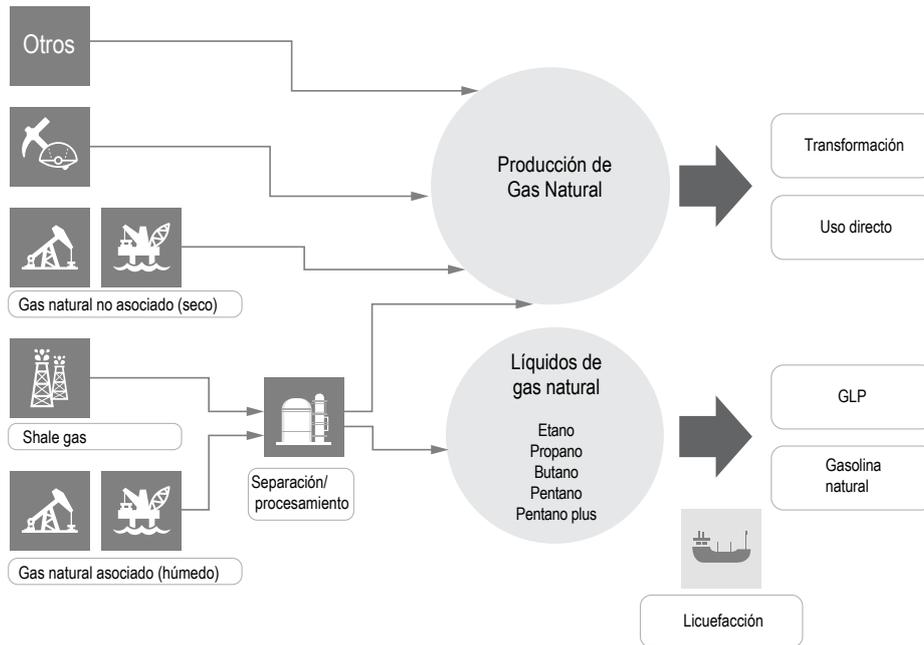
Si es del caso a la producción de gas natural debe añadirse el shale gas y el obtenido de minas de carbón. Así como otra obtenida desde el shale gas y las minas de carbón.

➤ **Producción primaria de líquidos de gas natural**

Se refiere a la cantidad de líquidos obtenidos de la producción de gas asociado al petróleo luego del proceso de separación del fluido de extracción a boca de pozo. Cabe anotar que los líquidos obtenidos de las plantas de tratamiento de gas como GLP y gasolinas son considerados dentro del balance como energías secundarias.

Algunos de los productos más importante obtenidos son los condensados, la gasolina natural y el GLP.

Figura 3. Producción de gas natural y líquidos de gas natural



Fuente: Elaboración propia con base en APEC

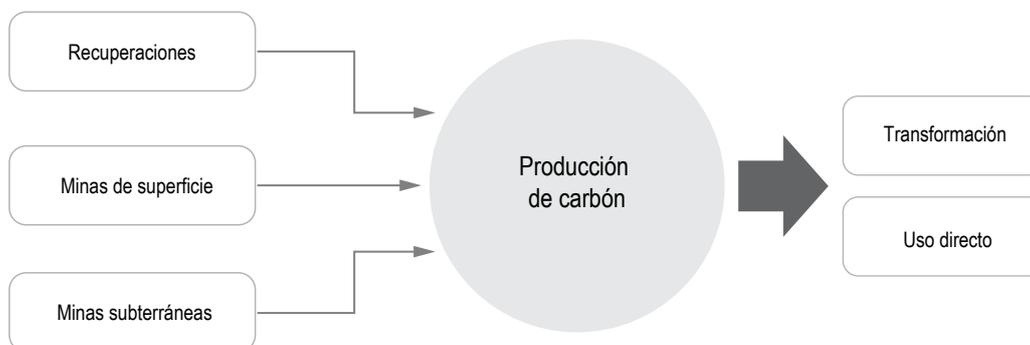
Producción de Fuentes Minerales

➤ Producción de carbón mineral

Es la suma de las producciones de las minas de carbón del país. El carbón tiene muy distinto poder calorífico antes y después de lavado. Para evitar incongruencias, es recomendable considerar siempre carbón lavado, o sea, sin impurezas. Este carbón se conoce como: antracita, hulla, lignito y turba, que son las variedades principales y poseen poderes caloríficos precisos entre 4000 y 8000 kcal/kg.

La producción del carbón puede provenir de tres fuentes: Minas subterráneas, minas superficiales y de la recuperación. Esta debe medirse después de eliminada la materia inerte, es decir después de que se han eliminado las impurezas. Se deben incluir las cantidades utilizadas para el proceso de producción y las entregadas a otros productores de energía.

Figura 4. Producción de Carbón Mineral



Fuente: Elaboración propia con base en la AIE (2011)

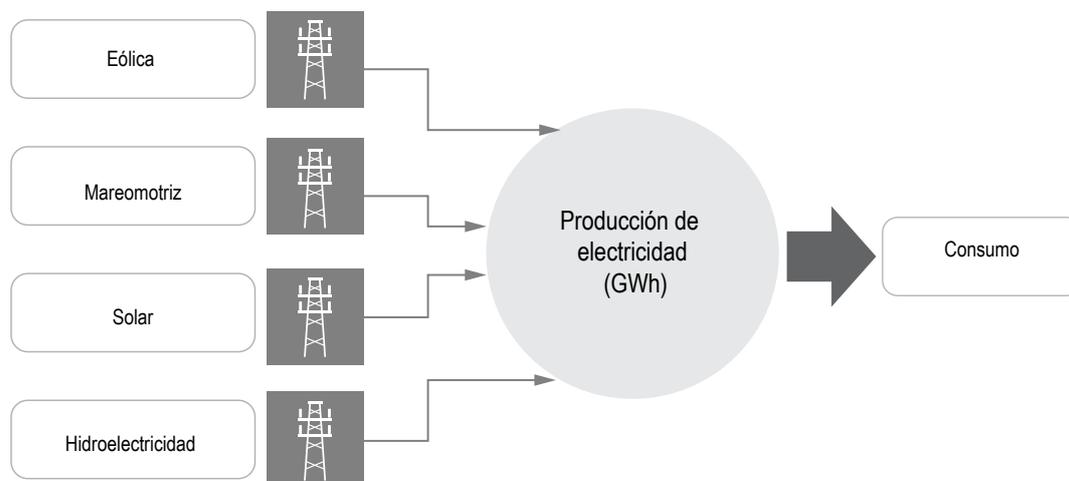
➤ Producción de energía nuclear

Es la energía obtenida del mineral de uranio después del proceso de purificación y/o enriquecimiento. La producción de energía nuclear como primaria, se considera el calor obtenido del combustible fisionable al ser quemado en un reactor (Anexo IV).

Producción de Energía Directa:

La producción de energías renovables de la categoría de Energía Directa tales como la eólica, mareomotriz, solar fotovoltaica y la hidroelectricidad, entre otras, tienen en común que pueden ser cuantificadas una vez convertidas en energía eléctrica (kWh).

Figura 5. Producción Renovables asociadas a la electricidad



Fuente: Elaboración propia con base en AIE (2011)

➤ Producción de Hidroenergía

En la nueva metodología del balance energético de OLADE se considera la producción de hidroenergía igual a la cantidad de energía eléctrica generada por las centrales hidráulicas y podrá ser expresada en cualquiera de las unidades calóricas (kbep, ktep, GWh, TJ, etc.).

➤ Producción de geotermia

Al igual que en el caso de la hidroenergía también se puede aplicar la consideración de que la generación eléctrica es igual al insumo de transformación y a la producción de geoenergía, es decir aplicar una eficiencia del 100%.

➤ Producción de energía eólica

Se refiere a la energía del viento, convertida en energía eléctrica mediante una turbina y un generador eléctrico. (Anexo VIII)

Como en todo sistema de transformación de energía, el conjunto turbina-generador tiene su respectivo valor de eficiencia menor que la unidad, y por lo tanto, la energía eléctrica obtenida será un valor menor que la energía eólica captada, sin embargo para efecto del balance energético, se considera la producción de energía eólica igual a la energía eléctrica generada por los aerogeneradores.

➤ Producción de energía solar

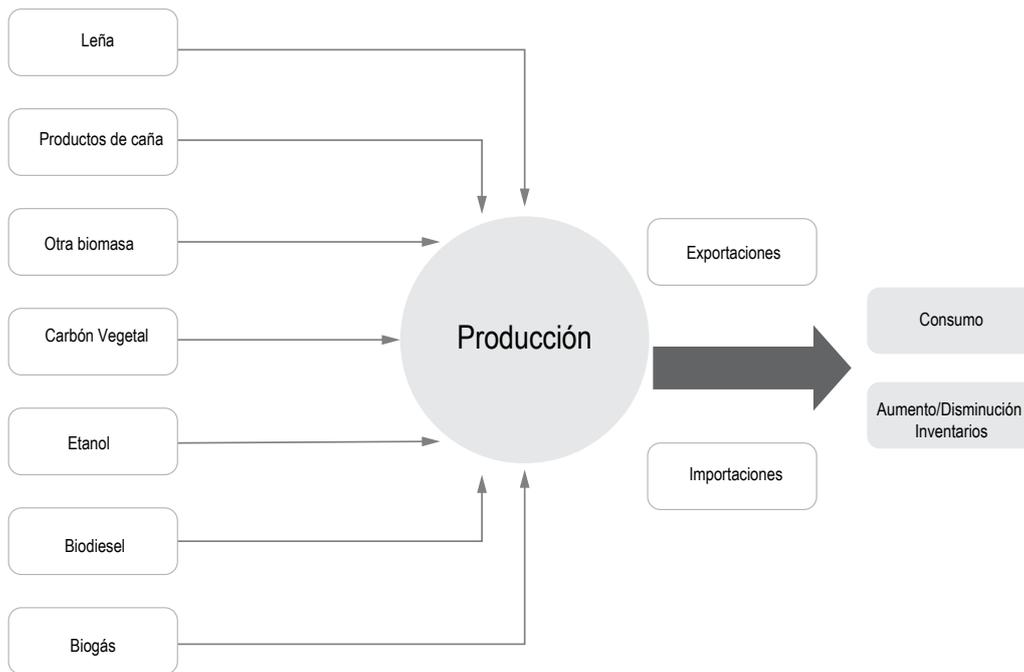
La producción de energía solar es la energía de la radiación del sol, aprovechada para la producción de electricidad en las centrales fotovoltaicas y termo solares; más la cantidad utilizada como calor en los colectores solares para calentamiento de agua y secadores de materiales.

Para el caso de la generación eléctrica la energía solar utilizada se asumirá igual a la energía eléctrica generada. En el caso de los colectores solares la cantidad de energía solar aprovechada se calculará como el calor necesario para aumentar la temperatura del agua y en el caso del secado de materiales como el calor necesario para disminuir el porcentaje de humedad.

Producción de biomasa

Dado que las fuentes primarias de la categoría biomasa como leña, productos de caña, residuos orgánicos etc. no son por lo general fuente comerciales con un mercado definido de oferta y demanda, la producción se contabilizará como la cantidad aprovechada para fines energéticos de dichas fuentes en centros de transformación y a nivel de consumo final; más las eventuales exportaciones y variaciones de inventarios menos las importaciones.

Figura 6. Producción Energías renovables con variación de inventarios



Fuente: Elaboración propia AIE (2011)

➤ Producción de leña

La producción del leña generalmente no es registrada ya que su recopilación se hace en muchos casos por recojo o apropiación directa. El procedimiento habitual es considerar:

$$\text{PRODUCCIÓN} = \text{CONSUMO FINAL}$$

Si hay importaciones o exportaciones registradas, se calcula:

$$\text{PRODUCCIÓN} = \text{CONSUMO FINAL} - \text{IMPORTACIÓN} + \text{EXPORTACIÓN}$$

A veces una parte, aunque pequeña, de la producción se registrar. Si se trata de una cantidad muy pequeña con relación al consumo final, es mejor despreciarlo y llevar adelante las investigaciones para aclarar el problema del consumo no comercial, que representa, supuestamente, la mayor parte del consumo final de leña. Por lo tanto, el cálculo de la producción se transforma al estimar el consumo de esta fuente para fines energéticos (Anexo V).

Esta explicación es válida también para los diferentes tipos de residuos, que son considerados “fuentes no comerciales”.

➤ Producción de productos de caña

Incluye la producción del bagazo, el jugo de caña y la melaza, que se usan para producir energía.

Producción de bagazo

Se debe contabilizar solamente el bagazo utilizado para fines energéticos, es decir, considerar la producción igual al consumo. El bagazo se utiliza principalmente como combustible para la generación de electricidad en los propios ingenios y también como fuente de calor para el proceso industrial de fabricación del azúcar.

Producción de jugo de caña y melaza

Corresponde a los productos, derivados de caña, que son materia prima de las destilerías para la obtención del etanol de uso energético.

➤ **Producción de otra biomasa**

Producción de residuos

Es la cantidad de residuos animales, vegetales, industriales y urbanos, que se aprovechan para fines energéticos. Al igual que la leña se consideran como fuentes no comerciales, ya que no existe, por lo general, una cadena de producción, transporte, transformación, comercialización y consumo, plenamente identificada. Ante la falta de información en las diferentes etapas de la cadena energética de estas fuentes, la producción puede ser considerada igual al consumo para fines energéticos, como: insumos para biodigestores, generación eléctrica, materia prima para producción de biocombustibles, etc.

Producción de aceites vegetales

Corresponde a la cantidad de aceite, extraído de diferentes plantas oleaginosas, destinado a la elaboración de biodiesel.

Producción de otras fuentes primarias renovables

Corresponde a la cantidad de energía que se obtiene de fuentes renovables, enunciadas en este concepto.

4.3.1.2. Reinyección o recirculación

Este rubro es principalmente aplicado a la cadena de gas natural y se refiere a los volúmenes de gas generalmente asociados al petróleo que se devuelven a los pozos para mantener la presión de los mismos.

Importación y Exportación

La definición es válida para cualquier fuente de energía susceptible de ser importada y/o exportada. Las más comunes que se intercambian entre países son: Petróleo, Gas Natural, Carbón Mineral, Electricidad, Gas Licuado, Gasolina/Alcohol, Kerosene/Jet Fuel, Diesel Oil, Fuel Oil, Carbón Vegetal, No Energéticos, Otros Productos Secundarios.

4.3.1.3. Importación

Es la cantidad de fuentes energéticas primarias y secundarias, originadas fuera de las fronteras y que ingresan al país para formar parte de la oferta total de energía.

4.3.1.4. Exportación

Es la cantidad de fuentes energéticas primarias y secundarias que salen de los límites territoriales de un país, por lo tanto no están destinadas al abastecimiento de la demanda interna. Se excluyen de este concepto la cantidad de combustibles vendidos a naves extranjeras aéreas y marítimas.

4.3.1.5. Variación de Inventarios

La variación de inventarios es la diferencia entre las existencias ("stocks") iniciales y las finales, respecto al período del balance, en las instalaciones de almacenamiento de los diferentes productos. Se registra variación de inventarios, en general, para todas las fuentes y productos factibles de almacenar como los sólidos, líquidos y gaseosos. No se aplica este concepto para la electricidad ni para fuentes renovables directas como la hidroenergía, la energía eólica, la solar y la geotermia. La variación de inventarios es ingresada con su correspondiente signo, así, un signo negativo significa un aumento de existencias y por lo tanto una reducción en la oferta interna; por el contrario, un signo positivo significa una disminución de existencias y un incremento de la oferta interna en el período considerado. La variación de inventarios debe contabilizarse en todas las etapas de la cadena energética donde exista

capacidad de almacenamiento, incluyendo las instalaciones de las comercializadoras y los grandes consumidores que dispongan de esta capacidad.

4.3.1.6. Energía no aprovechada

Es la cantidad de fuentes de energía registrada en la producción, pero que por indisponibilidad técnica y/o económica, no es posible su utilización.

➤ Gas natural no aprovechado

Es común que una parte del gas asociado a la producción de petróleo, se quema a la atmósfera y las razones para ello pueden ser que no existe infraestructura de consumo, no hay infraestructura de transporte del gas hasta las puertas del usuario, la infraestructura existe pero la extracción de petróleo produce mayor cantidad de gas de la que el mercado puede utilizar.

En cualquiera de los casos, el gas natural no aprovechado representa un desperdicio de una energía que es muy apreciada por los sectores consumidores.

El mismo concepto se puede aplicar al caso de otros productos energéticos primarios y secundarios, que una vez registrada su producción, se desechan por no existir demanda o infraestructura para su consumo, por ejemplo el gas de refinería que se quema a la atmósfera.

4.3.1.7. Transferencias

Las transferencias son adiciones o sustracciones que se realizan de la oferta interna de un producto, debido a las siguientes causas:

- a) Cambio de denominación del producto: Un mismo producto puede tener denominaciones diferentes en distintas etapas de la cadena energética, por ejemplo el biogás que se concibe como tal al salir de los biodigestores, puede ser consumido bajo la denominación de gas natural, puesto que su composición es muy similar. Otro uso práctico de esta actividad es transferir el gas residual de las plantas de tratamiento de gas, al flujo de gas natural primario, así como los líquidos extraídos en las mismas plantas, a la corriente de líquidos de gas natural. Para realizar estas transferencias se puede usar, como paso temporal para estos productos, la columna de "otros productos de petróleo y gas".
- b) Participación del producto en mezclas con otros productos: El flujo de un determinado producto puede ser truncado o disminuido, cuando éste pasa a formar parte de una mezcla con otro producto. Por ejemplo, parte del fuel oil residual de una refinería, puede ser mezclado con el petróleo crudo o, la totalidad de los biocombustibles producidos, pueden pasar a formar parte de la corriente comercial de gasolina o diesel.

Las transferencias deben registrarse con su respectivo signo, positivo o negativo, el cual indica si el flujo del producto transferido está siendo aumentado o disminuido, respectivamente. Siempre que se registre una transferencia con un determinado signo en una de las columnas del balance energético, debe aparecer otra transferencia de signo contrario, por el mismo valor, en otra de las columnas del balance. La suma algebraica de todas las transferencias entre productos, debe ser siempre igual a cero.

4.3.1.8. Bunker

Se registra en este rubro, la cantidad de combustibles vendidos a naves marítimas y aéreas en viaje internacional, para mover sus motores. El registro por separado de estos consumos, se debe principalmente a que en la metodología del IPCC para inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, se descuentan de la oferta interna estos consumos, por considerar que se dan fuera de las fronteras nacionales.

4.3.2. Actividades de transformación

Son los procesos en los que las fuentes energéticas, tanto primarias como secundarias, se modifican en instalaciones llamadas centros de transformación en los que se producen cambios físicos o químicos a dichas fuentes, obteniéndose como resultado productos con

propiedades que facilitan su aprovechamiento energético.

También se incluyen en este concepto las máquinas que permiten convertir una forma de energía en otra, como son las centrales de generación eléctrica que convierten diferentes tipos de energía en electricidad. En un centro de transformación se pueden distinguir los siguientes flujos de energía:

➤ **Insumos a transformación**

Son las cantidades, de las fuentes de energía, que ingresan al centro de transformación para ser procesadas física y/o químicamente. Esto incluye los combustibles y otras fuentes empleadas para la generación de electricidad.

➤ **Productos de transformación**

Son los productos finales de la transformación, que están disponibles para ser entregados tanto a los consumidores finales, como a otros centros de transformación.

➤ **Consumos propios**

Son las cantidades de productos empleados en el mismo centro de transformación, para usos finales como calor para procesos e iluminación. Se excluyen los combustibles empleados para generación de electricidad.

➤ **Reciclos**

Son las cantidades de productos de un centro de transformación, que vuelven a entrar como insumos al proceso. En el balance energético estos reciclados no se observan, ya que sus valores como insumos y productos se anulan algebraicamente; por ejemplo, la cantidad de diesel oil producido por una refinería, que es ingresado nuevamente como insumo mezclado con la corriente de crudo, a la misma refinería.

Las actividades o centros de transformación consideradas en el balance energético son:

- Refinerías
- Centros de tratamiento de gas
- Centrales eléctricas
- Autoproductores
- Carboneras
- Coquerías
- Altos hornos
- Destilerías
- Plantas de biodiesel
- Otros centros de transformación

4.3.2.1. Refinerías

Instalaciones donde el petróleo crudo se transforma en derivados. En las refinerías básicamente se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes (Figura 7). Este manual tratará al conjunto de la refinería como si fuera una sola unidad de procesamiento. Aunque esta representación no permite describir completamente el proceso de la refinación, ni analiza la flexibilidad interna de cada refinería, es suficiente a efecto de establecer las relaciones de entrada y salida para el balance que aquí se plantea. Existen diferentes tipos de refinerías con diferentes procesos, en los que no siempre se obtienen los mismos productos ni se procesa la misma clase de crudo. En el Anexo 1 se presenta el diagrama del proceso de refinamiento.

Insumos a refinerías

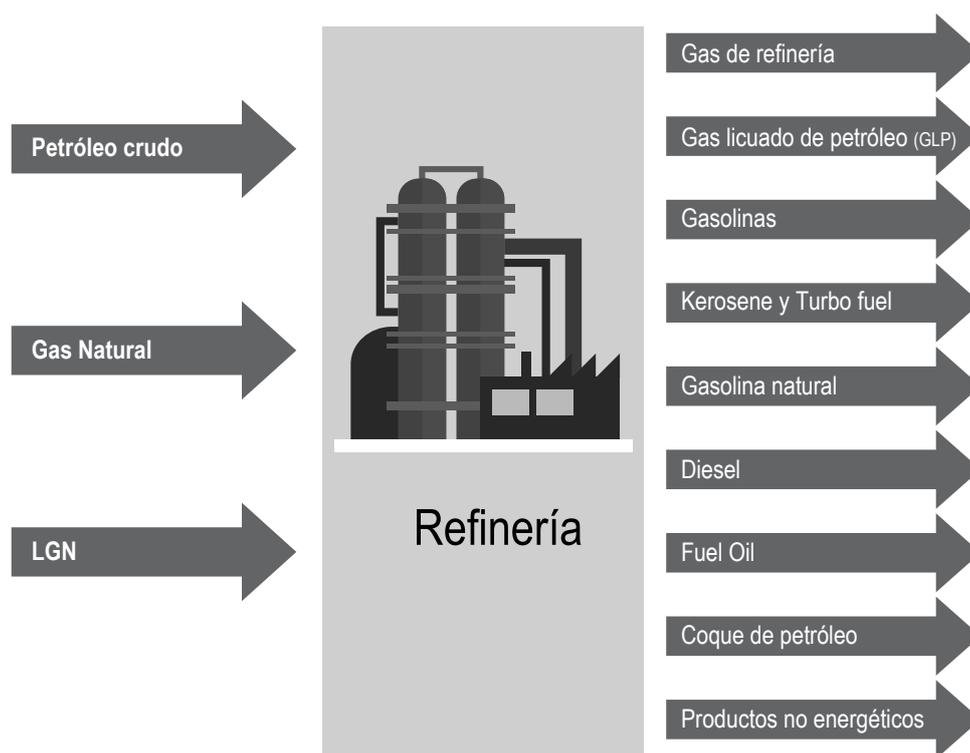
El principal insumo a refinerías es el petróleo crudo, aunque puede existir carga también de líquidos de gas natural, crudos sintéticos y gas natural. Estos insumos se cargan directamente a la unidad de destilación primaria de las refinerías, de donde salen corrientes intermedias que son procesadas en las unidades de conversión. Las principales son:

- 1) Reformación: incrementa el octanaje de las gasolinas.
- 2) Craqueo: aumenta a la vez el octanaje y rendimiento de las gasolinas
- 3) Hidrocraqueo: aumenta el rendimiento de diesel y mejora su índice de cetano.
- 4) Vacío: es una destilación a presión, muy baja, para separar en dos fracciones el crudo reducido de destilación primaria.
- 5) Reductor de viscosidad: mejora la viscosidad del fuel oil.
- 6) Coqueo: incrementa la cantidad de gasolina, más allá de lo que hace el craqueo, pero como el octanaje es muy bajo, requiere reformación.

- 7) Flexicoqueo: incrementa, aún más, el rendimiento de gasolina y gas licuado.
- 8) Isomerización/polimerización: aumenta el octanaje de las gasolinas, más allá de la reformación y el craqueo, especialmente para la aviación.

Los principales productos obtenidos de una refinería son gas de refinería, gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas, kerosene y jet fuel, gasolina natural, diésel oil, fuel oil, coque de petróleo y productos no energéticos

Figura 7. Proceso de la Refinería



Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Centros de tratamiento de gas natural

Son plantas donde el gas natural, asociado y no asociado, se procesa con el fin de recuperar hidrocarburos líquidos compuestos, como la gasolina y nafta; hidrocarburos puros como butano, propano, etano o mezcla de ellos y productos no energéticos, como el carbono; a través de un proceso de separación física de los componentes del gas. (Figura 8).

El insumo de los centros de gas, es la cantidad de gas natural que entra a las plantas de tratamiento para separar los condensables. Los flujos que salen son:

- a) Gas licuado: mezcla de propano y butano conocida comercialmente como GLP.
- b) Gasolina natural: mezcla de hidrocarburos líquidos a partir del pentano, cuyo índice de octano es relativamente alto (alrededor de 70) y con un contenido de azufre generalmente bajo.
- c) Gas seco: mezcla de metano y etano que se bombea a los gasoductos para ser consumido como gas natural por redes.

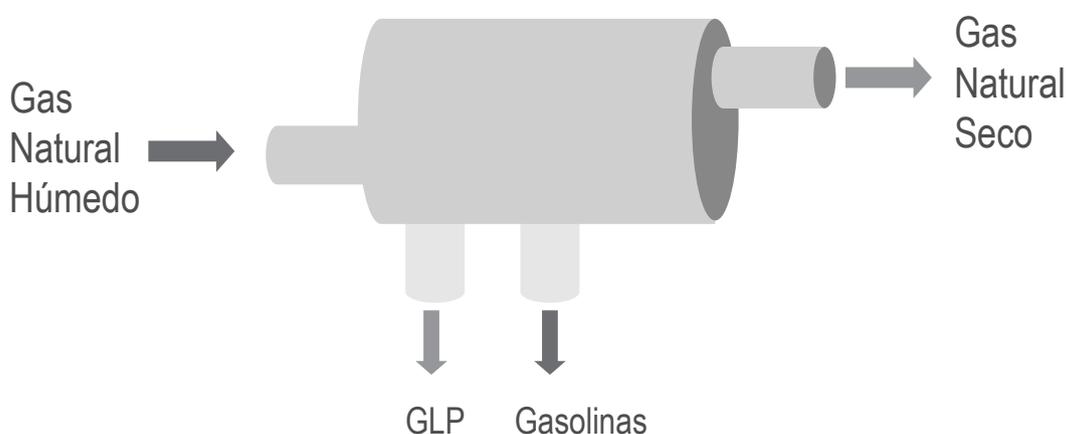
Por tratarse de un proceso de separación física, la eficiencia de una planta de tratamiento de gas es cercana al 100% cuando los flujos de entrada y salida se expresan en unidades calóricas.

➤ Insumo a centros de tratamiento de gas natural

Para registrar el insumo a los centros de tratamiento de gas, existen 2 alternativas:

- 1) Asignar como alimentación, solamente la cantidad equivalente de gas natural que se ha transformado en condensados. Esto se conoce generalmente como gas transformado y es igual a la suma de los condensados extraídos expresados en calorías. Este procedimiento implica que el gas seco pasa a través de la planta como si no se transformara; es decir: el gas natural se divide en dos corrientes, una seca y una húmeda, pero solo esta última se toma como alimentación al centro de transformación para producir los condensados. El componente seco va directo al consumo final, generación de electricidad, etc.
- 2) Asignar el volumen total del gas natural que ingresa al centro de tratamiento de gas, pero en este caso se deberá contabilizar, entre los productos que salen, el volumen de gas seco (una vez extraídos los líquidos). Registrar este volumen temporalmente en la columna de "Otros productos petroleros energéticos" y luego pasar mediante transferencias este volumen a la columna de "Gas natural no asociado", recuperando de esta manera su disponibilidad en la oferta interna.

Figura 8. Proceso de secado del gas natural



➤ Producción de productos petroleros secundarios

En general, la producción de los productos petroleros secundarios se contabiliza como la cantidad de productos finales en estado comercializable, que se obtienen tanto de las refinerías como de los centros de tratamiento y procesamiento de gas natural. Estos productos pueden ser líquidos como: gasolina, nafta, kerosene/jet fuel, diesel y fuel oil; gases como el gas de refinería y GLP (a condiciones atmosféricas), y sólidos como el coque de petróleo.

La producción de otros productos de refinerías y centros de gas no mencionados, específicamente en las columnas del balance energético, se debe reportar dependiendo del uso final que se les dé. Si son productos usados como combustibles para la generación de electricidad o calor, entrarían al balance como producción de "otros productos petróleo y gas."; en cambio si su uso final es como materia prima de la industria (solventes, aditivos, grasas, lubricantes, etc.) y para otros usos no energéticos, entra al balance como producción de "No energético".

4.3.2.3. Centrales eléctricas (públicas y autoproductoras)

Son instalaciones que disponen de equipos que permiten convertir diferentes formas de energía en electricidad, tanto energía directa obtenida de la naturaleza, como la hidroenergía, la geotermia, la energía eólica y la energía solar, así como el calor obtenido de la combustión de otras fuentes. Según la tecnología y el tipo de fuente que utilizan para producir electricidad, las centrales eléctricas se clasifican en:

- Hidroeléctricas
- Termoeléctricas convencionales
- Geotérmicas
- Eólicas
- Fotovoltaicas
- Nucleares

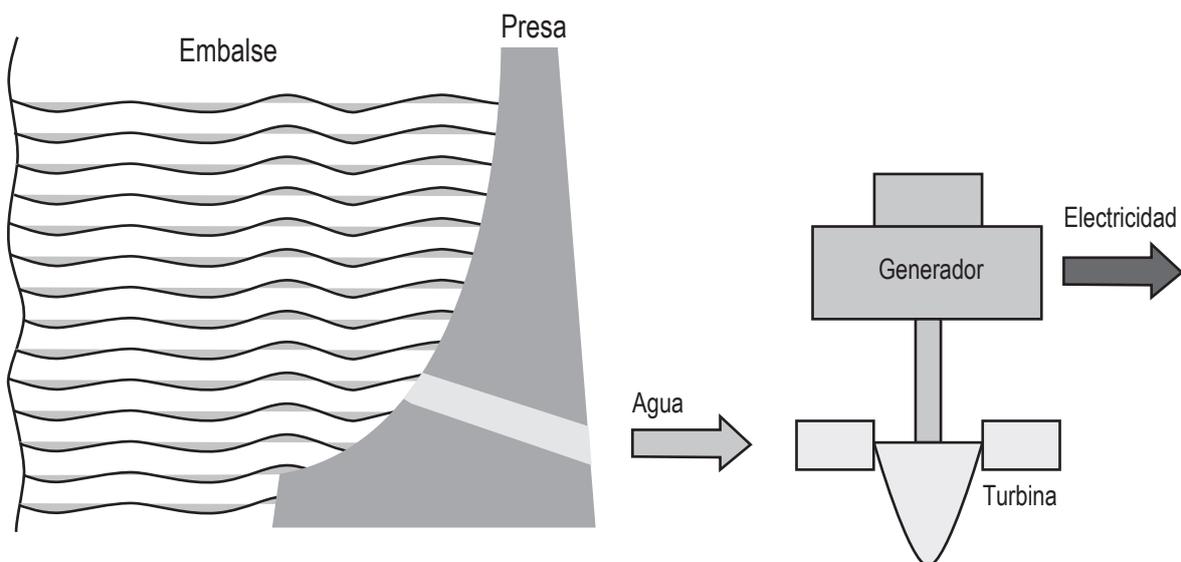
A su vez las termoeléctricas convencionales se pueden subdividir en:

- Turbo vapor
- Turbo gas (ciclo abierto)
- Ciclos combinados
- Motores de combustión interna

➤ Centrales hidroeléctricas

Aprovechan la energía de un caudal de agua para mover una turbina acoplada a un generador de electricidad (figura 9). Pueden ser de dos tipos: a) con embalse y b) filo de agua; el primero tiene un reservorio de agua artificial, que permite aumentar la altura de caída y regular el caudal turbinado en el tiempo; el segundo tipo carece de este reservorio y aprovecha la caída natural del río. Para las centrales hidroeléctricas se considera como insumo, la energía del caudal que ingresa a la turbina y como producto, la electricidad generada.

Figura 9. Centrales hidroeléctricas



Fuente: Elaboración propia

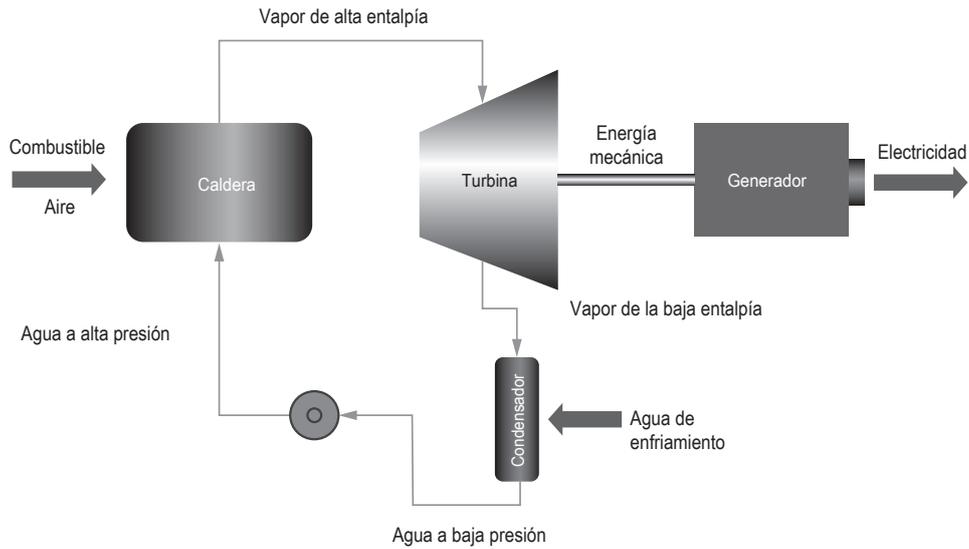
➤ Centrales termoeléctricas convencionales

Son las centrales que convierten el calor de combustión en electricidad. Se clasifican en los siguientes tipos:

➤ Turbo vapor

El calor de combustión es absorbido previamente por el agua en una caldera que genera vapor de agua a altas presiones, el cual mueve una turbina acoplada a un generador de electricidad (figura 10). Se cuentan como insumos a la central turbo vapor, los volúmenes de combustibles utilizados para el calentamiento del agua en la caldera y como producto, la electricidad generada. Los combustibles aprovechados para esta tecnología, son generalmente diesel oil, fuel oil y carbón mineral, aunque en general se puede utilizar cualquier combustible que tenga un poder calorífico aceptable. Se incluyen también como combustibles, productos biomásicos como la leña, el bagazo, el carbón vegetal y algunos residuos agroindustriales.

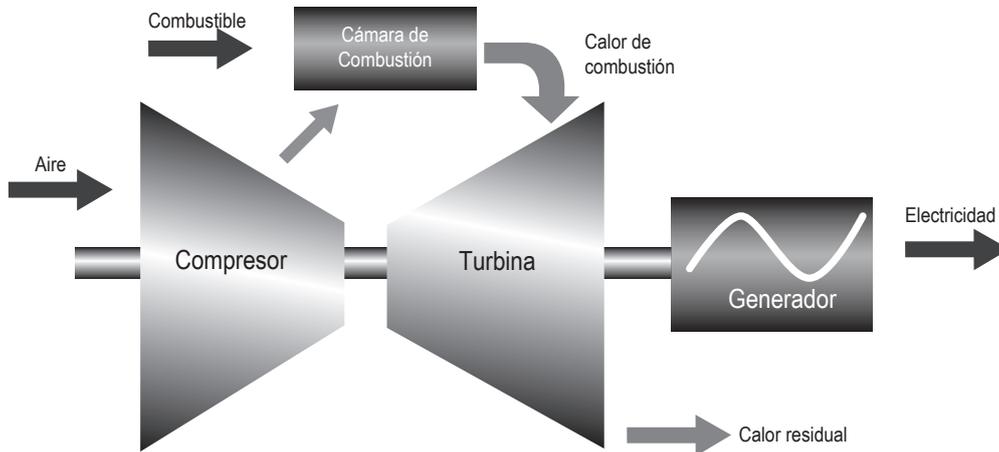
Figura 10. Centrales Turbo vapor



➤ Turbo gas

Es la tecnología donde directamente los gases de la combustión de la fuente, al expandirse, mueven el conjunto turbina-generador, que tiene además acoplado un compresor que insufla el aire para enriquecer la mezcla (figura 11). Los insumos son los combustibles quemados y el producto, la electricidad generada. Los combustibles generalmente utilizados en esta tecnología son el diesel oil, el gas natural y otros gases.

Figura 11. Centrales Turbo gas



Fuente: Elaboración propia

➤ Ciclo combinado

Es un conjunto de una turbo gas y una turbo vapor, donde el calor residual de los gases de escape de la turbina a gas, se aprovechan para calentar el agua de la caldera que alimenta una turbina a vapor. Con esta combinación, se logra alcanzar una eficiencia total más alta que la de la turbo vapor y de la turbo gas por separado.

➤ Motores de combustión interna

Son los motores de cilindros y pistones de ciclo Otto y ciclo Diesel acoplados a un generador de electricidad. Los más utilizados son los de ciclo Diesel (ignición por compresión), que consumen principalmente diesel y fuel oil. Los de ciclo Otto son usados más como generadores domésticos y consumen gasolina, etanol, GLP y otros gases.

➤ Centrales con cogeneración

Son centrales térmicas, generalmente turbo vapor y turbo gas, donde el calor residual del vapor y de los gases de escape, respectivamente, son usados como calor de proceso.

Normalmente se dice que los productos de este tipo de centrales son electricidad y calor. Sin embargo, en el caso del balance de OLADE, no se considera el calor como un flujo energético, sino que el aprovechamiento de ese calor en actividades diferentes a la generación de electricidad, se le considera directamente un consumo final de los combustibles. Por este motivo, si existen centrales de cogeneración, es necesario calcular la fracción del total de combustibles empleados en la generación de electricidad y la fracción correspondiente al calor residual, el cual debe registrarse como consumo final de dichos combustibles. La metodología de cálculo de las fracciones del consumo de combustible, correspondientes a la generación de electricidad y de calor de proceso, se indica en el Anexo VI.

➤ Centrales geotérmicas

Son centrales que aprovechan directamente el vapor de agua que fluye de los pozos geotérmicos, para mover una turbina de vapor acoplada a un generador eléctrico.

El insumo a la central geotérmica, es la entalpía del vapor de agua que fluye del pozo e ingresa a la central. Aunque por lo general las centrales geotérmicas se encuentran ubicadas a boca de pozo, en el trayecto de conducción del vapor geotérmico hasta la turbina, se producen importantes pérdidas de calor, lo que implica una eficiencia baja en la conversión total.

Ante la falta de parámetros para el cálculo de la entalpía del vapor geotérmico, para propósitos del balance energético se utiliza el concepto de energía directa, es decir se estima la producción primaria de energía geotérmica en función de la electricidad generada, con una eficiencia del 100%

De esta manera:

$$EG = EE$$

EG=Energía geotérmica,
EE=Electricidad generada

➤ Central eólica

Instalación que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica (ver Anexo VIII). Debido a las relativamente bajas potencias que desarrolla cada una de las unidades de generación, se necesita de una gran cantidad de aerogeneradores conectados en paralelo para conseguir valores de energía eléctrica apreciables a nivel nacional. A estos conjuntos se les llama también parques eólicos. Si bien el insumo a este tipo de centrales es la energía eólica, la cual, como en todo proceso de transformación de energía sufre pérdidas en los dispositivos mecánicos y eléctricos, para efectos del balance energético se considera como que la energía eólica que ingresa a la central, tiene el mismo valor de la electricidad que se genera.

Así:

$$EO = EE$$

Donde:

EO = Energía eólica
EE = Electricidad generada

➤ Centrales fotovoltaicas y termo solares

Estos dos tipos de centrales eléctricas, convierten la energía solar en electricidad con las siguientes especificaciones:

➤ Centrales fotovoltaicas:

Son paneles de células fotoeléctricas, que al recibir radiación solar, generan una corriente eléctrica.

➤ **Centrales termosolares:**

Son centrales en las cuales los rayos del sol son concentrados mediante espejos sobre un foco, donde se produce vapor de agua con la suficiente temperatura y presión para mover un conjunto turbina-generador.

Para cualquiera de los casos anteriores, también se debe asumir para efectos del balance, que la energía solar primaria empleada en la generación, es igual a la energía eléctrica generada por la central.

Así:

$$ES = EE$$

Dónde:

ES = Energía solar

EE = Electricidad generada.

Producción de electricidad en centrales de servicio público

Corresponde a la cantidad total de electricidad producida por las plantas del servicio público de un país, es decir, la suma de la electricidad entregada al servicio por todas las centrales, sin descontar sus propios consumos. Los tipos de planta que pueden existir son:

- a) Hidroeléctricas
- b) Geotérmicas
- c) Nucleares o de Fisión
- d) Turbinas de Vapor
- e) Turbinas de Gas (ciclo abierto y combinado)
- f) Motores Diesel
- h) Centrales eólicas
- g) Centrales fotovoltaicas.

No se debe omitir ninguna de las plantas, sea que pertenezcan al sistema interconectado, así como aquellas que estén aisladas. Estas últimas pueden presentar dificultades para recoger la información y no se descarta que se deban realizar encuestas para estimar la producción.

➤ **Producción de Electricidad en Autoprodutores**

Los autoprodutores son entidades privadas o públicas, tales como:

- Industrias (incluidas las del sector energético),
- Establecimientos Agropecuarios,
- Establecimientos Comerciales y
- Viviendas Particulares.

Aunque no pertenecen al sector eléctrico, tienen instalaciones para producir la propia electricidad que requieren, debido a deficiencias o ausencia del servicio público, o como servicio de emergencia. Los tipos de planta que se pueden encontrar son:

- Pequeñas Hidráulicas
- Turbinas de Vapor
- Turbinas de Gas
- Motores de Combustión Interna

En algunos casos, los autoprodutores, venden sus remanentes de energía eléctrica a la red de servicio público.

Aquí se debe considerar el total de electricidad producida por todas estas plantas. En la mayoría de los países, los datos respectivos no están disponibles. La mejor manera de obtenerlos es:

- 1) Tratar de identificar aquellos autoprodutores que son a la vez macroconsumidores y que representan aproximadamente el 90% de la autoproducción.
- 2) En una segunda etapa se necesitará poner en marcha una amplia encuesta para captar los muy numerosos pequeños autoprodutores.

4.3.2.4. Coquerías y altos hornos

Se encuentran en la industria siderúrgica; el carbón mineral se transforma en coque y gas de coquería en la coquería; el coque pasa luego al alto horno del cual se obtiene arrabio y gas de alto horno. En las coquerías de tratamiento del carbón mineral se obtiene coque, gas de coquería y productos no-energéticos (benzoles, alquitranes, etc.). Una parte del coque se consume en la producción de gas de alto horno y, la otra parte, se consume en el proceso de reducción del mineral en el alto horno.

Transformación de carbón mineral en coquería y altos hornos

Es la cantidad de carbón mineral que ingresa a las coquerías. Puede haber dos tipos de estas plantas:

Las que producen Coque Metalúrgico para la industria; esto se hace en algunos países en instalaciones primitivas donde el gas producido no es usado.

Las que producen coque para la industria siderúrgica, obtenido en coquerías generalmente integradas a las plantas siderúrgicas. El gas de coquería producido es utilizado en gran medida como combustible en las mismas instalaciones de esta industria.

La cantidad de carbón que aquí se debe contabilizar, es la suma de las entradas a ambos tipos de coquería. Si bien el carbón es esencialmente del mismo tipo, los problemas estadísticos que presentan uno y otro tipo de plantas son bien distintos, y es en general necesario llevar a cabo encuestas o indagaciones para conocer los flujos de las coquerías que sirven a la industria metalúrgica puesto que son instalaciones en su mayoría rudimentarias cuya capacidad y número son desconocidos.

En cambio las coquerías siderúrgicas son plantas grandes y bien organizadas que disponen de datos registrados sobre consumos y producciones. Una coquería produce: a) gas de coquería, b) coque y c) alquitrán; la alimentación es carbón mineral.

El alto horno produce gas de alto horno; la alimentación es coque.

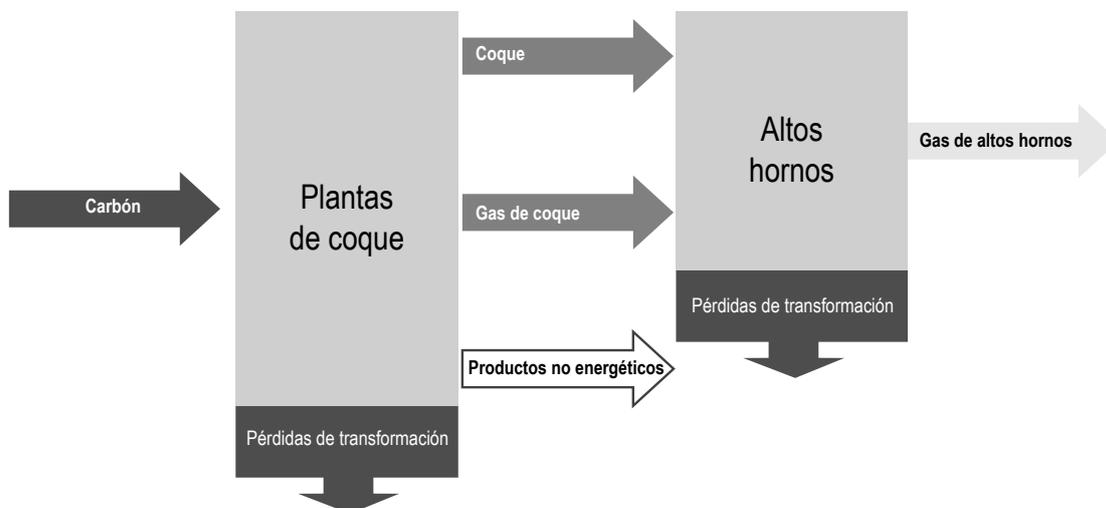
Notas:

- Para Gases Industriales se tiene que sumar la producción de Gas de Coquería y Gas de Alto Horno.
- Los productos No Energéticos de las coquerías son principalmente alquitrán y algunas sustancias químicas de valor comercial.
- Una parte sustancial del coque producido por la coquería alimenta el alto horno y por lo tanto debe ser deducido de la producción ya que es un ciclo interno en el mismo centro de transformación.

4.3.2.5. Carboneras

Esencialmente se trata de un horno donde se efectúa la combustión parcial de la leña, produciéndose carbón vegetal, productos no volátiles y volátiles, y que generalmente estos últimos no son aprovechados. Debe observarse que la madera, en la forma de carbón vegetal, tiene un poder calorífico mayor.

Figura 12. Proceso de transformación del carbón



Fuente: Preparado por el autor

Transformación de leña en carboneras

El siguiente cálculo se lo debe aplicar solamente en caso de que en el país no exista contabilidad respecto a la cantidad de leña destinada a la producción de carbón; entonces se tiene que:

$$\text{Transformación} = \text{Producción de Carbón Vegetal} / \text{Eficiencia promedio}$$

La eficiencia está expresada como número adimensional cuando tanto la leña como el carbón se expresan en calorías, de otro modo debe darse en toneladas de leña por tonelada de carbón.

La eficiencia media para un país se obtiene por procedimientos de medida en hornos de diferente tamaño. El tamaño de la muestra requerida no es muy grande, dependiendo de las variedades de leña que intervienen y de las tecnologías de hornos que se emplean. Estos suelen ser muy primitivos: la leña se apila y se cubre con ramas, se enciende y se deja quemar varios días hasta obtener carbón.

La eficiencia de un horno tan primitivo está alrededor de 20 a 35% dependiendo del tamaño, la calidad de la leña y las condiciones atmosféricas. Una referencia grosera que puede tomarse cuando todo es desconocido es $1/4=25\%$ calorías de carbón por caloría de leña.

Producción de carbón vegetal en carboneras

Aquí se debe considerar la producción total de carbón de leña, que se toma generalmente como:

$$\text{Producción} = \text{Consumo final} - \text{Importación} + \text{Exportación}$$

4.3.2.6. Destilerías de Etanol

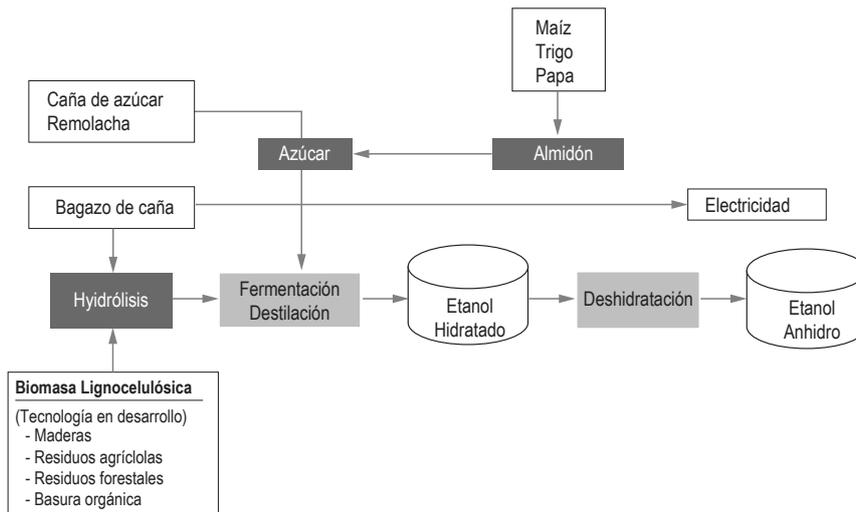
Son centros donde principalmente el jugo de la caña de azúcar es tratado para producir etanol. Asimismo incluye las destilerías de alcohol que procesan otras materias primas como remolacha, mandioca u otros productos de alto contenido de almidón o celulosa.

Para la producción de etanol se utiliza una solución azucarada denominada mosto a la cual luego de un tratamiento químico y térmico de intensidad variable, se le agregan fermentos o levaduras que convierten el azúcar en alcohol.

Después de este proceso se debe separar el etanol de la masa fermentada, mediante la destilación. Previamente a este paso, se retira de la masa fermentada las partículas orgánicas o minerales de la fase líquida, a través de un tanque de decantación o mediante la utilización de diversos aditivos que favorecen la precipitación.

En la destilación, además del alcohol se obtiene vinaza, un líquido con alta carga orgánica que se produce en una proporción de 12 a 13 veces mayor a la del etanol, cuyo vertimiento en aguas naturales puede generar una alta contaminación. En la figura 13 se indica el proceso de obtención de etanol.

Figura 13. Destilerías

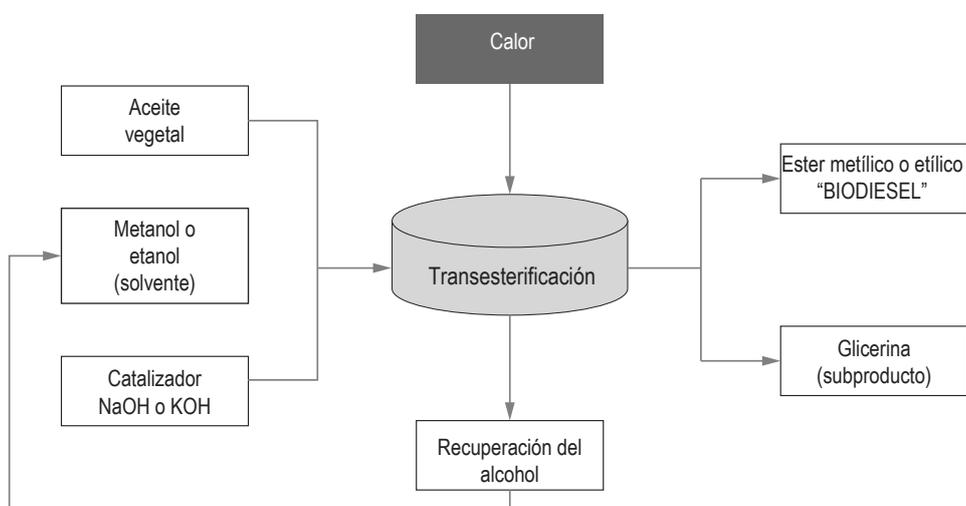


Fuente: Preparado por el autor

4.3.2.7. Plantas de Biodiesel

Son centros donde se produce biodiesel, el cual se obtiene mediante la transesterificación de los aceites vegetales, grasas animales y aceites reciclados, el cual consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos.

Figura 14. Plantas de Biodiesel



Fuente: Preparado por el autor

4.3.2.8. Otros centros de transformación:

Es cualquier instalación no considerada anteriormente tal como los digestores anaerobios (biodigestores), rellenos sanitarios, etc., en los cuales entran residuos agrícolas, pecuarios, forestales, agroindustriales y urbanos y aquellos de plantas energéticas, o cualquier otro centro de transformación que se presenta en el balance del país y que no se encuentra entre los anteriores.

➤ Biodigestores

Son depósitos completamente cerrados, donde los residuos que ingresan se fermentan sin aire para producir gases, principalmente metano (biogás) y un líquido residual que sirve como abono y como alimento para animales (biol).

Un ejemplo típico de insumo a biodigestores, es el estiércol de vaca que se fermenta para producir biogás.

➤ Rellenos Sanitarios

Son depósitos de residuos sólidos, donde con el transcurso del tiempo se dan reacciones anaeróbicas, produciendo gases especialmente metano.

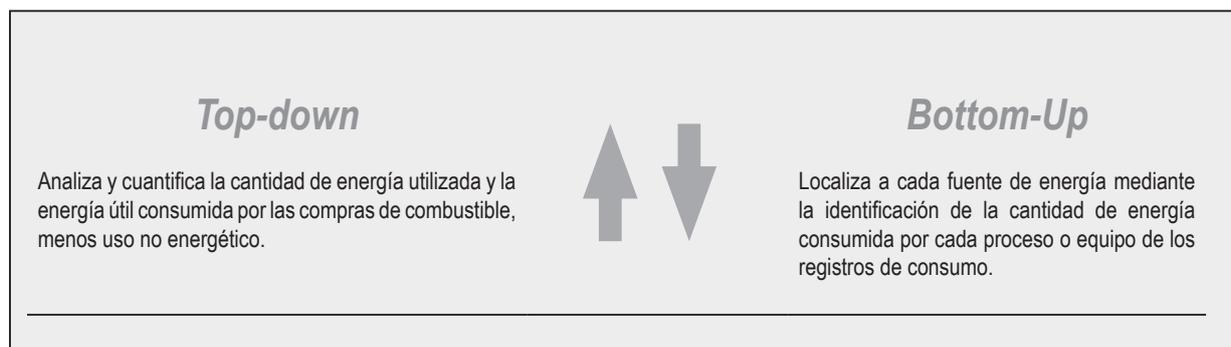
Se puede incluir en este grupo, las tecnologías de transformación de otras fuentes primarias renovables.

4.3.3. Consumo final energético

Es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil. Se excluye de este concepto, las fuentes utilizadas como insumo o materia prima para producir otros productos energéticos ya que esto corresponde a la actividad "transformación".

Los sectores de consumo final, se han clasificado de acuerdo a la división clásica de los sectores económicos y a la clasificación de la CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) revisión 3. Adicionalmente se considera el sector residencial, que no corresponde a una actividad económica.

El consumo energético puede ser determinado por dos procedimientos:



Algunas características deben ser tratadas con cuidado al determinar el consumo energético, teniendo siempre en cuenta el concepto de balance de energía: Fuente y destino de la energía como la principal medida de la observación.

Procedimientos Implementados	• Encuestas	• Medidores
Metodología de Medición	• Por Entidad	• Por uso
Confiability de la Información	• Establecimientos	• Empleados
Factores Externos	• Interacción Subsectores	• Rendimiento de las Tecnologías

Sector agropecuario, pesca y silvicultura (CIIU división 01-02)

Corresponde a las actividades primarias de la economía:

4.3.3.1. Sector agropecuario (CIIU división 01)

Corresponde a actividades propias del campo, del sector agrícola y ganadero, como labranza, siembra, cosecha, secado de granos, cría de ganado, sacrificio, trasquilado de ovejas, etc. No se considerará a las actividades agroindustriales, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial.

Cuando resulta difícil separar agricultura de agroindustria, el método CIIU supone que el establecimiento es clasificado según el grupo que corresponde al grueso de sus actividades. La mejor recomendación es adoptar la regla seguida por la oficina encargada de elaborar las cuentas nacionales. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

- La leña, bagazo y otros residuos vegetales para producir calor, por ejemplo en actividades de destilación.
- Consumo final de electricidad en actividades de riego de cultivos, extracción de agua con bombas, fuerza mecánica para procesos agrícolas.

Nota: Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

- Consumo de diesel para accionamiento de bombas diesel y para secado de granos. Para obtener el consumo puede necesitarse de una encuesta.
- Energía solar, utilizada sobre todo para secado de granos, una forma de evaluarla es por medio de la humedad extraída

Cálculo consumo de energía en el Sector Agrícola

$$C(s,u,f) = Em * \%U(s,u,t) * Sc(f,t)$$

Donde:

$C(s,u,f)$ = Consumo de combustible f en el proceso u en el Sub-sector s

f = Fuente de energía

u = Proceso de Irrigación, fumigación, tractores, cocción

s = Sub-sector cultivos

t = Tecnología

Em = Medida Económica (superficie sembrada, las áreas de producción, cabezas de ganado).

U (s,u,t): Porcentaje de Em que se aplica en el proceso u con la tecnología t.

Sc (f,t): Consumo específico f por unidad Em por el proceso u con tecnología t

Puede existir en cada país una actividad no enumerada. Se debe examinar el caso particular cuidadosamente.

4.3.3.2. Sector pesca (CIIU división 01)

Corresponde al consumo energético de las actividades pesqueras exclusivamente. No se considerará a las actividades industriales pesqueras, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

Consumo de diesel y fuel oil en embarcaciones pesqueras, en países de gran desarrollo pesquero puede ser un consumo importante.

4.3.3.3. Sector silvicultura (CIIU división 02)

Corresponde a las actividades referentes al cultivo de los bosques. No se considerará a las actividades madereras industriales, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

- Consumo de diesel en tractores y maquinaria agrícola.
- Consumo final de electricidad en actividades de riego de cultivos, extracción de agua con bombas, fuerza mecánica para procesos agrícolas.

Nota: Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

- Consumo de diesel para accionamiento de bombas diesel y para secado de maderas. Para obtener el consumo puede necesitarse de una encuesta.

4.3.3.4. Sector de minas y canteras (CIU división 10 a 14)

El consumo final de este sector está constituido por cualquier fuente energética empleada en los procesos de explotación dentro de la actividad minera y de extracción de materiales pétreos. Se excluyen las actividades de explotación de petróleo, gas natural y carbón mineral, por pertenecer al sector energético. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas son:

- Carbón mineral utilizado para fusión.
- Diesel utilizado en calderas, fusión y accionamiento de motores de combustión interna.
- Electricidad para producción de fuerza mecánica para procesos mineros e iluminación.

Cálculo de consumo de energía en el sector minero

Determinar el consumo total de una fuente de energía, estrato o Sub-sector.

$$C(m,p,f) = P(m) \times PP(m,p) \times CE(f)$$

m = Mineral

p = Proceso

f = Fuente de energía

C = Consumo de Energía

P = Producción

PP = Porcentaje del Mineral m procesado en el proceso p

CE = Consumo específico

Nota: Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

4.3.3.5. Sector industrial manufacturero (CIU división 15 a 37)

El consumo final de este sector está constituido por cualquier fuente energética empleada en los procesos que se llevan a cabo para transformar materias primas en productos finales. Se excluyen las industrias cuyos productos finales sean fuentes de energía, puesto que corresponderían al sector energético.

El sector industrial dada su diversidad de producción prácticamente utiliza todo tipo de fuentes energéticas, tanto primarias (gas natural, carbón mineral, leña, bagazo, residuos vegetales), como secundarias (electricidad, derivados de petróleo y gas natural, carbón vegetal, gas de alto horno y coques).

La determinación del consumo industrial de varias fuentes a veces trae ciertas complicaciones. Por ejemplo, es un hecho común que ciertas industrias como la de bebidas distribuyan sus productos utilizando su propio parque vehicular que requiere de combustibles. Sin embargo, ese consumo pertenece al sector transporte y no al de la industria.

Así mismo, es frecuente la confusión al hacer la distinción entre industria y agricultura, el criterio recomendado para resolver los casos dudosos es considerar como agrícola la actividad de labrado de tierra, cultivo y cosecha, mientras que el procesamiento de la materia cosechada corresponde a la actividad industrial.

Las aplicaciones energéticas en el sector industrial son como fuente térmica (en hornos, calderas y quemadores), como fuerza motriz (accionamiento de molinos, bombas, bandas transportadoras, iluminación, operación de vehículos especiales) y para autogeneración de electricidad. Únicamente se debe considerar los consumos destinados a las dos primeras aplicaciones, pues las cantidades destinadas para autoproducción ya se han considerado en el módulo de transformación.

Para obtener el consumo de las fuentes energéticas se debe partir de los registros de compra de cada una de ellas, sin embargo en algunos casos, puede requerirse realizar cálculos e incluso encuestas para determinar a qué sector pertenece el consumo. Tal es el caso de la utilización de diesel o fuel oil para producción conjunta tanto de calor para procesos como para autogeneración eléctrica (cogeneración). En el anexo VI se trata con mayor detalle este tema.

Puede presentarse dificultad para el cálculo del consumo de leña en el sector industrial artesanal, ya que por lo general está información no es registrada. En este caso se puede recurrir a una encuesta o estimación como se menciona en el anexo VI.

A continuación se describen varias consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de calcular el consumo del sector industrial:

- El consumo final de electricidad en la industria debe considerar tanto la electricidad comprada como la autoproducida.
- El consumo de gas natural y GLP para cocción de alimentos en restaurantes y panaderías dentro de los establecimientos industriales, no se recomienda sean separados del consumo industrial para ser presentados como consumo del sector comercial y servicios pues estas actividades se hallan integradas a las industrias y no se clasifican como restaurantes en el CIIU.
- El consumo de las fuentes utilizadas con un fin diferente al de un uso energético, como es el caso de la utilización en actividades de limpieza o como materia prima para la elaboración de un bien no energético, debe ser restada del consumo total de esta fuente y registrada como un consumo no energético. Es frecuente el uso de pequeñas cantidades de kerosene como producto de limpieza. El empleo de carbón vegetal para la producción de dióxido de carbono, es otro ejemplo de consumo no energético.
- El consumo de coque de un alto horno de una planta siderúrgica integrada no se considera consumo final sino transformación hacia la coquería en la oferta del balance.

4.3.3.6. Sector de la construcción (CIIU división 45)

El sector construcción comprende entre otras las siguientes actividades:

- a. Nuevos edificios y remodelación de edificios antiguos;
- b. Nuevos establecimientos industriales;
- c. Obras civiles, tales como puentes, represas, túneles, etc.;
- d. Nuevas carreteras y mantenimiento del sistema carretero existente.

El diesel oil es el principal combustible utilizado en el sector construcción principalmente para la maquinaria que elabora el hormigón para edificios y obras públicas y el combustible utilizado por la maquinaria pesada de carreteras. Si no se consigue la información respectiva de las ventas de distribuidores, se tiene que realizar una encuesta.

4.3.3.7. Sector transporte (CIIU división 60 a 62)

Corresponde a la movilidad de pasajeros y carga en vehículos. El consumo final del sector transporte es la cantidad total de combustible requerido para mover dichos vehículos. Los modos de transporte pueden ser: a) Carretero, b) Ferroviario, c) Aéreo, d) Fluvial, y e) Marítimo.

Estos vehículos son aquéllos que se abastecen de combustible y lo consumen dentro de las fronteras del país. Se excluyen los barcos y aeronaves, que se abastecen de combustible para viajes internacionales, puesto que estos consumos se los registra en la actividad "Bunker".

Dentro del consumo del sector transporte se debe excluir el consumo de vehículos especiales como grúas, tractores, equipo caminero, hormigoneras, autotancques y otros. Los consumos se deberán registrar dentro del sector al que pertenezcan estos vehículos especiales. Por ejemplo, el combustible utilizado por un montacargas de una determinada fábrica, deberá ser registrado como consumo del sector Industrial.

De igual manera, los consumos de electricidad en edificios e instalaciones de las compañías de transporte no se deben considerar como un consumo del sector transporte. Este consumo debe ser registrado dentro del sector comercial.

Los combustibles mayormente utilizados dentro de este sector son:

- Gasolina automotriz, utilizada por vehículos automotores y embarcaciones fluviales.
- Gasolina de aviación utilizada en aeronaves.
- Etanol consumido por el transporte automotor, ya sea puro en mezcla con gasolina.
- Biodiesel consumido por los automotores, ya sea puro o en mezcla con diesel oil.
- Gas natural vehicular comprimido.
- Gas licuado de petróleo.
- Diesel Oil utilizado por: ferrocarriles, embarcaciones fluviales, buques marítimos, vehículos carreteros (camiones y algunos vehículos livianos). La información proviene de distribuidoras, puertos y empresas ferroviarias y navieras.
- Carbón mineral utilizado como combustible en Ferrocarriles y Barcos. La información proviene del registro de las empresas ferroviarias y navieras.
- Jet Fuel consumido por aeronaves, La información sobre consumo proviene de las empresas suministradoras del producto en los aeropuertos.
- Fuel oil consumido por grandes buques de vapor de transporte marítimo. La información sobre consumo proviene de los puertos o de las empresas marítimas.
- Electricidad consumida por trenes eléctricos (elevados o subterráneos), tranvías, trolebuses eléctricos.

En ciertos casos los trenes pueden estar equipados con una central eléctrica a bordo, la cual es alimentada con algún combustible como carbón o diesel. A pesar de que podría considerarse como un autoproducción, se recomienda declarar el consumo de combustible para el sector transporte.

Un procedimiento habitual para determinar el consumo de gasolina automotriz es suponer que la totalidad de gasolina suministrada por las estaciones de servicio va al transporte automotor, sin embargo este procedimiento no es recomendable ya que otros consumos que también podrían provenir de esas estaciones son el correspondiente al sector residencial (coccción) en áreas rurales y urbanas marginales y el agropecuario.

La distribución del diesel por sectores es uno de los aspectos más difíciles en la construcción de balances energéticos, debido a que se consume en prácticamente todos los sectores. Las ventas de las estaciones de servicio son generalmente mayores que el consumo del transporte carretero puesto que los tractores y la maquinaria de construcción se abastecen de combustible allí; también puede haber pequeñas industrias que hagan sus compras en las estaciones de servicio. De todos modos el conocimiento de las ventas de las estaciones es un primer paso.

Para determinar el consumo de diesel de una categoría de vehículo, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$Cf = Ni * E (c) * E (L)$$

Dónde:

Cf = consumo final

Ni = Parque de vehículos de la categoría i

c = Consumo específico

L = Kilometraje anual y

E = La esperanza matemática de dichos valores.

Si se aplica esta fórmula a todas las categorías de vehículos que presumiblemente cargan sus tanques en las estaciones, hay que asignar valores apropiados a c y L hasta que el consumo total calculado coincida con las ventas.

La definición de consumo específico de la fuente (c) se determina por características técnicas del motor, la edad, el tipo de ruta, altitud, etc.

4.3.3.8. Sector comercial y servicios (CIIU división 41, 50 a 55, 63 a 93)

Incluye toda actividad de comercialización de bienes y servicios, al por mayor y menor, privados y públicos; sin embargo se excluyen los servicios de distribución de fuentes de energía como electricidad, gas natural, GLP y otros combustibles, por pertenecer al sector energético.

Abarca también el sector de la defensa nacional y policía, de instituciones financieras, hoteles y restaurantes, almacenamiento, aeropuertos y puertos marítimos, educación, salud, cultura, entretenimiento, etc.

Hay que tener cuidado de excluir el consumo de vehículos pertenecientes a establecimientos comerciales o de servicios, ya que este pertenece al sector transporte.

Las fuentes energéticas mayormente utilizadas en este sector a más de la electricidad son: carbón mineral, diesel oil, fuel oil, GLP, leña, carbón vegetal y energía solar; siendo casi exclusivo el uso en calderas para la producción de vapor y agua caliente (en hoteles, hospitales, clínicas, clubes y establecimientos sociales), y para cocción de alimentos (en restaurantes, panaderías, hoteles, clínicas y hospitales).

Para obtener la información apropiada sobre consumos de los combustibles comerciales lo más conveniente es a través de las ventas de los distribuidores; a veces es necesario efectuar reclasificaciones de los registros de clientes, procedimiento que puede combinarse con algún tipo de encuestas o indagaciones.

La información sobre consumos de leña y carbón vegetal en este sector es prácticamente desconocida, siendo necesaria la realización de una encuesta exhaustiva para obtener estimaciones aceptables.

En lo que respecta al consumo de la energía solar es exclusivamente para calentamiento de agua. La cantidad a ingresar aquí se calcula con la fórmula

$$Cf = c * Q * (Tf - To)$$

Donde:

Cf = Consumo final

c = Calor específico del agua (1 kcal/kg °C).

Q = cantidad anual de agua caliente producida,

Tf = temperatura final (promediada)

To = temperatura inicial (promediada).

Electricidad es la fuente energética más comúnmente usada por este sector en numerosos usos tales como: cocción de alimentos, iluminación, refrigeración, calentamiento de agua, aplicaciones mecánicas, maquinaria electrónica, etc.

En general el consumo de electricidad puede estimarse a partir de las ventas hechas por la compañía eléctrica a este sector.

4.3.3.9. Sector residencial

Corresponde a los hogares urbanos y rurales del país. El consumo energético en este sector se destina a usos finales como: iluminación, cocción, calentamiento de agua, refrigeración, aire acondicionado, calefacción, fuerza electromotriz y ondas electromagnéticas.

En general las fuentes energéticas más utilizadas en este sector son la leña para cocción y calefacción; y la electricidad en sus diversos usos. La información de consumo en este sector, para el caso de las fuentes comerciales, está disponible en las empresas proveedoras.

La leña, los residuos animales y el carbón vegetal pueden representar un consumo muy importante en este sector en la mayor parte de los países en desarrollo. Es un consumo no comercial y por lo tanto no registrado, por lo que se debe recurrir a encuestas directas para obtener la información.

Los derivados petroleros más usados por el sector residencial son: GLP, gas natural, y kerosene. Por lo general las empresas proveedoras del producto acostumbran a llevar registro de sus ventas por tipo de consumidor.

Encuesta de Hogares: Es un procedimiento de recolección de datos capaz de proporcionar resultados muy confiables, sobre todo si se combina con las ventas de los distribuidores.

Nota: En ciertos países es posible que se use carbón mineral y siga un patrón no comercial; la gente lo recoge con pico y pala de las minas abiertas dispersas en todo el territorio. Se trata igual que la leña.

La energía solar es otra fuente utilizada por este sector, generalmente utilizada para calentamiento de agua. Para evaluarla, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$H = c * Q * (Tf - To)$$

Donde:

- H = Energía entregada por el sol
- Q = cantidad de agua calentada en un año.
- Tf = temperatura final (promediada)
- To = temperatura inicial (promediada).
- c = Calor específico del agua (1 kcal/kg °C).

4.3.3.10. Consumo final no energético

Es más una actividad que un sector, está definido por los consumos de fuentes energéticas como materia prima para la fabricación de bienes no energéticos y puede darse en cualquiera de los sectores socioeconómicos.

Se mencionan a continuación algunos ejemplos de consumo de fuentes primarias y secundarias en el sector no energético. Es tarea del usuario identificar los casos que se adapten a la situación de su país, sea que estén o no mencionados en este párrafo:

-
- Gas Natural para craqueo al vapor, turboexpander o fertilizantes
- Bagazo para tableros aglomerados o papel
- Desechos Animales como fertilizante y Desechos Vegetales como alimento de ganado
- Gasolina para limpieza o (nafta) para reformación o craqueo al vapor en industria petroquímica
- Kerosene para limpieza
- Carbón Vegetal para anhídrido carbónico

Una actualización a la metodología del Balances consiste en la desagregación del consumo no energético en los diversos subsectores socioeconómicos en el caso que se disponga de éste detalle de la información (Formulario SIEE-F03H.2)

4.3.3.11. Consumo propio

El consumo propio es la cantidad de energía primaria y secundaria que el propio sector energético utiliza para su funcionamiento. El consumo propio es exclusivamente de electricidad y combustibles.

Es importante distinguir “consumo propio” de “transformación” y “reciclo”; ya que mientras estos dos últimos son materia prima que se transforma en una nueva fuente de energía, el consumo propio es transformado en energía final útil como calor, fuerza mecánica, iluminación, etc.

Ejemplo:

El fuel oil quemado para calentar el horno de crudo de una refinería es “consumo propio”; el fuel oil que se mezcla con la corriente de petróleo y se carga a la refinería es “reciclo” y el fuel oil que se quema para producir electricidad es “transformación”.

Cabe aclarar que es consumo propio, el aprovechamiento de las fuentes consumidas como energía final en una instalación energética, sean o no dichas fuentes producidas por la misma instalación; por ejemplo, la electricidad pública consumida en una refinería. Para facilitar el registro de los consumos propio, se ha dividido esta actividad en tres sub-actividades:

- 1) Consumo propio del sector eléctrico
- 2) Consumo propio del sector hidrocarburos
- 3) Consumo propio de otros sectores

1. Consumo propio del sector eléctrico

Es la energía final consumida en las diferentes actividades del sector eléctrico como: generación (pública), transporte y distribución de electricidad. El consumo propio de electricidad incluye la iluminación de las instalaciones y oficinas del sector eléctrico, consumo de equipos de medida y tableros de control, equipos de comunicación, herramientas eléctricas, etc. El consumo propio de combustibles se da por lo general para mover maquinaria especial como grúas para postes, monta cargas, etc.

2. Consumo propio del sector hidrocarburos

Son la electricidad y los combustibles utilizados por el mismo sector petrolero en alguna de sus etapas, tales como

- La explotación de petróleo y gas asociado en los yacimientos de petróleo
- La explotación de gas libre en los campos de gas
- Las refinerías, donde se procesa el crudo y se transforma en derivados
- El transporte de crudo, gas y derivados a través de oleoductos, gasoductos y poliductos
- Distribución y comercialización de combustibles
- Iluminación de oficinas y otros establecimientos del sector petrolero
- Grúas, montacargas y otra maquinaria especializada del sector.

Nota: Un caso generalmente informado como consumo propio por parte de las compañías petroleras es el consumo de gasolina y diesel para su parque vehicular, aéreo o marítimo. Estrictamente, esto no se debe considerar consumo propio sino consumo final del sector transporte.

3. Consumo propio de otros sectores

Es la cantidad de electricidad y combustibles consumidos como energía final en el sector de carbón mineral y otros del área energética, como por ejemplo:

- Maquinarias para la extracción de carbón mineral
- Iluminación de minas de carbón mineral
- Energía final consumida en coquerías y altos hornos
- Energía final consumida por destilerías de etanol y plantas de biodiesel

4.3.3.12. Pérdidas

Es la cantidad de fuentes de energía que se pierde por diferentes razones, en su paso por la cadena energética, desde su origen hasta su consumo final.

Ocurren pérdidas en extracción, almacenamiento, transformación, transporte y distribución. Sin embargo, para efecto del balance energético no se consideran las pérdidas de extracción, porque generalmente ya están descontadas del valor de producción, ni tampoco las de transformación, debido a que forman parte de la eficiencia total de estos centros, por lo tanto solamente se contabilizan las pérdidas de almacenamiento, transporte y distribución.

No se debe confundir pérdidas con energía no aprovechada pues mientras este último podría aprovecharse completamente si se dieran las condiciones, las primeras son eventos inevitables o accidentales. Solamente se debe hablar de pérdidas de electricidad y de fuentes de energía tangibles.

➤ **Pérdidas en almacenamiento**

Aplica para fuentes líquidas, sólidas y gaseosas; y se dan por derrames o fugas accidentales en los reservorios, por evaporación de líquidos y por acción del viento en las pilas de almacenamiento de fuentes sólidas como el carbón mineral. Es muy importante, saber distinguir las pérdidas en almacenamiento de las variaciones de inventario.

➤ **Pérdidas en transporte**

Corresponde a derrames o fugas en ductos, evaporación de líquidos en vehículos cisterna y en el caso de la electricidad, a la energía perdida en las líneas de transmisión a causa de la resistencia eléctrica de las mismas.

Las pérdidas en transporte se calculan por diferencias de medida a la entrada y a la salida del sistema transportador.

➤ **Pérdidas en distribución**

En el caso de líquidos y gases, las pérdidas corresponden a derrames fugas, evaporaciones y otros eventos similares en los sistemas de distribución. En el caso de la electricidad, se deben principalmente a la resistencia de los conductores eléctricos, aunque pueden existir también otras causas, por lo que se divide a las pérdidas de distribución eléctrica en dos tipos: a) pérdidas técnicas y b) pérdidas no técnicas.

- a) **Pérdidas técnicas en distribución de electricidad:** Son aquellas pérdidas que se producen en las redes primarias o secundarias del sistema de distribución (pérdidas resistivas en los conductores), así como también en los transformadores (pérdidas en el núcleo: Histéresis y corrientes de Foucault). Este tipo de pérdidas son inevitables, debido a que ningún proceso es 100% eficiente, pero pueden ser reducidas.
- b) **Pérdidas no técnicas en distribución de electricidad:** Son aquellas pérdidas que se producen por deficiencias ocasionadas tanto en la medición como en la facturación o por robos de energía eléctrica (conexiones clandestinas). Este tipo de pérdidas son evitables, su reducción permite mejorar los ingresos de las empresas eléctricas.

En general las pérdidas en distribución se calculan por diferencia entre lo despachado al sistema de distribución y lo facturado al consumidor final.

4.4. CUENTAS DEL BALANCE ENERGÉTICO

Se refiere a las cuentas parciales y totales por columnas y filas que se realizan en la matriz del balance energético. El formato de presentación del balance energético con sus respectivos cálculos de totales y subtotales, puede ser muy variado dependiendo del nivel de detalle de la información y de las necesidades de análisis de cada país.

4.4.1. Cuentas con actividades (filas)

En la matriz del balance energético que utiliza actualmente OLADE, las filas corresponden a las actividades de la cadena energética y las columnas a las diferentes fuentes de energía, tanto primarias como secundarias.

4.4.1.1. Cuentas con actividades (filas)

➤ **Producción primaria y secundaria**

En el formato de OLADE, tanto la producción de las fuentes primarias, como la producción de las fuentes secundarias aparecen en la misma fila del balance, con la diferencia que, mientras la producción de las primarias es un dato, la producción de las secundarias es un total que se calcula sumando para cada fuente todas las salidas de centros de transformación (valores positivos).

➤ **Oferta total**

Es la cantidad de cada fuente, que está disponible para el uso interno, ya sea para insumo a transformación, para consumo propio del sector energético o para consumo final. Parte de este rubro cubre también las pérdidas que se dan en las diferentes etapas de la cadena energética. La oferta total interna se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$OT = PP - RI + IM - EX + VI - NA - BK + TR$$

Donde:

OT = Oferta total interna
 PP = Producción (tanto de fuentes primarias como secundarias)
 RI = Reinyección o recirculación de GN
 IM = Importación
 EX = Exportación
 VI = Variación de inventario
 NA = No Aprovechado
 TR = Transferencias
 BK = Bunker

Nótese que **VI** y **TR** pueden ser valores de signo positivo o negativo en el balance energético.

Tabla 1. Signos de los datos de oferta formato OLADE

Actividad	Signo desplegado en el balance
Producción primaria (PP)	Positivo
Reinyección o recirculación de GN (RI)	Positivo
Importación (IM)	Positivo
Exportación (EX)	Positivo
Variación de inventario (VI)	Positivo o negativo
No Aprovechado (NA)	Positivo
Transferencias (TR)	Positivo o negativo
Bunkers (BK)	Positivo
Total oferta interna	PP-RI+IM-EX+VI-NA -BK+TR

Fuente: SIEE-OLADE

➤ Transformación total

Es la suma de los insumos a transformación, la convención de signos para el despliegue en el balance es la siguiente:

Tabla 2. Actividades

Actividad	Signo desplegado en el balance
Insumo a transformación	Negativo
Producto de transformación	Positivo
Transformación total	Suma de los valores negativos

Fuente: SIEE-OLADE

➤ Consumo final energético

Se refiere a la cantidad total de fuentes primarias y secundarias utilizadas por los sectores de consumo final anteriormente mencionados en este capítulo.

➤ Consumo final total

Es la suma del consumo final energético más el consumo final no energético. El despliegue en el balance de los datos de consumo, se lo hace siempre con signos positivos.

➤ **Consumo aparente**

Esta cuenta no aparece de manera explícita en el balance, sin embargo representa la cantidad de fuente energética que aparentemente es requerida para cubrir las necesidades internas del país o región de análisis. Se calcula sumando el consumo final, el consumo propio, las pérdidas y restando el total que ingresa a transformación.

$$CA = CF + CP + PE - TT$$

Donde:

- CA = Consumo aparente
- CF = Consumo final total
- CP = Consumo propio del sector energético
- PE = Pérdidas
- TT = Transformación total (tiene siempre signo negativo)

➤ **Ajuste estadístico**

En un balance energético ideal, debería darse la siguiente relación de equilibrio:

$$\text{Oferta total} = \text{Consumo aparente}$$

Sin embargo, en la práctica, existen muchas razones por las que las dos cuentas no cuadran exactamente, como son la acumulación de errores en las mediciones, aproximaciones en la conversión de unidades, datos incompletos, etc.

La diferencia entre la oferta total y el consumo aparente, toma el nombre de "Ajuste Estadístico" que puede tener signo positivo o negativo dependiendo de cuál de las cuentas tiene un valor mayor. Se puede enunciar entonces la siguiente relación:

$$\text{Oferta total} = \text{Consumo aparente} + \text{Ajuste estadístico}$$

El ajuste estadístico constituye también uno de los parámetros para medir el grado de precisión y calidad de los datos del balance energético. Aunque es difícil generalizar, ya que para cada fuente se presentan diferentes dificultades en la recolección de datos, se podría tomar como criterio que el valor absoluto del ajuste estadístico, no debería sobrepasar el 5% del valor de la oferta total.

4.4.1.2. Cuentas con fuentes de energía (columnas)

Es necesario primero recalcar que para que en un balance energético se puedan calcular acumulados con diferentes fuentes de energía, todos los datos del balance deben estar en una unidad calórica común.

Las cuentas por filas en el caso del formato de OLADE, son en su mayoría las sumas algebraicas de cada uno de los grupos de energéticos del balance expresado en una unidad calórica común, existiendo ciertas excepciones que dependen de los tipos de actividades como se explica a continuación.

➤ **En actividades de oferta**

En la región de actividades de oferta, los totales de las fuentes primarias, secundarias y total energía son sumas algebraicas de los valores de cada fila para todas las actividades de este tipo, excepto para la producción, donde el total de producción de energía corresponde solamente al total de energías primarias y no toma en cuenta las secundarias.

El total de oferta interna de energía (TOT) ubicada en el cruce de la columna "Total" y la fila "Oferta total" se calcula aplicando la fórmula de cálculo para este rubro en dicha columna, es decir:

$$TOT = TPP - TRI + TIM - TEX + TVI - TNA - TBK + TTR$$

Donde:

TOT = Total de Oferta Interna de Energía
 TPP = Total producción
 TRI = Total reinyección o recirculación [Aplicable solo a GN]
 TIM = Total importación
 TEX = Total exportación
 TVI = Total variación de inventarios
 TNA = Total no aprovechado
 TBK = Total bunkers
 TTR = Total transferencias

➤ **En actividades de transformación**

El total de energía primaria en este tipo de actividades, se obtiene mediante la suma simple de todas las fuentes de este grupo, mientras que el total de energía secundaria considera la suma solamente de los valores positivos de las fuentes secundarias, es decir los productos de transformación.

Las celdas del cruce entre la columna "Total" y las filas correspondientes a las actividades de transformación se calculan sumando algebraicamente todos los productos y todos los insumos a transformación con su respectivo signo. Estos valores deben resultar siempre menores o iguales a cero, ya que un valor positivo implica una eficiencia de transformación mayor que la unidad.

➤ **En pérdidas, consumo propio y actividades de consumo final**

Para estas filas, los totales o acumulados por fuentes, son las sumas algebraicas de los valores de cada grupo de energéticos.

Hasta aquí se constituye la estructura del Balance de Energía de acuerdo con la Metodología OLADE.

➤ **Generación Eléctrica por Fuente**

Dada la necesidad de disponer el detalle de la Generación Eléctrica por fuente, y siguiendo la decisión aprobada en la XVI Reunión de Trabajo de los Asesores SIEE en Octubre del 2015, se añaden 2 filas al final de la estructura del balance que permita registrar dicha información y bajo las siguientes consideraciones:

- La información incluida en estas filas no afectaran en ningún aspecto el Balance de Energía.
- Cada celda en relación con la columna correspondiente a cada fuente de energía contendrá la generación eléctrica con dicha fuente.
- La primera fila corresponde a "Centrales Eléctricas" y la segunda fila corresponde a "Autoprodutores".
- Se recomienda validar que el Total estas filas sea igual con el Total de la columna "Electricidad" del balance de energía.

En la Tabla 3, se muestra la estructura de la matriz del balance energético utilizado por OLADE en sus sistemas de información, con las respectivas fórmulas para calcular las cuentas por filas y por columnas.

Tabla 3. Estructura matriz balance energético

	Fuentes primarias	Total primarias	Fuentes secundarias	Total Secundarias	Total
Producción primaria (PP)	(+)	Suma primarias	Suma valores positivos en actividades de transformación	Suma secundarias	Total primarias
Reinyección o recirculación de GN (RI)	(+)	Suma primarias		Suma secundarias	Primarias +secundarias
Importación (IM)	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Exportación (EX)	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Variación de inventario (VI)	(+)	Suma primarias	(+/-)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
No Aprovechado (NA)	(+/-)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias + secundarias
Transferencias (TR)	(+)	Suma primarias	(+/-)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Bunkers (BK)	(+/-)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Total oferta interna (OT)	PP-RI+IM+-EX+VI-NA-BK+TR				
Actividades de transformación	(-)	Suma primarias	(+/-)	Suma valores positivos fuentes secundarias (productos)	Productos-insumos
	(-)	Suma primarias	(+/-)		Productos-insumos
	(-)	Suma primarias	(+/-)		Productos-insumos
	(-)	Suma primarias	(+/-)		Productos-insumos
	(-)	Suma primarias	(+/-)		Productos-insumos
Total Transformación (TT)	Suma valores negativos de actividades de transformación			Suma secundarias	Productos-insumos
Sectores de consumo final	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Consumo Energético (CE)	Suma de sectores de consumo final				
Consumo No Energético (NE)	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Consumo final (CF)	Consumo Energético+ Consumo No Energético				
Consumo Propio (CP)	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Perdida (PE)	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Ajuste (AJ)	OT+TT-CF-CP-PE (TT tiene signo negativo)				
Generación Eléctrica: Centrales Eléctricas	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias
Generación Eléctrica: Auto Productores	(+)	Suma primarias	(+)	Suma secundarias	Primarias +secundarias

➤ Columnas

Energía Primaria: A continuación se muestra la distribución de las fuentes de energía primaria por columnas tal y como aparece en el balance energético de OLADE.

Fuentes de energía primaria												
Hidrocarburos Primarios			Fuentes Minerales		Energía Directa				Biomasa			Otras Fuentes Primarias
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Petróleo crudo	Líquidos de gas Natural	Gas natural	Carbón mineral	Nuclear	Hidroenergía	Geotermia	Eólica	Solar	Leña	Productos de caña	Otra biomasa	
kbbl	kbbl	Mm ³	kt	t	GWh	GWh	GWh	GWh	kt	kt	kbep	kbep

Energía Secundaria: Las fuentes de energía secundaria se agrupan en columnas después de las fuentes de energía primaria.

Fuentes de energía secundaria											
Productos de petróleo y gas natural									Productos de fuentes minerales		
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Electricidad	GLP	Gasolina	Kerosene y Jet Fuel	Diesel oil	Fuel oil	Gas de refinera	Coque de petróleo	Otros productos de petróleo y gas	Coque de carbón mineral	Gases industriales	Otros productos fuentes minerales
GWh	kbbl	kbbl	kbbl	kbbl	kbbl	kbep	kt	kbep	kt	kbep	kbep

Fuentes de energía secundaria					
Fuentes de energía secundaria					
Productos de biomasa					
26	27	28	29	30	31
Carbón vegetal	Etanol	Biodiesel	Biogás	Otras fuentes secundarias	No energético
kt	kbbl	kbbl	kbep	kbep	kbep

➤ Filas

Se presentan las actividades del balance energético desagregadas por filas como aparecen a continuación.

ITEM	Actividad	ITEM	Actividad	ITEM	Actividad
1	Producción primaria	13	Autoproductores	25	Agro, silvicultura y pesca
2	Reinyección o recirculación de GN	14	Coquería	26	Minería
3	Importación	15	Alto horno	27	Construcción y otros
4	Exportación	16	Carbonera	28	CONSUMO ENERGÉTICO
5	Variación de inventario	17	Destilería de etanol	29	No Energético
6	No aprovechado	18	Plantas de biodiesel	30	CONSUMO FINAL
7	Transferencias	19	Otras transformaciones	31	Consumo propio
8	Bunkers	20	TRANSFORMACIÓN TOTAL	32	Pérdidas
9	OFERTA TOTAL	21	Transporte	33	AJUSTE
10	Refinería	22	Industria	34	Generación Eléctrica: Centrales Eléctricas [GWh]
11	Centros de gas	23	Residencial	35	Generación Eléctrica : Auto productores [GWh]
12	Centrales eléctricas	24	Comercial , servicios y público		



CAPÍTULO V

Reservas y potenciales

5. Reservas y potenciales

5.1. RESERVAS

Son las cantidades totales que disponen los yacimientos de fuentes fósiles y minerales a una fecha dada, dentro del territorio nacional, factibles de explotar al corto mediano o largo plazo. El conocimiento geológico y de ingeniería permite estimar las reservas económicamente extraíbles con una cierta probabilidad, la cual define tres categorías que son:

➤ **Reservas probadas:**

Son las reservas económicamente extraíbles, de los pozos o yacimientos existentes con la infraestructura y tecnología disponible del país en el momento de la evaluación. Se incluyen esquemas de producción mejorada, con alto grado de certidumbre en yacimientos que han demostrado comportamiento favorable en la explotación. Se miden con estudios exploratorios.

➤ **Reservas probables:**

Son los volúmenes que podrían recuperarse de yacimientos ya descubiertos, con una probabilidad alta, cuando exista un mayor desarrollo de la tecnología de explotación. No cuentan con estudios exploratorios para su medición, pero se estiman por cercanías a otros campos.

➤ **Reservas posibles:**

Son los volúmenes que se estima podrían ser extraídos de yacimientos identificados por formaciones conocidas, con bajo nivel de probabilidad, que no cuentan aún con estudios exploratorios.

Se denominan reservas 1P a las reservas probadas, reservas 2P a la suma de reservas probadas y probables; y reservas 3P a la suma de los tres tipos de reservas (Probadas + Probables + Posibles).

5.1.1. Reservas de hidrocarburos

➤ **Reservas de petróleo**

Es la cantidad de petróleo crudo que se encuentra en el subsuelo de todos los yacimientos nacionales a una fecha determinada (para el SIEE al 31 de diciembre de cada año). Se debe reportar el valor de reservas probadas, probables y posibles.

➤ **Reservas de gas natural**

Reserva es la cantidad de gas natural que se encuentra en el subsuelo de todos los yacimientos, sean estos de gas asociado o no asociado con petróleo, a una fecha determinada. Las reservas de gas asociado se estiman como porcentajes de las reservas de petróleo. Se debe reportar el valor de reservas probadas, probables y posibles.

➤ **Reservas de líquidos de gas natural**

La gasolina natural, el gas licuado de petróleo y en ocasiones cortes intermedios de las características de un kerosene, constituyen la parte condensable de las reservas de gas natural húmedo, el cual está generalmente asociada con petróleo. Para determinar las reservas de probadas de líquidos de gas natural, basta con conocer las reservas probadas de gas natural asociado y estimarlas mediante porcentajes.

➤ **Reservas de otros hidrocarburos**

Se incluyen en este concepto las reservas de petróleos súper pesados (bitúmenes) y arenas impregnadas de bitúmenes, a partir de los cuales se fabrican los petróleos sintéticos y la orimulsión.

5.1.2. Reservas de carbón mineral

El carbón mineral se caracteriza por el tipo o calidad, que depende de la edad geológica del yacimiento. Cuanto más antiguo es un carbón menor es el contenido de materia volátil y es más elevado su poder calorífico. Según su calidad, los carbones se clasifican en: carbones de alto rango y carbones de bajo rango, los carbones de alto rango tienen mayor edad que los de bajo rango y mayor poder calorífico (entre 7,000 y 8,800 kcal/kg, incluyen a la antracita y a los bituminosos. Los carbones de bajo rango (entre 3,000 y 6,500 kcal/kg) incluyen los sub-bituminosos y el lignito.

La reserva de carbón mineral es el volumen que existe en los yacimientos a una determinada fecha y que puede ser extraído con los procedimientos técnicos disponibles. Según el grado de incertidumbre con que se haya efectuado la cubicación, las reservas pueden ser probadas, probables y posibles.

De acuerdo al uso final al que estará destinado el carbón mineral, se pueden registrar las reservas clasificando este energético en carbón térmico y carbón metalúrgico.

El carbón metalúrgico, es un tipo especial de los bituminosos, que posee la propiedad coquizable, en general tiene bajo contenido de azufre y fósforo. Todos los demás bituminosos y las demás calidades de carbón mineral, se las reportaría como carbones térmicos.

5.1.3. Reservas de uranio o combustibles fisionables

Bajo este nombre se engloban los minerales de uranio natural donde el isótopo radioactivo es el U235, expresados generalmente bajo la fórmula de óxido de uranio.

La reserva de combustible fisionable es el volumen que existe en los yacimientos a una determinada fecha y que puede ser extraído con los procedimientos técnicos disponibles. Según el grado de incertidumbre con que se haya efectuado la cubicación, las reservas pueden ser probadas, probables y posibles.

5.2. POTENCIALES ENERGÉTICOS

El potencial es la medida de la capacidad que tiene un país de aprovechar los recursos naturales renovables con fines energéticos. Para el cálculo del potencial, es necesario distinguir dos tipos de fuentes renovables:

- a) Las fuentes de energía directa: no pueden ser cuantificadas en unidades de masa o volumen y por lo tanto su potencial se mide por la capacidad de producción de energía en forma de electricidad y calor, aunque el potencial se refiere generalmente a la electricidad. Se incluyen en este concepto la hidroenergía, la geotermia, la energía eólica, la energía solar y otras renovables como la marea motriz.
- b) La biomasa: puede ser cuantificada en unidades de masa o volumen y por lo tanto su potencial se mide directamente por la cantidad de recurso disponible o recuperable de la naturaleza. Se incluye en este concepto solamente la biomasa destinada a uso energético.

5.2.1. Potencial de hidroelectricidad

El potencial hidroeléctrico (P) es la suma de las potencias instalables en las cuencas hidrográficas más el total de las potencias instaladas en las centrales hidroeléctricas existentes.

$$P = \eta \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \cdot 10^{-6}$$

Donde:

P = Potencial hidroeléctrico (MW)

η = Eficiencia aproximada de la planta de generación

Q. = Caudal en m³/s

ρ . = Densidad del agua igual a 1000 kg/m³

g. = Constante de la gravedad igual 9.8 m/s²

h = Altura en m, igual a la diferencia de niveles de la corriente de agua entre dos puntos específicos de la cuenca hidrográfica.

5.2.2. Potencial de geotermia

La potencia (W) es la suma de las potencias instalables en todos los posibles yacimientos geotérmicos más las potencias instaladas de las plantas geotérmicas en funcionamiento.

Al estado actual de la tecnología no existe un criterio uniforme acerca de si la geotermia es un recurso 100 % renovable y parece que el modo de explotación puede incidir ya en su agotamiento, ya en su conservación, al menos por períodos prolongados.

La energía se puede evaluar como la suma de todas las energías que pueden producir las potencias instalables e instaladas, durante períodos que pueden ser distintos para cada yacimiento, considerando una vida útil máxima de 50 años.

Siendo que la geotermia es utilizada casi exclusivamente para generar energía eléctrica, calcule la energía obtenible del recurso geotérmico como la electricidad capaz de ser producida por la entalpía del vapor disponible en los yacimientos.

5.2.3. Potencial eólico

El potencial (W) es la suma de las potencias instalables en una determinada área más las potencias instaladas en los parques eólicos en funcionamiento.

La potencia del viento es función del cubo de la velocidad, por lo que es importante tomar mediciones de velocidad confiables durante algún tiempo. Para hacerlo, se deben instalar estaciones de medición. La potencia del viento se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$W = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Donde:

ρ = densidad del aire en kg/m³

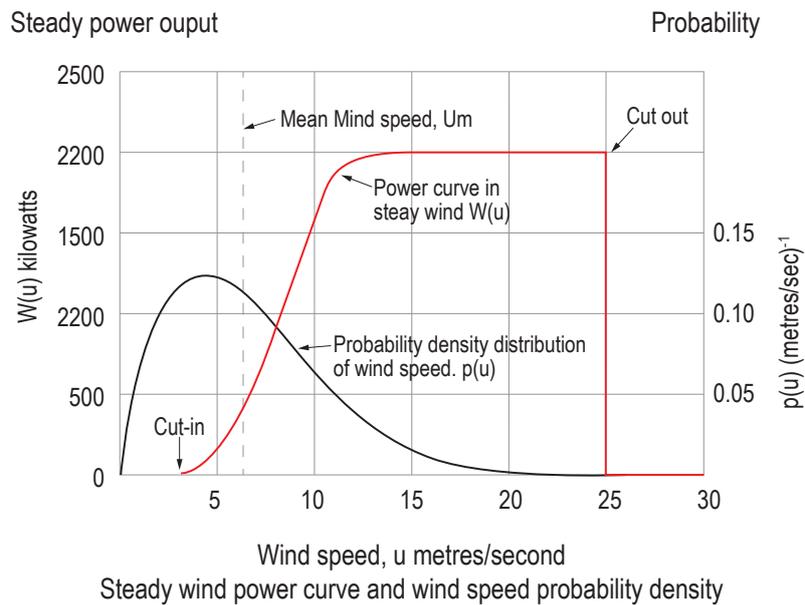
A = Área transversal a la dirección del viento barrida por el rotor, en m²

v = Velocidad del viento en m/s

Para el caso de la velocidad del viento, esta se ajusta a una función de densidad de probabilidad de Weibull. En base a esta curva se puede calcular la energía que puede producir un aerogenerador, generalmente en un periodo de un año.

La distribución de Weibull está definida por dos parámetros: el factor de escala c (m/s) que puede aproximarse a la velocidad media y el factor de forma k que indica cuán angosta o sesgada es la curva

Figure 15. Esperanza matemática del potencial eólico



El Potencial eólico se lo puede calcular como la esperanza matemática de la Potencia media desarrollada en función de la velocidad del viento.

$$Pm = \int_{u=0}^{u=+\infty} p(u)W(u)du$$

Donde:

- Pm = Esperanza matemática de la potencia eólica
- u = velocidad del viento
- P(u) = función de la distribución de probabilidad de velocidad
- W(u) = función de la potencia eólica respecto a la velocidad

5.2.4. Potencial solar

Se refiere a la potencia que se puede desarrollar al captar la radiación solar en dispositivos fotovoltaicos y termo solares en una determinada región de estudio.

Para calcular el potencial solar, se debe determinar la radiación solar, que corresponde al valor medio de los valores diarios de la radiación global (radiación directa más radiación difusa). Este valor se puede determinar por medio de un equipo denominado piranómetro.

Si se toma los valores de radiación cada cierto número de minutos al día, por integración, se podrá obtener el nivel de energía solar incidente diaria en kWh/m²/día.

5.2.5. Potencial de biomasa (bioenergético)

Corresponde al potencial de leña, de bagazo y de residuos agroindustriales, pecuarios y urbanos.

➤ Potencial de Leña

Es igual a la suma de las cantidades de leña que se pueden obtener por recolección y por corte anual, expresado en toneladas.

➤ Potencial de leña por recolección

Es el incremento anual de peso en el área de sustentación, que permite la recolección de leña (raleo, podas, limpieas, etc.) sin disminuir el potencial anual de madera.

Área de sustentación (AS): Es el área de bosques disponible para el corte y es igual a la superficie total boscosa menos la de bosque protegido y menos las áreas deforestadas para explotaciones agrícolas o por cualquier otra causa.

➤ Potencial de leña por corte

Es la cantidad de leña que se puede obtener del fuste de los árboles del área de corte y corresponde al potencial anual de madera menos la producción de madera en rollo industrial al año (madera en rollo – leña y carbón).

Área de corte anual (ACA): Delimita el área de corte de cada año y es igual al área de sustentación, dividido para el ciclo de rotación.

Ciclo de Rotación (CR): Es el tiempo que tarda un bosque en regenerarse entre corte y corte.

Potencial anual de madera (PM): Es igual al volumen bruto en pie por la densidad t/m^3 ; si no conoce ésta tome 0.625 para coníferas, 0.750 para latifoliadas y 0.725 para bosque mixto; el bosque arbustivo o degradado puede tener densidades mucho menores. Volumen Bruto en Pie (VOB): Es igual al área de corte anual por m^3 de madera y por m^2 de área.

➤ Potencial de Bagazo

El potencial anual de bagazo se evalúa en función de la producción de azúcar y de un coeficiente bagazo/azúcar. El bagazo es quizás el único recurso cuyo potencial es igual a la producción anual, debido a que el azúcar que permite su cálculo es la producción real del año

➤ Potencial de residuos agrícolas, agroindustriales, pecuarios y urbanos

El potencial de residuos se calcula multiplicando el peso de la fuente originaria por un coeficiente. Algunos coeficientes de referencia son:

Table 4. Coeficientes de referencia

Coeficientes de Referencia		
Producto	p.u.	boe/ton
Agrícolas		
Arroz	0.40	2.10
Algodón	0.50	2.10
Caña azúcar	0.15	2.10
Agroindustriales		
Arroz	0.32	2.31
Algodón	0.27	2.67
Café	0.60	2.52
Madera	1.00	1.92
Destilería	12.00	0.04
Urbano		
Basura	0.07	1.15
Agua servida	14.60	0.00

Fuente: SIEE-OLADE



CAPÍTULO VI

Precios de los energéticos

6. Precios de los Energéticos

La información de precios de los energéticos es fundamental dentro de las estadísticas energéticas de un país, ya que constituye una variable que puede influir directamente sobre la oferta y la demanda de una fuente. Sin embargo, la gran cantidad de parámetros y condiciones que determinan esta variable, como impuestos, región geográfica, sector de consumo, forma de distribución, costos de transporte, etc., hacen muy compleja su recopilación detallada, por lo que es necesario realizar una clasificación simplificada como la que se presenta a continuación.

6.1. PRECIOS DE REFERENCIA DE LOS ENERGÉTICOS

El precio de referencia es un valor único, considerado como el más representativo de un determinado producto dentro del país. Corresponde al valor mensual del energético expresado en moneda nacional o divisas, por unidad física de comercialización.

Todos los parámetros escogidos como: localidad, poder calorífico, octanajes, franjas de consumo, tipo de producto, y demás consideraciones que sirvan para obtener este único valor deberán ser registrados, a fin de mantener coherencia en las series de datos.

Los precios de referencia se aplican generalmente a las fuentes de energía comerciales como petróleo crudo y sus derivados, gas natural, carbón mineral y electricidad, es decir para las cuales existe infraestructura de comercialización controlada.

Los precios de referencia pueden ser: internos y externos

6.1.1. Precio interno

Es el precio de un energético al consumidor final. Normalmente se toma el precio de mayor vigencia en el mes en moneda nacional. Si este precio varía por ciudad o punto de venta del país, se deberá seleccionar el de mayor consumo.

Se han establecido dos tipos de precios internos:

- a) Precio sin impuesto: es el precio del energético antes de la aplicación de rubros adicionales como impuestos, utilidades, subsidios, etc. En particular, se excluye el impuesto al consumo específico.
- b) Precio con impuesto: es el precio del energético en el que se incluye todos impuestos federales, estatales, municipales, al consumo, y otros que se apliquen al energético en el país, así como cualquier rubro adicional que se cargue en la comercialización. Es decir corresponde al precio que el consumidor final paga en el mercado.

Los precios internos de referencia, pueden ser diferenciados por sector de consumo final, como en los siguientes ejemplos:

- a) Gas natural doméstico: es el precio del gas natural destinado al sector residencial; si los precios del gas natural están estratificados por rangos de consumos (o por cualquier otro criterio), se debe reportar los valores de la franja de mayor consumo.
- b) Gas natural industrial: es el precio del gas natural en el sector industrial. Lo ideal sería ingresar mensualmente el precio promedio del gas que paga un usuario industrial en un determinado país; pero cuando esto no es posible, se puede utilizar un valor de referencia.

Se debe tener muy en cuenta la situación en particular de cada país, pues en el caso de existir subsectores con subsidios muy fuertes, puede ocurrir que cuando se toma el precio promedio como el de referencia, las distorsiones en el precio del gas sean muy grandes. En este caso hay que analizar si es mejor quitar el precio de las industrias subvencionadas.

El precio del gas natural pagado por las centrales eléctricas no debe incluirse como parte del precio del sector industrial.

- a) Gas licuado de petróleo (GLP): Es el precio que paga un usuario del sector de consumo más importante. Se supone que en la mayoría de los países, éste es el sector residencial.

Si el precio varía según la localidad o franja de consumo, se debe seleccionar la localidad y la franja según su representatividad en el consumo.

Si existen distintas calidades de gas licuado (propano puro, butano puro, mezclas diversas de propano y butano), hay que tomar aquella que representa el mayor consumo.

- b) Gasolina: corresponde al precio que paga un usuario en las estaciones de servicio. Si este precio varía de estación en estación o de ciudad en ciudad, se deberá tomar el de la localidad de mayor consumo.

Se considera el precio de los dos tipos de gasolina para motor más vendidos en el país, clasificados de la siguiente manera.

- Gasolina Regular: es la gasolina con octanaje más bajo de entre los dos tipos escogidos.
- Gasolina Premium: es la gasolina de octanaje más alto entre los dos tipos escogidos.

- c) Diesel oil: corresponde al precio que paga un usuario del sector de transporte por este energético. Es decir el precio del diesel oil que se vende en las estaciones de servicio y no el que puede comprarse a granel para la industria, las fincas agrícolas, o las grandes empresas de transporte de pasajeros o carga, aun cuando tales consumos puedan ser mayores que lo que se vende en las estaciones. Si el precio varía según la localidad, se debe seleccionar la de mayor representatividad en el consumo.

- d) Kerosene: es el precio que paga un usuario del sector de consumo residencial en las estaciones de servicio. Si el precio varía según la localidad, se debe seleccionar la de mayor representatividad en el consumo.

- e) Jet fuel: es el precio del combustible para aviones jet. En general, el jet fuel se ofrece bajo distintas especificaciones que implican denominaciones diferentes JP1, JP4, etc. Se debe elegir la de mayor consumo. Así mismo, si el precio depende del aeropuerto, hay que seleccionar el de mayor movimiento.

Una situación muy frecuente es que se paguen precios distintos para los vuelos de cabotaje y para los vuelos internacionales que se realizan con naves de bandera nacional. En este caso, se debe preferir el precio de los vuelos internacionales.

- f) Fuel oil: es el precio del fuel oil que paga un usuario del sector industrial. El fuel oil se vende generalmente a granel y es posible que no tenga un precio único para todos los usuarios industriales o aún que el precio o una parte de él sea determinado por negociación entre vendedor y comprador. Si así fuera, se debe seleccionar el consumidor industrial más representativo del país.

Si el precio del fuel oil a la industria está fijado por el Gobierno, y el mismo no es uniforme en todo el territorio o para todos los subsectores industriales, se deberá seleccionar un valor promedio por su representatividad.

- g) Carbón mineral de uso siderúrgico: es el precio que paga el usuario siderúrgico para fines de elaboración de coque. El carbón de uso siderúrgico está concentrado en pocos usuarios; sin embargo, se debe tener en cuenta que si un país dispone de grandes acerías integradas que poseen altos hornos, el precio de referencia será el promedio de esas acerías (o bien el de la más representativa) con exclusión de las pequeñas unidades metalúrgicas que practican la coquización en pequeña escala.

Si por el contrario, un país no dispone sino de industria metalúrgica a pequeña escala, el precio a considerar es el precio promedio relativo a esta industria.

- h) Carbón mineral de uso térmico: es el precio que paga el usuario del sector industrial. Sólo si no hay consumo industrial se deberá utilizar el precio de otro sector siguiendo la siguiente prioridad:

- Industrial
- Centrales Térmicas de Servicio Público
- Ferrocarriles
- Embarcaciones
- Residencial

- i) **Electricidad:** Es el precio de 1 kWh que paga un usuario de referencia en el sector residencial, comercial o industrial. Si el precio varía según la localidad o franja de consumo, se debe seleccionar la localidad y la franja según su representatividad en el consumo. Preferiblemente se debe registrar el valor resultante de la relación entre el valor monetario y la cantidad de energía (kWh) facturado para cada sector económico. De esta manera se obtiene un precio que toma en consideración las diferentes tarifas y rangos de consumo. Puede haber macro consumidores industriales que tienen procesos de electrólisis y disponen de tarifas de promoción muy inferiores al promedio. Hay que excluirlos así sean los mayores consumidores, ya que distorsionan la comparación con otros países.

6.1.2. Precios externos

Los precios externos son los precios de importación y exportación con que se comercializan los distintos energéticos.

- a) **Precio de importación:** es el precio CIF y corresponde al promedio mensual de las importaciones, o bien al precio del cargamento más representativo del mes.
- b) **Precio de exportación:** es el precio FOB y corresponde al promedio mensual de las exportaciones, o bien al precio del cargamento más representativo del mes.

A continuación se señalan como ejemplo, criterios para determinar los precios externos de referencia de importación y exportación de algunos energéticos:

- a) **Gas natural exportado o importado:** es el precio en dólares de 1000 m³ de gas natural de un poder calorífico determinado puesto en la frontera. Precio que recibe el país exportador o que paga el país importador. Si un país exporta o importa gas natural a precios diferentes, se debe utilizar el más representativo, o sea el correspondiente a la cantidad mayor exportada o importada.
- b) **Productos de petróleo y gas natural exportados o importados:** Esta explicación es válida para: gas licuado de petróleo, gasolina, kerosene, jet fuel, gas/diesel oil y fuel oil. Como precio de cada producto se debe considerar el valor en dólares de 1 barril del mismo, FOB si es exportado o CIF si es importado.
- c) **Petróleo exportado o importado:** es el precio en dólares de 1 barril de petróleo crudo, FOB si es exportado o CIF si es importado. Si un país exporta o importa crudos de diferentes calidades, se debe elegir el más representativo en razón de su volumen.
- d) **Carbón y coque exportado o importado:** esta explicación es válida para: carbón siderúrgico, carbón térmico y coque.

Como precio se debe tomar el valor en dólares de 1 tonelada de producto, FOB si es exportado o CIF si es importado. Si un país exporta o importa productos de diferentes calidades, se debe elegir los más representativos en razón de su volumen.

6.2. PRECIOS PROMEDIO DE LOS ENERGÉTICOS

El precio promedio de una cierta fuente energética en una región o país determinado y en un tiempo dado, es el ponderado o promedio de todos los precios pagados por los consumidores de esa fuente en esa misma región y período de tiempo. Este resulta de la relación entre el valor total facturado expresado en dólares y el volumen vendido.

Como la dispersión de los precios alrededor del promedio puede ser muy grande, es conveniente dar alguna medida o rango de variabilidad. Aquí se adopta como rango al intervalo de precios que cobija al 60 % de los consumidores de esa fuente. Quiere decir que si "P" es el precio promedio, su rango superior "P2" es el límite más caro hasta completar el 80 % de los casos posibles; análogamente, el rango inferior "P1" es el límite más caro hasta completar el 20 % de los casos posibles.

Cuando una fuente energética depende para su comercialización de condiciones puramente locales (mercado libre) la componente del precio puede tener una enorme dispersión. En estos casos, la única manera de obtener un estimado es aplicando reglas de

muestreo y si esto no es posible escoja el precio del lugar de mayor consumo. Cuando no es posible contar con toda la información necesaria para calcular el precio promedio, OLADE lo determina mediante el promedio aritmético simple de los precios mensuales del energético durante un año.

Los energéticos seleccionados son petróleo crudo y sus derivados, gas natural, carbón, electricidad y combustibles nucleares.

Nota: Los precios promedio serán remitidos en dólares por la unidad de comercialización, incluyendo impuestos y márgenes de operación.

6.2.1. Precios promedio por energético

6.2.1.1. Petróleo crudo

Se registra el valor ponderado del petróleo crudo, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importado y FOB si es exportado en el año.

Transformación: antes de escoger el valor se deberá tomar en cuenta que existen tres casos:

País productor: Se debe reportar el promedio ponderado de los precios que pagan los refinadores por el crudo nacional.

País importador: Se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF de los crudos importados en el año, es decir, el mismo precio promedio de importación.

País mixto: Se debe reportar el promedio ponderado del precio promedio como país productor y como país importador.

6.2.1.2. Gas natural

Se registra el valor ponderado del gas natural, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: algunos países practican importaciones o exportaciones de gas natural, en general por medio de gasoductos fronterizos. Es frecuente que los contratos de compraventa estén gobernados por tarifas bien determinadas, o que éstas se calculen con fórmulas de ajuste.

Industria: es el promedio ponderado del gas natural utilizado en las industrias. Si en su país existe una tarifación por rangos de consumo, debe efectuar el promedio ponderado de todos estos; la mejor manera de hacerlo es dividiendo la facturación total por el consumo. Si hubiera industrias que tienen precios especiales como petroquímicas, exclúyalas del promedio.

Transporte: es el precio total promedio que pagan los transportistas al cargar en los lugares de expendio.

Transformación: es el promedio ponderado de los precios del gas natural entregado por gasoducto a la industria eléctrica de servicio público.

Residencial: es el promedio ponderado de los precios de gas natural entregado por gasoducto a las viviendas.

Comercial, servicios y público: es el promedio ponderado de los precios de gas natural entregado por gasoducto a los establecimientos de este sector.

Nota: dentro del sector residencial y comercial, servicios y público, tomar en cuenta que si en su país existe una tarifación por rangos de consumo, debe efectuar el promedio ponderado de todos los rangos. La mejor manera de hacerlo es dividiendo la facturación total por el consumo. Si hubiera tarifas diferentes por ciudades, o si algún subsector, por ejemplo hospitales, recibe precios especiales, sume todas las facturaciones y divida por la suma de todos los consumos.

6.2.1.3. Carbón siderúrgico y carbón térmico

Se registra el valor ponderado tomando en cuenta el poder calorífico más representativo del carbón sea este siderúrgico o térmico, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del carbón en el año.

Industria: para carbón siderúrgico se reportará el precio promedio ponderado del carbón que ha sido utilizado en la industria siderúrgica, mientras que el utilizado en las otras industrias deberá ser registrada en carbón térmico.

Transformación: Es el promedio ponderado de todos los precios del carbón entregado a la industria siderúrgica y a la industria eléctrica pública.

Nota: Para estimar el precio total es conveniente proceder por muestreo, mediante una muestra fija de empresas consumidoras a las que se consulta periódicamente.

6.2.1.4. Coque de carbón

Se registra el valor ponderado del coque de carbón, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del coque en un año.

Industria: se debe reportar el valor promedio ponderado del coque de carbón utilizado en la industria.

6.2.1.5. Nuclear

Se registra el valor ponderado del combustible nuclear, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: Se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del combustible nuclear en un año.

Transformación: es el promedio ponderado del combustible nuclear, generalmente uranio natural o enriquecido, consumido por las compañías eléctricas de servicio público.

6.2.1.6. Leña

Se registra el valor ponderado de leña comercializada, excluyendo la leña de apropiación directa. Es aconsejable sacar este precio mediante una muestra fija que será consultada periódicamente para cada uno de los siguientes sectores:

Industria: se registrará el precio ponderado que paga anualmente la pequeña industria rural descentralizada (ladrillera, calera, salineras, etc.).

Residencial: tratar de estimar el precio total promedio que pagan las viviendas haciendo una consulta a los centros de expendio más representativos de las ciudades y pueblos donde se consume leña.

Comercial, servicios y público: el caso más típico que se quiere captar aquí es el de los restaurantes urbanos y rurales, dejando de lado otros consumidores.

Transformación: se tomará el precio de la leña consumida en carboneras, siendo el caso más común que la leña para carboneras sea de apropiación directa, si este es el caso no registre este valor.

6.2.1.7. Electricidad

Se registra el valor ponderado de la electricidad. Si en su país existe una tarificación por rangos de consumo, zonas geográficas, horas del día, estratos sociales, tipos de establecimientos, etc., debe efectuar el promedio ponderado de todas esas variables dividiendo la facturación total por el consumo total, para cada uno de los siguientes sectores:

Importaciones y exportaciones: cada vez más países efectúan importaciones y exportaciones de electricidad a través de sus sistemas interconectados. Es frecuente que los contratos de compraventa estén gobernados por tarifas bien determinadas, o que éstas se calculen con fórmulas de ajuste.

Industria: es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a los establecimientos industriales. Si hubiera industrias que tienen precios especiales, como electroquímicas, exclúyalas del promedio. Excluya también de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas ventas al sector industrial sean mínimas y poco conocidas. Incluya solo el precio de la energía y no el de la potencia.

Residencial: es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a las viviendas (sector residencial). Excluya de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas ventas al sector residencial sean mínimas comparadas con el resto, ya que por lo general tienen tarifas especiales.

Comercial, servicios y público: es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a los establecimientos del sector. Excluya de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas ventas al sector comercial sean mínimas comparadas con el resto.

Nota: Pondere el precio de todas las empresas eléctricas de su país y de no ser así escoja la más representativa en cada sector.

6.2.1.8. Biocombustibles

La comercialización de los biocombustibles aún es muy marginal para los países de América Latina y El Caribe, se registrará principalmente la producción interna de cada uno de los países y sus correspondientes usos finales, principalmente en el sector transporte como mezclas con otros componentes como la gasolina, el diesel y el Fuel. El precio de este energético será el promedio de los precios de las diferentes calidades.

6.2.1.9. Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Se registra el valor ponderado del GLP, para cada uno de los siguientes sectores: Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del gas licuado en el año.

Residencial: es el promedio ponderado de los precios del gas licuado vendido a las viviendas. Analice bien la situación pues el gas licuado suele caracterizarse por una multitud de empresas que venden en un mercado desregulado. Si este es el caso, debe determinarse el precio promedio total por medio de una encuesta, ya sea en una muestra de hogares o en una muestra de empresas vendedoras.

Comercial, servicios y público: es el promedio ponderado de los precios del gas licuado vendido a establecimientos del sector, fundamentalmente restaurantes y hoteles. El precio promedio total es en general muy similar al del sector residencial y, si el mercado está desregulado, debe determinarse el precio promedio total por medio de una encuesta en los establecimientos del sector.

6.2.1.10. Gasolinas

Se registra el valor ponderado de la gasolina, para cada uno de los siguientes sectores de consumo:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación y FOB si es exportación de las gasolinas en el año.

Transporte: es el promedio de los precios de las diferentes calidades de gasolina para motor que se expenden en el mercado.

Nota: Excluya la gasolina de aviación.

6.2.1.11. Kerosene y turbo

Se registra el valor ponderado del kerosene y turbo, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del kerosene doméstico en el año. Transporte: es el promedio de los precios de las diferentes calidades de jet fuel que se expenden en el mercado.

Residencial: es el promedio ponderado de los precios del kerosene vendido a las viviendas. Si el mercado está desregulado debe determinarse el precio promedio total por medio de una encuesta ya sea en una muestra de hogares o en una muestra de empresas vendedoras.

6.2.1.12. Diesel oil

Se registra el valor ponderado del diesel oil, para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del diesel oil en el año.

Industrial: es el promedio de los precios del diesel oil vendido a la industria (generalmente a granel).

Transporte: es el promedio de los precios del diesel oil que se vende en las estaciones de servicio, haciendo las debidas ponderaciones por región o tomando la zona más representativa.

Transformación: usado para generación eléctrica. Si el diesel oil utilizado por las empresas eléctricas de servicio público no se diferencia en calidad y precio del diesel oil industrial, coloque aquí los mismos valores que para el sector industrial. En caso contrario registre el promedio del precio del diesel oil vendido a la industria eléctrica generalmente al granel.

Comercial, servicios, público: pueden darse tres casos:

- El sector terciario de su país adquiere el diesel oil mayoritariamente en las estaciones de servicio; en consecuencia, el precio no se diferencia del sector transporte.
- El sector terciario de su país compra a granel en las empresas distribuidoras; en consecuencia, el precio es el del sector industrial.
- La situación de su país es mixta; haga el promedio ponderado de los valores para transporte e industria.

6.2.1.13. Fuel Oil

Se registrará el valor ponderado del fuel oil, para cada uno de los siguientes sectores: Importación y exportación: se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF si es importación o FOB si es exportación del fuel oil en el año.

Industria: es el promedio de los precios del fuel oil vendido a la industria. Si el mercado es desregulado, se debe practicar una encuesta con una muestra fija sea en las industrias consumidoras o en las empresas vendedoras.

Transporte: es el promedio de los precios del fuel oil y del búnker vendido a empresas navieras o a estaciones de servicio fluviales.

Transformación: se tomará el fuel oil utilizado por las empresas eléctricas de servicio público

6.2.1.14. Carbón vegetal

Se registrará el valor ponderado del carbón vegetal que pagan las viviendas mediante una consulta a los centros de expendio más representativos de las ciudades y pueblos donde se consume, se considera como único sector de consumo el residencial.

6.2.1.15. Lubricantes

Tome los lubricantes más representativos que se utilizan para los vehículos en su país y mantenga esa muestra para todos los datos antes de obtener el valor ponderado para cada uno de los siguientes sectores:

Importación y exportación: Se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF para importación o FOB para exportación de los lubricantes en el año.

Transporte: tome el promedio de los precios de mercado de la muestra.

6.2.1.16. Asfalto

Se ingresará el valor ponderado del asfalto, para cada uno de los sectores:

Importación y exportación: Se debe reportar el promedio ponderado de todos los precios CIF para importación y FOB para exportación de asfaltos en el año.

Construcciones, servicios y público: Es el promedio de los precios del asfalto vendido dentro del sector comercial o de servicios. Este precio comprende los precios del asfalto vendido, tomado a la salida de refinería o de importación más el margen de refinación y los impuestos y subsidios que tuvieren.



CAPÍTULO VII

Infraestructura energética

7. Infraestructura Energética

7.1. INFRAESTRUCTURA DEL SECTOR HIDROCARBUROS

7.1.1. Campos petroleros y gasíferos

Un campo petrolero o gasífero, es una zona donde se encuentra uno o más pozos de extracción de petróleo y gas asociado o solamente gas no asociado. Además de la infraestructura de extracción, estos campos cuentan con instalaciones de separación y almacenamiento de los productos.

Variables de infraestructura:

- a) Campos Petroleros
- Datos de Identificación
 - Nombre del campo
 - Ubicación
 - Compañía operadora
 - Localización. C:Continente, A:Costa Afuera
 - Profundidad [m]
 - Gravedad API. Coloque un promedio o rango
 - Año de descubrimiento
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
 - Datos Técnicos
 - Reservas [Mbb]
 - ❖ Probadas
 - ❖ Probables
 - ❖ Posibles.
 - Número de pozos
 - ❖ En producción
 - ❖ Totales
 - Volumen de producción (bbl/d)
- b) Campos de Gas Natural
- Datos de Identificación
 - Nombre del campo
 - Ubicación
 - Compañía operadora
 - Localización. C:Continente, A:Costa Afuera
 - Profundidad [metros]
 - Poder Calorífico [BTU/pie³ o J/m³]
 - Año de descubrimiento
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
 - Datos Técnicos
 - Reservas [Gm³]:
 - ❖ Probadas
 - ❖ Probables
 - ❖ Posibles

- Número de pozos:
 - ❖ En producción
 - ❖ Totales
- Volumen de producción (m³/d)

7.1.2. Oleoductos, gasoductos y poliductos

Se les llama oleoductos, a los ductos por los cuales se transporta el petróleo crudo, desde los centros de producción hacia las refinerías, o hacia los centros de acopio y terminales marítimas para su exportación. Los gasoductos son ductos para el transporte del Gas Natural y los poliductos, ductos para el transporte de diferentes productos petroleros líquidos refinados.

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Tipo de Ducto. P=Poliductos, O=Oleoductos, G=Gasoductos
 - Nombre (Origen – Destino)
 - Compañía operadora
 - Año que entra en operación
 - Año de salida de operación
- Datos Técnicos
 - Diámetro [cm]
 - Longitud [km]
 - Capacidad (Oleoductos y poliductos 10³ bbl/d – Gaseoductos 10⁶ m³/d)
 - Volumen promedio transportado (Oleoductos y poliductos 10³ bbl/d – Gaseoductos 10⁶ m³/d)

7.1.3. International Pipelines

Son los oleoductos, gasoductos o poliductos, con los que se interconectan dos países, con el fin de intercambiar, petróleo, gas natural o derivados de petróleo.

Variables de infraestructura

- Nombre
- País origen
- País destino
- Longitud del ducto (km)
- Diámetro de la tubería (cm)
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de flujo (m³/s para gases y bbl/s para líquidos)

7.1.4. Refinerías

Es un centro de transformación donde se procesa el petróleo crudo, líquidos de gas natural y otros insumos primarios, para convertirlos en productos refinados con mejores características para su comercialización y consumo.

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Nombre de la refinería
 - Ubicación
 - Compañía operadora

- Año que entra en operación
- Año de salida de operación
- Actividad. A:Activo, I:Inactivo
- Datos Técnicos
 - Capacidad de refinación [10^3 bbl/d]
 - Destilación atmosférica
 - Operaciones térmicas
 - Craqueo catalítico
 - Reforma catalítica

7.1.5. Plantas de tratamiento de gas

Planta donde se procesa el Gas Natural para extracción de sus componentes líquidos y algunos productos refinados como GLP y gasolinas

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Nombre de la planta
 - Ubicación
 - Compañía operadora
 - Año que entra en operación
 - Año de salida de operación
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
- Datos Técnicos
 - Capacidad operativa [10^6 m³/d]

7.1.6. Plantas de licuefacción y regasificación

Las plantas de licuefacción son centros donde se enfría el gas natural a temperaturas criogénicas de alrededor de -161 oC para llevarlo al estado líquido y facilitar su almacenamiento y transporte. Las plantas de regasificación por el contrario convierten el gas natural licuado, nuevamente a estado gaseoso de una forma controlada.

Variables de infraestructura

- Nombre de la planta de licuefacción o de regasificación
- Empresa operadora
- Localidad
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de procesamiento (m³ de gas natural/d)

7.1.7. Instalaciones de almacenamiento

Son todas las instalaciones con capacidad de almacenar productos energéticos, que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. El almacenamiento puede darse en cualquier etapa de la cadena energética, incluso en los establecimientos consumidores.

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Nombre de la instalación
 - Ubicación
 - Compañía operadora
- Datos Técnicos
 - Capacidad de almacenamiento [kbb]
 - ❖ Petróleo
 - ❖ Gas Licuado

- | | |
|--------------|-----------------------|
| ❖ Gasolina | ❖ Fuel oil |
| ❖ Kerosene | ❖ Alcohol |
| ❖ Diesel oil | ❖ Otros (Especificar) |

7.2. INFRAESTRUCTURA DE CARBÓN MINERAL

7.2.1. Yacimientos y minas

Los yacimientos de carbón mineral, son formaciones geológicas, donde se encuentra concentrado este mineral. Una vez que estos yacimientos son explotados, se convierten en minas de carbón. Las minas de carbón, dependiendo de la ubicación del mineral y su forma de explotación, se clasifican en minas de socavón y minas de cielo abierto. Las minas de socavón, son minas subterráneas, de las cuales se extrae el mineral a través de un túnel. Las minas de cielo abierto, son aquellas de las cuales se extrae el mineral mediante vastas excavaciones superficiales, progresivamente más profundas.

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Nombre del yacimiento
 - Ubicación
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
- Datos Técnicos
 - Tipo de Carbón. AT=Antracita, BT=Bituminoso Térmico, BC=Bituminoso Coquizable, SB=Sub-bituminoso, LG=Lignito, TB=Turba
 - Calidad Promedio (Normas ASTM)
 - ❖ Poder Calorífico (cal/gr). Coloque un promedio o rango.
 - ❖ Contenido (%). Coloque un promedio o rango
 - Cenizas
 - Azufre
 - Humedad
 - Material Volátil
 - Reservas [Mt]:
 - ❖ Probadas
 - ❖ Probables
 - ❖ Posibles
 - Volumen de Producción(kt)
 - Número de Minas
 - Grado de Conocimiento. GSP=Geología Superficial, GSS=Geología Sub-suelo, EG=Evaluación Geológica, EPM=Estudio de Prefactibilidad Minera, EFM=Estudio de Factibilidad Minera

7.2.2. Sistemas de transporte

Dependiendo de la localización de las minas, el carbón mineral, puede ser transportado, hacia los centros de consumo o hacia los puertos de exportación, a través de carretera, vía férrea o vía fluvial.

Variables de infraestructura

- Tipo de sistema de transporte
- Localidad origen
- Localidad destino
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de transporte (t/d)

7.2.3. Coquerías

Son instalaciones industriales, generalmente pertenecientes al sector metalúrgico y siderúrgico, donde se procede a la coquización (destilación anaeróbica destructiva o pirolisis) de ciertos tipos de carbón mineral para la producción de coque. El coque se utiliza como combustible y como materia prima en el proceso de reducción del acero en los altos hornos.

Variables de infraestructura

- Nombre de la coquería
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de procesamiento de carbón mineral (t/d)

7.2.4. Altos hornos

Dispositivos de la industria siderúrgica, donde se produce acero (aleación de hierro metálico, carbono y otros minerales) mediante la reducción a altas temperaturas del mineral de hierro, con la intervención básica de coque y caliza. Se los considera parte de la infraestructura energética, debido a que en el proceso se producen gases, que son generalmente utilizados como combustibles para el calentamiento de los mismos hornos.

Variables de infraestructura

- Nombre de la instalación
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de procesamiento de coque (t/d)

7.2.5. Instalaciones de almacenamiento

El almacenamiento de carbón mineral, se realiza apilando el mineral en las bocas o inmediaciones de las minas, en puertos fluviales y marítimos, o en centros específicos de acopio.

Variables de infraestructura

- Nombre de la instalación
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de procesamiento de almacenamiento (t/d)

7.3. INFRAESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO

7.3.1. Centrales eléctricas

Son instalaciones destinadas a la generación de electricidad, mediante diferentes tecnologías y utilizando diferentes fuentes energéticas como insumos, así tenemos: centrales hidráulicas, centrales térmicas a vapor, centrales térmicas a gas, motores de combustión interna, centrales nucleares, centrales geotérmicas, centrales eólicas centrales fotovoltaicas, entre otras.

Variables de infraestructura

- Datos de Identificación
 - Tipo. HE=Hidráulica, TV=Térmica Vapor, TG=Turbo Gas, DO=Diesel Oil, GE=Geotérmica,

NU=Nuclear, EO=Eólica, SL=Solar, BM=Biomasa

- Nombre de la central
 - Ubicación
 - Compañía operadora
 - Servicio. P: Público, A: Autoproductor
 - Propietario. P: Público, R: Privado
 - Año que entra en operación
 - Año de salida de operación
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
- Datos Técnicos
- Potencia [MW]
 - ❖ Nominal
 - ❖ Efectiva
 - Energía entregada [GWh]
 - Inversión [US\$/kW]
 - Generación bruta [GWh]
 - Consumo propio [GWh]
 - Factor de Planta [%]
 - Eficiencia térmica [%]
 - Combustible Consumido
 - Combustible 1 [Unidad]
 - ❖ Nombre
 - ❖ Cantidad utilizada
 - Combustible 2 [Unidad]
 - ❖ Nombre
 - ❖ Cantidad utilizada

7.3.2. Interconexiones internacionales (comercio exterior)

Son líneas de transmisión eléctrica, que permiten el comercio internacional de electricidad, debido a que interconectan sistemas eléctricos de diferentes países. Variables de infraestructura

- Nombre de la línea de transmisión
- País y localidad origen
- País y localidad destino
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Número de fases
- Voltaje nominal (kV)
- Capacidad de transmisión 1-2 (MW)
- Capacidad de transmisión 2-1 (MW)

7.3.3. Campos Geotérmicos

Área en el que residen los pozos para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos.

- Datos de Identificación
- Nombre del campo
 - Ubicación
 - Compañía operadora
 - Año de descubrimiento
 - Actividad. A:Activo, I:Inactivo
 - Etapa de desarrollo. F=Factibilidad, D=Desarrollo, E=Explotación

- Datos Técnicos
 - Potencial geotérmico
 - ❖ Potencia (MW)
 - ❖ Energía (GWh)
 - Capacidad
 - ❖ En construcción (MW)
 - ❖ Instalada (MW)
 - Número de pozos
 - ❖ Perforados
 - ❖ En producción
 - Profundidad media en pozos (m)
 - Volumen de producción (kt)
 - Número de centrales
 - Producción de:
 - ❖ Vapor (t/h)
 - ❖ Agua (t/h)

7.3.4. Proyectos Hidroeléctricos

- Datos de Identificación
- Nombre del proyecto
 - Ubicación (Río o cuenca)
 - Estado. D:Desarrollo, P:Previsto
- Datos Técnicos
 - Capacidad de embalse (Mm³)
 - Caudal promedio (m³/s)
 - Potencial hidroenergético
 - ❖ Potencia (MW)
 - ❖ Energía (GWh)
 - Capacidad
 - ❖ En construcción (MW)
 - ❖ Instalada (MW)

7.4. INFRAESTRUCTURA DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.4.1. Plantaciones bioenergéticas

Son plantaciones de especies vegetales, para aprovechamiento energético, como la caña de azúcar para la fabricación de etanol y oleaginosas para producción de biodiesel.

Variables de infraestructura

- Nombre de la plantación
- Tipo de cultivo
- Localidad
- Empresa operadora
- Área cultivada (km²)
- Capacidad de producción de materia prima para biocombustibles (t/d)

7.4.2. Carboneras

Son instalaciones, generalmente artesanales, donde se carboniza la leña mediante destilación anaeróbica (pirólisis), produciéndose carbón vegetal.

Variables de infraestructura

- Nombre de la carbonera
- Localidad
- Capacidad de producción de carbón vegetal (t/d)

7.4.3. Destilerías

Son instalaciones, industriales, donde se producen alcoholes, principalmente etanol, a partir de la destilación de materias vegetales ricas en azúcar, almidón o celulosa. Se considerarán dentro de la infraestructura energética del país, solamente aquellas cuyos productos sean destinados al uso energético.

Variables de infraestructura

- Nombre de la destilería
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Localidad
- Capacidad de producción de etanol (bbl/d)

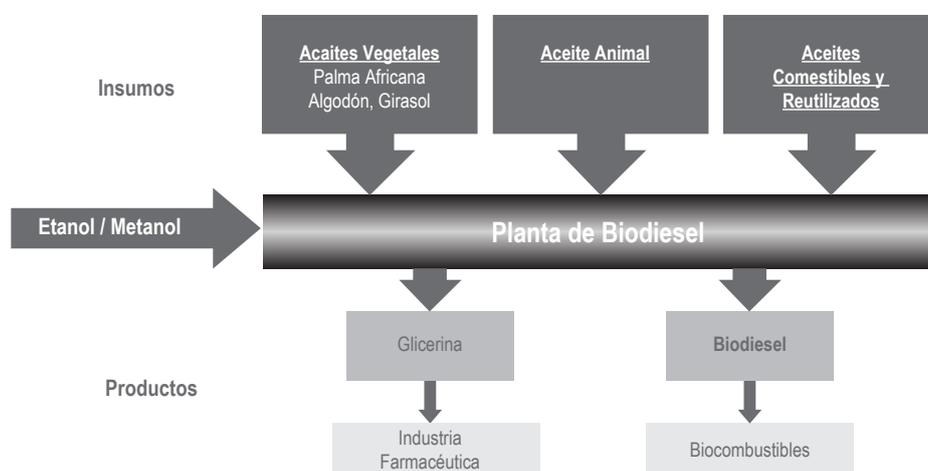
7.4.4. Plantas de biodiesel

Son instalaciones donde se produce biodiesel, el cual se obtiene mediante la transesterificación de los aceites vegetales, grasas animales y aceites reciclados de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos.

Variables de infraestructura

- Nombre de la planta
- Localidad
- Empresa operadora
- Capacidad de producción de biodiesel (bbl/d)

Figure 16. Transformación Plantas de Biodiesel

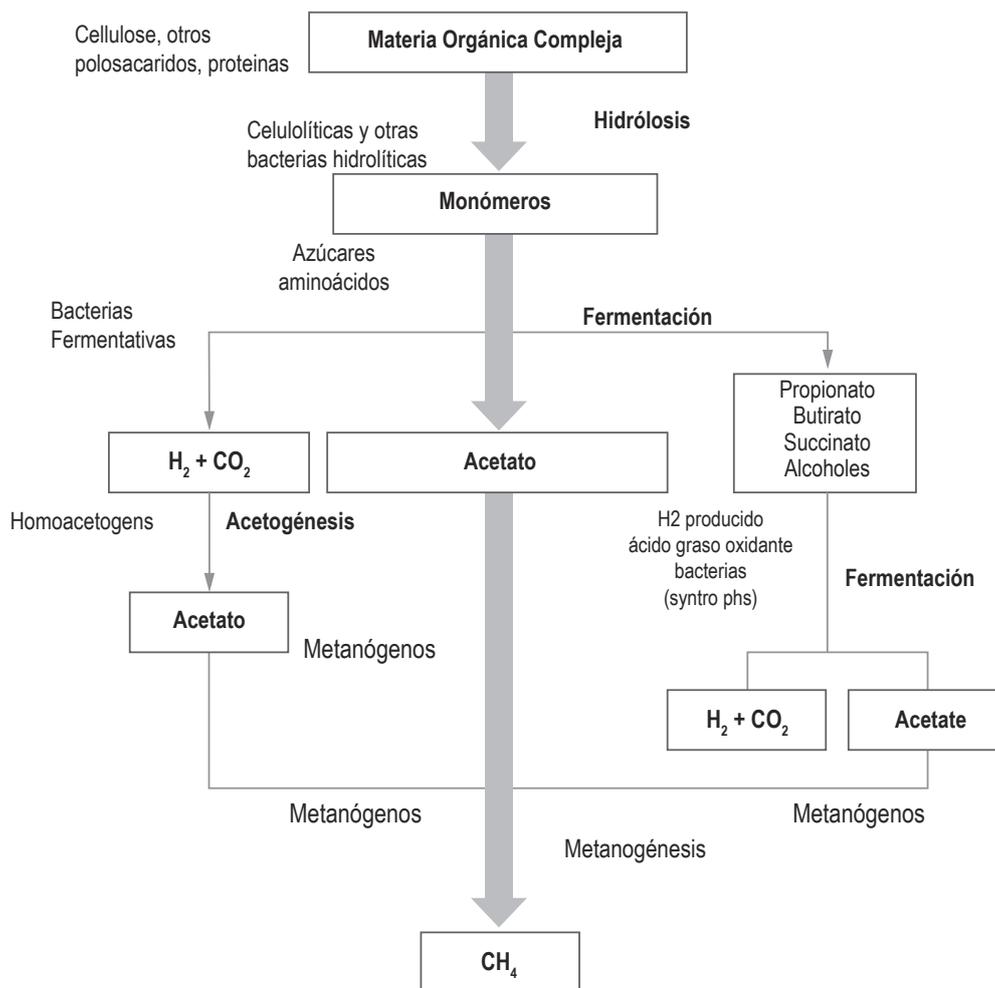


Fuente: SIEE-OLADE

7.4.5. Plantas de Biogás/ Biodigestores

Son plantas donde ocurre la fermentación, consisten de un tanque o pozo llamado biodigestor y un contenedor hermético que tiene como función almacenar el biogás producido.

Figura 17. Proceso de digestión. Biodigestores



Fuente: SIEE-OLADE

7.4.6. Otros centros de transformación de biomasa

Se puede registrar bajo esta categoría otras instalaciones donde se transforme materia vegetal o animal, en general cualquier biomasa en productos con un contenido energético aprovechable

Variables de infraestructura

- Nombre de la planta
- Localidad
- Empresa operadora
- Capacidad de producción de biogás (m³/d)



CAPÍTULO VIII

Variables nacionales

8. Variables nacionales

Son todas aquellas variables económicas, sociales, demográficas y energéticas, que, en combinación con las variables del flujo energético, son útiles para realizar un análisis integral del sector energético de un país. Las combinaciones que entre las variables de oferta-demanda de energía y las variables nacionales, se conocen como indicadores del sector energético.

8.1. VARIABLES NACIONALES DEL SECTOR ELÉCTRICO

- Capacidad instalada de generación eléctrica: es la suma de las capacidades nominales de todas las centrales eléctricas públicas y los grandes autoprodutores del país. Considérese como un gran autoprodutor, aquel establecimiento que cuente con una capacidad instalada sobre el MW de potencia.
- Cobertura eléctrica: Es el porcentaje de unidades de observación que cuentan con servicio eléctrico frente al número total de unidades de observación de un país.

Se obtiene dividiendo el total de unidades de observación servidas por el total de unidades de observación del país:

$$IC_j = 100 * \frac{j_{EE}}{j_T}$$

Where:

IC_j Índice de cobertura con referencia a la unidad de observación j

j Unidad de observación: viviendas, hogares o personas

j_{EE} Número de Unidades de Observación con servicio de electricidades

j_T Número total de Unidades de Observación

Índice de cobertura con referencia a la unidad de observación j

Unidad de observación: viviendas, hogares o personas

Número de Unidades de Observación con servicio de electricidad

Número total de Unidades de Observación

El cálculo del índice de cobertura eléctrica depende entonces de conocer las variables para obtenerlo, es decir, la unidad de información que se va a utilizar como referencia sean viviendas, hogares, clientes o personas. En cualquiera de los casos, con excepción de clientes, se debe recurrir a encuestas o censos que en el mismo proceso recopilen los dos parámetros del indicador. En el caso de clientes lo adecuado es que este número sea proporcionado por las empresas eléctricas de distribución o las entidades de regulación que dispongan de información con suficiente cobertura y sistematicidad, aunque prevalece la duda de cuál sería el universo adecuado para calcular el indicador. Habría que considerar una estimación de clientes potenciales sumados a los clientes actuales o la aplicación de un factor de corrección al número de viviendas que incorpore el hecho de que el número de clientes no es igual al número de viviendas electrificadas.

El cálculo del índice de cobertura eléctrica depende entonces de conocer las variables para obtenerlo, es decir, la unidad de información que se va a utilizar como referencia sean viviendas, hogares, clientes o personas. En cualquiera de los casos, con excepción de clientes, se debe recurrir a encuestas o censos que en el mismo proceso recopilen los dos parámetros

del indicador. En el caso de clientes lo adecuado es que este número sea proporcionado por las empresas eléctricas de distribución o las entidades de regulación que dispongan de información con suficiente cobertura y sistematicidad, aunque prevalece la duda de cuál sería el universo adecuado para calcular el indicador. Habría que considerar una estimación de clientes potenciales sumados a los clientes actuales o la aplicación de un factor de corrección al número de viviendas que incorpore el hecho de que el número de clientes no es igual al número de viviendas electrificadas.

Según los estudios y estimaciones de OLADE, este indicador se obtuvo utilizando variables como: la población total, el tamaño de las viviendas, el número total de viviendas ocupadas, el número de viviendas ocupadas electrificadas. Los resultados inter-censales se estimaron por procedimientos de interpolación o extrapolación, considerando que las variables demográficas como población, viviendas, número de personas por vivienda y viviendas electrificadas se ajustan a distribuciones asintóticas en tanto que el índice de cobertura se ajusta a una distribución logística.

- c) Demanda máxima de potencia: es el máximo valor registrado en la curva de despacho de carga nacional, en el período estadístico considerado.

8.2. VARIABLES DEL SECTOR HIDROCARBUROS

- a) Capacidad de producción de petróleo crudo: es la suma de las capacidades máximas de producción de crudo, de los campos petroleros del país, expresada en miles de barriles diarios.
- b) Capacidad de producción de líquidos de gas natural: es la suma de las capacidades máximas de producción de líquidos de gas natural, de los campos petroleros y gasíferos del país, expresada en miles de barriles diarios.
- c) Capacidad de producción de gas natural: es la suma de la capacidad de producción de gas natural asociado y no asociado de los campos petroleros y gasíferos del país, expresada en millones de metros cúbicos diarios.
- d) Capacidad de refinación de crudo: es la suma de las capacidades de carga de crudo a proceso de las refinerías del país, expresado en miles de barriles diarios.
- e) Capacidad de procesamiento de gas natural: es la suma de las capacidades de carga de gas natural a proceso, en los centros de tratamiento de gas, expresado en millones de metros cúbicos.

8.3. VARIABLE DEL SECTOR DE CARBÓN MINERAL

- a) Capacidad de producción de carbón mineral: es la suma de las capacidades de producción de todas las minas de carbón mineral del país, expresada en toneladas diarias.
- b) Capacidad de producción de coque metalúrgico: es la suma de las capacidades de producción de las coquerías del país, que generalmente están instaladas en la industria metalúrgica y siderúrgica.

8.4. VARIABLES DEL SECTOR DE ENERGÍAS RENOVABLES

- a) Capacidad de producción de etanol: es la suma de las capacidades de producción de etanol para uso energético, de las destilerías del país, expresada en miles de litros diarios.
- b) Capacidad de producción de biodiesel: es la suma de las capacidades de producción de las plantas de biodiesel del país, expresada en miles de litros diarios.
- c) Área de cultivos de caña de azúcar: es el área total de la superficie plantada de caña de azúcar de un país, expresada en hectáreas.
- d) Producción anual de caña de azúcar: producción total anual de caña de azúcar expresada en miles de toneladas.
- e) Área de cultivos de oleaginosas: es el área total de la superficie plantada de oleaginosas de un país, expresada en hectáreas.

8.5. VARIABLES ECONÓMICAS

- a) PIB total a precios constantes (año base): es el producto interno bruto nacional contabilizado en dólares del año base.
- b) PIB primario a precios constantes (año base): es el PIB de los sectores primarios de la economía, como son agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, contabilizado en dólares del año base.
- c) PIB secundario a precios constantes (año base): corresponde al PIB industrial en dólares del año base.
- d) PIB terciario a precios constantes (año base): corresponde al PIB de los sectores comercial y de servicios, en dólares del año base.
- e) Salario mínimo vital: es el salario mínimo que puede percibir un trabajador a tiempo completo en el país, expresado en dólares corrientes.

8.6. VARIABLES DEMOGRÁFICAS

- a) Población total: la cantidad de habitantes del país; puede corresponder a información proyectada a partir del último censo de población y vivienda, realizado en el país. Se expresa en miles de habitantes
- b) Población urbana: es el número de habitantes que viven en las ciudades y otros centros urbanos del país. Se expresa en miles de habitantes
- c) Población rural: es el número de habitantes que viven en el campo, en haciendas, fincas y parcelas, fuera del perímetro urbano. Se expresa en miles de habitantes
- d) Población Económicamente Activa (PEA): es la población que realiza o tiene posibilidad de realizar, actividades remuneradas o productivas dentro del país. Se expresa en miles de habitantes.



CAPÍTULO IX

Impacto ambiental

9. Impacto Ambiental

La producción, transformación y consumo de energía son fuentes importantes de contaminación ambiental y su comprensión y control constituyen un empeño permanente de los países como parte fundamental en la toma de decisiones y planificación del sector energético.

El SIEE como sistema integrado que suministra la más importante información del sector energético de los países miembros de OLADE, proporciona así mismo la cuantificación de las emisiones de contaminantes causadas por la producción, transformación y consumo de energía.

Para mantener los criterios de estandarización y comparabilidad de la información que se presenta en el SIEE, el procedimiento que se detalla a continuación, corresponde con las metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC.

9.1. INTRODUCCIÓN

El inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es la contabilidad de las emisiones de gases y partículas que resultan de las actividades antropogénicas aumentando la concentración de gases en la atmósfera en niveles superiores a los que son producidos en forma natural. Los gases que se consideran de efecto invernadero son CO₂, CO, SO_x, NO_x y CH₄, cuyo efecto final sería el calentamiento global de la tierra, causando cambios en los patrones de comportamiento del clima, las lluvias y los vientos y aumentando el nivel del mar, cambios que ocasionarían catástrofes impredecibles.

A partir de los inventarios detallados de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se identifican las principales causas de estas emisiones, su evolución histórica y su posible aumento o comportamiento hacia el futuro y se facilita la selección de alternativas para su control o mitigación.

La metodología para el cálculo de los Inventarios de GEI originados por el Sector Energético, se basa en el conocimiento detallado de las cantidades que se producen, se transforman y se consumen de las distintas fuentes de energía en los países, información contenida en los balances de energía.

A partir de los balances de energía y un conocimiento general de las características tecnológicas de los equipos empleados en las actividades de producción, transformación y consumo de energía, se utiliza un conjunto de factores de emisión por contaminante, fuente de energía y actividad que indican la cantidad de contaminante emitida por unidad de energía producida, transformada o consumida.

El cálculo de los inventarios se realiza siguiendo dos métodos que permiten comprobar la consistencia de los resultados: El primero, denominado Método de Referencia, se aplica únicamente para estimar las emisiones de dióxido de carbono, cuantificadas a un nivel agregado. El segundo, llamado Método por Actividades, permite obtener, además del CO₂, las emisiones de los demás gases de efecto invernadero.

9.2. EMISIONES DE CO₂ POR EL MÉTODO DE REFERENCIA

Las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de combustibles fósiles, a diferencia de otros gases de efecto invernadero, pueden ser calculadas con un grado de precisión aceptable a partir del cálculo de las cantidades de carbono contenido en los combustibles, mientras que el volumen del resto de emisiones depende de las tecnologías y de las condiciones de combustión.

La fuente más importante de las emisiones de CO₂ en el Sector Energía es la oxidación del carbono que tiene lugar durante el proceso de combustión de las fuentes de energía fósiles y representa entre el 70% y el 90% del total de emisiones antropogénicas.

La mayor parte de carbón contenido en los combustibles fósiles es emitido a la atmósfera, durante la combustión, bajo la forma de CO₂. El resto es emitido bajo la forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y otra forma de hidrocarburos, compuestos que en el lapso comprendido entre unos pocos días hasta 10 u 11 años, se oxidan en la atmósfera para convertirse en CO₂.

El método de Referencia o Top Down para estimar las emisiones de CO₂ asociadas a las actividades energéticas, propuesto por el IPCC, consiste en contabilizar el volumen de carbón contenido en los combustibles fósiles que se utilizan un país y se asume que las emisiones de CO₂ dependen básicamente de las características de los combustibles y no de las tecnologías de su aprovechamiento, como es el caso con los otros gases.

El cálculo de las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de combustibles fósiles está directamente relacionado con dos factores: la cantidad de combustibles consumidos y el contenido de carbón de cada uno de los combustibles. Sin embargo, es necesario considerar los siguientes factores adicionales:

- a) Unidades energéticas comunes: existe una considerable variación en el contenido energético por unidad de peso o volumen de algunos combustibles, especialmente en el caso del carbón. Por lo tanto, los datos energéticos primero deben ser expresados en una unidad energética común antes de proceder a aplicar los factores de emisión. En el caso de las estimaciones de las emisiones de CO₂ a partir de los balances energéticos, el problema de las unidades energéticas es obviado ya que los balances están expresados en una unidad energética común de acuerdo a los factores de conversión que se basan en poder calórico de los combustibles.
- b) Variaciones del contenido de carbono: para un combustible dado, la cantidad de carbono por unidad de energía útil puede variar significativamente, como en el caso del carbón, cuya proporción de carbono depende del tipo de combustible (antracita, carbón bituminoso, lignito). De acuerdo a las fuentes de energía que se definan para el balance energético, se deben conocer los contenidos de carbono de los recursos fósiles y sus derivados.
- c) Carbón no oxidado: en el proceso de combustión de los combustibles no todo el carbono se oxida en CO₂. Una oxidación incompleta ocurre debido a ineficiencias en la combustión, lo que determina que una parte del carbón no se combustione.
- d) Carbón almacenado: no todos los combustibles consumidos son utilizados con fines energéticos. Parte de ellos se utilizan como materia prima en ciertos procesos productivos o para otros fines como por ejemplo, material de construcción o lubricantes. En algunos casos (fertilizantes) el carbón contenido en los combustibles se oxida con cierta rapidez en CO₂ cuando el producto entra en contacto con el aire. En otros casos, el carbón es almacenado o secuestrado en el producto por largos períodos de tiempo. Este volumen de carbón se denomina carbón almacenado y debe ser deducido del volumen total de carbón contenido en los combustibles consumidos.
- e) Bunker: este rubro se refiere a los combustibles usados para el abastecimiento de naves marítimas y aéreas internacionales, por lo que se asume que tales consumos no se realizan dentro del territorio nacional y por tanto no deben ser tenidos en cuenta en la estimación de los inventarios de GEI.
- f) Biomasa: El uso de la biomasa no debe ser incluido en las emisiones de CO₂, ya que se asume que la biomasa se reproduce a la misma tasa de su utilización y por lo tanto, el flujo neto de CO₂ es cero. Sin embargo, el IPCC recomienda su contabilización y presentación aparte de los inventarios.

De acuerdo a lo anterior, las emisiones de CO₂ pueden ser estimadas determinando el carbono contenido en los combustibles fósiles que efectivamente puede ser emitido como CO₂ por la combustión del energético. Tal cantidad de carbono se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{C \text{ emitido como CO}_2 = \text{Contenido de C} - \text{C no oxidado} - \text{C almacenado}$$

Para convertir la cantidad de carbono (C) emitido, en CO₂ emitido, hay que multiplicar dicha cantidad por 44/12, que corresponde a la relación de pesos moleculares entre el CO₂ y el C.

Entonces:

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = (\text{Contenido de C} - \text{C no oxidado} - \text{C almacenado}) * 44/12$$

Esta expresión deberá ser aplicada a los volúmenes de combustibles fósiles consumidos efectivamente en el país, es decir, no se deberán tener en cuenta las cantidades exportadas o almacenadas. De esto surge el concepto de Consumo Aparente.

9.2.1. Consumo aparente

El método de referencia para la estimación de emisiones de CO₂ se basa en el concepto de consumo aparente de combustibles. Este concepto se refiere al balance de las energías primarias producidas en un país, menos la reinyección para el caso del gas natural, más las importaciones de energías primarias y secundarias, menos las exportaciones, menos los bunkers y las variaciones de inventarios. De esta manera, el carbón es "transferido" al país a través de la producción y las importaciones de energía (ajustadas con las variaciones de inventarios), y transferido fuera del país mediante las exportaciones y los bunkers internacionales. El cálculo del consumo aparente de combustibles se define por la siguiente expresión:

$$\text{CA} = \text{PP} - \text{RI} + \text{IM} - \text{EX} - \text{BK} - \text{NA} + \text{VI} + \text{TR}$$

Where:

PP = Producción de energías primarias	BK = Bunker
RI = Reinyección (Si la Producción en el caso de hidrocarburos es a boca de pozo)	NA = No aprovechado
IM = Importación de energías primarias y secundarias	VI = Variación de Inventarios (positivo o negativo)
EX = Exportación de energías primarias y secundarias	TR = Transferencias (positivo o negativo)

La producción de energías secundarias no se toma en cuenta, ya que el carbono contenido en estas energías está ya contabilizado en la energía primaria a partir de la cual estas energías son obtenidas.

En algunos casos, el consumo aparente de energías secundarias puede resultar en valores negativos. Para fines de contabilizar las emisiones de CO₂ este resultado es perfectamente aceptable ya que indica una exportación neta puesto que la producción nacional no es contabilizada.

9.2.2. Factores de emisión de CO₂

El contenido de carbón de un combustible fósil varía en función de sus propiedades físicas y químicas. En el caso del gas natural el factor de emisión depende de la composición del gas que además del metano puede incluir pequeñas cantidades de etano, propano, butano e hidrocarburos pesados. Los factores de emisión serán diferentes según la proporción de cada uno de estos gases en la mezcla total.

Para el petróleo el grado API constituye un indicador de la relación carbón/hidrógeno. El contenido de carbón por unidad de energía es menor para los productos livianos como la gasolina y mayor para los productos pesados como el fuel oil.

Las emisiones de CO₂ varían considerablemente para el caso del carbón, dependiendo de su contenido de hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y cenizas. Mientras que las emisiones presentan un margen de variación relativamente amplio en términos de emisiones por unidad de masa, las emisiones por unidad de energía son mucho menores. Los productos de menor calidad como el lignito o el carbón bituminoso contienen mayor cantidad de carbono que otros tipos de carbón de calidad superior. La antracita es una excepción, ya que en general tiene un mayor contenido de carbono que el carbón de tipo bituminoso.

En el caso que no se disponga de valores reales del contenido de carbono de los combustibles, se sugiere utilizar los valores por defecto propuestos por la metodología IPCC. La utilización de estos factores permite estimar las emisiones con un nivel aceptable de exactitud. Sin embargo, cada país debe obtener sus valores reales a partir de los informes de características físico químicas de

los combustibles que se producen en las refinadoras y de las importaciones de carbón, petróleo, gas natural y derivados. Los factores propuestos por el IPCC se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Factores de emisión de CO₂

Energético	Factor de emisión (ton. de carbón/TJ)
Petróleo	20.0
Gasolina	18.9
Kerosene	19.5
Diesel	20.2
Fuel Oil	21.1
GLP	17.2
Gases	15.3
No energéticos	20.0
Carbón	26.8
Coque	29.5
Gas Natural	15.3

Fuente: IPCC

El procedimiento básico para estimar el contenido total de carbón consiste en multiplicar el consumo aparente de combustibles fósiles por los correspondientes factores de emisión de carbono:

$$\text{Contenido de C} = \text{Consumo Aparente} \times \text{Factor de emisión de C}$$

9.2.3. Fracción de carbón oxidado

Como se señaló anteriormente, no todo el carbón contenido en los combustibles se oxida durante el proceso de combustión. La cantidad de carbón que no se oxida representa una pequeña fracción del total y se asume que esta fracción permanece almacenada indefinidamente. Los siguientes valores por defecto son sugeridos por el IPCC para calcular el carbón que se oxida:

- Para el gas natural, una fracción superior al 99% del contenido de carbón se oxida durante la combustión;
- En el caso del petróleo y sus derivados, entre el 1% y el 1.5% no experimenta un proceso de oxidación y se deposita en el ambiente en forma de partículas o hidrocarburos;
- En cuanto al carbón, alrededor del 1% del contenido de carbono se almacena en forma de ceniza.

Las fracciones de carbón oxidado sugeridas por la metodología IPCC se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Fracciones de carbón oxidado

Energético	Fracción de carbón oxidado
Petróleo	0.99
Gasolina	0.99
Kerosene	0.99
Diesel	0.99
Fuel Oil	0.99
GLP	0.99
Gases	0.99
No energéticos	
Carbón	0.98
Coque	0.98
Gas Natural	0.995

Fuente: IPCC

9.2.4. Volumen de carbón almacenado

La estimación de las emisiones de CO₂ requiere determinar los volúmenes de carbón que son almacenados (o secuestrados) tanto en los productos no energéticos así como en los usos no energéticos de los combustibles y sus derivados. El balance energético de OLADE, contiene información desagregada tanto a nivel de los productos no energéticos que se originan en los procesos de transformación de la energía así como de los consumos de los energéticos para usos de materia prima en otros procesos productivos. Sin embargo, no todo el carbón contenido en los productos no energéticos y en los combustibles utilizados con fines no energéticos permanece almacenado indefinidamente. Una fracción de este carbón experimenta un proceso de oxidación en períodos relativamente cortos de tiempo. Siguiendo las indicaciones de la metodología IPCC, las siguientes fracciones de carbón almacenado se sugieren para el cálculo de las emisiones efectivas de CO₂ (Tabla 7).

Tabla 7. Volumen de carbón almacenado

Producto	Fracción de carbón almacenado
Petróleo	1.00
Nafta	0.80
Bitumen	1.00
Kerosene	0.80
Diesel	0.50
GLP	0.80
Gas Natural	0.33
Otros energéticos	1.00
Coque y productos de coquería	0.75
No energéticos	0.625

Fuente: IPCC

El total de carbón almacenado (CAL) es calculado a partir de la relación siguiente:

$$\text{CAL} = \text{CNE} \times \text{FE} \times \text{FA}$$

Dónde:

CNE = Consumo no energético (TJ)
 FE = Factor de emisión de la fuente (tC/TJ)
 FA = Fracción de carbono almacenado

La fórmula total de cálculo de las emisiones de CO₂ para cada combustible, queda de la siguiente forma:

$$\text{CO}_2 = \text{FE} * (\text{CA} * \text{FO} - \text{CNE} * \text{FA}) * (44/12) / 1000$$

Donde:

CO₂ = Cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera en Gg (Giga gramos)
 FE = Factor de emisión de carbono (tC/TJ)
 CA = Consumo aparente del combustible (TJ)
 FO = Fracción de carbono oxidado
 CNE = Consumo no energético del combustible
 FA = Fracción de carbono almacenado.

9.2.5. Emisiones del consumo de biomasa

El contenido de carbón de la leña ha sido estimado entre el 45% y el 50%; mientras que para los residuos vegetales estos valores oscilan entre el 40% y el 48%. La metodología IPCC recomienda el valor de 29.9 toneladas de carbón por Tera Joule. Para el bagazo se sugiere un factor de 29.5 toneladas de carbón por Tera Joule.

Respecto a la fracción de carbón oxidado, la metodología IPCC recomienda el valor de 87%, mientras que algunos autores estiman esta fracción en un rango entre el 60% y el 80%. La metodología de OLADE sugiere un valor promedio correspondiente al 70%.

9.3. MÉTODO POR ACTIVIDADES Y TECNOLOGÍAS

Según IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) este método consiste en estimar las emisiones de CO₂ y de otros gases (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, óxidos de azufre y partículas) en función de la actividad y tecnología bajo la cual la energía es aprovechada. El objetivo consiste en cuantificar las emisiones que se producen a lo largo de las cadenas energéticas, desde el aprovechamiento de las energías primarias, pasando por los procesos de transformación, las pérdidas por transporte y distribución, hasta la utilización final de la energía.

Las emisiones de gases se calculan a partir de la expresión:

$$\text{Emisiones} = \sum (EF_{ijk} * \text{Actividad}_{ijk})$$

Donde:

- FE = factor de emisión
- Actividad = consumo o producción de energía
- i = tipo de combustible
- j = sector o actividad
- k = tipo de tecnología

Las emisiones de gases diferentes al dióxido de carbono dependen, además de las características de los combustibles, del tipo de tecnología que se utiliza para la transformación y consumo de energía. Así por ejemplo, las emisiones de óxidos de nitrógeno en la generación termoeléctrica a partir del gas natural, serán diferentes para el caso de una turbina a vapor que de un proceso de ciclo combinado.

Las siguientes observaciones son necesarias para la comprensión del alcance de la estimación de emisiones a partir de los balances energéticos:

- En algunos casos los factores de emisión se refieren a los niveles del insumo energético para un uso o actividad específica (emisiones por unidad de consumo de diesel en la industria, emisiones por unidad de consumo de fuel oil para generación de electricidad, etc.). En otros casos las emisiones se refieren a los volúmenes de energía producida o transformada (emisiones por barril de petróleo producido, emisiones por tonelada de coque producido).
- Los sectores de actividad considerados para el cálculo de las emisiones corresponden a los sectores de actividad identificados en el balance energético y que dan lugar a emisiones de gases y partículas.
- En cuanto a las tecnologías, se deben identificar los factores de emisión por cada tecnología empleada en cada actividad y calcular el factor de emisión como un promedio ponderado por la cantidad de combustible producido o consumido con cada tecnología. OLADE ha seleccionado factores de emisión de tecnologías estándar que corresponden a los usos energéticos genéricos según las definiciones correspondientes a la metodología de elaboración de los balances de energía. Estos factores de emisión por cada tecnología se presentan en el Anexo III.

9.3.1. Fuentes de Información

Para la selección de los factores de emisión se ha procedido de la siguiente manera:

a) Para cada actividad y combustible se ha seleccionado una lista de las tecnologías más relevantes para el caso de América Latina y el Caribe. Las bases de datos consultadas son las siguientes:

- Rapid Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution"; World Health Organization, 1982.
- Environmental Database - EDB; Stockholm Environment Institute, Boston Center- SEI-B. Esta base de datos está integrada al modelo de planificación energética LEAP, desarrollado por el SEI-B.
- The IIASA CO₂ Technology Data Bank – CO₂DB; International Institute for Applied Systems Analysis; Laxenburg, Austria.
- The Environmental Manual – EM; Oeko Institute – GTZ – The World Bank; Berlin, RFA.
- Greenhouse Gas Inventory, The Reference Manual; Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC.

De esta lista se procedió a seleccionar, para cada actividad y combustible, una tecnología representativa cuyos coeficientes de emisión se sugiere utilizar para el cálculo de las emisiones.

b) Los coeficientes de emisiones han sido convertidos en una unidad común, kilogramos por Tera Joule, con base en los factores de conversión utilizados en el SIEE.

En el Anexo III se presenta una breve descripción de las tecnologías seleccionadas. Para cada tecnología se indica la fuente de donde proviene la información y el combustible asociado a la tecnología.

9.3.2. Factores de Emisión

Los factores de emisiones correspondientes a los flujos energéticos definidos en el balance de energía se presentan en las tablas 9 a 14. El formato de las tablas de factores corresponde exactamente al formato de los balances del SIEE, de tal manera que las

emisiones para cada una de las actividades energéticas se obtienen multiplicando los valores de las casillas del balance por los valores de las casillas correspondientes en la tabla de coeficientes.

Las siguientes aclaraciones son necesarias para comprender el alcance del cálculo de las emisiones a partir del balance energético:

- a) a) Las emisiones de las categorías que definen a la sub matriz de oferta de energía corresponden únicamente a la producción de energías fósiles primarias (petróleo, gas natural y carbón). Los coeficientes de emisión correspondientes se refieren al volumen de emisiones por unidad de energía producida.
- b) b) En cuanto a los centros de transformación, en algunos casos (refinerías, co-querías y plantas de gas) las emisiones se refieren a los consumos propios, es decir, el volumen de emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de transformación. Para cada uno de estos procesos se han asumido los mismos coeficientes que para los usos industriales. Cada país deberá obtener sus respectivos factores de emisión para los centros de transformación, a partir de estudios de impacto ambiental o auditorías ambientales realizadas o que se realicen. En tanto no se disponga de esta información, se sugiere utilizar los valores propuestos por OLADE.
- c) c) En el caso de las carboneras y destilerías los factores de emisión se refieren a las cantidades de energía obtenidas de estos centros de transformación.
- d) d) Para otros centros de transformación se asumen los factores de emisión utilizados para aquellos en que se obtienen comúnmente los productos: refinería para hidrocarburos y coquerías para coque.
- e) e) Los coeficientes de emisión de dióxido de carbono para los usos no energéticos han sido definidos de acuerdo a la metodología IPCC, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Coeficientes de emisiones de CO₂ para usos no energéticos

Energético	Coficiente de Emisión Aparente (ton C /TJ)	Fracción de Carbón Almacenado (%)	Fracción de Carbón Oxidado	Coficiente de Emisión (ton CO ₂ /TJ)
Petróleo	20.0	0.50	0.99	36.300
Gas natural	15.3	0.33	0.995	37.399
Carbón	26.8	0.75	0.98	24.075
Bagazo	29.0	1.00		
GLP	17.2	0.80	0.99	12.487
Gasolina/nafta	20.0	0.80	0.99	14.520
Kerosene	19.5	0.80	0.99	14.157
Diesel	20.2	0.50	0.99	36.663
Fuel oil	21.1	0.50	0.99	38.115
Coque	29.5	0.75	0.98	26.501
Carbón vegetal	29.0	0.70	1.00	8.700
Gases	15.3	0.33	0.995	37.399

Fuente: IPCC

A fin de separar las emisiones provenientes de los combustibles fósiles de aquellas correspondientes al uso de la biomasa, las emisiones correspondientes a las destilerías y al uso de alcohol se asignan a la columna correspondiente a Productos de Caña.

Tabla 9. Factores de Emisión de Dióxido de Carbono (CO₂)

	kg/TJ	Fuentes de energía primaria										Fuentes de energía secundaria																							
		Hidrocarburos Pí- marios		Fuentes Minerales		Energía Directa			Biomasa			Electricidad	Crude oil and natural gas products								Mineral sources products			Biomass products		Other secondary sources	Non energy								
		Petróleo crudo	Líquidos de gas Natural	Gas natural	Carbón mineral	Nuclear	Hidroenergía	Geotérmica	Eólica	Solar	Leña	Productos de caña	Otra biomasa	"Otras	LPG	Gasolina	Kerosene & Jet fuel	Diesel oil	Fuel oil	Refinery gas	Coke of petroleum	Other oil and gas products	Coke of coal	Industrial gas	Other coal products	Charcoal	Ethanol	Biodiesel	Biogas						
1	Producción primaria	612		3,084	6																														
2	Reinyección o reciclación de GN																																		
3	Importación																																		
4	Exportación																																		
5	Variación de inventario																																		
6	No aprovechado																																		
7	Transferencias																																		
8	Bunkers																																		
9	OFERTA TOTAL																																		
10	Refinería																																		
11	Centros de gas																																		
12	Centrales eléctricas	78.382		49.680	94.320		10.806				53.063	97.123		46.408	66.928	47.550	72.350	69.957	74.142	49.680	108.544					96.240									
13	Autoproducidos	78.382		53.314	91.245		10.806				53.063	97.123		46.408	66.366	47.550	71.881	69.025	75.886	53.314	108.544					96.240									
14	Coquería																																		
15	Alto horno																																		
16	Carbonera																																		
17	Destilería de etanol																																		
18	Plantas de biodiesel																																		
19	Otras transformaciones																																		
20	TRANSFORMACIÓN TOTAL																																		
21	Transporte			63.517	91.245						92.893	41.937			67.674	72.884	73.731	76.651	75.886	63.517														36.300	
22	Industria	76.385		49.721	94.428						92.893	97.123		46.408	67.674	47.550	69.229	69.925	74.134	49.721	108.544					96.240								27.500	
23	Residencial			53.314	87.186						92.893			80.949	67.674	50.307	69.975	75.497	76.385	53.314							96.240								
24	Comercial, servicios y público			53.314	87.186						92.893			46.408	67.674	47.550	69.975	75.016	75.886	53.314							96.240								
25	Agro, silvicultura y pesca	76.385		49.721	94.425						92.893	97.123		46.408	67.674	47.550	69.975	76.651	74.134	49.721	108.544					96.240									
26	Minería	76.385		49.721	94.425						92.893	97.123		46.408	67.674	47.550	69.975	76.651	74.134	49.721	108.544					96.240									
27	Construcción y otros	76.385		63.517	91.245						92.893				67.674	72.884	69.229	76.651	75.886								96.240							17.967	
28	CONSUMO ENERGÉTICO																																		
29	No Energético																																		
30	CONSUMO FINAL	36.300		37.399	24.075										12.487	14.520	14.157	36.663	38.115	37.399	26.501					8.700								33.250	
31	Consumo propio														67.269	47.550	69.229	69.965	74.134	49.721	90.629														
32	Pérdidas																																		
33	Ajuste																																		

Fuente: SIEE-OLADE

Table 10. Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO)

Kg/TU	Fuentes de energía primaria												Fuentes de energía secundaria																					
	Hidrocarburos Pri- marios			Fuentes Minerales		Energía Directa			Biomasa			Electricidad	Crude oil and natural gas products								Mineral sources products			Biomass products			Other secondary sources	Non energy						
	Petróleo crudo	Líquidos de gas Natural	Gas natural	Carbón mineral	Nuclear	Hidroenergía	Geotérmica	Eólica	Solar	Leña	Productos de caña	Otra biomasa	"Otras"	LPG	Gasoline	Kerosene & Jet fuel	Diesel oil	Fuel oil	Refinery gas	Coke of petroleum	Other oil and gas products	Coke of coal	Industrial gas	Other coal products	Charcoal	Ethanol	Biodiesel	Biogas						
1	0,50		2	0																														
2																																		
3																																		
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
10																																		
11																																		
12	53		114	52						1.559	131		628			161	163	104	11										9.139		114			
13	53		197	86						1.559	131		628			226	322	197	11										9.139		197			
14																																		
15																																		
16																																		
17																																		
18																																		
19																																		
20																																		
21			143	86							173	6.418				524	349	143															143	
22	15		63	86						173	131		628			67	68	63	11														63	
23			281	3.583						8.029			7.299			18	17	281															281	
24	15		281	3.583						819			628			337	322	281															281	
25	15		63	86						1.504	131		628			611	68	63	11														63	
26	15		63	86						1.504	131		628			611	68	63	11														63	
27			143	86						173			628			524	349																	
28																																		
29																																		
30																																		
31																																		
32																																		
33																																		

Fuente: SIEE-OLADE

Table 14. Factores de Emisión de Partículas

	kg/TJ	Fuentes de energía primaria										Fuentes de energía secundaria																										
		Hidrocarburos Pri- marios		Fuentes Minerales		Energía Directa			Biomasa			Electricidad	Crude oil and natural gas products								Mineral sources products			Biomass products			Other sources		Non energy									
		Petróleo crudo	Líquidos de gas Natural	Gas natural	Carbon mineral	Nuclear	Hidroenergía	Geotérmica	Eólica	Solar	Leña	Productos de caña	Otra biomasa	"Otras"	LPG	Gasoline	Kerosene & Jet fuel	Diesel oil	Fuel oil	Refinery gas	Coke of petroleum	Other oil and gas products	Coke of coal	Industrial gas	Other coal products	Charcoal	Ethanol	Biodiesel	Biogas	Other sources	Non energy							
1	Producción primaria	3		2	2																																	
2	Reinyección o recirculación de GN																																					
3	Importación																																					
4	Exportación																																					
5	Variación de inventario																																					
6	No aprovechado																																					
7	Transferencias																																					
8	Bunkers																																					
9	OFERTA TOTAL																																					
10	Refinería																																					
11	Centros de gas																																					
12	Centrales eléctricas																																					
13	Autoprodutores																																					
14	Coquería																																					
15	Alto horno																																					
16	Carbonera																																					
17	Destilería de etanol																																					
18	Plantas de biodiesel																																					
19	Otras transformaciones																																					
20	TRANSFORMACIÓN TOTAL																																					
21	Transporte																																					
22	Industria																																					
23	Residencial																																					
24	Comercial , servicios y público																																					
25	Agro, silvicultura y pesca																																					
26	Minería																																					
27	Construcción y otros																																					
28	CONSUMO ENERGÉTICO																																					
29	No Energético																																					
30	CONSUMO FINAL																																					
31	Consumo propio																																					
32	Pérdidas																																					
33	Ajuste																																					

Fuente: SIEE-OLADE



CAPÍTULO X

Indicadores

10. Indicadores

Los indicadores son parámetros de medición que integran generalmente más de una variable básica que caracteriza un evento, a través de formulaciones matemáticas sencillas, ampliando el significado de las variables que lo componen y permitiendo una más fácil comprensión de las causas, comportamiento y resultados de una actividad.

10.1. INDICADORES PARA EL SECTOR ENERGÉTICO

Los trabajos realizados por OLADE y otros organismos en este tema mantienen los planteamientos de las Naciones Unidas sobre el tipo de indicadores que deben ser desarrollados, contemplando a más de la dimensión energética, las dimensiones social, económica y ambiental

La dimensión social refleja la necesidad de la gente de tener acceso a los servicios básicos de energía en la forma de energía comercial y en las tarifas asequibles. Muchos parámetros de bienestar social se encuentran relacionados al uso de la energía.

La dimensión económica refleja la necesidad de disponer de energía confiable y suficiente para todas las actividades productivas. La disponibilidad y la confiabilidad de los servicios de energía es imprescindible para asegurar el desarrollo económico. Todos los sectores de la economía dependen de servicios seguros, suficientes y eficientes de energía. La disponibilidad del trabajo, la productividad industrial, el desarrollo urbano y rural y todas las actividades económicas importantes son afectados en gran medida por disponibilidad de energía. La electricidad es un insumo importante y a veces irremplazable en las actividades productivas modernas, en la comunicación, en la difusión de la información y en otras industrias de servicio. Los servicios de energía ayudan al desarrollo económico en el nivel nacional y permiten la generación de ingresos. Las interrupciones del suministro energético pueden causar pérdidas financieras y económicas. Para apoyar las metas del desarrollo sostenible, la energía debe estar disponible siempre, en suficientes cantidades y a precios adecuados.

La dimensión ambiental considera la necesidad de proteger el ambiente sin afectar los niveles de otras dimensiones. La producción y consumo de energía representan factores importantes que afectan la salud y el ambiente. Las consecuencias para el medio ambiente del uso de la energía pueden ocurrir en todos los niveles y lugares en que se produce y consume energía. Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud, de la contaminación del agua y de la degradación de la tierra son algunas de las consecuencias negativas.

Considerando la información social, económica, ambiental y energética que sería incorporada al SIEE y su importancia para evaluar el desarrollo del sector energético, se proponen los siguientes indicadores que, como mínimo deberán ser considerados por todos los países:

10.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES BÁSICOS DEL SIEE

- **Indicador de carácter general**
 - Tasa de crecimiento (aplicable a cualquier variable o indicador)
- **Indicadores socio-económicos**
 - PIB per cápita
 - Relación población urbana sobre población total (%)
 - Relación población económicamente activa sobre población total (%)
 - Composición sectorial del PIB (%)

- **Indicadores económico-energéticos**
 - Intensidad energética agregada
 - Intensidad energética por sectores económicos
 - Precio medio de la energía a consumidor final (US\$/Tep)
 - Precio medio por energético a consumidor final (US\$/Tep)
 - Elasticidad demanda energética-PIB
 - Elasticidad demanda energética-precio
 - Dependencia del consumo energético de las importaciones de energía (%)

- **Indicadores energéticos per cápita**
 - Consumo energético total per cápita (Tep/hab.)
 - Consumo eléctrico per cápita (GWh/hab.)

- **Indicadores de la estructura del sector energético**
 - Estructura de la producción de energía primaria (%)
 - Estructura del consumo de energía por energético (%)
 - Estructura del consumo de energía por sector (%)
 - Estructura de la generación eléctrica por energético (%)
 - Estructura del consumo eléctrico por sector (%)

- **Indicadores de impacto ambiental**
 - Participación de los recursos renovables en la oferta energética total (%)
 - Emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (Ton/hab.)
 - Intensidad de emisiones totales respecto al PIB (Ton/US\$)
 - Emisiones por unidad de electricidad generada (Ton/GWh)

- **Indicadores de eficiencia energética**
 - Eficiencia de transformación energética (%)
 - Eficiencia de generación eléctrica (%)
 - Factor de utilización de las instalaciones energéticas (%)
 - Factor de pérdidas por transporte y distribución de energía (%)

- **Indicadores de potenciales y reservas**
 - Porcentaje de potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado (%)
 - Alcance de las reservas probadas de recursos fósiles (años)

10.3. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DE LOS INDICADORES

10.3.1. Indicador de carácter general

10.3.1.1. Tasa de crecimiento

Descripción

Se define como el porcentaje de variación de un dato respecto a un valor inicial.

Formulación

La tasa de crecimiento puede ser "puntual", cuando se compara los datos de dos períodos consecutivos o "promedio", cuando se calcula en función de los datos iniciales y final de una serie de valores.

Cálculo de la tasa de crecimiento puntual

$$Tc = \frac{V_i - V_{i-1}}{V_{i-1}} * 100$$

Donde:

Tc = Tasa de crecimiento (%)

i = período de tiempo

V_i = valor del período i

V_{i-1} = valor del período i-1

Cálculo de la tasa de crecimiento promedio

$$\bar{T}c = \left[\left(\frac{V_n}{V_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \right]$$

Donde:

Tc = Tasa de crecimiento promedio en la serie de 1 a n (%)

V_n = Valor del período n

V_1 = Valor del primer período de la serie

Aplicación La tasa de crecimiento es aplicable a cualquier variable o indicador periódico.

10.3.2. Indicadores socio-económicos**10.3.2.1. PIB per cápita**

Se define como la relación entre el valor anual del PIB respecto a la población total del país. El PIB puede ser calculado a valores constantes o a valores corrientes, en el caso de valores constantes, se toma un año base para la deflexión de precios.. Por su parte la población de un país para un año determinado, se estima en función de tasas de crecimiento, a partir del último año en que se haya realizado un censo nacional.

Formulación:

$$PPC_i = \frac{PIB_i}{POB_i} * 100\%$$

Donde:

PPC_i = PIB per cápita del año i (US\$/Hab.)

PIB_i = PIB del año i (US\$)

POB_i = Población en el año i (Hab.)

Aplicación: Es un indicador básico del desarrollo económico de un país o región, ya que refleja la producción de bienes y servicios por unidad de población, que se puede ver también como la contribución individual de los habitantes al desarrollo económico. Aunque

no es directamente un indicador de desarrollo sostenible, involucra aspectos importantes de este concepto, como los patrones de consumo de la población y nivel de uso de recursos renovables.

10.3.2.2. Relación población urbana sobre población total

Descripción:

Es la división del número de habitantes residentes en ciudades o áreas definidas como urbanas sobre la población total del país.

Formulación:

$$PPU_i = \frac{Pu_i}{POB_i} * 100$$

Donde:

$PPEA_i$ = Población económicamente activa sobre población total (%)

PEA_i = Población económicamente activa (hab.)

POB_i = Población total (hab.)

Aplicación

El indicador se aplica en el análisis socio-económico de un país y puede revelar problemas como el desempleo, el envejecimiento de la población, la explosión demográfica etc. También puede constituir una medición de la capacidad económica de oferta de bienes y servicios frente a la demanda de los mismos.

10.3.2.3. Composición sectorial del PIB

Descripción

Es el porcentaje de participación de cada uno de los sectores más representativos de la economía de un país en su PIB total. Los sectores generalmente considerados son: a) industrial, b) comercial y de servicios y c) agrícola. Para calcular los porcentajes de participación respectivos, todas las variables deben estar calculadas ya sea en valores constantes respecto al mismo año de referencia o todas en valores corrientes.

Formulación

$$PPEA_i = \frac{PEA_i}{POB_i} * 100$$

Donde:

$PPEA_i$ = Población económicamente activa sobre población total (%)

PEA_i = Población económicamente activa (hab.)

POB_i = Población total (hab.)

Aplicación

El indicador se aplica en el análisis socio-económico de un país y puede revelar problemas como el desempleo, el envejecimiento de la población, la explosión demográfica etc. También puede constituir una medición de la capacidad económica de oferta de bienes y servicios frente a la demanda de los mismos.

10.3.2.4. Composición Sectorial del PIB

Descripción

Es el porcentaje de participación de cada uno de los sectores más representativos de la economía de un país en su PIB total. Los sectores generalmente considerados son: a) industrial, b) comercial y de servicios y c) agrícola. Para calcular los porcentajes de participación respectivos, todas las variables deben estar calculadas ya sea en valores constantes respecto al mismo año de referencia o todas en valores corrientes.

Formulación

$$PPIBS_{ij} = \frac{PIB_{ij}}{PIB_i} * 100$$

Donde:

$PPIBS_{ij}$ = Porcentaje del PIB sectorial respecto al PIB total (%)

PIB_{ij} = PIB del sector j en el año i (US\$)

PIB_i = PIB total del año i (US\$)

Aplicación

Revela la importancia y peso de cada uno de los sectores económicos en la producción total del país.

10.3.3. Indicadores económico-energéticos

10.3.3.1. Intensidad energética agregada

Descripción: calculado a valores constantes con un año base determinado o valores corrientes. Cabe indicar que para efecto de comparación entre países, es preferible referir el cálculo del PIB a valores constantes tomando como base un año común. El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía primaria más lo que entra a los centros de transformación.

Formulación:

$$IE_i = \frac{CE_i}{PIB_i}$$

Dónde:

IE_i = Intensidad energética agregada en el año i bep/10³ US\$)

CE_i = Consumo energético total expresado en unidades calóricas (10³ bep)

PIB_i = PIB total (10⁶ US\$)

Aplicación

Este indicador permite realizar previsiones del impacto energético y ambiental que causaría el crecimiento de la economía de un país. Aunque la energía es esencial para el desarrollo económico y social de un país, el elevado consumo de energías fósiles, representa también un alto grado de contaminación ambiental, por lo que es necesario implantar programas de eficiencia energética y tratar de desvincular el crecimiento económico con el aumento en el consumo energético.

10.3.3.2. Intensidad energética por sectores económicos

Descripción: Es la relación entre el consumo de energía de un sector económico y el producto interno bruto de dicho sector. El PIB sectorial puede ser calculado a valores constantes con un año base determinado o valores corrientes. El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía primaria en cada uno de los sectores económicos más el consumo final de energías

secundarias incluyendo electricidad.

Formulación

$$IE_{ij} = \frac{CE_{ij}}{PIB_{ij}}$$

Donde

IE_{ij} = Intensidad energética en el año i del sector j (bep/10³ US\$)

CE_{ij} = Consumo energético del sector j expresado en unidades calóricas (10³ bep)

PIB_{ij} = PIB del sector j (10⁶ US\$)

Aplicación

Este indicador permite identificar cuáles de los sectores económicos son mayormente intensos energéticamente y por lo tanto producen mayor impacto ambiental. Con el mismo criterio que en el indicador anterior, es necesario implantar programas y planes dirigidos a disminuir los valores de intensidad energética de cada uno de los sectores económicos.

10.3.3.3.

Se calcula dividiendo el total de la recaudación por concepto de venta de energía en cada uno de los sectores y para cada uno de los energéticos comerciales, para el total de la energía vendida expresada en unidades calóricas. En el total de recaudación no se considera la facturación de las empresas distribuidoras, puesto que este dato puede estar distorsionado a causa de las moras de pago. En su lugar se calcula como el producto del precio medio del energético en cada sector de consumo por el volumen vendido de dicho energético al sector.

Formulación

$$\overline{PE}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n PE_{ijk} * V_{ijk}}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n V_{ijk} * f_{ijk}}$$

Donde:

PE_i = Precio promedio de la energía en el período i (US\$/Tep)

PE_{ijk} = Precio del energético k en el sector j para el período i (US\$/u.)

f_{ijk} = Factor calórico del período i en el sector j para el energético k (Tep/u.)

V_{ijk} = Volumen vendido del energético k en el sector j en el período i (u.)

m = número de sectores de consumo final

n = número de energéticos

Aplicación:

El precio medio de la energía es generalmente utilizado como parámetro de medición del grado de desarrollo del sector energético, incluyendo aspectos de eficiencia y competitividad, sin embargo, dadas las diferencias marcadas entre las características de cada subsector, es más confiable el análisis individualizado por energético. Aunque el indicador podría también revelar aspectos socio-económicos como el costo de vida en el país, esta visión puede estar distorsionada por la influencia de factores políticos como son los subsidios o los impuestos.

10.3.3.4. Precio medio de la energía por energético

Es una desagregación del indicador anterior, se calcula dividiendo el total de la recaudación por concepto de venta de energía en cada uno de los sectores y para un energético determinado, para el total de energía vendida de ese energético expresado en unidades calóricas. Bajo el mismo concepto del indicador anterior, el total de recaudación se calcula como el producto del precio medio del energético en cada sector de consumo por el volumen vendido de dicho energético al sector.

Formulación:

$$= \frac{\sum_{j=1}^m PE_{ijk} * V_{ijk}}{\sum_{j=1}^m V_{ijk} * f_{c_{ijk}}}$$

Dónde:

- PE_{ik} = Precio promedio del energético k en el período i (US\$/Tep)
 PE_{ijk} = Precio del energético k en el sector j para el período i (US\$/u.)
 f_{c_{ijk}} = Factor calórico del período i en el sector j para el energético k (Tep/u.)
 V_{ijk} = Volumen vendido del energético k en el sector j en el período i (u.)
 m = número de sectores de consumo final

Aplicación:

Como se anotó ya para el indicador anterior, el precio medio de la energía puede reflejar el grado de desarrollo del sector energético, incluyendo aspectos de eficiencia y competitividad. El análisis individualizado por energético como en este caso, es un elemento de diagnóstico del funcionamiento de cada subsector.

Por ejemplo en el caso del subsector eléctrico, un precio alto de la energía puede significar una elevada utilización de energía térmica con el correspondiente impacto ambiental que eso implica, ya sea por limitaciones de recursos hidráulicos o por falta de inversión en este tipo de proyectos.

En el subsector hidrocarburos, el indicador puede revelar las condiciones del país respecto a si es productor o importador de petróleo y derivados. Sin embargo, muchas veces los precios en este subsector, están más influenciados por condiciones políticas que por condiciones económicas.

10.3.3.5. Elasticidad demanda energética respecto al PIB**Descripción**

Se define como la relación entre la tasa de variación de la demanda energética, respecto a la tasa de variación del PIB.

Formulación

Para el análisis de un intervalo de dos períodos consecutivos, la ecuación simplificada de la elasticidad demanda energética-PIB es la siguiente:

$$ED_i = \frac{\frac{D_i}{D_{i-1}} - 1}{\frac{PIB_i}{PIB_{i-1}} - 1}$$

Dónde:

- ED_i = Elasticidad demanda energética – PIB (adimensional)
 D_i = Demanda energética del período i (Tep.)
 D_{i-1} = Demanda energética del período i-1 (Tep)
 PIB_i = PIB del período i (US\$)
 PIB_{i-1} = PIB del período i-1 (US\$)

Aplicación:

Este indicador permite identificar el grado de estabilidad que tiene el sector energético, respecto a variaciones en las condiciones económicas del país.

Un índice alto de elasticidad, indica que pequeñas variaciones en el ingreso nacional del país producirán grandes variaciones en la demanda de energía, mientras que un índice pequeño de elasticidad, indica que la demanda de energía es un parámetro rígido respecto a la variación del ingreso. Con el mismo criterio expresado en el indicador de intensidad energética, ambientalmente conviene un índice bajo de elasticidad de la demanda respecto al PIB.

10.3.3.6. Elasticidad demanda energética respecto al precio

Descripción

Se define como la relación entre la tasa de variación de la demanda energética, respecto a la tasa de variación del precio de la energía.

Formulación

Para el análisis de un intervalo de dos períodos consecutivos, la ecuación simplificada de la elasticidad demanda energética - precio es la siguiente:

$$EDP_i = \frac{\frac{D_i}{D_{i-1}} - 1}{\frac{P_i}{P_{i-1}} - 1}$$

Donde:

EDPi = Elasticidad demanda energética – Precio (adimensional)

Di = Demanda energética del período i (Tep.)

Di-1 = Demanda energética del período i-1 (Tep)

Pi = Precio medio de la energía del período i (US\$/Tep)

Pi-1 = Precio medio de la energía del período i-1 (US\$/Tep)

Aplicación:

Este indicador mide la sensibilidad que tiene la demanda de energía, respecto a variaciones en el precio de los energéticos. Si bien un análisis agregado puede resultar válido, debido a las características propias de cada sector de consumo y de cada energético en particular, es más apropiado el análisis desagregado para cada uno de estos ítems.

Formulación:

La formulación para el análisis desagregado del indicador, se expresaría de la siguiente manera:

$$EDP_{ijk} = \frac{\frac{D_{ijk}}{D_{(i-1)jk}} - 1}{\frac{P_i}{P_{(i-1)jk}} - 1}$$

Donde:

EDPijk = Elasticidad demanda energética–Precio para el período i en el sector de consumo j del energético k (adimensional)

Dijk = Demanda energética del período i en el sector de consumo j del energético k (Tep.) D(i-1)jk = Demanda energética del período i-1 en el sector de consumo j para el energético k (Tep)

Pijk = Precio medio del energético k en el sector de consumo j para el período i (US\$/Tep) P(i-1)jk = Precio medio del energético k en el sector de consumo j para el período i-1 (US\$/Tep)

En algunos subsectores energéticos y sectores de consumo, aunque la demanda no es en realidad rígida frente a variaciones de precio, especialmente cuando de incrementos se trata, la elasticidad de la misma se manifiesta con cierto retraso, debido principalmente a la imposibilidad que tienen los consumidores, de adoptar medidas inmediatas para contraer la demanda, como serían programas de ahorro de energía, sustitución de energéticos, cambio de equipos, etc.

10.3.3.7. Dependencia del consumo energético de las importaciones de energía

Descripción

Es la relación entre el volumen de importaciones netas de energía respecto al consumo total interno de energía, expresada en porcentaje.

Formulación

$$DIE_i = \frac{IMP_i - EXP_i}{CE_i} * 100$$

Donde:

DIE_i = Dependencia del consumo energético de las importaciones energéticas para el período i (%)

IMP_i = Volumen de importación total de energía para el período i (Tep)

EXP_i = volumen de exportación total de energía para el período i (Tep)

CE_i = Consumo energético total interno para el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador sirve para medir el grado de participación que tienen las importaciones netas de energía, en el abastecimiento interno del país.

10.3.4. Indicadores energéticos per cápita

10.3.4.1. Consumo energético total per cápita

Descripción

Es la división del consumo energético total del país para la población

Formulación:

$$CEPC_i = \frac{CE_i}{POB_i}$$

Dónde:

CEPC_i = Consumo energético per cápita para el período i (Tep/hab.)

CE_i = Consumo energético total en el período i (Tep)

POB_i = Población del país en el período i (hab.)

Aplicación

Tradicionalmente este indicador es utilizado como una medida de progreso económico, al relacionar el consumo de energía con el grado de industrialización de un país y con la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, desde el punto de vista de desarrollo sostenible, puede ser tomado también como un parámetro de alerta sobre la presión que ejerce la población sobre el medio ambiente.

10.3.4.2. Consumo eléctrico per cápita

Descripción:

Es la división del consumo de energía eléctrica total del país para la población

Formulación:

$$CELPC_i = \frac{CEL_i}{POB_i}$$

Donde:

CELPCi = Consumo eléctrico per cápita para el período i (kWh/hab.)

CELi = Consumo eléctrico total en el período i (GWh)

POBi = Población del país en el período i (10⁶ hab.)

Aplicación:

En forma similar al indicador anterior, tradicionalmente es aplicado para medir el grado de desarrollo industrial del país y el nivel de vida de los habitantes. Sin embargo, no se debe olvidar que es también una medida de la presión que ejerce la población sobre el medio ambiente.

10.3.5. Indicadores de la estructura del sector energético

10.3.5.1. Estructura de la producción de energía primaria

Descripción

Consiste en determinar el porcentaje de participación de cada energético primario en el total de producción de energía primaria.

Formulación

$$PPEP_{ik} = \frac{PEP_{ik}}{PTEP_i} * 100$$

Donde:

PPEP_{ik} = Porcentaje de participación del energético k en la producción de energía primaria para el período i (%)

PEP_{ik} = Producción del energético primario k en el período i (Tep)

PTEP_i = Producción total de energía primaria en el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador en combinación con el de la estructura del consumo energético, permite medir el nivel de suficiencia del sector energético para el abastecimiento interno, así como las necesidades de importación y la potencialidad de exportación de energía primaria.

10.3.5.2. Estructura del consumo de energía por energético

Descripción:

Es el porcentaje que representa el consumo final de cada energético, tanto primario como secundario, respecto al consumo total final de energía.

Formulación

$$PPEC_{ik} = \frac{CEF_{ik}}{CE_i} * 100$$

Donde:

PPEC_{ik} = Porcentaje de participación del energético k en el consumo final de energía para el período i (%)

CEF_{ik} = Consumo final del energético k en el período i (Tep)

CE_i = Consumo final total de energía en el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador en combinación con el de la estructura de la producción de energía, permite medir el nivel de suficiencia del sector energético para el abastecimiento interno, así como las necesidades de importación y la potencialidad de exportación de energía. También puede ser tomado como una referencia para realizar la proyección del consumo de cada energético a futuro.

10.3.5.3. Estructura del consumo de energía por sector**Descripción**

Es el porcentaje que representa el consumo de energía en cada sector de consumo final, respecto al consumo total final de energía.

Formulación

$$PPSC_{ij} = \frac{CES_{ij}}{CE_i} * 100$$

Donde:

PPSC_{ij} = Porcentaje de participación del sector de consumo j en el consumo final de energía para el período i (%)

CES_{ij} = Consumo energético del sector j en el período i (Tep)

CE_i = Consumo final total de energía en el período i (Tep)

Aplicación

Permite identificar la importancia de cada sector de consumo final en la estructura del consumo energético total, pudiéndose tomar también como el grado de responsabilidad que tiene cada sector de consumo en el impacto ambiental.

10.3.5.4. Estructura de la generación eléctrica por energético**Descripción**

Es el porcentaje que representa la generación de electricidad por cada energético utilizado como fuente en las centrales eléctricas, respecto a la generación total de electricidad.

Como centrales eléctricas, se consideran tanto las de servicio público como las de los autoprodutores. La generación por energético fuente, es calculada en el caso de las térmicas bicomcombustibles mediante los datos de consumo específico de cada planta para cada combustible.

Formulación

$$PGEE_{ik} = \frac{GEE_{ik}}{GET_i} * 100$$

Donde:

PGEE_{ik} = Porcentaje de participación del energético k en la generación de electricidad para el período i (%)

GEE_{ik} = Generación de electricidad a partir del energético k en el período i (GWh)

GET_i = Generación total de electricidad en el período i (GWh)

Aplicación

Este indicador permite prever la demanda de fuentes energéticas para el abastecimiento eléctrico y proporciona un parámetro de medición del nivel de aprovechamiento de los recursos renovables del país. Se puede también obtener mediante este indicador, en combinación con factores de emisiones, una medida del impacto ambiental del sector eléctrico.

10.3.5.5. Estructura del consumo eléctrico por sector**Descripción**

Es el porcentaje que representa el consumo de electricidad por cada sector de uso final, respecto al consumo total de electricidad.

Formulación

$$PCES_{ij} = \frac{CES_{ij}}{CET_i} * 100$$

Donde:

PCES_{ij} = Porcentaje de participación del sector j en el consumo total de electricidad para el período i (%)

CES_{ij} = Consumo de electricidad del sector j en el período i (GWh)

CET_i = Consumo total de electricidad en el período i (GWh)

Aplicación

Este indicador mide el peso de cada uno de los sectores de consumo final en el sector eléctrico y permite realizar proyecciones de consumo sectorial a futuro. En combinación con otros indicadores ambientales, puede definir el grado de responsabilidad de cada uno de los sectores de consumo final en la contaminación del medio.

10.3.6. Indicadores de impacto ambiental**10.3.6.1. Participación de los recursos renovables en la oferta energética total****Descripción**

Es el porcentaje que representa la oferta de energía primaria renovable respecto a la oferta total de energía.

La oferta total de energía renovable primaria se la puede considerar como el total de energía renovable que entra a los centros de transformación más el consumo final de dicha energía.

La oferta total de energía se la calcula sumando la producción total de energía primaria más las importaciones netas de primarias y secundarias, más o menos la variación de inventario total y menos la energía no aprovechada primaria y secundaria. Las importaciones netas se refieren al volumen de importaciones menos el volumen de exportaciones.

Formulación

$$PPER_i = \frac{OER_i}{OTE_i} * 100$$

Donde:

PPER_j = Porcentaje de participación de La oferta de energía renovable respecto a la oferta total de energía en el período i (%)

OER_i = Oferta de energía primaria renovable en el período i (Tep)

OTE_i = Oferta total de energía en el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador mide el grado de penetración de los recursos renovables, en la matriz energética del país. En combinación con factores de emisión puede evaluar también la mitigación del impacto ambiental en el sector energético.

10.3.6.2. Emisiones de gases de efecto invernadero per-capita**Descripción**

Es la división del volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el sector energético, para la población. La metodología de cálculo del volumen de emisiones de gases de efecto invernadero, se detalla en la "Sección 9: Impacto Ambiental".

Formulación

$$GEIPC_i = \frac{GEI_i}{POB_i}$$

Donde:

GEIPC_i = Emisión per cápita de gases de efecto invernadero en el período i (Ton/hab.)

GEI_i = Emisión de gases de efecto invernadero en el período i (Ton)

POB_i = Población en el período i (hab.)

Aplicación

El indicador permite realizar previsiones de incremento del impacto ambiental en función del crecimiento demográfico del país.

10.3.6.3. Intensidad de emisiones totales respecto al PIB**Descripción**

Es la división del volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el sector energético, para el PIB. El PIB puede ser calculado a valores corrientes o a valores constantes para un año base determinado

Formulación

$$IEGEI_i = \frac{GEI_i}{PIB_i}$$

Donde:

IEGEI_i = Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el período i (Ton/US\$)

GEI_i = Emisión de gases de efecto invernadero en el período i (Ton)

PIB_i = Producto interno bruto en el período i (US\$)

Aplicación

El indicador permite medir el impacto ambiental del desarrollo económico del país. Este indicador debe ser minimizado mediante programas de desarrollo sostenible tendientes a desvincular el crecimiento de la economía con el incremento de la contaminación.

10.3.6.4. Emisiones de GEI por unidad de electricidad generada**Descripción**

Es la división del volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el sector eléctrico, para la generación total de electricidad. La metodología de cálculo del volumen de emisiones de gases de efecto invernadero, se detalla en la "Sección 9: Impacto Ambiental".

Formulación

$$GEIGE_i = \frac{GEI_i}{GET_i}$$

Donde:

GEIGE_i = Emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de generación eléctrica en el período i (Ton/GWh.)

GEI_i = Emisión de gases de efecto invernadero en el período i (Ton)

GET_i = Generación eléctrica total en el período i (GWh)

Aplicación

El indicador permite medir unitariamente el impacto ambiental por cada GWh de electricidad generada. Este indicador puede ser mitigado mediante el mayor aprovechamiento de las fuentes de energía renovable o limpia en la generación eléctrica.

10.3.7. Indicadores de eficiencia energética**10.3.7.1. Eficiencia de transformación energética****Descripción**

Es la relación entre la energía que sale de los centros de transformación como productos y la energía que entra a dichos centros como insumos, medidas en unidades calóricas.

La energía de entrada y salida de los centros de transformación, se calcula multiplicando los volúmenes de insumos y productos en unidades físicas por su respectivo factor calórico.

Formulación

$$ETE_{ij} = \frac{ETP_{ij}}{ETI_{ij}} * 100$$

Donde:

ETE_{ij} = Eficiencia de transformación energética del centro j para el período i (%)

ETP_{ij} = Contenido energético total de los productos que salen del centro de transformación j en el período i (Tep)

ETI_{ij} = Contenido energético total de los insumos que entran al centro de transformación j en el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador permite estimar la oferta total de energía primaria que debe ser establecida, a fin de cubrir la demanda de los sectores de consumo final, ya sea mediante la producción interna o la importación. La eficiencia de transformación energética, depende principalmente de la tecnología utilizada en los procesos y del control de pérdidas de flujo y de calor en el interior de las instalaciones.

10.3.7.2. Eficiencia de generación eléctrica**Descripción**

Es una aplicación específica para el sector eléctrico, del indicador de eficiencia de transformación. Se calcula dividiendo la energía eléctrica generada en las centrales, para el contenido energético de los combustibles o fuentes primarias.

En algunos tipos de centrales eléctricas, que utilizan energías renovables no convencionales, como solar y eólica, el cálculo de la eficiencia de transformación puede resultar muy complicado, ya que es difícil estimar con precisión el contenido energético de estas fuentes independientemente de las características de la central. En estos casos, se suele tomar valores estandarizados de eficiencias, o simplemente considerar que el contenido energético de la fuente es igual a la energía eléctrica que produce (eficiencia = 100%).

Formulación

$$EGE_i = \frac{GTE_i}{ETI_i} * 100$$

Donde:

EGE_i = Eficiencia de generación eléctrica para el período i (%)

GTE_i = Generación total de electricidad expresada en unidades calóricas en el período i (Tep)

ETI_i = Contenido energético total de los combustibles y fuentes primarias utilizados en las centrales eléctricas en el período i (Tep)

Aplicación

Permite estimar la oferta total de energía primaria que debe ser establecida, para el abastecimiento eléctrico. Este indicador puede servir también de justificativo para emprender en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica más eficientes.

10.3.7.3. Factor de utilización de las instalaciones energéticas**Descripción**

Este indicador es llamado también factor de planta o factor de capacidad y su formulación depende de la actividad de la cadena energética y de los energéticos con la que esté relacionada la instalación.

En las instalaciones de explotación de energía primaria, especialmente de recursos fósiles, el factor de capacidad se entiende como el volumen neto del energético extraído en un determinado período de tiempo, sobre el volumen máximo de ese energético que la instalación podría extraer en ese período, dado el tamaño de su infraestructura.

En las instalaciones de transformación, el factor de capacidad se calcula dividiendo el volumen de energético procesado como insumo en un período determinado entre el volumen máximo de procesamiento de dicho energético en el mismo período.

En el caso particular de las centrales eléctricas, el factor de capacidad se calcula dividiendo la generación neta de electricidad en un período de tiempo sobre la capacidad máxima de generación en ese mismo período. La capacidad máxima de generación es el producto de la potencia instalada por el número de horas contenido en el período considerado. Para el cálculo se toma por lo general el valor de 8,760 horas en un año y 730 horas en un mes.

Para instalaciones de transporte y transmisión de electricidad el factor de capacidad es la relación entre el volumen del energético transportado en un período de tiempo y el volumen máximo del energético que puede ser transportado en dicho período.

Para instalaciones de almacenamiento, el factor se calcula mediante la relación entre el valor absoluto de la variación de inventario en un período de tiempo, y la capacidad máxima de almacenamiento de la instalación

En períodos relativamente largos, el factor de capacidad de las instalaciones energéticas, puede verse afectado por las salidas de operación, tanto forzadas como programadas para mantenimiento.

Formulación para instalaciones de explotación

$$FP_{ijk} = \frac{PTE_{ijk}}{PMAx_{ijk}} * 100$$

Donde:

FP_{ijk} = Factor de capacidad de la instalación j en el período i para el energético k (%)

PTE_{ijk} = Producción neta del energético k en la instalación j en el período i (u.)

PMAx_{ijk} = Capacidad de producción máxima del energético k de la instalación j en el período i (u.)

Formulación para instalaciones de transformación

$$FP_{ijk} = \frac{VTP_{ijk}}{VMAx_{ijk}} * 100$$

Donde:

FP_{ijk} = Factor de capacidad de la instalación j en el período i para el energético k (%)

VTP_{ijk} = Volumen procesado del energético K en la instalación j en el período i (u.)

VMAx_{ijk} = Volumen máximo de energético k que puede ser procesado en la instalación j durante el período i (u.)

Formulación para centrales eléctricas

$$FP_{ijk} = \frac{VTT_{ijk}}{VMAX_{ijk}} * 100$$

Donde:

- FPij = Factor de capacidad de la central j en el período i (%)
- GEij = Generación eléctrica neta de la central j en el período i (GWh)
- Plij = Potencia instalada de la central j en el período i (MW)
- Nhi = Número de horas contenidas en el período i

Formulación para Instalaciones de transporte

$$FP_{ijk} = \frac{VTT_{ijk}}{VMAXT_{ijk}} * 100$$

Donde:

- FPijk = Factor de capacidad de la instalación j en el período i para el energético k (%)
- VTTijk = Volumen total transportado del energético K en la instalación j en el período i (u.)
- VMAXTijk = Volumen máximo de energético k que puede ser transportado mediante la instalación j durante el período i (u.)

Formulación para Instalaciones de almacenamiento

$$FP_{ijk} = \frac{|VI|_{ijk}}{VMAXA_{ijk}} * 100$$

Donde:

- FPijk = Factor de capacidad de la instalación j en el período i para el energético k (%)
- |VI|ijk = Valor absoluto de la variación de inventario del energético K en la instalación j en el período i (u.)
- VMAXAijk = Capacidad máxima de almacenamiento del energético k en la instalación j correspondiente al período i (u.)

Aplicación

Este indicador permite visualizar el porcentaje de la infraestructura energética del país que permanece ociosa. Si bien un factor de capacidad pequeño, puede significar una situación favorable de seguridad energética a largo plazo, no hay que perder de vista las consecuencias negativas que tiene la sobre inversión y el estancamiento de recursos económicos.

10.3.7.4. Factor de pérdidas por transporte y distribución de energía**Descripción**

Es la relación entre el total de energía perdida en las instalaciones de transporte y distribución, y la oferta total de energía tanto primaria como secundaria.

Las pérdidas se pueden conceputar como la diferencia entre la cantidad de energía que es entregada a las instalaciones de transporte y distribución y la energía que llega efectivamente a los centros de consumo final.

En el caso específico del sector eléctrico, las pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución, se clasifican en pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas. Las pérdidas técnicas son las ocasionadas por las propiedades físicas de los equipos eléctricos, mientras que las no técnicas están relacionadas con errores de medición, errores de facturación, robo de energía etc.

Formulación

$$FPE_i = \frac{PTD_i}{OTE_i} * 100$$

Donde:

FPEi = Factor de pérdidas de energía en transporte y distribución en el período i (%)

PTDi = Pérdidas totales de energía en transporte y distribución en el período i (Tep)

OTEi = Oferta total de energía en el período i (Tep)

Aplicación

Este indicador mide el grado de desarrollo del sector energético, ya que uno de los principales objetivos que se persigue mediante los planes de expansión y modernización, es reducir al máximo este factor.

10.3.8. Indicadores de reservas y potenciales

10.3.8.1. Porcentaje del potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado

Descripción

Es la división de la diferencia entre el potencial hidroeléctrico económicamente aprovechable y la capacidad hidroeléctrica instalada, sobre el potencial hidroeléctrico económicamente aprovechable, expresada en porcentaje.

Formulación

$$PHNA_i = \frac{PHEA_i - CHI_i}{PHEA_i} * 100$$

Donde:

PHNAi = Porcentaje del potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado en el período i (%)

PHEAi = Potencial hidroeléctrico económicamente aprovechable en el período i (MW)

CHLi = Capacidad hidroeléctrica instalada en el período i (MW)

Aplicación

Este indicador mide la posibilidad de expansión de la capacidad hidroeléctrica instalada.

Desde el punto de vista ambiental, en combinación con factores de emisión de las plantas termoeléctricas, se puede evaluar también el grado de mitigación del impacto ambiental que se podría lograr mediante el aprovechamiento de los recursos hídricos remanentes.

10.3.8.2. Alcance de las reservas probadas de recursos fósiles

Es la división del volumen de reservas probadas del recurso fósil en un año determinado, para la producción de dicho recurso en el mismo año.

Formulación

$$ARF_{ik} = \frac{RPRF_{ik}}{PRF_{i,v}}$$

Donde:

ARF_{ik} = Alcance de las reservas probadas del recurso fósil k referido al período i (años) RPRF_{ik} = Reservas probadas del recurso fósil k medidas en el período i (u.)

PRF_{ik} = Producción del recurso fósil k en el período i (u.)

Aplicación

Este indicador permite realizar proyecciones de producción de recursos fósiles a largo plazo, así como implementar programas de sustitución de energías fósiles por energías renovables.

10.3.9. Indicadores de Desarrollo energético sostenible

Debido a las interacciones de los sistemas energéticos en las diferentes dimensiones de los procesos de desarrollo, una serie de indicadores relacionados con la estructura y las variables de estos sistemas deben ser relacionadas con las dimensiones de sustentabilidad.

En la siguiente figura se presentaran una lista de indicadores que fueron usados en el análisis de las situaciones energéticas de los países de América Latina y El Caribe, en términos de su contribución al desarrollo sustentable, esta es una publicación de OLADE-ECLAC-GTZ.

En esta publicación, cuatro grandes patrones fueron identificados. Estos patrones resaltan aspectos positivos y negativos con respecto a la contribución de los sistemas energéticos de desarrollo sustentable de los correspondientes países.

Tabla 15. Indicadores desarrollo energético sostenible

Indicador	Alta sustentabilidad	Respuesta a los siguientes objetivos
Autarquía energética	Baja participación de las importaciones en el abastecimiento energético	Seguridad de suministro externo
		Sostenimiento, maniobrabilidad política/apalancamiento (alto grado de autonomía política)
		Reducción del riesgo de desbalances en el balance de pagos
Solidez al cambio externo	Baja participación de la energía en las exportaciones del PIB	Flujo estable de ingresos de exportación
		Baja participación de la variable ingreso en el presupuesto
		Reducción del riesgo de los desequilibrios en la balanza de pagos
Productividad energética	Alto PIB por unidad de energía	Eficiencia en la producción
		Eficiencia energética
		Financiamiento suficiente
		Reducción de los costos de suministro de energía
		Suficiente suministro
		Calidad del aire alta
		Reducción de las emisiones de gases que tienen un impacto en el clima
		Extensión de la durabilidad de fuentes de energía no renovables
Cobertura de electricidad	Alto porcentaje de hogares electrificados	Diversificación de la energía
		Suficiente suministro
		Acceso a fuentes de energía modernas y productivas
		Suministro de servicios sociales
Cobertura de necesidades energéticas básicas	Suficiente consumo de energía residencial útil	Satisfacer las necesidades básicas
		Diversificación de la matriz energética
		Gestión sostenible de leña
Uso de las fuentes de energía renovable	Alta proporción de energías renovables en el suministro de energía	Alta calidad del aire
		Reducción de emisiones de gases que tienen un impacto en el cambio climático
Durabilidad de los recursos fósiles y la leña	Alta relación reservas-producción de energía fósiles y leña	Que existan reservas de recursos en el largo plazo
		Seguridad en el suministro a largo plazo
Pureza relativa	Bajos niveles de emisiones de CO ₂	Mejora calidad del aire

Fuente: OLADE-ECLAC-GT

De acuerdo con esta clasificación, a continuación se reproduce un ejemplo donde se caracterizan dos países: Colombia y México.

Tabla 16. Ejemplo de la utilización de los indicadores de desarrollo sostenible

Situaciones/Países	Economía			Equidad		Recursos naturales		
	Autarquía energética	solidez	productividad energética	Cobertura de electricidad	Cobertura de necesidades básicas	pureza ambiental del uso de energía	Uso de energía renovable	Durabilidad de los recursos fósiles
CO, MX	alta	medio alta	medio baja	medio alta	media	medio alta	medio baja	alta



CAPÍTULO XI

Sistemas de unidades y factores de conversión

11. Sistemas de unidades y factores de conversión

11.1. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S.I.)

Luego de sucesivas propuestas y modificaciones, los científicos de fines del Siglo XVIII, lograron diseñar el Sistema Métrico Decimal basado en parámetros relacionados con fenómenos físicos y notación decimal, y lidiaron con la resistencia al cambio de los antiguos sistemas medievales de referencias antropológicas y subdivisiones en mitades sucesivas, a los modernos; la comunidad científica de la segunda mitad del Siglo XX, debió encarar la adopción de un nuevo sistema de medidas de mayor precisión en cuanto a la referencia con fenómenos físicos de sus unidades fundamentales, adaptado a los crecientes avances de la ciencia, y que a la vez tuviese la amplitud y universalidad suficientes, para abarcar las necesidades evidenciadas en la proliferación de subsistemas surgidos como necesidad particular de las distintas ramas de la ciencia.

11.1.1. Conferencia general de pesas y medidas

La Conferencia General de Pesas y Medidas, que ya en 1948 había establecido el Joule (J) como unidad de energía ($1 \text{ Cal} = 4,186 \text{ J}$), en la 10a Conferencia (1954) adoptó el Sistema MKSA (metro, kilogramo masa, segundo, ampere), preexistente -originado en la propuesta del Profesor G. Giorgi de 1902-, en el cual se incluyó el Kelvin (K) y la Candela (cd), como unidades de temperatura e intensidad luminosa respectivamente.

11.1.2. Consagración del S.I.

a 11a Conferencia General de Pesas y Medidas, en sus sesiones de octubre de 1960 celebradas en París, cuna del Sistema Métrico Decimal, estableció definitivamente el Sistema Internacional de Medidas (S.I.), basado en 6 unidades fundamentales -metro, kilogramo, segundo, ampere, Kelvin, candela-, perfeccionado y completado posteriormente en las 12a, 13a y 14a Conferencias, agregándose en 1971 la séptima unidad fundamental, la mol, que mide la cantidad de materia.

11.1.3. Sistema coherente

Para una comunicación científica apropiada y efectiva, es esencial que cada unidad fundamental de magnitudes de un sistema, sea especificada y reproducible con la mayor precisión posible. El modo ideal de definir una unidad es en términos referidos a algún fenómeno natural constante e invariable de reproducción viable, por ejemplo, una longitud de onda de una fuente de luz monocromática. Pueden elegirse arbitrariamente las unidades para cada magnitud, en la medida en que estén vinculadas por relaciones matemáticas a las unidades base, las que deben estar definidas unívocamente. Limitando la cantidad de unidades base, se logra considerable simplicidad en el sistema. Las unidades base son llamadas "fundamentales" y todas las demás "derivadas". Un sistema de unidades configurado con estas características, se define como un "sistema coherente".

Los prefijos S.I. no son aplicables a las unidades de ángulo ni a las de tiempo con excepción del segundo.

11.2. UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

A continuación se presentan las principales unidades del Sistema Internacional.

Tabla 17. Unidades básicas Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Cantidad de sustancia	Mol	mol
Intensidad luminosa	Candela	cd

Tabla 18. Unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Nombre	Símbolo
Área	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cúbico	m ³
Velocidad	Metro por segundo	m / s
Aceleración	Metro por segundo al cuadrado	m/s ²
Número de onda	Metros Recíprocos	m ⁻¹
Densidad de masa	Kilogramo por metro cúbico	kg / m ³
Velocidad angular	Radian por segundo	rad / s
Aceleración angular	Radian por segundo cuadrado	rad / s ²

Tabla 19. Unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Nombre	Símbolo	La expresión en términos de otras unidades del SI	Expresión en unidades básicas SI
Frecuencia	Hertz	Hz		s ⁻¹
Fuerza	Newton	N		m · kg · s ⁻²
Presión, estrés	Pascal	Pa	N·m ⁻²	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²
Energía, trabajo, cantidad de calor	Joule	J	N·m	m ² ·kg·s ⁻²
Potencia	Vatio	W	J / s	M ² ·kg·s ⁻³
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	Coulomb	C	J·s ⁻¹	s·A
Diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz	Voltio	V	W/A	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹
Resistencia eléctrica	Ohm	W	V·A ⁻¹	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻²
Capacidad	Faradio	F	C·V ⁻¹	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ²
Flujo magnético	Weber	Wb	V·s	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻¹

Tabla 20. Unidades no métricas permitidas por el SI

Magnitud	Nombre	Símbolo	Equivalencia S.I
Angulo	Grado	°	$1^\circ = (\pi/180)\text{rad}$
	Minuto	'	$1' = (\pi/10,8)\text{rad} = (1/60)^\circ$
	Segundo	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648)\text{rad}$
Tiempo	Minuto	Min	1min=60 s
	Hora	H	1h=60 min=3600s
	Día	D	1d=24 h=86400 s
Volumen	Litro	L	1l= 10 dm ³ =10 ⁻³ m ³
Masa	Tonelada	T	1t=10 ³ kg=1 Mg
Área	Hectárea	Ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²

Fuente: UNAM, México

Sinonimias

Litro: nombre especial que puede darse al decímetro cúbico, siempre y cuando no exprese medidas de volumen de alta precisión.

Grados Celsius: puede utilizarse para expresar un intervalo de temperatura. Los intervalos entre grados Kelvin y Celsius son idénticos, pero mientras el cero Kelvin es el cero absoluto, el cero Celsius es el punto de fusión del hielo.

Tabla 21. Prefijos del Sistema Internacional

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10 ²⁴	Yota	Y	10 ⁻¹ = 0.1	deci	d
10 ²¹	Zeta	Z	10 ⁻² = 0.01	centi	c
10 ¹⁸	Exa	E	10 ⁻³ = 0.001	mili	m
10 ¹⁵	Peta	P	10 ⁻⁶ = 0.000001	Micro	μ
10 ¹²	Tera	T	10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁹	Giga	G	10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁶ = 1,000,000	Mega	M	10 ⁻¹⁵	Femto	f
10 ³ = 1,000	Kilo	k	10 ⁻¹⁸	Atto	a
10 ² = 100	Hecto	h	10 ⁻²¹	Zepto	z
10 = 10	Deca	da	10 ⁻²⁴	Docto	y

1 = (Unidad Básica sin Prefijo)

Fuente: UNAM, México

Uso escrito de símbolos y prefijos

- Los nombres de las unidades, así como de sus múltiplos y submúltiplos, se escriben con minúscula. El grado Celsius es una excepción.
- Los símbolos que representan a las unidades se escriben con minúscula, excepto cuando proceden nombres propios. Se usa la letra mayúscula L para litro porque el 1 se confunde con l. Cuando un símbolo con dos letras procede de un

nombre pro-pio, la letra inicial es mayúscula. Por ejemplo Pa (en honor a Blaise Pascal).

- Los prefijos y submúltiplos se escriben con minúscula, excepto en el caso de mega y superiores.
- Los símbolos nunca se escriben en plural, ni llevan punto final, salvo que estén al final de una frase.
- Entre el número y el símbolo debe dejarse un espacio salvo en las medidas angula-res.
- Los productos de unidades se expresan o bien dejando un espacio entre los símbo-los o bien dejando un espacio entre ellos.

11.3. EQUIVALENCIA ENTRE EL S.I. Y OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

Si bien la mayoría de los países del mundo ha adoptado el Sistema internacional de unidas, los países de origen sajón tardarán algún tiempo en adoptar las nuevas unidades en razón de lo acentuado de sus costumbres en utilizar los antiguos sistemas.

Tabla 22. Unidades básicas en diferentes sistemas de unidades

Dimensión	SI	MKS	CGS	EEUU
Longitud	m	m	cm	pie
Tiempo	s	s	s	s
Masa	Kg	UTM	g	lbm
Temperatura	°K	°C	°C	°F
Calor	Julio	kcal	cal	Btu

Fuente: UNAM, México

Tabla 23. Factores de conversión de unidades básicas y derivadas

Magnitud	Unidad	Factor	Unidad S.I
Longitud	Pulgada	0.0254	Metros
	Pie	0.3048	
	Yarda	0.9144	
	Milla	1609.34	
Volumen	Galón	0.003785	m ³
Masa	Onza	0.02834	kilogramo
	Libra	0.45359	
Temperatura	°Kelvin	°Celsius + 273,5	
	°Fahrenheit	°Celsius x 1,8+32	
Velocidad	km/hora	0.27777	m/s
	Milla/hora	0.44704	
Aceleración	g (gravedad)	9.80665	m/s ²
Fuerza	Kilogramo (peso)	9.80665	Newton
	Dina	1.0 x 10 ⁻⁵	
Energía, Calor	Kilocaloría	4186	Julio
	BTU	1054.35	
Potencia	Kilocaloría/hora	1.16222	Watio
	BTU/hora	0.29287	
	Caballo (HP)	746	
Flujo de calor	BTU/pie ² * hora	3.15248	Watio/m ²

Magnitud	Unidad	Factor	Unidad S.I
Presión	Atmósfera	1.01325x10 ⁵	Newton/m ² (Pascal)
	Milibar	100	
	mm Hg (Torr)	133.322	
	Psi (Lb/in ²)	6,894.75	
Densidad	Lbm/pie ³	16.0184	kg/m ³
Calor específico	BTU/Lbm*°F	4.18681	Julio/kg*°K
Conductividad térmica	BTU*inc/pie ² *hora	0.144131	Watio/m*°K
Conductancia térmica	BTU/pie ² * hora	5.674466	Watio/m ² *K

Fuente: UNAM, México

11.4. EQUIVALENCIA ENTRE LAS UNIDADES ENERGÉTICAS COMUNES

OLADE ha adoptado el barril equivalente de petróleo (BEP) como unidad común para expresar los balances energético, basado en las siguientes consideraciones:

- Es coherente con el sistema internacional de unidades (SI)
- Expresa aceptablemente una realidad física de lo que significa
- Está relacionada directamente con el energético más importante en el mundo actual y por lo tanto presenta facilidad en su utilización.
- Su valor numérico resulta representativo para la disimilitud en tamaño de las cifras de los diferentes energéticos entre los Países Miembros de la Organización.

Sobre la base del poder calorífico de 1 kg de petróleo que es de 10,000 kcal, se tienen las siguientes equivalencias:

Tabla 24. Equivalencias entre unidades energéticas comunes

1 boe = 0.13878	toneladas equivalentes de petróleo (TEP)
1 TOE = 7.205649	barriles equivalentes de petróleo (bep)
1 TOE = 10 ⁷	kilocalorías (kcal)
10 ³ TOE = 41.84	terajoules (Tjoule)
10 ³ BOE = 1.3878	teracalorías (Tcal)

Fuente: SIEE-OLADE

La base de datos del Sistema de Información Económica Energética, SIEE®, de OLADE, para el módulo de oferta/demanda utiliza la información de las diferentes fuentes energéticas en unidades físicas en las que comúnmente se miden y unidades calóricas, para luego ser transformadas a la unidad calórica común adoptada que es el barril equivalente de petróleo (bep). Así se tiene que:

Los productos petroleros como petróleo, gas licuado de petróleo, gasolinas, kerosene/jet fuel, diesel oil y fuel oil, se expresan en miles de barriles americanos que se representan como 10³ bbl.

Tabla 25. Factores de conversión de unidades de volumen

1 barril americano	5.614583	Pies cúbicos
	42.0	Galones americanos
	158.98	Litros
	0.15898	Metros cúbicos
1 metro cúbico	1000	Litros
	35.3147	Pies cúbicos
	6.2898	Barriles americanos
	264.172	Galones americanos
1 litro	1	Decímetro cúbico

Fuente: SIEE-OLADE

Si los productos petroleros vienen en unidades másicas (toneladas) se deben convertir a unidades volumétricas con ayuda de la densidad.

Tabla 26. Densidades de referencia en ton/m³

Gas licuado	0.55
Gasolina	0.75
Kerosene	0.82
Diesel Oil	0.88
Fuel Oil	0.94

Fuente: SIEE-OLADE

Los productos sólidos como los carbones tanto mineral como vegetal, leña y coques se los expresa en toneladas métricas, que tienen las siguientes equivalencias:

Tabla 27. Factores de conversión de unidades de masa

1 ton	1000	Kilogramos
	2204.62	Libras
	1.10231	Toneladas cortas
	0.98421	Toneladas largas

Fuente: SIEE-OLADE

Hidroelectricidad, Geoelectricidad y Electricidad se las expresa en Gigavatios-hora (GWh). 1 GWh = 10⁹ Wh.

Para fuentes y productos como: Productos de Caña, Otras Fuentes Primarias, Gases, Otras Fuentes Secundarias, y No Energéticos se emplea directamente el valor calórico expresado en barriles equivalentes de petróleo (bep).

11.5. FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES FÍSICAS A CALÓRICAS

Con el fin de obtener una unidad general de medida del flujo de energía a través de las diferentes actividades de la cadena energética, que permita el análisis consolidado del balance de energía tanto en el sentido vertical como en el horizontal, es necesario convertir las unidades de masa y de volumen de los energéticos, en unidades calóricas, utilizando para ello el poder calorífico inferior de los mismos. El poder calorífico inferior, no solo depende del tipo de sustancia, sino de sus características físicas y químicas específicas, por lo que pueden existir diferentes valores de poder calorífico para una misma sustancia, de diferentes calidades. La unidad del poder calorífico inferior es conceptualmente unidades de energía o calor sobre unidades de masa, siendo la unidad más utilizada en la región la Kcal/Kg, para combustibles líquidos y sólidos, sin embargo para combustibles gaseosos como el gas natural, se utiliza generalmente el BTU/pe3 o el kJ/m³.

Tabla 28. Poder calorífico inferior de algunos combustibles

Fuel	(kcal/kg)
Carbón mineral	7,000
Petróleo crudo	10,000
Gasolina	10,500
Diesel	10,200
Fuel oil	9,800
Gas Natural	8,300 (kcal/m ³)
Butano comercial	10,938
Propano comercial	11,082
Alcohol etílico	6,500
Biogás	4,500

A continuación se muestran algunos de los factores de conversión utilizados por OLADE para convertir los energéticos de unidades físicas originales a la unidad calórica común BEP.

Tabla 29. Equivalencia en Bep de algunas unidades utilizadas en OLADE

1 bbl	de petróleo	=	1.0015	bep
1 bbl	de gasolina	=	0.8934	bep
1 bbl	de diesel	=	1.0015	bep
1 bbl	de combustibles pesados	=	1.0304	bep
1 bbl	de GLP	=	0.6701	bep
1 bbl	de kerosene	=	0.9583	bep
10 ³ m ³	de gas natural	=	5.9806	bep
10 ³ kWh	de hidro/geo electricidad	=	0.6196	bep
1 ton	de leña	=	2.5940	bep
1 ton	de carbón vegetal	=	4.9718	bep
1 ton	de carbón mineral	=	5.0439	bep
1 ton	de coque de carbón	=	4.8998	bep
1 ton	de uranio	=	71.2777	bep
1 ton	de etanol	=	0.5980	bep
1 ton	de biodiesel	=	0.9508	bep
1 ton	de bagazo	=	1.3114	bep

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 30. Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE

	bep	tep	tec	Tcal	TJ	10 ³ BTU	MWh	kg GLP	m ³ Gas natural	pc Gas natural
bep	1	0,13878	0,198259	0,00139	0,00581	5524,86	1,613944	131,0616	167,207304	5917,15976
tep	7,205649	1	1,428586	0,01	0,04184	39810,22	11,62951	944,3838	1204,83714	42636,9763
tec	5,0439	0,699992	1	0,007	0,029287	27866,85	8,14057	661,0616	843,376919	29845,5621
Tcal	720,5649	100	142,8586	1	4,184	3981022	1162,952	94438,38	120483,714	4263697,6
TJ	172,2191	23,90057	34,14404	0,239005	1	951487	277,9521	22571,31	28796,2988	1019048,19
10 ³ BTU	0,00018	2,51E-05	3,59E-05	2,51E-07	1,05E-06	1,00E+00	0,00029	2,37E-02	0,030265	1,07101
MWh	0,6196	0,08599	0,1228	0,00086	0,0036	3423,2	1	81,20577	103,6016	3666,27219
kg GLP	0,00763	0,00106	0,001513	1,06E-05	4,43E-05	42,15469	0,012314	1	1,27579173	45,147929
m ³ Gas natural	0,00598	0,00083	0,001186	8,30E-06	3,47E-05	33,04198	0,009652	0,783827	1	35,3881657
pc Gas natural	0,00017	2,35E-05	3,35E-05	2,35E-07	9,81E-07	0,933701	0,022149	0,022149	0,02825803	1

Fuente: SIEE-OLADE

Es necesario aclarar que aunque los valores indicados en la tablas anteriores pueden servir de referencia para la transformación de unidades físicas a calóricas, cada país debe tener su propia tabla de factores de conversión, que debe ser actualizada periódicamente, en función de la calidad y composición específica de los energéticos que se manejan en cada uno de los periodos de análisis.

Tabla 31. Factores calóricos de los Países Miembros de OLADE

a kbep	Petróleo	Gas natural	Carbon mineral	Nuclear	Hydroenergía	Geotermia	Leña	Electricidad	GLP	Gasolina	Kerosene	Diesel Oil	Fuel oil	Coque	Carbon vegetal	Etanol
Unidad Original	10 ³ bbl	10 ³ m ³	10 ³ t	10 ³ t	GWh	GWh	10 ³ t	GWh	10 ³ bbl	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ bbl				
Argentina	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Barbados	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Bolivia	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Brasil	1,020	6,182	3,457	71,278	0,618	0,620	2,228	0,618	0,698	0,900	0,939	0,969	1,096	4,960	4,643	0,598
Chile	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,623	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Colombia	1,000	5,988	4,710	71,278	0,620	0,620	2,609	0,620	0,688	0,884	0,964	1,000	1,075	3,478	4,710	0,598
Costa Rica	0,994	5,981	5,263	71,278	0,620	0,620	3,100	0,620	0,699	0,894	0,944	0,994	1,066	4,614	4,939	0,598
Cuba	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Ecuador	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
El Salvador	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Grenada	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Guatemala	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Guayana	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Haiti	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Honduras	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Jamaica	1,002	5,981	5,044	70,187	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
México	1,099	7,617	3,461	71,278	0,620	0,620	2,594	0,62	0,648	0,839	0,900	0,934	1,037	4,925	4,972	0,598
Nicaragua	1,006	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,698	0,891	0,954	0,986	1,068	5,788	2,786	0,598
Panamá	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Paraguay	1,002	5,981	5,260	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,879	0,958	0,994	1,059	4,612	4,972	0,598
Perú	0,997	7,356	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,685	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,684	0,598
Rep. Dominicana	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Suriname	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Trinidad y Tobago	1,002	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	2,594	0,620	0,670	0,893	0,958	1,002	1,030	4,900	4,972	0,598
Uruguay	0,997	5,981	5,044	71,278	0,620	0,620	1,946	0,620	0,692	0,902	0,951	0,988	1,102	4,900	5,404	0,598
Venezuela	1,107	7,586	5,260	71,278	0,617	0,620	2,594	0,620	0,670	0,925	1,014	1,067	1,133	4,900	5,627	0,598

Año de referencia 2009

Fuente: SIEE-OLADE

11.6. FACTORES DE EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES ENERGÉTICAS

11.6.1. Energía térmica útil

La segunda ley de la termodinámica plantea la imposibilidad de convertir el 100% de la energía térmica de una fuente, en trabajo útil, y nos dice además que todo proceso de extracción de calor es irreversible. Esta ley introduce también el concepto de eficiencia térmica, que se define como la relación entre el trabajo útil producido por un sistema y la cantidad de calor que ingresa al mismo.

$$Et = \frac{\Delta W}{\Delta Q} * 100$$

La fracción restante, es decir $100 - Et$, corresponde al porcentaje de pérdidas, ya sea por disipación de calor al ambiente o por absorción de calor del propio sistema. En las diferentes instalaciones de la cadena energética, tanto de transformación, como de consumo final, la eficiencia depende de las características de la fuente térmica y de la tecnología utilizada para el aprovechamiento de la energía.

11.6.2. Eficiencia en centrales termoeléctricas convencionales

Las centrales termoeléctricas aprovechan el calor liberado en el proceso de combustión de una fuente, para producir primero trabajo mecánico, el cual es convertido mediante el generador en energía eléctrica.

La eficiencia térmica de la central termoeléctrica, se calcula dividiendo la cantidad de energía eléctrica producida expresada en unidades calóricas, sobre el calor producido por la combustión. El calor producido por la combustión, se obtiene multiplicando la masa de combustible quemado por su respectivo poder calorífico inferior. A continuación se presenta una tabla de eficiencias térmicas típicas de algunos tipos de centrales termoeléctricas.

Tabla 32. Eficiencia centrales termoeléctricas convencionales

Tipo de Central	Combustible	Eficiencia (%)
Motores combustión interna	Fuel Oil	35%
Motores combustión interna	Diesel	30%
Turbina a gas	Diesel	40%
Turbina a gas	Gas Natural	45%
Turbinas a vapor	Fuel Oil	45%
Turbinas a vapor	Diesel	40%
Turbinas a vapor	Carbón mineral	40%
Turbinas con ciclo combinado	Gas Natural	55%

Fuente: SUPER-OLADE

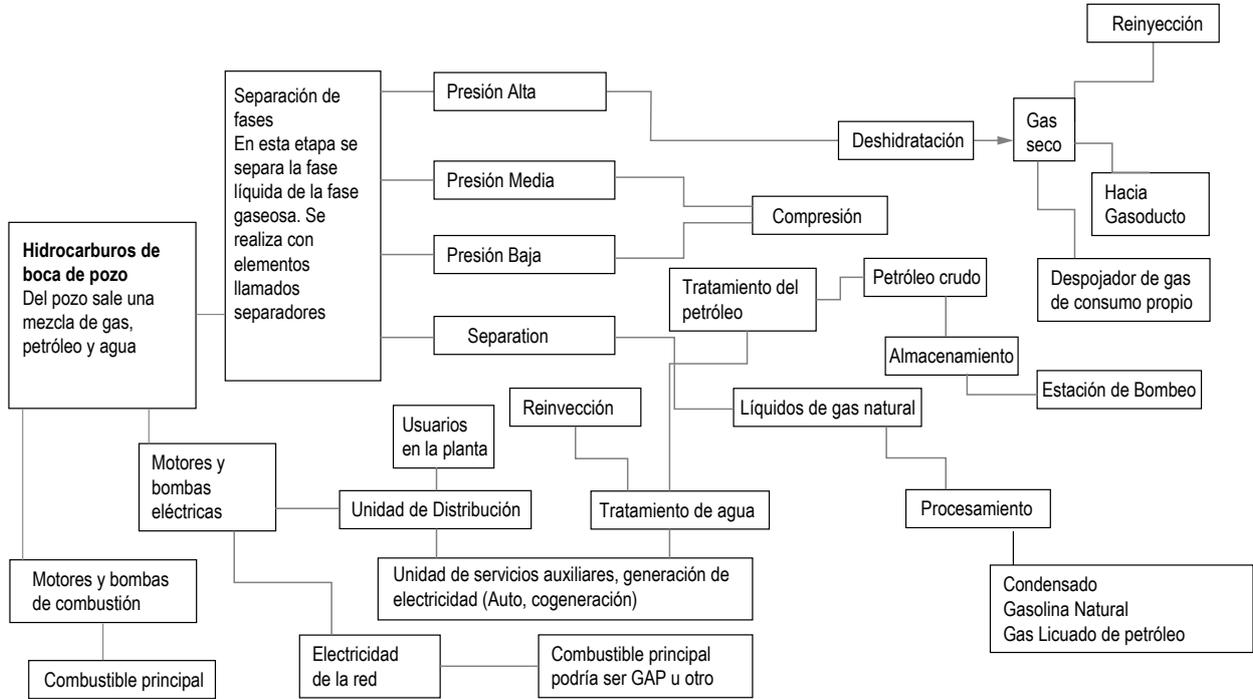


Anexos

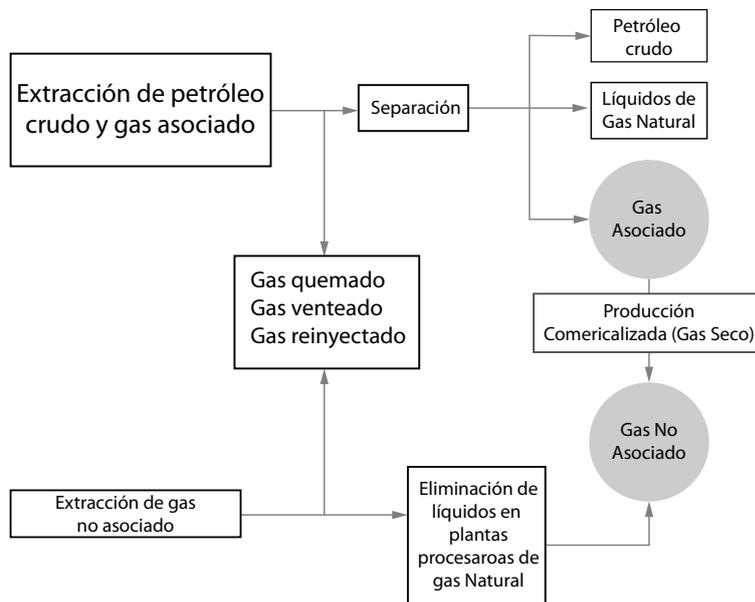
ANEXOS

ANEXO I. Diagrama Proceso de Extracción de Gas Natural

Diagrama proceso de Extracción Petróleo



ANEXO II. Diagrama Proceso de Extracción de Gas Natural



ANEXO III. Tecnologías

Producción y transformación

- Los factores de emisiones correspondientes a la producción de energías primarias (petróleo, gas natural y carbón) están expresados en kilogramos de contaminante por unidad de energía producida.
- La energía no aprovechada corresponde a la cantidad de energía que por las condiciones técnicas y/o económicas de su explotación no es utilizada. Los rubros más significativos corresponden al petróleo crudo derramado y al gas natural no aprovechado. De acuerdo a las ecuaciones de equilibrio que definen el balance, no es posible distinguir en las pérdidas de energía y la energía no aprovechada. Por falta de información detallada, las emisiones correspondientes a estos dos rubros han sido asociadas únicamente al rubro "Pérdidas".
- Las emisiones correspondientes a la actividad de refinación de petróleo y producción de coque están expresadas en función del combustible consumido en estos procesos de transformación y por consiguiente, los factores de emisión están asociados al consumo propio.
- En el caso de las carboneras y destilerías, los coeficientes de emisión están expresados en función de las cantidades de energía producidas.

Tabla 33. Metodología de producción y de transformación de la energía

	Energético	Fuente	Tecnología
A1	Petróleo	EDB	Producción onshore (emisiones por unidad de energía producida)
A2	Gas natural	EDB	Producción (emisiones por unidad de energía producida)
A3	Carbón	EDB	Producción. Mina a cielo abierto (emisiones por unidad de energía producida)
K18	Carbón vegetal	EDB	Carboneras (emisiones por unidad de energía producida)
P17	Coque	EDB	Coquería/altos hornos (emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de transformación)
M13	Etanol	EDB	Destilerías (emisiones por unidad de energía producida)
P13	Gasolina	EDB	Refinerías (Emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de refinación)
P14	Kerosene	EDB	Refinerías (Emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de refinación)
P15	Diesel	EDB	Refinerías (Emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de refinación)
P16	Fuel Oil	EDB	Refinerías (Emisiones por unidad de energía consumida en el proceso de refinación)
Q1	Petróleo	EDB	Pérdidas de petróleo
Q2	Gas Natural	EDB	Perdidas de Gas Natural
Q13	Gasolina	EDB	Pérdidas de gasolina
Q14	Kerosene	EDB	Pérdidas de kerosene
Q15	Diesel	EDB	Pérdidas de diesel
Q16	Fuel Oil	EDB	Pérdidas de fuel oil
Q19	Gases	EDB	Pérdidas de gases

Generación de electricidad

Las tecnologías seleccionadas para el cálculo de las emisiones en termo generación de electricidad corresponden a tecnologías genéricas. No se ha incluido tecnologías que incorporan control de emisiones o tecnologías de punta cuyos altos rendimientos disminuyen el volumen de las emisiones.

Tabla 34. Tecnologías de generación eléctrica

	Energético	Fuente	Tecnología
H1	Petróleo	EDB	Turbina a vapor. Tecnología genérica. Petróleo crudo liviano
H2	Gas Natural	EM	Turbina a gas. Tecnología simple
H3	Carbón	EM	Turbina a vapor. Tecnología genérica
H5	Geotérmica	CO2DB	Geotérmica a vapor seco. Tecnología genérica
H7	Leña	IPCC	Caldero. Tecnología genérica
H8	Bagazo	EDB	Caldero. Tecnología genérica
H9	Otros	EDB	Biomasa. Residuos. Caldero
H12	GLP	EDB	GLP vapor. Tecnología genérica
H13	Gasolina	EDB	Gasolina. Motor
H14	Kerosene	EDB	Turbina a vapor. Tecnología genérica
H15	Diesel	EM	Turbina a vapor. Diesel 1 y 2. Tecnología genérica
H16	Fuel Oil	EM	Turbina a gas. Simple
H17	Coque	EDB	Coque. Caldero. Tecnología genérica
H18	Carbón vegetal	EDB	Caldero. Tecnología genérica
H19	Gases	EM	Turbina gas. Tecnología genérica

En el caso de la autoproducción de electricidad, se asumen tecnologías de pequeña escala y en algunos casos (derivados de petróleo) se ha asumido que la generación es mediante motores de combustión interna.

Tabla 35. Tecnologías de generación eléctrica de auto-productores

	Energético	Fuente	Tecnología
I1	Petróleo	EDB	Turbina a vapor. Tecnología genérica. Petróleo crudo liviano
I2	Gas Natural	EDB	Gas natural. Motor. Tecnología genérica
I3	Carbón	EM	Turbina vapor. Pequeña escala
I5	Geotermia	CO2DB	Geotermia. Vapor seco. Tecnología genérica
I7	Leña	IPCC	Caldero. Tecnología genérica
I8	Bagazo	EDB	Caldero. Tecnología genérica
I9	Otros	EDB	Biomasa (residuos). Caldero
I12	GLP	EDB	Motor pequeña escala. Tecnología genérica

I13	Gasolina	EDB	Gasolina. Motor
I14	Kerosene	EDB	Motor. Tecnología genérica
I15	Diesel	EM	Generador. Pequeña escala
I16	Fuel Oil	EDB	Motor. Pequeña escala
I17	Coque	EDB	Coque. Caldero. Tecnología genérica
I18	Carbón vegetal	EDB	Caldero. Tecnología genérica
I19	Gases	EDB	Gas natural. Motor. Tecnología genérica

Consumo final de energía

Las tecnologías seleccionadas para los usos finales de la energía se encuentran resumidas en las tablas 36 a 41. En todos los casos se trata de tecnologías estándar.

Tabla 36. Tecnologías de consumo final de energía en el transporte

	Energético	Fuente	Tecnología
S2	Gas Natural	IPCC	Vehículos pasajeros
S3	Carbón	EM	Caldero. Pequeña escala
S7	Leña	EM	Caldero. Tecnología estándar
S12	GLP	IPCC	Vehículos. Pasajeros
S13	Gasolina	IPCC	Vehículos livianos. No catalizador
S14	Kerosene	IPCC	Transporte aéreo. Jet
S15	Diesel	IPCC	Vehículos pesados. No catalizador
S16	Fuel Oil	EDB	Transporte fluvial

Tabla 37. Tecnologías de consumo final de energía en la industria

	Energético	Fuente	Tecnología
T1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero adicional
T2	Gas natural	EM	Caldero. Tecnología estándar
T3	Carbón	EM	Caldero. Tecnología convencional
T7	Leña	EM	Leña. Caldero. Tecnología estándar
T8	Bagazo	EDB	Bagazo. Caldero estándar
T9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero estándar
T12	GLP	EDB	Caldero estándar
T13	Gasolina	EDB	Motores
T14	Kerosene	EDB	Turbinas. Pequeña escala

T15	Diesel	EM	Caldero estándar
T16	Fuel oil	EM	Caldero estándar
T17	Coque	EDB	Caldero. Tecnología genérica
T18	Carbón vegetal	EDB	Usos térmicos. Hornos
T19	Gases	EM	Caldero estándar

Tabla 38. Tecnologías de consumo final de energía en el sector residencial

	Energético	Fuente	Tecnología
U2	Gas natural	EDB	Cocción. Cocina estándar
U3	Carbón	EDB	Cocción. Cocina estándar
U7	Leña	EDB	Cocción. Fogón abierto
U9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Cocción. Fogón
U12	GLP	EM	Cocción. Cocina estándar
U13	Gasolina	EDB	Motores pequeña escala
U14	Kerosene	EM	Cocción. Cocina estándar
U15	Diesel	EDB	Calefacción. Equipo estándar
U16	Fuel Oil	EDB	Horno/secador. Equipo estándar
U18	Carbón de leña	EDB	Cocción. Cocina. Equipo estándar
U19	Gases	EDB	Cocción. Cocina estándar

Tabla 39. Tecnologías de consumo final de energía en el sector comercio y servicios

	Energético	Fuente	Tecnología
V1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero convencional
V2	Gas Natural	EDB	Usos genéricos
V3	Carbón	EDB	Uso cocción
V7	Leña	EDB	Cocción, Fogón abierto
V9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Uso cocción
V12	GLP	EDB	Usos varios
V13	Gasolina	EDB	Motor. Pequeña escala
V14	Kerosene	EDB	Uso cocción
V15	Diesel	EDB	Motor. Pequeña escala
V16	Fuel Oil	EDB	Motor. Pequeña escala
V18	Carbón vegetal	EDB	Uso cocción
V19	Gases	EDB	Varios usos

Tabla 40. Tecnologías de consumo energético en los sectores agricultura y pesca

	Energético	Fuente	Tecnología
W1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero convencional
W2	Gas Natural	EM	Caldero. Tecnología genérica
W3	Carbón	EM	Caldero. Tecnología estándar
W7	Leña	IPCC	Caldero. Tecnología estándar
W8	Bagazo	EDB	Caldero. Tecnología estándar
W9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero. Tecnología estándar
W12	GLP	EDB	Usos varios
W13	Gasolina	EDB	Motores. Pequeña escala
W14	Kerosene	EM	Usos cocción
W15	Diesel	IPCC	Maquinaria agrícola
W16	Fuel Oil	EM	Calderos. Tecnología estándar
W17	Coque	EDB	Calderos. Tecnología estándar
W18	Carbón vegetal	EDB	Usos cocción
W19	Gases	EM	Calderos. Tecnología estándar

Tabla 41. Tecnologías de consumo de energía en el sector construcción y otros

	Energético	Fuente	Tecnología
X1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero convencional
X2	Gas natural	IPCC	Motores de combustión
X3	Carbón	EM	Calderos. Pequeña escala
X7	Leña	EM	Caldero. Tecnología estándar
X9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero estándar
X12	GLP	IPCC	Vehículos. Motores de combustión
X13	Gasolina	IPCC	Vehículos
X14	Kerosene	EDB	Turbina. Pequeña escala
X15	Diesel	IPCC	Vehículos pesados
X16	Fuel oil	EDB	Motores de combustión interna
X18	Carbón veg.	EDB	Usos térmicos. Hornos

ANEXO IV. Energía nuclear o nucleenergía

Plantas de elaboración de combustibles nucleares

El Proceso comienza con la extracción del mineral de Uranio el que, libre de estériles es concentrado obteniéndose U_3O_8 puro. Este posteriormente pasa a una etapa de purificación donde se obtiene UO_3 o U_3O_8 puro. De la etapa anterior se pasa a una planta de conversión donde se produce óxido UO_2 , a partir de este producto el proceso se diferencia según el tipo de reactor que ha de utilizar el combustible nuclear. Para los reactores enfriados por gas (GCR) a uranio natural el UO_2 se fluorura y reduce para obtener uranio metálico con el que se fabrican los elementos combustibles. Los diferentes elementos combustibles obtenidos se utilizan en los respectivos reactores para producir vapor, que finalmente accionan la turbina y el alternador como en una central convencional, lo que se trata por separado en las centrales eléctricas.

Tratamiento de la energía nuclear

En caso de que un país quiera incluir la energía nuclear dentro del balance se recomienda adoptar un criterio similar al establecido para la hidroenergía, es decir que la producción de energía nuclear primaria será igual a la cantidad de calor que se obtiene del combustible fisionable al ser "quemado" en un reactor. Como referencia se indica lo siguiente:

- a. El equivalente calórico de 1 ton. de uranio natural enriquecido al 3 por ciento, "quemado" en un reactor PWR de 30,000 MWD es:
1 ton. U nat. = 4.24×10^{14} J
- b. El equivalente calórico de 1 ton. de uranio natural utilizable en un reactor HWR de 7,500 MWD es:
1 ton. U nat = 6.48×10^{14} J

ANEXO V. Energías no comerciales

En muchos países la leña, los deshechos animales y otros productos son recolectados por la población rural y pequeña urbana directamente del campo para satisfacer sus necesidades de cocción. Por ello se las denomina <<no comerciales>>, aun cuando muchas veces el consumidor paga un precio al que lo colecta para la venta. En cualquier caso la producción nunca está registrada.

Algunas industrias artesanales como ladrilleras, caleras, panaderías, destilerías de bebidas, etc., pueden consumir leña recogida en el lugar.

Finalmente, el carbón de leña consumido de manera no comercial por los hogares rurales o el comprado por la población urbana de bajos y altos ingresos, es generalmente producido en forma no comercial.

La teoría y la práctica de la energía no comercial cuenta con abundantes publicaciones al servicio del usuario.

Desde el punto de vista del balance energético una buena indicación a seguir es:

Primero trate de detectar todos los flujos No Comerciales que pueden tener significación en su país y localice los Estudios y Estimaciones sobre el tema. Solo después de esto elabore un plan de encuestas para determinar la información faltante.

Puede servirse de:

1. Censos: cuando todo el universo es investigado
2. Encuesta: si una muestra es <<escogida estadísticamente>> del universo. La confiabilidad es calculada por medio del error estándar
3. Indagación: la muestra es arbitraria y la confiabilidad indeterminada.

ANEXO VI. Tratamiento de la cogeneración

El presente trabajo tiene como objetivo proporcionar a los técnicos responsables de la elaboración de Balances Energéticos criterios para calcular las cantidades de combustibles correspondientes a la electricidad generada en los procesos de cogeneración.

Por cogeneración se entiende el aprovechamiento combinado de vapor para generación de electricidad, para fuerza motriz y para calentamiento, o sea, el vapor sobrecalentado en calderas pasa por una turbina acoplada a un generador, generando energía eléctrica, y en seguida, el vapor resultante (vapor saturado) sigue en el proceso industrial atendiendo a otros usos motrices y de calor, como por ejemplo, en actividades de secado, centrifugación, molienda, destilación, higienización, etc.

La cogeneración se da principalmente en Autoprodutores Industriales, ya que estos, en general, necesitan de electricidad, fuerza motriz y de calor, entre tanto, existen algunos países (con alto índice de generación termoeléctrica) donde la cogeneración es Pública, siendo el vapor saturado canalizado para uso en las ciudades (comúnmente llamado calor distrital).

En los Balances Energéticos el Autoprodutor es considerado como un Centro de Transformación, donde algunas formas de energía (hidro, carbón mineral, fuel oil, diesel, bagazo, etc.) en diferentes procesos (plantas hidráulicas, térmicas a vapor, turbodiesel, turbogas, etc.) dan origen a electricidad.

En la generación térmica convencional el vapor después de la turbina (vapor de escape) no aprovechado, pasa por condensadores y el agua retorna a la caldera. En este caso el rendimiento del proceso es dado por la relación entre las calorías de electricidad generada por las calorías del combustible consumido en la caldera. Comúnmente este rendimiento es bajo, no sobrepasando el 30%.

En general, en los procesos de generación mencionados, los datos de consumo de combustibles y la respectiva electricidad generadas son conocidos, siendo posible construir los Balances Eléctricos, con las entradas, salidas y pérdidas de transformación.

En el caso de la Cogeneración a pesar de ser un proceso térmico a vapor, como el vapor después de la turbogeneración es aprovechado en el proceso industrial, hay que determinar la parte de combustible quemado en la caldera que efectivamente generó electricidad. La otra parte será asignada como consumo final de la respectiva industria. El cálculo equivocado de estas partes puede comprometer, por ejemplo, el consumo específico de energía de un determinado producto industrial, ya que el consumo final puede estar subestimado o sobreestimado.

En la mayoría de las veces el Autoprodutor informa apenas el combustible quemado en la caldera y la electricidad generada, cabiendo a los responsables de Balances Energéticos la tarea de calcular las partes para generación y consumo final. Es común cometer el error de asignar todo el combustible quemado en las calderas como generando la electricidad, lo que ocasiona bajos rendimientos en la autoproducción (no mayores que 10%), y subestimación del consumo final de la industria.

Otras veces los datos disponibles son las ventas de fuel oil y de electricidad a un determinado autoprodutor, bien como un porcentaje de generación propia.

Hay casos que el autoprodutor consume más de un combustible en la caldera conociéndose las cantidades y la generación de electricidad.

En fin, en la práctica, se presentan diferentes situaciones en cuanto a los datos de los Autoprodutores y, siempre que sean debidamente tratados, tornan a los Balances Energéticos más representativos de la realidad energética.

A partir de datos reales colectados en siete industrias Autoprodutoras de energía eléctrica, bien como a partir de una configuración típica de flujo de vapor de ingenios de azúcar, se proponen a continuación una metodología para el tratamiento del tema.

La idea básica de la metodología reside en determinar un consumo adicional de combustible en la caldera, necesario para aumentar la presión y sobrecalentar el vapor y, consecuentemente, generar electricidad. Así, el combustible resultante sería efectivamente aquel que la industria necesitaría para producir vapor saturado, caso toda la electricidad fuera comprada de la red de distribución.

Caso 1

La industria proporciona datos termodinámicos de la cogeneración:

- p1= Presión del vapor (sobrecalentado) antes de la turbina
- t1= Temperatura del vapor antes de la turbina
- p2= Presión del vapor (saturado) después de la turbina
- t2= Temperatura del vapor después de la turbina
- C= Consumo de combustible en la caldera
- E= Electricidad producida en el generador
- y= Porcentaje del vapor que pasa por el generador

Con los datos de presión y temperatura, en un diagrama de vapor es posible determinar las entalpías “i1” y “i2” del vapor, en Kcal/Kg, antes y después de la turbina.

La diferencia de las entalpías es la energía térmica que proporciona la generación de electricidad. Así esta diferencia dividida por la entalpía antes de la turbina da un porcentaje “x” que multiplicado por “y” (porcentaje del vapor que pasa por el turbogenerador) y por “C” (combustible total) permite llegar a la parte de combustible que efectivamente fue proporcionada a la caldera para generar electricidad.

$i1 - i2$	diferencia de entalpías de vapor
$x = (i1 - i2)/i1$	% de calorías de vapor para generar electricidad
$Ce = C*y*x$	Total de combustible proporcionado a la caldera para generar electricidad
$Cc = C - Ce$	Total de combustible proporcionado a la caldera para generar calor de proceso

Caso 2

La industria proporciona solamente los datos del consumo de combustible “C” en la caldera y la electricidad generada “E”.

En este caso es necesario introducir previamente los conceptos de “Rendimiento total de la cogeneración (RTC)”, “Rendimiento eléctrico equivalente de la cogeneración (REE)” y “Rendimiento térmico de referencia (RTR)”.

Rendimiento total de la cogeneración: es la división de la energía total aprovechada del sistema de cogeneración (electricidad “E” + calor de proceso “Cp”); y la energía suministrada al mismo “C”.

a) $RTC = (E + Cp) / C$

Rendimiento eléctrico equivalente de la cogeneración: está dado por la división entre la energía eléctrica generada “E” y el calor proporcionado a la caldera para generación de electricidad “Ce”

b) $REE = E/Ce$

Rendimiento térmico de referencia: es el rendimiento que tendría un sistema de producción de calor de proceso independiente de la generación de electricidad (caldera convencional).

c) $RTR = Cp/Cc$ donde Cc es el calor que debería ser suministrado a la caldera para la generación de calor de proceso (vapor) en un sistema convencional.

Asumiendo que el calor total suministrado a la caldera en el sistema de cogeneración es igual a la suma del calor suministrado para generación de electricidad y el calor suministrado para calor de proceso, se tienen las siguientes relaciones:

d) $Ce = C - Cc$

e) $Cc = Cp/RTR$

$$f) \text{ REE} = E / (C - C_p/RTR)$$

Conclusión:

Si se conociera el valor del calor necesario para el proceso industrial "Cp", se podría asumir un valor para RTR (entre 70% y 90%) y calcular el calor suministrado invertido en electricidad "Ce".

Si no se conoce "Cp", se recomienda estimar directamente el rendimiento eléctrico equivalente del sistema de cogeneración entre un 50% y 60% (rendimiento que incorpora proporcionalmente las pérdidas en la caldera) y aplicar la relación b) para el cálculo de "Ce".

Cálculo del ahorro de energía en la cogeneración

El ahorro de energía en la cogeneración esta dada por la diferencia entre la energía total que sería necesario suministrar a procesos separados de generación de electricidad y calor de proceso; y la suministrada al sistema de cogeneración para obtener los mismos resultados de energía útil. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_a = (E/RER + C_p/RTR) - C$$

Donde:

Ea = Energía ahorrada

E = Energía eléctrica obtenida

RER = Rendimiento eléctrico de referencia de un generador eléctrico convencional (sin aprovechamiento de calor residual)

Cp = Calor de proceso obtenido

RTR = Rendimiento térmico de referencia de un sistema de vapor convencional (sin generación de electricidad)

C = Energía suministrada al sistema de cogeneración.

Ejemplos prácticos

1. Un Autoprodutor consumió 150000 ton de bagazo de caña en las calderas y generó 20000 MWh de electricidad. Calcular la parte de combustible para cogeneración y consumo final.

PC del bagazo de caña = 1900 kcal/kg = 1.9 Gcal/ton

PC de la electricidad = 860 kcal/kWh = 0.86Gcal/MWh

$0.86 * 20000 * 17200 \text{ Gcal} \Rightarrow \text{electricidad en Gcal}$

Adoptándose 50% de rendimiento eléctrico equivalente en la cogeneración se tiene:

$17200/0.50 = 34400 \text{ Gcal de bagazo}$

Dividiéndose Gcal de bagazo por su poder calorífico:

$34400/1.9 = 18105 \text{ ton de bagazo para generación, y:}$

$150000 - 18105 = 131895 \text{ ton de bagazo para consumo final}$

2. Un Autoprodutor consumió en caldera 40000 ton de fuel oil, 20 millones de metros cúbicos de gas natural y 30000 ton de carbón mineral y generó 15000 MWh de electricidad. Todas las calderas generaron vapor sobrecalentado que pasó por turbogenerador. Calcular las partes de combustibles para autogeneración y para consumo final.

PC del fuel oil = 10100 kcal/kg = 10.1 Gcal/ton

PC del gas natural = 9000 kcal/m³ = 9000.0 Gcal/millón m³

PC del carbón mineral = 7000 kcal/kg = 7.0 Gcal/ton

PC de la electricidad = 860 kcal/kWh = 0.86 Gcal/MWh

$0.86 * 15000 = 12900 \text{ Gcal de electricidad}$

Adoptándose 50% de rendimiento eléctrico equivalente en la cogeneración se tiene:

$$12900/0.50 = 25800 \text{ Gcal de combustibles}$$

la generación de electricidad es dividida proporcionalmente entre los tres combustibles así:

40,000*10.1 = 404,000 Gcal de fuel oil	0.51
20*9,000 = 180,000 Gcal de gas natural	0.23
30,000*7 = 210,000 Gcal de carbón mineral	0.26
Total = 794,000 Gcal	1.0

Así se tiene como combustibles para generación:

$$0.51 * 25800 = 13158 \text{ Gcal } (/10.1) = 1303 \text{ ton de fuel oil}$$

$$0.23 * 25800 = 5934 \text{ Gcal } (/9000) = 0.66 \text{ millones de m}^3 \text{ de gas natural}$$

$$0.26 * 25800 = 8708 \text{ Gcal } (/7) = 958 \text{ ton de carbón mineral}$$

y como combustible para consumo final:

$$40000 - 1303 = 38697 \text{ ton de fuel oil}$$

$$20 - 0.66 = 19.34 \text{ millones de m}^3 \text{ de gas natural}$$

$$30000 - 958 = 29042 \text{ ton de carbón mineral}$$

ANEXO VII. Clasificación del Carbón Mineral

Table 42. Carbón mineral

Clase/grupo	Carbono fijo (%)	Materia Volátil (%)	Valor calorífico (BTU/lb)
			-
Meta-antracita	>98	<2	-
Antracita	92--98	2--8	-
Semi-antracita	86--92	8--14	-
Baja-volatilidad	78--86	14--22	-
Media-volatilidad	69--78	22--31	> 14,000
Alta-volatilidad A	<69	>31	>14000
Alta-volatilidad B	-	-	13000--14000
Alta-volatilidad C	-	-	10500--13000
Subituminoso A	-	-	10500--11500
Subituminoso B	-	-	9500--10500
Subituminoso C	-	-	8300--9500
Lignito A	-	-	6300--8300
Lignito B	-	-	<6300

ANEXO VIII. Energía Eólica

La energía eólica es la energía contenida en el viento, que es aprovechada principalmente en grupos turbina-generador para la producción de electricidad. Este tipo de energía constituye una fuente limpia, renovable y de bajo impacto ambiental.

Entre las principales aplicaciones de un sistema de energía eólica, se pueden mencionar, la electrificación de aldeas remotas, el bombeo de agua para irrigación, bombeo de petróleo, energización de sistemas de comunicación remotos, etc.

Tipos de aerogeneradores

Generadores de pequeña potencia

Con potencia comprendida entre los 180 y 3000 Watios, producen corriente entre 12 y 24 voltios para los de menor potencia y entre 120 y 240 voltios los de mayor potencia. Se utilizan para abastecer de energía eléctrica a viviendas aisladas de la red eléctrica, con bajos consumos y también en embarcaciones marinas.

Generadores de gran potencia

Son generadores que en la actualidad alcanzan potencias individuales de hasta de 1300 kW (en América Latina), y son instalados en parques eólicos que pueden alcanzar en conjunto varias decenas de megavatios de potencia.

Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos del 10%, pero los más modernos utilizan sistemas de control de manera que operan siempre con la máxima eficiencia aerodinámica, alcanzando valores de rendimiento próximos al 50%.

La fracción de energía capturada por un aerogenerador viene dada por el factor C_p , llamado coeficiente de potencia. Este coeficiente de potencia tiene un valor máximo de 59.3% denominado límite de Betz.

Potencia producida por un aerogenerador

La potencia obtenida en un aerogenerador, es directamente proporcional al área barrida por las palas "S" y al cubo de la velocidad del viento "v".

$$P = k.S.v^3$$

Es necesario elevar la altura del aerogenerador para conseguir mayor velocidad del viento. Se instalan generalmente en zonas de montaña o frente al mar, en el caso de la alta montaña, el descenso en la densidad del aire, actúa de forma negativa en la potencia.

A mayor número de palas, el rendimiento es menor aunque se necesita menor par de arranque. Se toma la opción de turbina tripala como la óptima. El paso de pala y la orientación de las mismas son variables.

Los aerogeneradores son diseñados para un rango de velocidades de viento específicas.



Bibliografía

Bibliografía

- OLADE y VII Grupo de Asesores del SIEE, “Metodología OLADE para la elaboración del Balance Energético”, 1995.
- OLADE, “Manual del Asesor del SIEE” , 1997
- Ministerio de Minas y Energía de Brasil, “Balance Energético de Brasil”, 2004
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático – IPCC, “Guía para el inventario nacional de gases de efecto invernadero”, 2006.
- Agencia Internacional de Energía – AIE, “Manual de Estadísticas Energéticas”, 2007
- IEFS, “Manual de la Iniciativa Conjunta de Datos de Petróleo (JODI)”, 2009.
- Naciones Unidas, “Clasificación Industrial Internacional Uniforme Revisión 4”, 2009
- OLADE, “Manual de Estadísticas Energéticas”, 2011.
- UNITED NATIONS, International Recommendations for Energy Statistics (IRES), 2011
- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), 2013



PAÍSES MIEMBROS
DE OLADE:

Argentina
Barbados
Belice
Bolivia
Brasil
Chile
Colombia
Costa Rica
Cuba
Ecuador
El Salvador
Grenada
Guatemala
Guyana
Haití
Honduras
Jamaica
México
Nicaragua
Panamá
Paraguay
Perú
República Dominicana
Suriname
Trinidad y Tobago
Uruguay
Venezuela
Argelia (país participante)

Av. Mariscal Antonio José
de Sucre N58-63 y
Fernández Salvador
Edificio Olade,
Sector San Carlos
Casilla 17-11-6413
Quito - Ecuador



www.olade.org



[/olade.org](https://www.facebook.com/olade.org)



[@oladeorg](https://twitter.com/oladeorg)

