

# Manual de Estadísticas Energéticas

## Año 2011

Organización Latinoamericana de Energía  
Latin American Energy Organization  
Organização Latino-Americana de Energia  
Organisation Latino-américaine d'Énergie

**olade**

ISBN 978-9978-70-099-0



9 789978 700990

# MANUAL DE ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS

**OLADE, 2011**

Autor:

**Fabio García**

Asistente de la Dirección Técnica

Coordinador:

**Gabriel Hernández**

Coordinador de Información y Estadísticas Energéticas

Dirección

**Néstor Luna**

Director de la Dirección Técnica

## **Resumen:**

Este trabajo presenta los conceptos básicos necesarios para la recopilación y manejo de las estadísticas del sector energético, orientados de manera específica a la elaboración de balances energéticos en términos de energía final y a la generación de indicadores económico-energéticos y de impacto ambiental.

Se ha pretendido en lo posible armonizar las definiciones, estructura y metodología del balance energético, con las de uso común en los Países Miembros de OLADE.

## **Palabras claves**

- Estadísticas energéticas
- Balance energético
- Fuentes de energía
- Cadena energética
- Matriz energética
- Indicadores económico-energéticos
- Impacto ambiental

## INTRODUCCIÓN

La matriz energética de los países de América Latina y el Caribe es en comparación con otras regiones del mundo una de las de mayor componente renovable; aún así en el año 2009 cerca de las tres cuartas partes de su estructura correspondió a combustibles fósiles; y los estudios recientes de prospectiva energética no auguran mayor variación durante los próximos 25 años.

Por otra parte, si bien existe en la región una importante disponibilidad de recursos petroleros, carboníferos y gasíferos, estos se encuentran concentrados en muy pocos países siendo la mayoría netamente importadores de estas fuentes.

Otros países que actualmente pueden autoabastecerse y eventualmente exportar ciertos excedentes de hidrocarburos, se enfrentan a mediano plazo al agotamiento de sus reservas debido a las altas tasas de crecimiento de sus economías y demanda energética.

Esta situación marca sin duda la vulnerabilidad de la región a los efectos de las variaciones de precios internacionales de los *commodities* energéticos, que puede desembocar como ya ha ocurrido algunas veces en graves crisis económicas.

No hay que olvidar tampoco el daño ambiental que produce la liberación del carbono y otros contaminantes contenidos en las fuentes fósiles a la atmósfera, cuyos efectos se manifiestan con los desastres climáticos que se están dando cada vez con mayor frecuencia en diferentes regiones de nuestro planeta.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario que cada país fortalezca su capacidad de análisis y planificación de su sistema energético, con el fin de asegurar un desarrollo económico sostenible y eficiente.

Un insumo imprescindible para los estudios de prospectiva y planificación energética son las estadísticas energéticas, que en combinación con información económica, social y de otros ámbitos, permiten analizar como las tendencias y la inercia del pasado puede afectar el desarrollo futuro del sector energético.

Otros elementos primordiales en el proceso de planificación son el Balance Energético Nacional, que presenta el panorama integro de los flujos energéticos en un período dado; y los indicadores que muestran las correlaciones que los flujos energéticos guardan entre sí y con variables económicas, demográficas, sociales, ambientales y de otra índole.

Ante la amplitud del tema que el estadígrafo o planificador integral del sector energético debe abordar, OLADE ha considerado necesario proporcionar a los países

una guía actualizada de referencia, que facilite las tareas de recopilación, administración, análisis y procesamiento de la información energética.

Esta guía está basada en la metodología de elaboración del balance energético en términos de energía final aplicada actualmente en el Sistema de Información Económica Energética (SIEE) y en el Sistema de Información Energética Nacional (SIEN).

Los conceptos vertidos en este documento se basan en el trabajo realizado por OLADE y el VII Grupo de Asesores del SIEE en el año 1995, donde se revisó y ajustó la metodología para la elaboración de balances energéticos que había sido formulada en 1980. Sin embargo, las matrices energéticas de muchos de los países de la región, se han ido diversificando durante los últimos años, hacia un mayor aprovechamiento de energías no convencionales con nuevas tecnologías, lo que hace necesario una revisión y ampliación de definiciones sobre este tema.

También se ha procurado armonizar en lo posible, las definiciones y la metodología, con otras agencias internacionales del ámbito energético, dada la participación de OLADE y sus Países Miembros en iniciativas mundiales de transparencia de información energética como el JODI (*Joint Oil Data Initiative*).

## TABLA DE CONTENIDO

1	DEFINICIONES GENERALES	12
	¿Qué es la energía?	12
	¿Qué es una forma de energía?	12
	¿Qué es una fuente de energía?	12
	¿Cómo se mide la energía?	12
	¿Qué es el contenido energético y el valor calórico?	12
	¿Qué es la cadena energética?	13
	¿Qué es la matriz energética de un país?	13
	¿Qué es un balance energético?	13
	¿Qué se entiende por estadísticas energéticas?	14
	Energía final	14
	Energía útil	14
	Usos finales	14
2	DEFINICIONES DE FUENTES DE ENERGÍA	16
2.1	Fuentes de energía primaria	16
2.1.1	Fuentes de energía primaria no renovables	16
	Petróleo primario	16
	Petróleo crudo	16
	Líquidos de gas natural	17
	Otros hidrocarburos	17
	Gas natural	17
	Gas natural asociado	17
	Gas natural no asociado	17
	Carbón Mineral	17
	Carbón coquizable o metalúrgico	18
	Carbón térmico o de vapor	18
	Combustibles fisionables y energía nuclear	18
2.1.2	Fuentes de energía primaria renovables	18
	Hidroenergía	19
	Geoenergía	19
	Energía eólica	19
	Energía solar	19
	Biomasa	19
	Leña	19
	Productos de caña	19
	Residuos	19
	Aceites vegetales	20
	Otras fuentes de energía renovables	20
2.2	Fuentes de energía secundaria	21
2.2.1	Electricidad	21
2.2.2	Productos petroleros secundarios	21
	Gas licuado de petróleo (GLP)	21
	Gasolinas para motor	21
	Nafta	22
	Kerosene y jet fuel	22
	Diesel y gas oil	22

Fuel oil	23
Coque de petróleo	23
Gas de refinería (no gas licuado)	23
Otros productos petroleros energéticos	23
Productos petroleros no energéticos	23
2.2.3 Derivados de carbón mineral	23
Coque de carbón mineral	23
Gas de coquería	23
Gas de Alto Horno	24
2.2.4 Derivados de biomasa o bio-combustibles	24
Carbón vegetal	24
Biocombustibles	24
Etanol	24
Biodiesel	25
Biogás	25
3 EL BALANCE ENERGETICO	26
3.1 Definición	26
3.2 Objetivos fundamentales del balance energético	29
3.3 Estructura general del balance energético	29
3.3.1 Actividades de oferta	30
Producción primaria	30
Producción de petróleo primario	30
Producción de gas natural	31
Producción de carbón mineral	31
Producción de energía nuclear	31
Producción de hidroenergía	31
Producción de geoenergía	32
Producción de energía eólica	32
Producción de energía solar	32
Producción de leña	33
Producción de productos de caña	33
Producción de bagazo	34
Producción de Residuos	34
Producción de Aceites Vegetales	34
Producción de otras fuentes primarias renovables	34
Importación y Exportación	34
Importación:	35
Exportación:	35
Variación de Inventarios	35
Energía no aprovechada	35
Transferencias	36
Bunker	37
3.3.2 Actividades de transformación	37
Refinerías:	38
Insumos a refinerías	39
Centros de tratamiento de gas natural	40
Insumo a centros de tratamiento de gas natural:	41
Producción de productos petroleros secundarios	42
Centrales eléctricas (públicas y autoproductoras)	42

Centrales hidroeléctricas . . . . .	43
Centrales termoeléctricas convencionales . . . . .	43
Turbo vapor . . . . .	44
Turbo gas . . . . .	44
Ciclo combinado . . . . .	45
Motores de combustión interna . . . . .	45
Centrales con cogeneración . . . . .	45
Centrales geotérmicas . . . . .	46
Central eólica . . . . .	46
Centrales fotovoltaicas y termo solares . . . . .	47
Producción de electricidad en centrales de servicio público . . . . .	47
Producción de Electricidad en Autoprodutores . . . . .	48
Coquerías y altos hornos: . . . . .	49
Transformación de carbón mineral en coquería y altos hornos . . . . .	49
Carboneras: . . . . .	50
Transformación de leña en carboneras . . . . .	50
Producción de carbón vegetal en carboneras . . . . .	50
Destilerías: . . . . .	50
Plantas de biodiesel . . . . .	52
Otros centros de transformación . . . . .	52
Biodigestores . . . . .	52
3.3.3 Consumo final energético . . . . .	53
Sector agropecuario, pesca y silvicultura (CIIU división 01-02) . . . . .	53
Sector agropecuario (CIIU división 01) . . . . .	53
Sector pesca (CIIU división 01) . . . . .	54
Sector silvicultura (CIIU división 02) . . . . .	54
Sector de minas y canteras (CIIU división 10 a 14) . . . . .	55
Sector industrial manufacturero (CIIU división 15 a 37) . . . . .	56
Sector de la construcción (CIIU división 45) . . . . .	57
Sector transporte (CIIU división 60 a 62) . . . . .	57
Sector comercial y servicios (CIIU división 41, 50 a 55, 63 a 93) . . . . .	59
Sector residencial . . . . .	61
3.3.4 Consumo final no energético . . . . .	62
3.3.5 Consumo propio: . . . . .	62
Consumo propio del sector eléctrico . . . . .	63
Consumo propio del sector hidrocarburos . . . . .	63
Consumo propio de otros sectores . . . . .	64
3.3.6 Pérdidas . . . . .	64
Pérdidas en almacenamiento . . . . .	64
Pérdidas en transporte . . . . .	64
Pérdidas en distribución . . . . .	65
3.4 Cuentas del balance energético . . . . .	65
3.4.1 Cuentas del balance energético en el formato OLADE . . . . .	66
Cuentas con actividades (filas) . . . . .	66
Producción secundaria . . . . .	66
Oferta total . . . . .	66
Transformación total . . . . .	67
Consumo final energético . . . . .	67
Consumo final total . . . . .	67



Consumo aparente . . . . .	67
Ajuste estadístico . . . . .	68
Cuentas con fuentes de energía (columnas) . . . . .	68
3.4.2 Cuentas del balance energético en formato AIE . . . . .	70
Cuentas con actividades en formato AIE (filas) . . . . .	70
Transformación total . . . . .	71
Cuentas con fuentes de energía en formato AIE (columnas) . . . . .	71
4 RESERVAS Y POTENCIALES . . . . .	74
4.1 Reservas . . . . .	74
4.1.1 Reservas de hidrocarburos . . . . .	74
Reservas de petróleo . . . . .	74
Reservas de gas natural . . . . .	74
Reservas de líquidos de gas natural . . . . .	75
Reservas de otros hidrocarburos . . . . .	75
4.1.2 Reservas de carbón mineral . . . . .	75
4.1.3 Reservas de uranio o combustibles fisionables . . . . .	76
4.2 Potenciales . . . . .	76
4.2.1 Potencial de hidroelectricidad . . . . .	76
4.2.2 Potencial de geotermia . . . . .	77
4.2.3 Potencial eólico . . . . .	77
4.2.4 Potencial solar . . . . .	78
4.2.5 Potencial bioenergético . . . . .	78
Potencial de Leña . . . . .	78
Potencial de Bagazo . . . . .	79
Potencial de residuos agrícolas, agroindustriales, pecuarios y urbanos . . . . .	79
5 PRECIOS DE LOS ENERGETICOS . . . . .	81
5.1 Precios de referencia de los energéticos . . . . .	81
5.1.1 Precio interno . . . . .	81
5.1.2 Precios externos . . . . .	84
5.2 Precios promedio de los energéticos . . . . .	85
5.2.1 Precios promedio por energético . . . . .	86
Petróleo crudo . . . . .	86
Gas natural . . . . .	86
Carbón siderúrgico y carbón térmico . . . . .	87
Coque de carbón . . . . .	88
Nuclear . . . . .	88
Leña . . . . .	88
Electricidad . . . . .	89
Gas licuado de petróleo (GLP) . . . . .	89
Gasolinas . . . . .	90
Kerosene y turbo . . . . .	90
Diesel oil . . . . .	90
Fuel oil . . . . .	91
Carbón vegetal . . . . .	92
Lubricantes . . . . .	92
Asfalto . . . . .	92
6 INFRAESTRUCTURA ENERGETICA . . . . .	93
6.1 Infraestructura del sector hidrocarburos . . . . .	93
6.1.1 Campos petroleros y gasíferos . . . . .	93

6.1.2	Oleoductos, gasoductos y poliductos . . . . .	93
6.1.3	Ductos internacionales . . . . .	94
6.1.4	Refinerías . . . . .	94
6.1.5	Plantas de tratamiento de gas . . . . .	94
6.1.6	Plantas de licuefacción y regasificación . . . . .	95
6.1.7	Instalaciones de almacenamiento . . . . .	95
6.2	Infraestructura de carbón mineral . . . . .	95
6.2.1	Yacimientos y minas . . . . .	96
6.2.2	Sistemas de transporte . . . . .	96
6.2.3	Coquerías . . . . .	96
6.2.4	Altos hornos . . . . .	97
6.2.5	Instalaciones de almacenamiento . . . . .	97
6.3	Infraestructura del sector eléctrico . . . . .	98
6.3.1	Centrales eléctricas . . . . .	98
6.3.2	Interconexiones internacionales (comercio exterior) . . . . .	98
6.4	Infraestructura de energías renovables . . . . .	99
6.4.1	Plantaciones bioenergéticas . . . . .	99
6.4.2	Carboneras . . . . .	99
6.4.3	Destilerías . . . . .	99
6.4.4	Plantas de biodiesel . . . . .	100
6.4.5	Otros centros de transformación de biomasa . . . . .	100
7	VARIABLES NACIONALES . . . . .	101
7.1	Variables nacionales del sector eléctrico . . . . .	101
7.2	Variables del sector hidrocarburos . . . . .	101
7.3	Variable del sector de carbón mineral . . . . .	102
7.4	Variables del sector de energías renovables . . . . .	102
7.5	Variables económicas . . . . .	102
7.6	Variables demográficas . . . . .	103
8	IMPACTO AMBIENTAL . . . . .	104
8.1	Introducción . . . . .	104
8.2	Emisiones de CO <sub>2</sub> por el método de referencia . . . . .	105
8.2.1	Consumo aparente . . . . .	107
8.2.2	Factores de emisión de CO <sub>2</sub> . . . . .	108
8.2.3	Fracción de carbón oxidado . . . . .	109
8.2.4	Volumen de carbón almacenado . . . . .	110
8.2.5	Emisiones del consumo de biomasa . . . . .	112
8.3	Método por actividades y tecnologías . . . . .	112
8.3.1	Fuentes de Información . . . . .	113
8.3.2	Producción y transformación . . . . .	114
8.3.3	Generación de electricidad . . . . .	116
8.3.4	Consumo final de energía . . . . .	117
9	INDICADORES . . . . .	120
9.1	Indicadores para el sector energético . . . . .	132
9.2	Clasificación de los indicadores básicos del SIEE . . . . .	133
9.3	Descripción y formulación de los indicadores . . . . .	134
9.3.1	Indicador de carácter general . . . . .	134
	Tasa de crecimiento . . . . .	134
9.3.2	Indicadores socio-económicos . . . . .	135
	PIB per cápita . . . . .	135

Relación población urbana sobre población total	136
Relación población económicamente activa sobre población total	136
Composición sectorial del PIB	137
9.3.3 Indicadores económico-energéticos	138
Intensidad energética agregada	138
Intensidad energética por sectores económicos	139
Precio medio de la energía a consumidor final	139
Precio medio de la energía por energético	140
Elasticidad demanda energética respecto al PIB	141
Elasticidad demanda energética respecto al precio	142
Dependencia del consumo energético de las importaciones de energía	144
9.3.4 Indicadores energéticos per cápita	145
Consumo energético total per cápita	145
Consumo eléctrico per cápita	145
9.3.5 Indicadores de la estructura del sector energético	146
Estructura de la producción de energía primaria	146
Estructura del consumo de energía por energético	146
Estructura del consumo de energía por sector	147
Estructura de la generación eléctrica por energético	148
Estructura del consumo eléctrico por sector	149
9.3.6 Indicadores de impacto ambiental	149
Participación de los recursos renovables en la oferta energética total	149
Emisiones de gases de efecto invernadero per-capita	150
Intensidad de emisiones totales respecto al PIB	151
Emisiones de GEI por unidad de electricidad generada	152
9.3.7 Indicadores de eficiencia energética	152
Eficiencia de transformación energética	152
Eficiencia de generación eléctrica	153
Factor de utilización de las instalaciones energéticas	154
Factor de pérdidas por transporte y distribución de energía	157
9.3.8 Indicadores de reservas y potenciales	158
Porcentaje del potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado	158
Alcance de las reservas probadas de recursos fósiles	158
10 SISTEMAS DE UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSION	160
10.1 Sistema internacional de unidades (S.I.)	160
10.2 Equivalencia entre el S.I. y otros sistemas de unidades	167
10.3 Equivalencia entre las unidades energéticas comunes	168
10.4 Factores de conversión de unidades físicas a calóricas	171
10.5 Factores de eficiencia de las instalaciones energéticas.	173
10.5.1 Energía térmica útil	173
10.5.2 Eficiencia en centrales termoeléctricas convencionales	174
A N E X O S	175
ANEXO I. ENERGÍA NUCLEAR O NUCLEOENERGÍA	176
Plantas de elaboración de combustibles nucleares	176
Tratamiento de la energía nuclear	176
ANEXO II. HIDROENERGÍA	177
ANEXO III. GEOENERGÍA	178
ANEXO IV. ENERGÍAS NO COMERCIALES	179
ANEXO V. TRATAMIENTO DE LA COGENERACIÓN	180

ANEXO VI. ENERGÍA EÓLICA .....	186
Tipos de aerogeneradores .....	186
Potencia producida por un aerogenerador .....	186

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Energía final y energía útil .....	14
Figura 2. Estructura de la cadena energética .....	28
Figura 3. Esquema de una refinería .....	40
Figura 4. Esquema de un centro de tratamiento de gas .....	42
Figura 5. Esquema de una central hidroeléctrica con embalse .....	43
Figura 6. Esquema de una central turbo vapor .....	44
Figura 7. Esquema de una central turbo gas .....	45
Figura 8. Proceso de obtención del etanol .....	51
Figura 9. Proceso de obtención del biodiesel .....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Signos de los datos de oferta formato OLADE	67
Tabla 2. Signos de los datos de transformación formato OLADE	67
Tabla 3. Estructura y cuentas del balance energético en formato OLADE	72
Tabla 4. Estructura y cuentas del balance energético en formato AIE	72
Tabla 5. Potencial de residuos	80
Tabla 6. Factores de emisión de CO <sub>2</sub>	109
Tabla 7. Fracciones de Carbón Oxidado	110
Tabla 8. Volumen de carbón almacenado	111
Tabla 9. Tecnologías de producción y transformación de energía	115
Tabla 10. Tecnologías de generación eléctrica	116
Tabla 11. Tecnologías de generación eléctrica de auto-productores	117
Tabla 12. Tecnologías de consumo final de energía en el transporte	118
Tabla 13. Tecnologías de consumo final de energía en la industria	119
Tabla 14. Tecnologías de consumo final de energía en el sector residencial	120
Tabla 15. Tecnologías de consumo final de energía en el sector comercio y servicios	121
Tabla 16. Tecnologías de consumo energético en los sectores agricultura y pesca	122
Tabla 17. Tecnologías de consumo de energía en el sector construcción y otros	123
Tabla 18. Coeficientes de emisiones de CO <sub>2</sub> para usos no energéticos	125
Tabla 19. Factores de emisión de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	126
Tabla 20. Factores de emisión de Monóxido de Carbono (CO)	127
Tabla 21. Factores de emisión de Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	128
Tabla 22. Factores de emisión de hidrocarburos	129
Tabla 23. Factores de emisión de Anhídrido Sulfuroso (SO <sub>2</sub> )	130
Tabla 24. Factores de emisión de Partículas	131
Tabla 25. Definición de las unidades básicas del S.I.	162
Tabla 26. Unidades derivadas del S.I.	163
Tabla 27. Unidades no métricas permitidas por el S.I.	165
Tabla 28. Prefijos del Sistema Internacional	166
Tabla 29. Unidades básicas en diferentes sistemas de unidades	167
Tabla 30. Factores de conversión de unidades básicas y derivadas	168
Tabla 31. Equivalencias entre unidades energéticas comunes	169
Tabla 32. Factores de conversión de unidades de volumen	170
Tabla 33. Densidades de referencia en ton/m <sup>3</sup> :	170
Tabla 34. Factores de conversión de unidades de masa	170
Tabla 35. Poder calorífico inferior de algunos combustibles	171

Tabla 36. Equivalencia en Bep de algunas unidades utilizadas en OLADE	172
Tabla 37. Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE	172
Tabla 38. Factores calóricos de los Países Miembros de OLADE	173
Tabla 39. Eficiencias típicas de centrales termoeléctricas	174

## **1 DEFINICIONES GENERALES**

### **¿Qué es la energía?**

Dependiendo del ámbito de estudio, como mecánica clásica, mecánica cuántica, teoría de la relatividad, etc., se pueden encontrar diferentes conceptos para la energía. Para efecto del tema que compete a este documento, se puede indicar que la energía es la capacidad que tiene un elemento natural o artificial de producir alteraciones en su entorno.

### **¿Qué es una forma de energía?**

Es una manifestación de la energía que puede o no ser perceptible a nuestros sentidos, pero que de alguna manera puede ser aprovechada o trasformada, como movimiento, luz, calor, electricidad, radiación, etc.

### **¿Qué es una fuente 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.

### **¿Cómo se mide la energía?**

La cuantificación de la energía desde el punto de vista estadístico, se realiza cuantificando las fuentes de las cuales se extrae, con 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 de acuerdo a su capacidad de generar electricidad y calor.

### **¿Qué es el contenido energético y el valor calórico?**

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

Es la 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

Es la 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.

## **¿Qué es la cadena energética?**

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

## **¿Qué es la matriz energética de un país?**

Es el estudio del sector energético en que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes energéticas al interior del país, así como al inventario de recursos energéticos disponibles; considerando para estas variables su evolución histórica y proyección a futuro.

El conocimiento y análisis de la matriz energética es un elemento básico para la planificación y aseguramiento del abastecimiento energético.

## **¿Qué es un 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).



## ¿Qué se entiende por 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 energético como son: reservas y potenciales, capacidades de producción, capacidades de procesamiento, capacidades de transporte, capacidades de almacenamiento, precios, etc.

Se puede incluir también en estas estadísticas, algunas variables económicas y sociales, que son de gran importancia, para el análisis del comportamiento energético de un país.

## 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.

## Energía útil

Es la cantidad de energía realmente utilizada para cumplir la tarea productiva del equipo o aparato consumidor.

**Figura 1. Energía final y energía útil**



Fuente: elaboración propia

## Usos finales

Son las aplicaciones útiles de la energía que satisfacen necesidades específicas de una actividad productiva o social como:

- Iluminación
- Calefacción

- Refrigeración
- Aire acondicionado
- Cocción
- Calor de procesos
- Fuerza motriz
- Ondas electromagnéticas

## **2 DEFINICIONES DE FUENTES DE ENERGÍA**

### **2.1 Fuentes de energía primaria**

Se entiende por energía primaria a 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, geenergía, etc.

Las fuentes primarias de energía, están subdivididas en dos grupos: a) las fuentes no renovables de energía, como son los combustibles fósiles y la energía nuclear y b) las fuentes renovables de energía como la hidroenergía, la energía eólica, la energía solar, la biomasa, etc.

#### **2.1.1 Fuentes de energía primaria 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.

##### **Petróleo primario**

Se considera en este grupo el conjunto de hidrocarburos que constituyen los principales insumos a refinerías y plantas de fraccionamiento, a partir de los cuales se obtienen los productos petroleros secundarios. En casos específicos se los emplea también como consumo final en determinadas actividades industriales.

Este grupo de energéticos se lo ha subdividido en tres categorías: a) petróleo crudo, b) líquidos de gas natural (LGN) y c) otros hidrocarburos.

##### **Petróleo crudo**

Es una 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 líquido 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.

### **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 constituyen insumos a las refinerías y plantas de fraccionamiento.

### **Otros hidrocarburos**

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

### **Gas natural**

Es una 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.

### **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 lo 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 lo suele llamar "gas seco" o "gas libre".

### **Carbón Mineral**

Es un 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 clasifican 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**

Es el 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.

### **Carbón térmico o de vapor**

Es el 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.

### **Combustibles fisiónables y energía nuclear**

El Combustible fisiónable, 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 lo puede estimar en base de la producción de electricidad de la central nuclear y una eficiencia promedio del conjunto turbina-generador (ver Anexo I).

## **2.1.2 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.

## **Hidroenergía**

Es la energía contenida en un caudal hídrico (ver Anexo II).

## **Geoenergía**

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. Este fluido está constituido, por agua en estado líquido, vapor o una mezcla de ambos. Esta energía es utilizada para la generación de electricidad y en algunos casos también como calor para procesos industriales (cogeneración).

## **Energía eólica**

Es la energía producida por el viento y que se puede aprovechar en un conjunto turbina-generator.

## **Energía solar**

Es la energía producida por el sol, aprovechada principalmente en calentamiento de agua (a través de colectores solares), secado de granos e irradiación en células fotovoltaicas.

## **Biomasa**

Es la materia orgánica vegetal y animal utilizada con fines energéticos. Entre las fuentes de mayor uso se puede mencionar las siguientes:

### **Leña**

Es la 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.

### **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.

### **Residuos**

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 de 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., los desechos de los aserraderos de madera (que no se incluyen en el concepto de la leña ni el bagazo, etc.), para propósitos energéticos.

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

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

## **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 higüerilla, la soya; siendo el cultivo de mayor rendimiento el de la palma africana.

## **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.

## **2.2 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 las ha clasificado de acuerdo a la fuente primaria de la que provienen y son las siguientes:

### **2.2.1 Electricidad**

Es la 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.

### **2.2.2 Productos petroleros secundarios**

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 productos 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 cualesquiera proporciones

EL GLP normalmente se licua bajo presión para el transporte y almacenamiento.

#### **Gasolinas para motor**

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 grados centígrados. Dentro de este grupo se incluyen:

##### Gasolina de aviación



Es una 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

Es una 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.

### **Nafta**

Es una 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**

Es un combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 grados centígrados. Los querosenos, según su aplicación, se clasifican en:

#### Jet Fuel

Es un 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

Es un 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 grados centígrados, son más pesados que el kerosene y es utilizado en motores de combustión interna tipo diesel (automóviles, camiones, generación eléctrica, motores marinos y ferroviarios), para calefacción en usos industriales y comerciales. Se incluyen dentro de este grupo otros gasóleos más pesados que destilan entre 380 y 450 grados centígrados que se usan como insumos petroquímicos.

## **Fuel oil**

Es un 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.

## **Coque de petróleo**

Es un 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 insumo en coquerías para la industria siderúrgica, en la elaboración de electrodos y en la producción de químicos y como combustible para calefacción.

## **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.

## **Otros productos petroleros energéticos**

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

## **Productos petroleros no energéticos**

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

## **2.2.3 Derivados de carbón mineral**

En este grupo se incluyen el coque de coquería y los gases tanto de coquería como del 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

### **Gas de coquería**

Es el 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.

## **2.2.4 Derivados de biomasa o bio-combustibles**

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; y en el sector residencial para cocción.

### **Biocombustibles**

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 complejo 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 el rendimiento es bajo para las celulosas.

## **Biodiesel**

Es un 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 utilizado 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 CO<sub>2</sub>.

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

## **Biogás**

Es el gas, principalmente metano, obtenido de la fermentación anaeróbica de desechos biomásicos y de rellenos sanitarios. Se lo emplea como combustible de motores de combustión interna acoplados a generadores de electricidad.

## 3 EL BALANCE ENERGETICO

### 3.1 Definición

El balance energético es el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos de energía a través de una serie de eventos, desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final. Esta contabilización se la lleva a cabo generalmente para el ámbito territorial de un país y para un período determinado (generalmente un año).

El balance energético, se lo puede presentar en dos modalidades: a) como balance físico y b) como balance calórico.

#### Balance físico

Llamado también *balance de productos*, es aquél 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 de energía en algunos casos. Por presentar, por lo general cada fuente una unidad de medida distinta, no facilita la comparación ni agregación entre fuentes de energía.

#### Balance calórico

Para 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.

Es importante tener presente tanto las ventajas como las limitaciones del balance. El balance es una herramienta que facilita la planificación global energética, pero considerado junto con otros elementos del sistema económico. Es decir, tomado aisladamente el balance da una imagen de las relaciones físicas del sistema energético en un determinado período histórico. Visualiza como 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 dado.

Así pues, 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:

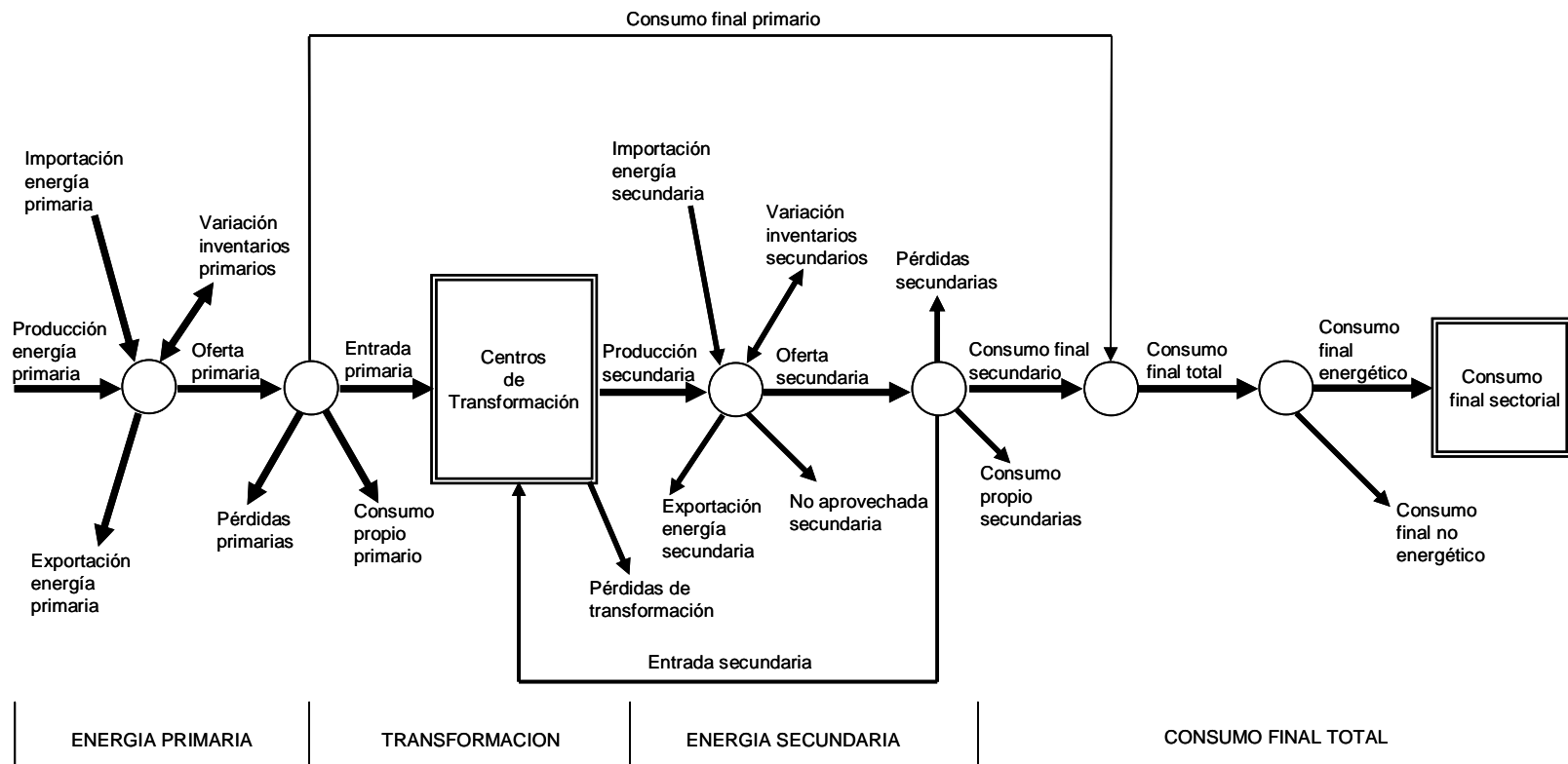
OFERTA  
TRANSFORMACIÓN  
CONSUMO FINAL

Sin embargo, es a través de su relación con otras variables socio-económicas que el balance se convierte en un instrumento de planificación. En este sentido, la existencia del balance energético 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. Estructura de la cadena energética



Los balances energéticos en términos de energía final<sup>1</sup> (BEEF), tienen la limitación de no hacer una evaluación de las reservas energéticas y no llegar a la etapa de la energía útil<sup>2</sup> (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"<sup>3</sup> 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.

### 3.2 Objetivos fundamentales del balance energético

- 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 conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
- Ser utilizado para la proyección energética y sus perspectivas a corto mediano y largo plazo.

### 3.3 Estructura general del balance energético

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup>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.

<sup>3</sup> Ver capítulo "Tratamiento de las Energías No-Comerciales"



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 (Tabla 3).

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.

### **3.3.1 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
- Importación
- Exportación
- Variación de inventarios
- No aprovechado
- Transferencias
- Bunker

#### **Producción primaria**

Se considera a toda energía primaria, extraída, explotada, cosechada o aprovechada, en el territorio nacional, que sea de importancia para el país.

#### **Producción de petróleo primario**

Corresponde a la suma de las producciones de petróleo crudo individuales de todos los campos petrolíferos de un país más la producción de líquidos de gas natural, obtenidos luego del proceso de separación, tanto del gas natural asociado al crudo, como del gas natural no asociado. Se suman a este grupo las producciones de otros hidrocarburos considerados primarios para efecto del balance, como son los crudos sintéticos y la orimulsión.

## **Producción de gas natural**

Es la suma del gas asociado al petróleo producido y del gas libre producido, menos el reinyectado a los pozos<sup>4</sup>. Incluye los condensables que permanecen mezclados en el gas, antes de su separación o fraccionamiento en una planta de tratamiento de gas.

## **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.

## **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 I).

## **Producción de hidroenergía**

La producción de hidroenergía es la suma de la energía de los caudal hídrico afluentes al embalse de las centrales hidroeléctricas, por lo tanto esta hidroenergía podrá ser almacenada, transformada, no aprovechada y perdida, de acuerdo al movimiento del nivel del embalse, al turbinamiento, a los vertimientos y a filtraciones y evaporaciones que se produzcan en un determinado período de tiempo. En otras palabras el balance de hidroenergía, estará directamente relacionada con el balance de agua en cada central hidroeléctrica. Los cálculos de estos flujos para la hidroenergía se detallan en el anexo II.

Si solamente se conoce el caudal turbinado en cada central hidroeléctrica, se puede considerar como último recurso que la energía de este caudal es directamente la producción de hidroenergía.

---

<sup>4</sup> Es el gas reintroducido al pozo para mantenimiento de presión y se lo considera como si no hubiera sido producido, ya que, al menos desde un punto de vista técnico, ese gas queda disponible para una extracción posterior

## **Producción de geoenergía**

La producción de geoenergía estará definida por la entalpía contenida en el flujo extraído a boca de los pozos de yacimientos geotérmicos (ver anexo III).

En el sistema de transporte del vapor geotérmico desde la boca de pozo hasta las plantas de generación eléctrica geotérmica, existen pérdidas de calor y eventualmente de flujo, que hacen que la energía del vapor a la entrada de las turbinas de las plantas sea menor que la producida a boca de pozo.

Con las respectivas mediciones termodinámicas de flujo, presión y temperatura del vapor de agua en cada una de las etapas de los sistemas de aprovechamiento geotérmico, se puede realizar el balance energético de estas instalaciones y determinar para el Balance Nacional los respectivos flujos de geoenergía no aprovechada, pérdidas e incluso consumos finales el caso de centrales con cogeneración.

Solamente ante la falta de las mencionadas mediciones termodinámicas, se podría estimar la producción de la geoenergía en función de la electricidad generada y una eficiencia promedio de transformación.

## **Producción de energía eólica**

La producción de energía eólica corresponde a la energía cinética del viento captada por las turbinas de los aerogeneradores cuyo cálculo se detalla en el anexo VI.

Al igual que en una central hidroeléctrica, la turbina está acoplada a un generador eléctrico, convirtiéndose la energía mecánica de rotación en energía eléctrica.

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.

Solamente ante la falta de información técnica de las centrales eólicas que dificulte la diferenciación entre la energía primaria captada y la electricidad generada, se puede asumir para el balance nacional el mismo valor de la electricidad generada en GWh, como energía eólica producida..

## **Producción de energía solar**

La producción de energía solar es la energía de la radiación del sol aprovechada tanto para la producción de electricidad en las centrales fotovoltaicas y termosolares, como para uso final en calentamiento de agua, secado de granos, etc.

El aprovechamiento de energía solar en centrales fotovoltaicas se calcula multiplicando

el índice de radiación solar de la zona de ubicación de las centrales, expresado en unidades de potencia por unidad de área (kW/m<sup>2</sup>), por el área de los paneles fotovoltaicos o espejos en el caso de centrales termosolares; y por el tiempo de exposición de los dispositivos a dicha radiación. Estos índices se los encuentra en los mapas de radiación solar que se elaboran en muchos países.

Para el caso de calentamiento de agua, la energía solar aprovechada se calcula multiplicando la masa de agua calentada por el poder calorífico del agua y por la diferencia de temperaturas entre el estado final e inicial del proceso de calentamiento (ver sección 3.3.3).

Para el secado de granos o de cualquier otra materia, la energía solar aprovechada se calcula multiplicando la masa del material que se está secando, por el calor latente de vaporización del agua y por la diferencia de porcentajes de humedad entre el estado inicial y final del proceso de secado.

### **Producción de leña**

La producción generalmente no es registrada. El procedimiento habitual es considerar:

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

Si hay importaciones o exportaciones registradas, calcule:

$$\text{PRODUCCION} = \text{CONSUMO FINAL} - \text{IMPORTACION} + \text{EXPORTACION}$$

A veces una parte, aunque pequeña, de la producción es registrada. Si se trata de una cantidad muy pequeña en 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 en el estimar el consumo de esta fuente para fines energéticos (anexo IV).

Nota:

Esta explicación es válida también para los diferentes tipos de Residuos, que son también consideradas "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 Residuos**

Es la cantidad de residuos animales, vegetales, industriales y urbanos, que se aprovechan para fines energéticos. Al igual que la leña se los considera 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 a partir de fuentes renovables enunciadas en este concepto.

## **Importación y Exportación**

Esta explicación 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.

### **Importación:**

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

### **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 excluye de este concepto la cantidad de combustibles vendidos a naves extranjeras aéreas y marítimas.

### **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 sólidos, líquidos y gaseosos. No se aplica este concepto para la electricidad ni algunas fuentes renovables intangibles como la energía eólica, la solar y la geotermia.

Para el caso de la hidroenergía, se considera como variación de inventarios, la variación del volumen de agua almacenado en los embalses (anexo II).

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.

### **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:

- 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 que lo 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 los desecha por no existir demanda o infraestructura para su consumo, por ejemplo el gas de refinería, que se quema a la atmósfera.

## **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 diferentes etapas de la cadena energética, por ejemplo el biogás que se los 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 el 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 petroleros energéticos*"

### 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 debe 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.

### **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 descuenta de la oferta interna estos consumos, por considerar que se dan fuera de las fronteras nacionales.

### **3.3.2 Actividades de transformación**

Son los procesos en que las fuentes energéticas tanto primarias como secundarias, se modifican en instalaciones llamadas *centros de transformación*; donde se producen cambios físicos o químicos a dichas fuentes, obteniéndose como resultados 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 procesados 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 excluye 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 reciclos 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
- Autoprodutores
- Carboneras
- Coquerías
- Altos hornos
- Destilerías
- Plantas de biodiesel
- Otros centros de transformación

### **Refinerías:**

Instalaciones donde el petróleo crudo se transforma en derivados. En las refinerías básicamente se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes, (Figura 3). Este manual tratará al conjunto de la refinería como si fueran 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 tipos de procesos en los que no siempre se obtienen los mismos productos ni se procesa el mismo tipo de crudo.

## Insumos a refinerías

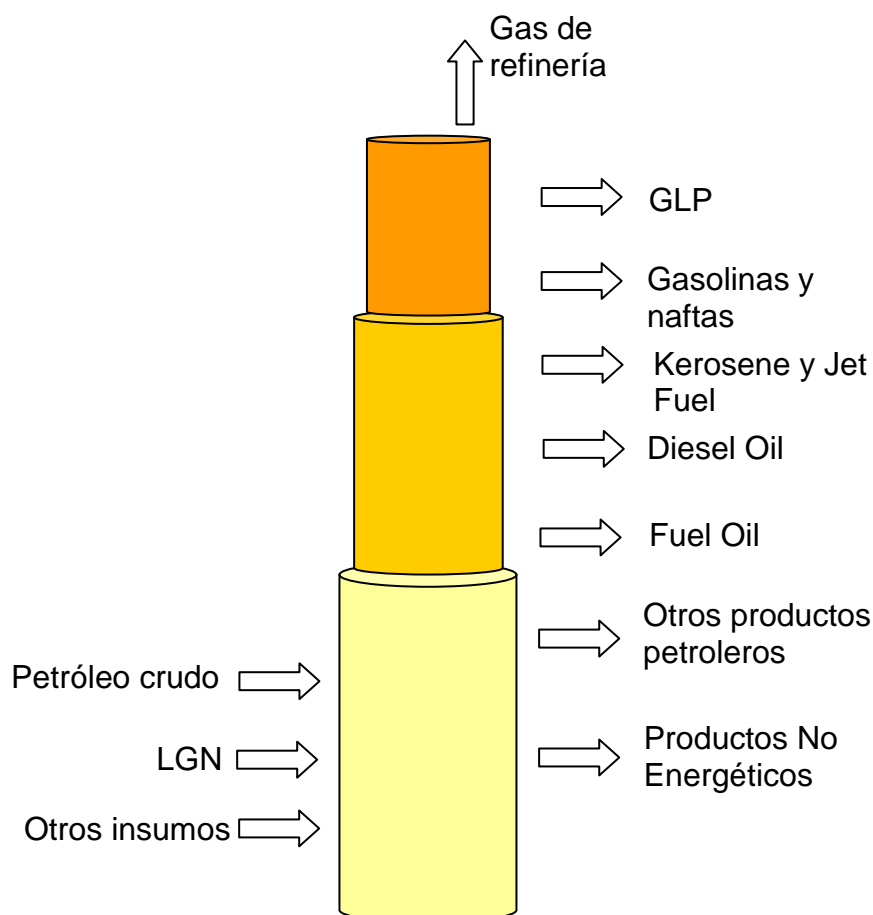
El principal insumo a refinerías es el petróleo crudo, aunque puede existir carga también de líquidos de gas natural, crudos sintéticos y gas natural.

Estos insumos se cargan directamente a la unidad de destilación primaria de las refinerías; de allí 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:

- Gases: gas de refinería (C1-C2) y gas licuado de petróleo (C3-C4)
- Livianos: gasolina motor, gasolina de aviación, naftas para petroquímica, solventes
- Medios: kerosene, jet fuel, gas oil, diesel oil
- Pesados: fuel oil, asfaltos, lubricantes, grasas, coque.

**Figura 3. Esquema de una refinería**

Fuente: elaboración propia

### 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 4.

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

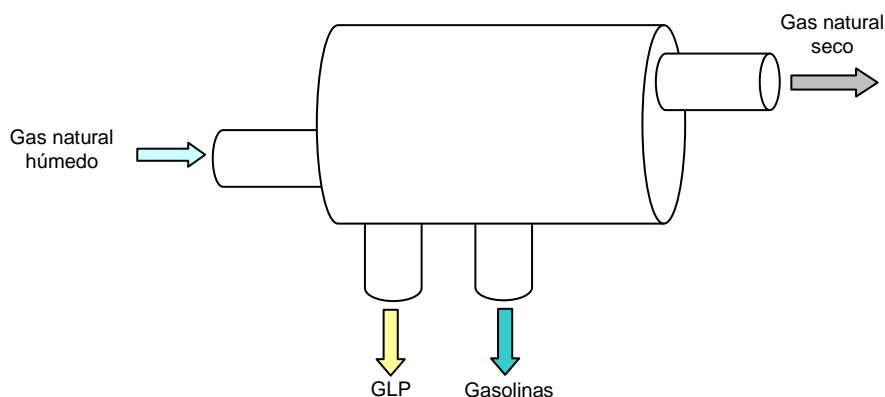
### **Insumo a centros de tratamiento de gas natural:**

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 sólo esta última se toma como alimentación al centro de transformación para producir los condensados. La componente seca 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 (un 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 4. Esquema de un centro de tratamiento de gas**

Fuente: elaboración propia

### **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 los 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 petroleros energéticos*"; 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 "*productos petroleros no energéticos*".

### **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; 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 las puede subdividir en:

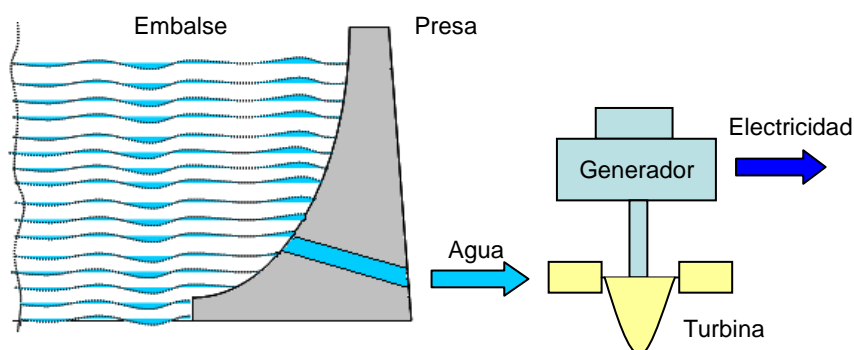
- Turbo vapor
- Turbo gas (ciclo abierto)
- Ciclos combinados
- Motores de combustión interna

### Centrales hidroeléctricas

Aprovechan la energía de un caudal de agua para mover una turbina acoplada a un generador de electricidad (figura 5). 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 5. Esquema de una central hidroeléctrica con embalse**



Fuente: elaboración propia

### Centrales termoeléctricas convencionales

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

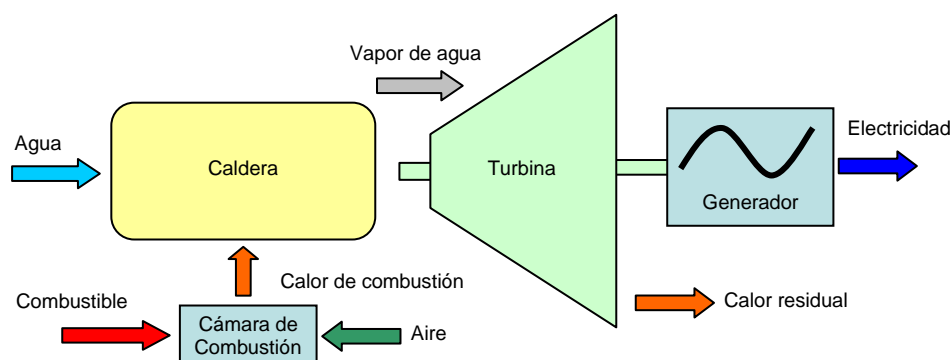
## Turbo vapor

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 6).

Se cuenta 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 6. Esquema de una central turbo vapor**



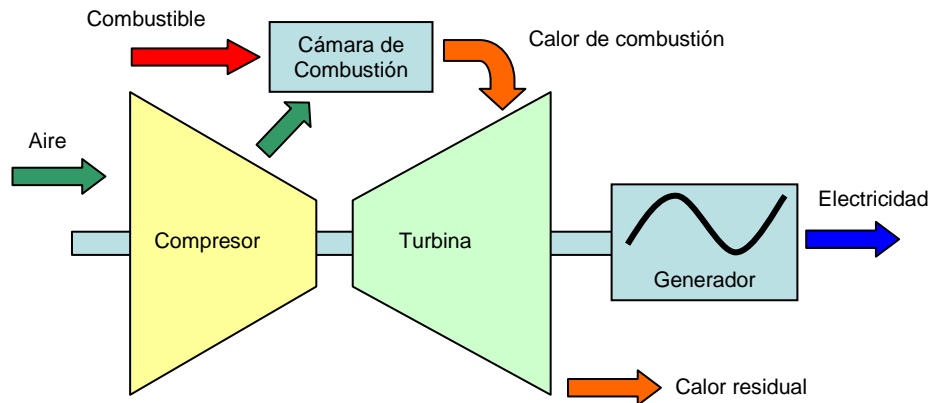
Fuente: elaboración propia

## Turbo gas

Es la tecnología donde directamente los gases de la combustión de la fuente, al expandirse, mueven el conjunto turbina-generator, que tiene además acoplado un compresor que insufla el aire para enriquecer la mezcla (figura 7).

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 7. Esquema de una central 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, es usado 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 lo 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 V.

### **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, se recomienda tomar una eficiencia promedio del 10% para calcular la energía geotérmica primaria, a boca de pozo, que es convertida en electricidad. Así:

$$GE = EE/0.10$$

Donde:

GE = Energía geotérmica primaria

EE = Electricidad generada

### **Central eólica**

Instalación que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica (ver Anexo VI). 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 le 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 termo solares

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. No son muy comunes aún en los países de OLADE.

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

$$SOL = EE$$

Donde:

SOL = 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
- c) Geotérmicas
- d) Nucleares o de Fisión
- e) Turbinas de Vapor
- f) Turbinas de Gas (ciclo abierto y combinado)
- g) Motores Diesel
- h) Centrales eólicas
- i) Centrales fotovoltaicas

No se debe omitir a ninguna de estas plantas, sea que pertenezcan al sistema interconectado así como aquéllas que estén aisladas. Estas últimas pueden presentar dificultades para recoger la información y no se descarta que se deba 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 puede 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, digamos, 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.

## **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 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 reciclaje interno en el mismo centro de transformación.

### **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.

### **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:

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

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:

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

### **Destilerías:**

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.

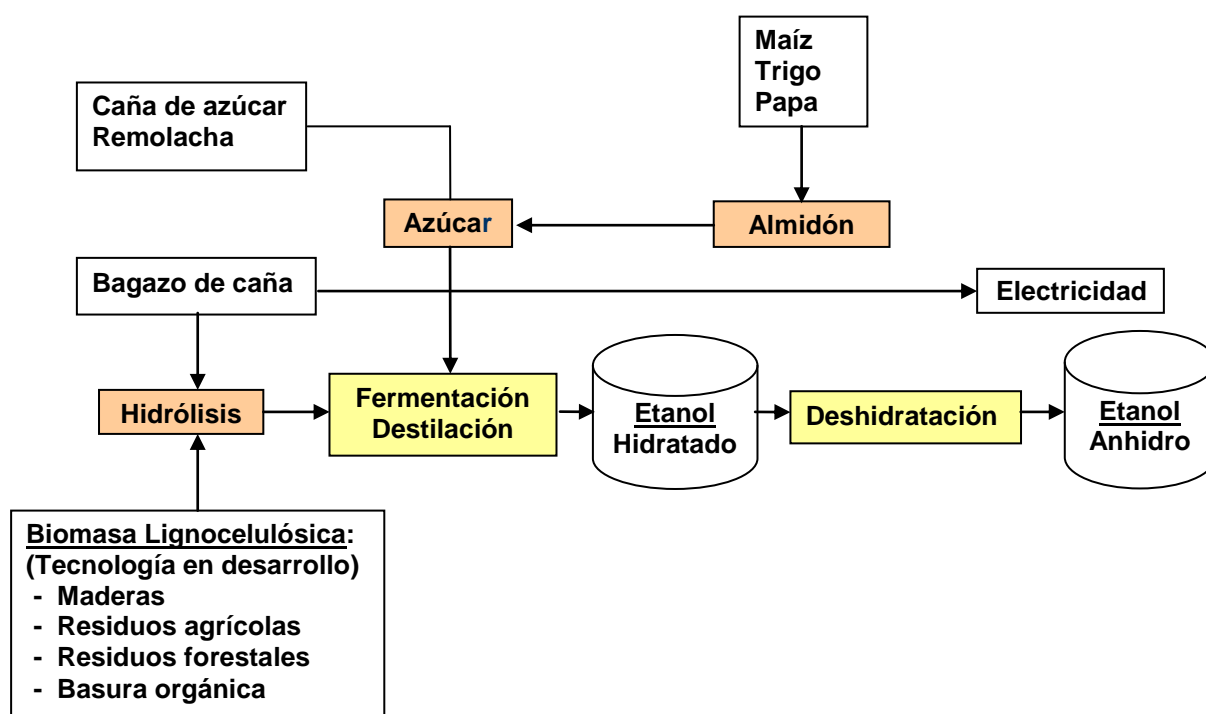
Para la producción de etanol se utiliza una solución azucarada denominada mosto a la cual luego de un tratamiento químico y térmico de intensidad variable, se le agregan fermentos o levaduras que convierten el azúcar en alcohol.

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 8 se indica el proceso de obtención de etanol.

**Figura 8. Proceso de obtención del etanol**



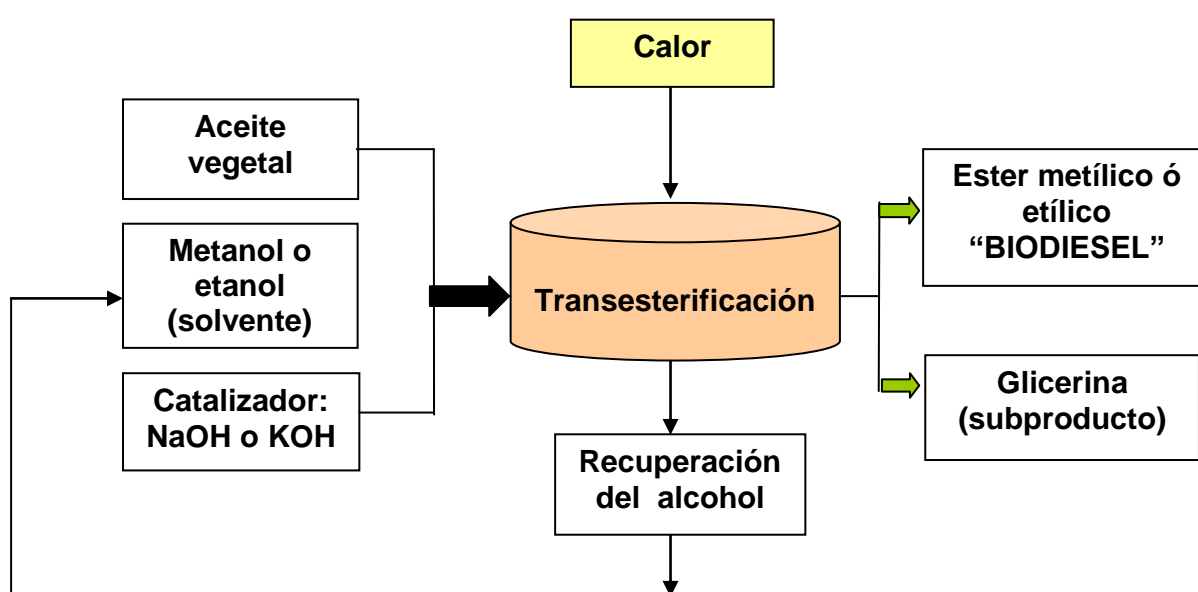
Fuente: Elaboración propia

## 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.

En la figura 9 se indica el proceso de producción de biodiesel.

**Figura 9. Proceso de obtención del biodiesel**



Fuente: Elaboración propia

## Otros centros de transformación

Estos pueden ser 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 metano (biogás) y un líquido espeso que sirve como abono y como alimento para animales.

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.

### **3.3.3 Consumo final energético**

Es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil, como electricidad y calor. 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 CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) revisión 3. Adicionalmente se considera el sector residencial, que no corresponde a una actividad económica.

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

Corresponde a las actividades primarias de la economía:

#### **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 en tractores y maquinaria agrícola, se puede estimar con la fórmula:

$$Cf = N * c * h$$

Donde:

Cf = Consumo final

N= número de tractores

c= consumo específico en litros/hora,

h= horas/año que el tractor trabaja y que puede depender del tipo de cultivo.

- 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.

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

### **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.

### **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.

### **Sector de minas y canteras (CIIU 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.

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.

## **Sector industrial manufacturero (CIIU 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 V 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 esta información no es registrada. En este caso se puede recurrir a una encuesta o estimación como se menciona en el anexo IV.

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.

### **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.

### **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.

¿Cuáles son esos vehículos?, 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, autotanques y otros. Los consumos se deberán registrar dentro del sector al que pertenezcan estos vehículos especiales.. Por ejemplo, el combustible utilizado por un montacarga 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 autoproducer, 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 (cocción) 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:

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

Donde:

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.

### **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:

$$C_f = c * Q * (T_f - T_o)$$

Donde:

$C_f$  = Consumo final

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

$Q$  = cantidad anual de agua caliente producida,

$T_f$  = temperatura final (promediada)

$T_o$  = 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.

## **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:

$$H = c * Q * (T_f - T_o)$$

Donde:

H = Energía entregada por el sol

Q = cantidad de agua calentada en un año.

T<sub>f</sub> = temperatura final (promediada)

T<sub>o</sub> = temperatura inicial (promediada).

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



### 3.3.4 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

Nota:

Los consumos de todos los productos no energéticos, tales como asfalto para construcción, lubricantes para máquinas, aditivos, solventes etc., se deberán registrar totalizados dentro del balance en el sector de "*no energético*".

### 3.3.5 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

### **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.

### **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.

## **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

### **3.3.6 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.

## **3.4 Cuentas del balance energético**

Se refiere a la 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.

Como referencia se presenta a continuación dos formatos de presentación del balance energético en términos de energía final: primero, el utilizado actualmente por OLADE en sus sistemas de información SIEE y SIEN; y segundo, el que utiliza la Agencia Internacional de Energía – AIE.

### **3.4.1 Cuentas del balance energético en el formato OLADE**

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. Las fuentes energéticas están agrupadas de acuerdo a los tipos mencionados en el capítulo II y las actividades de acuerdo a los tipos mencionados en este capítulo.

#### **Cuentas con actividades (filas)**

##### **Producción 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 que 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:

$$\mathbf{OT = PP + IM - EX + VI - NA - BK + TR}$$

Donde:

OT = Oferta total interna

PP = Producción (tanto de fuentes primarias como secundarias)

IM = Importación

EX = Exportación

VI = Variación de inventario

BK = Bunker

TR = Transferencias

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**

<b>Actividad</b>	<b>Signo desplegado en el balance</b>
Producción (PP)	Positivo
Importación (IM)	Positivo
Exportación (EX)	Positivo
Variación de inventarios (VI)	Positivo o negativo
No aprovechado (NA)	Negativo
Bunkers (BK)	Negativo
Transferencias (TR)	Positivo o negativo
<b>Total oferta interna</b>	<b>PP+IM-EX+VI-NA-BK+TR</b>

Fuente: SIEN-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. Signos de los datos de transformación formato OLADE**

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

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.

### **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:

$$\text{TOT} = \text{TPP} + \text{TIM} - \text{TEX} + \text{TVI} - \text{TNA} - \text{TBK} + \text{TTR}$$

Donde:

TPP = Total producción  
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.

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 formulas para calcular las cuentas por filas y por columnas.

### **3.4.2 Cuentas del balance energético en formato AIE**

El formato de la matriz del balance de energía final de la AIE (ver Tabla 4), es muy similar al de OLADE en lo que se refiere a la disposición de los datos, utilizando las filas para las actividades y las columnas para las fuentes de energía.

Las actividades, están agrupadas en bloques de oferta, de transformación y de consumo final. En la parte final del balance, aparece un bloque adicional donde presenta un acumulado de la electricidad y el calor útil generado por cada fuente de energía.

Las fuentes de energía primarias y secundarias, no necesariamente están separadas en bloques, pueden aparecer alternadamente columnas de fuentes primarias y columnas de fuentes secundarias, por ejemplo primero petróleo crudo y a continuación los productos de petróleo.

#### **Cuentas con actividades en formato AIE (filas)**

##### **Oferta total de energía primaria ( *Total primary energy supply – TPES* )**

Tomado en cuenta que en el bloque de las actividades de oferta, cada dato aparece con su respectivo signo dependiendo si la actividad a la que corresponde afecta positiva o negativamente a la oferta interna, el total de este bloque es simplemente la suma algebraica de dichos datos.

Es necesario recalcar que en este formato de balance, la actividad producción aplica solamente a las fuentes de energía primaria, por lo tanto, las fuentes secundarias carecen de valor en esta fila.

Hay que añadir que en el formato AIE del balance, no se aplica el concepto de “no aprovechado” ya que se supone que este valor es previamente descontado del dato de producción.

##### **Consumo final total ( *Total final consumption – TFC* )**

Este total se ubica en la primera fila del bloque de consumo final y corresponde a la

suma de todos los consumos finales en los diferentes sectores, como industrial, transporte, residencial, comercial etc, incluyendo el consumo no energético.

### **Transformación total**

En el bloque de las actividades de transformación, al igual que en el formato del balance de OLADE, los insumos llevan signo negativo y los productos signo positivo. Si bien no aparece en el balance con formato AIE una fila específica para el total transformación, para efecto del ajuste estadístico se lo calcula como la suma algebraica de los datos de este bloque.

A diferencia del formato OLADE donde las transferencias están en el bloque de actividades de oferta y el consumo propio y las pérdidas son filas independientes, en el formato AIE estos rubros están junto a las actividades de transformación.

Es necesario indicar también que el consumo propio y las pérdidas se expresan con signo negativo en el balance.

### **Diferencias estadísticas (*statistical differences*)**

Corresponde al rubro que en el balance en formato OLADE se lo expresa como "Ajuste", solo que de signo contrario; en el formato OLADE el ajuste se lo calcula restando la demanda de la oferta, mientras que en el formato AIE las diferencias estadísticas (SD) se obtienen restando la oferta de la demanda, de la siguiente manera:

$$SD = TFC - TT - TR - CP - PE - TPES$$

Donde:

TFC = Consumo final total

TT = Suma algebraica del bloque de las actividades de transformación.

TR = Transferencias

CP = Consumo propio

PE = Pérdidas

TPES = Oferta total de energía primaria

### **Cuentas con fuentes de energía en formato AIE (columnas)**

El único acumulado de fuentes de energía que aparece en este formato de balance es la columna "Total", que es siempre la suma algebraica de los valores de cada fila, estando dichos valores en una unidad calórica común.

Tabla 3. Estructura y cuentas del balance energético en formato OLADE

	Fuentes primarias					Total primarias	Fuentes secundarias					Total secundarias	Total
<b>Producción (PP)</b>						Suma primarias	Suma valores positivos en actividades de transformación					Suma secundarias	Total primarias
<b>Importación (IM)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Exportación (EX)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Variación de inventarios (VI)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>No aprovechado (NA)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Bunkers (BK)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Transferencias (TR)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Oferta total (OT)</b>	PP+IM-EX+VI-NA-BK+TR												
<b>Actividades de transformación</b>						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
<b>Total Transformación (TT)</b>	Suma valores negativos de actividades de transformación											Suma secundarias	Productos - insumos
<b>Sectores de consumo final</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Consumo energético (CE)</b>	Suma sectores de consumo final												
<b>Consumo no energético (NE)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Consumo Final (CF)</b>	Consumo energético + Consumo no energético												
<b>Consumo propio (CP)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Pérdidas (PE)</b>						Suma primarias						Suma secundarias	Primarias + secundarias
<b>Ajuste (AJ)</b>	OT + TT - CF - CP - PE (TT tiene signo negativo)												

Fuente: SIEE -OLADE

Tabla 4. Estructura y cuentas del balance energético en formato AIE

	Fuentes primarias y secundarias	Total
<b>Producción primaria (PP)</b>	Valores positivos (solo en fuentes primarias)	suma algebraica
<b>Importación (IM)</b>	Valores positivos	suma algebraica
<b>Exportación (EX)</b>	Valores negativos	suma algebraica
<b>Bunkers (BK)</b>	Valores negativos	suma algebraica
<b>Variación de inventarios (VI)</b>	Valores positivos y negativos	suma algebraica
<b>Oferta total de energía primaria (TPES)</b>	PP+IM+EX+BK+VI (suma algebraica)	suma algebraica
<b>Transferencias (TR)</b>	Valores positivos y negativos	suma algebraica
<b>Diferencias estadísticas</b>	TFC - TT - TR - CP - PE - TPES	suma algebraica
<b>Actividades de transformación (TT)</b>	Valores positivos y negativos	suma algebraica
<b>Consumo propio (CP)</b>	Valores negativos	suma algebraica
<b>Pérdidas (PE)</b>	Valores negativos	suma algebraica
<b>Consumo final total (TFC)</b>	Suma sectores de consumo final energético y no energético	suma algebraica
<b>Sectores de consumo final</b>	Valores positivos	suma algebraica
<b>Consumo no energético</b>	Valores positivos	suma algebraica
<b>Electricidad generada por fuente</b>	Valores positivos	suma algebraica
<b>Calor generado por fuente</b>	Valores positivos	suma algebraica

Fuente: Agencia Internacional de Energía

## 4 RESERVAS Y POTENCIALES

### 4.1 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.

### 4.1.1 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.

#### **4.1.2 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.

### 4.1.3 Reservas de uranio o combustibles fisibles

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 fisible 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.

## 4.2 Potenciales

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 intangibles: 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 de uso final, generalmente 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) Las fuentes tangibles: pueden ser cuantificadas 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 la biomasa destinada a uso energético.

### 4.2.1 Potencial de hidroelectricidad

La potencia (W) es la suma de las potencias instalables en las cuencas hidrográficas más el total de las potencias instaladas en las centrales hidroeléctricas existentes.

La energía (E) es la suma de todas las energías que pueden producir las potencias instalables e instaladas, evaluadas a un año hidrológico medio y considerando una vida útil de 50 años. Se la puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$E = \eta \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Donde:

$\eta$  = Eficiencia aproximada de la planta de generación

$Q$  = Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

$\rho$  = Densidad del agua igual a  $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$

$g$  = Constante de gravitación igual  $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$

$h$  = Altura en m, igual a la diferencia de la altura vertical entre la salida del agua del reservorio a la tubería de presión y el rotor de la turbina.

Nota: Es probable que para muchos casos sea conocida la energía pero no haya aún estudios de detalle que determinen la potencia; en este caso siempre puede estimar una potencia adoptando un factor de planta promedio, por ejemplo de 0.5.

La potencia puede ser calculada, mediante la siguiente expresión:

$$W = \frac{E}{8760 * 0.5}$$

## 4.2.2 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.

## 4.2.3 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:

$\rho$  = densidad del aire en Kg/m<sup>3</sup>

A = Área transversal a la dirección del viento barrida por el rotor, en m<sup>2</sup>

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.

#### **4.2.4 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/m<sup>2</sup>/día.

#### **4.2.5 Potencial 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, limpiezas, 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:

**Tabla 5. Potencial de residuos**

<b>Coeficientes de Referencia</b>		
<b>Producto</b>	<b>(p.u)</b>	<b>bep/ton</b>
<b>Agrícolas</b>		
Arroz	0.400	2.097
Algodón	0.500	2.097
caña azúcar	0.150	2.097
<b>Agroindustriales</b>		
Arroz	0.320	2.306
Algodón	0.270	2.666
Café	0.600	2.522
Madera	1.000	1.915
Destilería	12.000	0.043
<b>Urbano</b>		
Basura	0.070	1.153
agua servida	14.600	0.000

Fuente: SIEE -OLADE

## 5 PRECIOS DE LOS ENERGETICOS

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.

### 5.1 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

#### 5.1.1 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, aún 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.

### 5.1.2 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 m<sup>3</sup> 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) Derivados de petróleo 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.

## 5.2 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 cubre 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.

### **5.2.1 Precios promedio por energético**

#### **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.

#### **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 tarificación 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 tarificación 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.

### **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.

## **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.

## **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.

## **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 mas común que la leña para carboneras sea de apropiación directa, si este es el caso no registre este valor.

## 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 toda 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.

## 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.

## **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.

## **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.

## **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.

## **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.

## **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.

## **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.

## **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.

## **6 INFRAESTRUCTURA ENERGETICA**

### **6.1 Infraestructura del sector hidrocarburos**

#### **6.1.1 Campos petroleros y gasíferos**

##### Definición

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

- Nombre del campo
- Empresa operadora
- Localidad
- Número de pozos
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de producción (m<sup>3</sup>/d para gas y bbl/d para petróleo)

#### **6.1.2 Oleoductos, gasoductos y poliductos**

##### Definición

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

- Nombre
- Empresa operadora
- Localidad origen
- Localidad destino
- Longitud del ducto (km)
- Diámetro de la tubería (cm)
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de flujo (m<sup>3</sup>/s para gases y bbl/s para líquidos)



### **6.1.3 Ductos internacionales**

#### Definición

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 (m<sup>3</sup>/s para gases y bbl/s para líquidos)

### **6.1.4 Refinerías**

#### Definición

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

- Nombre de la Refinería
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de refinación (bbl/d)

### **6.1.5 Plantas de tratamiento de gas**

#### Definición

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

#### Variables de infraestructura

- Nombre de la planta de tratamiento de gas
- Empresa operadora
- Localidad
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de tratamiento (m3/d)

### **6.1.6 Plantas de licuefacción y regasificación**

#### Definición

Las plantas de licuefacción son centros donde se enfría el gas natural a temperaturas criogénicas de alrededor de -161 °C 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 por día)

### **6.1.7 Instalaciones de almacenamiento**

#### Definición

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

- Nombre de la instalación
- Empresa operadora
- localidad
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de de almacenamiento (t para líquidos, bbl para líquidos, m3 para de gases)

## **6.2 Infraestructura de carbón mineral**

## 6.2.1 Yacimientos y minas

### Definición

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

- Nombre del yacimiento o mina
- Tipo de mina
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Capacidad de producción (t/d)

## 6.2.2 Sistemas de transporte

### Definición

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)

## 6.2.3 Coquerías

### Definición

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)

## **6.2.4 Altos hornos**

### Definición

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)

## **6.2.5 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)

## **6.3 Infraestructura del sector eléctrico**

### **6.3.1 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

- Nombre de la central
- Tipo de central eléctrica
- Localidad
- Empresa operadora
- Fecha de entrada en operación
- Número de unidades de generación
- Capacidad instalada (MW)
- Rendimiento promedio (%)

### **6.3.2 Interconexiones internacionales (comercio exterior)**

#### Definición

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)

## **6.4 Infraestructura de energías renovables**

### **6.4.1 Plantaciones bioenergéticas**

#### Definición

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 (km<sup>2</sup>)
- Capacidad de producción de materia prima para biocombustibles (t/d)

### **6.4.2 Carboneras**

#### Definición

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

#### Variables de infraestructura

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

### **6.4.3 Destilerías**

#### Definición

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)

### **6.4.4 Plantas de biodiesel**

#### Definición

Son instalaciones, donde se obtiene biodiesel a partir de aceites vegetales o grasas animales.

#### Variables de infraestructura

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

### **6.4.5 Otros centros de transformación de biomasa**

#### Definición

Se puede registrar bajo esta categoría otras instalaciones donde se transforme materia vegetal o animal, para la producción de energía, como por ejemplo los biodigestores que sirven para obtener biogás a partir de estiércol de ganado, o de desechos urbanos.

#### Variables de infraestructura

- Nombre de la planta
- Localidad
- Empresa operadora
- Capacidad de producción de biogás (m<sup>3</sup>/d)

## 7 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.

### 7.1 Variables nacionales del sector eléctrico

- a) 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.
- b) Cobertura eléctrica: es el porcentaje de hogares que cuentan con servicio eléctrico, frente al número total de hogares de un país. A falta de información de censos nacionales, se puede estimar el número total de hogares, considerando un hogar por cada 4 habitantes del país.
- c) Demanda máxima de potencia: es el máximo valor registrado en la curva de despacho de carga nacional, en el período estadístico considerado.

### 7.2 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.

### **7.3 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.

### **7.4 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.

### **7.5 Variables económicas**

- a) PIB total a precios constantes (año 2000): es el producto interno bruto nacional contabilizado en dólares del año 2000
- b) PIB primario a precios constantes (año 2000): es el PIB de los sectores primarios de la economía, como son agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, contabilizado en dólares del año 2000
- c) PIB secundario a precios constantes (año 2000): corresponde al PIB industrial

en dólares del año 2000.

- d) PIB terciario a precios constantes (año 2000): corresponde al PIB de los sectores comercial y de servicios, en dólares del año 2000.
- e) Salario mínimo vital: es el salario mínimo que puede percibir un trabajador a tiempo completo en el país, expresado en dólares corrientes.

## **7.6 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

## 8 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 y el SIEN, como sistemas integrados que suministran 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 y el SIEN, el procedimiento que se detalla a continuación, corresponde con las metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC.

### 8.1 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 CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y CH<sub>4</sub>, 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 CO<sub>2</sub>, las emisiones de los demás gases de efecto invernadero.

## 8.2 Emisiones de CO<sub>2</sub> por el método de referencia

Las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. El resto es emitido bajo la forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) 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 CO<sub>2</sub>.

El método de Referencia o *Top Down* para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, ya que se asume que la biomasa se reproduce a la misma tasa de su utilización y por lo tanto, el flujo neto de CO<sub>2</sub> es cero. Sin embargo, el IPPC recomienda su contabilización y presentación aparte de los inventarios.

De acuerdo a lo anterior, las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden ser estimadas determinando el carbono contenido en los combustibles fósiles que efectivamente puede ser emitido como CO<sub>2</sub> por la combustión del energético. Tal cantidad de carbono se calcula mediante la siguiente expresión:

**C emitido como CO<sub>2</sub> = Contenido de C - C no oxidado - C almacenado**

Para convertir la cantidad de carbono (C) emitido, en CO<sub>2</sub> emitido, hay que multiplicar dicha cantidad por 44/12, que corresponde a la relación de pesos moleculares entre el CO<sub>2</sub> 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.

**8.2.1 Consumo aparente**

El método de referencia para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> se basa en el concepto de consumo aparente de combustibles. Este concepto se refiere al balance de las energías primarias producidas en un país, 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

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

Donde:

PP = Producción de energías primarias

IM = Importación de energías primarias y secundarias

EX = Exportación de energías primarias y secundarias

NA = No aprovechado

VI = Variación de Inventarios (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 CO<sub>2</sub> este resultado es perfectamente aceptable ya que indica una exportación neta puesto que la producción nacional no es contabilizada.

### **8.2.2 Factores de emisión de CO<sub>2</sub>**

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 CO<sub>2</sub> 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 las refinerías y de las importaciones de carbón, petróleo, gas natural y derivados. Los factores propuestos por el IPCC se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Factores de emisión de CO2**

<b>Energético</b>	<b>Factor de emisión (ton. de carbón/TJ)</b>
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:

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

### 8.2.3 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 7.



**Tabla 7. Fracciones de carbón oxidado**

<b>Energético</b>	<b>Fracción de Carbón Oxidado</b>
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

**8.2.4 Volumen de carbón almacenado**

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (Tabla 8).

**Tabla 8. Volumen de carbón almacenado**

<b>Producto</b>	<b>Fracción de Carbón Almacenado</b>
Petróleo	1.00
Nafta	0.80
Bitumen	1.00
Kerosene	0.80
Diesel	0.50
LPG	0.80
Gas natural	0.33
Otros energéticos	1.00
Coque y productos de coquerías	0.75
No energéticos	0.625

Fuente: IPCC

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

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

Donde:

CNE = Consumo no energético (TJ)

FE = Factor de emisión de la fuente (tC/TJ)

FA = Fracción de carbono almacenado

La formula total de cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> para cada combustible, queda de la siguiente forma:

$$\mathbf{CO_2 = FE \times (CA \times FO - CNE \times FA) \times (44/12) / 1000}$$

Donde:

CO<sub>2</sub> = Cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera en Gg (Gigagramos)

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

### 8.2.5 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 TeraJoule. Para el Bagazo se sugiere un factor de 29.5 toneladas de carbón por TeraJoule.

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%.

## 8.3 Método por actividades y tecnologías

Este método consiste en estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> 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:

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

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.

### 8.3.1 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 esta integrada al modelo de planificación energética LEAP, desarrollado por el SEI-B.
  - The IIASA CO<sub>2</sub> Technology Data Bank – CO<sub>2</sub>DB; 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.

A continuación 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.

### **8.3.2 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 9. Tecnologías de producción y transformación de energía**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
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	Pérdidas 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

### 8.3.3 Generación de electricidad

Las tecnologías seleccionadas para el cálculo de las emisiones en la 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 10. 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	Geotermia	CO2DB	Geotermia 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 11. Tecnologías de generación eléctrica de auto-productores**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
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

### 8.3.4 Consumo final de energía

Las tecnologías seleccionadas para los usos finales de la energía se encuentran resumidas en las tablas 12 a 17. En todos los casos se trata de tecnologías estándar.



**Tabla 12. Tecnologías de consumo final de energía en el transporte**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
S2	Gas natural	IPCC	Vehículos pasajeros
S3	Carbón	EM	Caldero. Pequeña escala
S7	Leña	EM	Caldero. Tecnología standard
S12	LPG	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 13. Tecnologías de consumo final de energía en la industria**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
T1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero convencional
T2	Gas natural	EM	Caldero. Tecnología standard
T3	Carbón	EM	Caldero. Tecnología convencional
T7	Leña	EM	Leña. Caldero. Tecnología standard
T8	Bagazo	EDB	Bagazo. Caldero standard
T9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero standard
T12	GLP	EDB	Caldero standard
T13	Gasolina	EDB	Motores
T14	Kerosene	EDB	Turbinas. Pequeña escala
T15	Diesel	EM	Caldero standard
T16	Fuel oil	EM	Caldero standard
T17	Coque	EDB	Caldero. Tecnología genérica
T18	Carbón vegetal	EDB	Usos térmicos. Hornos
T19	Gases	EM	Caldero standard

**Tabla 14. Tecnologías de consumo final de energía en el sector residencial**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
U2	Gas natural	EDB	Cocción. Cocina standard
U3	Carbón	EDB	Cocción. Cocina standard
U7	Leña	EDB	Cocción. Fogón abierto
U9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Cocción. Fogón
U12	GLP	EM	Cocción. Cocina standard
U13	Gasolina	EDB	Motores pequeña escala
U14	Kerosene	EM	Cocción. Cocina standard
U15	Diesel	EDB	Calefacción. Equipo standard
U16	Fuel oil	EDB	Horno/secador. Equipo standard
U18	Carbón de leña	EDB	Cocción. Cocina. Equipo standard
U19	Gases	EDB	Cocción. Cocina standard

**Tabla 15. Tecnologías de consumo final de energía en el sector comercio y servicios**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
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 16. Tecnologías de consumo energético en los sectores agricultura y pesca**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
W1	Petróleo	EDB	Petróleo liviano. Caldero convencional
W2	Gas natural	EM	Caldero. Tecnología genérica
W3	Carbón	EM	Caldero. Tecnología standard
W7	Leña	IPCC	Caldero. Tecnología standard
W8	Bagazo	EDB	Caldero. Tecnología standard
W9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero. Tecnología standard
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 standard
W17	Coque	EDB	Calderos. Tecnología standard
W18	Carbón vegetal	EDB	Usos de cocción
W19	Gases	EM	Calderos. Tecnología standard

**Tabla 17. Tecnologías de consumo de energía en el sector construcción y otros**

	<b>Energético</b>	<b>Fuente</b>	<b>Tecnología</b>
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 standard
X9	Otros	EDB	Residuos vegetales. Caldero standard
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

### 8.3.5 Factores de Emisión

Los factores de emisiones correspondientes a los flujos energéticos definidos en el balance de energía se presentan en las tablas 19 a 24. 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:

- 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) En cuanto a los centros de transformación, en algunos casos (refinerías, coquerías 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) 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) 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) 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 18.

**Tabla 18. Coeficientes de emisiones de CO2 para usos no energéticos**

Energético	Coeficiente de Emisión Aparente (ton C /TJ)	Fracción de Carbón Almacenado (%)	Fracción de Carbón Oxidado	Coeficiente de Emisión (ton CO2/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 19. Factores de emisión de Dióxido de Carbono (CO2)

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	612	3,084	6																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	78,382	49,680	94,320		10806		53,063	97,123	46,408		66,928	47,550	72,350	69,957	74,142	108,544	96,240	49,680		
Autoprodutores	78,382	53,314	91,245		10806		53,063	97,123	46,408		66,366	47,550	71,881	69,025	75,886	108,544	96,240	53,314		
Centros de Gas																				
Carboneras																	49850			
Coquería/A. Hornos																				
Destilería												26,930								
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio	76,385	49,721	94,425								67,269	47,550	69,229	69,965	74,134	90,629		49,721		
Pérdidas																				
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		63,517	91,245				92,893	41,937			67,674	72,864	73,731	76,651	75,886			63,517		36,300
Industria	76,385	49,721	94,428				92,893	97,123	46,408		67,674	47,550	69,229	69,925	74,134	108,544	96,240	49,721		27,500
Residencial		53,314	87,186				92,893		80,949		67,674	50,307	69,975	75,497	76,385		96,240	53,314		
Comercial, ser. pub.	76,385	53,314	87,186				92,893		46,408		67,674	47,550	69,975	75,016	75,886		96,240	53,314		
Agro, pesca y minería	76,385	49,721	94,425				92,893	97,123	46,408		67,674	47,550	69,975	76,651	74,134	108,544	96,240	49,721		
Construcción	76,385	63,517	91,245				92,893				67,674	72,864	69,229	76,651	75,886		96,240			17,967
<b>Consumo energético</b>																				
No energético	36,300	37,399	24,075								12,487	14,520	14,157	36,663	38,115	26,501	8,700	37,399		33,250
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 20. Factores de emisión de Monóxido de Carbono (CO)

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	0.5	2.0	0.0																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	53.0	114.0	52.0				1,559	131	628		16	14,656	53	161	163	11	9,139	114	114	
Autoprodutores	53.0	197.0	86.0				1,559	131	628		646	14,656	354	226	322	11	9,139	197	197	
Centros de Gas																				
Carboneras																	5585			
Coquería/A. Hornos																				
Destilería																				
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio	15	63	86								17	14,656	51	67	68	195		63	63	
Pérdidas																				
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		143	86				173	6,418			1,523	7,410	122	524	349			143	143	
Industria	15	63	86				173	131	628		17	14,656	51	67	68	11	9,139	63	63	
Residencial		281	3,583				8,029		7,299		65	12,887	134	18	17		9,139	281	281	
Comercial, ser, pub.	15	281	3,583				819		628		9	14,656	134	337	322		9,139	281	281	
Agro, pesca y minería	15	63	86				1,504	131	628		9	14,656	134	611	68	11	9,139	63	63	
Construcción	15	143	86				173		628		1,523	7,410	51	524	349		9,139			
<b>Consumo energético</b>																				
No energético																				
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 21. Factores de emisión de Óxidos de Nitrógeno (NOx)

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	17.0	78.0	3.0																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	233.0	265.0	414.0				119	79	32		66	379	234	322	327	246		265	265	
Autoprodutores	233.0	1,568.0	345.0				119	79	32		695	379	1,625	1,206	1,478	246		1,568	1568	
Centros de Gas																				
Carboneras																	415			
Coquería/A. Hornos																				
Destilería												116								
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio	166	126	274								66	379	224	188	191	488				
Pérdidas																				
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		238	345				104	99			399	390	293	1,031	901			238	238	
Industria	166	126	274				104	79	32		66	379	224	188	191	246		126	126	
Residencial		11	178				53		32		83	255	3	65	178			11	11	
Comercial, ser, pub.	166	11	178				62		32		45	379	3	1,553	1,478			11	11	
Agro, pesca y minería	166	126	274				115	79	32		45	379	3	1,527	191	246		126	126	
Construcción	166	238	345				104		32		399	390	224	1,031	901					
<b>Consumo energético</b>																				
No energético																				
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 22. Factores de emisión de hidrocarburos

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	1.0	1.0	2.0																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	16.4	5.0	2.0		500		131		5		1	554	17	4	4	1		5	5	
Autoprodutores	16.4	38.0	3.0		500		131				415	554	111	5	101	1		38	38	
Centros de Gas																				
Carboneras																				
Coquería/A. Hornos																				
Destilería												287								
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio	3	5	259								1	554	16	3	3	1				
Pérdidas	1,658	18,530										1,658	1,658	1,658	1,658			18,530	18,530	
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		335	3				35	11			34	32	2	6	22			335	335	
Industria	3	5	259				35	131	5		1	554	16	3	3	1		5	5	
Residencial		6	1				259		5		12	783	13	3	1			6	6	
Comercial, ser. pub.	3	6	1				8		5		4	554	13	106	101			6	6	
Agro, pesca y minería	3	5	259				15	131	5		4	554	13	11	3	1		5	5	
Construcción	3	335	3				35		5		34	32	16	6	22					
<b>Consumo energético</b>																				
No energético																				
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 23. Factores de emisión de Anhídrido Sulfuroso (SO<sub>2</sub>)

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	1.0	132.0	2.0																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	482.0	0.4	730.0		53						431	20	21	221	929	685	24	0	0.4	
Autoprodutores	482.0	0.4	730.0		53						2	20	21	175	487	685	24	0	0.4	
Centros de Gas																				
Carboneras																				
Coquería/A. Hornos																				
Destilería												151								
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio	929	0	692								433	20	21	221	929	0	0	0	0	
Pérdidas																				
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		23	730				19											23	23	
Industria	929	0	692				19				433	20	21	221	929	685	24	0	0	
Residencial							27					20	221	483			24			
Comercial, ser, pub.	929											20	221	103			24			
Agro, pesca y minería	929	0	692				19					20	221	103	929	685	24			
Construcción	929	23	730				19						21				24			
<b>Consumo energético</b>																				
No energético																				
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

Tabla 24. Factores de emisión de Partículas

kg/TJ	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Hidro	Geo	Nuclear	Leña	Prod. de Caña	Otras Primarias	Electricidad	GLP	Gasolinas /Alcohol	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Coques	Carbón Vegetal	Gases	Otras Sec.	No Energ.
Producción	3.0	2.0	2.0																	
Importación																				
Exportación																				
Variación de inventario																				
No aprovechado																				
<b>Oferta Total</b>																				
Refinería																				
Centrales Eléctricas	17.0							1,050				1	24	17	7	41	123	83		
Autoprodutores	17.0	5.0						1,050				25	24	116	111	106	123	83	5	5
Centros de Gas																				
Carboneras																	7512			
Coquería/A. Hornos																				
Destilería												43								
Otros centros																				
<b>Transformación total</b>																				
Consumo propio											1	24	17							
Pérdidas																				
<b>Ajuste</b>																				
Transporte		8																8	8	
Industria								1,050				1	24	17			123	83		
Residencial		1					756		2,322				23	117	9			83	1	1
Comercial, ser, pub.		1										1	24	117	111			83		
Agro, pesca y minería								1,050				1	24	117			123	83		
Construcción											8			17				83		
<b>Consumo energético</b>																				
No energético																				
<b>Consumo final</b>																				

Fuente: SIEE-OLADE

## 9 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.

### 9.1 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 afectadas 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:

## **9.2 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)

## **9.3 Descripción y formulación de los indicadores**

### **9.3.1 Indicador de carácter general**

#### **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 inicial y final de una serie de valores.

##### Cálculo de la tasa de crecimiento puntual

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

Donde:

T<sub>c</sub> = Tasa de crecimiento (%)

i = período de tiempo

V<sub>i</sub> = valor del período i

$V_{i-1}$  = valor del período i-1

#### Cálculo de la tasa de crecimiento promedio

$$\overline{Tc} = \left[ \left( \frac{V_n}{V_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

$\overline{Tc}$  = 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.

### **9.3.2 Indicadores socio-económicos**

#### **PIB per cápita**

##### Descripción:

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. Este año generalmente es 1990.

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:

$$PPC_i = \frac{PIB_i}{POB_i}$$

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.

### **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:

$PPU_i$  = Porcentaje de población urbana en el año i (%)

$PU_i$  = Población urbana (hab.)

$POB_i$  = Población total del país en el año i (hab.)

#### Aplicación

Este indicador es aplicable en estudios socio-económicos para identificar la migración interna del campesinado a los centros urbanos, analizar sus causas como la falta de incentivos al sector agrícola, la falta de programas de desarrollo rural, etc., y prever las consecuencias como el aumento de la congestión, la contaminación y el desempleo en los centros urbanos.

### **Relación población económicamente activa sobre población total**

### Descripción

Es la fracción de la población total que ejerce actividades económicamente productivas, expresada como porcentaje.

### 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.

## **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<sub>ij</sub> = Porcentaje del PIB sectorial respecto al PIB total (%)

PIB<sub>ij</sub> = PIB del sector j en el año i (US\$)

PIB<sub>i</sub> = 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.

### **9.3.3 Indicadores económico-energéticos**

#### **Intensidad energética agregada**

##### Descripción

Es la relación entre el consumo de energía y el producto interno bruto.

El PIB puede ser 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

$$IE_i = \frac{CE_i}{PIB_i}$$

Donde:

IE<sub>i</sub> = Intensidad energética agregada en el año i (Bep/10<sup>3</sup> US\$)

CE<sub>i</sub> = Consumo energético total expresado en unidades calóricas (10<sup>3</sup> Bep)

PIB<sub>i</sub> = PIB total (10<sup>6</sup> 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.

### **Intensidad energética por sectores económicos**

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/ $10^3$  US\$)

$CE_{ij}$  = Consumo energético del sector j expresado en unidades calóricas ( $10^3$  Bep)

$PIB_{ij}$  = PIB del sector j ( $10^6$  US\$)

#### Aplicación

Este indicador permite identificar cuales 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.

### **Precio medio de la energía a consumidor final**

#### Descripción

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 a es sector.

### Formulación

$$\overline{PE}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n PE_{ijk} * V_{ijk}}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n V_{ijk} * fc_{ijk}}$$

Donde:

$\overline{PE}_i$  = 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.)

$fc_{ijk}$  = 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.

## **Precio medio de la energía por energético**

### Descripción

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 expresada 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 a es sector.

### Formulación

$$\overline{PE}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^m PE_{ijk} * V_{ijk}}{\sum_{j=1}^m V_{ijk} * fc_{ijk}}$$

Donde:

$\overline{PE}_{ik}$  = 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.)

$fc_{ijk}$  = 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.

## **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:

$$ED_i = \frac{\frac{D_i}{D_{i-1}} - 1}{\frac{PIB_i}{PIB_{i-1}} - 1}$$

Donde:

$ED_i$  = 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.

## **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:

$EDP_i$  = Elasticidad demanda energética – Precio (adimensional)

$D_i$  = Demanda energética del período  $i$  (Tep.)

$D_{i-1}$  = Demanda energética del período  $i-1$  (Tep)

$P_i$  = Precio medio de la energía del período  $i$  (US\$/Tep)

$P_{i-1}$  = 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:

$EDP_{ijk}$  = Elasticidad demanda energética–Precio para el período  $i$  en el sector de

consumo j del energético k (adimensional)

$D_{ijk}$  = 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)

$P_{ijk}$  = 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.

## **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.

### 9.3.4 Indicadores energéticos per cápita

#### Consumo energético total per cápita

##### Descripción

Es la división del consumo energético total del país para la población

##### Formulación

$$CEPC_i = \frac{CE_i}{POB_i}$$

Donde:

CEPC<sub>i</sub> = Consumo energético per cápita para el período i (Tep/hab.)

CE<sub>i</sub> = Consumo energético total en el período i (Tep)

POB<sub>i</sub> = 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.

#### 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:

CELPC<sub>i</sub> = Consumo eléctrico per cápita para el período i (Kwh/hab.)

CEL<sub>i</sub> = Consumo eléctrico total en el período i (GWh)

$POB_i$  = Población del país en el período  $i$  ( $10^6$  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.

### **9.3.5 Indicadores de la estructura del sector energético**

#### **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.

#### **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.

### **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.

## **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 autoproductores.

La generación por energético fuente, es calculada en el caso de las térmicas bi-combustibles 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.

## 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.

## 9.3.6 Indicadores de impacto ambiental

### 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 mas las importaciones netas de primarias y secundarias, mas 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:

$PPER_i$  = 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.

### **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 Guía SIEN M-3.

#### Formulación

$$GEIPC_i = \frac{GEI_i}{POB_i}$$

Donde:

GEIPC<sub>i</sub> = Emisión per cápita de gases de efecto invernadero en el período i (Ton/hab.)

GEI<sub>i</sub> = Emisión de gases de efecto invernadero en el período i (Ton)

POB<sub>i</sub> = Población en el período i (hab.)

#### Aplicación

El indicador permite realizar previsiones de incremento del impacto ambiental en función del crecimiento demográfico del país.

### **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<sub>i</sub> = Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el período i (Ton/US\$)

GEI<sub>i</sub> = Emisión de gases de efecto invernadero en el período i (Ton)

PIB<sub>i</sub> = 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.

## 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 Guía SIEN M-3.

### 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.

## 9.3.7 Indicadores de eficiencia energética

### 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.

### **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.

### **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

$$FP_{ijk} = \frac{PTE_{ijk}}{PMA_{ijk}} * 100$$

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.)

$PMA_{ijk}$  = Capacidad de producción máxima del energético k de la instalación j en el período i (u.)

#### Formulación para instalaciones de transformación

$$FP_{ijk} = \frac{VTP_{ijk}}{VMA_{ijk}} * 100$$

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.)

$VMA_{ijk}$  = Volumen máximo de energético k que puede ser procesado en la instalación j durante el período i (u.)

#### Formulación para centrales eléctricas

$$FP_{ij} = \frac{GE_{ij}}{PI_{ij} * Nh_i} * 10^5$$

Donde:

$FP_{ij}$  = Factor de capacidad de la central j en el período i (%)

$GE_{ij}$  = Generación eléctrica neta de la central j en el período i (GWh)

$PI_{ij}$  = Potencia instalada de la central j en el período i (MW)

$Nh_i$  = Número de horas contenidas en el período i

#### Formulación para Instalaciones de transporte

$$FP_{ijk} = \frac{VTT_{ijk}}{VMAXT_{ijk}} * 100$$

Donde:

$FP_{ijk}$  = Factor de capacidad de la instalación j en el período i para el energético k (%)

$VTT_{ijk}$  = Volumen total transportado del energético K en la instalación j en el período i (u.)

$VMAXT_{ijk}$  = 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:

$FP_{ijk}$  = 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.)

$VMAXA_{ijk}$  = 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.

## **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 conceptuar 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:

FPE<sub>i</sub> = Factor de pérdidas de energía en transporte y distribución en el período i (%)

PTD<sub>i</sub> = Pérdidas totales de energía en transporte y distribución en el período i (Tep)

OTE<sub>i</sub> = 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.



### 9.3.8 Indicadores de reservas y potenciales

#### 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:

$PHNA_i$  = Porcentaje del potencial hidroeléctrico aprovechable no utilizado en el período  $i$  (%)

$PHEA_i$  = Potencial hidroeléctrico económicamente aprovechable en el período  $i$  (MW)  
 $CHI_i$  = 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.

#### Alcance de las reservas probadas de recursos fósiles

##### Descripción

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

$$ARF_{ik} = \frac{RPRF_{ik}}{PRF_{ik}}$$

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 SISTEMAS DE UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSION**

### **10.1 Sistema internacional de unidades (S.I.)<sup>5</sup>**

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 hubieron de lidiar 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.

#### 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.

#### Consagración del S.I.

La 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.

#### 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,

---

<sup>5</sup> Referencia: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Cinemática y Dinámica

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".

**Tabla 25. Definición de las unidades básicas del S.I.**

Magnitud física	Unidad	Símbolo	Definición de la unidad
Longitud	Metro	M	En 1889 se definió el <i>metro patrón</i> como la distancia entre dos finas rayas de una barra de aleación platino-iridio que se encuentra en el Museo de Pesas y Medidas de París. El interés por establecer una definición más precisa e invariable llevó en 1960 a definir el metro como "1,650,763.73 veces la longitud de onda de la radiación rojo naranja (transición entre los niveles $2p_{10}$ y $5d_5$ ) del átomo de criptón 86 ( $^{86}\text{Kr}$ )". A partir de 1983 se define como "la distancia recorrida por la luz en el vacío en $1/299,792,458$ segundos"
Masa	Kilogramo	Kg	En la primera definición de kilogramo fue considerado como "la masa de un litro de agua destilada a la temperatura de $4^{\circ}\text{C}$ ". En 1889 se definió el <i>kilogramo patrón</i> como "la masa de un cilindro de una aleación de platino e iridio que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas en París". En la actualidad se intenta definir de forma más rigurosa, expresándola en función de las masas de los átomos.
Tiempo	Segundo	S	La unidad <i>segundo patrón</i> . Su primera definición fue: "el segundo es la $1/86,400$ parte del día solar medio". Pero con el aumento en la precisión de medidas de tiempo se ha detectado que la Tierra gira cada vez más despacio (alrededor de 5ms por año), y en consecuencia se ha optado por definir el segundo en función de constantes atómicas. Desde 1967 se define como "la duración de $9.192.631.770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado natural del átomo de cesio-133".
Corriente eléctrica	Ampere	A	La magnitud de la corriente que fluye en dos conductores paralelos, distanciados un metro entre sí, en el vacío, que produce una fuerza entre ambos conductores (a causa de sus campos magnéticos) de $2 \times 10^{-7}$ N/m.
Temperatura	Kelvin	K	La fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
Intensidad luminosa	Candela	Cd	La intensidad luminosa, en dirección perpendicular, de una superficie de $1/600,000 \text{ m}^2$ de un cuerpo negro a la temperatura de congelamiento del platino ( $2,042^{\circ}\text{K}$ ), bajo una presión de $101,325 \text{ N/m}^2$ .
Cantidad de sustancia	Mol	Mol	La cantidad de sustancia de un sistema que contiene un número de entidades elementales igual al número de átomos que hay en $0,012 \text{ Kg}$ de carbono-12.

Fuente: UNAM, México

**Tabla 26. Unidades derivadas del S.I.**

Magnitud	Unidad	Símbolo	En términos de otras unidades
Ángulo plano	Radián	rad	
Ángulo Sólido	Esterradián	sr	
Superficie	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>	
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>	
Frecuencia	Hertz	Hz	
Densidad	kilogramo entre metro cúbico	Kg/m <sup>3</sup>	
Velocidad	Metro por segundo	m/s	
Velocidad angular	radián por segundo	rad/s	
Aceleración	Metro por segundo al cuadrado	m/s <sup>2</sup>	
Aceleración angular	radián por segundo al cuadrado	rad/s <sup>2</sup>	
Fuerza	Newton	N	1 N = 1 kg m/s <sup>2</sup>
Presión (tensión mecánica)	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Viscosidad cinemática	Metro cuadrado por segundo	m <sup>2</sup> /s	(m)(m)
Viscosidad dinámica	newton-segundo por metro <sup>2</sup>	N s/m <sup>2</sup>	
Trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	J	1 J = 1 N m
Potencia	Watt	W	1 W = 1 J/s
Carga eléctrica	Coulomb	C	1 C = 1 A s
Tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	Volt	V	1 V = 1 W/A

Intensidad de campo eléctrico	volt por metro	V/m	
Resistencia eléctrica	Ohm	$\Omega$	$1 = 1 \text{ V/A}$
Conductancia eléctrica	Siemens	S	$1 \text{ S} = 1$
Capacidad eléctrica	Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ A s/V}$
Flujo de inducción magnética	Waner	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V s}$
Inductancia	Henrio	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ V s/A}$
Inducción magnética	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
Intensidad de campo magnético	ampere por metro	A/m	
Flujo eléctrico	Ampere	A	
Flujo luminoso	Lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
Luminancia	candela por metro cuadrado	$\text{cd/m}^2$	
Iluminación	Lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$
Número de ondas	Metro a la menos uno	$\text{m}^{-1}$	
Entropía	joule por Kelvin	J/K	
Calor específico	joule por kilogramo Kelvin	J/kg K	
Conductividad térmica	watt por metro Kelvin	W/m K	
Intensidad energética	watt por estéreo-radián	W/sr	
Actividad (de una fuente radiactiva)	uno por segundo	$\text{s}^{-1}$	

Fuente: UNAM, México

**Tabla 27. Unidades no métricas permitidas por el S.I.**

Magnitud	Nombre	Símbolo	Equivalencia S.I.
Ángulo	Grado	°	$1 = (\pi/180)\text{rad}$
	Minuto	'	$1' = (\pi/10.8)\text{rad} = (1/60)^\circ$
	Segundo	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648)\text{rad}$
Tiempo	Minuto	Min	$1\text{min} = 60\text{s}$
	Hora	h	$1\text{h} = 60\text{min} = 3,600\text{s}$
	Día	d	$1\text{d} = 24\text{h} = 86,400\text{s}$
Volumen	Litro	l	$1\text{L} = 10\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$
Masa	Tonelada	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg} = 1\text{Mg}$
Área	Hectárea	Ha	$1\text{ha} = 1\text{hm}^2 = 10^4\text{m}^2$

Fuente: UNAM, México

Los prefijos S.I. no son aplicables a las unidades de ángulo ni a las de tiempo con excepción del segundo.

#### 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 28. Prefijos del Sistema Internacional**

Factor	Prefijo	Símbolo
$10^{24}$	Yota	Y
$10^{21}$	Zeta	Z
$10^{18}$	Exa	E
$10^{15}$	Peta	P
$10^{12}$	Tera	T
$10^9$	Giga	G
$10^6 = 1.000.000$	Mega	M
$10^3 = 1.000$	Kilo	k
$10^2 = 100$	Hecto	h
$10 = 10$	Deca	da
1 = ( Unidad Básica sin Prefijo )		
Factor	Prefijo	Símbolo
$10^{-1} = 0,1$	deci	d
$10^{-2} = 0,01$	centi	c
$10^{-3} = 0,001$	mili	m
$10^{-6} = 0,000001$	Micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	Femto	f
$10^{-18}$	Atto	a
$10^{-21}$	Zepto	z
$10^{-24}$	Docto	y

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 propio, 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 angulares.
- Los productos de unidades se expresan o bien dejando un espacio entre los símbolos o bien dejando un espacio entre ellos.

## **10.2 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 unidades, 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 29. Unidades básicas en diferentes sistemas de unidades**

<b>Dimensión</b>	<b>SI</b>	<b>MKS</b>	<b>CGS</b>	<b>EEUU</b>
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 30. Factores de conversión de unidades básicas y derivadas**

<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Factor</b>	<b>Unidad S.I.</b>
Longitud	Pulgada (Inch)	0.0254	metros
	Pié (Foot)	0.3048	
	Yarda (Yard)	0.9144	
	Milla (Mile)	1609.34	
Volumen	Galón (Gallon)	0.003785	m <sup>3</sup>
Masa	Onza (Ounce)	0.02834	Kilogramo
	Libra (Pound)	0.45359	
Temperatura	°Kelvin	°Celsius + 273.15	
	°Fahrenheit	°Celsius×1.8 + 32	
Velocidad	Km/hora	0.27777	m/s
	Milla/hora	0.44704	
Aceleración	g (gravedad)	9.80665	m/s <sup>2</sup>
Fuerza	Kilogramo (peso)	9.80665	Newton
	Dina	1.0×10 <sup>-5</sup>	
Energía, Calor	Kilocaloría	4186.00	Julio
	BTU	1054.35	
Potencia	Kilocaloria/hora	1.16222	Watio
	BTU/hora	0.29287	
	Caballo (HP)	746.000	
Flujo de calor	BTU/Foot <sup>2</sup> ·hora	3.15248	Watio/m <sup>2</sup>
Presión	Atmosfera	1.01325×10 <sup>5</sup>	Newton/m <sup>2</sup> (Pascal)
	Milibar	100	
	mm Hg (Torr)	133.322	
	Psi (Lb/in <sup>2</sup> )	6894.75	
Densidad	Lbm/Foot <sup>3</sup>	16.0184	Kg/m <sup>3</sup>
Calor específico	BTU/Lbm·°F	4.18681	Julio/Kg·°K
Conductividad térmica	BTU·inch/foot <sup>2</sup> ·hour	0.144131	Watio/m·°K
Conductancia térmica	BTU /foot <sup>2</sup> ·hour	5.674466	Watio/m <sup>2</sup> ·°K

Fuente: UNAM, México

### 10.3 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:

a) Es coherente con el sistema internacional de unidades (SI)

- b) Expresa aceptablemente una realidad física de lo que significa
- c) Está relacionada directamente con el energético más importante en el mundo actual y por lo tanto presenta facilidad en su utilización
- d) 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 31. Equivalencias entre unidades energéticas comunes**

1 BEP	=	0.13878	toneladas equivalentes de petróleo (TEP)
1 TEP	=	7.205649	barriles equivalentes de petróleo (BEP)
1 TEP	=	$10^7$	kilocalorías (kcal)
$10^3$ TEP	=	6	terajoules (Tjou)
$10^3$ BEP	=	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  $10^3$  bbl.

**Tabla 32. 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 33. 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 34. 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 =  $10^9$  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).

## 10.4 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/pe<sup>3</sup> o el kJ/m<sup>3</sup>.

**Tabla 35. Poder calorífico inferior de algunos combustibles**

Combustible	(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 <sup>3</sup> )
Butano comercial	10,938
Propano comercial	11,082
Alcohol etílico	6,500
Biogás	4,500

Fuente: SUPER-OLADE

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 36. 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	de gas natural	=	5.9806	BEP
10 <sup>3</sup> 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 kilo	de uranio	=	71.2777	BEP
1 bbl	de etanol	=	0.5980	BEP
1 bbl	de biodiesel	=	0.9508	BEP
1 ton	de bagazo	=	1.3114	BEP

Fuente: SIEE-OLADE

**Tabla 37. Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE**

	Bep	Tep	Tec	Tcal	TJ	10 <sup>3</sup> Btu	MWh	kg GLP	m <sup>3</sup> Gas Nat.	pc Gas Nat.
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	5.04390	0.699992	1	0.0070	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 <sup>3</sup> Btu	0.00018	2.51E-05	3.59E-05	2.51E-07	1.05E-06	1	0.00029	0.02372	0.030265	1.07101
MWh	0.61960	0.08599	0.1228	0.00086	0.0036	3423.20	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 <sup>3</sup> Gas Nat.	0.00598	0.00083	0.001186	8.30E-06	3.47E-05	33.04198	0.009652	0.783827	1	35.3881657
Pc Gas Nat.	0.00017	2.35E-05	3.35E-05	2.35E-07	9.81E-07	0.933701	0.000272	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 períodos de análisis.

**Tabla 38. Factores calóricos de los Países Miembros de OLADE**

a kbp	Petróleo	Gas Natural	Carbón Mineral	Nuclear	Hidroenergía	Geotermia	Leña	Electricidad	GLP	Gasolina	Kerosene	Diesel Oil	Fuel Oil	Coque	Carbón Vegetal	Etanol
Unidad original	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>3</sup> t	GWh	GWh	10 <sup>3</sup> t	GWh	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> bbl	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>3</sup> t	10 <sup>3</sup> bbl
Argentina	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Barbados	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Bolivia	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Brasil	1.0200	6.1815	3.4573	71.2777	0.61815	0.6196	2.2282	0.6181	0.6983	0.9000	0.9394	0.9691	1.0960	4.960	4.6433	0.5980
Chile	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Colombia	1.0000	5.9881	4.7101	71.2777	0.62319	0.6196	2.6087	0.6232	0.6884	0.8841	0.9638	1.0000	1.0725	3.478	4.7101	0.5980
Costa Rica	0.9937	5.9806	5.2630	71.2777	0.61996	0.6200	3.0999	0.6196	0.6992	0.8938	0.9438	0.9937	1.0660	4.614	4.9392	0.5980
Cuba	1.0015	6.3604	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Ecuador	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
El Salvador	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Grenada	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Guatemala	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Guyana	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Haití	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Honduras	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Jamaica	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
México	1.0989	7.6171	3.4613	70.1871	0.61996	0.6200	2.4948	0.6200	0.6484	0.8390	0.8995	0.9344	1.0365	4.925	4.9718	0.5980
Nicaragua	1.0059	5.9806	5.0439	71.2777	0.61968	0.6197	2.3086	0.6197	0.6975	0.8906	0.9540	0.9857	1.0679	5.788	2.7864	0.5980
Panamá	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Paraguay	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61969	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8791	0.9584	0.9944	1.0592	4.900	4.9718	0.5980
Perú	0.9973	7.3556	5.2601	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6197	0.6845	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.612	4.6837	0.5980
R. Dominicana	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Suriname	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Trinidad y Tobago	1.0015	5.9806	5.0439	71.2777	0.61960	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.8934	0.9583	1.0015	1.0304	4.900	4.9718	0.5980
Uruguay	0.9969	5.9806	5.0439	71.2777	0.61968	0.6196	1.9455	0.6197	0.6919	0.9019	0.9505	0.9876	1.1021	4.900	5.4042	0.5980
Venezuela	1.1067	7.5861	5.2600	71.2777	0.61690	0.6196	2.5940	0.6196	0.6701	0.9247	1.0141	1.0671	1.1334	4.900	5.6268	0.5980
Año de referencia 2009																

Fuente: SIEE-OLADE

## 10.5 Factores de eficiencia de las instalaciones energéticas.

### 10.5.1 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.



### 10.5.2 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 39. Eficiencias típicas de centrales termoeléctricas**

Tipo de central	Combustible	Eficiencia (%)
Motores combustión interna	Fuel Oil	35%
Motores combustión interna	Diesel	30%
Turbinas a gas	Diesel	40%
Turbinas 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

## **A N E X O S**

## ANEXO I. ENERGÍA NUCLEAR O NUCLEOENERGÍA

### 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

Ea 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:

$$1 \text{ ton. U nat.} = 4.24 \times 10^{14} \text{ J}$$

- b. El equivalente calórico de 1 ton. de uranio natural utilizable en un reactor HWR de 7,500 MWD es:

$$1 \text{ ton. U nat} = 6.48 \times 10^{14} \text{ J}^6$$

---

<sup>6</sup>Tomado de Charpentier, Jean Pierre. International Energy Agency, Vienna.

## ANEXO II. HIDROENERGÍA

Es la energía contenida en un caudal hidráulico.

Sea **Q** el flujo de agua a los embalses o centrales a filo de agua. El balance de agua en el año se expresa así:

$$Q + Q_i = Q_t + (Q_s + Q_g) + (Q_v + Q_f) + Q_e$$

**Q<sub>i</sub>** = Existencia inicial en los embalses al comienzo de enero dividida por el número de segundos en el año (=31536000) y

**Q<sub>e</sub>** = el mismo a fin de diciembre

**Q<sub>t</sub>** = Caudal turbinado, o sea el convertido en electricidad

**Q<sub>s</sub>** = Caudal en los vertederos y

**Q<sub>g</sub>** = Caudal en las compuertas

**Q<sub>v</sub>** = Caudal evaporado y

**Q<sub>f</sub>** = Caudal de filtración

Todos los caudales son promedios anuales pero se expresan en m<sup>3</sup>/segundo.

Defínase el factor ***r \* g \* t \* h*** donde:

**r** = densidad del agua, 1Kg/m<sup>3</sup>

**g** = aceleración de la gravedad, 9.8 m/seg<sup>2</sup>

**t** = tiempo, 8760 horas por año

**h** = altura de la caída en metros

Si la ecuación de balance es multiplicada por el factor ***rgth*** se obtiene una ecuación equivalente en kWh, cuyos términos se interpretan como un balance de energía de la siguiente manera:

- Producción = ***(r g t h) \* Q***
- No aprovechado = ***(r g t h) \* (Q<sub>s</sub> + Q<sub>g</sub>)***
- Variación de inventarios = ***(r g t h) \* (Q<sub>e</sub> - Q<sub>i</sub>)***
- Transformación = ***(r g t h) \* Q<sub>t</sub>***
- Pérdidas = ***(r g t h) \* (Q<sub>v</sub> + Q<sub>f</sub>)***

Además:

ELECTRICIDAD (producida con hidro) = **Transformación \* eficiencia**

Si los flujos son desconocidos la eficiencia puede asumirse en 80% para estimar:  
**transformación = producción**; los otros flujos se consideran nulos.

## ANEXO III. GEOENERGÍA

Sea **Q** el flujo de la mezcla agua-vapor extraída de los pozos productores. El balance de agua-vapor a lo largo de un año se expresa así:

$$Q - Q_r = Q_t + (Q_a + Q_c) , \text{ donde:}$$

**Q<sub>r</sub>** = Flujo de agua reinyectado al pozo después de separar el vapor

**Q<sub>t</sub>** = Flujo de vapor turbinado, o sea el que se convierte en electricidad

**Q<sub>a</sub>** = Vapor expandido a la atmósfera

**Q<sub>c</sub>** = Caudal de agua caliente derramado por la canaleta de fuga

La entalpía asociada con cada flujo es:

$$H = C_p * Q * (T - T_o), \text{ donde:}$$

**C<sub>p</sub>** = Capacidad calorífica del agua en Kcal/(Kg\*°C)

**T** = La temperatura del flujo **Q**, siendo **T<sub>o</sub>** la temperatura de referencia

La ecuación de balance se puede poner en términos de entalpía:

$$H - H_r = H_t + (H_a + H_c) + H_p$$

**H<sub>p</sub>** = Pérdida entálpica debido a la no adiabaticidad del sistema

Supóngase que los flujos se expresan en Kg/año y que  $C_p=1$ .

Los términos de la ecuación de entalpía pueden interpretarse como componentes del balance energético de la siguiente manera:

- Producción =  $H - H_r = Q * (T - T_o) - Q_r * (T_r - T_o)$
- No aprovechado =  $H_a + H_c = Q_a * (T_a - T_o) + Q_c * (T_c - T_o)$
- Transformación =  $H_t = Q_t * (T_t - T_o)$  [si hay vapor sobrecalentado ver teoría sobre transformación]
- Pérdidas =  $H_p = H - (H_r + H_t + H_a + H_c)$ , obtenidas por diferencia del balance entálpico

Además:

ELECTRICIDAD (producida con geotermia) = **Transformación \* Eficiencia**

Si los flujos son desconocidos la eficiencia puede estimarse como 27% para estimar transformación que se iguala a producción; no aprovechado y pérdidas = 0.

## **ANEXO IV. ENERGÍAS NO COMERCIALES**

En muchos países la leña, los desechos 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 V. TRATAMIENTO DE LA COGENERACIÓN<sup>7</sup>**

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 Autoproductores 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 Autoproducer 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

---

<sup>7</sup> Fuente Joao Patusco (Asesor SIEE Brasil); COGEN, España

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".

$$a) \text{ RTC} = (E + Cp) / C$$

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"

$$b) \text{ REE} = E/Ce$$

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).

$$c) \text{ RTR} = Cp/Cc \quad \text{donde } Cc \text{ es el calor que debería ser suministrado a la caldera para la generación de calor de proceso (vapor) en un sistema convencional.}$$

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)  $C_e = C - C_c$
- e)  $C_c = C_p/RTR$
- f)  $REE = E / (C - C_p/RTR)$

#### 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 está 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 Autoproductor 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.

$$PC \text{ del bagazo de caña} = 1900 \text{ Kcal/Kg} = 1.9 \text{ Gcal/ton}$$

$$\text{PC de la electricidad} = 860 \text{ Kcal/kWh} = 0.86 \text{ Gcal/MWh}$$

$$0.86 * 20000 * 17200 \text{ Gcal} ==> \text{electricidad en Gcal}$$

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 Autoproductor 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.

$$\text{PC del fuel oil} = 10100 \text{ Kcal/Kg} = 10.1 \text{ Gcal/ton}$$

$$\text{PC del gas natural} = 9000 \text{ Kcal/m}^3 = 9000.0 \text{ Gcal/millón m}^3$$

$$\text{PC del carbón mineral} = 7000 \text{ Kcal/Kg} = 7.0 \text{ Gcal/ton}$$

$$\text{PC de la electricidad} = 860 \text{ Kcal/kWh} = 0.86 \text{ Gcal/MWh}$$

$$0.86 * 15000 = 12900 \text{ Gcal de electricidad}$$

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
20*9,000	=	180,000 Gcal de gas natural
30,000*7	=	210,000 Gcal de carbón mineral
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 VI. ENERGÍA EÓLICA<sup>8</sup>

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".

$$P = k \cdot S \cdot v^3$$

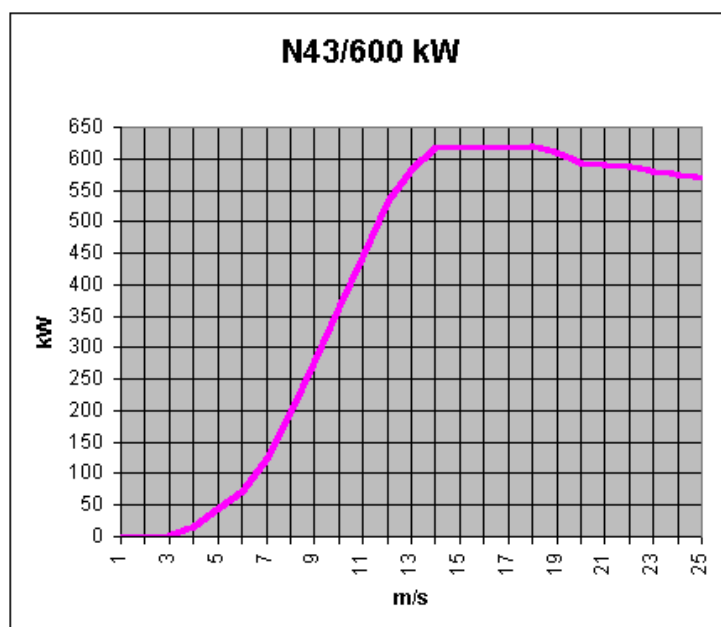
---

<sup>8</sup> Fuente: Luis Delfín Gómez, ICEBA, España, junio de 2000

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, por ejemplo en la gráfica se puede observar la curva de potencia de un Nordex N-43 de 600 kW de potencia nominal. En ella se aprecia que entre 13 y 25 m/s el generador produce 600 kW.



## **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