

Simulación de Medidas de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Transporte de América Latina y el Caribe al Año 2030



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

Simulación de Medidas de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Transporte de América Latina y el Caribe al Año 2030

OLADE, 2013

Comité Revisor:

Victorio Oxilia Dávalos, Secretario Ejecutivo

Néstor Luna, Director de Estudios y Proyectos

Christian Parra, Consultor de Desarrollo Energético Sostenible y Eficiencia Energética

Erika García, Especialista en Eficiencia Energética

Autores:

Fabio García, Especialista, Dirección de Estudios y Proyectos

Pablo Garcés, Especialista, Dirección de Estudios y Proyectos

Diseño y diagramación:

Patricio Izquierdo

Se permite la reproducción total o parcial de este documento a condición de que se mencione la fuente

Quito, Ecuador, mayo 2013

**Simulación de Medidas de Eficiencia Energética
en los Sectores Industrial y Transporte
de América Latina y el Caribe al Año 2030**

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	5
2. HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN	7
3. CONFIGURACIÓN GENERAL DEL ESTUDIO	9
3.2. Configuración del escenario Base	9
3.2.1. Balance de energía final	9
3.2.2. Factores de emisión de CO ₂	11
3.2.3. Eficiencias relativas en el consumo final	11
3.2.4. Reservas probadas de fuentes de energía fósil	14
3.2.5. Potenciales de fuentes renovables	14
3.3. Escenario proyectado	14
3.4. Otras variables de entrada	17
3.5. Estimación de la demanda de energía útil	17
4. SIMULACIÓN DEL SECTOR TRANSPORTE	19
4.1. Sustitución de combustibles fósiles tradicionales	20
4.2. Sustitución de tecnologías de transporte en el escenario simulado	20
4.3. Resultados de la simulación	21
5. SIMULACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL	23
5.1. Sustitución de leña por electricidad y gas natural	24
5.2. Innovación tecnológica en el sector industrial	24
5.3. Resultados de la simulación	25
6. SIMULACIÓN DE LA OFERTA DE ENERGÍA	27
7. INDICADORES FINALES DE LA MATRIZ ENERGÉTICA REGIONAL AL AÑO 2030	29
8. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA	31
8.1. ¿Qué es la norma ISO 50001?	35
8.2. Estructura de la norma	36
8.3. Objetivos de la implementación de la norma	38
8.4. Certificación ISO 50001	38

1. PRESENTACIÓN

Los tres ejes fundamentales del desarrollo sostenible son Sociedad, Economía y Ambiente, en los cuales el sector energético tiene un efecto directo y transversal.

Las políticas regionales y mundiales de desarrollo energético en concordancia con los Objetivos del Milenio y la Iniciativa SE4ALL¹ (Energía Sostenible Para Todos) impulsada por Naciones Unidas, apuntan a lograr como metas principales, el acceso universal a los servicios energéticos modernos, duplicar la participación de las fuentes de energía renovable y duplicar la razón de eficiencia energética hasta el año 2030.

Si bien estos objetivos son loables, necesarios y a simple vista alcanzables, en todo sistema energético estable, se generan durante su evolución, fuerzas inerciales que no solamente dependen de la política o voluntad de quienes tienen el poder de regular o controlar los mercados energéticos, sino también de las condiciones geo-económicas y naturales donde se desarrollan dichos mercados.

Por otra parte, toda medida que afecte directamente los flujos normales en cualquier punto de la cadena energética, generan perturbaciones y desequilibrio en todo el sistema, por lo que es necesario analizar éstas repercusiones y las medidas complementarias para que el sistema regrese al equilibrio.

No hay que olvidar tampoco, que las leyes termodinámicas, imponen límites de eficiencia en los procesos de conversión de energía, para las diferentes tecnologías, por lo que las metas de mejoramiento en eficiencia energética, deben estar siempre circunscritas a dichos límites.

El presente documento tiene como objetivo exponer los resultados de una simulación integral de la matriz energética de América Latina y el Caribe al año 2030, bajo la hipótesis de una aplicación generalizada de programas de eficiencia energética y penetración de energías renovables, focalizada en los sectores de consumo: transporte e industria.

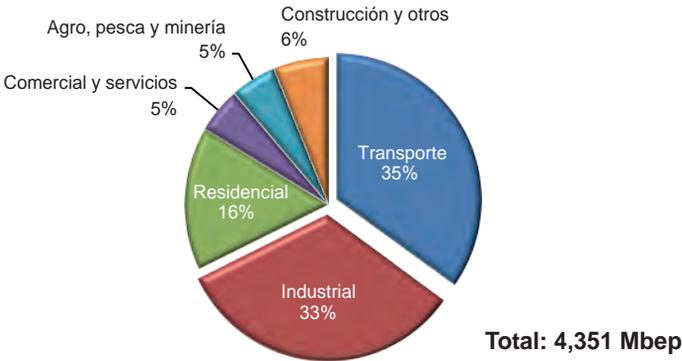
Se ha seleccionado estos dos sectores, dado la alta representatividad que tienen en la estructura del consumo final de energía en la Región, como se

¹ <http://www.sustainableenergyforall.org/>

puede observar en la Figura No. 1, y su evidente mayor responsabilidad en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector energético. (Figura No.2).

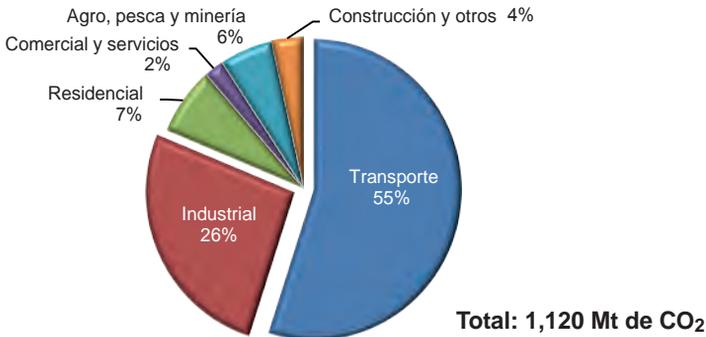
Como complemento, se presenta además una breve descripción de sistemas de gestión de la energía, y la certificación internacional ISO 50001, la misma que empieza a constituirse como una herramienta clave en la mejora de la eficiencia energética principalmente en el sector industrial.

Figura No. 1 Estructura sectorial del consumo final en América Latina y el Caribe, al año 2011



Fuente: SIEE-OLADE, 2013, datos del año 2011.

Figura No. 2 Participación sectorial en las emisiones de CO2 del sector energético en América Latina y el Caribe, al año 2011.



Fuente: SIEE-OLADE, 2013, datos del año 2011.

2. HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN

Para la realización del presente estudio, se ha utilizado como herramienta informática el Modelo de Simulación y Análisis de la Matriz Energética – SAME. Software desarrollado por OLADE, que permite obtener un panorama integral de los efectos que una determinada política en el sector energético, aplicada a corto, mediano o largo plazo, produce sobre algunos indicadores de la matriz energética de un país o una región.

Los indicadores a ser analizados para el caso del presente estudio son: el equilibrio del balance energético, el factor medio de emisión de gases de efecto invernadero, el índice de renovabilidad de la oferta de energía, el índice de suficiencia o soberanía energética, la eficiencia energética media en el consumo final, la estructura por fuentes del consumo final y reservas remanentes de fuentes fósiles².

Un estudio de caso, utilizando este modelo, consiste básicamente en definir tres escenarios o estados factibles de la matriz energética del país o la región a ser analizada, de la forma como se describe a continuación:

El escenario base, es por lo general el estado histórico más reciente de la matriz energética, para el cual se dispone de información completa y validada, sobre los flujos en la cadena energética, las capacidades de abastecimiento, las reservas de fuentes fósiles, potenciales de fuentes de energía renovable, costos unitarios de abastecimiento y factores de emisión de (GEI).

El escenario proyectado, es una proyección a futuro del escenario base en un horizonte determinado, que puede ser considerado como el escenario tendencial del estudio “business as usual”, dado que en general se mantiene

² **Factor medio de emisión de Gases de Efecto Invernadero:** masa de gases emitidos dividida para la oferta total interna de energía.

Equilibrio del balance energético: Relación de igualdad entre la oferta y la demanda de las fuentes de energía dentro de un país o una región.

Índice de renovabilidad de la oferta de energía: fracción de la oferta interna de energía, que proviene de fuentes renovables.

Índice de suficiencia o soberanía energética: producción de fuentes de energía primaria, dividida para la oferta total interna de energía.

Eficiencia energética media del consumo final: energía útil demandada dividida para el consumo final de fuentes de energía.

Estructura por fuentes del consumo final: participación porcentual de cada una de las fuentes de energía utilizadas en un determinado sector de consumo.

Reservas remanentes de fuentes fósiles: reservas probadas contabilizadas en el año inicial de un período menos la producción primaria acumulada hasta el año final de dicho período.

toda la estructura relacional de la matriz energética.

El escenario simulado, es donde, a partir del escenario proyectado, se registran las modificaciones realizadas en las diferentes variables de la matriz energética, para representar las políticas específicas de desarrollo, aplicadas tanto en el consumo como en la oferta de energía, con la consecuente variación de los indicadores.

Luego de la configuración del escenario base, la proyección hacia el futuro y la simulación de las políticas de desarrollo, se procede a la comparación de los indicadores de la matriz energética para evaluar si dichas políticas tienen efectos positivos o negativos.

3. CONFIGURACIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

3.1. Variables de Entrada

La información mínima necesaria para cumplir con el objetivo del estudio propuesto es la siguiente:

- Balance de energía final.
- Factores de emisión de CO₂ por el método de tecnologías.
- Eficiencias relativas de las tecnologías de consumo final.
- Reservas probadas de fuentes fósiles.
- Potenciales de fuentes de energía renovable.

Cabe resaltar que no se incluye en el análisis el aspecto económico del abastecimiento de la demanda, ni la expansión de la infraestructura de oferta, por lo que no se requieren datos de costos unitarios de oferta de energía ni de capacidad instalada.

3.2. Configuración del escenario Base

Se ha seleccionado para este escenario el estado de la matriz energética regional de América Latina y el Caribe para el año 2011, por ser el año histórico más reciente para el cual OLADE dispone de información completa y validada, en su Sistema de Información Económica Energética SIEE-OLADE.

Para este escenario fueron ingresadas al Modelo SAME cada una de las variables de entrada mencionadas en el punto anterior.

3.2.1. Balance de energía final

Se ingresaron los datos del balance de energía final de América Latina y el Caribe para el año 2011, detallado por fuentes de energía. Para referencia se presenta en la Tabla No. 1, dicho balance agregado por grupos energéticos. Todos los flujos del balance energéticos están medidos en millones de barriles equivalentes de petróleo (Mbep).

Tabla No. 1 Balance resumido de energía final de América Latina y el Caribe, escenario base (año 2011)

	Petróleo y derivados	Gas natural	Gas carbón mineral y coque	Nuclear	Hidroenergía	Biomasa renovables	Otras renovables	Electricidad	TOTAL
OFERTA									
Producción primaria	3 787	1 871	483	48	0	824	123	0	7 136
Importación	1 056	257	217	10	0	0	0	33	1 572
Exportación	-2 839	-221	-424	0	0	-1	0	-36	-3 071
Variación de Inventarios	-15	-10	-21	5	0	0	-1	0	-41
No aprovechado	-2	-222	0	0	0	-7	0	0	-231
Oferta de energía directa	0	0	0	0	515	0	44	0	559
OFERTA TOTAL	2 437	1 675	255	63	515	816	166	-3	5 924
TRANSFORMACIÓN									
Centrales eléctricas	-244	-288	-125	-62	-499	-8	-43	746	-523
Autoproducidos	-25	-154	-2	0	-16	-52	-24	148	-125
Refinerías	-88	-10	46	0	0	0	0	0	-52
Tratamiento de gas	221	-240	0	0	0	0	0	0	-19
Carboneras	0	0	0	0	0	-40	0	0	-40
Coquerías	14	0	-31	0	0	0	0	0	-17
Destilerías de etanol	0	0	0	0	0	-4	0	0	-4
Otros centros de transf.	38	-6	0	0	0	0	-36	0	-4
TRANSFORMACIÓN TOTAL	-85	-697	-112	-62	-515	-103	-104	894	-784
CONSUMO PROPIO	-109	-223	-3	0	0	-75	0	-38	-448
CONSUMO FINAL									
Sector transporte	-1 369	-41	0	0	0	-106	0	-3	-1 519
Sector industrial	-271	-375	-134	0	0	-270	-55	-320	-1 425
Sector residencial	-158	-89	0	0	0	-249	-3	-189	-687
Otros sectores	-344	-87	-3	0	0	-9	-1	-151	-594
CONSUMO FINAL TOTAL	-2 142	-591	-138	0	0	-633	-58	-663	-4 225
PÉRDIDAS									
Pérdidas	-11	-17	-1	0	0	-1	0	-133	-163
PÉRDIDAS TOTALES	-11	-17	-1	0	0	-1	0	-133	-163
AJUSTE	91	147	2	0	0	4	4	57	305

Fuente: SIEE-OLADE, año 2013, datos del año 2011.

3.2.2. Factores de emisión de CO₂

Siendo uno de los objetivos principales de la eficiencia energética, disminuir la emisión de gases y partículas derivadas de la quema de combustibles en las actividades del sector energético, es importante analizar en el estudio el factor medio de emisión de gases de efecto invernadero, para los tres escenarios generados (base, proyectado y simulado). Por efecto de mayor relevancia, será analizada solamente la emisión de dióxido de carbono (CO₂).

El factor medio de emisión de un contaminante total del sistema energético, se entiende como la relación entre la masa de contaminante liberado a la atmósfera y la oferta total interna de energía.

Para el caso del CO₂ la fórmula del factor medio de emisión se expresa de la siguiente forma:

$$FE = m_{CO_2}/OTE$$

Donde:

m_{CO₂} = Masa total de CO₂ liberado a la atmósfera por el sistema energético (kt)

OTE = Oferta total de energía interna del sistema (Mbep)

FECO₂ = Factor medio de emisión de CO₂ (t/kbep)

La masa total de CO₂ liberado a la atmósfera, es la sumatoria del producto del flujo energético en Mbep por cada actividad, tecnología, uso y fuente de energía y su respectivo factor de emisión (método de tecnologías³). Para el estudio se han empleado factores de emisión de referencia disponibles en OLADE.

3.2.3. Eficiencias relativas en el consumo final

La eficiencia energética en el consumo final, es la relación entre la demanda de energía útil en cada uso final y el consumo o gasto de la fuente de energía para cubrir esta demanda en unidades calóricas.

$$EE = EU/EF$$

Donde:

EE = Eficiencia energética

EU = Energía útil

EF = Energía final

³ Método propuesto por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, donde los factores de emisión dependen de la fuente de energía y de la tecnología de uso.

Dada la dificultad de disponer de información base sobre la demanda de energía útil para toda la Región y con el objetivo de medir el incremento en la razón de eficiencia energética en el lado del consumo hasta el año 2030, se tomaron como punto de partida eficiencias relativas entre las tecnologías de consumo para cada uso final y fuente de energía.

El método propuesto consiste en asignar el valor uno (100%) para la tecnología más eficiente en un determinado uso final, que por lo general es la electricidad (cuando es aplicable). Las otras tecnologías (con otras fuentes), toman valores relativos que indican en qué proporción son menos eficientes que la tecnología de referencia.

Dado que el presente análisis se focaliza en los sectores “Transporte” e “Industria”, se han definido para cada uno de ellos, dos tecnologías, una convencional y otra eficiente. Se asume que todos los flujos de consumo final en el año base, se dieron bajo la tecnología convencional y se reserva la tecnología eficiente para las transferencias tecnológicas esperadas hasta el año 2030.

El objetivo de este método, es observar como los sectores analizados, mejoran su consumo energético, al pasar de la tecnología convencional a la tecnología eficiente.

En las tablas No. 2 y No. 3, se indican las eficiencias relativas consideradas, para las tecnologías y fuentes utilizadas en los sectores transporte e industria respectivamente.

Tabla No. 2 Eficiencias relativas en el sector transporte

Fuente	Tecnología Convencional	Tecnología Eficiente	Diferencia
Electricidad	95%	100%	5%
Gas natural	60%	70%	10%
Diesel oil	50%	70%	20%
Kerosene y jet fuel	50%	60%	10%
Gasolina	40%	60%	20%
Biocombustibles	35%	40%	5%
Otras fuentes	30%	35%	5%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla No. 2, el valor referencial del 100% fue asignado a la tecnología eficiente del transporte eléctrico, que se supone estará

disponible en el año 2030. En este caso la diferencia respecto a la tecnología convencional, es relativamente pequeña, debido a que se considera que la electricidad es ya en la actualidad una fuente eficiente y por lo tanto no se esperaría una mejora sustancial.

Por el contrario, para el caso de la gasolina y el diesel, se supone que por ser las fuentes de mayor uso en este sector, las políticas y adelantos tecnológicos hasta el 2030, estarán principalmente orientados a mejorar la eficiencia en el uso de estas fuentes, mediante medidas como: mejora de la calidad de los combustibles, diseño de carrocerías más livianas y aerodinámicas, optimización de la combustión interna mediante ordenadores, mejora en las vías de circulación y ordenamiento del tránsito, mayor capacitación para conducción eficiente de los vehículos, etc.

Tabla No. 3 Eficiencias relativas en el sector industrial

Fuente	Tecnología Convencional	Tecnología Eficiente	Diferencia
Electricidad	75%	100%	25%
Gas natural	70%	90%	20%
Diesel oil	55%	70%	15%
Fuel oil	50%	60%	10%
Coque	45%	50%	5%
Otras fuentes	40%	45%	5%
Productos de caña	35%	40%	5%
Leña	30%	35%	5%

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, para el caso del sector industrial, se toma como tecnología relativamente más eficiente, la que usará electricidad en el año 2030 (Tabla No. 3), sin embargo dada la importancia de esta fuente en este sector, se considera que muchos avances tecnológicos podrán focalizarse en lograr significativos ahorros en el consumo energético de maquinaria y equipo eléctrico.

Por otra parte, el uso de combustibles gaseosos como el gas natural, tienen mucho potencial en el incremento de la eficiencia energética, puesto que sus procesos de combustión son mucho más simples y directos que los correspondientes a los combustibles líquidos, facilitándose la reducción de pérdidas.

En respaldo a estas hipótesis, se ha dado énfasis especial a la Norma ISO

50001, cuyo sistema de gestión de la energía, se describe en el apartado 8 de este documento.

3.2.4. Reservas probadas de fuentes de energía fósil

Otro indicador que es importante analizar en el estudio, es el alcance de las reservas probadas de fuentes fósiles disponibles en el año base, puesto que algunos de estos volúmenes podrán no ser suficientes para sostener la producción acumulada hasta el año 2030.

Los valores que fueron registrados para el año 2011, se muestran a continuación en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4 Reservas probadas de fuentes de energía fósiles al año 2011

Fuente	Reservas (Mbep)
Petróleo	335 079
Gas natural	47 653
Carbón mineral	69 292
Nuclear	32 645

Fuente: SIEE-OLADE, año 2013, datos del año 2011.

3.2.5. Potenciales de fuentes renovables

Debido a los altos potenciales de energías renovables a nivel regional el estudio no considera límites en el uso de estos recursos.

Tabla No. 5 Potenciales de energía renovable para generación eléctrica en el año 2011

Fuente	Potencial (GW)
Hydroenergía	694
Geotermia	36
Eólica	536

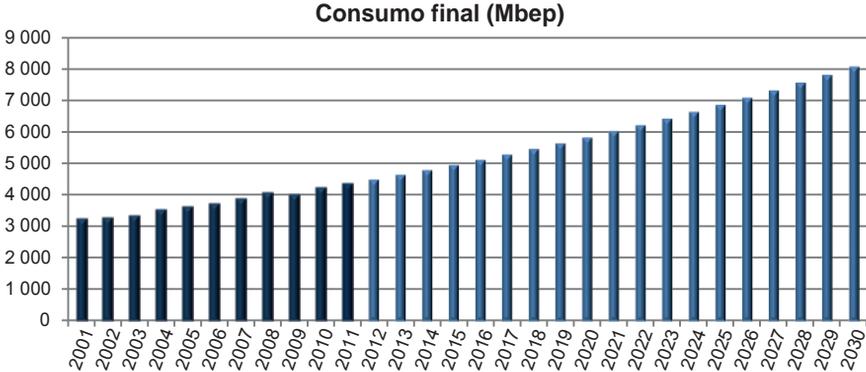
Fuentes: SIEE-OLADE, GWEC, GEA.

3.3. Escenario proyectado

En el último estudio de prospectiva regional realizado por OLADE en el año 2009 con año base 2007 y horizonte al 2032, se estimó una tasa promedio de

crecimiento anual del consumo final en América Latina y el Caribe, de 2.6% para un escenario tendencial y 3% para un escenario de alto desarrollo, sin embargo, considerando la aceleración económica que ha experimentado la Región a partir de la crisis mundial de los años 2008 y 2009, y la tasa de crecimiento del consumo en los últimos 3 años, se ha decidido considerar una tasa promedio de crecimiento anual de 3.3% a partir del año 2011 para efecto del escenario proyectado en el presente análisis.

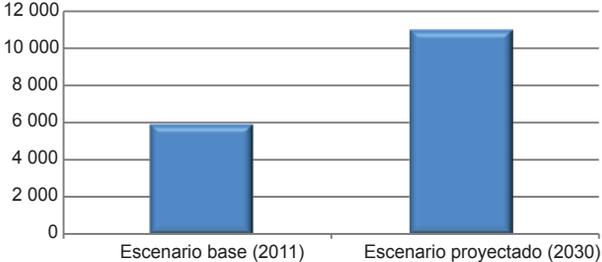
Figura No. 3 Evolución histórica y proyección del consumo final energético en América Latina y El Caribe al año 2030



Fuentes: SIEE-OLADE, 2013, y Escenarios Energéticos al 2032, OLADE, 2009.

La tasa de crecimiento promedio anual antes mencionada hasta el 2030, produce un incremento total de todos los flujos del balance energético en un 85% respecto al año 2011, lo que coincide con la estimación realizada por la Agencia Internacional de Energía (AIE) que prevé que la demanda de energía en la Región, llegaría prácticamente a duplicarse hasta el 2030.

Figura No. 4 Oferta total de energía, escenarios base y proyectado (Mbp)



Fuente: Simulación SAME.

Tabla No. 6 Balance resumido de energía final de América Latina y El Caribe, escenario proyectado (año 2030).

	Petróleo y derivados	Gas natural	Carbón mineral y coque	Nuclear	Hidroenergía	Biomasa renovables	Otras renovables	Electricidad	TOTAL
OFERTA									
Producción primaria	7 018	3 467	895	89	0	1 527	229	0	13 224
Importación	1 956	475	402	18	0	0	0	62	2 912
Exportación	-4 427	-409	-786	0	0	-2	0	-67	-5 691
Variación de inventarios	-28	-18	-38	9	0	0	-1	0	-76
No aprovechado	-3	-412	0	0	0	-12	0	0	-428
Oferta de energía directa	0	0	0	0	955	0	81	0	1 036
OFERTA TOTAL	4 516	3 104	473	116	955	1 513	308	-5	10 979
TRANSFORMACIÓN									
Centrales eléctricas	-452	-534	-232	-115	-926	-14	-80	1 383	-969
Autoprodutores	-46	-284	-3	0	-30	-96	-45	273	-231
Refinerías	-164	-18	85	0	0	0	0	0	-97
Tratamiento de gas	410	-445	0	0	0	0	0	0	-35
Carboneras	0	0	0	0	0	-74	0	0	-74
Coquerías	25	0	-57	0	0	0	0	0	-32
Destilerías de etanol	0	0	0	0	0	-6	0	0	-7
Otros centros de transf.	71	-11	0	0	0	0	-67	0	-7
TRANSFORMACIÓN TOTAL	-157	-1 291	-207	-115	-955	-191	-193	1 656	-1 453
CONSUMO PROPIO	-202	-413	-6	0	0	-139	0	-70	-830
CONSUMO FINAL									
Sector transporte	-2 537	-76	0	0	0	-197	0	-5	-2 815
Sector industrial	-502	-695	-248	0	0	-499	-102	-594	-2 641
Sector residencial	-292	-164	-1	0	0	-461	-5	-351	-1 273
Otros sectores	-637	-160	-6	0	0	-17	-1	-279	-1 101
CONSUMO FINAL TOTAL	-3 969	-1 095	-255	0	0	-1 174	-108	-1 229	-7 830
PÉRDIDAS									
Pérdidas	-20	-32	-2	0	0	-2	0	-246	-302
PÉRDIDAS TOTALES	-20	-32	-2	0	0	-2	0	-246	-302
AJUSTE	169	272	4	1	0	7	7	105	565

Fuente: Simulación SAME.

3.4. Otras variables de entrada

Las demás variables de entrada como los factores de emisión de CO₂, las eficiencias relativas en el consumo, las reservas probadas de fuentes fósiles y los potenciales de energía renovable, se mantienen con los valores del escenario base.

3.5. Estimación de la demanda de energía útil

La demanda de energía útil en los sectores analizados, ha sido estimada utilizando las eficiencias relativas de la tecnología convencional.

$$EU_b = CF_b * EE_c$$

$$EU_p = CF_p * EE_c$$

Donde:

EU_b = Energía útil en el año base

EU_p = Energía útil en el año proyectado

CF_b = Consumo final en el año base

CF_p = Consumo final en el año proyectado

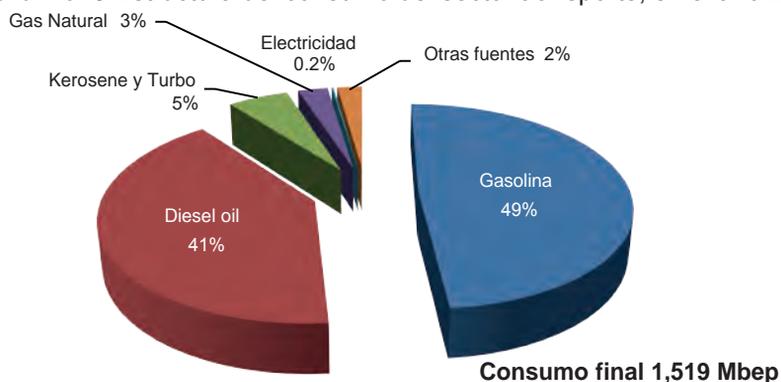
EE_c = Eficiencia relativa de las tecnologías convencionales.

La energía útil del año proyectado, se considera como la demanda que se deberá abastecer, con las diferentes fuentes y tecnologías de consumo al año 2030, una vez realizada la simulación.

4. SIMULACIÓN DEL SECTOR TRANSPORTE

Como se puede observar en la Figura No.5, las fuentes de energía más importantes en el sector transporte, en el escenario base, son la gasolina y el diesel, las cuales representan el 90% de la composición del consumo del sector.

Figura No. 5. Estructura del consumo del sector transporte, en el año 2011.



Fuente: SIEE-OLADE, 2013, datos del año 2011.

La simulación de este sector está orientada en primer lugar a sustituir parcialmente el consumo final de diesel y gasolina por fuentes alternativas como la electricidad, el gas natural y los biocombustibles; y en segundo lugar a representar la innovación tecnológica de un gran porcentaje del parque vehicular existente en el escenario base.

La penetración de electricidad se justifica por el importante potencial hidroeléctrico y de otras fuentes renovables con el que cuenta la Región y que participa en el año base con más del 50% en la producción de electricidad. Además, hay muy buenas perspectivas de oferta de vehículos eléctricos cada vez más económicos, tanto para el transporte privado como masivo.

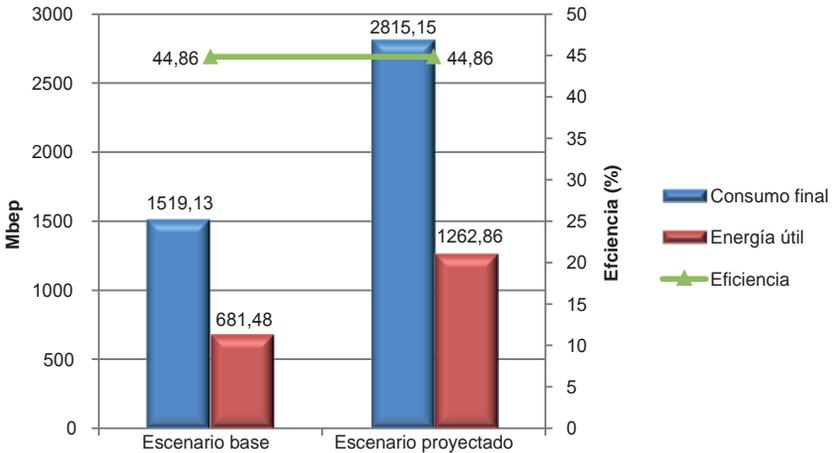
Por otra parte, el gas natural, considerado una fuente fósil limpia y económica, es adaptable tanto a los motores de gasolina como de diesel, mejorando su eficiencia de manera significativa y disminuyendo los volúmenes de contaminación.

Cabe anotar que si bien los biocombustibles, tienen eficiencias relativas menores a los combustibles fósiles tradicionales, contribuyen a mejorar los

índices de renovabilidad y de suficiencia de la matriz energética, y a la disminución de las emisiones de CO₂.

Como ya se mencionó, la demanda de energía útil que deberá ser abastecida luego de la simulación, corresponde a la del escenario proyectado al 2030, que para el sector transporte se ubica en 1,263 Mbep, que al ser comparada con la energía final proyectada en dicho escenario (2,815 Mbep), da como resultado una eficiencia media del sector transporte del 45%.

Figura No. 6 Consumo final y energía útil en el sector transporte



Fuente: Simulación SAME.

4.1. Sustitución de combustibles fósiles tradicionales

Para efectos de la simulación se consideró que un 30% del equivalente energético de la gasolina y el diesel consumido en el escenario proyectado con tecnología convencional, podrían ser sustituidos por electricidad, gas natural y biocombustibles, usando tecnología eficiente. Para alcanzar el nivel de energía útil del escenario proyectado, se introdujeron: 200 Mbep de electricidad, 100 Mbep de gas natural, 55 Mbep de etanol carburante y 50 Mbep de biodiesel.

4.2. Sustitución de tecnologías de transporte en el escenario simulado

En una segunda fase de la simulación del sector transporte, se consideró que en 19 años, respecto al año del escenario base, la mayor parte de los medios

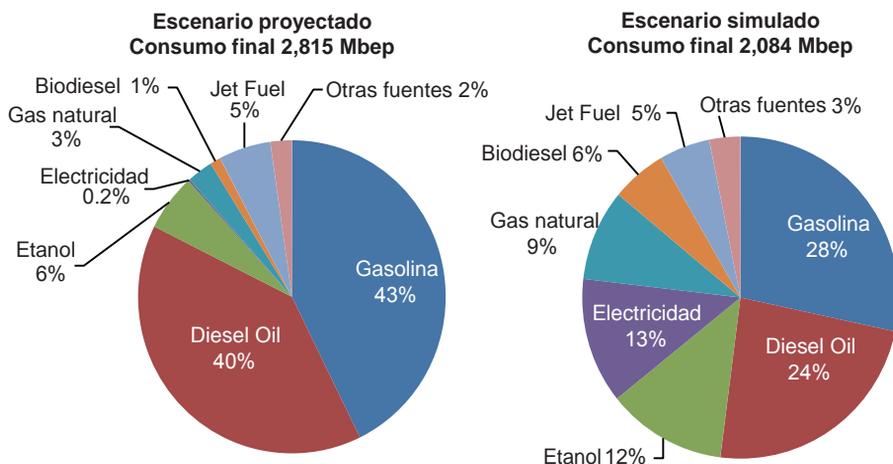
de transporte, habrán agotado su vida útil y por lo tanto serán sustituidos por tecnologías más eficientes. Bajo esta consideración, se procedió a trasladar el 80% de los flujos remanentes en la tecnología convencional a la tecnología eficiente.

Debido a la diferencia en las eficiencias entre ambas tecnologías, para cada una de las fuentes, se procuró incrementar su flujo de manera proporcional a su participación original.

4.3. Resultados de la simulación

Luego de la simulación, la estructura por fuentes correspondiente al escenario simulado, con respecto al escenario proyectado, experimentó la variación que se indica en la Figura No. 7, donde se puede observar como la electricidad, el gas natural y los biocombustibles, llegan a ocupar el 40% de la matriz de consumo, desplazando al diesel y la gasolina.

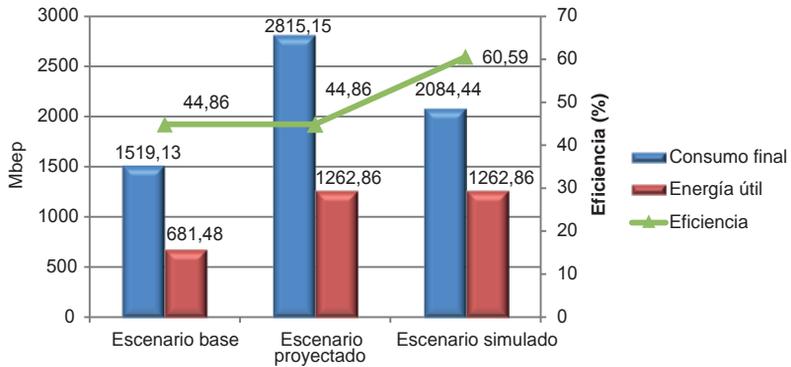
Figura No. 7 Estructura del consumo en el sector transporte en el año 2030.



Fuente: Simulación SAME.

La eficiencia energética media del sector se incrementa del 45% al 61%, permitiendo un ahorro de energía final de 730 Mbep, con respecto al escenario proyectado.

Figura No. 8 Eficiencia energética en el sector transporte, luego de la simulación



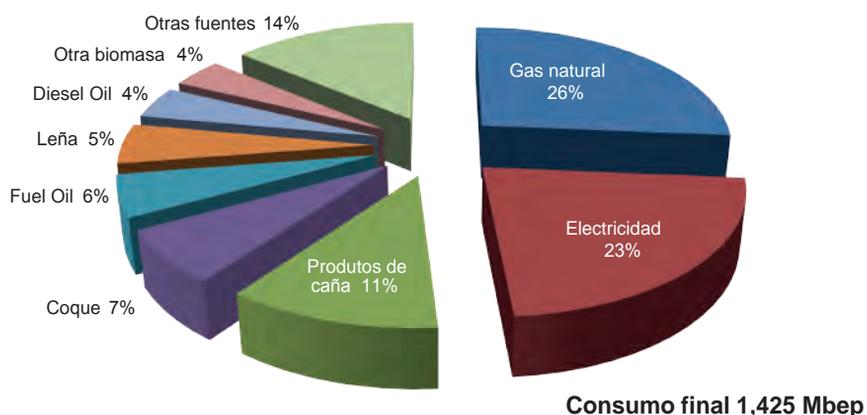
Fuente: Simulación SAME.

5. SIMULACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL

Para el sector industrial, la simulación consiste básicamente en la innovación tecnológica, aunque también se consideró el reemplazo de leña por electricidad y gas natural.

La principales fuentes de consumo en el sector industrial para el escenario base son la electricidad y el gas natural, ocupando casi el 50% de la matriz, como se puede observar en la Figura No. 9.

Figura No. 9 Estructura del consumo del sector industrial, en el año 2011.

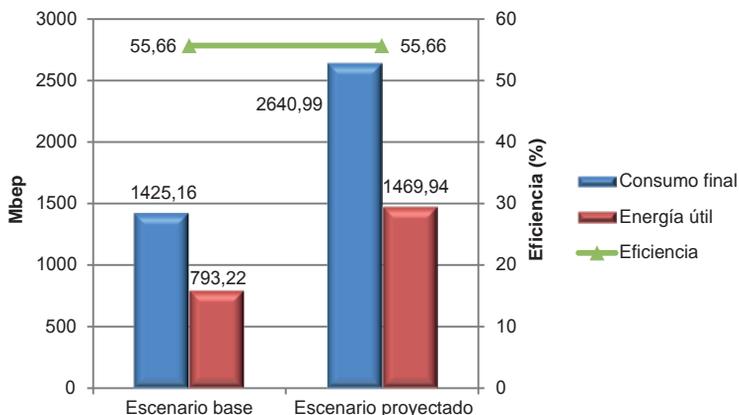


Fuente: SIEE-OLADE, 2013, datos del año 2011.

La hipótesis de una innovación tecnológica generalizada en este sector está justificada, por la existencia de la norma ISO 50001, que promueve los procesos de mejora continua en sistemas de gestión de la energía, (descrita en el apartado No. 8 de este trabajo), bajo la cual algunas industrias de la Región, ya se encuentran certificadas.

Igual que en la simulación del sector transporte, se asume que la energía útil que habrá que abastecer, es la del escenario proyectado al 2030, cuyo valor para el sector industrial es de 1,470 Mbep, que frente a los 2,641 Mbep de energía final, representa una eficiencia de 56% (ver Figura No. 10).

Figura No. 10 Consumo final y energía útil en el sector industrial



Fuente: Simulación SAME.

5.1. Sustitución de leña por electricidad y gas natural

Si bien la leña es una fuente de energía que por su naturaleza de biomasa, se la considera renovable y tiene factor de emisión de CO₂ neutro para un inventario nacional o regional, su combustión en condiciones inadecuadas y poco eficientes, puede tener impactos negativos sobre el ambiente y sobre la salud del entorno humano inmediato.

El uso de leña, está generalmente relacionado con la falta de acceso a fuentes de energía moderna, por lo cual se considera que hasta el año 2030, los programas de gestión eficiente de la energía, tenderán a disminuirlo o eliminarlo.

En el presente estudio, se ha simulado la sustitución total del uso de leña en el sector industrial, por electricidad y gas natural, para lo cual se introdujeron 15 Mbep de electricidad y 30 Mbep de gas natural, para reemplazar los 140 Mbep de consumo final de leña en el escenario proyectado y mantener el valor de energía útil de dicho escenario.

5.2. Innovación tecnológica en el sector industrial

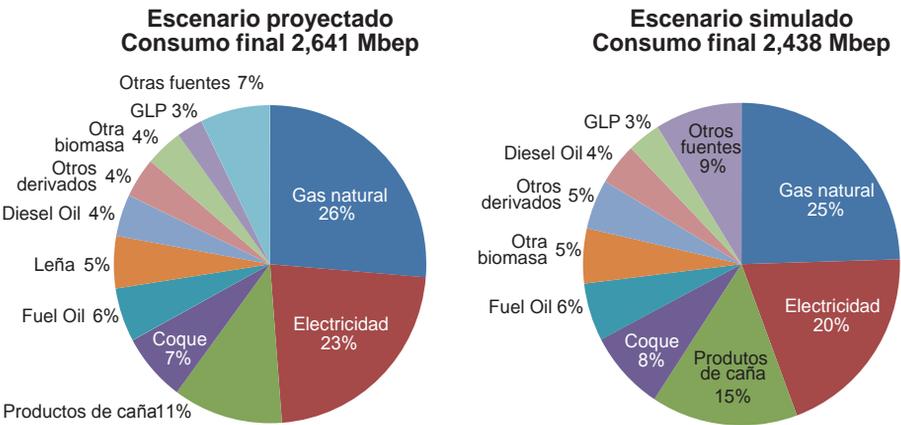
El estudio asume que un 50% de los establecimientos industriales de la Región, adoptan la norma ISO 50001 hasta el año 2030, por lo tanto el mismo porcentaje de los consumos finales remanentes en la tecnología convencional, fue transferido a la tecnología eficiente, de manera propor-

cional a su participación en la matriz de consumo original.

5.3. Resultados de la simulación

A diferencia del sector transporte donde las fuentes tradicionales (gasolina y diesel), pierden participación drásticamente, en el sector industrial la participación del gas natural y la electricidad sufren una variación muy moderada, debido principalmente al aumento de la eficiencia energética de sus tecnologías de uso final (ver Figura No. 11).

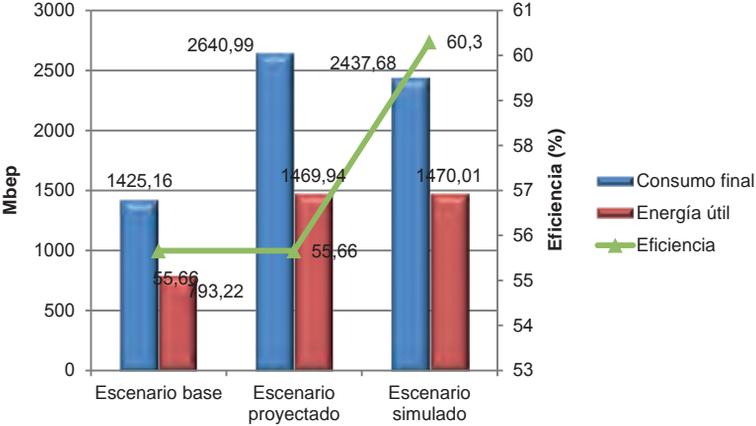
Figura No. 11 Estructura del consumo en el sector industrial en el año 2030



Fuente: Simulación SAME.

Gracias a la innovación tecnológica del 50% de los consumos finales en el sector industrial, la eficiencia energética media del sector se incrementó del 56% en el escenario proyectado, al 60% en el escenario simulado, generándose un ahorro en el consumo final de 203 Mbep.

Figura No. 12 Eficiencia energética en el sector industrial, luego de la simulación



Fuente: Simulación SAME.

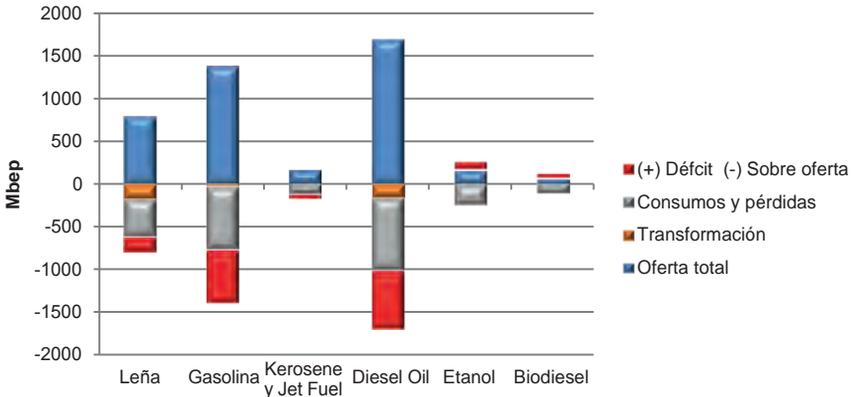
6. SIMULACIÓN DE LA OFERTA DE ENERGÍA

El escenario proyectado, al ser un escalamiento uniforme del escenario base, mantiene el equilibrio en el balance energético del mismo. Sin embargo, una vez realizada la simulación en los consumos finales de los sectores transporte e industria, este equilibrio se pierde y es necesario restaurarlo desde el lado de la oferta interna de energía.

Como se puede observar en la Figura No. 13, las fuentes que resultaron con mayor porcentaje de desequilibrio en el balance energético del escenario simulado, fueron: la leña, la gasolina, el kerosene y jet fuel y el diesel, el etanol y el biodiesel, con una sobre oferta para el caso de las fuentes que disminuyeron su consumo y un déficit para las que lo aumentaron (etanol y biodiesel).

En el caso de la electricidad, pese a que se incrementó su participación en el sector transporte, esta variación resultó contrarrestada con la disminución de su consumo en el sector industrial gracias al aumento de la eficiencia energética, por lo tanto no fue necesario realizar ningún cambio en la capacidad de generación proyectada, ni en la matriz de generación eléctrica.

Figura No. 13 Desequilibrio en el balance de energía, luego de la simulación del consumo final



Fuente: Simulación SAME.

Las medidas tomadas para restablecer el equilibrio en el balance energético fueron las siguientes:

a) Leña: se disminuyó directamente su producción hasta eliminar la sobre oferta (179 Mbep).

b) Gasolina: se eliminó completamente su importación (483 Mbep) y se duplicaron sus exportaciones.

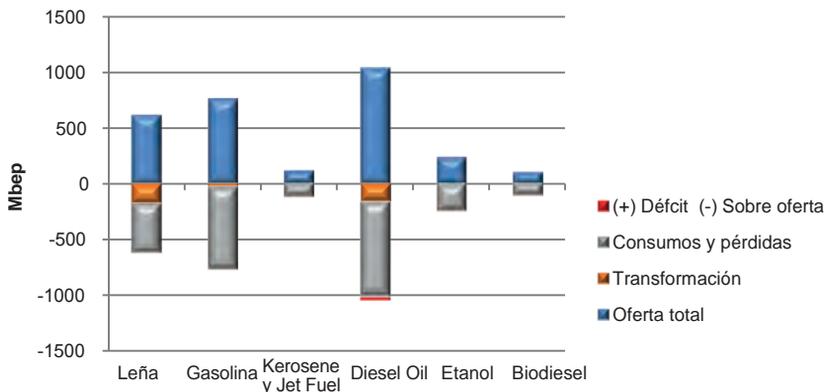
c) Kerosene y Jet fuel: se eliminó completamente su importación (46 Mbep).

d) Diesel oil: se eliminó completamente su importación (502 Mbep) y se duplicaron sus exportaciones.

e) Etanol: se aumentó su producción en un 55%, incrementando en el mismo porcentaje la producción y procesamiento de productos de caña.

f) Biodiesel: se incrementó en 75% la producción de biodiesel y en el mismo porcentaje la producción y procesamiento de su materia prima. Cabe aclarar que la eliminación de las importaciones no significa que ningún país de la Región tendrá la necesidad de importar, sino que dichas importaciones se darán solamente de forma intraregional.

Figura No. 14 Balance energético Equilibrado, luego de la simulación en la oferta interna de energía



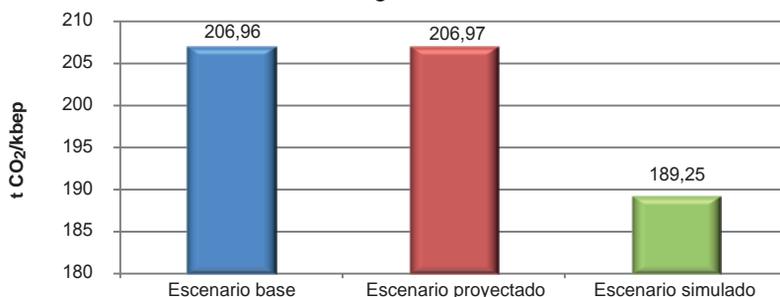
Fuente: Simulación SAME.

7. INDICADORES FINALES DE LA MATRIZ ENERGÉTICA REGIONAL AL AÑO 2030

Como resultado de la simulación realizada, tanto en los sectores de consumo final, como en la oferta de energía interna, se obtuvo la mejora en los siguientes indicadores de la matriz energética regional:

a) Se disminuyó en un 9% el factor medio de emisión de CO₂, como se observa en la Figura No. 15.

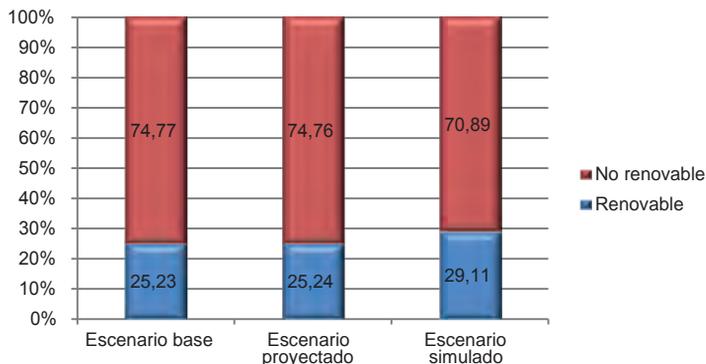
Figura No. 15 Factor medio de emisión de CO₂ del sistema energético regional



Fuente: Simulación SAME.

b) Se mejoró en un 4% el índice de renovabilidad de la oferta interna de energía gracias a la disminución de participación de fuentes fósiles. (Figura No. 16).

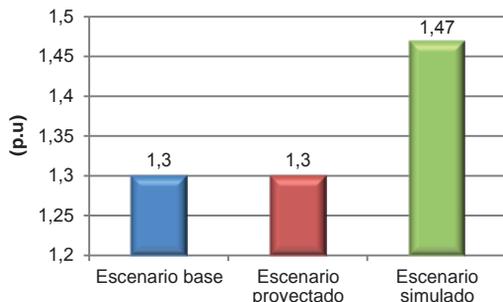
Figura No. 16 Índice de renovabilidad de la matriz energética regional



Fuente: Simulación SAME.

c) Evidente mejora del índice de suficiencia energética como resultado de la disminución de importaciones (Figura No. 17).

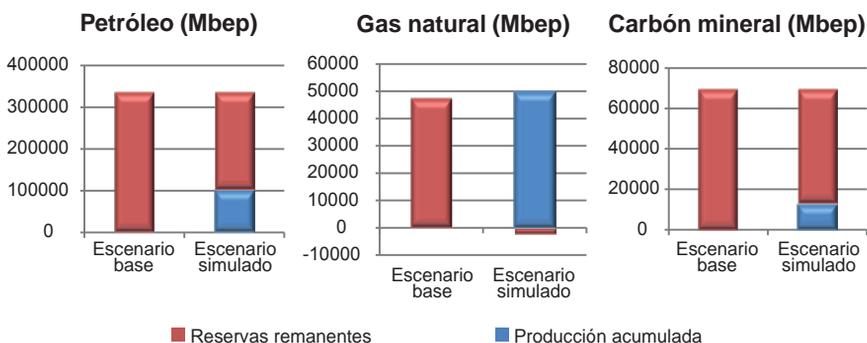
Figura No. 17 Índice de suficiencia energética de la matriz energética regional



Fuente. Simulación SAME.

Finalmente es importante analizar el alcance de las reservas probadas de fuentes fósiles del escenario base frente a la producción acumulada hasta el año 2030, con el escenario simulado. Como se puede observar en la Figura No. 18, solamente las reservas probadas de gas natural tienen la necesidad de ser incrementadas, a fin de poder disponer de este recurso hasta el año del escenario simulado.

Figura No. 18 Alcance de las reservas probadas de fuentes de energía fósiles



Fuente. Simulación SAME.

8. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

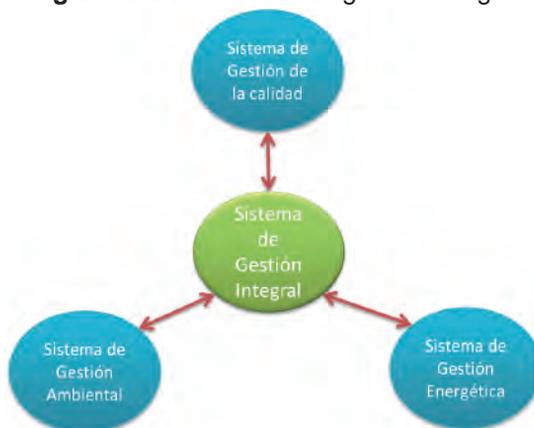
En la simulación del sector industrial, explicada en la sección 6, se consideró como una de las principales medidas de eficiencia energética, la implementación de Sistemas de Gestión de Energía y su certificación mediante la norma internacional ISO 50001, que se prevé tendrá un fuerte impacto respecto a la disminución del consumo energético en los establecimientos industriales al año 2030.

Un Sistema de Gestión de la Energía se puede definir como una estructura que permite la administración y mejora continua de políticas y procedimientos cuyo objetivo apunta hacia el uso racional y eficiente de la energía en una organización, independientemente del tamaño y las funciones de esta. Su aplicación es voluntaria y su éxito requiere de un alto nivel de compromiso de la organización.

En este sentido, un sistema de gestión energética asegura la mejora continua en base al análisis mensurable del uso energético en cada procedimiento y las acciones preventivas y correctivas que se desprendan con el objeto de hacer eficiente el consumo energético. Estas acciones incluyen la implementación tecnologías eficientes, reducción de las pérdidas de energía en los procesos, promoción de la eficiencia energética dentro de la organización, entre otras.

Un sistema de gestión energético se acopla perfectamente dentro de un sistema de gestión integral en conjunto con sistemas de gestión ambiental y sistemas de gestión de la calidad. Todos ellos basados en conceptos de mejora continua.

Figura No. 19 Sistema de gestión integral



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Fundación Mapfre.

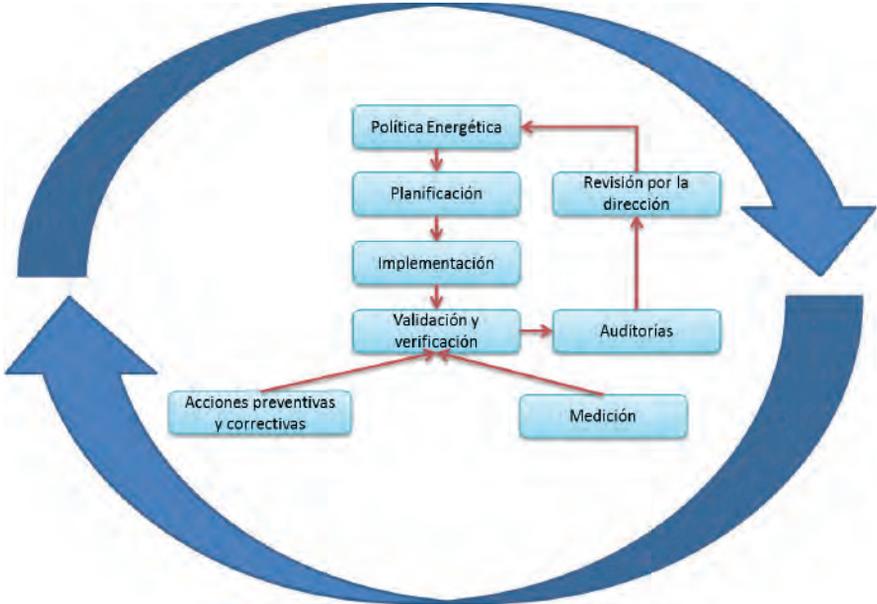
Los procesos de mejora continua aplican un ciclo conocido como PHVA (PDCA, ciclo Deming): Planificar, Hacer, Valorar, Ajustar, donde, la mejora de resultados es el objetivo permanente y su base es la autoevaluación.

En el caso de los sistemas de gestión energética el ciclo PHVA inicia concretando una planificación energética orientada hacia la consecución de los objetivos de uso racional y eficiencia en el consumo de energía, fijando indicadores medibles en los procesos.

Esta planificación debe llevarse a cabo (Hacer) con una preparación exhaustiva y sistemática de lo previsto y una verificación de la aplicación correcta de los procedimientos.

A posterior, se comprueba (Valorar) los logros obtenidos comparando las mediciones con los objetivos planteados, el ciclo se cierra haciendo los ajustes (Ajustar) necesarios para corregir desviaciones con los objetivos o conseguir mejoras en la eficiencia. El ciclo se esquematiza en la Figura No. 20.

Figura No. 20 Ciclo de mejora continua en Sistemas de Gestión Energética



Fuente: Elaboración propia en base a datos de ISO

Un sistema de gestión de energía puede estar certificado o no, pero,

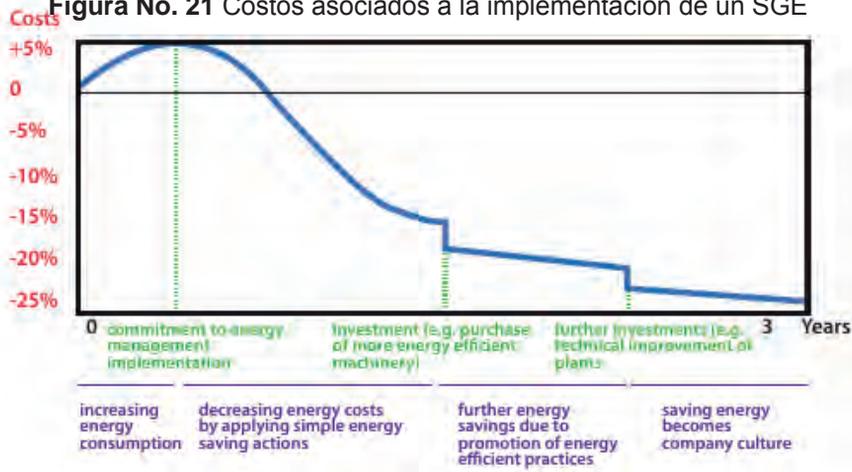
independiente de la certificación, si es correctamente implementado y tiene un fuerte compromiso de la alta dirección, arroja resultados beneficiosos para la organización mediante:

- La identificación y priorización de los usos energético de la organización.
- El establecimiento, medición y ajuste de objetivos de eficiencia y uso racional de la energía dentro de la organización.
- El cumplimiento de requisitos legales y normativas internas referidos a los usos de la energía.
- La participación de todo el personal en la consecución de los objetivos.
- El establecimiento de controles eficaces, herramientas de medición y evaluación de indicadores de desempeño.

La correcta implementación de un sistema de gestión de energía acarrea múltiples beneficios que van más allá de solamente el ahorro en el consumo energético. Algunos de ellos son:

- Beneficios ambientales: el uso racional y eficiente de la energía trae consigo la disminución de impactos ambientales fruto de la explotación y transformación de combustibles y, como se mencionó en líneas anteriores, es integrable con sistemas de gestión ambiental, mecanismos de desarrollo limpio y de reducciones de emisión de gases de efecto invernadero.
- Beneficios económicos: si bien, al inicio del establecimiento del sistema de gestión de la energía, los costos se incrementan (implementación, reemplazo por equipos eficientes, mecanismos de medición, capacitación, certificación, etc.), estos tenderán a decrecer rápidamente produciendo ahorros significativos que bien pueden acercarse al 25% al tercer año de establecido el sistema como puede apreciarse en la Figura siguiente:

Figura No. 21 Costos asociados a la implementación de un SGE



Fuente: SEI, *Sustainable Energy Ireland*.

- Mejoras de competitividad e imagen: asociado al beneficio económico proveniente de los ahorros en la factura energética, al final de cuentas, se traduce en menores costos de producción mejorando la competitividad. Por otra parte, un compromiso de eficiencia en el uso de la energía es valorado dentro de las medidas de responsabilidad social corporativa que es una de los elementos principales de imagen de una organización con el medio.
- Fomento a la innovación tecnológica: Resultado del proceso de mejora continua para alcanzar índices más elevados en eficiencia energética.
- Reducir el riesgo: Un mayor consumo energético trae asociado un mayor riesgo de abastecimiento y de volatilidad de precios de la energía que puede afectar de manera significativa a la rentabilidad.
- Reconocidos los beneficios que trae consigo la implantación de un sistema de gestión de la energía, nacen una variedad de iniciativas nacionales de estandarización. A petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), que reconoce la necesidad de establecer un estándar internacional, la organización ISO presenta oficialmente la norma internacional ISO 50001 de Sistemas de Gestión Energética el 17 de junio de 2011.

8.1. ¿Qué es la norma ISO 50001?

Es un estándar internacional de aplicación voluntaria desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual se aplica en Sistemas de Gestión de Energía.

ISO 50001 se basa en el modelo de sistema de gestión de la mejora continua por medio de la aplicación del Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) o ciclo Deming, el cual constituye la columna vertebral de todos los procesos de mejora continua:

Figura No. 22 Ciclo de mejora continua (PHVA, PDCA, Deming)



Fuente: *Taking the First Step with the Plan-Do-Check-Act Cycle*, Karn G. Bulsuk

Se caracteriza por ser un sistema integrable debido al alto nivel de compatibilidad con la norma ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión medioambiental), lo que resulta que se haga más fácil para las organizaciones implementar la gestión de la energía en sus esfuerzos generales para mejorar la calidad y la gestión ambiental.

ISO 50001 apoya a las organizaciones de todos los sectores que utilizan la energía de manera más eficiente, a través del desarrollo de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn).

Esta norma proporciona beneficios para organizaciones tanto grandes como pequeñas, ya sea en el sector público como privado en el sector manufacturero y de servicios en todas las regiones del mundo, es decir, es aplicable en la parte de la industria, en instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía.

8.2. Estructura de la norma

Respecto a los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión Energética, la norma, en su apartado 4, se organiza de la siguiente manera:

4. Requisitos del Sistema de Gestión Energética

4.1. Requisitos generales.

4.2. Política energética.

4.3. Planificación.

4.3.1. Identificación y evaluación de los aspectos energéticos.

4.3.2. Obligaciones legales y otros requisitos.

4.3.3. Objetivos, metas y programas energéticos.

4.4 Implementación y Operación

4.4.1. Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad.

4.4.2. Toma de conciencia, formación y competencia.

4.4.3. Comunicación.

4.4.4. Documentación del sistema de gestión energética.

4.4.5. Control de documentos.

4.4.6. Control operacional.

4.5. Verificación

4.5.1. Seguimiento y medición

4.5.2. Evaluación del Cumplimiento Legal

4.5.3. No Conformidad, acción correctiva y acción preventiva

4.5.4. Control de los registros

4.5.5. Auditoria del sistema de gestión energética

4.6. Revisión del Sistema de Gestión Energética

4.6.1. Generalidades

4.6.2. Elementos de entrada para las revisiones por la Dirección

4.6.3. Resultados de las revisiones por la Dirección

Entre los requisitos generales (4.1), ISO 50001 requiere el establecimiento,

documentación e implementación de un Sistema de Gestión Energética (SGE), la definición y documentación de los límites del alcance de su sistema y la determinación de la forma de cumplimiento de los requisitos de la norma en vista a la mejora continua de su sistema de gestión energética. En el alcance deben definirse todos los productos, actividades y servicios dentro del SGE identificando las fuentes energéticas utilizadas.

La política energética (4.2) deberá ser formulada por la alta dirección estableciendo el compromiso de la organización y asegurar el cumplimiento de esta.

Respecto a la planificación (4.3), en base a procedimientos, se deben identificar los aspectos energéticos en las actividades, productos, servicios y áreas donde se pueda tener control, determinar los consumos energéticos y las metas a alcanzar. La implementación y operación (4.4) requiere se detalle los recursos, funciones, responsabilidad y autoridad aplicables a cada procedimiento.

Los ejecutores deben tener competencia en la ejecución, recibir formación y tomar conciencia de su rol en el cumplimiento de las metas. Requiere el establecimiento de canales de comunicación interna para comunicar los objetivos, resultados y ajustes al sistema.

La verificación (4.5) es una etapa sustantiva en un proceso de mejora continua que tiene por objetivo la comprobación del cumplimiento de las metas establecidas y la identificación de desviaciones y oportunidades de mejora. De esta etapa deberán desprenderse acciones de corrección y mejora.

Una herramienta de verificación eficaz es la auditoría interna al sistema de gestión energética que permite conocer el grado de consecución de los objetivos de ahorro y eficiencia energética, el cumplimiento de la política energética y asegura que el sistema de gestión energética se mantiene de manera eficaz.

El proceso de implantación de los requisitos de la ISO 50001 se inicia con una auditoría de "línea base"; esta herramienta permite obtener un conocimiento fiable del consumo energético de la organización detectando los factores de consumo de energía e identificando las posibilidades de ahorro y priorizando las oportunidades. Tras ella, se establece la metodología necesaria para poder determinar los aspectos energéticos significativos, si existen obligaciones legales u otras de obligado cumplimiento y establecer la política

y los objetivos energéticos.

8.3. Objetivos de la implementación de la norma

Entre los principales se pueden destacar los siguientes:

Proporcionar a las organizaciones del sector público y privado estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir los costos y mejorar la eficiencia energética.

- Ayudar a las organizaciones a hacer un mejor uso de sus actuales recursos consumidores de energía.
- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover prácticas óptimas de gestión de energía y reforzar buenos comportamientos de gestión energética.
- Ayudar a las instalaciones a evaluar y priorizar la aplicación de las nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Proporcionar un marco para promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro.
- Facilitar la mejora de gestión de energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como medio ambiente, salud y seguridad.

Según la organización ISO, en vista de que la norma está dirigida principalmente a los sectores comercial e industrial, su implementación tendría un impacto positivo sobre aproximadamente un 60% del consumo energético mundial.

8.4. Certificación ISO 50001

La certificación es la acción llevada a cabo por una entidad independiente de las partes interesadas, mediante la cual se manifiesta que una organización, producto, proceso o servicio, cumple los requisitos definidos en unas normas

o especificaciones técnicas.

El valor de la certificación reside en el grado de confianza y fe pública que se logra con una evaluación imparcial y competente por una tercera parte.

Según datos presentados por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), en la actualidad, a nivel mundial se tiene un total de 1,734 empresas certificadas bajo ISO 50001, siendo Alemania el país con mayor porcentaje respecto al total. A continuación se muestra la distribución de organizaciones que han obtenido certificados por implementación de la Norma clasificadas por continente:

Tabla No. 7 Número de certificaciones por continente

Continente	Número de certificaciones
Europa	1 460
Asia	239
Canadá y EE.UU.	21
América Latina	11
África	3
TOTAL	1 734

Fuente: Organización Internacional de Estandarización (ISO).

América Latina y El Caribe, con 11 certificaciones en total, tiene a Brasil como el país con mayor porcentaje de empresas certificadas.

Tabla No. 8 Número de certificaciones por país en América Latina y El Caribe

País	Número de certificaciones
Argentina	2
Brasil	4
Chile	2
Costa Rica	1
México	1
Uruguay	1
TOTAL	11

Fuente: Organización Internacional de Estandarización (ISO).

Tabla No. 9 Países – Certificadoras en América Latina y El Caribe

País	Certificadora	Número de certificaciones
Argentina	TÜV Rheinland	1
Argentina	BSI	1
Brasil	SGS	1
Brasil	BVC	1
Brasil	BSI	2
Chile	AENOR	2
Costa Rica	NSAI	1
México	BSI	1
Uruguay	Inspecta	1
TOTAL		11

Fuente: Organización Internacional de Estandarización (ISO).

Se muestra a continuación, en la Tabla No. 10, la lista de empresas certificadoras y el número de certificados concedidos a nivel mundial.

Tabla No. 10 Número de certificaciones por empresa certificadora

Certificadora	Implementaciones
DQS	309
TÜV Rheinland	286
BSI	273
DNV	154
Otros	149
GUTcert	79
AENOR	61
DEKRA	41
LRQA	41
SQS	37
QA Austria	33
SP Certifiering	33
TÜV Nord	33
SGS	32
BVC	25
Certiquality	23
TÜV Süd	21
AFNOR certification	18
Intechnica	13
TÜV Hessen	12
DS certificering	11
NSAI	11
CertificationEurope	9
AGIMUS	8
KPMG Cert	8
TSE	8
CISQ	6
TOTAL	1734

Fuente: Organización Internacional de Estandarización (ISO)

REFERENCIAS

1. Sistema de Información Económica Energética SIEE
2. Agencia Internacional de Energía IEA
3. Organización Internacional de Estandarización (ISO)
4. Iniciativa SE4ALL Naciones Unidas
5. Escenarios Energéticos de América Latina y El Caribe, OLADE

PAISES MIEMBROS

América del Sur

Argentina
Brasil
Bolivia
Chile
Colombia
Ecuador
Paraguay
Perú
Uruguay
Venezuela

Caribe

Barbados
Cuba
Grenada
Guyana
Haití
Jamaica
Trinidad & Tobago
República Dominicana
Suriname

México y América Central

Belice
Costa Rica
El Salvador
Guatemala
Honduras
Nicaragua
Panamá
México

País participante

Argelia

Av. Mariscal Antonio José de Sucre
N58-63 y Fernández Salvador
Edificio **Olade**, Sector San Carlos
Casilla 17-11-6413
Quito - Ecuador

Telf. (593 2) 2598 122 / 2598 280
Fax (593 2) 2531 691

olade@olade.org
www.olade.org