



Guía ARPEL Índices de Energía en la Industria de Petróleo y Gas



Guía ARPEL
Índices de Energía en la Industria de Petróleo y Gas

Febrero de 2013



Índices de Energía en la Industria de Petróleo y Gas

Guía ARPEL MP01-2013

Febrero de 2013

Este documento fue concebido en el contexto del Proyecto de Eficiencia Energética, del Comité de Cambio Climático y Eficiencia Energética de ARPEL, como una versión actualizada de la Guía Ambiental de ARPEL n° 27 "*Estimación de índices de energía para instalaciones petroleras y de gas upstream y downstream*". El contenido y la revisión de esta nueva versión actualizada estuvieron a cargo del Comité de Cambio Climático y Eficiencia Energética de ARPEL.

Autores

José Manuel Perea Gaitan e Ignacio Botello Martínez (Repsol).

Revisores

- IPIECA (a través del Equipo de Emisiones del Grupo de Trabajo de Cambio Climático)
- César Augusto Buitrago, Luis Alberto Leal Castellanos y Julián Estévez Serrano (Ecopetrol)
- Cruz Ernesto Hernández Ramírez (Pemex)
- Eduardo Coelho Correa y Vicente Schmall (Petrobras)
- José Estrada Valverde, Juan del Carmen Gallarday Pretto y Alfredo Pinillos Cáceres (Petroperú)
- Paola Orozco Ballesteros y Jimmy Fernández Zúñiga (Recope)
- Irene Alfaro Barrios (ARPEL)

Derechos de autor

Los derechos de autor del presente documento, ya sea en su versión impresa o electrónica, pertenecen a la Asociación Regional de Empresas del Sector Petróleo, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL). Toda copia de este documento debe incluir este aviso sobre los derechos de autor. Al utilizar este documento en el futuro, el usuario le dará a ARPEL todos los créditos como fuente de información.

Exoneración de responsabilidad

Aunque se ha realizado todo el esfuerzo para asegurar la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni ARPEL, ni ninguno de sus socios asumirá responsabilidad alguna por cualquier uso que se haga de la misma. Cualquier referencia a nombres o marcas registradas no representa un endoso ni por los autores, ni por ARPEL o cualesquiera de sus socios.



INDICES DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS

Índice

1) <i>Introducción y objetivo de la guía</i>	1
2) <i>Indicadores de consumos de energía y de eficiencia energética</i>	2
a) <i>Consideraciones generales y conceptos básicos</i>	2
b) <i>Definiciones y principios de cálculo</i>	2
i. <i>Consumo real de energía de una instalación</i>	3
ii. <i>Parámetros de actividad</i>	3
iii. <i>Consumo específico</i>	3
iv. <i>Consumo teórico y línea de base para un conjunto de instalaciones</i>	3
v. <i>Indicador de intensidad energética</i>	4
3) <i>Sistemas de indicadores por actividad</i>	5
a) <i>Indicadores para las actividades de exploración y producción</i>	5
1. <i>Sistema de Indicadores de Ahorro de Energía (IAE)</i>	5
i. <i>Consumo real</i>	5
ii. <i>Parámetros de actividad</i>	6
iii. <i>Consumo teórico</i>	7
iv. <i>Indicador de energía</i>	8
2. <i>Sistema de indicadores de intensidad energética de CAPP</i>	8
i. <i>Consumo real</i>	8
ii. <i>Parámetros de actividad</i>	8
iii. <i>Consumos de referencia</i>	8
iv. <i>Indicador de Intensidad Energética de CAPP</i>	9
b) <i>Sistemas de indicadores para las actividades de refinación de petróleo</i>	9
i. <i>Indicadores de consumos y mermas – indicador de ahorro de energía</i>	10
a. <i>Consumos de energía (consumos y mermas)</i>	10
b. <i>Parámetros de actividad</i>	11
c. <i>Índice de consumo y mermas</i>	11
d. <i>Consumo de energía real</i>	11
e. <i>Consumo de energía teórico</i>	11
f. <i>Indicador de energía</i>	12
ii. <i>Índice de complejidad de Nelson</i>	12
iii. <i>Relación entre la complejidad y el consumo de energía</i>	13



iv.	Índice de intensidad energética (IIE) de Solomon	14
c)	Sistemas de indicadores para las actividades de petroquímica - Indicador de Ahorro de Energía (IAE)	15
i.	Parámetros de actividad	15
ii.	Consumo real	15
iii.	Consumo teórico	16
iv.	Indicador de energía	16
d)	Sistemas de indicadores para las actividades de envasado de GLP - Indicador de Ahorro de Energía (IAE)	16
i.	Consumo real	16
ii.	Parámetros de actividad	17
iii.	Consumo Específico (CE)	17
iv.	Consumo teórico	17
v.	Indicador de ahorro de energía	17
e)	Sistemas de indicadores para las actividades de venta de combustibles en estaciones de servicio	17
i.	Consumo real	17
ii.	Parámetros de actividad	17
iii.	Consumos específicos de referencia	18
iv.	Consumo teórico	18
v.	Indicador de intensidad energética	18
4)	Desarrollo de indicadores consolidados	18
a)	Indicador de Ahorro Energético Consolidado (IAE)	19
i.	Características del Indicador de Ahorro Energético (IAE)	19
b)	Cálculo del Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG)	20
i.	Características del Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG)	20
5)	Ejemplos de uso de los indicadores	20
a)	Benchmarking	20
b)	Mapas de eficiencia energética	21



1) Introducción y objetivo de la guía

La energía es un recurso que se ha de gestionar adecuadamente para garantizar la sostenibilidad de las actividades del hombre en el mundo y minimizar sus impactos ambientales. El uso de energía en la cadena de valor del petróleo y gas puede implicar la emisión de cantidades sustanciales de gases de efecto invernadero, según el tipo de combustible empleado, que se puede minimizar optimizando los procesos o introduciendo nuevas tecnologías de producción en la cadena del petróleo y gas.

La gestión sostenible de la energía necesita indicadores que permitan conocer el desempeño de los procesos productivos, para saber cuánto se consume y de qué manera. Un buen indicador debe permitir identificar las pautas reales de consumo y el potencial de ahorros, así como planificar objetivos y ejecutar acciones para optimizar el uso de la energía. Los últimos estándares de gestión energética adoptados (EN-16001 e ISO-50001) lo ponen de manifiesto: los indicadores de gestión energética son un punto clave de su metodología cuyo fin es incrementar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los combustibles empleados para generar energía.

Consciente de la importancia de este tema, ARPEL publicó en 1999 la primera versión de esta guía sobre índices de energía¹. Este primer documento recopila factores que deben ser tomados en consideración cuando se establecen y estiman índices de energía, para los diversos sectores de la industria del petróleo y del gas.

En este momento en el que se están actualizando los principales estándares de gestión energética (ISO50001 / EN16001), se ha considerado adecuado realizar una revisión de la guía para describir de forma más concreta las metodologías de cálculo de indicadores, junto a los criterios de elaboración y seguimiento. De esta forma viene a la luz esta nueva edición de la guía, en la que se han revisado, renovado y actualizado los contenidos. Se pretende describir de forma clara y sucinta los métodos y las fórmulas de cálculo para establecer índices de energía para el sector industrial del petróleo y gas. Asimismo, se enumeran aquellos indicadores desarrollados por organismos externos a ARPEL que también son reconocidos en el sector (como es el caso de los indicadores de Solomon, CAPP, etc.). Uno de los puntos a resaltar es la intención de clarificar conceptos básicos. De este modo, se mostrará de qué manera se pueden construir sistemas de indicadores que permitan comparar el desempeño de diversas instalaciones en base a su eficiencia, aunque sus características y su complejidad sean distintas (mediante comparación con el consumo estándar que tendría una instalación de las mismas características o considerando una composición de combustibles similar).

El objetivo es reseñar un sistema de indicadores que reflejen el desempeño de cada uno de los negocios de una empresa petrolera y que se pueda consolidar en un indicador único de compañía. En esta línea se presentará un método de cálculo para un indicador consolidado de ahorro energético (IAE) y otro para un indicador consolidado de intensidad energética (IEG). En base a estos indicadores podrían ser utilizados para establecer objetivos de ahorro, integrarlos en un sistema de gestión energética e incluso para divulgar el desempeño energético de las empresas mediante sus informes de Responsabilidad Social Corporativa. Con este fin, la presente versión de la guía pretende ser ante todo muy práctica y aplicable.

¹ "Estimación de índices de energía para instalaciones petroleras y de gas upstream y downstream". Guía Ambiental de ARPEL n° 27.



2) Indicadores de consumos de energía y de eficiencia energética

a) *Consideraciones generales y conceptos básicos*

Los indicadores de gestión energética se pueden clasificar en dos categorías principales:

- El primer tipo de indicadores incluye aquellos que reflejan consumos totales de energía. Miden la cantidad total de energía consumida para generar un volumen dado de productos o actividad. Están relacionados con el volumen de producción (a mayor producción o actividad, mayor consumo). Se mide en Julios, kWh, calorías, tFOE, BOE, Btu, etc. Indican “cuanta energía se consume”.
- El segundo tipo de indicadores miden consumos específicos o intensidad energética. Indican la energía necesaria para obtener una unidad de producción (consumo específico), o comparan la energía real consumida por un proceso productivo y el consumo teórico que se esperaba que hubiese tenido para realizar la misma actividad de haber seguido un patrón de consumo de referencia² (consumo teórico o estándar). A diferencia de la categoría anterior, estos indicadores son independientes del volumen de actividad o producción. Su valor es característico del estado de la instalación. Se miden en GJ / (unidad de producción). Indican “cómo se consume la energía”.

Como consideración general, la intensidad energética da cuenta de la eficiencia energética, ya que los términos de “intensidad” y “eficiencia” son inversamente proporcionales. Un aumento de la intensidad energética de un proceso representa una disminución de su eficiencia (e inversamente).

Por otro lado, hay que resaltar que existe un vínculo entre el primer y el segundo tipo de indicadores: el término de actividad. En el caso de los consumos específicos, resulta sencillo definir el término de actividad, por ser frecuentemente equivalente al valor de producción. Así, se pueden indicar valores de energía consumida por tonelada de producto producida. Sin embargo, hay procesos cuya correlación entre consumo energético y actividad suele ser más compleja, en los que no es tan sencillo establecer esta correlación.

Aunque algunos de estos tipos de indicadores sean empleados con mayor frecuencia que otros, un buen sistema de gestión debe saber complementar el uso de varios tipos de indicadores que permitan rendir cuenta de forma simultánea de los consumos, los ahorros, la eficiencia, el potencial de mejora, etc.

b) *Definiciones y principios de cálculo*

Para tener claro a qué se refiere cada indicador, a continuación se definen algunos conceptos básicos, ordenados por nivel de complejidad. Estos tipos de indicadores se pueden definir para cualquier tipo de instalación, independientemente de su tamaño o configuración:

² El patrón de referencia puede referirse indistintamente al consumo promedio de una instalación de mismas características, o al consumo óptimo, o al consumo mínimo, o al consumo de diseño, etc.



i. Consumo real de energía de una instalación

Es el concepto más sencillo de todos. Se refiere a la cantidad de energía consumida por la instalación. Depende directamente del nivel de producción de la instalación. Cuanto mayor sea el uso de las instalaciones para producir más, mayor es el consumo energético. Y cuanto menor sea el uso, menor es el consumo energético. Los valores se obtienen a partir de contadores, medidas de instrumentos de control, balances de energía, etc.

El consumo real de energía se suele cuantificar en GJulios, aunque existen muchas otras unidades equivalentes (kWh, calorías, tFOE, BOE, m³OE, Btu, entre otras).

ii. Parámetros de actividad

Se refiere al conjunto de parámetros característicos de un sector productivo que vinculan los bienes o servicios producidos con la energía real consumida por los equipos empleados en la operación. Cuanto mayor sea el valor del parámetro de actividad, mayor será el consumo energético (y viceversa). De forma general, cada sector de la economía tiene definido un cierto número de parámetros de actividad específicos. A modo de ejemplo el DOE sugiere los siguientes:

- Sector transporte: kilómetros por pasajero y kilómetros por tonelada de flete
- Sector industrial: valor de producción (es decir, toneladas producidas)
- Sector residencial: número de hogares
- Sector de edificaciones comerciales: metros cuadrados de superficie
- Sector eléctrico: kilovatios-hora de electricidad producida

Esta guía propone -a lo largo de los próximos capítulos- un cierto número de parámetros específicos para cada sector de la industria del petróleo y gas.

iii. Consumo específico

Para cada equipo, planta o instalación caracterizada por un parámetro de actividad único, se puede calcular el CONSUMO ESPECÍFICO de energía: se trata del cociente entre el consumo real de energía de la instalación y cada unidad de actividad.

Se mide en (unidades de energía) / (unidad de producción). Por ejemplo: [GJ / BOE], [GJ / tonelada], [GJ / tonelada FOE] o [kWh / litro].

El consumo específico es característico de la tecnología de producción (no depende de los volúmenes de fabricación): independientemente de cuanto más o menos produzca la instalación, el específico no varía. Sólo lo haría en caso que las instalaciones perdiesen o ganasen eficiencia por modificación en las condiciones de operación o de mantenimiento, así como en caso de cambio de las tecnologías de proceso por otras de mayor o menor eficiencia.

iv. Consumo teórico y línea de base para un conjunto de instalaciones

Conociendo los consumos específicos de las instalaciones que forman parte de un negocio, es muy fácil calcular su consumo energético REAL mediante la siguiente fórmula:



$$\text{Consumo Energético REAL}_{\text{Año N}} = \sum (\text{Consumo Específico}_{\text{Año N}} \times \text{Actividad}_{\text{Año N}})_{\text{instalación}}$$

De igual forma, se puede estimar su consumo energético para un año N en función de los consumos específicos del año anterior:

$$\text{Consumo Energético TEORICO}_{\text{Año N}} = \sum (\text{Consumo Específico}_{\text{Año N-1}} \times \text{Actividad}_{\text{Año N}})_{\text{instalación}}$$

Este valor indica cuales hubiesen sido los consumos teóricos de haber mantenido los mismos los consumos específicos del año anterior (es decir: misma eficiencia energética).

Según el mismo principio, también se puede estimar un consumo energético teórico de referencia (o estándar), suponiendo que los consumos específicos corresponden a un valor de referencia (por lo general los de un año, llamado año/línea base). El consumo teórico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo Energético TEORICO}_{\text{año X / referencia}} = \sum (\text{Consumo Específico}_{\text{Referencia}} \times \text{Actividad}_{\text{Año X}})_{\text{instalación}}$$

Así se pueden estimar el consumo energético de las instalaciones de haber mantenido el mismo patrón de consumo del periodo de referencia. Indica cual sería el consumo en un escenario *Business as usual*, es decir: suponiendo que las instalaciones mantienen las características técnicas del año de referencia (sin cambios en sus consumos específicos ni en su eficiencia), pero con los valores de actividad presupuestados para el año X. En los casos donde el cálculo de consumos específicos sea complejo, su valor numérico se puede calcular por métodos estadísticos.

v. Indicador de intensidad energética

El indicador de intensidad energética de una unidad de negocio o de una instalación compara sus consumos energéticos reales con el consumo teórico (o consumo estándar). Esto se traduce en la siguiente ecuación:

$$IE = \frac{\text{Consumo Energético Real}_{\text{año X}}}{\text{Consumo Energético TEORICO}_{\text{año X}}}$$

Así, para un conjunto de instalaciones, se puede calcular la intensidad energética:

$$IE = \frac{\sum (\text{Consumo Específico Año X} \times \text{Actividad Año X})_{\text{instalación}}}{\sum (\text{Consumo Específico Año Base} \times \text{Actividad Año X})_{\text{instalación}}}$$

Este indicador permite ver de forma porcentual cuanto ha mejorado o empeorado el consumo energético real de las instalaciones con relación al consumo teórico, en igualdad de condiciones de actividad. De esta manera se hace una comparación entre el consumo de la instalación real y el consumo que tendría una instalación teórica de referencia con las mismas características y con la misma actividad. El seguimiento periódico del indicador da cuenta de la eficiencia de una las instalaciones con relación al estándar y permite deducir el estado de su mantenimiento o de su operación.

Para determinar el índice IE para una unidad de negocio, bastaría con conocer para cada una de sus instalaciones de producción operadas los valores de Consumo Específico (CE) para un año de referencia y los valores proyectados de producción (datos históricos o estimaciones a futuro), tanto para el año base como para el año estudiado.



La definición del indicador de intensidad energética es similar a la del Índice de Precios al Consumo, IPC. Por ello, el tipo de análisis e información que se puede obtener del indicador de intensidad energética y del IPC son parecidos o equivalentes. Por ello, a lo largo de varios periodos de tiempo, los ahorros se acumulan no mediante una simple suma sino mediante la fórmula de interés compuesto.

El indicador de intensidad energética se presta a la definición y seguimiento de ahorros de energía. Si el consumo energético real de las operaciones es igual al patrón de consumo del año de referencia, el valor de IE es igual a 1 (100% de concordancia). Cualquier desviación con relación al valor de referencia se explica por un incremento o un ahorro en los consumos energéticos con relación a la línea base (patrón de consumo de referencia). El valor de IE es igual a $IE = (1 - \text{ahorros}\%)$.

Este indicador podría servir para fijar objetivos anuales de ahorro.

3) Sistemas de indicadores por actividad

En esta sección se hace una descripción detallada de los indicadores disponibles para las siguientes áreas de actividad de la industria de petróleo y gas:

- A. Exploración y producción de petróleo y gas
- B. Refinación de petróleo
- C. Producción petroquímica
- D. Licuefacción, almacenamiento y regasificación de gas (GNL)
- E. Plantas de envasado de GLP
- F. Redes de estaciones de servicio
- G. Indicador genérico para otro tipo de instalaciones (asfaltos, lubricantes, etc.)

Donde sea posible, para cada una de estas áreas se describirá de forma breve cómo definir y obtener los parámetros definidos en la sección anterior:

- i. Consumo real de energía
- ii. Parámetros de actividad
- iii. Consumo teórico de energía
- iv. Indicador de intensidad energética

Se verá que, en algunos casos, pueden existir varias perspectivas para definir el parámetro de actividad que mejor pueda caracterizar un área específica (como producción o refinación, por ejemplo). De igual manera, hay casos en donde pueden existir diferentes maneras de establecer los modelos que definen el consumo teórico de energía. Esto se traduce en la existencia de varios tipos de indicadores de intensidad energética para un mismo sector.

a) Indicadores para las actividades de exploración y producción

1. Sistema de Indicadores de Ahorro de Energía (IAE)

i. Consumo real

El consumo real se puede calcular a partir del balance de energía de los yacimientos. Incluirá el consumo de energía de combustibles y la energía desperdiciada por venteo, fugitivas, y por combustión de gas en antorchas e incineradores.



$$\text{Consumo real de energía}_{\text{Activo } i \text{ año } x} (\text{GJ}) = (\text{Consumo energético por combustibles}^3)_{\text{Activo } i \text{ año } x} + (\text{Consumo de energía por pérdidas en venteo y fugitivas}^4)_{\text{Activo } i \text{ año } x} + (\text{Consumo de energía en antorchas e incineradores}^5)_{\text{Activo } i \text{ año } x}$$

El consumo de energía total real del área de producción de petróleo y gas se calcula como suma de los consumos de cada activo (de cada yacimiento):

$$\text{Consumo energía real UN}_{\text{año } x} = \sum \text{Consumo energía real}_{\text{Activo } i \text{ año } x}$$

ii. Parámetros de actividad

Se considerarán parámetros de actividad: el volumen de fluidos procesados en cada yacimiento, es decir las toneladas de Hidrocarburo Producido (HC); los metros cúbicos de fluido procesado (hidrocarburos y agua) (m³ procesado); y las toneladas de petróleo equivalente (toe).

Cálculo numérico de HC vendidos o acumulados

Las toe de HC vendidos o acumulados utilizadas en el cálculo de los indicadores de venteo de gas, quema de antorchas y el indicador de intensidad energética se calculan como suma de las toe de crudo y de gas:

$$\text{HC vendidos-acumulados}^6_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \text{toe crudo}_{\text{Activo } i \text{ año } x} + \text{toe gas}_{\text{Activo } i \text{ año } x}$$

$$\text{toe crudo}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \text{kt Crudo}_{\text{Activo } i \text{ año } x} * \text{PCI Crudo}_{\text{Activo}} (\text{GJ/t}) * 1000 / (41,868)$$

$$\text{toe gas}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \text{kt Gas}_{\text{Activo } i \text{ año } x} * \text{PCI Gas}_{\text{Activo}} (\text{GJ/t}) * 1000 / (41,868)$$

$$(1 \text{ toe} = 41,868 \text{ GJ}^7)$$

En caso de que no se conozca el valor del PCI del crudo y gas, las toe se calculan con los siguientes valores de PCI: 52,5 GJ/t para gas y 43 GJ/t para crudo.

Cálculo de numérico de m³ procesados

Los m³ procesados utilizados en el cálculo de consumo específico, tienen en cuenta el agua inyectada y producida y el gas inyectado, además del crudo y gas producido.

$$m^3 \text{ procesados}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = m^3 \text{oe crudo}_{\text{Activo } i \text{ año } x} + m^3 \text{oe gas}_{\text{Activo } i \text{ año } x} + m^3 \text{agua inyectada}_{\text{Activo } i \text{ año } x} + m^3 \text{agua producida}_{\text{Activo } i \text{ año } x} + m^3 \text{oe gas inyectado}_{\text{Activo } i \text{ año } x}$$

³ Consumo energético combustibles $_{\text{Activo } i \text{ año } x}$: según reporte de parámetros ambientales.

⁴ Consumo de energía en venteo y fugitivas $_{\text{Activo } i \text{ año } x} = 52,5 * (\text{Gas Venteado TOTAL} + \text{Emisiones Fugitivas})$; Gas Venteado TOTAL, Emisiones Fugitivas: toneladas según reporte de parámetros ambientales

⁵ Consumo de energía en antorchas e incineradores $_{\text{Activo } i \text{ año } x} = 52,5 * (\text{Combustión en Antorchas} + \text{Combustión en Incinerador})$; Combustión en Antorchas y en Incinerador): toneladas según reporte de parámetros ambientales

52,5 según "Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations. E&P Forum 1994"

⁶ Los HC vendidos o acumulados son las sumas de las ventas más las variaciones de inventario.

⁷ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Agencia Internacional de la Energía, Balances Energéticos para países OCDE 1992-1993 (Paris: OCDE, 1995).



$$\begin{aligned} \text{con: } m^3 \text{oe crudo}_{\text{Activo i año x}} &= \text{toe crudo}_{\text{Activo i año x}} / \text{densidad crudo} \\ m^3 \text{oe gas}_{\text{Activo i año x}} &= \text{toe gas}_{\text{Activo i año x}} / \text{densidad crudo} \\ m^3 \text{ agua producida}_{\text{Activo i año x}} &= \text{kt agua producida}_{\text{Activo i año x}} \cdot 1000 / \text{densidad agua} \\ m^3 \text{ agua inyectada}_{\text{Activo i año x}} &= \text{kt agua inyectada}_{\text{Activo i año x}} \cdot 1000 / \text{densidad agua} \\ m^3 \text{oe gas inyectado}_{\text{Activo i año x}} &= \text{kt gas inyectado}_{\text{Activo i año x}} \cdot \text{PCI gas inyección} \\ &\text{Activo (GJ/t)} * 1000 / (41,868) / \text{densidad crudo} \\ \text{Media de referencia: densidad relativa crudo} &0,8636 \\ \text{Densidad del agua} &= 1 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Los datos de crudo producido, gas producido, agua inyectada y agua producida se deben definir con claridad en base a fuentes de solvencia. Se debe identificar y proporcionar información de los activos donde haya gas inyectado (para operaciones como *gas lift*, etc.).

iii. Consumo teórico

Para el cálculo del consumo teórico, se tienen que determinar previamente los siguientes indicadores analíticos para cada yacimiento o activo:

$$\begin{aligned} &\text{Indicador de consumo específico}_{\text{Activo i año x}} \\ &= \text{Consumo energético en combustibles}_{\text{Activo i año x}} / m^3 \text{ procesados}_{\text{Activo i año x}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Indicador de venteo gas}_{\text{Activo i año x}} \\ &= \text{Consumo de energía en venteo y fugitivas}_{\text{Activo i año x}} / \text{HC vendidos o acumulados (toe)}_{\text{Activo i año x}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Indicador de quema en antorcha}_{\text{Activo i año x}} \\ &= \text{Consumo de energía en antorchas e incineradores}_{\text{Activo i año x}} / \text{HC vendidos o acumulados (toe)}_{\text{Activo i año x}} \end{aligned}$$

En base a estos datos, el consumo de energía teórico de cada activo se calcula a partir de los indicadores analíticos del año anterior con el dato de actividad (toe HC ó m^3 procesados) del año en curso:

$$\begin{aligned} \text{Consumo teórico de energía}_{\text{Activo i año x}} &= \text{Indicador de consumo específico}_{\text{Activo i año x-1}} \cdot \\ &m^3 \text{ procesados}_{\text{Activo i año x}} + (\text{indicador de venteo de gas} + \text{indicador de quema en} \\ &\text{antorcha})_{\text{Activo i año x-1}} \cdot \text{toe HC vendidos o acumulados}_{\text{Activo i año x}} \end{aligned}$$

El consumo de energía total teórico de la unidad de negocio se calcula como suma de los consumos de cada activo:

$$\text{Consumo energía teórico UN}_{\text{año x}} = \Sigma \text{Consumo energía teórico}_{\text{Activo i año x}}$$



iv. Indicador de energía

Es un indicador de intensidad energética. Como se acaba de ver, el consumo teórico que sirve de referencia se basa en los indicadores de específicos del año anterior. Por este motivo, da cuenta de la variación del consumo energético (ahorro o incremento) de un año a otro, a igualdad de condiciones de operación.

$$\text{Indicador de ahorro de energía}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \frac{\text{Consumo REAL de energía UN}_{\text{año } x}}{\text{Consumo Teórico de energía UN}_{\text{año } x}}$$

2. Sistema de indicadores de intensidad energética de CAPP

La Asociación Canadiense de Productores de Petróleo – *Canadian Association of Petroleum Producers* (CAPP) – ha desarrollado indicadores de intensidad energética para la industria. La metodología detallada se puede consultar en un documento disponible en la página web del CAPP, a través del siguiente vínculo: <http://www.capp.ca/raw.asp?NOSTAT=YES&dt=PDF&dn=55904>.

El sistema de CAPP no despliega la totalidad de indicadores indicados anteriormente, ni establece un modo de cálculo del consumo teórico. Se limita a calcular la intensidad energética de las operaciones e indica los valores promedio de la industria como referencia. A continuación se reseñan sus principales bases de cálculo.

i. Consumo real

Para cada yacimiento, el consumo real de energía se calcula como la suma del consumo de combustibles (diesel, fuel gas, crudo, etc.), del consumo de electricidad (haciendo el balance entre importación y exportación de electricidad), de las emisiones fugitivas y venteo, y de la quema de gas en antorcha. El cálculo se realiza a partir de los consumos máxicos de cada tipo de hidrocarburo (por balance de materia, caudalímetros o contadores) y se traduce en valores de energía (en GJ) en base al valor de sus Poderes Caloríficos Intrínsecos (PCI).

$$\text{Consumo real de energía}_{\text{año } x} = \sum \text{Consumo de energía}_{\text{Activo } i \text{ año } x}$$

ii. Parámetros de actividad

Se considera como parámetro de actividad a los m³ equivalentes de petróleo producidos (m³OE - tanto de gas como de crudo).

iii. Consumos de referencia

La guía del CAPP no establece ningún modelo de consumo teórico. No obstante, para establecer una referencia que sirva de base para evaluar los datos, se señala una tabla (tabla 1 a continuación) con los valores de intensidad energética promedio de la industria del petróleo y gas en Canadá (1995), en función del tipo de yacimiento (de gas, crudo ligero, crudo pesado, arenas bituminosas, etc.).



Tabla 1: Valores promedio para la industria del upstream de petróleo y gas (PEI) en Canadá (valores de 1995)

Proceso / Tipo de producto	Promedio de la industria PEI GJ/m ³ PE
Gas natural dulce	1,4
Gas / Gas natural amargo	2,2
Recuperación de azufre / gas natural	3,7
Crudo liviano	2,12
Crudo pesado convencional	1,2
Crudo pesado termal / bitumen CSS	8,5
Crudo pesado termal / bitumen SAGD	6,6
Planta "straddle" de procesamiento / GNL	3,4

iv. Indicador de Intensidad Energética de CAPP

Este indicador de intensidad energética indica también el consumo específico de energía del yacimiento. A diferencia de otros sistemas de indicadores, NO realiza una comparación frente a un consumo teórico.

La intensidad energética del CAPP se define mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Indicador CAPP}_{\text{año } x} = \frac{\text{Consumo REAL de energía}_{\text{año } x}}{(\text{Producción de crudo})_{\text{año } x} + (\text{Producción de gas})_{\text{año } x}}$$

Se expresa en GJ/m³PE.

Para determinar si el valor del indicador es alto o bajo, la guía de CAPP sugiere compararlo frente a los valores medios de la industria de producción de petróleo y gas de Canadá (según datos de 1995), según el tipo de yacimiento evaluado.

Este indicador (consumo energético por m³ de petróleo equivalente producido) da así una idea del desempeño energético de las instalaciones, pero no indica como debería ser su consumo frente al de referencia de una instalación equivalente en igualdad de condiciones de fabricación (mismos niveles de producción, madurez de campo, existencia de tecnología para recuperación secundaria, etc.). Por este motivo, aunque permite ver de forma aproximada el desempeño de una instalación, este indicador no se ha considerado referente para la industria.

b) *Sistemas de indicadores para las actividades de refinación de petróleo*

Dada la complejidad característica de las instalaciones de refino de petróleo, existen varios sistemas de indicadores para cuantificar el desempeño energético de las instalaciones de una refinería. De forma práctica, en los próximos apartados esta se comentan algunos de ellos: indicadores de consumos y mermas, indicador de ahorro de energía. Adicionalmente se incluye información genérica de los indicadores de Solomon y los de Nelson cuyos contenidos y detalles no podemos abordar por motivos de *copyright*. Se comentan dado que, con el tiempo, se han vuelto referentes a la hora de comparar instalaciones entre compañías (son los únicos *benchmarks* que recopilan datos de diversas empresas del sector de forma confidencial).



i. Indicadores de consumos y mermas – indicador de ahorro de energía

a. Consumos de energía (consumos y mermas)

- Consumo de energía

Los consumos de energía en una refinería son muy diversos. Corresponden a varios tipos de combustibles (vectores) que incluyen entre otros: fuel oil, fuel gas, gas natural, propano, etc. El valor de energía de cada vector se establece utilizando el Poder Calorífico Intrínseco (PCI) de cada producto/vector. El consumo de energía se ha de expresar en unidades homogéneas (Por ejemplo: GJ):

$$\text{Consumo energético FuelGas} = (\text{Consumo másico FuelGas}) \times \text{PCI FuelGas} = (\text{Fuel Gas})$$

A su vez, existen otro tipos de consumos (vectores energéticos) que transportan energía generado a partir de esos combustibles (por ejemplo: electricidad, agua y vapor para intercambiadores, etc) y que en ocasiones es importada desde fuera de los límites de la refinería. En todos estos casos, los flujos y consumos de energía se pueden calcular mediante métodos más o menos directos empleando contadores, medidores, caudalímetros, etc. o calculando los intercambios de calor, las entalpías de calor latente, etc. Hay que notar que las corrientes de la refinería que entran como materia prima y salen como producto, también pueden ser empleadas para el consumo energético.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se puede establecer el computo total de consumo de energía en los procesos de refino, sumando los consumos de cada uno de los vectores existentes:

$$\text{Consumo Energía} = (\text{FuelGas}) + (\text{FuelOil}) + (\text{Electricidad}) + (\text{Vapor}) + \text{etc...}$$

Los valores se expresaran en unidades homogéneas de energía (GJ)

- Mermas

Ademas de la energía que se emplea en los procesos de refino, se deben tener en cuenta las MERMAS (o “pérdidas”) de productos energéticos en las instalaciones por la existencia de fugas, emisiones fugitivas, quema de gas en antorcha, etc... Las mermas se determinan por balance de materia, mediante la siguiente fórmula:

$$t \text{ Mermas} = \text{Materia prima procesada} - \text{Consumos hidrocarburos} - \text{Productos}$$

- Consumos y Mermas (C+M)

Bajo esta perspectiva el valor total de Consumos y Mermas (C+M) es:

$$\text{Consumo Total C+M} = (t \text{ Consumos}) + (t \text{ Mermas})$$

Los Consumos se expresaran en unidades homogéneas de energía (GJ)



b. Parámetros de actividad

El parámetro de actividad es la cantidad de materias primas (MMPP) procesadas (hidrocarburos). Se puede expresar en unidades de masa:

t MMPP expresado en unidades de masa (toneladas métricas)

Sin embargo, la aplicación llana de este parámetro implica la suman de toneladas de hidrocarburos de distinta naturaleza (fuel oil, naftas, gasolinas y otros hidrocarburos). Es decir, no son cantidades homogéneas. Por ello se define un parámetro corregido, transformando las toneladas de cada combustible a toneladas equivalentes de fuel oil de 9590 kcal/kg.

t MMPP en unidades de energía (t FOE) (t Fuel Óleo Equivalente)

c. Índice de consumo y mermas

El índice de consumos y mermas es un indicador de consumos específicos de una refinería. Se define como:

$$\text{Índice de C+M} = (\text{t consumos} + \text{t mermas}) / \text{t MMPP}$$

Este índice sirve de base para calcular los consumos reales de una instalación (empleando los datos de consumos y materias primas procesadas de un mismo año), así como para calcular los consumos teóricos (en base al índice C+M del año anterior y las materias procesadas del año en curso).

d. Consumo de energía real

Para el cálculo del consumo real y teórico se utilizarán los datos de seguimiento de consumos y mermas de las refinerías. El consumo de energía real de la refinería se calcula a partir del Índice C+M (tFOE/tMMPP) y los datos de actividad de las materias primas procesadas (tMMPP) proporcionados por el conjunto de las refinerías englobadas por el indicador.

$$\text{Consumo energía real}_{\text{Refinería } i \text{ año } x} (\text{tFOE}) = I_{\text{C+M}}_{\text{Refinería } i \text{ año } x} * t_{\text{MMPP}}_{\text{año } x}$$

Para la transformación de las tFOE a unidades de energía del SI (GJ) se tiene que predeterminar un valor de PCI FOE (el valor es próximo a 9600 Kcal/kg).

El consumo total de un conjunto de refinerías se calculará como suma de los consumos de cada refinería:

$$\text{Consumo energía real UN}_{\text{RE año } x} (\text{GJ}) = \sum \text{Consumo energía real}_{\text{Refinería } i \text{ año } x}$$

e. Consumo de energía teórico

Para el cálculo del consumo teórico se utilizarán los datos de seguimiento de consumos y mermas de las refinerías del año anterior y los datos de



actividad materias primas procesadas (tMMPP) (según presupuesto o valor real) del conjunto de las refinerías englobadas por el indicador.

$$\text{Consumo Energía Teórico}_{\text{Refinería } i \text{ año } x} (\text{tFOE}) = I C + M_{\text{Refinería } i \text{ año } x-1} * \text{tMMPP}_{\text{año } x}$$

Para la transformación de las tFOE a unidades de energía del SI (GJ) se tiene que predeterminedar un valor de PCI FOE (el valor es próximo a 9600 Kcal/kg).

En el seguimiento de consumos y mermas se han de considerar adecuadamente los consumos de electricidad comprada y la utilización de combustibles. El cálculo de consumo teórico, en base al cual se hará el seguimiento de objetivos, contabilizará todos los consumos de combustibles en todas las unidades de procesos y servicios así como las mermas detectadas al realizar los balances de materias. En la contabilización de consumos de combustibles se tendrá en cuenta la electricidad generada (autoconsumo y venta) o la electricidad comprada.

f. Indicador de energía

Es un indicador de intensidad energética. Como se acaba de ver, el consumo teórico que sirve de referencia se basa en los indicadores específicos del año anterior. Por este motivo, da cuenta de la variación del consumo energético (ahorro o incremento) de un año para otro a igualdad de condiciones de operación.

$\text{Indicador Ahorro Energía}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \frac{\text{Consumo Energía Real UN}_{\text{año } x}}{\text{Consumo Energía Teórico UN}_{\text{año } x}}$
--

Como se indicó en el capítulo 2, este indicador se puede vincular al concepto de ahorro en base a un escenario de continuidad de negocio ("Business as usual") bajo las mismas condiciones de actividad.

El consumo de energía teórico se calcula para todo el grupo a partir de los ahorros presupuestados proporcionados anualmente por la unidad, y los ahorros sobre presupuesto del grupo indicados en el informe de seguimiento de consumos y mermas:

$$\text{Consumo energía teórico UN}_{\text{RE año } x} (\text{GJ}) = \text{Consumo real UN}_{\text{RE año } x} (\text{GJ}) / (1 - \text{Ahorros})$$

$$\text{Ahorros} = \text{Ahorros presupuestados} + \text{Ahorros sobre presupuesto}$$

ii. Índice de complejidad de Nelson

El índice de complejidad de Wilbur L. Nelson fue descrito en una serie de artículos publicados por el *Oil & Gas Journal* en 1960-61. Mediante este método, una refinería es subdividida en sus unidades individuales de proceso y a cada una de ellas se le asigna un factor de complejidad. Nelson comparó las distintas unidades de proceso en base a sus costes de instalación (el propósito inicial era comparar el coste de las refinerías). Así, seleccionó el coste de una unidad de destilación atmosférica de crudo como caso base y le asignó un factor de 1. Los costes



relativos de otras unidades determinaron los factores de dichas unidades. De forma general, la complejidad de una refinería se determina mediante el promedio ponderado del índice de complejidad de cada una de sus unidades, incluida la unidad de destilación. Una refinería con un índice de complejidad de 10 se considera diez veces más "compleja" que una refinería que sólo cuenta con la destilación atmosférica de petróleo crudo para la misma cantidad de producto procesado. Con el transcurso de los años el método se volvió más sofisticado, a tal punto que diferencia entre variaciones de la misma tecnología básica y toma en cuenta el uso de trenes múltiples de proceso. Desde la creación del método, Nelson revisó sus factores, en vista de los cambios tecnológicos y otras compañías presentes en el campo (como *Solomon Associates*) crearon sus propios factores bajo premisas similares.

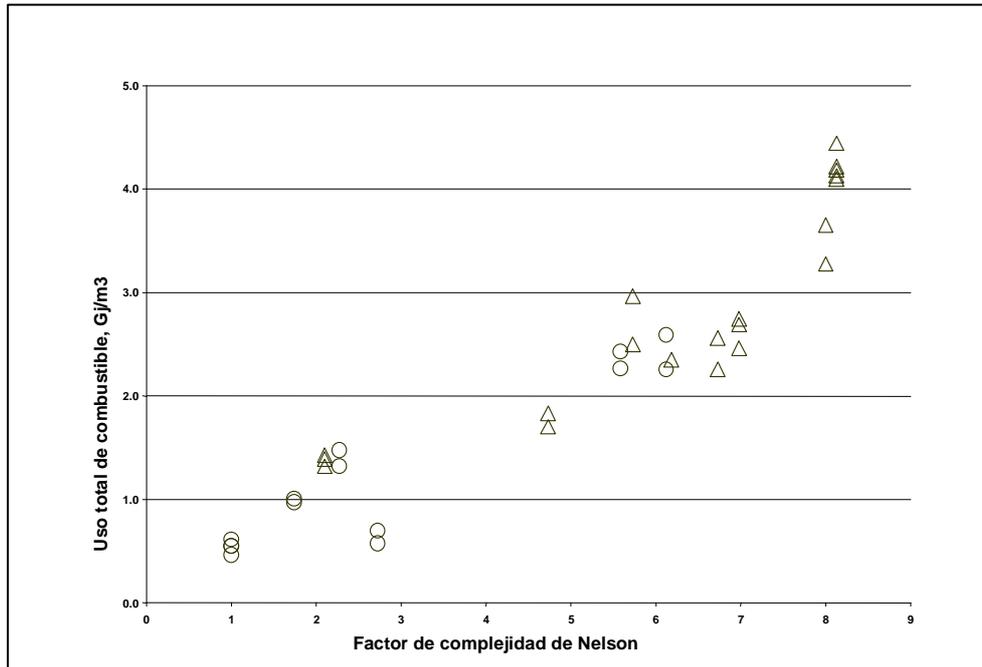
iii. Relación entre la complejidad y el consumo de energía

Uno de los resultados del uso de factores de complejidad es el hecho de que muchos aspectos de la operación de una refinería están relacionados con la complejidad. Y en particular, es posible correlacionar el consumo de energía con su complejidad. Esto fue muy bien demostrado en estudios comparativos de refinerías. El nexo entre la energía y el tamaño/complejidad, puede ser utilizado por las plantas para medir el éxito relativo de sus programas de gestión de energía. La Figura 1 a continuación es un ejemplo de la relación entre el uso de combustible y la complejidad de la refinería. Los puntos de datos son tomados de dos grupos de refinerías múltiples, utilizando resultados de consumo de combustible de dos años atrás, o más. Este tipo de gráfico permite realizar estudios comparativos de consumo energético entre instalaciones de complejidad equivalente. Mediante el uso de número significativamente grande de refinerías, ha sido posible clasificar el consumo de energía en cualquier complejidad/tasa de carga específica, en un espectro que varía de excelente a malo.

La ventaja más importante de los estudios comparativos es que indican cuales son los consumos de energía de una refinería para un misma complejidad/tasa de carga, e inducir a las compañías para que traten de mejorar su posición relativa en la base de datos. Esta mejora se logra mediante la implantación de programas adecuados de gestión de energética y la introducción de tecnologías más eficientes. Por lo tanto, la participación repetida en los estudios comparativos le permite a una instalación determinar no sólo la eficacia de su programa de gestión de energía, sino también su tasa de progreso, con relación a sus competidores.



Figura 1: USO DE COMBUSTIBLE EN REFINERÍAS COMO UNA FUNCIÓN DE LA COMPLEJIDAD



- Σ población de refinerías #1
- población de refinerías #2

iv. Índice de intensidad energética (IIE) de Solomon

Existe un estudio internacionalmente reconocido que se denomina Estudio Solomon, en el cual se analizan todos los aspectos que se necesitan para operar una refinería: costes (mantenimiento, personal, energía,...), índices de eficiencia en operación, gestión... El estudio Solomon cuenta con información confidencial de la operativa de la mayoría de las refinerías del mundo. Con estos datos establece estándares para cada esquema de refino. Comparando los resultados de una refinería con dicho estándar se tiene una idea del desempeño de la refinería y sus oportunidades de mejora.

El índice del Estudio Solomon para medir la eficiencia energética se denomina Índice de Intensidad Energética (EII, por sus siglas en inglés). Representa el porcentaje de consumo total de energía de la refinería frente al consumo estándar de Solomon para una refinería con las mismas unidades de proceso, corrigiendo por modo de operación, calidad de productos, rendimientos, etc.

$$EII = \frac{\text{Consumo real unidades}}{\text{Consumo estándar Solomon}} * 100$$

Solomon Associates desarrolló la metodología de cálculo en base a acuerdos de confidencialidad y con derechos de propiedad intelectual sobre el procedimiento de cálculo. Por este motivo es difícil describir en este documento la metodología de cálculo del indicador EII. No obstante, es posible decir que el indicador EII de Solomon tiene en consideración la configuración de una refinería estándar y unos factores de complejidad, en línea con los desarrollados por Nelson.



Al igual que con el Indicador de Ahorro de Energía (IAE), el EII de una refinería se calcula multiplicando la tasa de carga de cada unidad de proceso por su factor estándar de consumo de energía. El resultado neto es una estimación de la cantidad de energía que la refinería “debería” consumir, es decir, el consumo “estándar”. El consumo real es dividido por el consumo “estándar”, y luego el resultado es multiplicado por 100. En otras palabras, si se opera con un nivel “estándar” de consumo de energía, se tendrá un EII de 100. Aclaremos que un EII igual a 100 no significa una gestión excelente de energía, sino que el puntaje 100 indica desempeño estándar. Por lo tanto, un puntaje superior a 100 es indicativo de que deben intensificarse los esfuerzos del programa de gestión de energía.

Esta aproximación conlleva una metodología que no está descrita en esta guía (ni se puede describir). No obstante, conceptualmente es compatible con los términos indicados en los primeros capítulos de este documento.

c) **Sistemas de indicadores para las actividades de petroquímica - Indicador de Ahorro de Energía (IAE)**

i. **Parámetros de actividad**

En el caso de las plantas químicas, el dato de actividad es su producción (en toneladas).

En el caso de los crackers de olefinas, el dato de actividad es el valor en toneladas de producción de “High Value Chemicals” – HVC (etileno, propileno, etc.).

Los datos de partida para el cálculo de los consumos reales y teóricos son los Consumos Específicos (CE) de las plantas químicas, es decir, su consumo energético real dividido entre el parámetro de actividad correspondiente (Producción o HVC).

ii. **Consumo real**

- **Cálculo del consumo energético real en un complejo petroquímico (plantas químicas)**

A partir de los consumos específicos y producciones por planta indicados se calcula el consumo real de cada complejo como:

$$\text{Consumo energía real}_{\text{Complejo } i \text{ año } x} \text{ (GJ)} = \sum CE_{\text{Planta } i \text{ año } x} * Prod_{\text{Planta } i \text{ año } x}$$

El consumo total será la suma de los consumos de los complejos:

$$\text{Consumo energía real } UN_{QE \text{ (sin crackers)}} \text{ año } x = \sum \text{Consumo energía real}_{\text{Complejo } i \text{ año } x}$$

- **Cálculo del consumo energético real en los crackers**

A partir del consumo específico se calcula semestralmente el consumo real como:

$$\text{Consumo energía real}_{\text{cracker año } x} \text{ (GJ)} = CE_{\text{cracker año } x} * HVC_{\text{cracker año } x}$$

- **El consumo conjunto de las plantas y los crackers se calcula con la siguiente fórmula:**



$$\text{Consumo energía real } UN_{QE \text{ año } x} (GJ) = \text{Consumo energía real } UN_{QE \text{ (sin crackers) } \text{ año } x} + \text{Consumo energía real } \text{cracker año } x$$

iii. Consumo teórico

- **Consumo energético teórico de un complejo petroquímico (plantas químicas)⁸**

Se calcula a partir de los consumos específicos del año anterior:

$$\text{Consumo energía teórico } \text{Complejo } i \text{ año } x (GJ) = \sum CE_{\text{Planta } i \text{ año } x-1} * \text{Prod}_{\text{Planta } i \text{ año } x}$$

El consumo total será la suma de los consumos de los complejos:

$$\text{Consumo energía teórico } UN_{QE \text{ (sin crackers) } \text{ año } x} = \sum \text{Consumo energía teórico } \text{Complejo } i \text{ año } x$$

- **Consumo energético teórico en los crackers**

Se calcula a partir de los consumos específicos del año anterior:

$$\text{Consumo energía teórico } \text{cracker año } x (GJ) = CE_{\text{cracker año } x-1} * HCV_{\text{cracker año } x}$$

- **El consumo conjunto de las plantas y los crackers se calcula con la siguiente fórmula:**

$$\text{Consumo energía teórico } UN_{QE \text{ año } x} (GJ) = \text{Consumo energía teórico } UN_{QE \text{ (sin crackers) } \text{ año } x} + \text{Consumo energía teórico } \text{cracker año } x$$

iv. Indicador de energía

Es un indicador de intensidad energética. Como se acaba de ver, el consumo teórico que sirve de referencia se basa en los indicadores de específicos del año anterior. Por este motivo, da cuenta de la variación del consumo energético (ahorro o incremento) de un año para otro, a igualdad de condiciones de operación.

$\text{Indicador Ahorro Energía } \text{Activo } i \text{ año } x = \frac{\text{Consumo Energía Real } UN_{\text{año } x}}{\text{Consumo Energía Teórico } UN_{\text{año } x}}$

d) **Sistemas de indicadores para las actividades de envasado de GLP - Indicador de Ahorro de Energía (IAE)**

i. Consumo real

El consumo de energía real de la actividad global de envasado de GLP se calculará como suma de los consumos de energía reales de cada instalación:

$$\text{Consumo Energía Real } \text{GLP Global año } x (GJ) = \sum \text{Consumo Real } \text{Instalación } i \text{ año } x (GJ)$$

⁸ Repsol Química hace seguimiento de los consumos energéticos de las plantas y deja de lado los Servicios Auxiliares y sus correspondientes gastos de energía.



ii. Parámetros de actividad

Se trata de la cantidad de toneladas de GLP vendido (procesado) por cada instalación de envasado de GLP.

iii. Consumo Específico (CE)

Se define *consumo energético específico de cada instalación de GLP como la relación existente entre la energía real consumida y la producción (GJ/tonelada producida)*

$$\text{Consumo Específico}_{\text{Instal. i año x}} = \frac{\text{Consumo Real}_{\text{Instal. i año x}}}{\text{Producción}_{\text{Instal. año x}}}$$

iv. Consumo teórico

El consumo teórico para cada instalación se obtendrá a partir del Consumo Específico CE (GJ/t) del año anterior y las producciones del presente año en curso.

$$\text{Consumo energía teórico UN}_{\text{Instal. año x}} (\text{GJ}) = \text{CE}_{\text{Instal. año x-1}} \times \text{Producción}_{\text{Inst. Año x}}$$

Producción = Toneladas vendidas (o procesadas) por cada instalación

El consumo de energía teórico del conjunto de instalaciones de GLP se calculará como la suma de los consumos de energía teóricos de las instalaciones:

$$\text{Consumo Energía Teórica}_{\text{GLP Global año x}} (\text{GJ}) = \sum \text{Consumo Energía Teórica}_{\text{Instalación i año x}} (\text{GJ})$$

v. Indicador de ahorro de energía

Es un indicador de intensidad energética. Como se acaba de ver, el consumo teórico que sirve de referencia se basa en los indicadores específicos del año anterior. Por este motivo, da cuenta de la variación del consumo energético (ahorro o incremento) de un año para otro a igualdad de condiciones de operación.

$\text{Indicador Ahorro Energía}_{\text{Activo i año x}} = \frac{\text{Consumo Energía Real UN}_{\text{año x}}}{\text{Consumo Energía Teórico UN}_{\text{año x}}}$
--

e) *Sistemas de indicadores para las actividades de venta de combustibles en estaciones de servicio*

i. Consumo real

Se trata de la suma del consumo energético de cada estación de servicio (por lo general, se trata del valor del contador de suministro eléctrico de la estación).

ii. Parámetros de actividad

Una estación de servicio tiene varios tipos de áreas de actividad: la tienda – la zona de venta de combustibles – los lavados de automóviles.

Para el cálculo de indicadores, se tienen en cuenta los siguientes datos de actividad: el volumen de combustibles vendidos (l), la superficie de la tienda (m²),



el número de lavados en el túnel y el de lavados en boxes, para la red de estaciones de servicio.

iii. Consumos específicos de referencia

En base a los datos de consumo real total y de los datos de actividad de un año de referencia, se puede calcular para cada área de actividad el consumo específico promedio para un número amplio de estaciones de servicio. Estos consumos específicos promedio serán utilizados como consumos específicos de referencia. El valor numérico del consumo específico de cada área (CE área) se podrá realizar mediante un análisis de regresión multilínea.

iv. Consumo teórico

A partir de los datos de actividad y de los consumos específicos de referencia de cada área se calculará el consumo estándar del año:

$$\text{Consumo estándar UN}_{ME \text{ año } x} \text{ (GJ)} = (\text{CEsurtidores} * \text{Litros Combustible} + \text{CE tiendas} * m^2 \text{ tienda} + \text{CE tunel} * \text{Lav Tunel} + \text{CE Boxes} * \text{Lav boxes}) * 0,0036$$

Donde CE es el consumo específico de las diversas áreas de actividad de la estación de servicio (tienda, surtidores de combustible, lavado en túneles y lavado con pistolas a presión/boxes).

Los valores numéricos de estos consumos específicos se pueden determinar por un método estadístico analizando en un gran número de estaciones de servicio los datos de consumo energético y de los parámetros de superficie de tienda, litros de combustible vendidos, y número de lavados en túnel y boxes.

v. Indicador de intensidad energética

En línea con las definiciones inicialmente señaladas, el indicador compara los consumos reales del conjunto de estaciones de servicio con el consumo teórico, dando cuenta de la variación del consumo energético (ahorro o incremento) con relación al año de referencia, a igualdad de condiciones de operación.

$\text{Indicador Ahorro Energía}_{\text{Activo } i \text{ año } x} = \frac{\text{Consumo Energía Real UN}_{\text{año } x}}{\text{Consumo Energía Teórico UN}_{\text{año } x}}$
--

4) Desarrollo de indicadores consolidados

Por lo general, las empresas de petróleo y gas gestionan un conjunto de unidades de negocio que incluye varias de las actividades descritas en los apartados anteriores (exploración y producción de petróleo y gas – refinado de petróleo – petroquímica – envasado de GLP – venta de combustibles en estaciones de servicio, etc.)

Una vez desarrollados los indicadores de energía para cada sector de actividad, resulta de interés realizar un indicador global de compañía que consolide la información de cada área de actividad. A continuación se describen dos indicadores de consolidación:



- Indicador de Ahorro Energético Consolidado (IAE): este indicador toma como referencia el consumo estándar del año anterior. De esta forma, este indicador da cuenta de los ahorros de energía obtenidos de año en año para un conjunto complejo de actividades (E&P, Refino, Química y otras juntas).
- Indicador de Intensidad Energética Consolidado (IIE): este indicador toma como referencia el consumo estándar de un año de referencia (aquí indicaremos arbitrariamente el año 2005). De esta forma, este indicador da cuenta de los ahorros de energía obtenidos para un conjunto complejo de actividades (E&P, Refino, Química y otras juntas) con relación a ese año de referencia.

a) **Indicador de Ahorro Energético Consolidado (IAE)**

El indicador se calculará consolidando directamente en unidades de energía los valores de consumo energético reales y teóricos comunicados por cada unidad de negocio, valores en los que las unidades basan su seguimiento de objetivos. El IAE se obtendrá al acumular las variaciones anuales de desempeño. Para el cálculo del indicador se deberá fijar un año base, que -si se estima oportuno- se fija en coherencia con el objetivo de reducción de gases de efecto invernadero. Para el año de referencia, el valor del IAE Grupo año 2005 es igual a 100.

$$IAE \text{ Grupo año } x = IAE \text{ Grupo año } x-1 \cdot (\text{Consumo energía real Grupo año } x / \text{Consumo energía teórico Grupo año } x)$$

$$\text{Consumo energía real Grupo año } x = \sum \text{Consumo energía real } UN_i \text{ año } x$$

$$\text{Consumo energía teórico Grupo año } x = \sum \text{Consumo energía teórico } UN_i \text{ año } x$$

El consumo teórico es el consumo de energía total en que habría incurrido una unidad en un determinado año, bajo las condiciones de operación de ese año, en caso de haber mantenido la intensidad energética del año anterior.

El IAE del grupo en un año determinado será menor o mayor que 100 dependiendo de si en el período comprendido entre ese año y el año de referencia han predominado consumos reales inferiores a los teóricos, o -por el contrario- han predominado consumos reales superiores a los teóricos.

i. **Características del Indicador de Ahorro Energético (IAE)**

El Indicador de Ahorro Energético (IAE):

- Da una idea de qué tan bien o mal está la empresa con respecto al escenario base. Es decir, da una idea de desempeño o de ahorro.
- Permite desligar el efecto de compra/venta de activos, puesto que se corrige la línea de base.
- Se utiliza para fijar objetivos y hacer seguimiento de su consecución, por ello se utilizan los datos con los que las unidades hacen su seguimiento de objetivos.



b) *Cálculo del Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG)*

Para el cálculo del IEG se parte de diferentes indicadores de las unidades: ej. EII Solomon, consumos específicos, etc. Dada la usualmente distinta naturaleza de los indicadores de las Unidades/Centros Operativos de la empresa, se hace necesaria su transformación a un indicador adimensional, unidad común de comparación de los indicadores. En el caso específico de Repsol, para el cálculo del indicador se toma como año base el 2005, en coherencia con el objetivo de reducción de gases de efecto invernadero.

$IIE\ UNi\ (\text{adimensional})\ \text{año } x = IIE\ \text{año } x / IIE\ \text{año referencia} \cdot 100$

Para todas las unidades y para el año de referencia 2005 el IIE UNi (adimensional) año 2005 = 100.

A partir de estos IIE adimensionales de las unidades y por ponderación en función de su contribución al consumo total de energía se calculará el Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG).

$IEG\ (\text{adimensional})\ \text{año } x = \sum \alpha\ UNi\ \text{año } x \cdot IIE\ UNi\ (\text{adimensional})\ \text{año } x \alpha\ UN\ i\ \text{año } x =$
 $\text{Consumo energía real UNi año } x / \text{Consumo energía real Grupo año } x \text{ Consumo energía real Grupo año } x$

i. **Características del Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG)**

El Indicador de Intensidad Energética de Grupo (IEG):

- Da una idea directa de la intensidad energética de las operaciones.
- Permite visualizar el efecto de la compra/venta de activos, ya que no se revisará la línea de base para el cálculo del mismo (es decir, no se corrigen los valores de años anteriores para hacer coincidir el perímetro de consolidación de activos).

5) **Ejemplos de uso de los indicadores**

a) *Benchmarking*

Los indicadores se pueden utilizar para realizar un ranking de instalaciones y compararlas así entre ellas. No obstante, esto solo se podrá realizar con aquellos indicadores que dan buena cuenta de su desempeño energético de forma independiente a su configuración, o de nivel de producción o actividad (bien sea midiendo la intensidad o la eficiencia energética). Varios indicadores tienen características adecuadas para este ejercicio.; es el caso de los indicadores de intensidad energética, siempre que comparen el consumo real de una instalación frente a lo que hubiese consumido una instalación de las mismas características de haber seguido un patrón de consumo de referencia.

En algunos casos los indicadores de intensidad energética tienen en cuenta factores de complejidad que permiten cumplir con las mismas condiciones (ejemplo: EII de Solomon para refino).



El benchmark como herramienta de detección de potencial

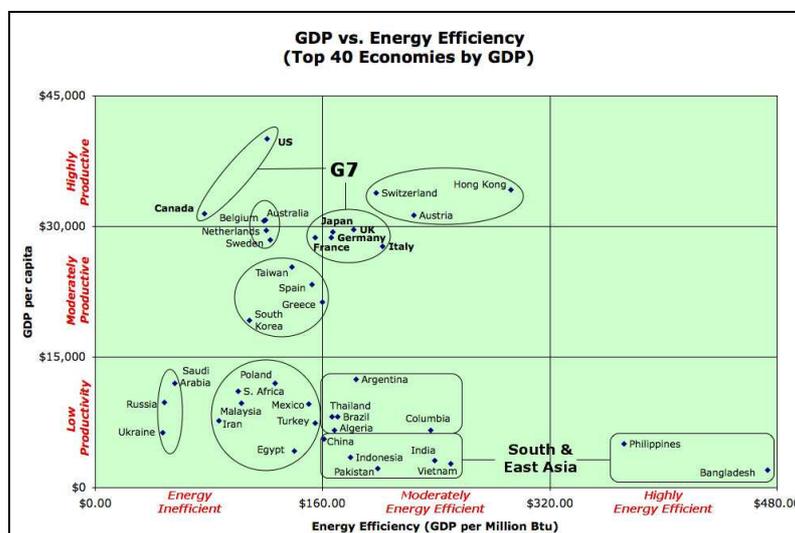
Un benchmark permite identificar instalaciones con mejor y peor desempeño energético, indicando aquellas que podrían ser consideradas como referentes de eficiencia, y aquellas donde existe potencial de mejora y donde se tendrían que enfocar las acciones concretas.

b) Mapas de eficiencia energética

Los índices anteriores expuestos también permiten elaborar mapas de eficiencia energética, cruzando el valor de un indicador de eficiencia (los de consumo específico o también los de intensidad energética) frente a la producción total de la unidad. Así se establecen mapas de eficiencia energética que no solo permiten identificar los procesos con mayor potencial de mejora de la eficiencia en términos relativos (intensidad), sino también en términos absolutos: las acciones prioritarias tienen que ir a las instalaciones con baja eficiencia y -entre estas- de forma prioritaria a las de mayor tamaño de producción.

Para hablar de un caso general, se presenta el siguiente ejemplo en el cual se clasifica un indicador de eficiencia energética de varios países (medido en PIB/Btu) frente a la unidad de actividad considerada (el PBI del país en cuestión). Este tipo de ejercicio se puede realizar en cualquier tipo de activo de la cadena de valor del sector petrolero.

Figura 2: PBI per cápita versus eficiencia energética económica para las 40 principales economías nacionales



Fuente: Peter Corless, 30 Sep. 2005.

Asociación Regional de Empresas del Sector Petróleo, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe

ARPEL es una asociación sin fines de lucro que nuclea a empresas e instituciones del sector petróleo, gas y biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe. Fue fundada en 1965 con el propósito principal de promover la integración y crecimiento de la industria y de maximizar su contribución al desarrollo energético sostenible de la región. Sus socios representan más del 90% de las actividades del upstream y downstream en la región e incluyen a empresas petroleras nacionales e internacionales, a empresas proveedoras de tecnología, bienes y servicios a la cadena de valor de la industria, y a instituciones del sector petróleo, gas y biocombustibles. Desde 1976 ARPEL posee Estatus Consultivo Especial ante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC). En 2006, la asociación manifiesta su adhesión a los 10 principios del Pacto Mundial.

Misión

Promover y facilitar la integración y desarrollo de la industria, su mejora operacional continua y una gestión ambiental y social eficaz, buscando:

- desarrollar, compartir y difundir las mejores prácticas;
- llevar a cabo estudios que se traduzcan en información de valor;
- ampliar el conocimiento y coadyuvar al desarrollo de competencias;
- relacionar y convocar a socios y grupos de interés a un diálogo constructivo.

Visión

Una industria de petróleo, gas y biocombustibles creciente, competitiva e integrada que logra la excelencia en sus operaciones y gestión, y contribuye eficazmente al desarrollo energético sostenible en Latinoamérica y el Caribe.

Propuesta de valor

ARPEL es una asociación de la industria bien establecida a nivel de Latinoamérica y el Caribe, que ofrece a sus socios un medio único para el relacionamiento e intercambio de conocimiento, y para aunar esfuerzos y construir sinergias en pro del desarrollo competitivo y sostenible de la industria. Como reconocido órgano regional de representación, la asociación también persigue abogar en favor de los intereses comunes de sus socios y mejorar la imagen pública y reputación de la industria.

Gran parte del valor de ARPEL se refleja en su condición de vehículo costo-efectivo para el desarrollo de publicaciones regionales sobre mejores prácticas, temas emergentes y estudios sectoriales, como centro de servicios de valor agregado, y como medio de acceso a recursos financieros no reembolsables para proyectos relacionados con la mejora en la gestión social y ambiental de sus empresas asociadas.

Sostenibilidad socio-ambiental

Excelencia operacional

Desarrollo sectorial

