

# Coenergación

## una alternativa importante de ahorro energético nacional



Ing. Ángel Arteaga Linzán Mg.  
Docente de la UTM

Carrera de Ingeniería Mecánica

### RESUMEN

**L**a globalización de la economía y los altos costos de los combustibles fósiles nos llevan a tomar conciencia sobre el costo de las facturas de energía térmica y/o eléctrica de las industrias manabitas, y ecuatorianas, para poder competir con las transnacionales que pretenden invadir nuestros mercados con productos más baratos.

No hacerlo conllevaría a la quiebra de nuestras empresas y la pérdida de miles de puestos de trabajo, ahondando más la crisis económica de nuestro país.

Debido a esto se deben tomar inmediatamente medidas para entrar en un régimen de eficiencia energética, una de ellas es la implantación de la tecnología de la cogeneración en nuestras industrias.

Siendo la cogeneración una tecnología ahorradora de energía, el estudio de factibilidad para la implantación de la cogeneración debía ser realizado en las industrias más grandes y consumidoras de la región, para esto se seleccionó la Fabril S.A., productora de aceites y grasas comestibles y Conservas Isabel Ecuatoriana S.A., productora de conservas de atún, empresas líderes en cada uno de sus campos de producción, y que cumplen con esta condición.

Tomando en cuenta estos factores el presente trabajo se enfocó en la selección y evaluación de un esquema de cogeneración que satisfaga tanto los requerimientos de energía térmica y eléctrica, y que además genere ahorro para el estado ecuatoriano, y que permitan su amortización a mediano plazo.

Mediante los consumos de vapor y electricidad del 2010 de las industrias seleccionadas, se determinó para cada una de ellas la mejor opción de cogeneración, y el ahorro de combustibles que obtendríamos con la implantación de un método de cogeneración.

Lo que se logró con esta investigación, es poner en evidencia el ahorro en divisas que el estado ecuatoriano experimentaría por la no importación de la totalidad del combustible requerido actualmente por estas industrias para el desarrollo de sus procesos productivos.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cogeneración son sistemas de producción conjunta de electricidad (o energía mecánica) y de energía térmica útil partiendo de un único combustible, según ilustra la *figura 1*.

Este aprovechamiento simultáneo de electricidad y calor permite obtener elevados índices de ahorro energético, así como una disminución importante de la factura energética, sin alterar el proceso productivo.

En el sistema convencional generalmente se tienen 2 tipos de combustibles, el utilizado para la generación de vapor para los procesos de las industrias y el utilizado para la generación de energía eléctrica de apoyo (cuando falla la energía de la red eléctrica o en horas pico), además de la energía proporcionada por la red eléctrica.

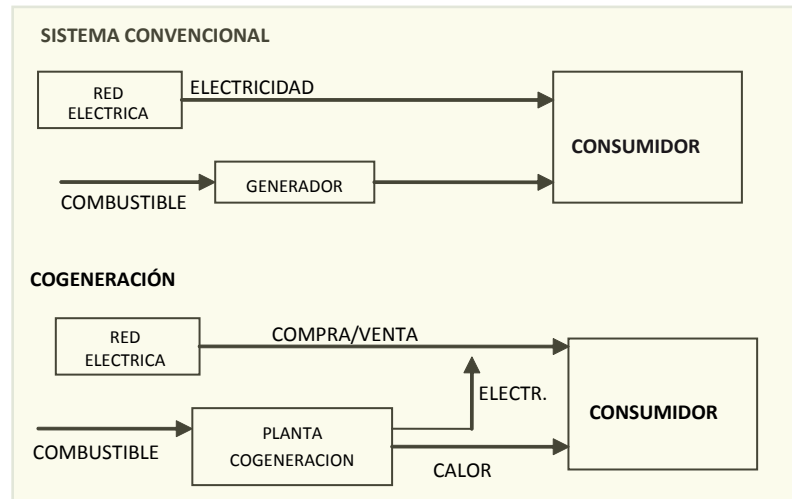
En el sistema con cogenerador se genera el vapor y la energía eléctrica necesaria para los procesos con un único combustible, prescindiendo además de los grupos generadores de apoyo que representan costos de mantenimiento, depreciación, operación, etc. con la ventaja que el excedente de energía eléctrica de acuerdo con las leyes nacionales se puede enviar a la red pública lo cual representará un ingreso de dinero a la empresa.

Los sistemas de cogeneración son los siguientes:

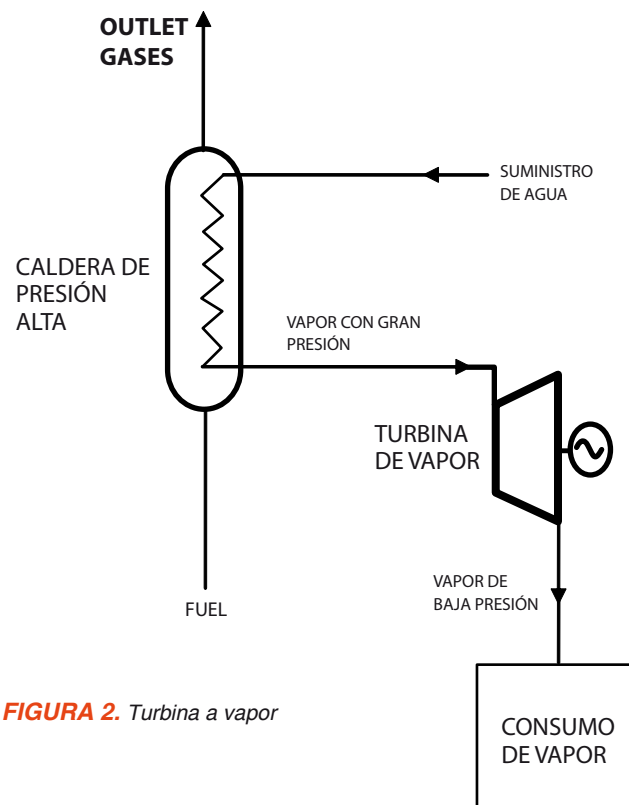
- Motores diesel
- Turbina de gas
- Turbina de vapor
- Ciclo combinado

### Turbinas a vapor

En estos sistemas, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional.



**Figura 1**



**FIGURA 2.** Turbina a vapor

El uso de esta turbina fue el primero en cogeneración. Actualmente su aplicación ha quedado prácticamente limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa residuos que se incineran. (2) *Figura 2*

### Turbina de gas

En los sistemas con turbina de gas se quema combustible en un turbogenerador, cediendo parte

de su energía para producir energía mecánica. Su rendimiento de conversión es inferior al de los motores alternativos, pero presentan la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentra concentrado prácticamente en su totalidad en sus gases de escape, que está a una temperatura de unos 500°C, idónea para producir vapor en un generador de recuperación.

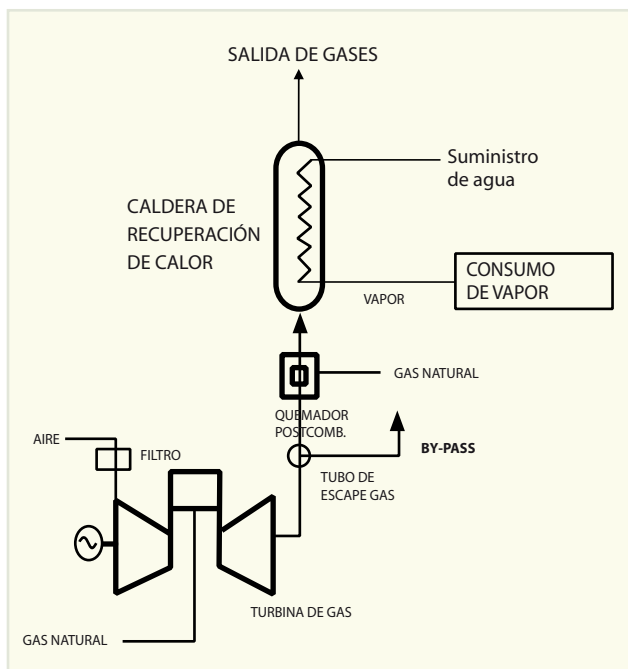


Figura 3. Turbina de Gas

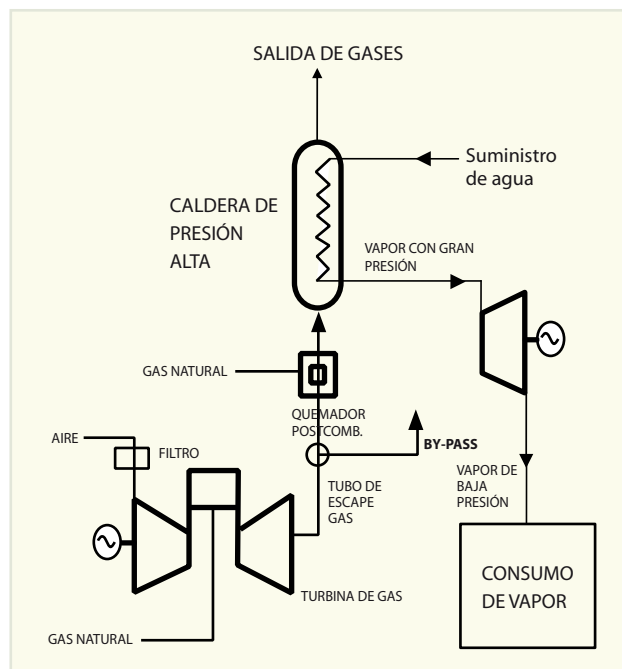


Figura 4. Turbina de Ciclo Combinado

Es la planta clásica de cogeneración y su aplicación es adecuada cuando los requisitos de vapor son importantes (>10 t/h), situación que se encuentra fácilmente en numerosas industrias (química, papelera, alimentación,...) Son plantas de gran fiabilidad y económicamente rentables cuando están diseñadas para una aplicación determinada.

El diseño del sistema de recuperación de calor es fundamental, pues la economía del ciclo está directamente ligada al correcto diseño del recuperador de calor, ya que a diferencia de las plantas con motores alternativos el precio del calor recuperado es esencial en un ciclo simple de turbina de gas. (2) Ver Figura 3.

### Ciclo combinado

Un ciclo combinado ayuda a absorber una parte del vapor generado en el ciclo simple y permite, por ello, mejorar la recuperación térmica, o instalar una turbina de gas de mayor tamaño cuya recuperación térmica no estaría aprovechada si no se utilizara el vapor en una segunda turbina de contrapresión.

En un ciclo combinado el proceso de vapor es esencial para lograr la eficiencia del mismo. La selección de la presión y la temperatura del vapor vivo se hacen en función de las turbinas de gas y vapor seleccionadas, selección que debe realizarse con criterios de eficiencia y economía. Por ello se requiere la existencia de experiencias previas e "imaginación responsable" para crear procesos adaptados a un centro de consumo, que al mismo tiempo dispongan de gran flexibilidad que posibilite su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño. (2) Ver Figura 4.

En los sistemas basados en motores alternativos, el elemento motriz es un motor de explosión. El calor recuperable se encuentra en forma de gases calientes y agua caliente (Circuito Refrigeración). (2)

De acuerdo a estos casos, cogeneración es la técnica de producción combinada de electricidad y calor. La ventaja reside en recuperar el calor que desprende la combustión, mientras que en el caso de la producción convencional de energía eléctrica en las centrales eléctricas puras este calor se pierde (1). Con la Cogeneración se aprovecha

la energía térmica sobrante del proceso de la generación de energía eléctrica, ocasionando con ello una mejor utilización de los recursos energéticos y en consecuencia mejorando notablemente la eficiencia de los procesos productivos de la industria.

La cogeneración aporta con los siguientes beneficios:

- Disminución del consumo de energía primaria
- Disminución de las importaciones de combustible
- Disminución de las importaciones de combustible (ahorros en la balanza de pagos del país)
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (Herramienta para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto)
- Disminución de pérdidas en el sistema eléctrico e inversiones en transporte y distribución. Aumento de la garantía de potencia y calidad del servicio eléctrico.
- Aumento de competitividad industrial y de competencia en el sistema eléctrico.
- Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración.

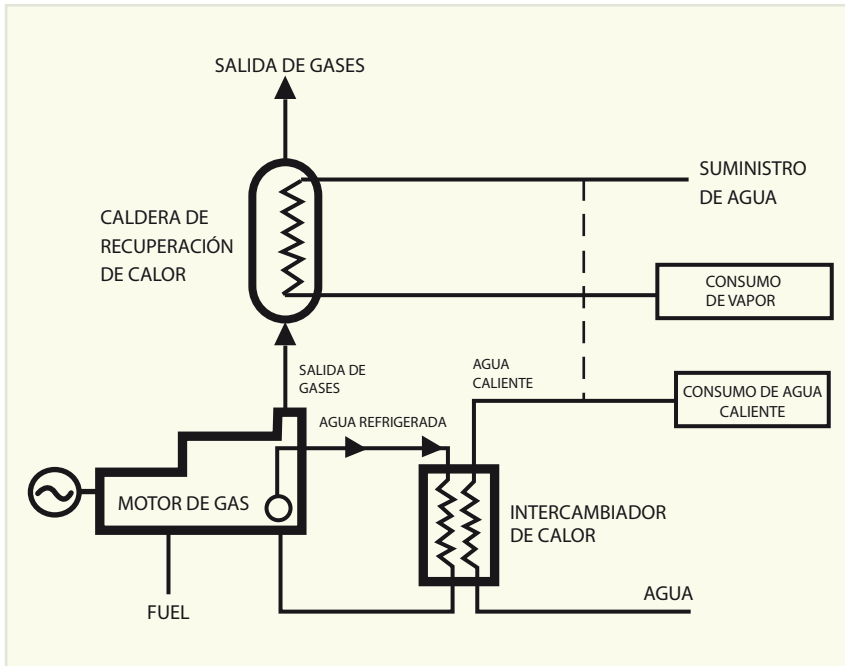


Figura 5. Sistema con Motor de Combustión Interna

## ANTECEDENTES

La evaluación de sistemas de cogeneración es una temática que cuenta con una infinidad de estudios realizados y en su gran mayoría se concentran sobre la parte económica. Esto no constituye un hecho casuístico ya que estas instalaciones, en su mayoría, operan a partir de combustibles fósiles los cuales, debido al agotamiento de las reservas de fácil y mediano acceso, se cotizan cada vez a un precio mayor.

La cogeneración en los sectores que se encuentran las empresas que colaboraron para el presente trabajo, la Fabril S.A. y Conservas Isabel Ecuatoriana S.A. no es nueva, ya que existen varios casos de implementación de la cogeneración en empresas refinadoras de aceite y conserveras en atún.

En el sector del refinamiento de aceites vegetales de Andalucía, hay un total de siete instalaciones de cogeneración, aunque actualmente una de ellas está parada. La potencia total instalada asciende a 69,1 MW y el combustible mayoritario, tal y como refleja la Tabla 1, es gas natural (49,5%).

En las industrias del atún, tenemos a la compañía Frinsa del Noroeste S.A. (Frinsa), tiene sus orígenes a comienzos de los años sesenta en el sector del frío industrial (cámaras frigoríficas, congelación y fábrica de hielo).

La trayectoria de la empresa ha estado siempre marcada por un continuo crecimiento en cada uno de los diferentes sectores en los que se haya presente. Actualmente, cuenta con cinco factorías y una sexta en construcción, todas ellas ubicadas en el polígono

Combustible	Consumo (tep PCI)	% (Consumo s/total)
Gasoil	4.771,3	17,9
Fuel Oil	8.691,5	32,6
Gas Natural	13.210,9	49,5
Total	26.673,6	100,0

Tabla 1



industrial de Ribeira. Entre estas fábricas, se encuentra una moderna planta de cogeneración de energía eléctrica y térmica para uso propio y para su comercialización. Gracias a su potencia de 14 Megavatios, y con un gran respeto por el medio ambiente, la empresa disfruta de una total autonomía, que repercute en un importante ahorro en costes de fabricación. Además, Frinsa cuenta con un recién estrenado parque eólico para el desarrollo de energías renovables.

En nuestro país el desarrollo de la cogeneración ha sido prácticamente nulo a pesar que el país experimento una aguda escasez de energía eléctrica y un costo cada vez más alto debido a que la mayor parte de la energía eléctrica generada se lo realizaba en centrales termoeléctricas.

Hoy en día el gobierno nacional ha puesto en funcionamiento la central hidroeléctrico Mazar y tiene en construcción varios proyectos más como Coca-Codo-Sinclair, Toachi-Pilatón, Baba, Chone, entre otros, los que buscan reducir el consumo de combustibles fósiles que se usan en las centrales termoeléctricas ahorrando al país recursos, por importación del combustibles, y evitando lanzar a la atmosfera millones de toneladas de contaminantes por la combustión de los mismos, además de representar ventajas para las industrias las cuales accederán a un costo del kilovatio más económico, produciendo un producto más económico y por ende más competitivo.

Con estos antecedentes nuestra universidad mediante la Escuela de Ingeniería Mecánica, está realizando un trabajo de investigación para la implementación de la cogeneración en todas las empresas del parque industrial de Manabí. Con el presente trabajo buscamos cuantificar los beneficios económicos que la cogeneración produciría y colaborar así con una alternativa de generación eléctrica y térmica, para que el gobierno considere entre los proyectos anteriormente descritos.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Generar una alternativa de ahorro de divisas para el estado ecuatoriano por reducción de importación de combustibles.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar el esquema de cogeneración para cada empresa.
- Cuantificar los ahorros anuales de las empresas que colaboraron en el trabajo de investigación.
- Cuantificar los ahorros anuales de divisas que el estado ecuatoriano, obtendría por concepto de la reducción en la importación de combustibles.

### SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN

Para determinar el mejor sistema de cogeneración para cada una de las empresas que participan en nuestro trabajo de investigación,

parámetros de calculo
Producción promedio mensual de vapor para proceso.
Consumo promedio mensual de combustibles bunker para generación de vapor en calderas pirotubulares para procesos
Presión de trabajo de las calderas pirotubulares de procesos
temperatura del agua de alimentación de calderas
costo del combustible bunker puesto en planta
consumo promedio mensual de energía eléctrica

Tabla 2

se obtuvieron los parámetros descritos en la tabla 2.

Luego se determinó la energía necesaria para la producción de vapor a la presión y temperatura del proceso.

Mediante la medición del consumo de energía eléctrica del año 2010, se determinó la energía anual necesaria para los procesos de cada industria.

Con los parámetros calculados de energía térmica y energía eléctrica

para ambos procesos, en unidades de energía compatibles, se obtiene la relación.

$$R = \frac{Q}{E}$$

Aplicando este cociente en la figura 6.

Obteniendo para ambos casos que la opción más recomendada es la instalación de una central de cogeneración con turbina a gas.

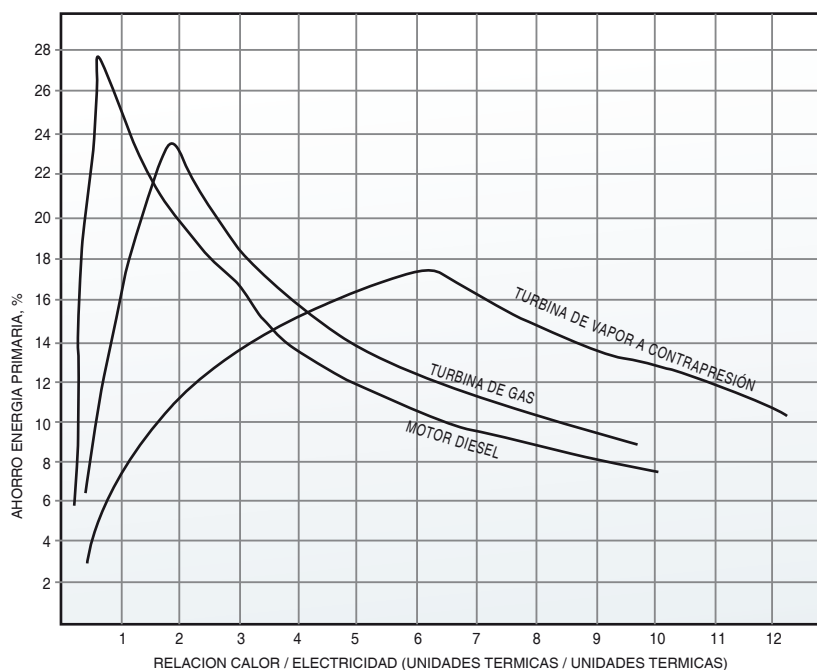


Figura 6

	AHORRO EN COMBUSTIBLE	AHORRO DE COMBUSTIBLE ( GALONES ANUALES)	AHORRO DE COMBUSTIBLE ( DOLARES ANUALES)	
	volumen	PARA EL ESTADO	PARA LA EMPRESA	PARA EL ESTADO
La Fabril S.A.	28,206%	1398959,42	1055095,20	2574085,34
Conservas Isabel Ecuatoriana S.A.	22,877%	221751,02	167244,62	408021,88

Tabla 3

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación económica de los resultados obtenidos, se determinó los consumos de combustibles de centrales independientes, es decir la energía térmica (vapor) en sus calderas pirotubulares con eficiencias de 85% y la electricidad en centrales termoeléctricas de la red pública con eficiencias del 35%

$$\beta_1 = \frac{Q}{0,85} + \frac{E}{0,35}$$

Los consumo de combustibles de una central mixta con turbinas de gas, cogeneración.

$$\beta_2 = \frac{(Q+E)}{0,74}$$

Los consumos de combustibles de cada instalación de turbina nos dan los ahorros de combustibles.

$$\% = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1} 100$$

$$\$/ = \beta_1 - \beta_2$$

El costo del kW – hr instalado de una central de cogeneración con turbina a gas esta alrededor de 450 \$/kW – hr.

Para la determinación de los ahorros obtenidos por el estado ecuatoriano se tomó el costo real del galón de combustible bunker(1,84\$/ galón) es decir sin subsidio.

De acuerdo a los cálculos realizados se determino que la potencia máxima de las empresas que colaboraron en el presente trabajo son.

La fabril 6000 kW, con el valor unitario del kW – hr instalado, el monto aproximado de inversión sería de \$2700000, con el ahorro obtenido por parte del estado según la tabla # 1, el tiempo de retorno de la inversión estaría en aproximadamente 1 año.

Conservas Isabel 2000 kW, con el mismo valor unitario del kW – hr instalado del caso anterior, el valor de la inversión sería de \$ 800000, con los ahorros obtenidos por parte del estado con este sistema el tiempo de retorno de la inversión estaría en aproximadamente 2 años.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la selección del sistema de cogeneración óptimo, la evaluación económica para cada opción y los ahorros anuales obtenidos para las empresas y el estado ecuatoriano, concluimos lo siguiente:

- Que implementar un sistema de cogeneración en todas las industrias de Manabí representaría ahorros inmensos para nuestro estado ecuatoriano, por motivo de la disminución de la importación de combustibles, por el ahorro considerable que tendríamos en la reducción de consumo de las empresas de la región.

- Que la implementación de un sistema de cogeneración con

turbina a gas, significara una ventaja competitiva para las empresa que colaboraron en este trabajo de investigación, dado el ahorro que significaría para sus procesos.

- Los tiempos de construcción y de amortización para este tipo de centrales son relativamente bajos, según lo expuesto en la evaluación económica.

## RECOMENDACIONES

Una vez demostrado que la cogeneración en las industrias es una alternativa de ahorro para nuestro país, recomendamos lo siguiente:

- Se debe profundizar el presente trabajo de investigación en el resto del parque industrial de la provincia de Manabí, dado el gran potencial energético que presenta.
- Dado el elevado monto que cada empresa debería invertir para instalar estos sistemas, el estado debería estudiar la posibilidad de establecer líneas de crédito u otro estímulo financiero que incentive a este sector productivo a realizar este tipo de inversiones.

## BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.slideshare.net/gbermudez/guia-n-3-centrales-trmicas-de-gas>
- <http://www.laesferaempresarial.es/articulos.php?id=1133>
- <http://careity.blogspot.com/2011/01/eliminacion-de-subsidios-incidiria-en.html>
- Apuntes de balances energéticos y cogeneración maestría en energía Universidad técnica de Manabí – Escuela politécnica del Chimborazo Junio 2002