

**CHARLA SOBRE POSIBILIDADES Y EXPERIENCIAS DE  
AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA NACIONAL**

**Presentado por la Mesa Redonda sobre Uso Eficiente de Energía en Chile, organizada por  
el Comité Nacional Chileno de la Conferencia Mundial de Energía.**

**Diciembre, 14 de 1982.-**

## **CHARLA SOBRE POSIBILIDADES Y EXPERIENCIAS DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA NACIONAL**

**CONFERENCISTA :** SR. FRANCISCO NEGRONI E. Ph.D., Gerente de Gamma Ingenieros Ltda.

### **RESUMEN**

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en los estudios de auditoría energética de 47 industrias nacionales pequeñas y medianas, realizadas desde 1979 a la fecha.

Se detallan las economías factibles de obtener por tipo de modificación técnica, indicándose además el ahorro porcentual de energía en el plazo de recuperación de la inversión.

El análisis de estos datos demuestra que las economías posibles varían entre un 10 y un 53%, con plazos de retorno de la inversión entre 2 y 10 meses.

Se discute, a través de un muestreo de posibilidades, el caso de ahorro de energía en instalaciones auxiliares de la industria minera, concluyéndose que en ella las posibilidades de ahorro son similares o mejores que en las industrias medianas.

Se indica posteriormente el resultado de un muestreo realizado para establecer el grado de implementación de las recomendaciones y los resultados prácticos obtenidos cuando ellas fueron aplicadas. Este muestreo reveló que ha habido un porcentaje importante de industrias que no realizó las modificaciones recomendadas a pesar de que los plazos de recuperación de la inversión eran muy cortos. Se discuten e individualizan los problemas que impidieron a las industrias materializar las posibilidades de ahorro y se propone un plan metódico de implementación el que ya ha sido probado en la práctica, habiéndose obtenido mediante su aplicación, economías de hasta un 53% del consumo inicial.

## **CHARLA SOBRE POSIBILIDADES Y EXPERIENCIAS DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA NACIONAL**

**CONFERENCISTA: SR. FRANCISCO NEGRONI E. Ph.D., Gerente de Gamma Ingenieros Ltda.**

### **1. INTRODUCCION.**

A partir de 1979 y hasta la fecha GAMMA INGENIEROS LTDA. ha efectuado estudios de economía de energía térmica en más de 80 industrias.

Del total de las industrias estudiadas se seleccionó una muestra de 47 industrias, en las cuales se realizaron estudios globales de auditoría energética, es decir, estudios tendientes a determinar todos los ahorros posibles de obtener a corto plazo. Los estudios realizados se refieren exclusivamente a la energía empleada por las industrias en forma de calor. En este trabajo no se han incluido las economías que pueden obtenerse al cambiar el tipo de combustible empleado, debido a que en él se considerarán soluciones al problema energético, exclusivamente desde el punto de vista de la conservación de la energía y no desde la perspectiva del empleo de otras fuentes alternativas. Sin embargo, la sustitución de combustibles ha sido una fuente de importantes ahorros para muchas industrias. De un total de 80 industrias estudiadas, el 24% de ellas ha implementado o está en camino de implementar el cambio de combustible que utilizaban. Los cambios en general han consistido en sustituir el uso de petróleo Diesel y en algunos casos kerosene por petróleo 5 ó 6, así como el cambio de petróleo por leña o carbón, en particular en el caso de industrias de la zona sur.

### **2. DESARROLLO.**

#### **2.1. Representatividad de la Muestra.**

Las industrias consideradas en la muestra representan, en conjunto, un consumo anual de 660 Tcal<sup>1</sup>. Todas ellas pertenecen al subgrupo "Industrias y Minas Varias", de acuerdo a la clasificación realizada por la Comisión Nacional de Energía en el "Balance de Energía de Chile". Este Subgrupo tuvo en 1978 un consumo total de 7.971 Tcal, de las cuales el 63% corresponde a derivados del petróleo. Por lo tanto la muestra considerada representa el 8,3% del consumo total de energía del grupo de Industrias y Minas Varias y el 13,2% del consumo de derivados de petróleo del mismo subgrupo.

---

<sup>1</sup> Tcal = teracaloría = 10<sup>12</sup> calorías

En cuanto al tipo de problemas y soluciones encontradas, los resultados obtenidos de esta muestra se consideran, de acuerdo a la experiencia de nuestra firma, aplicables en general, a todos los consumos energéticos del sector "Industrial y Minero" que tengan por objeto producir calor. Estos representan aproximadamente el 23,5% de la energía total consumida por el país. Las excepciones estarían constituidas por la energía utilizada en procesos de la Gran Minería y la Siderurgia, cuyas posibilidades de ahorro y requisitos de inversión serían diferentes a las del resto de la industria nacional. Los otros sectores de gran consumo energético no incluidos en el estudio son el de Transporte, el Comercial, el Residencial y el Agrícola.

## 2.2. Resultados de los Estudios.

En el Cuadro N° 1 se indican las modificaciones técnicas más importantes y más frecuentes que se recomendaron en los estudios realizados. Se indica además, la frecuencia (número de ocasiones) en que se detectó cada problema y el ahorro mínimo y máximo que se produciría al materializarse cada recomendación, expresados como porcentajes del consumo de combustibles de la industria. A cada industria se le hicieron varias recomendaciones variando los ahorros totales posibles de obtener entre un 10 y un 53%.

La puesta en práctica de las recomendaciones requirió normalmente de inversiones relativamente pequeñas. En el mismo cuadro se indican los plazos de recuperación de la inversión, calculados simplemente como el cociente entre la inversión y los ahorros. Se puede apreciar que los plazos de recuperación de la inversión son muy cortos, lo que involucra una alta rentabilidad de las inversiones.

### CUADRO N° 1

#### RESUMEN DE MODIFICACIONES TECNICAS MAS IMPORTANTES

MODIFICACIÓN TECNICA	FRECUENCIA		AHORRO %		Plazo Recup. Inversión prom. (meses)
	N°	% SOBRE VISITAS	MIN.	MAX.	
Mejoramiento de la combustión	30	64	2	13	3
Mayor aislación	10	21	2	6	9
Reparación de trampas	28	60	5	20	2
Recuperación de calor	10	21	3	13	10
Cambio redes cañerías	7	15	1	5	10
Cambios en la operación	5	11	4	6	4
Uso del revaporizado	5	11	2	9	8
Otras modificaciones	3	6	5	10	6

En el rubro "Otras Modificaciones" se incluyen diversas recomendaciones tales como instalación de sistemas de control, ajuste de quemadores y modificación de procesos.

Una de las modificaciones más frecuentes y que permite obtener una economía de combustible en forma rápida, es el control de combustión en calderas y hornos.

En los dos cuadros siguientes se puede apreciar la eficiencia de la combustión de calderas y hornos en las industrias visitadas. Las cifras indicadas revelan una gran diferencia de rendimiento entre las instalaciones, lo que evidencia que, en muchos casos, es posible obtener economías concretas a corto plazo. Para lograr estas economías se deben analizar los humos de escape, estudiar la eficiente operación del sistema de combustión y realizar los ajustes y cambios que sean necesarios.

Este análisis requiere personal y equipos especializados, así como de la efectiva colaboración del personal técnico de la industria. La inversión requerida en estos casos se limita al costo de ajuste y/o reparación del quemador, reparaciones y modificaciones del sistema de alimentación de combustible y a la asesoría técnica externa necesaria en estos casos.

### CUADRO N° 2

#### EFICIENCIA DE COMBUSTION EN CALDERAS

	Mínimo	Máximo	Promedio General	N° Equipos Controlados
Temp. en humos °C	150	390	240	53
Exceso de Aire %	16	250	94	53
Pérdida en Humos %	8	36	17	53
N° de Hollín	0	9	5	34

### CUADRO N° 3

#### EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN EN HORNOS

	Mínimo	Máximo	Promedio General	N° Equipos Controlados
Temp. en humos °C	140	828	479	25
Exceso de Aire %	10	604	109	25
Pérdida en Humos %	10	73	32	25

### 3. POSIBILIDADES DE AHORRO DE ENERGIA EN INSTALACIONES AUXILIARES DE LA INDUSTRIA MINERA.

Las condiciones de ahorro de combustible en la minería están constituidas en su mayoría por cambios o ajustes en los procesos metalúrgicos de refinación a los cuales se refiere otro trabajo, presentado por el Ingeniero Sr. H. Bonomelli en esta Conferencia, sobre uso eficiente de la energía. Las soluciones técnicas, las inversiones, ahorros y plazo de pago de las inversiones son distintos a los que se encuentran en la industria mediana y pequeña. Sin embargo, las instalaciones auxiliares de los procesos, es decir calderas, recuperadores de calor, etc., tienen características similares a las indicadas anteriormente.

En el Cuadro N° 4 se indica, a modo de ejemplo, varias economías evaluadas en la gran minería, mediana y pequeña minería.

**CUADRO N° 4**

#### **MODIFICACIONES A INSTALACIONES AUXILIARES DE LA MINERIA**

	<b>Ahorro Tcal/año</b>	<b>Plazo de Recuperación de la Inversión, Años</b>
<b>Gran Minería :</b>		
• Recuperación de calor de humos caldera	12,4	0,9
• Recuperación de calor de humos caldera	1,5	3,9
• Recuperación de calor agua de refrigeración de compresores	3,3	0,8
• Aprovechamiento agua de condensadores	4,0	1,9
• Modificación a Sistema de enfriamiento del agua de refrigeración de condensadores	8,0	0,7
<b>Mediana Minería :</b>		
• Modificación de red de cañerías e instalación de trampas	0,6	1,6
<b>Pequeña Minería :</b>		
• Mayor instalación	0,5	0,3
• Mejoramiento de la combustión	0,4	0,3

#### 4. APLICACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DE AHORRO DE COMBUSTIBLE.

En el Cuadro N° 5 se resumen los resultados obtenidos en una encuesta realizada a 20 de las 47 industrias incluidas en la muestra estudiada, para conocer el grado de aplicación práctica de las modificaciones sugeridas en los estudios de economía de energía térmica efectuados previamente. En ella no se incluyeron los casos de la minería. La encuesta se realizó entre Marzo y Junio de 1981. Los estudios se habían entregado durante 1979 y 1980, habiendo tenido estas industrias plazo suficiente para implementar la mayoría de las modificaciones recomendadas.

En el cuadro indicado se observa que un 30% de ellas no había realizado ninguna actividad al respecto y que sólo un 15% habían completado más de un 75% de las modificaciones sugeridas. Esto, a pesar de que los plazos de retorno de la inversión eran, en su mayoría, inferiores a un año y probablemente menores que los de otras alternativas de inversión de la empresa.

#### CUADRO N° 5

##### REALIZACIÓN DE LAS ECONOMÍAS DETECTADAS

Modificaciones Ejecutadas en Relación a las Recomendaciones	Industrias que Realizaron un cierto Porcentaje de las Modificaciones Sugeridas	
	N°	%
0	6	30
25	8	40
50	3	15
75	1	5
100	2	10
<b>Total Industrias</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

De las encuestas se desprende además, que las reformas implementadas más frecuentemente coincidían con las que no requerían un mayor conocimiento especializado ni la realización de un proyecto de ingeniería. Este es el caso de mejoras de las aislaciones, cambio de las trampas de vapor y modificaciones menores de la programación de la producción.

Datos específicos sobre estadística de ahorros de combustible se obtuvieron sólo en 8 de las 20 industrias encuestadas, indicando ahorros efectivos del 5% al 53,8% del consumo inicial. En todos estos casos los plazos efectivos de recuperación de la inversión fueron inferiores a un año. En general, los ahorros e inversiones efectivos se ajustaron a las predicciones señaladas en los estudios realizados previamente.

Un caso que merece destacarse lo constituye la industria Textil Progreso que, en un período de dos años, completó su programa de ahorro de combustible, y cuyos resultados se resumen en el Cuadro N° 6.

### CUADRO N° 6

#### RESULTADOS CONCRETOS DEL PROGRAMA DE AHORRO DE COMBUSTIBLE EN UNA INDUSTRIA TEXTIL DE SANTIAGO

Año	Acción Aplicada	Ahorro Efectivo (*) %	Inversión Miles \$ (de 1982)	Plazo Recuperac. Inversión (Meses)
1978	• Eliminación de fuga de vapor	9,2	88	0,7
	• Reparación y reemplazo de trampas			
1979	• Desconexión de equipos detenidos	16,4	192	1
	• Regulación de la combustión (Reparación del quemador)			
1980	• Recuperación del condensado revaporizado	28,2	1.140	4
	• Aislación red de retorno de condensado			
	• Cambios de quemador y bomba de petróleo			
<b>TOTAL</b>		<b>53,8</b>	<b>1.420</b>	<b>--</b>

(\*) En relación al consumo de 1977. La producción en los años considerados no varió significativamente.

En general estas encuestas indicaron que los problemas que han existido para aprovechar en su totalidad las oportunidades de ahorro de combustibles: han sido básicamente los siguientes:

- Falta de apoyo directo de la Gerencia.
- Carencia de asesoría externa especializada
- Ausencia de un plan metódico que cubra todas las etapas requeridas.
- Dificultades de financiamiento de la inversión.

#### 5. RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN EFECTIVO DE ECONOMIA DE COMBUSTIBLE.

De acuerdo a la experiencia obtenida de los estudios y encuestas realizadas, se sugiere que para que un plan de ahorro de combustibles pueda llegar a rendir los abundantes frutos que es capaz de entregar, debe considerar la solución de los problemas recién indicados.

En particular, para desarrollar un plan de economía de combustible en la industria, se deben realizar en forma sucesiva, varias actividades o etapas, las que se indican en el Cuadro N° 7.

### CUADRO N° 7

#### ETAPAS DE UN PLAN DE ECONOMIA DE COMBUSTIBLES

1.	Auditoría Energética. Se incluye la identificación y Evaluación de las economías posibles de obtener.
2.	Definición de un plan de realización de las diversas economías y su divulgación a los ejecutivos involucrados. Definición de prioridades.
3.	Materialización de cada economía.
	3.1. Proyectos detallados
	3.2. Propuestas y selección de proveedores y/o contratistas
	3.3. Construcción y montaje
	3.4. Supervisión de la obra y puesta en marcha
	3.5. Comprobación de las economías obtenidas
4.	Creación de un sistema de control de resultados.

En primer lugar se debe realizar un estudio para identificar y evaluar las economías posibles de obtener (Punto 1). Este estudio se inicia haciendo todas las mediciones necesarias para establecer un balance energético de la industria, es decir, de la energía total consumida, la que se utiliza en cada uno de los procesos y las pérdidas en cada sector del sistema. Luego se deben estudiar las posibilidades de disminuir cada una de las pérdidas y recuperar energía perdida, identificando y cuantificando así las posibilidades de ahorro (\$/mes). Luego se desarrollan anteproyectos preliminares de los sistemas que se deben instalar o modificar, evaluando las inversiones necesarias (\$), su rentabilidad y los plazos de retorno de cada inversión.

Se prepara posteriormente un plan de acción (Punto 2), en el que se definen las prioridades y la coordinación entre los distintos proyectos específicos contenidos en el programa. Este programa deberá ser ampliamente difundido, para recibir sugerencias de las personas involucradas, motivarlas y lograr su mayor colaboración.

La materialización de cada economía (Punto 3), requerirá de la realización de proyectos o estudios detallados que permitan su realización completa, la selección de contratistas y/o equipos y un eficiente control de los resultados.

Para iniciar y luego lograr la realización efectiva de los ahorros, se requiere designar a un ejecutivo de la industria como coordinador y motor del plan. De preferencia este ejecutivo deberá ser el mismo Gerente General u otro alto ejecutivo que tenga el dinamismo, capacidad de decisión y de análisis económico necesarios para llevar el programa a buen término. Es también indispensable contar con la asesoría externa de una firma de ingeniería, o de ingenieros con experiencia en este tipo de proyectos, los que estarían a cargo del estudio inicial sobre identificación y evaluación de las economías, así como de la elaboración, en conjunto con la empresa, del programa de acción y luego de los proyectos específicos que se realizarán. El personal técnico y de mantención de la empresa debe participar también en forma activa, en los proyectos y en su implementación.

La organización del plan de ahorro de combustible sugerido evitará las demoras excesivas que se han detectado en la práctica industrial por falta de especialización o de tiempo del personal propio de la industria, normalmente ya recargado de labores de rutina y mantención diaria de las instalaciones, así como el escaso contacto y participación del personal ejecutivo superior, el que debe evaluar y tomar las decisiones finales, así como controlar su cumplimiento.

Una vez en marcha el plan de economía de combustible, es conveniente instalar un sistema de control de consumo (Punto 4), el que puede estar integrado al sistema de costos de la empresa o plantearse separadamente. En muchos casos conviene calcular los consumos específicos de las secciones o máquinas principales de la industria, así como el consumo específico total de la empresa.

Se entiende por consumo específico el cociente entre el consumo total de combustible y la producción física efectiva, asociada a ese consumo. En algunas industrias, como las siderúrgicas, se pueden calcular los kilos de combustible por kilo de producción. En industrias textiles se determinan los kilos de petróleo por metro de tela de un determinado tipo.

En estos casos conviene registrar también la producción efectiva ya que los consumos específicos de una industria dependerán del nivel de producción a igualdad de tecnología o de sistemas de economías o recuperación existentes.

## **6. CONCLUSIONES PRELIMINARES.**

En el foro que se realizará, se discutirán y se ampliarán las conclusiones que a continuación se indican en carácter de proposición.

- 1) La energía perdida en las industrias es una fuente no tradicional de energía fácil de utilizar y de gran importancia para la industria nacional.

- 2) Se ha comprobado que existen posibilidades efectivas de ahorro de combustible en la mediana y pequeña industria nacional, así como en las instalaciones auxiliares de la minería.
- 3) Los ahorros porcentuales posibles de obtener, a corto plazo, en una industria mediana o pequeña, varían aproximadamente entre el 10% y el 50% del consumo total de combustible.
- 4) La recuperación de las inversiones recomendadas se realiza en plazos de 2 a 10 meses.
- 5) En la implementación de los posibles programas de ahorro se ha detectado la dificultad práctica de la falta de tiempo del personal propio de la industria, la escasa contratación de asesoría externa y la falta de contacto y apoyo del personal ejecutivo superior, por lo que las oportunidades de ahorro no se han aprovechado en todas sus posibilidades.
- 6) Se sugiere una forma de organizar un plan de economía de combustible, que se debe desarrollar en varias etapas muy definidas, a fin de obtener los resultados esperados. En los casos en que se ha seguido esta pauta, los resultados han sido normalmente mejores que las expectativas originales.

## 7. AGRADECIMIENTOS.

El expositor desea dejar constancia de su reconocimiento por la valiosa cooperación de las industrias encuestadas, así como la de los ingenieros de la División de Sistemas Térmicos de Gamma Ingenieros Ltda.

## 8. REFERENCIAS.

- (1) "Balance de Energía 1960-1978, Chile"  
Comisión Nacional de Energía, 1980
- (2) Diversos Estudios de Economía Global de Combustible.  
Gamma Ingenieros Ltda., 1978-1980.
- (3) Energy Conservation Program-Guide for Industry and Commerce. NBS.  
Handbook 115, U.S.P.O. Washington, 1974.
- (4) Charlas de Economía de Combustible "Posibilidades Efectivas de Economía de Combustible", COPEC-Junio 1981.
- (5) "Guidelines for Industrial Boiler Performance Improvement", N.W. Mc Elroy,  
D.E. Shore, EPA-FEA, 1977.
- (6) Guía COPEC para la Economía de Combustible en la Industria – Gamma  
Ingenieros Ltda.- 1976
- (7) Utilización de la Energía Perdida en la Industria. Experiencia Chilena, Francisco  
Negroni E.-Juan de Dios Rivera A., Simposio Interuniversitario de Energía,  
Valparaíso, Noviembre 1981.

14.12.82.-