



APLICACIONES INDUSTRIALES

Factibilidad de la sustitución de gasoil por gas manufacturado en los hornos de panaderías

Manuel Plá Duporté
Marzo del 2001

Resumen / Abstract

Se realiza un análisis de factibilidad técnico económico de la sustitución de gasoil por gas manufacturado en las panaderías de Ciudad de La Habana. Se lleva a cabo a partir del resultado del balance térmico de los hornos criollos efectuado con anterioridad y mediante el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.

Palabras claves: Factibilidad, recuperación de inversión-costo, ahorro, ganancia.

In the work an feasibility analysis of the substitution of gas-oil for manufactured gas in the Havana City bakeries is made. It is carried out starting from the result of the thermal balance of the national ovens made previously and by means of the calculation of the time of investment recovery.

Key words: Feasibility, investment recovery, cost, saving, profit

INTRODUCCIÓN

El presente es el segundo de dos artículos relacionados con la evaluación de la sustitución de gasoil por gas manufacturado en la red de panaderías de Ciudad de La Habana. Después de haber obtenido los resultados del balance térmico de los hornos con el empleo de gas manufacturado como combustible así como su consumo específico, procedemos a realizar la valoración técnico económica de dicha sustitución teniendo en cuenta para ello las condiciones reales bajo las cuales se llevó a cabo.

DESARROLLO

Premisas.

Para la realización del análisis técnico- económico se debe partir de una serie de premisas que caracterizan las condiciones bajo las cuales trabajan las panaderías que producen el pan de la población y que influyen en los cálculos y valoraciones que se llevan a cabo.[1]

· En primer lugar debe tenerse en cuenta que el petróleo que se consume es adquirido por la empresa en divisa, mientras que el gas es en moneda nacional. Una valoración económica sin tener en cuenta este aspecto puede conducir a conclusiones que no reflejan el verdadero efecto para la economía de la empresa o del país.

· Las condiciones actuales de suministro de gas por las redes de la Ciudad de La Habana presentan una serie de deficiencias, las principales de las cuales son:

1. Baja presión de suministro y por tanto un flujo pobre, sobre todo en los horarios de máxima demanda de la población.

2. Hay zonas en que en las horas de la madrugada la presión del gas disminuye por debajo de la mínima requerida para poder trabajar. Incluso en ocasiones llega a ser suspendido el servicio.

3. La composición del gas varía de un día a otro y con ella el valor calórico del mismo.

· No existen medidores de gas en casi ninguna de las panaderías gasificadas. Las pocas que lo tienen son medidores domésticos y no del tipo industrial, que es el que les corresponde por los niveles de consumo.

· Como la potencia calorífica del gas es relativamente baja, y sobre todo debido a los bajos caudales de suministro como señalamos más arriba, se presenta el problema que el tiempo para calentar el horno se prolonga demasiado y esto provoca que se deba encender el mismo con mucho tiempo de antelación e incluso, que en algunos lugares se baje la llama y no llega a apagarse de una corrida a otra, es decir, se mantiene encendido todo el tiempo.

· En la actualidad no existen quemadores en los hornos gasificados, lo que provoca dos grandes problemas:

1. Por un lado, la combustión del gas sin quemador es deficiente.

2. Por otro lado, existen riesgos para la salud del trabajador debido a la falta de válvula de seguridad en el sistema de suministro de gas.

· Por último es conveniente señalar que en la fabricación del pan la calidad de la materia prima empleada, y la escasez de algunos componentes (azúcar por ejemplo) influyen en el tiempo de cocido y por tanto en el consumo de gas.

Todos estos aspectos provocan que los cálculos, valoraciones y análisis realizados lleven implícito una dosis de inexactitud al compararlos con los resultados reales, algunos por encima y otros por debajo de los efectos esperados.

Información inicial

Este cálculo se realiza con valores tomados en la panadería La Viboreña aunque luego se hace una generalización para hornos criollos típicos, de manera que los resultados obtenidos sirven para valorar los efectos económicos en prácticamente toda la red gasificada. [2]

La instalación cuenta con un horno estrella y dos hornos criollos, con los que se asegura una producción diaria de 14 068 panes, es decir 1,125 toneladas de pan.

Consumo de gasoil.

1. 69,5 litros / t pan en hornos criollos.

2. 82,0 litros / t pan en hornos estrellas.

Consumo de materia prima por unidad de producción:

$$\frac{1125,44 \text{ kg}}{14068 \text{ panes}} = 0,08 \frac{\text{kg}}{\text{pan}} = 80 \frac{\text{g}}{\text{pan}}$$

3.4 Determinación del consumo de combustible gasoil de cada horno.

Producción de pan por hornos: Para calcular que cantidad de panes que se producen en cada horno se realiza una equidistribución de la producción, lo que arroja:

$$\frac{1,125 \text{ ton. pan}}{3 \text{ hornos}} = 0,375 \frac{\text{ton. pan}}{\text{horno}}$$

Consumo de gasoil en cada horno:

Los dos hornos criollos consumen:

$$0,75 \frac{\text{ton. pan}}{2 \text{ hornos}} \cdot 69,5 \frac{\text{litros deg asoil}}{\text{ton. pan}} = 52,125 \frac{\text{litros deg asoil}}{2 \text{ hornos. criollos}}$$

El horno estrella consume:

$$0,375 \frac{\text{ton. pan}}{\text{horno estrella}} \cdot 82,0 \frac{\text{litros gasoil}}{\text{ton. pan}} = 30,75 \frac{\text{litros gasoil}}{\text{horno estrella}}$$

El consumo total de la panadería es:

Vp = 82,875 litros gasoil/día, que equivale a 30249,37 l/año.

Donde: Vp: consumo de gasoil.

Determinación de la potencialidad energética del combustible. [1]

Gasoil:

Determinación del valor calórico:

La composición típica del gasoil se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 5 Composición del gas oil.

	C	H	S	W	A
Composición (%)	86,0	11,1	0,8	1,0	0,1

Bbc = 339,147 C + 1256,1 H + 108,86 (S - O) - 25,12 (9 H + W) [3]

Bbc = 40 661,832 kJ/kg

Donde: Bbc: Valor calórico bajo del gasoil.

Energía capaz de aportar el combustible:

Asumiendo una eficiencia de la combustión de un 80 % (la cual puede considerarse elevada para quemadores diesel en las condiciones de trabajo reales en las panaderías), la energía aportada por el combustible sería de:

Energía disponible = Vp.Bbc. p_p.0,80

Energía disponible = $82,875 \text{ l/día} \cdot 40\,661,83 \text{ kJ/kg} \cdot 0,98 \text{ kg/l} \cdot 0,80$
 $= 2\,641\,961,7 \text{ KJ/día}$

Donde: ρ_p : Densidad del gasoil.

Si se distribuye el consumo por tipo de horno se obtienen los siguientes resultados:

Para los hornos criollos:

$52,125/2 = 26,06 \text{ l/d}$ para cada horno; con lo cual se obtiene:

Energía disponible = $26,06 \text{ l/d} \cdot 40\,661,83 \text{ KJ/Kg} \cdot 0,98 \text{ Kg/l} \cdot 0,80$

Energía disponible = $830\,763,47 \text{ KJ/d}$

Para el horno estrella, cuyo consumo es de $30,75 \text{ l/d}$ de gasoil, el resultado es:

$= 30,75 \text{ l/d} \cdot 40\,650,95 \text{ KJ/Kg} \cdot 0,98 \text{ Kg/l} \cdot 0,80$

Energía disponible = $980\,275,39 \text{ KJ/d}$

3.5 Consumo del gas manufacturado que suple el consumo del gasoil:

La cantidad de energía antes calculada debe suplirse con gas manufacturado, cuyo valor calorífico inferior, según la composición dada por las plantas de gas es:

$Q_{bc} = 21\,253,813 \text{ (kJ/m}^3\text{)} = (5\,076,38 \text{ Kcal/m}^3\text{)}$

Determinación del flujo de gas que debe suplir el consumo de gasoil que emplea la panadería:

Energía disponible = $V_{gas} \cdot Q_{bc} \cdot \eta_{comb}$.

Donde: V_{gas} : Flujo de gas.

η_{comb} : Eficiencia de la combustión.

Tomando $\eta_{comb} = 0,85$ (Valor promedio en la combustión de hornos de panadería)

Para el horno criollo:

$V_{gas} = \text{Energía disponible} / (Q_{bc} \cdot \eta_{comb})$

$V_{gas} = 830\,763,47 \text{ KJ/d} / (21\,253,813 \text{ KJ/m}^3 \cdot 0,85)$

$V_{gas} = 45,98 \text{ m}^3 \text{N/d}$.

Para el horno estrella.

$V_{gas} = 980\,275,39 \text{ KJ/d} / (21\,253,813 \text{ KJ/m}^3 \cdot 0,85)$

$V_{gas} = 54,26 \text{ m}^3 \text{N/d}$

Cálculo económico

Costo diario por concepto de consumo del combustible gasoil:

$82,875 \text{ l/día} \cdot 0,19 \text{ USD/l} = 15,74 \text{ USD/día}$

Para los hornos criollos:

$26,06 \text{ l/d} \cdot 0,19 \text{ USD/l} = 4,95 \text{ USD/d}$

Para el horno estrella:

$30,75 \text{ l/d} \cdot 0,19 \text{ USD/l} = 5,84 \text{ USD/d}$

Precio del gas manufacturado: $\$0,1224 \text{ MN/m}^3$

Costo diario del gas manufacturado:

Para hornos criollos.

$45,985 \text{ m}^3 \text{ gas/día} \cdot \$0,1224 \text{ MN/m}^3 = \$5,62 \text{ MN/día}$.

Para hornos estrella

$54,261 \text{ m}^3 \text{ gas/día} \cdot \$0,1224 \text{ MN/m}^3 = \$6,64 \text{ MN/día}$.

Costo total para los dos hornos criollos y el estrella.

$146,231 \text{ m}^3 \text{ día} \cdot \$0,1224 \text{ MN/m}^3 = \$17,89 \text{ día}$.

Alternativas para el análisis de factibilidad de la sustitución del combustible:

A- Considera que la panadería consume el combustible gasoil.
 B- Considera que la panadería consume el combustible gas manufacturado.

Alternativa A: Producción diaria de panes 14 068; consumo 82,875 litros de gasoil diario; precio 0,19 USD/l

Alternativa B: Producción diaria de panes 14 068, consumo de gas manufacturado: $146,231 \text{ m}^3 \text{ día}$, precio $\$0,1224 \text{ MN}$

Inversión

Costo del quemador nuevo = $1\,029 \text{ U.S.D}$

Costo de los tres quemadores nuevos = $3\,087 \text{ U.S.D}$

Tasa de interés $i = 6\%$.

Los costos anuales de mantenimiento y reparación de los quemadores nuevos se consideran similares a los de los quemadores viejos por lo que no se toman en consideración.

Vida útil de los sistemas de gasoil y gas: $n = 10$ años.

Costo de las tuberías de entrada del gas:

Las ofertas en el mercado nacional son de:

$\$2,20 \text{ USD/m}$ tubería de $3/4$ de pulgadas.

Para una longitud de 20 metros el costo total es de $\$44,00$

El valor total de la inversión (I_o): $\$3\,131 \text{ U.S.D}$.

El costo total anual es:

$$C_t = \frac{I_o}{n} + \frac{I_o}{2} i \quad [4]$$

$C_t = \$407,03$

Al año se gasta en gasoil $\$5\,747.38 \text{ USD}$ y en gas natural $\$6\,529.84 \text{ MN}$.

Asumiendo una convertibilidad de uno a uno entre el dólar y el peso, se observa claramente que al ser mayor la cifra de pesos que debe gastar la empresa en adquirir el gas que la de dólares en adquirir el gasoil, no se puede realizar ningún análisis económico positivo de la inversión pues los resultados obtenidos arrojan los siguientes resultados anuales:

Ahorro (A): $5747,38 - 6529,84 = -\$782,46$

Ganancia (G): $A - C_t = -\$1\,189,49$

Siendo los costos totales anuales durante los diez años asumidos para la duración de la inversión de $\$407,03$ se observa que el tiempo de recuperación de la inversión tampoco puede determinarse, pues esta inversión nunca se recuperaría bajo estas condiciones.

Haciendo el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión, y analizando un horno criollo típico como el de la panadería "La Victoria" del municipio 10 de Octubre, con un consumo medio diario de diesel de 35 l/día , antes de la gasificación, manteniendo todas las demás condiciones consideradas anteriormente inalterables se llega a los siguientes resultados:

- Para un poder calorífico inferior (PCI) del gas de $24\,150 \text{ KJ/m}^3$ ($5\,768 \text{ Kcal/m}^3$) se logra que el ahorro deje de ser negativo y a partir de ahí se comienzan a obtener valores positivos.

- Para un valor del PCI del gas de $25\,618 \text{ KJ/m}^3$ ($6\,118 \text{ Kcal/m}^3$) la ganancia comienza a ser positiva.

Para un valor del PCI del gas de 28 730 KJ/m³ (6 862 Kcal/m³) el tiempo de recuperación de la inversión baja de los tres años, que es considerado bueno en estos casos. Es decir 24 150 KJ/m³ (5 768 Kcal/m³) es el poder calorífico mínimo a partir del cual con una convertibilidad de uno a uno, se garantiza que el precio del gas manufacturado sea menor que el del gasoil.

Lo anterior demuestra en que medida el poder calorífico inferior del gas y por tanto su composición, influyen en los resultados que se pueden obtener tanto desde el punto de vista energético como económico.

Si se comparan los valores determinados que se mencionan más arriba, con el valor del PCI del gas con el cual se han realizado los cálculos (21 253,813 KJ/m³) y que se corresponde con los valores medios del gas obtenido en las plantas de gas manufacturado se observa que son valores muy superiores.

Lo anterior significa que bajo las condiciones de igualdad en la convertibilidad del dólar y el peso será muy difícil alcanzar condiciones económicas de inversión favorables.

Por lo tanto a continuación se realiza el análisis económico con otro enfoque:

Para el mismo valor de la inversión, se toma como ahorro lo dejado de gastar por concepto de adquisición del gasoil, es decir:

A: \$5 747,38 USD.

La ganancia G será:

G = A - Ct

G = 5 747,38 - 407,03

G = \$5 340,35 USD

El tiempo de recuperación de la inversión en moneda libremente convertible será:

$$Tr = \frac{Io}{\frac{Io}{n} + G} = 0,55 \text{ años.}$$

Es decir seis meses y 19 días.

Como se observa es una oferta bastante tentadora ya que con lo que se deja de invertir en gasoil en este tiempo se recupera la inversión.

En lo adelante se debe tener en cuenta que el costo de combustible será de 6 529,84 pesos anuales.

Para las condiciones que se han descrito de un horno criollo típico como el de la panadería "La Victoria" los resultados son:

A = \$ 2427,25

Ct = \$138,06

G = \$2289,19

Todos en dólares.

Tr = 0,443 años. (Cinco meses y 10 días.)

3.7 Indicadores energéticos Gasoil.

Consumo energético considerando la densidad del gasoil con un valor de 0.980 kg/l.

El valor calórico del gasoil ya determinado es:

40 661,832 kJ/kg = 11,29 kW-h/kg . 0,98 = 11,06 kW-h/l.

Precio: 0,19 USD/l = 1,9e-4 USD/m³.

Relación precio del combustible - valor calórico para el gasoil:

$$\frac{Pr ec i o c o m b u s t i b l e}{B b c} = \frac{0,19 \text{ USD/l}}{11,29 \text{ KW-h/Kg} \cdot 0,98} = 0,0171 \frac{\text{USD}}{\text{KW-h}}$$

Relación precio del combustible - valor calórico para el gas:

$$\frac{Pr ec i o c o m b u s t i b l e}{B b c} = \frac{0,1224 \text{ pesos/m}^3}{5,9038 \text{ KW-h/m}^3} = 0,0207 \frac{\text{pesos}}{\text{KW-h}}$$

CONCLUSIONES

Es factible realizar la sustitución del gasoil por gas manufacturado en las panaderías siempre que no se tome para el análisis económico una convertibilidad de uno a uno entre el peso y el dólar.

Si la convertibilidad se toma uno a uno, solamente para un valor del PCI superior a 24 150 KJ/m³ se garantizaría que el ahorro fuese positivo.

Indicadores de ganancia y tiempo de recuperación de la inversión adecuados se alcanzarían con PCI del gas muy por encima de los que se obtienen en las plantas de gas manufacturado actualmente.

Haciendo el análisis de recuperación de la inversión en moneda libremente convertible se observa que se puede lograr la recuperación en menos de un año.

BIBLIOGRAFÍA

1. Plá, M. Sustitución de gasoil por gas manufacturado en los hornos de panaderías de Ciudad de La Habana. Trabajo en opción al título de Máster en Energía Térmica. ISPJAE. 2001.
2. Bravo, L. Factibilidad de la sustitución de gas-oil por gas manufacturado en la red de panaderías de Ciudad de La Habana; Trabajo de Diploma, ISPJAE, Ciudad de La Habana. 2000.
3. Tanquero, N. y otros. Guía metodológica para proyectos de curso de generadores de vapor.
4. Finck, Horst; Oelert, Gerhard: Guía para la evaluación financiera de proyectos de inversiones para el abastecimiento de energía. Serie No 163, Eschborn, 1985.

AUTOR

Manuel Plá Duporté

Ingeniero Mecánico, Master en Energía Térmica

Profesor Auxiliar, Centro de Estudio de Tecnologías

Energéticas Renovables (CETER)

Intituto Superior Politécnico "José Antonio

Echevarría" (ISPJAE), Ciudad de LA Habana