



■ OBJETIVO

Realizar un proyecto de ahorro de energía que implique un desarrollo tecnológico, que permita reducir el consumo y la demanda de la planta, sin que esto implique la sustitución de equipo eléctrico estándar por equipo de alta eficiencia.

■ INTRODUCCION

La empresa GCC Cemento, S.A. de C.V., junto con un proveedor de equipo de molinada, realizó un proyecto de reingeniería en su proceso de producción para incrementar la capacidad instalada sin aumentar la demanda o el consumo de la planta, optimizando de esta forma el índice energético. El monto del financiamiento obtenido por medio de un crédito de apoyo al desarrollo tecnológico

ascendió a \$1,000,000.00, para la aplicación de medidas de ahorro de energía eléctrica. Estas permitirán lograr ahorros de más de \$500,000.00 al año, con un periodo de recuperación de la inversión de 5.79 años.

■ ANTECEDENTES

Las instalaciones de GCC Cemento, se encuentran ubicadas en el municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua. El ramo al que pertenece es a la industria de la construcción, dedicada a la producción de cemento. En la siguiente tabla se presentan los valores promedios mensuales de la facturación de energía eléctrica, en el año 2000.

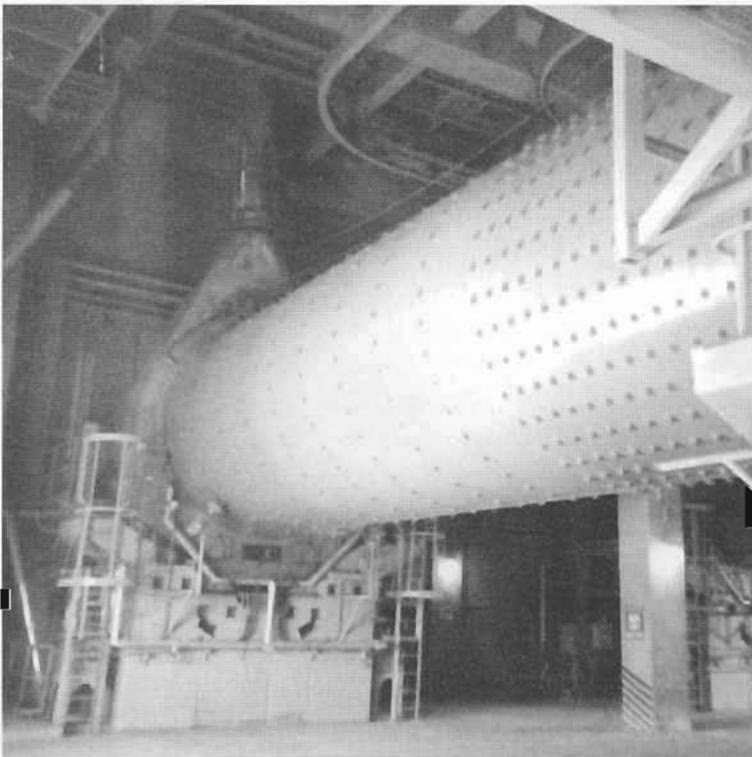
Tarifa	Consumo (kWh/mes)	Demanda (kW)	Facturación promedio mensual (\$)
HSL	1,758,728	3,341	706,802.00

■ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

1. El proceso inicia desde la calera, en donde la piedra caliza se truenca, se extrae, y se transporta a la planta.
2. Una vez que se recibe, se mezcla el material homogéneamente y posteriormente se dosifica la fórmula.
3. La fórmula pasa al molino donde se tritura hasta que se reduce a un polvo fino llamado crudo, y posteriormente se envía a los silos donde se almacena.
4. El crudo se transporta de los silos a las cámaras de precalentamiento, en donde se descarboniza y libera CO_2 .



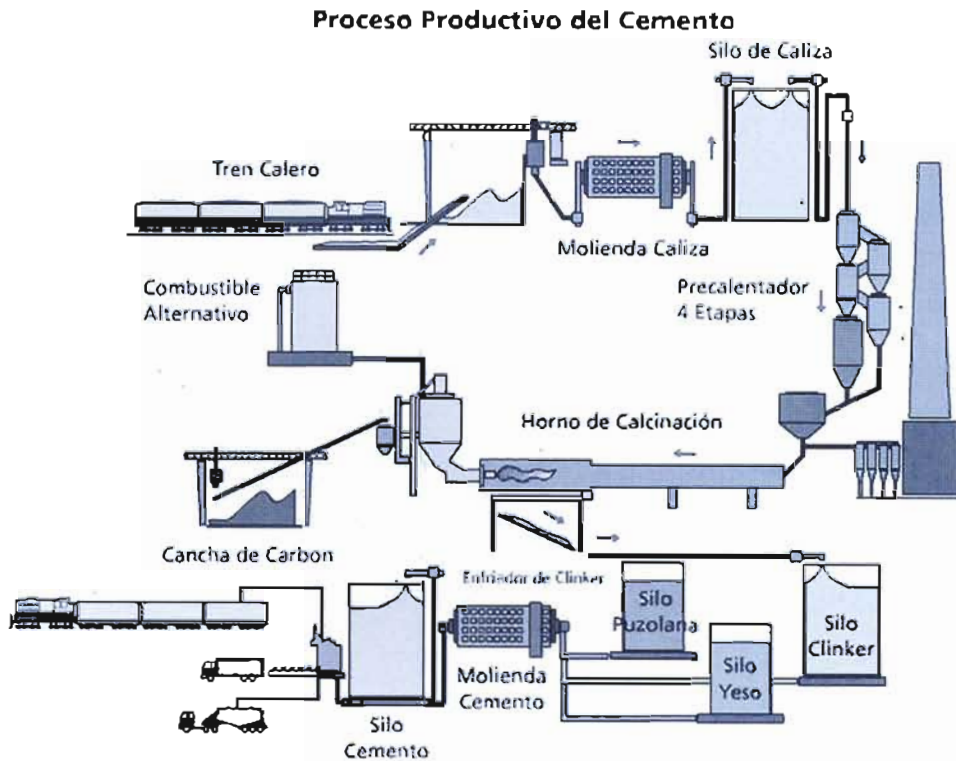
5. Cuando el crudo llega al horno rotatorio se calcina a 2000° Celsius, hasta que se transforma en clinker¹.



6. Posteriormente, se enfría el clinker y pasa a los silos donde se mezclará con aditivos que le otorgarán características propias del producto final.
7. Esta mezcla se deriva a otro molino en donde se pulveriza y reduce la fórmula hasta convertirla en cemento.
8. Finalmente el cemento es envasado en bolsas plásticas, y transportado a los centros de distribución en donde es vendido.

¹ Material semivitrificado, compuesto principalmente por silicatos, aluminatos y ferritos de calcio, que tienen altas propiedades aglutinantes al mezclarse con el agua

DIAGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO



■ MEDIDA DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Puesto que los molinos tubulares utilizan aproximadamente el 10% de la energía en la acción realizada por bolas pesadas de acero, llamada molturación (impacto para partículas grandes y atrición² para las pequeñas) y el 90% restante se transforma en calor, se considera que los molinos de esferas de acero son máquinas altamente ineficientes, por lo que se decidió reducir el consumo en esta operación del proceso.

La potencia absorbida en el proceso de molienda es afectada en forma directa por la carga de bola en toneladas, es decir, por su peso dentro del molino. Esta carga de bola ocupa un volumen dentro del molino al cual se le conoce como grado de

llenado. Esta potencia es directamente proporcional a la carga en toneladas del material de molienda, al brazo de palanca al centro de gravedad de la carga de bola. Este brazo de palanca está en relación directa con el grado de llenado o centro de gravedad.

Con la acción del impacto y la atrición existe un desgaste en el cuerpo moledor que disminuye su diámetro y peso. Entre más rápido disminuye su tamaño, mayor será el desgaste, a su vez el impacto que este cuerpo provoca sobre el material también disminuirá, por lo tanto la eficiencia del molino se verá reducida. De esta forma, si los cuerpos moledores tienen menor desgaste y permanecen más tiempo con su diámetro y peso original, la eficiencia disminuye a un ritmo menos acelerado.

² Fricción y compresión.

El objetivo del proyecto consiste en mejorar la eficiencia productiva del Molino No. 1, y de esta forma incrementar la productividad, así como reducir el consumo de energía y los costos de producción. Para lograr esto se propone adecuar los cuerpos moledores en la cámara uno, del molino no.1, sin sustituir dichos cuerpos por nuevos, y la sustitución del 100% de los cuerpos moledores, en la segunda cámara del Molino No. 1, con material nuevo.

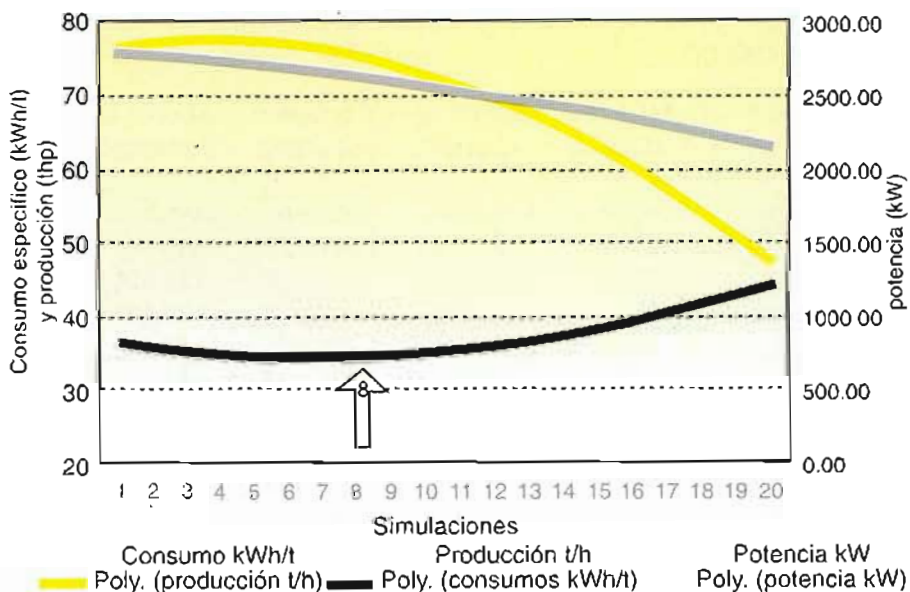
Las características de los cuerpos moledores del proveedor es que mantienen su forma esférica durante toda su vida útil y el desgaste es 30% menor en la cámara 1 y 50% en la cámara 2, por lo que estos cuerpos moledores ayudan a mantener una eficiencia en el molino y no incrementan el consumo de energía, ya que mantiene la producción estable por más tiempo, a diferencia del sistema actual.

El factor de desgaste del cuerpo molidor es directamente proporcional a la superficie de cada una de las esferas de acero y a la masa de cemento procesada, por ello todas las plantas de cemento en el mundo procuran mantener constante el índice de rendimiento del molino con mantenimiento periódico y la renovación de las esferas de acero, en especial las de mayor tamaño que son las que sufren el mayor desgaste.

Se llevaron a cabo una serie de simulaciones, en donde el parámetro principal fue mantener la superficie específica de la bola

de manera que no influya en la producción. Seguidamente se hicieron repeticiones con la carga de cuerpos moledores de la cámara 2, desde 174 Ton. hasta 126 Ton., en estas simulaciones se variaron las proporciones de los cuerpos moledores de ambas cámaras. El resultado se muestra en la Gráfica No. 1 en la que se determina que la "alternativa 8" resulta ser la mejor relación de consumo de energía con el mayor volumen de producción.

Gráfica 1. Relación de Potencia vs Producción Molino No. 1 de cemento



La alternativa 8 consiste en las siguientes medidas:

1. Adecuar la carga de cuerpos moledores de la cámara uno del Molino No. 1, con la bola utilizada actualmente, de la siguiente forma:

Diámetro (mm)	Cantidad (ton)
90	5
80	16
70	13
60	10
50	10
TOTAL	54



2. Sustituir los cuerpos molidores de la cámara dos del Molino No. 1, por esferas con la siguiente especificación:

Posición	Diámetro (mm)	Cantidad (ton)	Precio Euros/ton (FOB) Puerto Alemán	Euros
01	20	77	1,387.00	106,799
02	16	83	1,422.00	118,026
TOTAL		160		224,825

3. El tiempo de ejecución del proyecto es de 4 meses, con un costo \$3,068,299.00, el cual aunado al costo de financiamiento, nos da una inversión total de \$3,118,499.00.

De acuerdo al Estudio de Simulaciones, se encontró que la "alternativa 8", da una reducción teórica de consumo promedio de 34.07 kWh/ton, el resultado equivalente es de un 7.47% de ahorro promedio.

En la siguiente tabla se describen los ahorros de energía eléctrica para tener finalmente una reducción promedio mensual de 278 kW correspondientes a \$44,849.67/mes lo cual nos genera un ahorro promedio anual de \$538,196.04

Molino 1	Tiempo Trabajado	Consumo Reportado	Consumo esperado	Ahorro en consumo	Demanda máxima reportada	Demanda máxima esperada	Ahorro en demanda
Unidad	Horas/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kW	kW	kW
Enero	537.5	1,556,462	1,466,025	90,437	2,926	2,679	247
Febrero	450.4	1,297,256	1,174,430	122,826	3,036	2,665	371
Marzo	617.7	1,770,166	1,637,878	132,288	2,930	2,652	278
Abril	560.8	1,569,935	1,452,610	117,325	2,839	2,590	249
Mayo	562.4	1,573,340	1,455,761	117,579	2,840	2,589	251
Junio	484.4	1,350,187	1,249,285	100,902	2,821	2,579	242
Julio	531.4	1,489,447	1,378,137	111,310	2,904	2,594	310
Agosto	472.6	1,334,291	1,234,577	99,714	2,890	2,613	277
Total	4,217	11,941,084	11,048,703	892,381			
Prom. mensual	527	1,492,636	1,381,088	111,548	2,898	2,620	278
Prom. anual	6,326	17,911,626	16,573,055	1,338,576	34,780	31,439	3,341

A través de mediciones que se realizaron en un periodo de 8 meses en el molino No. 1, se determinó que el consumo específico promedio es de 36.821 kWh/ton.

Tomando en cuenta la información antes mencionada tenemos que la recuperación de la inversión del proyecto se resume como sigue:

Ahorro en el consumo de energía eléctrica	111,548 kWh/mes	
Ahorro en la demanda de energía eléctrica	278 kW	
Ahorro en facturación eléctrica mensual	44,849.67 \$/mes	
Inversión directa GCC Cemento	\$ 2,068,299.00	
Financiamiento FIDE	\$ 1,000,000.00	
Subtotal		\$ 3,068,299.00
Costo financiamiento (CPP 5.02% 27 / Mayo / 2002)		\$ 50,200.00
Inversión Total		\$ 3,118,499.00
Ahorro anual por facturación eléctrica		\$ 538,196.04
Periodo simple de recuperación de la inversión		5.79 años



■ RESULTADOS

El proyecto terminó en diciembre del 2002, y durante los meses de enero y febrero, se realizaron los arreglos programados y el molino entró en operación los primeros días de marzo de 2003.

Se estimaba un ahorro de 278 kW sobre la demanda máxima, sin embargo, los resultados preliminares de la operación indican que la reducción de la demanda fue 5% mayor a lo esperado y el consumo de energía eléctrica por toneladas producida, 45% mayor a lo estimado.

En seguida se muestra el análisis de los resultados obtenidos en GCC Cemento:

Concepto	Unidad	Resultados de Medición		Ahorros		
		Promedio 2001	Marzo 2003	Marzo 2003	Ahorro esperado	Desviación
Demanda Facturable	kW	3,341	3,050	291	278	5%
Consumo	kWh	1,758,728	1,148,325	610,403	111,548	-
Producción	ton	42,170	30,315	11,855	42,170	-
Horas Operadas	h	527.125	376.000	151.125	527.125	-

Valores Calculados

Consumo específico	kWh/ton	41.706	37.880	3.826	2.645	45%
Producción por hora	ton/h	80.000	80.625	0.625	-	1%

De mantenerse estos resultados cuando se operen las 527.125 horas promedio al mes, se habrán superado notablemente las expectativas de ahorro y, probablemente, se incremente la producción por hora.

El grupo GCC Cementos, que cuenta con siete molinos más en sus plantas nacionales y nueve en plantas fuera del país, nos han manifestado que con el impacto en el costo de producción, se propondrá a la Dirección la modificación de los procesos en cada molino.

Con estos resultados se considera terminado el proyecto.

■ CONCLUSIONES

La decisión de GCC Cemento de optimizar el peso de molienda de su molino 1 fue acertada, ya que aunado al beneficio de tener un mayor conocimiento del proceso y de la tecnología empleada, el proyecto demuestra que se pueden conseguir importantes ahorros de energía eléctrica mediante realizaciones de desarrollo tecnológico, sin que esto signifique la sustitución de equipo eléctrico estándar por eficiente, ni que estas medidas repercutan directamente sobre la demanda o el consumo, ya que aunque aparentemente la demanda se redujo un 5%, y el consumo permaneció en un nivel muy parecido, el ahorro real se presenta en el consumo

específico de kWh/tón al mes, ya que el ahorro en este rubro es 45% mejor a lo esperado, y esto significa

que se optimiza el índice energético, ya que ahora se invierten menos kWh por tonelada al mes que antes de que se implementara la medida.

Este tipo de medidas no sólo hacen más eficiente la distribución de la demanda, sino que innovan el proceso y el equipo de la planta, haciéndola más moderna, mejora los costos, y ofrece beneficios que le permitirán crecer, y permanecer competitivamente en el mercado.