

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.

Luis Miguel Aguirre Raza

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

email:luismiaguirre01@hotmail.com

RESUMEN

Mediante una auditoría energética realizada en la Empresa Bopp del Ecuador S.A. ubicada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha en la parroquia Carcelén, en la avenida Jaime Roldós Aguilera E3-37 e Isidro Ayora, la cual con recopilación de la información eléctrica de la empresa, cálculos de consumos, costos de energía, mediciones de calidad de energía, análisis y evaluación de las mediciones, se identificaron oportunidades de reducción de energía y reducción de pérdidas en la empresa.

El objetivo principal es plantear diferentes alternativas de ahorro de energía eléctrica, con lo cual se podría obtener un significativo ahorro económico debido a que la fábrica trabaja las 24 horas del día los 7 días a la semana.

PALABRAS CLAVE: auditoría energética, reducción de energía, ahorro económico

ABSTRACT

By an energy audit performed in the Company Bopp del Ecuador SA located in the city of Quito, Pichincha province in Carcelén parish on Jaime Roldós Aguilera avenue E3-37 e Isidro Ayora, which by collecting electric company information, estimates of consumption, energy costs, measurements power quality analysis and evaluation of measurements, energy reduction opportunities and reducing losses in the company were identified.

The main objective of this project is to raise the different alternatives for saving electricity, the company Bopp del Ecuador S.A.; wich it could derive significant cost savings because the factory operates 24 hours a day, 7 days a week.

KEYWORDS: energy audit, energy reduction, cost savings

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Eficiencia Energética

Es la capacidad de usar menos energía para producir la misma cantidad de iluminación, calor, transporte y otros servicios energéticos. También se puede decir que Eficiencia Energética es el medio más eficaz para reducir los efectos del cambio climático al incidir en la reducción de la producción de gases de efecto invernadero. (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2010, pág. 13)

Actualmente el gobierno lleva a cabo una política energética muy agresiva, que no solo abarca la construcción de nuevas centrales de generación sino también el uso eficiente de la energía eléctrica que se dispone, por ello es necesario que se empiece por usar de una manera adecuada la energía eléctrica en las industrias y esto sea ejemplo para las demás industrias que sigan la misma línea de acción.

II. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS INSTALACIONES INTERIORES DE LA EMPRESA

Bopp del Ecuador S.A. es una empresa que ofrece una amplia gama de películas de polipropileno biorientado: desde las más genéricas hasta las más específicas.

a) Tipos de Productos

| NOMBRE | CARACTERÍSTICAS | APLICACIÓN | USOS |
|-------------------|--|---|---|
| SC Seal Film | Termo-sellabilidad por ambas caras, propiedades antideslizantes y antiestáticas que proporcionan una excelente maquinidad. | Impresión con tintas para empaques de todo tipo |  |
| MC Metal Film | Una cara metalizada con aluminio de alta pureza, con barrera a los gases, rayos ultravioletas y aromas. | Envoltura de papas fritas, chocolates, snacks |  |
| PC Perla Film | Pigmentación blanca opaca, con cavitación optimizada y amplio rango de sellado. | Fundas para envoltura de alimentos, jabones detergentes |  |
| FH Flower Film | Alta transparencia y brillo debido a su estructura de tres capas, que realza las propiedades ópticas del producto. | Capuchones o empaques florales |  |
| PDH Tape Film | Perlada, una cara mate, y la otra brillante, no contiene aditivos migratorios que reducen la fuerza de adherencia de tintas y adhesivos. | Película base para cintas adhesivas |  |

Elaborado por: Aguirre, Luis

III. DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE LA EMPRESA

a) Distribución de la carga instalada por área de proceso

| Área | Potencia instalada por área (kW) |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Cortadoras | 363,02 |
| Marshall & Williams | 688,94 |
| DMT | 774,86 |
| Molinos | 301,36 |
| Material terminado (OTROS) | 104,95 |
| Oficinas | 6,43 |
| Potencia total instalada (kW) | 2239,55 |

Elaborado por: Aguirre, Luis

b) Distribución de la carga instalada según la aplicación del uso eléctrico

| PUNTOS DE CONSUMO | Potencia instalada (kW) | % |
|--------------------------|-------------------------|---------------|
| Iluminación | 36,840 | 1,64 |
| Equipos de oficina | 33,780 | 1,51 |
| Otros | 26,844 | 1,20 |
| Fuerza motriz maquinaria | 2.142,086 | 95,65 |
| TOTAL | 2.239,550 | 100,00 |

Elaborado por: Aguirre, Luis

El consumo mensual de iluminación dentro de la empresa, es 20.234,24 kWh.

c) Distribución de la energía consumida mensual por áreas de trabajo

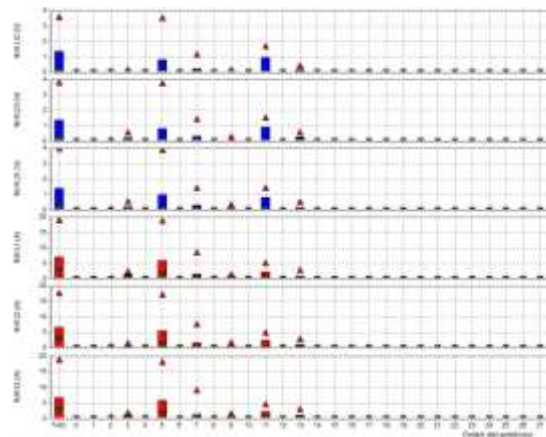
| Área | E diurna parcial por área (kWh) | E nocturna parcial por área (kWh) |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Cortadoras | 104.905,800 | 62.943,480 |
| Marshall & Williams | 241.741,170 | 145.016,190 |
| DMT | 248.492,835 | 149.087,925 |
| Molinos | 107.889,300 | 64.608,300 |
| Otros (Despacho, Material terminado) | 9.860,230 | 3.977,100 |
| Oficinas | 8.866,460 | 1.512,900 |
| Energía estimada parcial (kWh) | 721.755,795 | 427.145,895 |
| Energía estimada total (kWh) | 1'148.901,690 | |

Elaborado por: Aguirre, Luis

d) Niveles de Armónicos

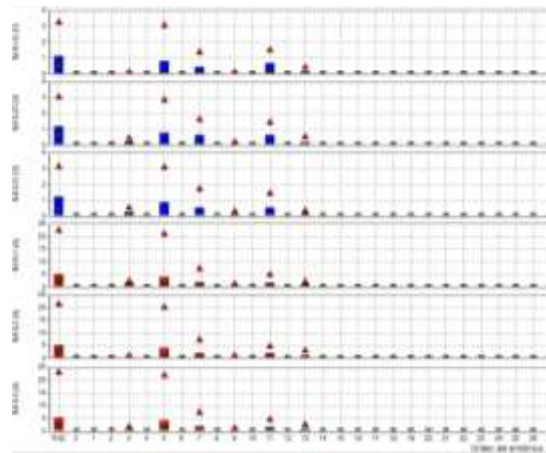
Se tomó las respectivas mediciones de armónicos y se comparó con la norma IEEE 519-1992 y con la norma del CONELEC y se verificó que los niveles de armónicos se encuentran bajo los límites establecidos por dichas normas.

Las mediciones se realizaron aguas arriba de los variadores de velocidad de las líneas Marshall & Williams y DMT y en los dos transformadores de 1500 KVA, donde se comprobó que el porcentaje de THD de los variadores de velocidad y de los transformadores se encuentra bajo los límites establecidos por las normas (IEEE, 2011, pág. 76) y por la norma (CONELEC, 2001, pág. 19)



Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 1

Elaborado por: Aguirre, Luis



Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 2

Elaborado por: Aguirre, Luis

Los variadores de velocidad son de 6 pulsos, por lo que los armónicos individuales más relevantes son el quinto y el décimo primero; la empresa cuenta con distintas marcas de variadores de velocidad, como Siemens, Schneider,

Telemecanique y Emerson, siendo el variador de velocidad de 450 kW de la marca Emerson con el mayor porcentaje de distorsión armónica y el variador de velocidad de 37 kW de la marca Siemens el de menor porcentaje de distorsión armónica.

III. ANÁLISIS ECONÓMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS RENTABLES

Es necesario realizar un análisis económico, para aquello se utilizara los métodos financieros de análisis de inversión, como son: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); estos dos cálculos trabajan en conjunto y permiten realizar un análisis de la inversión futura reflejada al presente.

a) Iluminación

Los ahorros en cuanto al cambio de luminarias T5/54W con respecto a las actuales T12/40W en términos de energía vienen a ser de 6.744,96 kWh mensuales, esto en términos económicos y de manera acumulada anual es un ahorro de \$4.343,98; un ahorro representativo para la empresa, donde este capital puede ser invertido en otras áreas.

b) Motores Eléctricos

Si se realiza el reemplazo de los motores eléctricos estándar por motores eléctricos de alta eficiencia se obtendrán ahorros potenciales en cuanto a energía y también en términos monetarios, sumando el costo de inversión de cada uno de los motores analizados se tiene una inversión total de \$33.822 y un ahorro anual de energía de 325.555,14 kWh, esto representa un ahorro anual de \$23.869,71 el cual puede ser destinado a otras actividades productivas.

Análisis económico de la inversión en motores y el ahorro a obtener

| MOTOR | AHORRO ANUAL kWh | AHORRO ANUAL (\$) | PRECIO A INVERTIR (\$) | Ri (años) | VAN | TIR | R C/B |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------|-------------------|---------------|---------------|
| CADENA 37 KW | 43.632,00 | \$3.199,10 | \$4.520,00 | 1,41 | \$2.884,78 | 61,80% | \$1,64 |
| PRS 22,5 KW | 25.228,80 | \$1.849,78 | \$2.530,00 | 1,37 | \$1.614,70 | 61,79% | \$1,64 |
| MDO 1 32,7 KW | 38.534,34 | \$2.825,34 | \$4.520,00 | 1,60 | \$2.884,78 | 61,80% | \$1,64 |
| MDO 2 82,7 KW | 101.520,00 | \$7.443,45 | \$8.454,00 | 1,14 | \$5.395,53 | 61,81% | \$1,64 |
| SATELITE 1 47,5 KW | 58.320,00 | \$4.276,02 | \$8.899,00 | 1,61 | \$4.403,09 | 61,81% | \$1,64 |
| SATELITE 2 47,5 KW | 58.320,00 | \$4.276,02 | \$8.899,00 | 1,61 | \$4.403,09 | 61,81% | \$1,64 |
| TOTAL: | 325.555,14 | \$23.869,71 | \$33.822,00 | | | | |
| VALOR MÁS REPRESENTATIVO: | | | | 1,61 | \$5.395,53 | 61,81% | \$1,64 |

Elaborado por: Aguirre, Luis

IV. PROPUESTA DEL PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA

Un programa de ahorro de energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, mientras que el diagnóstico energético representa una intervención temporal. En realidad, no puede existir uno sin el otro: por un lado, el programa de ahorro de energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un diagnóstico energético; y por otro lado, aunque el diagnóstico identifique ahorros potenciales, solamente dentro del contexto de un programa de ahorro de energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzarse tales ahorros.

a) Análisis Técnico de las luminarias

| NAVES | CORTADORAS | M&W | DMT | TOTAL |
|-------------------------------------|------------|----------|----------|-----------|
| Número de Luminarias Actual 40 W | 172 | 219 | 192 | 583 |
| Lámparas de Mercurio Actual 400 W | 4 | 0 | 0 | 4 |
| Potencia Instalada Actual (kW) | 8,48 | 8,76 | 7,68 | 24,92 |
| Energía mensual Actual (kWh) | 6.105,6 | 6.307,2 | 5.529,6 | 17.942,4 |
| Número de Luminarias Propuesto 54 W | 118 | 82 | 88 | 288 |
| Potencia Instalada Propuesta (kW) | 6,372 | 4,428 | 4,752 | 15,552 |
| Energía mensual Propuesta (kWh) | 4.587,84 | 3.188,16 | 3.421,44 | 11.197,44 |
| Energía mensual Ahorrada (kWh) | 1.517,76 | 3.119,04 | 2.108,16 | 6.744,96 |
| Potencia mensual ahorrada (kW) | 2,108 | 4,332 | 2,928 | 9,368 |

existentes y el propuesto

Elaborado por: Aguirre, Luis

Al sustituir las luminarias existentes por las luminarias fluorescentes T5/54W existe un menor consumo de energía eléctrica y con esto se logra llegar al cumplimiento del decreto ejecutivo 2393, Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS, todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos, este tipo de luminarias cumplen con la iluminación mínima de 300 luxes por puesto de trabajo de acuerdo a la simulación que se realizó en el software "ReluxPro" que es una herramienta para el diseño de cualquier tipo de iluminación.

b) Costo mensual de Energía Eléctrica por iluminación propuesta

| TARIFICACIÓN | 08H-18H (USD) | 18H-22H (USD) | 22H-08H (USD) |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| CORTADORAS | 110,87 | 55,05 | 80,29 |
| M&W | 77,05 | 38,26 | 55,79 |
| DMT | 82,68 | 41,06 | 59,88 |
| TOTAL A PAGAR (USD) | | 600,93 | |
| AHORRO ECONÓMICO MENSUAL (USD) | | 361,98 | |
| AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD) | | 4.343,75 | |
| AHORRO (%) | | 37,59 | |

Elaborado por: Aguirre, Luis

Se debe considerar que el ahorro es permanente. Ya que una vez recuperada la inversión, el ahorro continua durante toda la vida útil de las luminarias.

c) Comparación de Consumo y Facturación Anual Motor Estándar y Motor de Alta Eficiencia

| MOTOR | CONSUMO ANUAL MOTOR ESTÁNDAR (kWh) | FACTURACIÓN ANUAL ACTUAL (USD) | CONSUMO ANUAL MOTOR ALTA EFF. (kWh) | FACTURACIÓN ANUAL MOTOR ALTA EFF. (USD) |
|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| CADENA 37 kW | 99.014,4 | 7.259,76 | 55.382,4 | 4.060,68 |
| PRS 22,5 kW | 167.875 | 12.308,60 | 142.646,4 | 10.458,84 |
| MDO 1 - 32,7 kW | 247.276,8 | 18.130,34 | 208.742,46 | 15.305 |
| MDO 2 - 82,7 kW | 537.408 | 39.402,75 | 435.888 | 31.959,31 |
| SATÉLITE 1 - 47,5 kW | 117.849,6 | 8.640,73 | 59.529,6 | 4.364,71 |
| SATÉLITE 2 - 47,5 kW | 117.849,6 | 8640,73 | 59.529,6 | 4.364,71 |
| TOTAL | 1'287.273,4 | 94.383,91 | 961.718,46 | 70.514,25 |

Elaborado por: Aguirre, Luis

Al realizar una inversión de \$33.822 en la compra de motores de alta eficiencia, el ahorro anual por consumo de energía es de 325.555,14 kWh, lo cual equivale a un ahorro de \$23.869,71 anuales, un valor representativo para la empresa, donde puede ser destinado a otras áreas de producción, el ahorro anual con respecto al reemplazo de motores estándar con respecto a los motores de alta eficiencia corresponde a un ahorro del %25,29.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) Conclusiones:

- Se realizó un estudio de eficiencia energética en la empresa Bopp del Ecuador S.A. y se propuso alternativas de ahorro para el portador energético de mayor representación para la empresa como es el caso de la energía eléctrica.
- Se determinó el estado del consumo energético en la empresa Bopp del Ecuador S.A., el cual, los portadores energéticos más relevantes en cuanto a costos, fueron la energía eléctrica con un porcentaje del 71,65%, el diésel con un porcentaje del 27,02% y el GLP con un porcentaje del 1,33%.
- Mediante un análisis detallado técnico-económico se verificó los consumos en términos de costos de cada una de las cargas de la empresa Bopp del Ecuador S.A.
- Identificando la iluminación como el grupo donde con mayor facilidad se puede actuar en

el reemplazo de luminarias en las tres naves de la empresa Bopp del Ecuador S.A. se logra ahorros de 80.939,52 kWh/año, es decir del 37,59% del consumo de energía en iluminación..

- Al sustituir las luminarias fluorescentes T12/40W por las luminarias fluorescentes T5/54W en una correcta distribución física de las mismas, se obtendrán la cantidad mínima de iluminación por puesto de trabajo y esto mejorará la seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo.
- El porcentaje de distorsión armónica total no supera los límites de acuerdo a la norma IEEE 512 – 1992 y se encuentran dentro del rango permitido por el CONELEC de acuerdo a la Regulación No. CONELEC – 004/01 calidad del servicio eléctrico de distribución.
- Al ser sustituidas las luminarias existentes y los motores estándar por motores de alta eficiencia, se debe considerar que el ahorro es permanente. Ya que una vez recuperada la inversión, el ahorro continua durante toda la vida útil de los equipos.
- Las oportunidades de ahorro de energía referente al reemplazo de equipos requieren un grado de inversión, y el tiempo de retorno de la misma es preferencial menor a tres años.

b) Recomendaciones:

- Con el fin de promover el uso eficiente de la energía, formar un comité de eficiencia, el cual deberá estar precedido por un delegado de alta gerencia y distintos representantes de las áreas que tengan disponibilidad para conformar este comité, para poder aplicar la norma 50001 referente a eficiencia energética.
- Construir una política de gestión de la energía en la empresa, utilizando indicadores de consumo de energía en función al volumen de producción, identificando de esta manera la línea base y los impactos que tendrán en ella las mejoras a ejecutar.
- Poner en práctica el sistema de ahorro de energía analizado en este proyecto dentro de la empresa, empezando por crear conciencia en el personal, sobre lo importante que es el desarrollo de programas de ahorro de energía, estos programas son de alta importancia ya que esto conlleva a beneficios económicos y además permite preservar los recursos y por ende reducir la contaminación ambiental resultando de gran importancia para las generaciones venideras.
- Aproveche al máximo la luz natural del día, evite encender las luces en áreas iluminadas por el sol. Se recomienda limpiar con frecuencia las lámparas para aprovechar mejor su luminosidad, el polvo que se deposita en ellos reduce el nivel luminoso hasta en un 20%. Al realizar una instalación de luz se debe

hacer de forma estratégica, así una misma luminaria alumbrará más ambientes y evitará mayor consumo eléctrico.

- La formación y concienciación del personal general de la empresa para la toma de responsabilidades personales de los despilfarros de energía, apagando lámparas innecesarias y apagando equipos cuando estos no se necesiten es fundamental para lograr el éxito de un programa de ahorro de energía.

Bibliografía

Banco Centroamericano de Integración Económica.
(2010). *Programa de Eficiencia Energética*.
Chile: BCIE.

CONELEC. (2001). "CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN. REGULACIÓN CONELEC - 004/01, 19.

IEEE. (2011). "Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el Control de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia". *NORMA IEEE 519 – 1992*, 76.

Biografía



Luis Miguel Aguirre Raza, nació en Quito - Ecuador, el 04 de Agosto de 1987; cursó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Otavalo, donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias, especialización Físico Matemático. Sus estudios

superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, en donde obtuvo el Título de Ingeniero en Electromecánica en el 2014.