

## ARTÍCULO ORIGINAL

**Perfeccionamiento de la red eléctrica en la Empresa Pesquera Industrial La Coloma**

Improvement of the electrical network at Industrial Fishing Enterprise in La Coloma

**Giovanni Alpi Fuentes<sup>1</sup>, Williams Cueto Medina<sup>2</sup>, Ignacio Estévez Valdés<sup>3</sup> y Leonardo Aguiar Trujillo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. Empresa Pesquera Industrial La Coloma. Dirección postal: km.5 carretera la Coloma, Pinar del Río, Cuba. Teléfono 716868.

<sup>2</sup>Master en Automática, Profesor Instructor, Centro de Desarrollo de la Automatización Integral. Dirección postal: Km. 1.5 Carretera a Viñales Pasaje 275 #9 Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: cueto@cedai.com.cu Teléfono 763721.

<sup>3</sup>Doctor en Ciencia Forestales, Profesor Titular de la Universidad de Ciencias Médicas de Pinar del Río. Dirección postal: Calle Mariana Grajales # 129e/c Roldan y Agramante, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: iestevez@princesa.pri.sld.cu Teléfono 752346

<sup>4</sup>Doctor en Ciencia Técnicas, Profesor Auxiliar, Universidad de Pinar del Río, Dirección postal: Calle Pascual Martí final Edificio I, apartamento A3, Reparto Cuba Libre, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico leonardo@meca.upr.edu.cu

**RESUMEN**

En la presente investigación se hizo un estudio de los principales sistemas eléctricos en la (UEB) Unidad Empresarial de Base Industria La Coloma, diagnosticándose y solucionándose un importante número de problemas eléctricos en la misma. Como resultado se detectan

problemas referidos al diseño inadecuado de la red de alimentación, la alta frecuencia de roturas en los motores eléctricos industriales, las afectaciones sistemáticas al sistema de alumbrado, la afectación de algunos parámetros de calidad de la energía eléctrica, los altos consumos energéticos y por ende los gastos cuantiosos en divisa, incluyendo entre ellos las penalizaciones por concepto de deterioro del factor de potencia. Esto justificó un estudio retrospectivo mediante el documento descriptivo de fallas y roturas técnicas de los imprevistos que implicaron roturas eléctricas a partir del 2005. Con el empleo de un analizador de redes se realizaron diferentes mediciones y cálculos de algunos parámetros relativos a la energía eléctrica en el circuito línea de langosta y planta de hielo, que culmina con un rediseño de la red eléctrica de alimentación en baja tensión de los circuitos analizados en la industria, con una notable mejora en todos los parámetros relacionados con la calidad energética, traduciéndose todo en un ahorro de 569 196 Kwh., cese total de las penalizaciones relativas al factor de potencia y una bonificación total de \$ 14 374,9 pesos convertibles en el año 2012.

**Palabras Clave:** Energía eléctrica, Ahorro energético, Factor de potencia, Sistemas eléctricos, Potencia reactiva.

---

## **ABSTRACT**

In the present investigation a study was made of the main electrical systems in the base enterprise unit "La Coloma", diagnosing and solving a great number of problems of the electric consumption in this enterprise. As a result of the study, were found problems referred to the inadequate design of the of the electric distribution supply of the unit, the high frequency of breaks of the electric industrial motors, the systematic affectations to the illumination system, the affectation of some parameters of quality of the electric power, the high energy consumptions which causes abundant expenses in convertible pesos, including among them the penalizations for concept of deterioration of the factor of power. It was justified a retrospective study by means of the descriptive document of flaws and technical breaks of the accidental ones that implied electric breaks starting from the 2005. With the use of an analyzer of nets , were carried out different measurements and calculations from some relative parameters to the electric power in the circuit of lobster's line and in the ice's plant, it finished with a redesign of the electric net of feeding in low tension of the circuits analyzed in the industry, with a notable improvement in all parameters related with the energy quality, becoming everything a saving of 569 196 kWh, the total ceasing of the relative penalizations to the factor of power and a total allowance of \$ 14 374,9 convertible pesos in the year 2012.

**Key words:** Electric power, Saving power, Factor of power, Electric system, Reactive power.

---

## INTRODUCCIÓN

La empresa pesquera industrial de La Coloma, subordinada al Grupo Empresarial de la Industria Alimentaria (GEIA), es considerada una de las empresas más consumidora de energía eléctrica en la provincia de Pinar del Río y en el GEIA, esto implica un marcado interés energético y medio ambiental. Esta Unidad Empresarial de Base (UEB), es la encargada del procesamiento y conservación de las especies marinas de su interés comercial. Está conformada por las plantas de procesamiento de langosta, de hielo, conservera, una sala de calderas para la generación de vapor y un taller de mantenimiento industrial.

Considerando que: Una auditoria energética le ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía eléctrica en su empresa, identificando las áreas en las cuáles se pueden estar presentando los derroches de energía eléctrica y en donde es posible hacer mejoras, en momentos en los que el precio de los portadores energéticos ha aumentado considerablemente debido a la actual situación de crisis mundial. El trabajo se refiere a un estudio que comenzó en octubre del 2009 para mejorar la eficiencia de los sistemas eléctricos y lograr reducciones de costos de producción para incrementar la rentabilidad y la competitividad. En dicho estudio se pudo constatar que la industria contaba con dos alimentaciones eléctricas independientes: Una a través del transferencial automático y la otra a través de un transferencial manual con riesgo de operación para el personal que opera el sistema, pues los transferenciales se tenían que accionar de forma manual. Además, esta situación implicaba que la afectación de una de las alimentaciones invalidara el trabajo de la industria completa pues el tiempo de afectación dependía de dos fuentes de suministro y del tiempo de cambio de los transferenciales manual y automático. Con la afectación de uno de los servicios había que arrancar los tres grupos electrógenos de emergencia porque una parte de la industria se quedaba sin servicio eléctrico con la consiguiente afectación a la producción completa.

También se pudo comprobar in situ, conductores de alimentación que soportan la carga eléctrica industrial por debajo de las capacidades necesarias y alta temperatura en estos, lo que implicaba mayores pérdidas en la red de distribución interna, precisándose conductores al menos de 720 mm<sup>2</sup>. Se logró constatar, un consumo que no se correspondía en cierto

periodo de tiempo con la situación real de la industria, pues esta, tenía desactivada una línea de producción determinada y el valor de energía eléctrica registrado era el mismo que cuando estaba trabajando la industria de forma integral. Además se observaron variaciones frecuentes del voltaje debido a desbalance en la corriente de carga y falso contacto en las conexiones eléctricas que provocaban variaciones de frecuencia y disparos frecuentes de los motores que mueven los compresores del sistema de refrigeración industrial.

En toda instalación industrial en la cual el principal portador energético sea la energía eléctrica debe revisarse cada uno de los aspectos en que sea posible disminuir el consumo (Pérez, 2008). Con el incremento de las cargas no lineales en las aplicaciones industriales, surgen problemas de distorsión armónica en las señales de voltaje y de corriente, lo cual provoca pérdidas de energía eléctrica y empeoramiento del factor de potencia, que debe ser mayor o igual a 0.90% según lo establecido por Viego (2006). Estos parámetros al no tener un comportamiento adecuado, van afectando la calidad de la energía eléctrica en los sistemas eléctricos industriales (Reyes, 2010). En consecuencia, se procedió entonces al estudio del nivel de carga de los motores con respecto a su potencia, implicando cambios tanto de motores subcargados como de re conexiones eléctricas en los devanados de otros motores.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon los siguientes materiales y métodos.

1. Equipos de mediciones eléctricas.
2. Ordenador.
3. Software ECODIAL 315 y Microsoft Office Excel.
4. Analizador de Redes.

En cuanto a los métodos empleados la mayor prevalescencia la posee el método empírico, a través del cual ocurren todas las mediciones realizadas con los diferentes instrumentos y materiales descritos con anterioridad, aquí se realiza una observación científica sistemática, a partir de la cual se comienzan a detectar las causas de los problemas existentes.

Empírico:

- Medición.
- Observación Científica Sistemática.

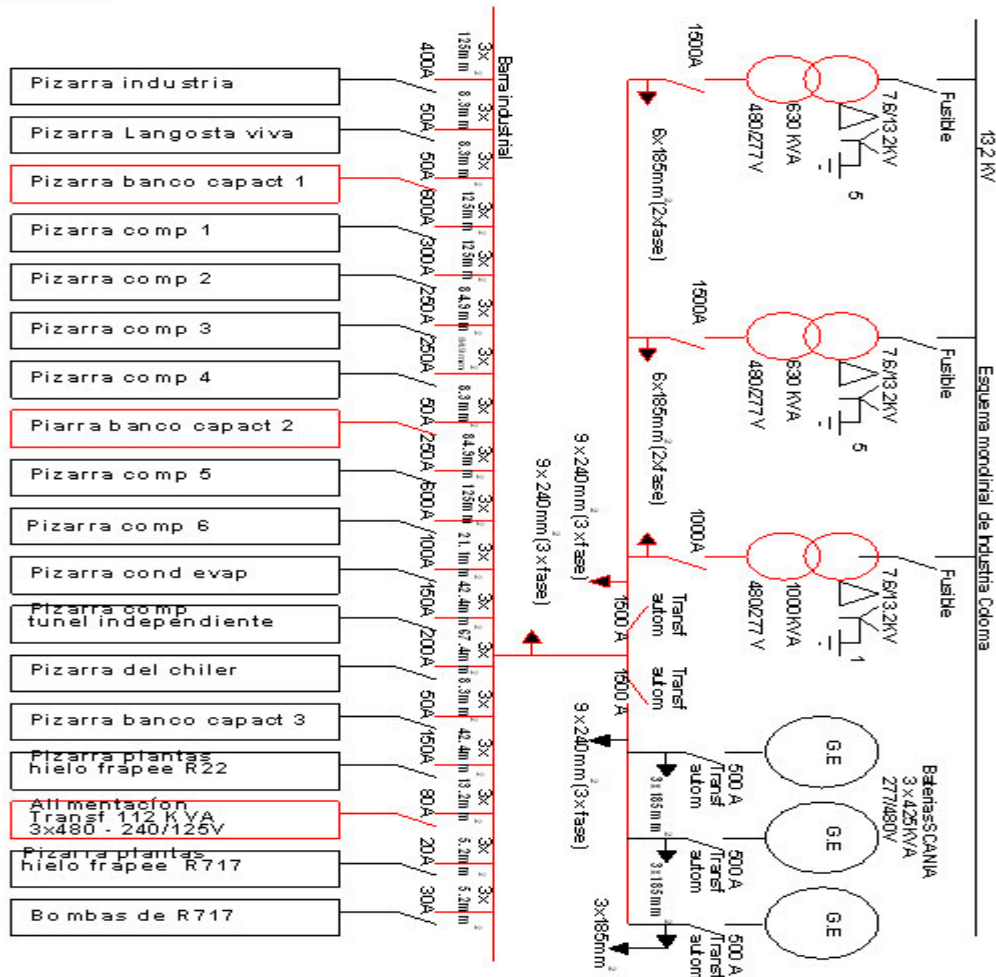
2. Descriptivo Retrospectivo.

Con el método descriptivo retrospectivo es posible hacer un análisis del comportamiento en lo relativo a interrupciones de la industria en etapas precedentes al comienzo de la investigación y correlacionar datos adquiridos durante la aplicación del método empírico, en diferentes espacios de tiempo permitiendo establecer tendencias en los comportamientos anómalos de diferentes parámetros y por ende dar paso a las posibles soluciones implementadas en este trabajo. El universo de estudio es el sistema eléctrico de la UEB Industria de La Coloma.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las acciones de reparación, ampliación o transformaciones que se quieran realizar en el futuro partieron del esquema unifilar monolineal real de la red eléctrica industrial (*figura 1*) que actualmente existe en la fábrica, para de esta forma, tener una referencia de todas las características técnicas del circuito, facilitando el trabajo que se quiera aplicar, además, como un medio imprescindible de enseñanza en la capacitación que se debe concebir para el personal que opera el sistema. Las transformaciones realizadas en el circuito eléctrico industrial se destacan citadas en líneas continuas de color rojo.

**Figura 1.** Esquema unifilar monolineal real del Circuito Eléctrico Industria La Coloma.



Con el estudio de los transformadores se logró un valor óptimo de voltaje y corriente. Las lecturas realizadas con los equipos de medición antes de los cambios y después de los cambios realizados fueron tomadas en todos los casos con la industria en marcha.

Además se logró una mejor disponibilidad de operación de la industria facilitando el estudio de los bancos capacitares. Se pudo disponer la compra de los capacitares acordes al resultado calculado, se montaron y acoplaron al sistema lográndose una mejora del factor de potencia superior a 0,92.

También, al existir un fallo en la red se simplifica la entrada de los grupos electrógenos, registrándose esta en un tiempo aproximado de diez segundos, contra los veinte minutos antes de los cambios. La salida de estos grupos actualmente es instantánea y anteriormente demoraba veinte minutos más, esto sin duda alguna provocaba una interrupción en el proceso industrial traduciéndose en una marcada pérdida económica y energética. Si se analiza, entre la entrada y salida de los grupos electrógenos, se perdían cuarenta minutos

equivalentes a una tonelada de producción, causando además, molestias al personal que trabajaba directo en el proceso productivo industrial.

De vital importancia fue el rediseño de las rutas del cableado, pues esto disminuyó pérdidas de energía eléctrica por distancia y posibilidad de accidentes en el personal que opera el sistema.

En lo que respecta al factor de potencia posterior a los cambios sus valores fueron los esperados, implicando reducción de la potencia reactiva y cese de las penalizaciones por concepto de deterioro del mismo. En la siguiente *tabla 1* se muestran los valores de diferentes parámetros relativos a la energía eléctrica y a la economía industrial, estos, en el caso de análisis antes del cambio, son producto de promediar los resultados registrados entre los años 2007 al 2009 y después del cambio se registra solo el 2012.

**Tabla 1.** Comportamiento energético e implicaciones económicas.

Parámetros	Anterior al cambio		Posterior al cambio
	Planta de hielo	Línea langosta	Circuito Industria
<b>Factor de potencia</b>	0,91 %	0,84 %	0,93
<b>Potencia reactiva</b>	1 963 829 kVAr		99 311 kVAr
<b>penalizaciones</b>	3728,23 CUC		0
<b>Bonificaciones</b>	44,47 CUC		14 374,90 CUC

Haciendo una valoración después de todas las transformaciones descritas en este trabajo, se pudo constatar que la potencia total consumida después del cambio es inferior con relación al promedio de consumo antes del cambio en el orden de 569196 kwh significando, que la producción después del cambio superó a la producción promedio antes del cambio en el orden de 885.3 t. El significado económico de estos resultados es incuestionable, eso sin obviar el impacto ambiental pues se estima que: "por cada kilowatt utilizado, se vierte 1 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Mazorra, 2000).

En el caso de las penalizaciones y las bonificaciones estas dos dependen de la potencia reactiva y se mantuvieron oscilantes hasta el 2011 por varias razones.

Los resultados que aparecen en la *tabla 2* representan una conversión de energía eléctrica consumida desde el año (2008\_2012) a toneladas equivalentes de petróleo (TEP).

**Tabla 2.** Conversión de energía eléctrica a TEP.

Parámetros	Factor de Conversión TEP/MWh	TEP 2008	TEP 2009	TEP 2010	TEP 2011	TEP 2012
Pérdidas transformación kWh.	0,3328	21,73	20,57	20,49	20,60	19,62
Consumo total kWh	0,3328	1498,33	1128,64	1265,16	1287,57	1146,48

La *tabla 3* representa los ahorros de TEP por año después de los cambios tomando como patrón el año 2008 por ser el año que más consumo existió ante de los cambios y comparándolo con los restantes años hasta el 2012.

**Tabla 3.** Ahorros de TEP por año después de los cambios.

Parámetros	Ahorro 08-09 TEP	Ahorro 08-10 TEP	Ahorro 08-11 TEP	Ahorro 08-12 TEP	Ahorro total TEP	Ahorro total TEP
Pérdidas transformación kWh	1,16	1,24	1,13	2,11	5,64	1171,11
Consumo total kWh	369,69	233,17	210,76	351,85	1165,46	

TEP = TCC

TCC= toneladas combustible convencional

## CONCLUSIONES

- En el período de tiempo comprendido entre los años 2009 y 2012 se redujo en un 60 % la frecuencia de averías en la tecnología eléctrica industrial de la UEB La Coloma.
- Con las acciones tomadas después de los cambios generados por esta investigación se logró un ahorro de 569 196 kWh aún cuando la producción fue superior en 885.3 t.
- Se Redujo el gasto de la industria por concepto de pago relativo al consumo eléctrico, recibiendo una bonificación de \$ 14 374,90 CUC sin vestigio alguno de multas por deterioro de la calidad de la energía eléctrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pérez, Alberto (2008). Gestión energética empresarial en el frigorífico de Consolación del Sur primera etapa. Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en energía. UPR.

Viego Percy. (2006). Temas Especiales de Sistemas Eléctricos Industriales. MES. Red de Eficiencia Energética.



Reyes, E. (2010). Aplicación de un filtro activo de corriente para mejorar la calidad de la energía en un sistema eléctrico industrial. México. Ingeniería Investigación y Tecnología, XI(4).

Mazorra Soto (2000). Gestión Electroenergética. Folleto editado en el CIPEL.

**Aceptado:** julio 2013

**Aprobado:** noviembre 2013

**Ing. Giovanni Alpi Fuentes.** Empresa Pesquera Industrial La Coloma. Dirección postal: km.5 carretera la Coloma, Pinar del Río, Cuba. Teléfono 716868.