

**TÍTULO:** El Ajuste del valor del Factor de potencia en el Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la Concepción y de la Pedraja”.

**TITLE:** The Value Adjustment of the Power Factor in the Provincial Pediatric Hospital “Octavio de la Concepción y de la Pedraja”.

**AUTORES:**

Ing. Odalys Cruz Bermúdez

**COAUTOR:**

Ing. Yolanda Leyva López

**PAÍS:** Cuba

**RESUMEN:**

Se argumenta el mejoramiento de la eficiencia electroenergética del Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la concepción y de la Pedraja” de Holguín, basado en una evaluación del comportamiento del factor de potencia, en búsqueda de alternativas para incrementar la eficiencia energética en unidades hospitalarias de salud de este tipo. A través de él, se proyecta un diagnóstico energético general, capaz de definir las posibles medidas y acciones para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente al estudiar la incidencia del factor de potencia, así como sus efectos en el aprovechamiento deficiente de la calidad de la energía eléctrica en el consumo energético del centro.

**PALABRAS CLAVES:** FACTOR DE POTENCIA. EFICIENCIA ENERGÉTICA. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO.

**ABSTRACT:**

It is argue the improvement of the electro-energy efficiency of the Provincial Pediatric Hospital “Octavio de la Concepción y de la Pedraja” of Holguin, based on an evaluation of the factor power, searching of alternatives to increase the energy efficiency in health hospital centers of this type. Through this one, it is projected a general energy diagnosis, able to define the possible measures and actions to save energy and to reduce energy costs, evaluated economic and technically when studying the incidence of the factor power, as well as the deficient quality use of the electric power in the energy consumption of the center.

**KEY WORDS:** POWER FACTOR, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY DIANOSE

**INTRODUCCIÓN**

Desde que nos asomamos por vez primera a la física elemental conocemos y repetimos hasta el cansancio una letanía imposible de olvidar jamás: “la

energía no se crea, ni se destruye. Sólo se transforma”. Pero no es hasta mucho después que constatamos que la energía, además, es la capacidad que portan los subsistemas de la naturaleza, y que esta es, a su vez, la base del desarrollo y el crecimiento de los seres vivos y la sociedad.

Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre, han marcado desde siempre las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana dependiendo el curso de éste de las elecciones energéticas realizadas en cada momento.

Por eso precisamente, resulta más urgente cada día la aplicación a nivel de empresas de medidas que conduzcan al ahorro de energía. Mucho más en estos momentos, en que debido a la crisis mundial, de la cual ningún país se encuentra exento, la generación y ahorro de energía se ha convertido en la única alternativa viable en el mantenimiento de la economía.

Para nadie es un secreto que para lograr reducciones de costos de producción que aumenten la rentabilidad y la competitividad en el ámbito nacional; reducir el consumo y la demanda, y utilizar más eficientemente la infraestructura de generación y transporte, se necesitan inversiones capitales en el sector eléctrico.

Sin embargo, la reducción de la demanda del consumo de energía y de los costos asociados a ellos, no sólo requiere de inversiones millonarias, sino, además, de medidas de ahorro en los sistemas eléctricos de empresas industriales y de servicios.

Un gran número de autores coinciden en que la única forma de contar con un futuro energético seguro es hallar una vía ambientalmente sostenible para producir y utilizar la energía. Su producción y uso no solo debe ser compatible con las prioridades ambientales de la sociedad, sino que deben organizarse de tal manera que cuenten con un consenso social, bajo el principio de que para que haya desarrollo económico debe existir un suministro energético eficiente y seguro.

La política energética cubana ha estado encaminada, desde el triunfo de la Revolución, a la satisfacción de las necesidades de todos los cubanos, sin excepción alguna. Actualmente más del 95% de la población dispone de electricidad en sus hogares, contra 56 % en 1959.

Por supuesto, el sector de la salud no está ajeno a las nuevas concepciones para el desarrollo del sistema electro energético, máxime porque en las instituciones hospitalarias cuyo sistema comprende áreas de servicios con grandes consumidores que van desde electro bombas para el bombeo de agua, equipos de lavandería y esterilización, compresores y motores para gases, sistema de climatización, sistemas completos de generación de vapor, amplia utilización de luminarias en áreas internas y externas hasta la utilización de una gran variabilidad de tecnología médica de última generación. De ahí que una de las mayores interrogantes que puedan existir al respecto en el sector sea: ¿Cómo elevar la eficiencia energética en un circuito eléctrico de una instalación intra-hospitalaria?

En el hospital pediátrico de Holguín han sido identificadas las causas que inciden en el alto consumo de energía reactiva, ellas son

- Presencia de un gran número de reactores provenientes por la gran cantidad de luminarias por requerimientos de diseños, equipos de refrigeración y climatización.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos transformadores y su distribución a los bancos secos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la instalación.
- Un mal estado físico de la red eléctrica.

Lograr la sistematicidad en la gestión energética, garantizar la continuidad, efectividad y rentabilidad en la aplicación de medidas y proyectos de ahorro y la disminución continua de sus costos energéticos permiten elevar la eficiencia electroenergética de cualquier empresa.

En la tabla se muestra la incidencia de la mala calidad del factor de potencia en el pago de la tarifa eléctrica al término del año 2008 en el Hospital Pediátrico de Holguín.

Meses	Factor de potencia Servicio 1	Pago \$	Factor de potencia Servicio 2	Pago \$
E	0.91	0.0	0.78	600.2
F	0.91	0.0	0.79	619.1
M	0.90	0.0	0.73	825.78
A	0.91	0.0	0.79	675.37
M	0.85	171.28	0.87	149.22
J	0.90	0.0	0.85	289.10
J	0.91	0.0	0.87	187.9
A	0.92	0.0	0.85	295.3
S	0.92	0.0	0.86	226.9
O	0.92	0.0	0.85	295.3
N	0.90	0.0	0.81	789.3
D	0.88	127.7	0.74	1286.5
Total		298.90		5631.27

**TABLA 1**

Para sostener una respuesta coherente al respecto es necesario, primero, realizar el estudio y análisis del factor de potencia, permitiendo diseñar una estrategia que posibilite elevar la eficiencia electroenergética a partir de la caracterización del sistema; analizar el consumo de energía en diferentes condiciones de trabajo; determinar pérdidas y despilfarro de energía en equipos y procesos; identificar las principales reservas de eficiencia electroenergética y cuantificación del ahorro; establecer indicadores energéticos de control; definir posibles medidas y proyecto para ahorrar energía y reducir costos energéticos evaluados técnica y económicamente, etc.

## **MATERIALES Y METODOS.**

El Factor de potencia es la cantidad de energía eléctrica consumida que es transformada en trabajo útil. Dicho así sobran razones para preocuparse. Es conocido que buena parte de la corriente eléctrica se malgasta por esta causa y lo mas paradójico es que cuando de factor de potencia se trata, el sector estatal es donde están los mayores consumidores, por tanto la Organización Eléctrica Nacional establece un sistema de tarifas por penalizaciones a pagar a toda institución que tenga un aprovechamiento deficiente en cuanto a la calidad de la energía se refiere.

### **¿Lograr lo inlogable?**

Veámoslo de esta manera; la producción y consumo de energía tiene una fuerte influencia en el logro de un desarrollo sostenible. Pero el desarrollo de un sistema energético sostenible no puede ser un propósito exclusivamente del Estado; en él deben participar todos los actores que de una manera u otra están implicados y que deben cambiar sus patrones de producción y consumo, como los gobiernos, las empresas y cada uno de los miembros de la sociedad civil.

Para “lograr lo inlogable” es necesario crear un modelo que posibilite mejorar la calidad de los servicios energéticos, un sistema que distribuya mas equitativamente la energía, pero de una forma racional que permita no sobrepasar los límites de la capacidad requerida; un modelo que posibilite en definitiva, integrar el desarrollo y la conservación de la energía. Esto sin contar que la reducción de los costos asociados al consumo de energía eléctrica resulta imprescindible en la situación actual de la economía del país.

El análisis del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente de La Universidad de Cienfuegos sobre los potenciales de ahorro de energía eléctrica que intervienen en la disminución de estos costos le han permitido definir que todo estudio relacionado con el ahorro de energía eléctrica deben comenzarse a partir de un conocimiento pleno de la tarifa eléctrica que se aplica en la empresa en cuestión.

En dicha tarifa eléctrica intervienen cuatro elementos que son:

- Demanda máxima ( importe por cargo fijo)
- Energía consumida (importe por cargo variable)
- Precio del combustible (Factor K)
- Factor de Potencia

Las instituciones intra-hospitalarias por trabajar 24 horas al día los 365 días del año, son grandes consumidores de energía. Básicamente estos sistemas pueden ser expresados como de atención directa a pacientes a pesar de que en muchos casos suponen actividades imprescindibles (ejemplo vapor, climatización y distribución de agua) que siendo sistemas generales tienen una incidencia directa en los pacientes. Estos son denominados puestos claves dentro del sistema de gestión energética de los hospitales por proporcionar al

paciente confort, higiene y garantizar un diagnóstico completamente confiable en los procedimientos médicos.

Un Hospital, para una adecuada prestación de los servicios, papel determinante dentro de su objeto social, cuenta con servicios puntuales en los cuales su constante monitoreo inciden en la gestión energética de la institución.

Resulta contraproducente, por tanto, que en cuanto a la estrategia energética de estos centros no existen métodos específicos para definir y evaluar las causas que afectan la eficiencia electro energética en el control de los consumos, y solamente se evalúe el comportamiento de los índices de consumo de los diferentes portadores que inciden en el proceso de forma genérica y su valoración periódica a partir de planes históricos que reflejan las características básicas del sistema de salud, como el número total de pacientes atendidos, el cual reporta el comportamiento del portador energético y evalúa las causas objetivas y subjetivas de los posibles sobre-consumos que se produzcan en el periodo de tiempo a evaluar. Por tanto el ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, sino a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar en cada lugar que se aplique la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía, de cualquier tipo (eléctrica, térmica...). Para este propósito se aporta un conjunto de elementos que permiten realizar y evaluar el diagnóstico energético, este consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, con el objetivo de establecer el puntote partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada ésta, además de especificar cuánta es desperdiciada.

De forma diaria se evalúa, a través de equipos de medición (metros contadores), los indicadores eléctricos para de forma cualitativa y cuantitativa brindar un mejor servicio eléctrico y a su vez controlar los consumos, la demanda y estadísticamente evaluar el comportamiento del factor de potencia y las pérdidas por transformación, lo cual inciden en el deterioro de la calidad de este portador en los principales consumidores atentando contra la eficiencia energética de un hospital.

La energía eléctrica juega un papel determinante como principal portador en el sistema de hospitales, La variedad de servicios consumidores de este portador, lo hacen constituir el mayor por ciento dentro del total de energía a utilizar en el centro.

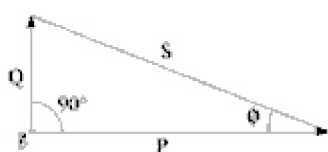
La potencia de un Factor

Como conocemos, el suministro de energía eléctrica a los servicios de cualquier demanda, teniendo en cuenta el aseguramiento y racional funcionamiento del Sistema Electro-energético Nacional, se lleva a cabo considerando un factor de potencia ( $\cos Q$ ).

El factor de potencia no es un ente aislado en ningún estudio. Se determina mensualmente como resultado de la medición de la energía reactiva en el mismo período, obteniéndose la  $\tan Q = \text{kVarh/kWh}$  y de esta relación se llega al  $\cos Q$  correspondiente. En caso que el servicio no tenga instalado equipo de medición de energía reactiva se tomará como factor de potencia del mismo el promedio resultante de mediciones realizadas durante 24 horas como mínimo.

Atendiendo a lo anterior, en el caso de penalización por bajo Fp esta se aplica cuando  $\cos Q$  es menor de 0,90; en el caso de bonificación por Fp, el suministrador facturará la cantidad que resulte de multiplicar el importe de la cuenta correspondiente, sin incluir penalizaciones, por 0,92 y dividir el producto por el Fp real obtenido en la última comprobación efectuada cuando este sea hasta 0,96. Es decir, cuando el Fp sea mayor de 0,96 se bonifica hasta 0,98. Entre 0,90 y 0,92, no habrá penalización ni bonificación, quedando la factura sin variación.

Se define **factor de potencia**, de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa,  $P$ , y la potencia aparente,  $S$ , o bien como el coseno del ángulo que forman los fasores de la intensidad y el voltaje, designándose en este caso como  $\cos Q$ , siendo  $Q$  el valor de dicho ángulo. De acuerdo con el triángulo de potencias de la figura 1



**Figura 1** Triángulo de potencias

Es decir, el factor de potencia no es más que el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, etc. El dispositivo utilizado para medir el Fp se denomina **cosímetro**.

### ¿Cómo mejorar el Factor de Potencia?

Para obtener las máximas ventajas de compensación de la potencia reactiva, es necesario determinar el factor de potencia óptimo, es decir, ese factor de potencia en el cual las ventajas técnico económicas son máximas. Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico existen métodos para la elevación del factor de potencia que pueden ser considerados dentro de los dos grupos siguientes:

- Reducción del consumo de potencia reactiva sin la aplicación de medios compensadores.
- Aplicación de medios compensadores.

Cuando se compense la potencia activa las ventajas que se pueden obtener son de dos tipos:

1. Lograr la máxima economía anual mediante la disminución de las pérdidas de energía eléctrica.
2. Aumentar la capacidad de carga de la red, líneas y transformadores.

De ahí que a partir de la aplicación de este estudio resulte mucho más fácil mejorar la eficiencia electroenergética en el circuito de una Institución Hospitalaria incrementando el factor de potencia a valores recomendados. De aplicarlo, eso conllevará sin dudas a una mejora sustancial en el uso eficiente de la energía eléctrica utilizada dejando solucionada la protección del sistema electroenergético de unidades de salud a partir de un proyecto que garantice eficiencia electroenergética basada el mejoramiento continuo.

## **RESULTADOS DEL TRABAJO**

El proyecto realizado contempla la selección de un banco de condensadores para el mejoramiento del factor de potencia del servicio de ampliación de este Hospital, lo cual contribuirá a una mejora sustancial de los parámetros de funcionamiento de este servicio.

Para la realización de este proyecto se han tomado como base el registro de los consumos diarios de energía eléctrica realizados por el área energética del hospital.

### **Factor de Potencia**

Un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada, pues esto implica mayores pérdidas en la red, en las líneas de transmisión y distribución y en los generadores de la termoeléctrica. La forma más económica de compensar el factor de potencia en su instalación es garantizando que sus equipos sean de un buen factor de potencia y que operen muy cercanos a su carga nominal. Cuando esto no sucede, es necesario realizar un estudio y determinar la cantidad de capacitores a instalar y su forma más económica de hacerlo (en banco o en los equipos).

Tomando en cuenta los registros históricos de los consumos de energía eléctrica, tomados de las lecturas del metrocontador digital instalado por la empresa eléctrica, se procedió a determinar el valor promedio de la potencia activa y del factor de potencia de este servicio. A continuación se muestra una tabla que resume los valores correspondientes al año 2008.

Meses	Potencia Total kW/mes	Factor de Potencia	P (kW) Día	P (kW) Pico	Potencia Activa
E	46857	0.78	37500	7000	104.84
F	51372	0.79	41500	7500	114.70
M	38190	0.73	30500	5500	84.23
A	58400	0.79	47000	9000	132.62
M	51282	0.87	41500	7500	114.70
J	59890	0.85	49000	8500	133.51
J	67916	0.87	55500	10000	153.23
A	58886	0.85	48000	8500	131.72
S	58883	0.86	48000	8500	131.72
O	60820	0.85	49500	9000	137.10
N	93586	0.81	76000	15000	216.86
D	78462	0.74	66.5	9500	51.19
<b>P prom.</b>	<b>60378.67</b>		<b>43672.21</b>	<b>8791.67</b>	<b>125.53</b>
<b>Q pom</b>	<b>41417.02</b>				<b>86.11</b>
<b>FP prom.</b>	<b>0.82</b>				

TABLA 2

Haciendo una evaluación gráfica del comportamiento del Factor de potencia en el hospital Pediátrico de Holguín, a partir de valores registrados en un año, se muestra un evidente deterioro, como se muestra en la figura 2.

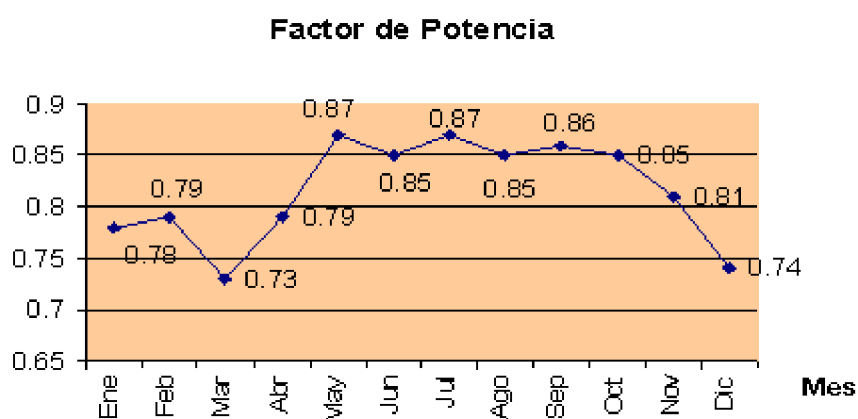


FIGURA 2

Se observa que los valores de potencia y factor de potencia no son valores repetitivos durante el año, por lo que cada mes alcanzan valores diferentes, desde 51.19 kW con  $fp = 0.74$  hasta el valor más alto de 153.23 kW con  $fp = 0.87$ , presentando picos de consumos de 216.85  $fp = 0.81$

El banco de condensadores debe ser capaz de compensar el factor de potencia dentro de un rango de valores de potencia activa y mantenerlos cerca de 0.92 a pesar de la variabilidad del consumo.

Al analizar la potencia reactiva necesaria para compasar el factor de potencia 0.74 con 51.19 Kw y factor de potencia promedio 0.82, con 216.85 Kw y 153



Kw; se obtiene que para los valores más bajos previstos de consumo de potencia activa, al que le corresponde un factor de potencia más bajo, el banco debe ser capaz de suministrar una potencia reactiva de al menos 24 kVar, mientras que para el valor promedio de potencia de consumo y factor de potencia promedio, se requiere un banco de condensadores de 41.67 kVar.

Teniendo en cuenta la presencia de consumos de hasta 216 kW., debemos considerara un incremento de carga similar a este valor en el cálculo para el factor de potencia promedio, obteniendo que la potencia reactiva para el banco es de 58.75 kVar. Los valores estándares de fabricación de bancos condensadores nos permiten seleccionar un banco de 60 kVar, con tres pasos de regulación: 15+15+30 kVar.

La unidad de control del banco Varlogic R6 deberá ser ajustada al valor máximo de 0.95, debido a que para compensar la primera condición calculada  $fp = 0.74$  con 51.19 Kw, se requiere solo 24.67kVar, pero el banco compensará con 30 kVar, mejorando el factor de potencia hasta 0.95 aproximadamente.

## CONCLUSIONES

1. De todas las reservas de energías estudiadas la instalación de bancos capacitores, constituye la mayor posibilidad de ahorro de energía.
2. El estudio de la situación existente en el Hospital Pediátrico, sobre los factores que inciden en el bajo factor de potencia, permite Valorar y accionar detalladamente sobre la distribución de las cargas dirigidas a los bancos secos en el servicio de ampliación. Estimar si el dispositivo a instalar debe ser capaz de compensar el factor de potencia y mantenerlo cerca de 0.92 a pesar de la variabilidad de los consumos.
3. La propuesta del mejoramiento del factor de potencia en el hospital provoca un ahorro por concepto de gastos económicos, al lograr un mejor aprovechamiento de la energía de forma cualitativa y cuantitativa.
4. Al analizar la factibilidad del proyecto de inversión, se puede afirmar que la inversión inicial se recupera pasado el primer año, desapareciendo los costos por inversión, comenzando a generar beneficios que se traducen en ahorros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. González, J. M. Compensación de potencia reactiva en sistemas contaminados con armónicos., Santa Clara; UCLV, 2002. \_\_ Cant. de h. (Tesis Doctoral)
2. Maliuk Petrovna, Svetlana. Santiago de Cuba: Editorial Oriente, 1980. Cant. de p. ( Factor de Potencia en la Producción).
3. Padrón, A. Sistemas eléctricos industriales. Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, 2000. Cant. de h.
4. Viego, P; Cárdenas,A. Análisis económico de un proyecto para lograr ahorros mejorando el factor de potencia **Mundo eléctrico Colombiano** (Santa Fe de Bogotá) 12(31): 130 abr-jun. 1998.

5. Viego, P.: Ahorro de energía eléctrica en instalaciones industriales: material del curso. Cali, Colombia; Corporación universitaria autónoma de Occidente (CUAO) ,1999. Cant. h.
6. Viego, Percy. Centro de estudio Energía y medio ambiente / Percy Viego, Marcos.Teyra de Armas, Arturo Padrón Padrón. Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, 2002. Cant. h.
7. Ahorro y uso racional de la energía: medidas y sugerencias prácticas. La Habana; Comisión Nacional de Energía, 1990. Cant. h.
8. Ministerio de Finanzas y Precios. Gaceta Oficial: anuario de tarifas. La Habana, 2006.
9. Aspectos básicos del Factor de potencia orientados al ahorro de energía eléctrica. México D.F: FIDE, 1992. Cant. h.
10. Control de la Demanda: módulos tecnológicos CONAE. [documento en línea].  
<http://www.conae.gob.mx/programas/control/controldemanda.html>.2001 [Consultado: 30 jun. 2009].
11. La Revolución energética y la energía eléctrica. La Habana: Editorial DOR, 2004. (Suplemento especial).
12. Título del artículo. **Revista CUBASOLAR** (La Habana) 30(34): 3 abr-jun. 2006.
13. Título del artículo. **Revista CUBASOLAR** (La Habana) 29: 18-21; ene-mar. 2005.
14. Factor de potencia. [Documento en línea].  
[http://www.es.wikipedia.org/wiki/Factor\\_de\\_potencia](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia) [Consultado: 30 jun.2008].
15. Factor de potencia. [Documento en línea].  
<http://www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml> ([Consultado: 20 ago.2009].

El Ajuste del valor del Factor de potencia en el Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la Concepción y de la Pedraja”.

## **DATOS DE LOS AUTORES**

### **Nombre:**

Ing. Odalys Cruz Bermúdez

### **COAUTOR:**

Ing. Yolanda Leyva López

### **Correo:**

[ocruz@hpuh.hlg.sld.cu](mailto:ocruz@hpuh.hlg.sld.cu)

### **Centro de trabajo:**

Hospital Pediátrico Universitario de Holguín. “Octavio De la Concepción y Pedraja Ave: “Los Libertadores” # 91 Holguín.

© Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET), 1995. Todos los derechos reservados Última actualización:  
29 de Marzo del 2010