

# CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA COMO ESTRATEGIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL HOTEL SIERRA HUASTECA INN

## POWER FACTOR CORRECTION AS AN ENERGY EFFICIENCY STRATEGY AT THE HOTEL SIERRA HUASTECA INN

Recibido: 24 de septiembre 2021

Aceptado: 6 de noviembre 2021

B.I. Lara Izaguirre<sup>1</sup>

E. Torres Montalvo<sup>2</sup>

M. Alvarado Guzmán<sup>3</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo aborda la corrección del Factor de Potencia (FP), utilizando datos de facturación del consumo eléctrico de 2019 en un Hotel de 4 estrellas ubicado en la Huasteca Potosina. Estimando el tamaño de banco de capacitores que pueden corregir y elevar el FP por lo menos a 90% y con ello reducir las pérdidas de energía eléctrica, evitar los cargos por penalización de bajo FP, así como contribuir a la disminución de emisiones de Gases de CO<sub>2</sub>. El Hotel erogó la cantidad de \$109 778.00 en su facturación eléctrica por concepto de bajo FP. Se determinó que el tamaño del banco de capacitores para esta corrección es de 30kVAR, con una inversión de \$40 000.00, misma que se recuperaría en aproximadamente 5 meses.

**PALABRAS CLAVE:** Banco de Capacitores, Factor de Potencia, Potencia activa, Potencia Reactiva

### ABSTRACT

This work addresses the correction of the Power Factor (FP), using billing data for electricity consumption for 2019 in a 4-star Hotel located in Huasteca Potosina. Estimating the size of the capacitor bank that can correct and raise the FP to at least 90% and thereby reduce electrical energy losses, avoid low FP penalty charges, as well as contribute to the reduction of emissions of CO<sub>2</sub>. The Hotel disbursed the amount of \$ 109,778.00 in its electricity bill for low FP. It was determined that the size of the capacitor bank for this correction is 30kVAR, with an investment of \$ 40,000.00, which would be recovered in approximately 5 months.

**KEY WORDS:** Capacitor Bank, Power Factor, Active Power, Reactive Power

### INTRODUCCIÓN

En el último estudio de la Organización Mundial del Turismo (OMT) y el Foro Internacional de Transporte (ITF) presentado en diciembre de 2019, durante la Conferencia de las Partes (COP25) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se preveía que las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes al turismo aumentarían al menos un 25% para 2030 (Organización Mundial del Turismo, 2021). La OMT considera que el 1% de emisiones globales de CO<sub>2</sub> corresponden a la industria hotelera, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> asociadas con el alojamiento se estiman en 274 Mt (megatoneladas). Según un informe de 2017 publicado por la Comisión Europea con indicaciones para minimizar el uso de energía en los alojamientos turísticos, la electricidad representa aproximadamente el 40% de la energía total consumida en un hotel (BBVA Bancomer, 2021).

<sup>1</sup> Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, brenda.lara@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Profesor de la Universidad de Quintana Roo, etorres@uqroo.edu.mx

<sup>3</sup> Estudiante del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 17690060@tecvalles.mx

Los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas en Septiembre de 2015 y rectores de la agenda de desarrollo post2015 suscrita por México, Vinculan la sustentabilidad de la actividad turística y la promoción de la eficiencia energética a través de tres ODS: el ODS 7 sobre energía sustentable para todos (en específico, la promoción de la eficiencia energética); y los ODS 8 y 12 relativos al sector turístico (OMT, 2015) La eficiencia energética puede ser vista como un instrumento que mejore la competitividad del sector hotelero( Molina, 2015). Es de particular relevancia en el caso de América Latina y el Caribe (ALC), una región donde se espera que la demanda de servicios energéticos se duplique para 2040, Como tal, puede generar importantes beneficios ambientales, económicos y sociales (Ravillard,P., Carvajal,F., Lopez, D., Chueca, E., Antonio, K., Yi,J., Hallak,M, 2019).

El turismo en México representa el 8% del Producto Interno Bruto (PIB), el sector hotelero perteneciente a este rubro participa con el 1.8% del PIB (SENER, 2015).

En la Huasteca Potosina donde se desarrolla el presente estudio, se estimó en el año 2019 3532 cuartos hoteleros, lo que representa el 30% del total en el Estado de San Luis Potosí. La derrama económica por la ocupación hotelera fue de 509.3 millones de pesos, participando con el 14.5% de todo el Estado (SECTUR S.L.P.,2019).

Los hoteles presentan grandes oportunidades de eficiencia energética en sus procesos. Dado que la experiencia de los huéspedes no puede ser comprometida, las operaciones generalmente necesitan de un manejo intensivo de energía, agua y recursos naturales. En el Manual para la Evaluación de inversiones en eficiencia Energética en el Sector de Hoteles y Hospitales del Banco de Desarrollo de América Latina, (s.f.) se comenta que los hoteles presentan una distribución típica en el consumo de energía eléctrica: aire acondicionado y climatización, ventilación y bombas, iluminación, refrigeración de alimentos y otros. Aire acondicionado y climatización representa el 50% del consumo total de energía eléctrica. Los costos operativos por consumo eléctrico son más elevados, representando entre el 3% y 6%, además del impacto económico es de considerar las emisiones de GEI que contribuyen al cambio climático.

En este contexto se plantea la evaluación del consumo eléctrico en el Hotel de estudio, tomando los datos de la facturación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del año 2019, con el propósito de identificar áreas de oportunidad para lograr la eficiencia energética corrigiendo el Factor de Potencia (FP). Elevar el FP reduce pérdidas de energía en las redes de transmisión y distribución que trae como consecuencia la disminución de emisiones de CO2. De acuerdo con la Comisión Reguladora de Energía, las empresas con un FP por debajo de 0.9 deben pagar una penalización, de ahí que lograr la corrección del mismo trae beneficios económicos y contribuye al mejoramiento del medio ambiente.

## **METODOLOGÍA**

### **Descripción del Hotel**

El Hotel objeto de estudio, lleva casi 10 años en la región, cuenta con 70 habitaciones distribuidas en 4 plantas, de categoría de 4 estrellas, así como gimnasio y alberca techada. Ofrece habitaciones sencillas, doble, estudio suite y suite. Todas las habitaciones se encuentran climatizadas mediante un aire central tipo chiller, tv con control remoto, teléfono,

radio despertador, acceso a internet, cafetera con kit de café, secadora de cabello, kit de planchado, escritorio con silla, servicio a la habitación y servicio de lavandería. La tarifa por noche va desde los \$1 785.00 hasta los \$4 870.00.

### Descripción del Suministro Eléctrico

El suministro de energía eléctrica con el que opera el hotel es provisto por la red eléctrica de CFE. El Hotel cuenta con un transformador de 500 kVA para abastecer todas las instalaciones y servicios que ofrece. La facturación eléctrica corresponde a una tarifa de gran demanda de media tensión, se muestra en la Tabla 1, los cargos de las tarifas finales del suministro básico. Está integrado por transmisión, distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

**Tabla 1. Tarifas Gran Demanda en Media Tensión Horaria. Fuente CFE,2021**

Int. Horario	Cargo	Unidades	Cargo
	Fijo	\$/mes	491.25
Base	Variable (energía)	\$/kWh	0.854
Intermedia	Variable (energía)	\$/kWh	1.4254
Punta	Variable (energía)	\$/kWh	1.6475
	Distribución	\$/kW	127.75
	Capacidad	\$/kW	323.87

### Factor de Potencia

Para entender el concepto del FP, se debe recurrir al análisis de por lo menos dos conceptos de suma importancia; la Potencia Activa y La Potencia Reactiva.

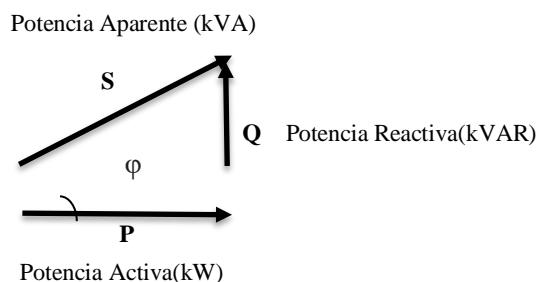
La Potencia Activa se trata de la energía eléctrica que se transforma en trabajo o acciones tangibles (o apreciables) en el sistema eléctrico. Por su parte, la Potencia Reactiva se trata de la energía utilizada para el desarrollo de la potencia activa, este tipo de potencia no tiene una función tangible o apreciable, por lo cual se llega a considerar indeseable (Wildi, 2007).

Por otro lado, el FP se trata de un valor unidimensional que indica la relación entre la potencia activa y la potencia reactiva, es decir, refleja el aprovechamiento y uso de la energía eléctrica. Es por ello que un FP muy pequeño es indeseable. A nivel operativo, el bajo FP genera deficiencia en cuanto al funcionamiento del equipo eléctrico, daño en los mismos y mayor gasto energético (Pinto, 2020). En el sentido económico, un bajo FP puede generar cargos debido a las leyes nacionales (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2015), donde se establece que este valor debe ser mayor o igual a 0.9 o 90%. Un FP arriba del 90% beneficia económicamente a las organizaciones, debido a que CFE otorga bonificaciones por este aspecto, que pueden llegar hasta el 2.5% del valor total del costo de la energía suministrada. El valor ideal del FP es 1, lo que indica que toda la energía consumida ha sido transformada en trabajo (CONUEE,2020).

El FP indica la cantidad de energía total que se ha convertido en trabajo, como se expresa como el coseno del ángulo que forman la tensión y la corriente Fig. 1(Vizcaíno,2017).

Factor de Potencia= Potencia Real/ Potencia Aparente

Factor de Potencia=kW/kVA=Cos  $\phi$



**Figura 1. Triángulo de Potencias**

Todos los aparatos que contienen inductancia, tales como motores, transformadores y demás equipos con bobinas, necesitan corriente reactiva para establecer los campos magnéticos necesarios para su operación. El desfase producido por la corriente reactiva se anula con el uso de capacitores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente en la línea.

El bajo FP se puede corregir colocando capacitores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL. Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva Q capacitores, se anula, total o parcialmente, la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación y después de ello, la red suministra solamente potencia real (CONUEE,2020).

El procedimiento para la corrección del FP fue el siguiente.

### **1. Recopilación de las facturas de consumo eléctrico de CFE del año 2019**

Se entrevistó a la asistente del Gerente del hotel y proporcionó las facturas del consumo eléctrico del año 2019. Se procedió a elaborar un concentrado en Excel 2016, donde se registraron los consumos de acuerdo a las Tarifas Horarias, FP, cargos por penalización del FP e importe final.

### **2. Análisis de los datos de Recibos de Consumo del 2019**

Se revisaron los recibos de consumo eléctrico, donde se identificó la tarifa que factura el Hotel, siendo ésta la de Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH). Se observó que la demanda contratada y carga demandada es de 230kW. El FP se encuentra por debajo del 90%, el promedio en el año 2019 fue de 74.95%, lo que ha ocasionado cargos por este concepto, el monto anual por FP fue de \$109 778.00. En el histórico de 2018 se aprecia como empieza a descender el FP en el mes de Julio a 89.41%, es decir, a partir de esa fecha particular comienzan los cargos en el recibo de facturación eléctrica.

### **3. Cálculo para la Corrección del FP**

Para la corrección del factor de potencia se tomará el valor más bajo registrado durante 2019, que fue en el mes de enero, se empleará el promedio de las demandas base, intermedia y

punta, los datos se muestran en la Tabla 2.

$$S = \frac{P}{FP}$$

S= Potencia Aparente en VA

P= Potencia Activa en W

FP= Factor de Potencia

**Tabla 2. Datos empleados para la corrección del FP**

FP inicial	0.7096
kW base	59
kW intermedia	52
kW punta	64
kW promedio	58.333 kW
FP final	0.90

## RESULTADOS

### 1. Recopilación de las facturas de consumo eléctrico de CFE del año 2019

Se identificó en la facturación eléctrica de 2019 un FP menor a 90% lo que representa un cargo total de \$109 778.00 anual, es decir, en promedio \$9 148.13 mensual.

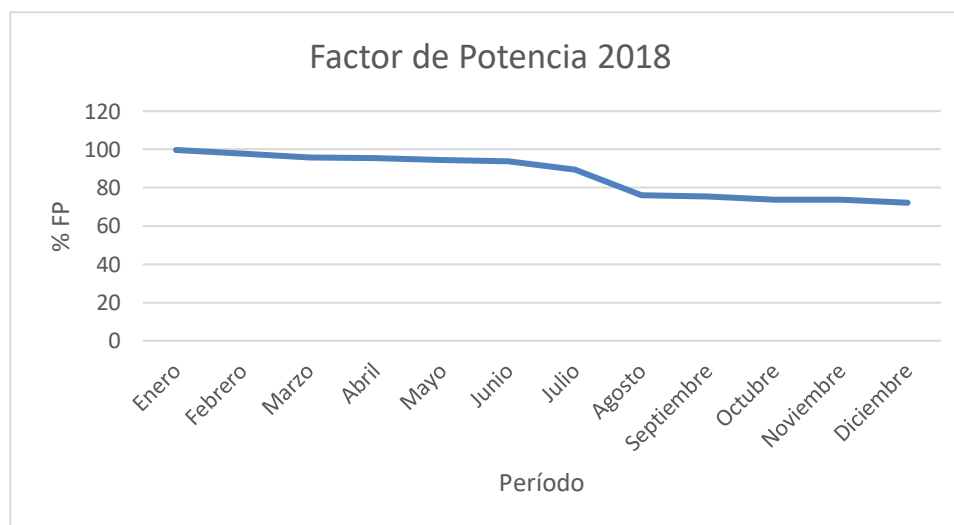
**Tabla 3. Consumo eléctrico del Hotel de 2019**

Mes	Días Facturados	kWh base	kWh intermedia	kWh punta	kW base	kW intermedia	kW punta	kWMaxAño Movil	kVArh	Factor de potencia	Cargo por bajo FP	Cargo Final en \$
Enero	31	6916	11704	3094	59	52	64	52	21560	70.96	8627.5	72169
Febrero	28	6986	11550	3164	60	74	72	57	20622	72.49	8055.7	73790
Marzo	31	8596	14686	3864	61	80	75	65	24934	73.65	8988.6	88823
Abril	30	9548	19950	3304	83	97	97	84	28840	75.42	9834.7	107189
Mayo	31	12250	24276	3010	92	108	104	94	32984	76.79	10166	126282
Junio	30	13090	25144	2884	95	102	104	101	33152	77.85	9796.1	132252

Mes	Días Facturados	kWh base	kWh intermedia	kWh punta	kW base	kW intermedia	kW punta	kWMax Año Movil	kVArh	Factor de potencia	Cargo por bajo FP	Cargo Final en \$
Julio	31	12558	26852	3416	89	101	99	101	34230	78.11	9715.8	135119
Agosto	31	10990	24206	2814	84	94	96	90	31472	77.02	9599.9	121392
Septiembre	30	10318	19376	2072	71	97	93	78	27272	75.87	8810.7	101473
Octubre	31	9450	21854	2968	47	69	57	68	29330	76.17	9151.7	106527
Noviembre	30	7546	13832	3752	64	69	64	62	23450	73.11	8645.9	82183
Diciembre	31	7672	12250	3248	58	63	68	55	22344	71.98	8385.2	74572

## 2. Análisis de los datos de Recibos de Consumo del 2019

Al revisar los recibos por consumo eléctrico e identificarse el bajo FP, se analizó el histórico de 2018 en el recibo del mes de enero de 2019. En éste se apreció que desde julio de 2018 comienza a disminuir el valor del FP como se muestra en la Gráfica 1. Se indagó que operaciones realizaron en ese período, refiriendo que se instaló el aire central Chiller que suministra la climatización a las habitaciones del Hotel, éste permanece operando las 24h del día.



Gráfica 1. Factor de Potencia de 2018

## 3. Cálculo para la Corrección del FP

Con la información de los recibos de facturación eléctrica de 2019 se realizan los cálculos para estimar el tamaño del banco de capacitores que podrían corregir el bajo FP.

Se pretende pasar de un factor de potencia de 0.7096 a un valor de 0.9, lo que eliminaría el cargo por factor de potencia que se realiza cada mes en la facturación eléctrica.

- 1) Primero se calcula la potencia aparente con el factor de potencia inicial de 0.7096

$$S_1 = \frac{P}{FP} = \frac{58,333W}{0.7096} = 82,205 \angle 44.7976^\circ VA$$

La potencia aparente  $S_1$  se convierte a coordenadas rectangulares para obtener las componentes activas y reactivas de potencia, es decir:

$$S_1 = 58,333 + j57,922 VA$$

La parte imaginaria de  $S_1$  representa la potencia reactiva consumida actualmente, es decir:

$$Q_1 = 57,922 VAR$$

- 2) Ahora se realizan los mismos cálculos, pero con el factor de potencia deseado de 0.90

$$S_2 = \frac{P}{FP} = \frac{58,333W}{0.90} = 64,814 \angle 25.8419^\circ VA$$

La potencia aparente  $S_2$  se convierte a coordenadas rectangulares para obtener las componentes activas y reactivas de potencia, es decir:

$$S_2 = 58,333 + j28,251VA$$

La parte imaginaria de  $S_2$  representa la potencia reactiva que se debe consumir con el nuevo factor de potencia

$$Q_2 = 28,251 VAR$$

- 3) La potencia reactiva que el banco de capacitores debe suministrar se calcula como:

$$Q_c = 28,251 - 57,922 = -29,671 VAR$$

Se debe tomar el valor comercial inmediato superior, por ejemplo, 30kVAR.

Con la conexión del banco de capacitores de 30 kVAR se espera obtener un factor de potencia de al menos 0.90, lo que eliminaría el cargo por factor de potencia. El costo aproximado de un banco fijo de 30 kVAR a 220V es de \$40,000.00 MN, por lo que el tiempo de recuperación de la inversión sería aproximadamente en 5 meses.

## CONCLUSIONES

El ahorro energético y la eficiencia energética son temas que hoy en día son de gran interés en el mundo, debido a que estas estrategias no solo resultan en beneficio económico, sino que ayudan a disminuir las emisiones de CO2 responsables del cambio climático.

Derivado del análisis realizado se logró obtener el tamaño del banco de capacitores necesario para corregir el FP a un valor de 0.9 (90%), es importante mencionar que al mejorar el FP se reducen las pérdidas eléctricas y el usuario dejará de recibir cargos por operar con un FP menor a 90%. El tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 5 meses por lo que a partir del resto del año tendría un ahorro de \$64 000,00.

Cabe señalar que el valor calculado en este documento se basa únicamente en los datos obtenidos de las facturaciones eléctricas de 2019, para obtener un valor más preciso se requiere del censo de cargas y preferentemente de mediciones eléctricas.

## BIBLIOGRAFÍA

- BBVA, Bancomer. Hospitalidad y eficiencia energética. Obtenida el 17 de septiembre de 2021, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cuanta-energia-electrica-consume-y-puede-ahorrar-un-hotel/>
- Banco de Desarrollo de América Latina, (s.f.). *Manual para la Evaluación de inversiones en eficiencia Energética en el Sector de Hoteles y Hospitales del Banco de Desarrollo de América Latina*. Obtenida el 17 de septiembre de 2021, de [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1325/IF\\_Manual%20%20Hoteles%20y%20Hospitales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1325/IF_Manual%20%20Hoteles%20y%20Hospitales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Centro Mario Molina. (diciembre, 2015). *Hacia una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética para las edificaciones de Hoteles y Restaurantes*. México, D.F.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (Noviembre de 2015). *Guía práctica de factor de potencia*. Obtenido de [www.conuee.gob.mx](http://www.conuee.gob.mx): <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/guias/GUIADEEXAMEN01-2020-FACTORDEPORTENCIA.pdf>
- Comisión Nacional Para El Uso Eficiente De La Energía, CONUEE (2020). *Factor de Potencia y sus Implicaciones*. Obtenida el 22 de septiembre de [https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/documentos/MATERIAL\\_EXAMEN%2001-2020-FP\\_VLMB.jlt.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/documentos/MATERIAL_EXAMEN%2001-2020-FP_VLMB.jlt.pdf)
- Organización Mundial del Turismo, (OMT). Transformar el Turismo para la acción por el clima. Obtenida el 17 de septiembre de 2021, de <https://www.unwto.org/es/desarrollo-sostenible/accion-por-el-clima/>
- Pinto, R. E. (2020). *Calidad de la energía eléctrica*. Universitas.



Ravillard,P., Carvajal,F., Lopez, D., Chueca, E., Antonio, K., Yi,J., Hallak,M. *Towards Greater Energy Efficiency in Latin America and Caribbean : progress and policies.*

Inter American Development Bank (2019).

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Diario Oficial de la Federación. Obtenida el 24 de septiembre de 2021 de, <https://www.cre.gob.mx/documento/3841.pdf>

Secretaría de Turismo del Estado de San Luis Potosí, (2019). *Comportamiento del Sector Turismo 2019.* Obtenida el 17 de septiembre de [http://www.cegaipslp.org.mx/HV2020Dos.nsf/nombre\\_de\\_la\\_vista/31CF7BAE02EB4847862585DE00727DC4/\\$File/Comportamiento+del+Sector+Turismo+-+2019.pdf](http://www.cegaipslp.org.mx/HV2020Dos.nsf/nombre_de_la_vista/31CF7BAE02EB4847862585DE00727DC4/$File/Comportamiento+del+Sector+Turismo+-+2019.pdf)

SENER. (2015). *Estudio de Eficiencia Energética en Hoteles.*

Vizcaíno T.R. *Tesis Análisis de la Calidad de la Energía del Sistema Eléctrico de la Zona Cultural Universitaria de la UNAM, 2017.* Obtenida el 24 de septiembre de 2021 de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/14279/3/Tesis.pdf>

Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia.* Naucalpan de Juárez: Pearson educación.