

# EVALUACIÓN DEL COSTO POR INTERRUCCION DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN DIFERENTES TIPOS DE INMUEBLES

Erick Ricardo Velázquez López (1), Jesús Martínez Patiño (2)

1 Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. | erickr\_vl@hotmail.com

2 Departamento de ingeniería eléctrica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. | jesusmp23@ugto.mx

## Resumen

Una importante área de estudio que se viene realizando desde hace muchos años es la fiabilidad del sistema; ya que todo sistema eléctrico sin excepción, está expuesto a contingencias causadas por fenómenos naturales, accidentes viales, vandalismo o por la propia operación de la red; lo cual afecta de forma directa al aspecto económico del usuario; y de forma importante en el sector industrial y comercial. En este estudio se analiza la repercusión en el aspecto económico que supone para un usuario, específicamente una comparación entre diversos tipos de inmuebles en función de su uso. El hecho de sufrir interrupciones en el suministro de energía eléctrica y las variaciones en el aspecto económico, se dan en razón de varias variables entre las que se cumpla el tiempo que pudiese durar dicho fenómeno de interrupción. Así mismo, se analizan las diferentes tarifas eléctricas que inciden en los costos directos de las interrupciones. Los resultados muestran la gran variabilidad de las incidencias y de costos por interrupción según el uso del inmueble a estudiar, de ahí la importancia de este estudio, ya que ayuda a tener herramientas y parámetros para conocer un aproximado del costo real por interrupción.

## Abstract

An important place study that has been done for many years is the reliability of the system; since all electrical system without exception, is exposed to contingencies caused by natural phenomena, road accidents, vandalism or the proper operation of the network; which directly affects the economics of the user form; and importantly in the manufacturer and commercial quadrant. This study analyzes the impact on the economic side it means for a user, specifically a comparison between different types of properties depending on their use. The fact suffer interruptions in power supply variations in economic terms are given on the basis of several variations including the time that this phenomenon could last interrupt is met. Also, the different electricity rates that affect the direct costs of interruptions are analyzed. The results show the great variability of incidents and disruption costs as the use of the property to study, hence the importance of this study, as it helps to have tools and parameters to meet the real cost approximately interruption.

## Palabras Clave

Tarifa eléctrica; Precio de la energía; Continuidad de suministro;

## INTRODUCCIÓN

Existe un aspecto que día a día preocupa y adquiere más relevancia entre los diferentes sectores de energía eléctrica como son los clientes industriales, comerciales, residenciales así como a las empresas encargadas de suministrar esta energía, y este concepto es el de "calidad de la energía eléctrica" en el cual está incluida la continuidad del suministro de energía eléctrica; es decir, la no interrupción suministro de energía eléctrica.

Actualmente, los usuarios, están más conscientes de los fenómenos relacionados con la calidad de la energía eléctrica; de las consecuencias de dichos fenómenos, así como de las técnicas para su detección y corrección.

Todo sistema eléctrico sin excepción está expuesto a contingencias causadas por fenómenos naturales, accidentales viales, vandalismo o por la propia operación de la red, lo cual afecta directamente en los parámetros que definen la calidad de la energía, afectando así la fiabilidad del sistema.

En este estudio se analiza la repercusión en el aspecto económico que supone para diferentes tipos de inmuebles, al sufrir interrupciones en el suministro de energía eléctrica debido a la "mala calidad de la energía".

### Calidad en el suministro de la energía eléctrica

El término "calidad" es un tanto complicado pues los distintos tipos de usuarios y las compañías suministradora lo entienden de distintas maneras dependiendo de los diferentes factores particulares que tomen en cuenta o que les sea de interés. Sin embargo, para este estudio, una definición excelente es la que nos da H. S. Bronceado [1], [2], [3], [4]:

"La energía eléctrica de buena calidad, es aquella que garantice el funcionamiento continuo, seguro y adecuado de los equipos eléctricos y procesos asociados, sin afectar el medio ambiente y el bienestar de las personas"

Este concepto de calidad incluye una gran variedad de disturbios en los sistemas eléctricos

que causan desviaciones en las condiciones adecuadas de tensión, corriente o frecuencia resultado en fallas, operación errática de equipos o en la interrupción del servicio. A continuación se presenta una tabla del IEEE Std. 1159-2009, en la cual muestra las categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia.

Como se aprecia en la tabla 1, son múltiples las categorías y fenómenos que podemos encontrar en un sistema eléctrico, por lo que es necesario un análisis minucioso a fin de identificar cuál de estas anomalías tenemos presentes en la red, cuales tienen el mayor impacto para así poder atacarlas adecuadamente.

Tabla 1. IEEE 1159. Categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia. [5]

CATEGORÍA	CONTENIDO TÍPICO ESPECTRAL	DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD TÍPICA DE LA TENSIÓN
1.0 Transitorios			
1.1 Impulsos			
1.1.1 Nanosegundos	5 ns de elevación	<50ns	
1.1.2 Microsegundos	1 ms de elevación	50 ns - 1ms	
1.1.3 Milisegundos	0.1 ms de elevación	> 1ms	
1.2 Oscilatorios			
1.2.1 Baja Frecuencia	< 5kHz	0.3 - 50ms	0 - 4pu
1.2.2 Frecuencia Media	5 - 500 kHz	20ms	0 - 8pu
1.2.3 Alta Frecuencia	0.5 - 5MHz	5ms	0 - 4pu
2.0 Variaciones de Corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1 Sag		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8pu
2.2 Momentáneas			
2.2.1 Interrupción		0.5 ciclos - 3s	< 0.1pu
2.2.2 Sag		30 ciclos - 3s	0.1 - 0.9pu
2.2.3 Swell 30		Ciclos - 3s	1.1 - 1.4pu
2.3 Temporal			
2.3.1 Interrupción		3s - 1min	< 0.1pu
2.3.2 Sag		3s - 1min	0.1 - 0.9pu
2.3.3 Swell		3s - 1min	1.1 - 1.2pu
3.0 Variaciones de larga duración			
3.1 Interrupción sostenida		> 1min	0.0pu
3.2 Baja tensión		> 1min	0.8 - 0.9pu
3.3 Sobretensión		> 1min	1.1 - 1.2pu
4.0 Desbalance en tensión		Estado Estable	0.5 - 2%
5.0 Distorsión de Forma de Onda			
5.1 Componente de directa		Estado Estable	0 - 0.1%
5.2 Contenido armónico	0 - 100th H	Estado Estable	0 - 20%
5.3 Interarmónicas	0 - 6kHz	Estado Estable	0 - 2%
5.4 Muecas en la tensión		Estado Estable	
5.5 Ruido	Banda amplia	Estado Estable	0 - 1%
6.0 Fluctuaciones de tensión	< 25Hz	Intermitente	0.1 - 7%
7.0 Variaciones en la Frecuencia		<10s	

## Interrupciones en el suministro de la energía eléctrica

Como sabemos, la energía eléctrica se genera y se transporta en el preciso momento de su utilización, por lo que una interrupción en el suministro de energía eléctrica a un servicio que puede durar típicamente desde algunos cuantos ciclos, segundos, horas o más, se puede traducir a pérdidas económicas debido al paro de procesos industriales, financieros, de comunicación, etc. Estas pérdidas son proporcionales al tipo de sector económico afectado, el tamaño de proceso detenido y el tiempo de paro, llegando afectar no solo a un ente en particular, sino a la economía de un estado o un país, como en el caso de los blackout.

Por la importancia de las interrupciones del suministro de energía eléctrica se han realizado diferentes estudios donde se estiman los costos que se tienen por interrupciones. En la tabla 2 se muestran los costos por interrupción estimados por sector expresados como \$/kW de demanda anual pico para el caso del país de Canadá.

En México la Comisión Federal de Electricidad (CFE) nos ofrece las estadísticas del número de interrupciones por usuario, así como de tiempo de interrupción por usuario, las cuales se muestran en la tabla 3 y la tabla 4 respectivamente.

Tabla 3. Número de interrupciones por usuario, CFE. [6]

AÑO	Tiempo de Interrupción por Usuario (Eventos/Año)	
	Con afectaciones	Sin afectaciones
2004	2.6	2.5
2005	2.3	2.1
2006	2.4	2.3
2007	2.5	2.3
2008	2.3	2.1
2009	1.9	1.8
2010	1.9	1.6
2011	1.7	1.4
2012	1.4	1.3
2013	1.3	1.2
2014	1.2	1.0

Tabla 4. Tiempo de interrupción por usuario, CFE. [6]

AÑO	Tiempo de Interrupción por Usuario (Minutos/Año)	
	Con afectaciones	Sin afectaciones
2004	98.1	88.6
2005	240.7	77.3
2006	100.8	78.7
2007	180.6	83.5
2008	131.6	79.6
2009	97.5	72.6
2010	135.7	60.1
2011	111.8	50.1
2012	65.7	45.9
2013	77.4	38.7
2014	122.0	36.6

Tabla 2. Costos por interrupción estimados por sector expresados como \$/kW de demanda anual pico (CANADA).

Sector	Duración de la interrupción				
	1 min	20 min	1 h	4 h	8 h
Grandes consumidores	1.005	1.005	2.225	3.968	8.24
Industrial	1.625	3.868	9.0825	25.163	55.808
Comercial	0.381	2.969	8.552	31.317	83.008
Agrícola	0.06	0.343	0.649	2.064	4.12
Residencial	0.001	0.093	0.482	4.914	15.69
Gobierno	0.044	0.369	1.1492	6.558	26.04
Edificios y Oficinas	4.778	9.878	21.065	68.83	119.16

En las tablas anteriores, se muestran las estadísticas que la Comisión Federal de Electricidad ha tenido en los últimos 10 años. El número de clientes asciende a varios millones a los cuales día a día se suman nuevos usuarios, así que estas cifras que parecen bajas, deben tomarse bajo reserva de esta misma cantidad de clientes así como la situación social-geográfica, de las distintas zonas del país y la calidad del servicio en cada una particularmente para tener un panorama de la fiabilidad del servicio más real. Aunque algunas cifras han ido creciendo y otras a la baja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A través de una revisión bibliográfica y de búsqueda de información, se presenta a continuación lo relacionado con el costo de la energía eléctrica y tres de las tarifas con más usuarios que se tienen en el país.

El costo de suministrar electricidad depende de muchos factores, incluyendo la cantidad de electricidad generada, los combustibles y tecnologías utilizadas, los factores de carga, la capacidad de las líneas de transmisión y distribución, los niveles de voltaje demandados, así como la ubicación de la demanda. La asignación de este costo entre los diferentes tipos de consumidores debe buscar condiciones de equidad, lo cual puede lograrse en la medida que a cada tipo de consumidor se carguen los costos marginales que su demanda impone al sistema.

Como es bien sabido, en México se cuenta con los siguientes tipos de tarifas: baja, media y alta tensión, generales, específicas, horarias, interrumpibles y de respaldo; donde la aplicación de las cuotas están dadas de acuerdo a la zona geográfica, la estación del año, el horario de consumo, el índice de precios al productor, y los costos de los combustibles.

Dentro de esta amplia gama de tarifas existentes, se encuentran tres de ellas en las cuales se concentra el mayor porcentaje de clientes y consumo de energía eléctrica, estas tarifas son la tarifa 1 (servicio doméstico), tarifa O-M (tarifa ordinaria para servicio general, con demanda menor de 100 kW en media tensión) y la tarifa H-M

(tarifa ordinaria para servicio general, con demanda de 100 kW o más en media tensión).

Según datos recopilados del Sistema Sectorial de Información Energética de la Secretaría de Energía, el número de usuarios de energía eléctrica por tarifa para las tarifas 1, O-M y H-M hasta abril de 2015 en el país había registrados 38, 829,810 usuarios en CFE incluyendo todas las tarifas, de los cuales el 88.6% son usuarios de servicio doméstico (1.066% son usuarios con tarifa DAC), el 0.5656% de usuarios cuentan con tarifa O-M y el 0.2058% son usuarios con tarifa H-M. El porcentaje restante corresponde a los servicios con tarifas comerciales, agrícolas, de servicios y tarifas especiales. Los usuarios de tarifa doméstica a pesar de representar un 88.6% de los usuarios registrados tan solo consumen el 22.8% de la energía eléctrica vendida, mientras que los usuarios de tarifa industrial que representan el 0.77% de los usuarios de CFE consumen el 59.73% de la energía eléctrica vendida en el mercado interno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como se muestra en la tabla 2, existe una gran diversidad de casos que se pueden analizar en función de los diferentes sectores. Para el caso de estudio se analiza un conjunto de edificios dedicados al ámbito de la educación, los cuales a su vez, también tiene actividad administrativa. Con un conjunto de personal activo de 37,000 personas entre profesores, alumnos, personal administrativos y de otros servicios, en el año 2012. En relación al consumo de energía eléctrica, del conjunto de edificio, se tienen 80 servicios contratados de energía eléctrica con la Comisión Federal de Electricidad, los cuales se concentran en 3 tipos de tarifas: HM, OM y 2. Es complejo determinar el impacto económico que se tiene por la interrupción de energía eléctrica en el conjunto de inmuebles; por lo que se ha tratado de ser presentar los resultados de una manera sencilla y fácil entendible. Las actividades que se desarrollan en los edificios se concentran en cuatro rubros que se pueden cuantificar en costos por el personal que labora en dichas actividades: docencia, investigación, extensión y apoyo administrativo. Se sabe, que el corte de energía eléctrica no podría incidir de forma directa en las tres primeras actividades; pero si en la cuarta: en el apoyo administrativo. Por ello, se ha elaborado la tabla 5

Tabla 5. Egresos por concepto remuneraciones a personal que labora en el área administrativa en el año 2012 y con dos casos de estudio en diferentes tiempos de cálculo de horario laboral.

Objeto del Gasto	Remuneraciones	Pérdidas por tiempo de interrupción			
		Caso: 365 días y 24 horas hábiles		Caso: 263 días y 8 horas hábiles	
		1 hora	1 día	1 hora	1 día
<b>Apoyo Administrativo</b>	\$164,705,177.00	\$18,801.96	\$451,247.06	\$78,281.93	\$1,878,766.28

que muestra los egresos por concepto de remuneraciones al personal del ámbito administrativo, ya que una interrupción índice directamente en su desempeño relacionado con su actividad laboral.

Ciertamente, esta referencia podría resultar cuestionable pero en todos los edificios existe un sistema de manejo integral de información que aglutina las áreas académicas y administrativas y al verse interrumpido dicho servicio por falta de energía eléctrica, el personal que labora no podría continuar desarrollando sus actividades de forma normal.

Usando la información que proporciona CFE en relación a los minutos que dura la interrupción por usuario, el caso de estudio de la tabla 5 muestra dos casos de estudio: considerado los 365 días con 24 horas por día; y otro donde se consideran sólo los 263 días hábiles por 8 horas laborables al día. Esta serie de datos de la Tabla 5 muestra los montos que se pueden perder por la no actividad del personal que labora en el área del apoyo administrativo dentro de los diferentes edificios académico-administrativos.

## CONCLUSIONES

Es sabido de la importancia que tiene la fiabilidad del sistema eléctrico para todos los usuarios de energía eléctrica; ya que cualquier interrupción puede incidir en costos asociados por ello. Debido a esta importancia, en este trabajo se analiza la repercusión en el aspecto económico en una serie de edificios que conjunta actividades de académicas y administrativas. Los resultados del caso de estudio de este artículo muestran datos a considerar para buscar que las instalaciones eléctrica en todos los edificios se lo más fiable posible con el mínimo de interrupciones para que el personal que labora en los inmuebles no se vean suspendidas en sus labores y no repercuta

en el ámbito económico. El caso de estudio muestra datos que motivan a un estudio más profundo sobre las condiciones y lapsos de interrupción dentro del conjunto de edificios donde se realizan las actividades académico-administrativas; así mismo, es importante analizar otras áreas de repercusión económica en función del tipo y tiempo de interrupción del suministro de energía eléctrica.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS) por apoyarme durante el proceso. Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET) por la obtenida. Mi más grande agradecimiento el Dr. Jesús Martínez Patiño investigador y docente de la Universidad Guanajuato, de la División de Ingenierías por compartirme de su conocimiento y habilidades.

## REFERENCIAS

- [1]. Billinton, R. (2001). "Methods to consider customer interruption costs in power system analysis." Conseil International des Grands Réseaux électriques (CIGRE). Paris, France.
- [2]. Delfanti, M., Fumagalli, E., Garrone, P., Grilli, L., & Schiavo, L. L. (2010). Toward voltage quality regulation in Italy. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 25(2), 1124-1132.
- [3]. Diboma, B. S., & Tamo Tatietsé, T. (2013). Power interruption costs to industries in Cameroon. *Energy Policy*, 62, 582-592.
- [4]. Ilie, I. S., Hernando-Gil, I., & Djokic, S. Z. (2014). Risk assessment of interruption times affecting domestic and non-domestic electricity customers. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 55, 59-65.
- [5]. IEEE Std 1159-2009 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [6]. SENER 2013, Indicadores de CFE y LYFC. Estadísticas e Indicadores del Sector Eléctrico. ([http://www.sener.gob.mx/portal/indicadores\\_de\\_cfe\\_y\\_lyfc.html](http://www.sener.gob.mx/portal/indicadores_de_cfe_y_lyfc.html))