

# Tarifas Eléctricas

## Tutorial para el trabajo en campo



**giz**



por encargo de

Ministerio Federal de  
Cooperación Económica  
y Desarrollo



México, D.F., Julio del 2015

El Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Human Capacity Development” el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de COMPITE y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Instituciones editoras por ej.: GIZ  
Tarifas Eléctricas – Tutorial para el trabajo en campo, México, D.F., julio de 2015

Edición y Supervisión: GIZ  
Autor: Tecener SA de CV  
Diseño: GIZ Mexico

Impreso en México

© El Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE)  
Manuel María Contreras 133 p7,  
Col. Cuauhtémoc, Del. Cuauhtémoc  
C.P. 06500, México D.F.  
T +52 55 5322 0700  
E [promocion@compite.org.mx](mailto:promocion@compite.org.mx)  
I <http://www.compite.org.mx/>

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

Oficina de Representación de la GIZ en México  
Torre Hemicor, Piso 11  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44  
E [giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de) / [www.gtz.de/mexico](http://www.gtz.de/mexico)

## Tabla de contenido

<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Objetivo y alcance .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Generalidades sobre las tarifas de CFE .....</b>	<b>14</b>
2.1 Regiones Tarifarias .....	15
2.2 Red eléctrica en Baja, Media y Alta Tensión .....	16
2.3 Clasificación de las Tarifas Eléctricas .....	17
2.4 Explicación de las Tarifas aplicables a PyMES .....	17
2.4.1 Baja Tensión: Tarifa 02 .....	18
2.4.2 Baja Tensión: Tarifa 03 .....	19
2.4.3 Media Tensión: Tarifa OM .....	19
2.4.4 Media Tensión: Tarifa HM .....	20
2.5 Resumen de definiciones .....	23
<b>3 Identificación de la tarifa adecuada .....</b>	<b>25</b>
<b>4 Como leer el medidor de CFE .....</b>	<b>26</b>
<b>5 Como leer y entender los recibos de CFE .....</b>	<b>28</b>
5.1 Recibos de Tarifa 02 .....	28
5.1.1 Sección 1: Lecturas .....	28
5.1.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda .....	29
5.1.3 Sección 3: Datos del contrato .....	29
5.1.4 Sección 4: Históricos de consumo .....	29
5.1.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación .....	30
5.1.6 Gráfica de consumo .....	30
5.2 Recibos de Tarifa 03 .....	31
5.2.1 Sección 1: Lecturas .....	31
5.2.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda .....	32
5.2.3 Sección 3: Datos del contrato .....	32
5.2.4 Sección 4: Históricos de consumo .....	33
5.2.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación .....	33
5.3 Recibos de Tarifa OM .....	34
5.3.1 Sección 1: Lecturas .....	35
5.3.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda .....	35
5.3.3 Sección 3: Datos del contrato .....	36

5.3.4	Sección 4: Históricos de consumo.....	36
5.3.5	Sección 5: Desglose de montos de facturación .....	36
5.4	Recibos de Tarifa HM.....	38
5.4.1	Sección 1: Lecturas .....	38
5.4.2	Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda .....	39
5.4.3	Sección 3: Datos del contrato.....	39
5.4.4	Sección 4: Históricos de consumo.....	39
5.4.5	Sección 5: Desglose de montos de facturación .....	40
<b>6</b>	<b>Análisis de demandas y consumos eléctricos .....</b>	<b>43</b>
6.1	Para la Tarifa 02.....	43
6.2	Para la Tarifa 03.....	43
6.3	Para la Tarifa OM.....	44
6.4	Para la Tarifa HM .....	45
6.5	Índice energético.....	45
<b>7</b>	<b>Identificación de oportunidades .....</b>	<b>48</b>
7.1	Control del consumo de energía.....	48
7.2	Control de la demanda .....	51
7.3	Control del factor de potencia.....	52
7.3.1	Teoría: energía reactiva .....	53
7.3.2	Qué tipo de compensación y donde instalarla .....	56
7.3.3	Ventajas e inconvenientes.....	59
7.3.4	Dimensionamiento.....	59
7.3.5	Cálculo del Ahorro en la factura.....	60
7.4	Cambio de tarifa.....	60
7.5	Peak shaving con motores .....	61
7.6	Sistemas solares fotovoltaicos .....	63
<b>8</b>	<b>Formato de recopilación de datos.....</b>	<b>66</b>
8.1	FORMATO 1: Análisis de los consumos y demanda .....	66
8.2	FORMATO 2: Índice Energético.....	69
<b>9</b>	<b>Ejemplos.....</b>	<b>70</b>
9.1	Análisis de consumos y demandas .....	70
9.1.1	Tarifa 02 .....	70
9.1.2	Tarifa OM .....	71
9.1.3	Tarifa HM .....	73

9.2 Índice energético .....	74
9.3 Control de consumo y demanda.....	77
9.4 Control del factor de potencia.....	80
9.4.1 Ejemplo 1: cálculo de factor de potencia .....	80
9.4.2 Ejemplo 2: cálculo del tamaño del banco de capacitores.....	80
9.4.3 Ejemplo 3 .....	81
9.5 Peak shaving con motores .....	81
<b>Bibliografía .....</b>	<b>85</b>

### Lista de Tablas

Tabla 1 Niveles de tensión .....	17
Tabla 2 Periodos y horarios de la tarifa HM.....	21
Tabla 3 Resumen de las características de las tarifas.....	25
Tabla 4 Ejemplos de unidad de producción.....	46
Tabla 5 Inventario de cargas base .....	49
Tabla 7 Inventarios de cargas con horarios optimizados (Cont.) .....	50
Tabla 8 Tipos de celdas fotovoltaicas.....	64
Tabla 9 Ejemplo Índices Energético .....	75
Tabla 10 Ejemplo de cargas instaladas .....	77
Tabla 11 Ejemplo optimización de horarios de operación.....	78
Tabla 12 Ejemplo reducción de demanda .....	78
Tabla 13 Ejemplo resultado de control de demanda y consumo.....	79
Tabla 14 Ejemplo peak shaving - Consumo referencia.....	82
Tabla 15 Ejemplo peak shaving - Ahorro de energía.....	83
Tabla 16 Ejemplo peak shaving - Consumo de gas.....	83
Tabla 17 Ejemplo peak shaving - Ahorros económicos .....	84

### Lista de Figuras

Figura 1 Recibo de CFE .....	14
Figura 2 Clasificación de las Regiones Tarifarias .....	15
Figura 3 Representación de la Red del Sistema Eléctrico, desde la generación hasta el consumo final .....	16
Figura 4 Precio de la energía, Tarifa 2, 2014.....	18
Figura 5 Precio de la energía, Tarifa 3, 2014.....	19
Figura 6 Precio de la energía, Tarifa OM, 2014 .....	20
Figura 7 Precio de la energía, Tarifa HM, 2014 .....	21
Figura 8 Medidores electrónicos.....	26
Figura 9 Ejemplos de lectura de medidor de caratula .....	26
Figura 10 Ejemplos de medidor de caratula .....	27
Figura 11 Ejemplo de recibo de Tarifa 02.....	28

Figura 12 Gráfica de consumo en recibo CFE .....	30
Figura 13 Ejemplo de recibo de Tarifa 03 .....	31
Figura 14 Ejemplo de recibo de Tarifa OM .....	34
Figura 15 Ejemplo recibo HM .....	38
Figura 16 Ejemplos de gráficas de IE .....	47
Ilustración 18 Corriente continua .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 19 Corriente alterna .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 20 Curva de potencia .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 21 Potencia desfasada .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 22 Triangulo de potencia .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 23 Potencia reactiva .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 24 Dimensionamiento banco de capacitores .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 25 Compensación global .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 26 Compensación localizada por zona .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 27 Compensación individual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 28 Compensación fija .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 29 Compensación automática .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 30 instalación fotovoltaica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 31 Ejemplo - Índice Energético vs. Producción .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 32 Ejemplo Índice Energético - Línea de tendencia .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 Demanda Facturable .....	23
Ecuación 2 Factor de potencia .....	32
Ecuación 3 Factor de carga .....	33
Ecuación 4 Recargo por $FP < 0.9$ .....	33
Ecuación 5 Bonificación por $FP > 0.9$ .....	33
Ecuación 6 Índice Energético .....	46
Ecuación 7 Control de energía - Ahorros energéticos .....	50
Ecuación 8 Ejemplo Control de energía - Ahorros energético .....	50
Ecuación 9 Control de energía - Ahorros económicos .....	51
Ecuación 10 Control de demanda - Ahorros energéticos .....	52

Ecuación 11 Ejemplo Control de demanda - Ahorros energéticos .....	52
Ecuación 12 Control de demanda - Ahorros económicos .....	52
Ecuación 13 Factor de potencia – formula trigonométrica .....	59
Ecuación 14 Dimensionamiento del banco de capacitores .....	60
Ecuación 15 Peak shaving - Consumo de gas del motor.....	62
Ecuación 16 Peak shaving - Tiempo de Retorno Simple de inversión .....	63
Ecuación 17 Ejemplo Cálculo factor de potencia.....	80



### Listado de Abreviaturas

CFE	Comisión Federal de Electricidad
IE	Índice Energético
LIE	Ley de Industria Eléctrica
MPyMES	Micro, Pequeñas y Medianas Empresas
PyMES	Pequeñas y Medianas Empresas
TEE	Taller de Eficiencia Energética



## Resumen Ejecutivo

### Antecedentes:

En el marco del Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Fortalecimiento del Sector Privado para la Mitigación del Cambio Climático, diversas actividades se desarrollaron durante 2012 y 2013, a fin de formar consultores en eficiencia energética para brindar estos servicios al sector PyME. Como resultado de esta etapa de formación, COMPITE como organización que conduce estas actividades en México, ha desarrollado un nuevo producto de asistencia a las PyMEs basado en un Taller de Eficiencia Energética (TEE) que tiene como objetivo reducir los costos de la operación y de la energía al efficientar el uso de la misma, a través de mejores métodos de proceso y de trabajo.

Para apoyar este nuevo producto en el mercado, se llevaron a cabo experiencias piloto de implementación. Con base en la retroalimentación obtenida de esta primera fase de prueba, se prevé reforzar la capacitación brindada a los consultores de COMPITE a través de tutoriales. El presente material podrá ser utilizado por los consultores de COMPITE para fortalecer la metodología del Taller de Eficiencia Energética.

### Objetivo y alcance:

Este tutorial sirve de herramienta para los consultores de COMPITE en el desarrollo de los Talleres de Eficiencia Energética, en particular para conocer las Tarifas Eléctricas, interpretar la información de los recibos de CFE y ser capaces de identificar y analizar oportunidades de ahorro.

### Metodología:

Para elaborar el presente documento, se realizó en primera instancia una reunión con los consultores de COMPITE, con el objetivo de entender el contexto de ejecución de los Talleres de Eficiencia Energética, sus conocimientos en relación a la temática desarrollada y sobre todo sus expectativas en cuanto al contenido del tutorial. Posteriormente, se desarrollaron la guía del contenido del documento y el índice del documento, tomando en cuenta el material existente así como las peticiones de los consultores de COMPITE. Finalmente, se investigó en diferentes fuentes de información electrónica e impresa los contenidos faltantes por desarrollar.

### Estructura del documento:

Este documento se divide en una primera parte teórica sobre la definición de la estructura de las tarifas eléctricas en México. Luego se centra sobre la explicación de los recibos de energía eléctrica y el análisis de la información de los mismos, esto con el objetivo de identificar oportunidades de ahorro relacionadas. Adicionalmente, presenta los formatos de recopilación

de datos sugeridos para hacer el análisis de la información y finalmente desarrolla unos ejemplos de cálculo de ahorros.

Resultados clave:

Con este tutorial, los consultores de COMPITE tienen una herramienta que les da una metodología para identificar, analizar y calcular las oportunidades de ahorro relacionadas con los consumos y demanda de energía eléctrica de una PyME.

Conclusiones y recomendaciones:

Esta herramienta refuerza los conocimientos de los consultores de COMPITE y les permite identificar rápidamente las oportunidades de ahorro durante los Talleres de Eficiencia Energética con la PyME.

Este tutorial hace referencia a las tarifas eléctricas manejadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) al momento de la redacción de este material. Con la aprobación de la Reforma Energética, en particular de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la estructura tarifaria podría cambiar en los siguientes meses o años.

Las empresas PyMEs y MPyMEs en las cuales COMPITE realiza sus talleres de eficiencia energética son calificadas de “Usuarios de Servicio Básico”, por lo que, en su mayoría, seguirán comprando electricidad a CFE, en su calidad de Suministrador de Servicios Básicos.

## 1 Objetivo y alcance

Este tutorial está dirigida a los consultores de COMPITE que realizan Talleres de Eficiencia Energética en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), de 1 a 100 empleados.

Tiene por objetivo desarrollar las herramientas necesarias para que los consultores:

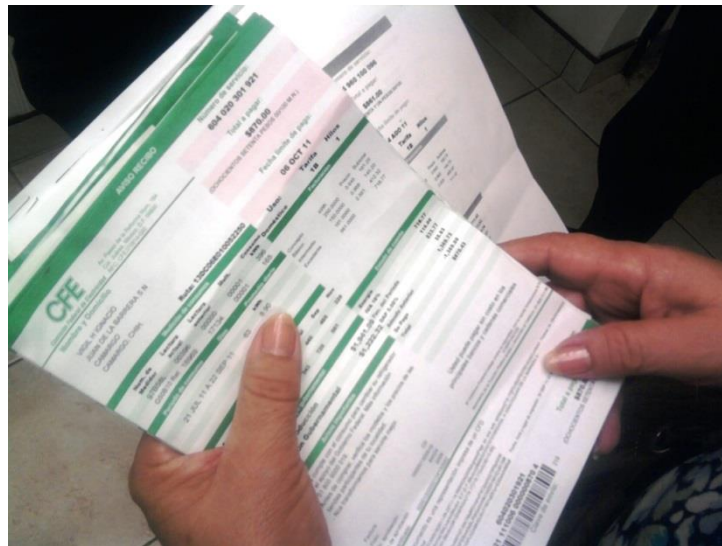
- Conozcan la estructura tarifaria actual de la Comisión Federal de Energía (CFE)
- Sepan identificar la tarifa adecuada
- Aprendan a leer y entender los recibos de CFE de sus clientes
- Sean capaces de analizar los consumos y demandas de electricidad de sus clientes
- Identifiquen las oportunidades de ahorro asociadas a las optimizaciones de tarifas

Con el presente tutorial, el consultor podrá aplicar los conocimientos adquiridos para el seguimiento, la interpretación e integración de los costos de la energía en las tarifas eléctricas. Será capaz de identificar las oportunidades existentes para implementar las mejores prácticas y medidas de eficiencia energética, y con las herramientas proporcionadas, determinar los ahorros energéticos, económicos y ambientales al interior de la PyME.

## 2 Generalidades sobre las tarifas de CFE

Las Tarifas Eléctricas son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía eléctrica, donde éstas se identifican oficialmente por su número y/o letra(s), según su aplicación.

Figura 1 Recibo de CFE



Fuente: CFE

Además, un concepto importante es el término subsidio, que son las asignaciones que el Gobierno Federal otorga para el desarrollo de actividades prioritarias de interés general, a través de las dependencias y entidades a los diferentes sectores de la sociedad, con el propósito de:

- Apoyar sus operaciones;
- Mantener los niveles en los precios;
- Apoyar el consumo, la distribución y la comercialización de los bienes;
- Motivar la inversión;
- Cubrir impactos financieros;
- Promover la innovación tecnológica;
- Fomentar las actividades agropecuarias, industriales y de servicios;

Estos subsidios se otorgan mediante la asignación directa de recursos o a través de estímulos fiscales.

## 2.1 Regiones Tarifarias

La Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) ha dividido el territorio nacional por regiones, clasificadas de acuerdo a características climatológicas.

A continuación se detallan los municipios y estados de la República Mexicana que corresponden a cada zona.

Figura 2 Clasificación de las Regiones Tarifarias



Fuente: CONUEE

1) **Región Baja California.** Todos los municipios del estado de Baja California. Municipios del estado de Sonora: San Luis Río Colorado.

2) **Región Baja California Sur.** Todos los municipios del estado de Baja California Sur.

3) **Región Central:** Todas las delegaciones del D.F. Municipios del Estado de México: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco de Díaz Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, Chicoloapan, Texcoco, Netzahualcóyotl, Los Reyes la Paz. Municipios del estado de Morelos: Cuernavaca.

4) **Región Noreste.** Todos los municipios de los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Todos los municipios del estado de Coahuila, excepto los comprendidos en la región norte. Municipios del estado de Zacatecas: Concepción del Oro y el Salvador. Municipios del estado de San Luis Potosí: Vanegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Ciró de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón Cárdenas, Aloquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Alquismo, Axtla de Terrazas, Tamasunchale, Vicente Tancuayalab, Ebano,

Xilitla, Yampacan, Tanquían de Escobedo, Municipios del estado de Veracruz: Pánuco, Tempoal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mazcareñas, El Higo, Huayacocotla.

5) **Región Noroeste.** Todos los municipios del estado de Sonora, excepto San Luis Río Colorado. Todos los municipios del estado de Sinaloa.

6) **Región Norte.** Todos los municipios de los estados de Chihuahua y Durango. Municipios del estado de Zacatecas: Clalchihuites, Jiménez del Teúl Sombrerete, Saín Alto, Jerez, Juan Adama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Acampo. Municipios del estado de Coahuila: Torreón, San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente y Francisco I. Madero.

7) **Región Peninsular:** Todos los municipios de los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

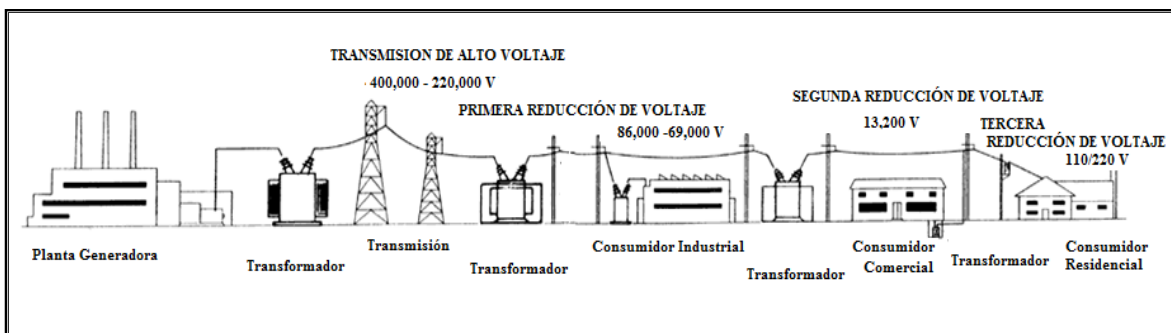
8) **Región Sur:** Todos los municipios de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tabasco. Todos los municipios de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, y Veracruz no comprendidos en la región norte o noreste. Todos los municipios de los estados de México y Morelos no comprendidos en la región central.

## 2.2 Red eléctrica en Baja, Media y Alta Tensión

Con la finalidad de contar con la energía eléctrica necesaria para el crecimiento y desarrollo del país, la CFE posee y construye centrales generadoras de energía, líneas y subestaciones que producen, transmiten, transforman y distribuyen la energía eléctrica a lo largo del país.

Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, CFE cuenta con redes eléctricas de transmisión y de distribución de alta, media y baja tensión.

Figura 3 Representación de la Red del Sistema Eléctrico, desde la generación hasta el consumo final



Fuente: CFE



Las tarifas se clasifican en primer lugar de acuerdo al nivel de voltaje en el que se conecta la instalación.

**Tabla 1 Niveles de tensión**

Baja Tensión	Media Tensión	Alta Tensión
<1kV	<35 kV	>35 kV

Fuente: CFE

## 2.3 Clasificación de las Tarifas Eléctricas

Actualmente en México existen 37 Tarifas Eléctricas, las cuales se pueden clasificar en dos grandes rubros:

- Tarifas Específicas y
- Tarifas Generales

Las Tarifas Específicas incluyen las tarifas de:

- Servicios Públicos,
- Agrícolas (riego)
- Acuícola
- Servicio Temporal
- Domésticas

Las Tarifas Generales se clasifican según el nivel voltaje:

- Baja Tensión: tarifas 2 y 3
- Media Tensión: tarifas O-M, H-M
- Alta Tensión: tarifas HS, HS-L, HT, HT-L

Y Tarifas de Servicio de Respaldo y Tarifas de Servicio Interrumpible

## 2.4 Explicación de las Tarifas aplicables a PyMES

En general, se tiene identificado que las PyMES se encuentran en las siguientes tarifas de usos generales:

Tarifa 02. Baja Tensión. Carga contratada hasta 25 kW.

Tarifa 03. Baja Tensión. Carga contratada más de 25 kW.

Tarifa OM. Media Tensión. Carga contratada menos de 100 kW.

Tarifa HM: Media Tensión. Carga contratada 100 kW o más

### 2.4.1 Baja Tensión: Tarifa 02

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kW.

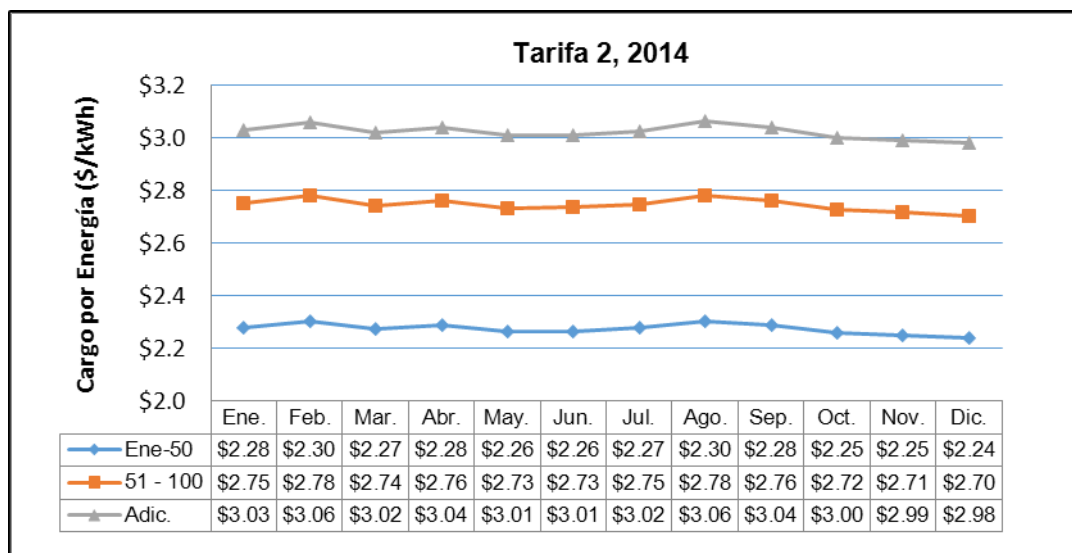
Se divide en un cargo fijo (\$) y un cargo variable (\$/kWh) de acuerdo a la energía consumida (no hay cargo por demanda).

En caso de no hacer uso del servicio, se debe cubrir como mínimo el cargo fijo mensual.

#### Cuotas aplicables:

- Cargo escalonado por energía consumida:
  - por cada uno de los primeros 50 kilowatts-hora
  - por cada uno de los siguientes 50 kilowatts-hora
  - por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores
  
- Cargo fijo mensual

Figura 4 Precio de la energía, Tarifa 2, 2014



Fuente: CFE

## 2.4.2 Baja Tensión: Tarifa 03

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kW.

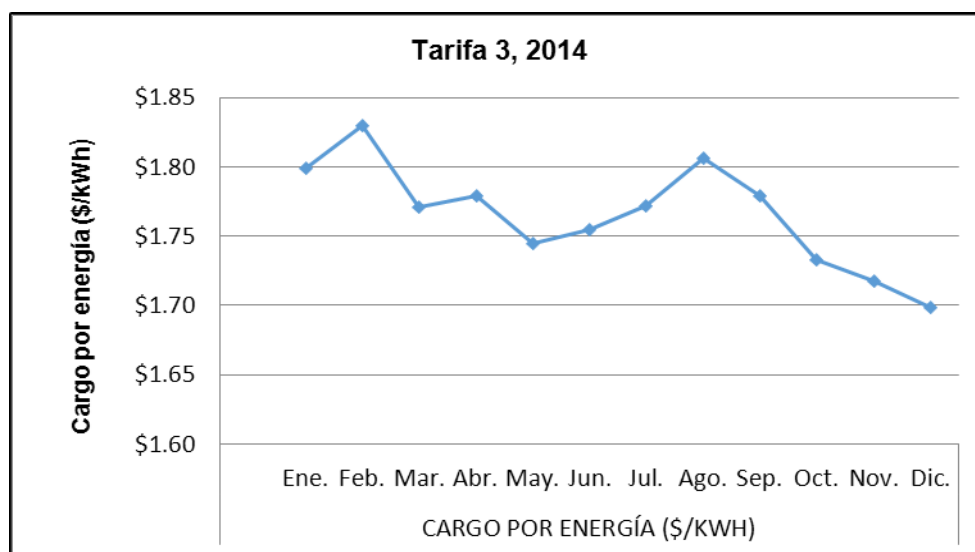
Se divide en un cargo por demanda máxima (\$/kW) y un cargo variable de acuerdo a la energía consumida (\$/kWh). La demanda máxima se mide durante cualquier intervalo de 15 minutos.

En caso de no hacer uso del servicio, se tiene que cubrir el importe que resulte de aplicar 8 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

### Cuotas aplicables:

- Cargo por energía consumida
- Cargo por demanda máxima

Figura 5 Precio de la energía, Tarifa 3, 2014



Fuente: CFE

## 2.4.3 Media Tensión: Tarifa OM

Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.

Su nombre OM viene de las iniciales “O” por Ordinaria y “M” por “Media tensión”.

Se divide también en un cargo por demanda máxima medida (\$/kW) y un cargo variable de acuerdo a la energía consumida (\$/kWh). La demanda máxima se mide durante cualquier intervalo de 15 minutos.

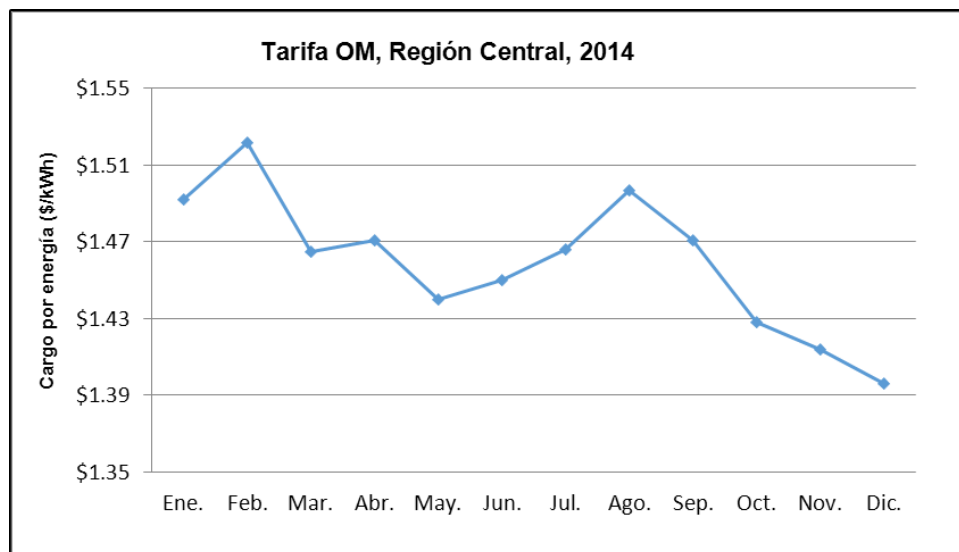
A diferencia de las tarifas 2 y 3, la tarifa varía según la región tarifaria.

En caso de no hacer uso del servicio, se tiene que cubrir el importe que resulte de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

#### Cuotas aplicables en función de la región:

- Cargo por energía consumida
- Cargo por demanda máxima

Figura 6 Precio de la energía, Tarifa OM, 2014



Fuente: CFE

#### 2.4.4 Media Tensión: Tarifa HM

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Como la tarifa OM, la tarifa HM cambia de acuerdo a la región tarifaria.

Su nombre HM viene de las iniciales “H” por Horaria y “M” por “Media tensión”.

Se divide en un cargo por demanda facturable (\$/kW) y un cargo por energía consumida (\$/kWh) en los 3 periodos de horarios definidos: base, intermedio y punta. La demanda facturable se calcula de acuerdo a una fórmula que integra la demanda máxima medida durante cualquier intervalo de 15 minutos en los 3 periodos horarios.

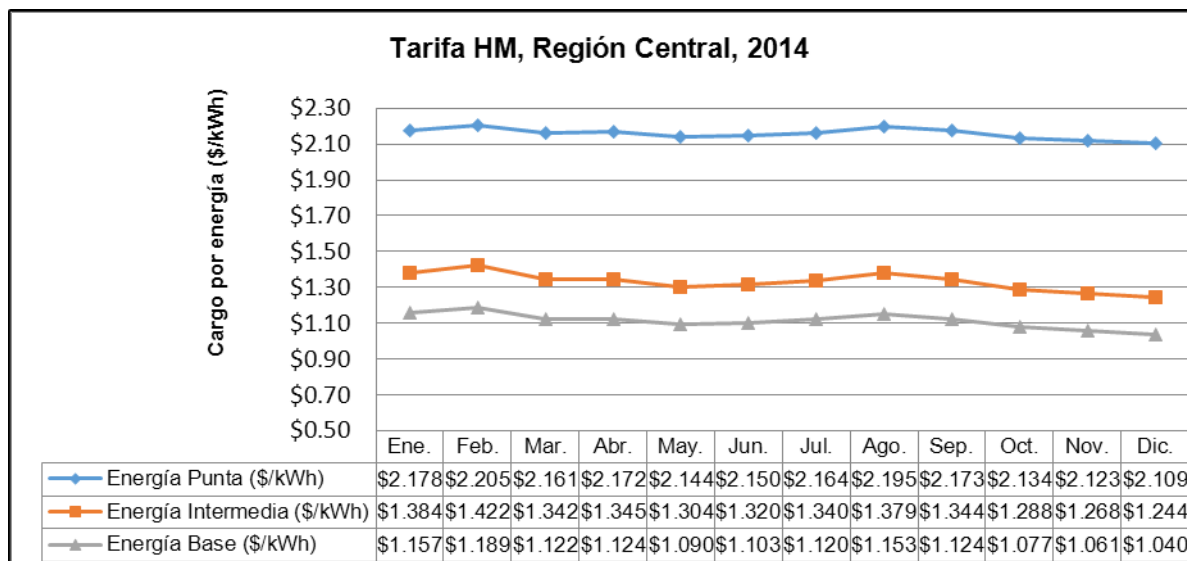
#### Cuotas aplicables en función de la región:

- Cargo por energía consumida:
  - Periodo base
  - Periodo intermedio

- Periodo punta

- Cargo por demanda facturable

Figura 7 Precio de la energía, Tarifa HM, 2014



Fuente: CFE

Los periodos que integran a esta tarifa se describen como:

- Periodo Punta (se refiere a la energía consumida durante el período de Punta)
- Periodo Intermedia (es la energía consumida durante el período Intermedio) y
- Periodo Base (es la energía consumida durante el período de Base).

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación:

Tabla 2 Periodos y horarios de la tarifa HM

Región	Periodo estacional (verano – fuera de verano)	Periodo tarifario	Lunes a viernes	Sábado	Domingo
Baja California	Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre	Intermedia	0:00 a 12:00	0:00 a 24:00	0:00 a 24:00
		Punta	12:00 a 18:00		

Tarifas eléctricas – Tutorial para el trabajo en campo  
 2. Generalidades sobre las tarifas de CFE

	Del último domingo de octubre al 30 de abril	Base	0:00 a 17:00 22:00 a 24:00	0:00 a 18:00 21:00 a 24:00	0:00 a 24:00
		Intermedio	17:00 a 22:00	18:00 a 21:00	
Baja California Sur	Del 1er domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre	Intermedio	0:00 a 12:00 22:00 a 24:00	0:00 a 19:00 22:00 a 24:00	0:00 a 24:00
		Punta	12:00 a 22:00	19:00 a 22:00	
	Del último domingo de octubre al sábado anterior al 1er domingo de abril	Base	0:00 a 18:00 22:00 a 24:00	0:00 a 18:00 21:00 a 24:00	0:00 a 19:00 21:00 a 24:00
		Intermedio	18:00 a 22:00	18:00 a 21:00	19:00 a 21:00
Central, Noreste, Norte y Sur	Del 1er domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre	Base	0:00 a 6:00	0:00 a 7:00	0:00 a 19:00
		Intermedio	6:00 a 20:00 22:00 a 24:00	7:00 a 24:00	19:00 a 24:00
		Punta	20:00 a 22:00		
	Del último domingo de octubre al sábado anterior al 1er domingo de abril	Base	0:00 a 6:00	0:00 a 8:00	0:00 a 18:00
		Intermedio	6:00 a 18:00 22:00 a 24:00	8:00 a 19:00	18:00 a 24:00
		Punta	18:00 a 22:00	19:00 a 21:00	
Noroeste	Del 16 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre	Intermedio	0:00 a 13:00 17:00 a 20:00 23:00 a 24:00	0:00 a 24:00	0:00 a 24:00
		Punta	13:00 a 17:00 20:00 a 23:00		
	Del último domingo de octubre, al 15 de mayo	Base	0:00 a 17:00 22:00 a 24:00	0:00 a 18:00 22:00 a 24:00	0:00 a 19:00 21:00 a 24:00
		Intermedio	17:00 a 22:00	18:00 a 22:00	19:00 a 21:00
Peninsular	Del 1er domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre	Base	0:00 a 8:00	0:00 a 9:00	0:00 a 18:00
		Intermedio	8:00 a 19:00 22:00 a 24:00	9:00 a 24:00	18:00 a 24:00
		Punta	19:00 a 22:00		

Del último domingo de octubre al sábado anterior al 1er domingo de abril	Base	0:00 a 9:00 23:00 a 24:00	0:00 a 17:00	0:00 a 18:00 23:00 a 24:00
	Intermedio	9:00 a 18:00 21:00 a 23:00	17:00 a 24:00	18:00 a 23:00
	Punta	18:00 a 21:00		

Fuente CFE

## 2.5 Resumen de definiciones

**Carga instalada:** Es la carga total conectada a la instalación eléctrica en kW.

**Energía:** Es la energía eléctrica que se consume en el periodo de facturación en kWh.

**Demanda:** Es la potencia eléctrica demandada instantáneamente, medida en kW.

**Demanda máxima:** Es la demanda medida en kW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual, el consumo de energía eléctrica fue mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en periodo de consumo.

**Demanda Facturable (tarifa HM):** Es la demanda utilizada para establecer la factura de Energía Eléctrica, puede ser la Demanda Máxima o alguna combinación de Demandas, dependiendo de la tarifa contratada, es decir definida por la relación de demandas en los diferentes periodos (tarifas horarias), cuya relación de cálculo es la siguiente:

### Ecuación 1 Demanda Facturable

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0)$$

Donde:

- DP es la demanda máxima medida en el período de punta.
- DI es la demanda máxima medida en el período intermedio.
- DB es la demanda máxima medida en el período de base.
- DPI es la demanda máxima medida en los períodos de punta e intermedio.
- FRI y FRB son factores de reducción cuyos valores dependen de la región tarifaria.

El símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.





### 3 Identificación de la tarifa adecuada

A continuación, se presenta un resumen de las principales características de las tarifas aplicables:

**Tabla 3 Resumen de las características de las tarifas**

Conceptos	Tarifa 02	Tarifa 03	Tarifa OM	Tarifa HM
Nivel de voltaje	Baja Tensión	Baja Tensión	Media Tensión	Media Tensión
	< 1 kV	< 1kV	De 1 a 35 kV	De 1 a 35 kV
Demanda	< 25 kW	> 25 kW	< 100 kW	> 100 kW
Tarifa por región	NO	NO	SI	SI
Cargo Fijo	SI	NO	NO	NO
Cargo por energía	SI escalonado	SI	SI	SI periodo horario
Cargo por demanda	NO	SI	SI	SI Demanda facturable

Fuente CFE

## 4 Como leer el medidor de CFE

Existen 2 tipos de medidores instalados por CFE:

- Los medidores electrónicos: se lee el valor del consumo directamente en el medidor, validando la unidad utilizada.

Figura 8 Medidores electrónicos



Fuente CFE

- Los medidos de caratula (4 o 5 caratulas)

La lectura se empieza de la extrema derecha. Hay que tener cuidado que el sentido de las manecillas se invierte de una caratula a la otra.

Si la manecilla está entre 2 números, anota el menor. Si está entre 0 y 9, se anota siempre el 9.

Si la manecilla está sobre el número, consulta la posición de la manecilla de la caratula de la derecha. Si ésta última ha rebasado el cero, se anota el número señalado. En caso contrario, se anota el número anterior.

Se anexa uno ejemplos de un medidor de 4 caratulas:

Figura 9 Ejemplos de lectura de medidor de caratula



Fuente CFE

Figura 10 Ejemplos de medidor de caratula



Fuente CFE

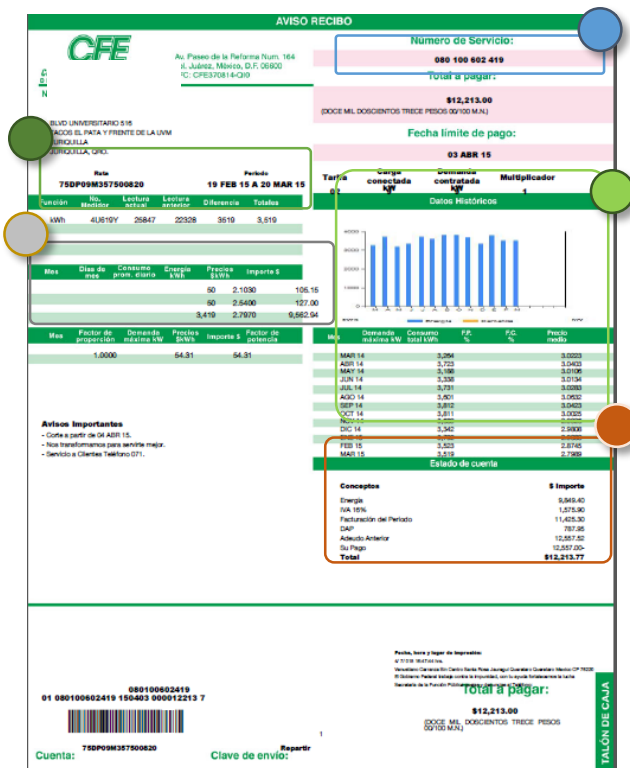
## 5 Como leer y entender los recibos de CFE

El objetivo de este apartado es saber identificar la información relevante de los recibos de consumo de CFE como es la tarifa, los precios medios, los datos históricos, etc.

A continuación, se muestra un ejemplo de recibo de cada tipo de tarifa correspondiente a las PyMEs y se indican los datos que deben ser anotados para futuro análisis.

### 5.1 Recibos de Tarifa 02

Figura 11 Ejemplo de recibo de Tarifa 02



Sección 1 : Lecturas

Sección 2 :Energía y demanda

Sección 3: Datos del contrato

Sección 4: Históricos

Sección 5: Resumen

Fuente CFE

#### 5.1.1 Sección 1: Lecturas

**Función:** corresponde a la columna en la que especifican la medición que registra el contador de CFE. kWh: corresponde a la unidad de medición de la energía activa.

**Lectura actual:** Columna en la cual se presentan la lectura al final del periodo para cada uno de los conceptos.

Lectura anterior: Columna en la cual se presentan la lectura inicial del periodo para cada uno de los conceptos.

Diferencia: valor que se obtiene de la resta entre “Lectura actual” y Lectura anterior” para cada uno de los conceptos. Esta lectura debe ser multiplicada por el multiplicador para disponer del valor real.

Totales: es la resultante de la “Diferencia” multiplicada por el “Multiplicador” de la sección 4. El valor obtenido es la medición real de cada concepto.

### 5.1.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda

Aplica la tarifa del mes con mayor número de días del periodo.

Energía kWh: corresponde a la energía consumida en el periodo de facturación, se divide en 1er bloque de 50 kWh, un 2º bloque de 50 kWh y el resto del consumo

Precios unitarios \$/kWh: corresponde al precio de cada bloque y que se aplicará en la facturación. Estos precios se encuentran publicados mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

### 5.1.3 Sección 3: Datos del contrato

Tarifa: corresponde al tipo de tarifa en la cual CFE factura a la planta

Carga conectada: Es la suma de todas las cargas eléctricas existentes en la planta. Es necesario avisar de todo cambio que se realice a CFE.

Demanda contratada: corresponde al valor de la demanda que se estipulo en el momento de contratación del suministro con CFE.

Multiplicador: es un valor numérico que se utiliza para disponer el consumo real derivado de las lecturas del equipo de medición de CFE. Este valor suele estar indicado en el propio medidor.

### 5.1.4 Sección 4: Históricos de consumo

Datos históricos: corresponde a la representación gráfica de la energía en kWh, demanda en kW de los 12 últimos meses. Permite de un simple vistazo, analizar la tendencia de consumos.

Mes, Consumo Total, y Precio medio: Tabla que agrupa los valores numéricos de cada mes de facturación durante un periodo de 1 año.

### 5.1.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación

**Conceptos:** Columna en la cual se enumeran los diversos conceptos que constituyen los montos de la factura total.

**Energía:** corresponde al monto asociado a la energía consumida en el periodo de facturación, es resultante de la suma de los valores obtenidos por la multiplicación de los bloques de energía de la sección 2 por sus correspondientes precios unitarios.

El recibo de la tarifa 02 es sencillo y nos da pocos datos para poder analizar el consumo de la PyME. Es importante notar que se cobra la tarifa vigente del mes sin importar si las fechas del periodo de consumo están ajustadas al mes.

La información a anotar del recibo es la siguiente:

- Cantidad de días del periodo
- Consumo de energía en kWh
- Los datos históricos para analizar la tendencia de consumo

### 5.1.6 Gráfica de consumo

En algunos recibos de la tarifa 2, existe una gráfica de consumo en la esquina abajo a la izquierda del recibo como lo muestra la imagen a continuación.

Figura 12 Gráfica de consumo en recibo CFE



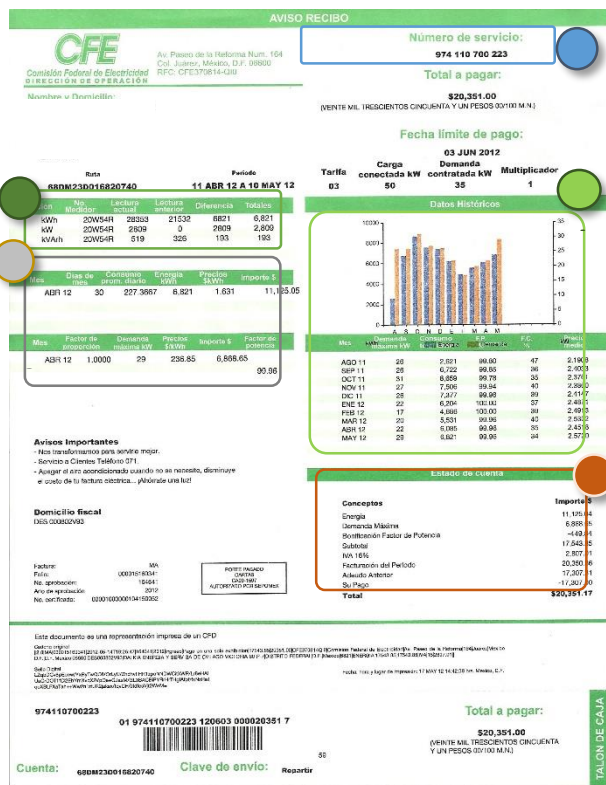
Esta gráfica es un indicador comparativo de consumo de energía eléctrica. Compara los consumos de los usuarios de una misma tarifa contra los consumos subsidiados (los primeros 100 kWh en el caso de la tarifa 2). Este indicador no aparece en todos los recibos de la tarifa 02 y es más frecuente en las tarifas residenciales.

Si la aguja está en la zona verde, a la izquierda, significa que el consumo es racional. Si el valor del consumo corresponde a la zona roja de la derecha, el consumo es excesivo. Y recordemos que “A mayor consumo de kWh, menor aportación gubernamental”.

## 5.2 Recibos de Tarifa 03

Figura 13 Ejemplo de recibo de Tarifa 03

Fuente CFE



Sección 1 : Lecturas

Sección 2 :Energía y demanda

Sección 3: Datos del contrato

Sección 4: Históricos

Sección 5: Resumen

### 5.2.1 Sección 1: Lecturas

**Función:** corresponde a la columna en la que especifican las mediciones que registra el contador de CFE.

**kWh:** corresponde a la unidad de medición de la energía activa

**kW:** corresponde a la unidad de medición de la demanda

kVArh: corresponde a la unidad de medición de la energía reactiva

Lectura actual: Columna en la cual se presentan la lectura al final del periodo para cada uno de los conceptos.

Lectura anterior: Columna en la cual se presentan la lectura inicial del periodo para cada uno de los conceptos.

Diferencia: valor que se obtiene de la resta entre “Lectura actual” y Lectura anterior” para cada uno de los conceptos. Esta lectura debe ser multiplicada por el multiplicador para disponer del valor real.

Totales: es la resultante de la “Diferencia” multiplicada por el “Multiplicador” de la sección 4. El valor obtenido es la medición real de cada concepto.

## 5.2.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda

Como para la tarifa 02, aplica la tarifa del mes con mayor número de días del periodo.

Energía kWh: corresponde a la energía consumida en el periodo de facturación, resultante de la multiplicación entre “Días del mes” y “Consumo promedio diario” y en la línea de abajo la demanda máxima medida en el periodo de facturación, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Precios unitarios \$/kWh: corresponde al precio de cada kWh y que se aplicará en la facturación. Este precio se encuentra publicado mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx). La línea abajo corresponde al precio de cada kW que se aplicará en la facturación. Este precio se encuentra publicado mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Factor de potencia % (FP): corresponde al valor mensual del factor de potencia registrado durante el periodo de facturación. El factor de potencia se calcula como sigue:

$$\text{Ecuación 2 Factor de potencia}$$
$$\text{Factor de potencia} = \frac{kWh}{\sqrt{(kWh)^2 - (kW)^2}}$$

## 5.2.3 Sección 3: Datos del contrato

Tarifa: corresponde al tipo de tarifa en la cual CFE factura a la planta

Carga conectada: Es la suma de todas las cargas eléctricas existentes en la planta. Es necesario avisar de todo cambio que se realice a CFE.

Demanda contratada: corresponde al valor de la demanda que se estipulo en el momento de contratación del suministro con CFE.

Multiplicador: es un valor numérico que se utiliza para disponer el consumo real derivado de las lecturas del equipo de medición de CFE. Este valor suele estar indicado en el propio medidor.



## 5.2.4 Sección 4: Históricos de consumo

Datos históricos: corresponde a la representación gráfica de la energía en kWh, demanda en kW de los 12 últimos meses. Permite de un simple vistazo, analizar la tendencia de consumos.

Mes, Demanda máxima, Consumo Total, FP, FC y Precio medio: Tabla que agrupa los valores numéricos de cada mes de facturación durante un periodo de 1 año.

FC: Factor de carga Es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en la instalación. Es un indicativo del aprovechamiento de la capacidad instalada y es útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de demanda. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima durante las 24 horas, diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga.

### Ecuación 3 Factor de carga

$$FC = \frac{\text{Consumo de Energía } \frac{KWh}{M}}{\text{Demanda Máxim}(KW) * \frac{hr}{M} (\text{Periodo})} * 100\%$$

## 5.2.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación

Conceptos: Columna en la cual se enumeran los diversos conceptos que constituyen los montos de la factura total.

Energía: corresponde al monto asociado a la energía consumida en el periodo de facturación, es resultante de la suma de los valores obtenidos por la multiplicación de las energías registradas de la sección 2 por sus correspondientes precios unitarios.

Demanda Máxima: corresponde al monto asociado a la demanda máxima medida durante el periodo de facturación, es resultante de la multiplicación de la demanda máxima y su correspondiente precio unitario descritos en la sección 3.

Bonificación Factor de potencia: corresponde a la bonificación económica que CFE otorga cuando el factor de potencia está por encima de 90%. En el caso de ser inferior, la bonificación se transforma en penalización. Las fórmulas de obtención de los porcentajes de ambos conceptos se detallan a continuación:

### Ecuación 4 Recargo por FP < 0.9

$$\text{Recargo} = F * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{FP} - 1 \right) * 100$$

### Ecuación 5 Bonificación por FP > 0.9

$$\text{Bonificación} = F * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{FP} \right) * 100$$

Donde,

F: monto obtenido de la suma de “Energía” y “Demanda facturable”.

FP: Factor de potencia del periodo de facturación de la sección 3.

Recargo, Bonificación: monto en pesos mexicanos correspondiente al factor de potencia.

**Subtotal:** corresponde a la suma de los montos en pesos mexicanos de “Energía”, “Demanda máxima”, y “Bonificación factor de potencia”.

El recibo de la tarifa 03 es un poco más complejo que el recibo de CFE de la tarifa 02. Nos da datos adicionales como es el factor de carga, el factor de potencia, la demanda máxima para poder analizar los hábitos de consumo de la PyME.

La información a anotar del recibo para el adecuado análisis es la siguiente:

- Cantidad de días del periodo
- Consumo de energía en kWh
- Demanda máxima en kW
- Valor del factor de potencia
- Los datos históricos para analizar la tendencia de consumo (energía, demanda y FC)

### 5.3 Recibos de Tarifa OM

Figura 14 Ejemplo de recibo de Tarifa OM

**AVISO-RECIBO**

Número de Servicio: 439 970 400 100

Total a pagar: \$45,110.00 (CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO DIEZ PESOS (00/100 M.N.))

Fecha límite de pago: 07 MAY 15

Función	Medidor	Letras anterior	Letras actual	Diferencia	Totales
kWh	001KE6	2012	1676	137	21,920
kW	001KE6	0.030	0.030	00	00
kW/h	001KE6	82	444	38	6,090

Mes	Días de prom.	Consumo kWh	Energía \$/kWh	Precio \$/kWh	Importe \$
MAR 15	09	720	5.845	1.169	6,774.14
ABR 16	22	16,076	1.097	17,633.91	

Mes	Factor de proporción	Demanda máxima kW	Precio \$/kW	Importe \$	Factor de potencia
MAR 15	0.5581	86	170.03	3,730.20	
ABR 16	0.7353	86	170.80	10,546.04	06.36

Mes	Consumo energía kWh	Demanda máxima kW	Factor de potencia %	Precio medio \$/kWh
ABR 14	80	21,320	98.08	2,434.07
MAY 14	96	26,260	98.08	1,932.2
JUN 14	96	27,260	98.07	2,413.9
JUL 14	80	21,840	97.14	2,800.1
AGO 14	80	25,320	98.06	44
SEP 14	80	22,640	98.04	59
OCT 14	82	21,280	98.52	2,810.1
NOV 14	82	17,880	97.28	2,730
DIC 14	32	16,280	98.04	1,034.0
ENE 15	48	15,280	98.07	41
FEB 15	56	16,360	98.03	1,848
MAR 15	71	19,640	97.71	1,624.9
ABR 15	35	14,880	97.62	1,747.1

**Conceptos**

Concepto	Importe
Energía	24,480.66
Demanda Máxima	14,276.25
% de Bay. Tarifas	275.69
Bonificación Factor de Potencia	679.52
Doble Imp.	20,889.87
IVA 16%	4,022.69
Factores del Periodo	43,10.16
Aduedo de Recibo	41,980.04
Dij Paga	41,980.04
<b>Total</b>	<b>\$45,110.20</b>

**Conceptos**

Concepto	Importe
Energía	24,480.66
Demanda Máxima	14,276.25
% de Bay. Tarifas	275.69
Bonificación Factor de Potencia	679.52
Doble Imp.	20,889.87
IVA 16%	4,022.69
Factores del Periodo	43,10.16
Aduedo de Recibo	41,980.04
Dij Paga	41,980.04
<b>Total</b>	<b>\$45,110.20</b>

**Conceptos**

Concepto	Importe
Energía	24,480.66
Demanda Máxima	14,276.25
% de Bay. Tarifas	275.69
Bonificación Factor de Potencia	679.52
Doble Imp.	20,889.87
IVA 16%	4,022.69
Factores del Periodo	43,10.16
Aduedo de Recibo	41,980.04
Dij Paga	41,980.04
<b>Total</b>	<b>\$45,110.20</b>

**Conceptos**

Concepto	Importe
Energía	24,480.66
Demanda Máxima	14,276.25
% de Bay. Tarifas	275.69
Bonificación Factor de Potencia	679.52
Doble Imp.	20,889.87
IVA 16%	4,022.69
Factores del Periodo	43,10.16
Aduedo de Recibo	41,980.04
Dij Paga	41,980.04
<b>Total</b>	<b>\$45,110.20</b>

Sección 1 : Lecturas

Sección 2 :Energía y demanda

Sección 3: Datos del contrato

Sección 4: Históricos

Sección 5: Resumen

TALÓN DE CAJA

### 5.3.1 Sección 1: Lecturas

Función: corresponde a la columna en la que especifican las mediciones que registra el contador de CFE.

- kWh: corresponde a la unidad de medición de la energía activa
- kW: corresponde a la unidad de medición de la demanda
- kVArh: corresponde a la unidad de medición de la energía reactiva

Lectura actual: Columna en la cual se presentan la lectura al final del periodo para cada uno de los conceptos.

Lectura anterior: Columna en la cual se presentan la lectura inicial del periodo para cada uno de los conceptos.

Diferencia: valor que se obtiene de la resta entre “Lectura actual” y Lectura anterior” para cada uno de los conceptos. Esta lectura debe ser multiplicada por el multiplicador para disponer del valor real.

Totales: es la resultante de la “Diferencia” multiplicada por el “Multiplicador” de la sección 4. El valor obtenido es la medición real de cada concepto.

### 5.3.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda

A diferencia de las tarifas 02 y 03, se divide el consumo en los días de cada mes y aplicando las respectivas tarifas.

Energía kWh: corresponde a la energía consumida en el periodo de facturación, resultante de la multiplicación entre “Días del mes” y “Consumo promedio diario”.

Precios unitarios \$/kWh: corresponde al precio de cada kWh y que se aplicará en la facturación. Estos precios se encuentran publicados mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Demanda máxima kW: corresponde a la demanda máxima medida en el periodo de facturación, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Precios \$/kW: corresponde al precio de cada kW y que se aplicará en la facturación. Este precio se encuentra publicado mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Factor de potencia %: corresponde al valor mensual del factor de potencia registrado durante el periodo de facturación. El factor de potencia se calcula como sigue:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kWh}{\sqrt{(kWh)^2 - (kW)^2}}$$

### 5.3.3 Sección 3: Datos del contrato

Tarifa: corresponde al tipo de tarifa en la cual CFE factura a la planta.

Carga conectada: Es la suma de todas las cargas eléctricas existentes en la planta. Es necesario avisar de todo cambio que se realice a CFE.

Demanda contratada: corresponde al valor de la demanda que se estipulo en el momento de contratación del suministro con CFE.

Multiplicador: es un valor numérico que se utiliza para disponer el consumo real derivado de las lecturas del equipo de medición de CFE. Este valor suele estar indicado en el propio medidor.

### 5.3.4 Sección 4: Históricos de consumo

Datos históricos: corresponde a la representación gráfica de la energía en kWh, demanda en kW de los 12 últimos meses. Permite de un simple vistazo, analizar la tendencia de consumos.

Mes, Demanda máxima, Consumo Total, FP, FC y Precio medio: Tabla que agrupa los valores numéricos de cada mes de facturación durante un periodo de 1 año.

FC: Factor de carga Es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en la instalación. Es un indicativo del aprovechamiento de la capacidad instalada y es útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de demanda. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima durante las 24 horas, diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga.

$$FC = \frac{\text{Consumo de Energía} \frac{KWh}{M}}{\text{Demanda Máxim}(KW) * \frac{hr}{M} (\text{Periodo})} * 100\%$$

### 5.3.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación

Conceptos: Columna en la cual se enumeran los diversos conceptos que constituyen los montos de la factura total.

Energía: corresponde al monto asociado a la energía consumida en el periodo de facturación, es resultante de la suma de los valores obtenidos por la multiplicación de las energías registradas de la sección 2 por sus correspondientes precios unitarios.

Demanda Máxima: corresponde al monto asociado a la demanda máxima medida durante el periodo de facturación, es resultante de la multiplicación de la demanda máxima y su correspondiente precio unitario descritos en la sección 3.

Bonificación Factor de potencia: corresponde a la bonificación económica que CFE otorga cuando el factor de potencia está por encima de 90%. En el caso de ser inferior, la bonificación se transforma en penalización. Las fórmulas de obtención de los porcentajes de ambos conceptos se detallan a continuación:

$$\text{Recargo} = F * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{FP} - 1 \right) * 100$$

$$\text{Bonificación} = F * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{FP} \right) * 100$$

Donde,

F: monto obtenido de la suma de “Energía” y “Demanda facturable”.

FP: Factor de potencia del periodo de facturación de la sección 3.

Recargo, Bonificación: monto en pesos mexicanos correspondiente al factor de potencia.

Subtotal: corresponde a la suma de los montos en pesos mexicanos de “Energía”, “Demanda máxima”, y “Bonificación factor de potencia”.

La información a anotar del recibo para el adecuado análisis es la misma que para el recibo de tarifa 03:

- Cantidad de días del periodo
- Consumo de energía en kWh
- Demanda máxima en kW
- Valor del factor de potencia
- Los datos históricos para analizar la tendencia de consumo (energía, demanda y FC)

## 5.4 Recibos de Tarifa HM

Figura 15 Ejemplo recibo HM

Sección 1 : Lecturas

Sección 2 :Energía y demanda

Sección 3: Datos del contrato

Sección 4: Históricos

Sección 5: Resumen

### 5.4.1 Sección 1: Lecturas

**Función:** corresponde a la columna en la que especifican las mediciones que registra el contador de CFE.

- kWh: corresponde a la unidad de medición de la energía activa
- kW: corresponde a la unidad de medición de la demanda
- kVArh: corresponde a la unidad de medición de la energía reactiva

**Lectura actual:** Columna en la cual se presentan la lectura al final del periodo para cada uno de los conceptos.

**Lectura anterior:** Columna en la cual se presentan la lectura inicial del periodo para cada uno de los conceptos.

**Diferencia:** valor que se obtiene de la resta entre “Lectura actual” y Lectura anterior” para cada uno de los conceptos. Esta lectura debe ser multiplicada por el multiplicador para disponer del valor real.

**Totales:** es la resultante de la “Diferencia” multiplicada por el “Multiplicador” de la sección 4. El valor obtenido es la medición real de cada concepto.

## 5.4.2 Sección 2: Precios unitarios de energía y demanda

Totales kWh: corresponde a la energía consumida en el periodo de facturación, resultante de la multiplicación entre “Días del mes” y “Consumo por día”

Precios unitarios \$/kWh: corresponde al precio de cada kWh y que se aplicará en la facturación. Este precio se encuentra publicado mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Demanda Facturable kW: corresponde a la demanda que se factura calcula en base a la siguiente ecuación.

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP,0) + FRB \times \max (DB - DPI,0)$$

Dónde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria y cuyos valores para la zona sur corresponden el valor de FRI a 0.300 y el de el FRB a 0.150

Precios \$/kW: corresponde al precio de cada kW y que se aplicará en la facturación. Este precio se encuentra publicado mensualmente en la página [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

## 5.4.3 Sección 3: Datos del contrato

Tarifa: corresponde al tipo de tarifa en la cual CFE factura a la planta

Carga conectada: Es la suma de todas las cargas eléctricas existentes en la planta. Es necesario avisar de todo cambio que se realice a CFE.

Demanda contratada: corresponde al valor de la demanda que se estipulo en el momento de contratación del suministro con CFE.

Multiplificador: es un valor numérico que se utiliza para disponer el consumo real derivado de las lecturas del equipo de medición de CFE. Este valor suele estar indicado en el propio medidor.

## 5.4.4 Sección 4: Históricos de consumo

Datos históricos: corresponde a la representación gráfica de la energía en kWh, demanda en kW de los 12 últimos meses. Permite de un simple vistazo, analizar la tendencia de consumos.

Mes, Demanda máxima, Consumo Total, FP, FC y Precio medio: Tabla que agrupa los valores numéricos de cada mes de facturación durante un periodo de 1 año.

FC: Factor de carga Es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en la instalación. Es un indicativo del aprovechamiento de la capacidad instalada y es útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de demanda. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima durante las 24 horas, diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga.

### 5.4.5 Sección 5: Desglose de montos de facturación

Conceptos: Columna en la cual se enumeran los diversos conceptos que constituyen los montos de la factura total.

Energía: corresponde al monto asociado a la energía consumida en el periodo de facturación, es resultante de la suma de los valores obtenidos por la multiplicación de las energías registradas de la sección 2 por sus correspondientes precios unitarios.

Demanda Máxima: corresponde al monto asociado a la demanda máxima medida durante el periodo de facturación, es resultante de la multiplicación de la demanda máxima y su correspondiente precio unitario descritos en la sección 3.

Bonificación Factor de potencia: corresponde a la bonificación económica que CFE otorga cuando el factor de potencia está por encima de 90%. En el caso de ser inferior, la bonificación se transforma en penalización. Las fórmulas de obtención de los porcentajes de ambos conceptos se detallan a continuación:

$$\text{Recargo} = F * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{FP} - 1 \right) * 100$$

$$\text{Bonificación} = F * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{FP} \right) * 100$$

Donde,

F: monto obtenido de la suma de “Energía” y “Demanda facturable”.

FP: Factor de potencia del periodo de facturación de la sección 3.

Recargo, Bonificación: monto en pesos mexicanos correspondiente al factor de potencia.

Subtotal: corresponde a la suma de los montos en pesos mexicanos de “Energía”, “Demanda máxima”, y “Bonificación factor de potencia”.

La información a anotar del recibo para el adecuado análisis es:

- Valores de los consumos de energía en los 3 periodos horarios



- Valores de las demandas de energía en los 3 periodos horarios
- Valor de la demanda facturable
- Valor del factor de potencia
- Los datos históricos para analizar la tendencia de consumo (energía, demanda y FC)



## 6 Análisis de demandas y consumos eléctricos

Como lo hemos visto en los capítulos anteriores, los recibos de CFE nos pueden proporcionar una serie de información muy útil para entender el aprovechamiento de la energía en la PyME.

Hay una diferencia clave entre un kW y un kWh.

Un kW es una medida de potencia que está siendo usada.

Un kWh es una medida de la energía que está siendo usada.

Una buena analogía para entender la diferencia es el tablero de instrumentos de un coche:

Un kW es como la velocidad que mide el velocímetro.

Un kWh es como la distancia que mide el odómetro.

### 6.1 Para la Tarifa 02

Debido a la poca información disponible en el recibo, el análisis es muy simple. En base a los datos recolectados (cantidad de días del periodo, consumo de y los datos históricos), se puede:

- Calcular el consumo promedio diario (consumo en kWh / días del periodo)
- Analizar los históricos de consumo. En la gráfica, se debe definir la tendencia de consumo en relación por ejemplo al clima (periodo de invierno- verano) o bien de acuerdo al ciclo de producción de la planta, etc. Es imprescindible entender las razones de porque el consumo es más alto en cierto periodo del año.

### 6.2 Para la Tarifa 03

En base a los datos relevantes identificados en el recibo, se puede realizar el siguiente análisis:

- Comparar la demanda máxima con la demanda contratada validando que en los históricos la demanda máxima es siempre inferior a la demanda contratada pero de un valor cercano. Si está muy por debajo del valor de la demanda contratada, entonces, se podría optimizar la factura al reducir el valor de la demanda contratada.
- Calcular la demanda promedio al dividir el consumo de energía por las horas de funcionamiento de la PyME. Esta demanda se debe comparar contra la demanda máxima registrada. Si estos valores son muy cercanos, indica que la demanda está bien controlada. En caso contrario, puede ocurrir dos situaciones:

- 1) el proceso o actividad desarrollada en la PyME no es constante durante el día, es decir que tiene ciclos en los cuales es intensivo en electricidad y otros en los cuales requiere de menos energía.
  - 2) si el proceso o actividad requiere de un consumo constante, entonces existe una oportunidad para reducir la demanda máxima.
- Validar que el Factor de Potencia sea superior al 90%
  - Calcular el porcentaje de repartición de la factura entre el costo de consumo y el costo de la demanda. Esto nos permite visualizar si vale la pena trabajar en el control de demanda.
  - Analizar los históricos de consumo. En la gráfica, se debe definir la tendencia de consumo en relación al clima (periodo de invierno- verano) o de acuerdo al ciclo de producción de la planta. Es importante analizar de la misma manera la tendencia de la demanda (contra la producción, el clima, los cambios realizados durante el año, etc.). Finalmente, se debe comparar el perfil anual de consumo y el perfil anual de demanda.

### 6.3 Para la Tarifa OM

El análisis de los datos relevantes de un recibo de tarifa OM es similar al recibo de tarifa 03, dado que los conceptos indicados son parecidos:

- Comparar la demanda máxima con la demanda contratada validando que en los históricos la demanda máxima es siempre inferior a la demanda contratada pero de un valor cercano. Si está muy por debajo del valor de la demanda contratada, entonces, se podría optimizar la factura al reducir el valor de la demanda contratada.
- Calcular la demanda promedio al dividir el consumo de energía por las horas de funcionamiento de la PyME. Esta demanda se debe comparar contra la demanda máxima registrada. Si estos valores son muy cercanos, indica que la demanda está bien controlada. En caso contrario, puede ocurrir dos situaciones:
  - 1) el proceso o actividad desarrollada en la PyME no es constante durante el día, es decir que tiene ciclos en los cuales es intensivo en electricidad y otros en los cuales requiere de menos energía.
  - 2) si el proceso o actividad requiere de un consumo constante, entonces existe una oportunidad para reducir la demanda máxima.
- Validar que el Factor de Potencia sea superior al 90%
- Calcular el porcentaje de repartición de la factura entre el costo de consumo y el costo de la demanda. Esto nos permite visualizar si vale la pena trabajar en el control de demanda.
- Analizar los históricos de consumo. En la gráfica, se debe definir la tendencia de consumo en relación al clima (periodo de invierno- verano) o de acuerdo al ciclo de producción de la planta. Es importante analizar de la misma manera la tendencia de la

demanda (contra la producción, el clima, los cambios realizados durante el año, etc.). Finalmente, se debe comparar el perfil anual de consumo y el perfil anual de demanda.

## 6.4 Para la Tarifa HM

Al tener mayor complejidad en su estructura, la tarifa HM aporta más elementos de análisis del perfil de consumo.

- Comparar la demanda facturable con la demanda contratada validando que en los históricos la demanda facturable es siempre inferior a la demanda contratada pero de un valor cercano. Si está muy por debajo del valor de la demanda contratada, entonces, se podría optimizar la factura al reducir el valor de la demanda contratada.
- Comparar las demandas entre los 3 periodos horarios: base, intermedio y punta. En el capítulo anterior, se explicó la fórmula de cálculo de la demanda facturable. El valor de la demanda facturable es muy cercano al valor de la demanda en el horario punta, por eso, siempre se debe tratar de reducir el valor de la demanda en los horarios del periodo punta (reportarse a la tabla de horarios por regiones de la sección anterior). La reducción de la demanda en los otros periodos horarios tiene menos impacto sobre la demanda facturable, sin embargo, no se debe descuidar tampoco.
- Calcular las demandas promedio sobre los tres periodos horarios (implica calcular, según el época del año – verano, fuera verano – las horas de cada periodo horario), al dividir el consumo de energía en cada periodo por las horas laboradas en cada periodo. De la misma manera que para las tarifas O3 y OM, estas demandas se deben comparar contra las demandas máximas registradas en cada periodo. Si estos valores son muy cercanos, indica que la demanda está bien controlada. En caso contrario, puede haber una oportunidad de ahorro al reducir la demanda.
- Validar que el Factor de Potencia sea superior al 90%
- Analizar los históricos de demandas. En la gráfica, se debe definir la tendencia de la demanda, por cada periodo horario, en relación al clima (periodo de invierno- verano) o de acuerdo al ciclo de producción de la planta. Recordar que los horarios varían entre el periodo verano y fuera verano, en particular las horas del periodo punta.

## 6.5 Índice energético

En general, las PyMEs tienen costos de energía elevados asociados al proceso o actividad que realizan. Muchas veces, las PyMEs no llevan un registro de sus consumos de energía eléctrica, a pesar de ser un costo relevante en su cadena de costos.

Una manera de analizar el comportamiento del consumo de la energía es a través del “Índice energético” (IE) que se define como la cantidad total de energía consumida por unidad de producto fabricado o servicio ofrecido.

**Ecuación 6 Índice Energético**

$$IE = \frac{\text{Energía total consumida}}{\text{Unidad de producción}}$$

El Índice energético permite entender los perfiles de consumo de la empresa, monitorear los consumos de energía asociados a un proceso o equipos y establecer límites de control. Si el IE está fuera de los valores establecidos como referencia, indica que puede haber una oportunidad de ahorro de energía. A partir de este índice, será fácil evaluar los resultados de las metas de ahorro de energía.

Para el cálculo del IE, se toman:

- Los valores del consumo de energía eléctrica indicados en los recibos de CFE
- Los datos de producción sobre el mismo periodo

Las unidades de producción comúnmente empleadas son las siguientes:

**Tabla 4 Ejemplos de unidad de producción**

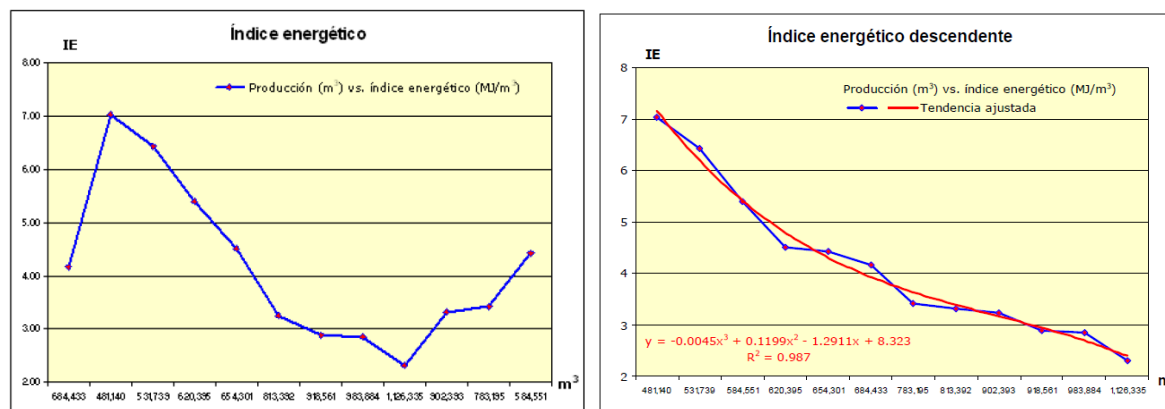
<b>Giro de la PyME</b>	<b>Unidad de Producción (UP)</b>
<b>Aluminio</b>	<b>ton</b>
<b>Pasteurizadora</b>	<b>HI</b>
<b>Pulpa y papel</b>	<b>Ton</b>
<b>Minería</b>	<b>Ton</b>
<b>Refinerías</b>	<b>M<sup>3</sup></b>
<b>Cemento</b>	<b>ton</b>
<b>Acero</b>	<b>Ton</b>
<b>Malta y cerveza</b>	<b>HI</b>
<b>Tratamiento de agua</b>	<b>M<sup>3</sup> de agua tratada</b>
<b>Hoteles</b>	<b>Cantidad de huéspedes</b>

Fuente CONUEE

Para poder establecer los valores de referencia del IE de cada PyME, es necesario tener un registro de los últimos 12 meses (consumos de energía y unidades de producción) donde se identifica el IE más alto y el IE más bajo.

Se recomienda graficar el Índice energético vs. La producción, dado que los equipos son generalmente más eficiente cuando trabajan a plena capacidad y luego ordenar los datos de mayor a menor, con el fin de establecer la línea de tendencia.

Figura 16 Ejemplos de gráficas de IE



Fuente CONUEE

Cuando se tiene la línea de tendencia que define el consumo de energía por unidad de producción según el nivel de producción de la PyME, se puede definir una meta de ahorro de energía, que implica alcanzar el mismo nivel de producción a partir de un consumo menor de energía.

La clave es sensibilizar la PyME al monitoreo de sus consumos de energía para poder detectar cualquier desviación de las metas establecidas.

## 7 Identificación de oportunidades

Después de haber explicado la estructura de las tarifas aplicables a las PyMEs, de haber analizado la información contenida en los recibos correspondientes a cada tarifa y haber enfatizado sobre la importancia de monitorear los consumos a través del Índice Energético, podemos identificar las oportunidades de ahorro de energía y de reducción de factura:

1. Control de la demanda
2. Control del consumo
3. Control del factor de potencia
4. Cambio de tarifa

Para analizar a profundidad estas oportunidades, es necesario haber realizado el ejercicio de levantamiento de todas las cargas eléctricas de la PyME así como conocer los horarios de operación de cada proceso o sub-proceso.

En caso de una instalación con tarifa HM, el primer paso es revisar los horarios del medidor y verificar que es el horario del reloj. En caso contrario, cualquier cambio en los horarios de operación no tendrá el efecto esperado.

### 7.1 Control del consumo de energía

El consumo de energía está afectado por varios factores como son horarios de funcionamiento, temperaturas, flujos, etc. Para identificar las oportunidades, es imprescindible analizar cada factor para evaluar si es susceptible de ser cambiado para reducir el consumo.

La metodología a aplicar consiste en hacer una lista de las cargas eléctricas instaladas y describir para cada una:

- El tipo de carga
- La capacidad (datos de placas)
- Una estimación del % de carga a la cual trabaja (% de su capacidad máxima)
- Las horas de funcionamiento



Tabla 5 Inventario de cargas base

Tipo de carga	Capacidad (datos de placa) (W)	% de carga	Demanda (kW)	Horas de funcionamiento (h/día)	Consumo de energía diario (kWh)
Motor de 1 HP	746	85	634.1	4	2,536.4
Iluminación fluorescente	190	100	190	12	2,280
TOTAL			824.1		4,816.4

Fuente CONUEE

Una vez identificados estos datos, se puede proceder a analizar las optimizaciones de consumo de energía. Se distingue dos tipos de optimizaciones de acuerdo a:

- las reducciones de consumo de energía y
- las recuperaciones de energía.

En el primer caso, se busca disminuir directamente la cantidad de energía comprada, mientras que en el segundo caso, se trata de recuperar una energía desperdiciada, generalmente calor, para aprovecharla para otro sistema y reducir indirectamente la compra de energía de este otro sistema.

Para reducir directamente el consumo de energía, trabajar sobre los siguientes conceptos:

1. Horarios de Operación: se pueden optimizar los horarios de operación del proceso, las cargas que se usan durante un periodo de operación extenso son generalmente fuentes de ahorro como la iluminación.
2. Grupos de cargas: cargas existentes que trabajan al mismo tiempo cuando se podría desfasar su arranque y/o funcionamiento. Por ejemplo, en ciertas instalaciones, las lámparas están encendidas al mismo tiempo porque son controladas por un mismo apagador. En este caso, evaluar la posibilidad de seccionar circuitos, instalar detector de movimiento.
3. Cargas nocturnas o fuera de horarios de operación: preguntarse si son imprescindibles o si se pueden limitar.

En el caso de la tarifa HM, que es una tarifa horaria, se puede explorar la posibilidad de mover una cantidad de energía dada, de un periodo del día a otro donde la energía sea más barata.

Las recuperaciones de energía se derivan de las medidas de ahorro de energía tratadas en los otros tutoriales como el de aire acondicionado y refrigeración.

Después de implementar una de las medidas descritas anteriormente, se puede fácilmente evaluar los ahorros energéticos asociados al restar el consumo de energía actual del consumo de energía futuro.

**Ecuación 7 Control de energía - Ahorros energéticos**

$$\text{Ahorros energéticos}(kWh) = (E \text{ actual}) - (E \text{ futuro})$$

$$E \text{ actual} = D \times H$$

$$E \text{ futuro} = D' \times H \quad \text{o bien} \quad E \text{ futuro} = D \times H'$$

En donde:

E actual es el consumo actual de energía

E futuro es el consumo futuro de energía

D es la demanda actual de energía

D' es la demanda reducida de energía, nueva demanda después de implantar la optimización

H son las horas de operación

H' son las horas de operación reducidas después de implantar la medida de ahorro de energía

Retomando los ejemplos tratados arriba, se pueden implementar optimizaciones en cuanto a demanda y horas de operación:

**Tabla 6 Inventarios de cargas con horarios optimizados (Cont.)**

Tipo de carga	Capacidad (datos de placa) (W)	% de carga	Demanda (kW)	Horas de funcionamiento (h/día)	Consumo de energía diario (kWh)
Motor de 1 HP	746	85	634.1	3	1,902.3
Iluminación fluorescente	110	100	110	10	1100
TOTAL			744.1		3002.3

Fuente CONUEE

**Ecuación 8 Ejemplo Control de energía - Ahorros energético**

$$\text{Ahorros energéticos} = 4,816.4 - 3002.3 = 1,814.1 \text{ kWh Diarios}$$

Para calcular los ahorros económicos, se multiplica el valor del ahorro energético por el precio medio de energía. Este precio medio se obtiene al dividir el valor de la factura en pesos por el consumo de energía.

### Ecuación 9 Control de energía - Ahorros económicos

*Ahorros económicos = Ahorros energéticos x Precio medio energía*

$$\text{Precio medio energía} = \frac{\text{Importe en pesos del recibo de CFE sin IVA (\$)}}{\text{consumo de energía (kWh)}}$$

## 7.2 Control de la demanda

El costo de la demanda en las tarifas 03, OM y HM representa en general entre el 20% y el 40% de la factura total. Con esta perspectiva reducir la demanda tiene un alto impacto en la factura de energía (excepto en la tarifa 02 donde no se cobra un cargo por demanda).

Se utiliza la misma metodología que en el párrafo anterior, realizando una lista de las cargas eléctricas instaladas y actuando esta vez no sobre los horarios sino que solamente sobre la potencia.

En las tarifas 03 y OM, el cargo por demanda se realiza en base a la medición de la carga máxima, por lo cual, el análisis del consultor debe ser enfocada en reducir la demanda máxima y no la demanda promedio (actuar sobre la demanda promedio permite reducir el consumo de energía). En caso de la tarifa HM, para reducir el cargo por demanda facturable, es necesario reducir la demanda máxima durante el horario punta.

Para reducir la demanda máxima, se puede actuar sobre los conceptos siguientes:

1. Horarios de Operación: se pueden reducir la demanda al redistribuir en el tiempo la carga. Se pueden clasificar en tres tipos:
  - a) *Almacenamiento de energía*: se almacena agua caliente o agua helada, calentada o enfriada, eléctricamente en horario no picos (horario base en el caso de la tarifa HM). Esta agua es liberada durante el horario pico para su utilización en el proceso por ejemplo.
  - b) *Almacenamiento de producto*: según el proceso de producción de la PyME, algunos artículos se pueden producir en horario que no sea pico en grandes cantidades para su uso posterior en el tiempo.
  - c) *Redistribución de tareas*: según la flexibilidad del proceso, en algunas PyMEs, es posible pasar ciertas actividades originalmente realizadas en horario pico a un horario no pico, con el fin de reducir la demanda en el horario pico.
2. Grupos de cargas: cargas que trabajan al mismo tiempo cuando se podría desfasar su arranque y/o funcionamiento. Por ejemplo, los equipos que trabajan en paralelo, como los compresores. Se debe analizar si es posible escalonar el arranque de estos equipos.

Después de implementar una de las medidas descritas anteriormente, se puede evaluar los ahorros energéticos asociados:

**Ecuación 10 Control de demanda - Ahorros energéticos**

$$\text{Ahorros por demanda (kW)} = D - D'$$

En donde:

D es la demanda actual de energía

D' es la demanda reducida de energía, nueva demanda después de implantar la optimización

Retomando el ejemplo desarrollado en la sección anterior, el ahorro en demanda es de:

**Ecuación 11 Ejemplo Control de demanda - Ahorros energéticos**

$$\text{Ahorros por demanda} = 824.1 - 744.1 = 80 \text{ kW}$$

Para obtener el ahorro económico, dependiendo de las tarifas, se debe seguir lo siguiente:

Tarifas 03 y OM:

**Ecuación 12 Control de demanda - Ahorros económicos**

$$\text{Ahorros económicos} = \text{Ahorros por demanda} \times \text{Precio por demanda}$$

Donde el precio por demanda se obtiene del recibo de CFE, es un precio fijo \$/kW

Tarifa HM: en el caso de esta tarifa, se tiene que recalcular la nueva demanda facturable y restarla de la demanda facturable actual. La diferencia se multiplica por el precio de la demanda (\$/kW)

### 7.3 Control del factor de potencia

CFE define el factor de potencia como el indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, tomando de rango los valores entre uno y cero. Indicando que para un valor superior a 0.9, la energía es aprovechada correctamente por los equipos eléctricos para producir trabajo, y por debajo de este, se desperdicia.

La presencia de energía reactiva en una instalación genera pérdidas de energía y de tensión en las redes de distribución, disminuyendo el rendimiento global del sistema eléctrico nacional. Esto se traduce por una penalización económica que se refleja en la factura del usuario.

### 7.3.1 Teoría: energía reactiva

La corriente alterna CA o AC abreviatura de “alternating current”, es una corriente eléctrica donde los electrones circulan en un sentido de forma alterna en una dirección y posteriormente en la otra a intervalos regulares llamados ciclos.

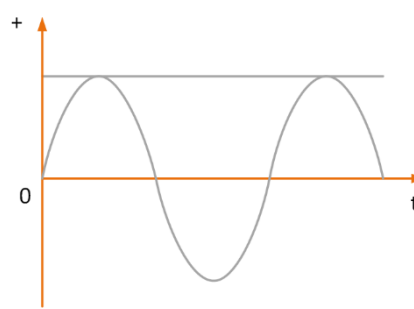
Esta corriente alterna es la utilizada en el conjunto de las instalaciones industriales y domésticas. En México, esta corriente es de 60 ciclos por segundo que corresponde a 60 Hz.

El uso de la corriente alterna frente a la corriente continua reside en el bajo costo de poder cambiar el voltaje de una instalación, además de presentar menores pérdidas de distribución en largas distancias.

Figura 17 Corriente continua

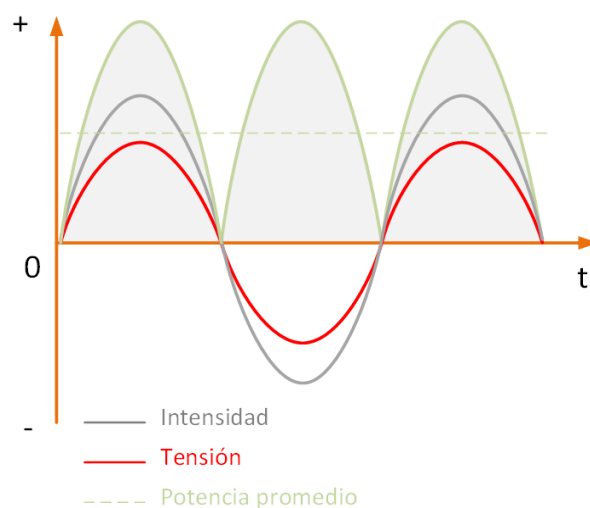


Figura 18 Corriente alterna



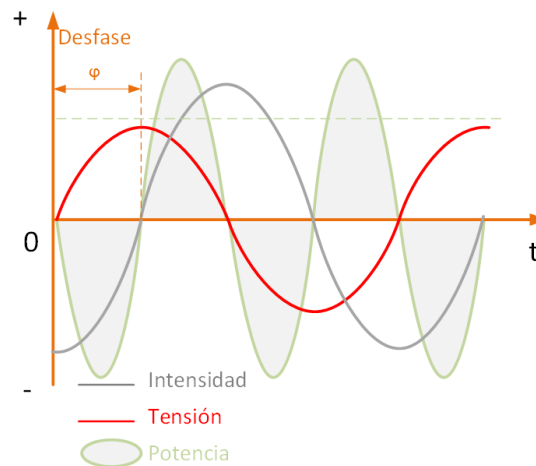
En circuito de corriente alterna, la tensión y corriente presentan una curva sinusoidal en una frecuencia de 60 Hz para México. Si la corriente y la tensión se encuentran en “fase”, es decir que oscilan a la misma frecuencia y encimadas, el producto de ambas unidades genera una potencia ondulada con un valor medio positivo.

Figura 19 Curva de potencia



En el momento que las curvas sinusoidales de corriente y tensión presentan un desfase, su producto resulta positivo y negativo. Este desfase, puede producirse en los dos sentidos. Este desfase se produce en presencia de bobinas (motores, transformadores, entre otros) o condensadores (cables multiconductores, condensadores...) ubicadas en el circuito eléctrico. La presencia de bobinas genera un desfase inductivo mientras que los condensadores provocan un desfase capacitivo.

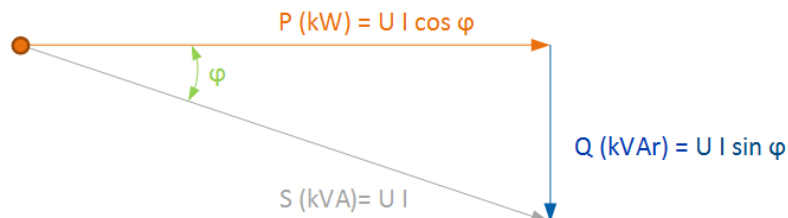
Figura 20 Potencia desfasada



En la figura anterior, observamos que la potencia promedio es nula, lo que corresponde a pura energía reactiva.

Las potencias en juego en un circuito de corriente alternativa pueden representarse según un diagrama vectorial:

Figura 21 Triangulo de potencia



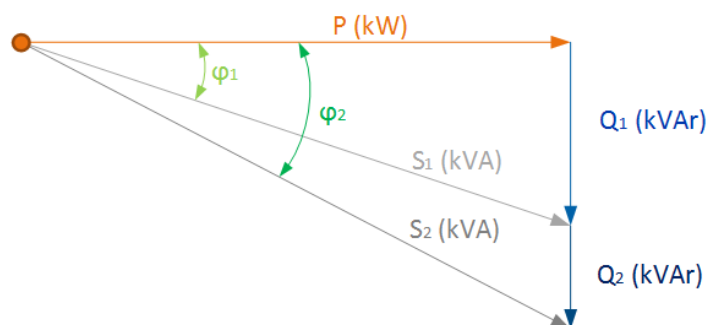
Donde, la potencia, en el sentido mecánico del término, cuya expresión corresponde a un trabajo realizado en un tiempo determinado, es la potencia activa que la suministra. Esta misma potencia activa puede ser transformada en calor o Luz. Su unidad física es el vatio (W).

Sin embargo la potencia reactiva  $Q$  no es una potencia que genera trabajo, calor o luz. El interés de identificarla reside en el hecho que permite evaluar la importancia de los receptores inductivos tales como motores, lámparas fluorescentes y los receptores capacitivos tales como condensadores en una instalación. Esta energía se expresa en VAR o VAR, abreviatura de "Voltios amperios reactivos".

La potencia aparente correspondiente a la suma geométrica de la potencia activa y reactiva. Esta potencia es la utilizada para el dimensionamiento de los equipos y materiales eléctricos y su unidad es el Voltios amperios (VA).

La existencia de energía reactiva tiene incidencias técnicas y económicas importantes, ya que para una misma potencia activa  $P$ , en base al desfase se debe entregar mayor potencia aparente, y por lo tanto mayor intensidad de corriente (A), tal y como se muestra en la figura adjunta.

Figura 22 Potencia reactiva



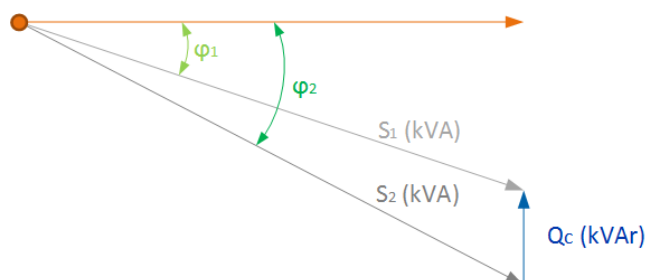
Este fenómeno genera además las siguientes consecuencias:

- Sobrecarga al nivel de transformadores
- Sobrecalentamiento de los cables y conductores de corriente
- Pérdidas importantes suplementarias
- Caídas de tensión importantes

Es por ello, que resulta necesario que la producción de energía reactiva sea localizada lo más cerca de las cargas, para limitar y evitar su difusión en los cables de distribución. Es lo que se llama compensación de la energía reactiva.

Para lograr limitar este fenómeno se utilizan condensadores (banco de capacitores) que entregan la energía reactiva solicitada ( $Q_c$ ) en los receptores inductivos, tal y como se observa en la figura adjunta:

Figura 23 Dimensionamiento banco de capacitores



### 7.3.2 Qué tipo de compensación y donde instalarla

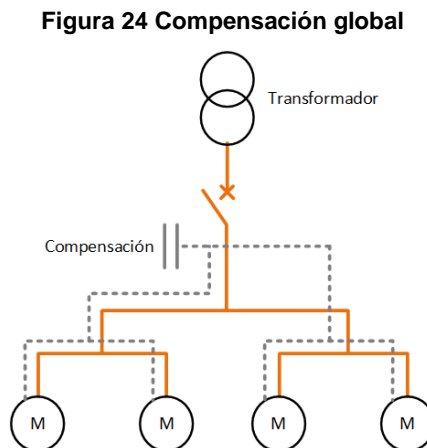
El tipo de compensación viene definida por el tiempo de retorno de la inversión y depende de los siguientes parámetros:

- De la potencia instalada
- Del nivel de tensión
- Del tipo de control
- Del nivel de la calidad de la protección

Existen varias alternativas para la implantación de los equipos de compensación de energía reactiva:

#### 7.3.2.1 Compensación global

Se conecta el banco de capacitores en la cabecera de la instalación ya que de este modo se garantiza la compensación del conjunto de las cargas. Este tipo de localización de conexión se selecciona cuando se requiere limitar las penalizaciones económicas de la empresa distribuidora de electricidad.

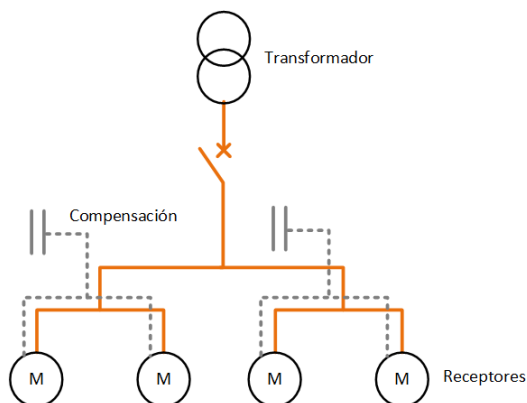


#### 7.3.2.2 Compensación localizada por zona

En este caso el banco de capacitores se integra en la cabecera de la zona que se desea compensar. Este tipo de ubicación se selecciona cuando se trata de una distribución eléctrica interna extensa con funcionamientos de cargas muy dispares.



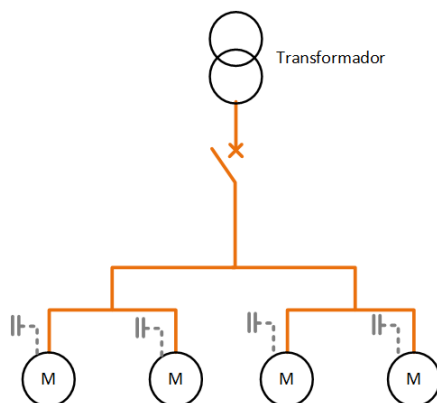
Figura 25 Compensación localizada por zona



### 7.3.2.3 Compensación individual

El banco de capacitores deberá ser instalado en los bornes de cada equipo receptor inductor tales como los motores. Este tipo de conexión se realiza en el momento que la potencia del equipo receptor es muy elevada frente a la potencia contratada. Este tipo de conexión resulta la más idónea ya que permite compensar la energía reactiva en el propio elemento consumidor.

Figura 26 Compensación individual

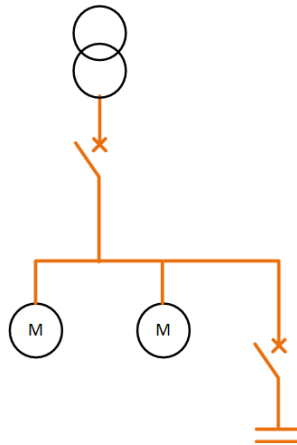


### 7.3.2.4 Compensación fija

Se basa en un funcionamiento todo o nada del conjunto del banco de capacitores. Su puesta en funcionamiento puede ser realizada de forma manual a través de un interruptor o disyuntor, semiautomático por contactor, ubicado en los bornes de los motores y receptores.

Este tipo de compensación es frecuente para compensar las potencias reactivas bajas (<15% de la potencia del transformador) y cuando la carga es relativamente estable.

Figura 27 Compensación fija

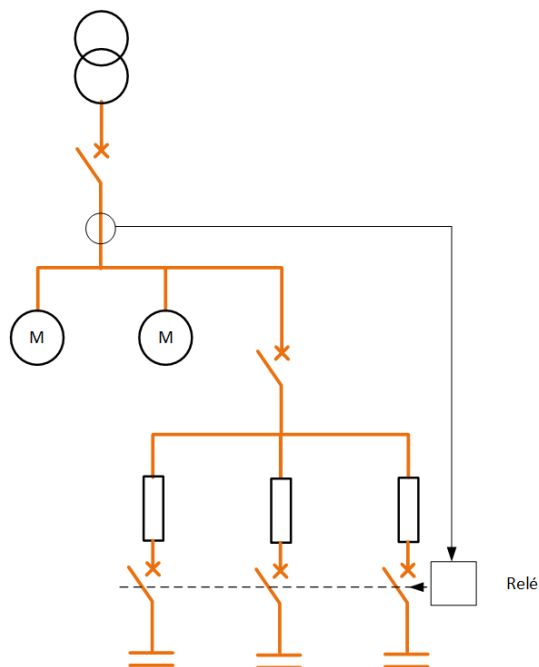


### 7.3.2.5 Compensación automática

El banco de capacitores integra escalones de funcionamiento que se ajustan de forma automática a la demanda de reactiva.

Este tipo de banco de capacitores suele instalarse en cabecera de la instalación de Baja tensión y permite una regulación progresiva de la energía reactiva.

Figura 28 Compensación automática



### 7.3.3 Ventajas e inconvenientes

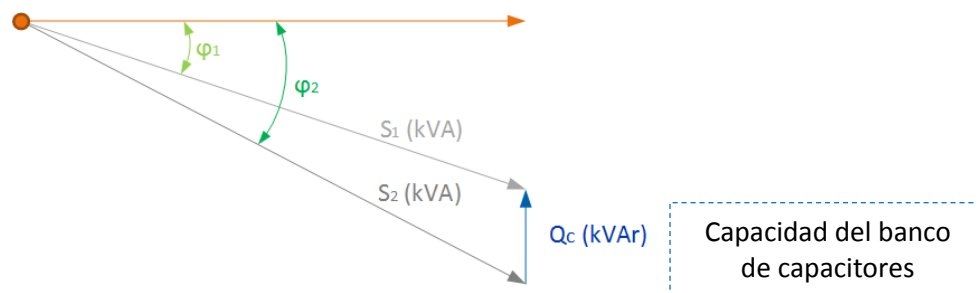
Las principales ventajas en el uso de banco de capacitores son:

- Reducción de la factura eléctrica
- Aumento de la potencia disponible y mejora del rendimiento del conjunto de la instalación
- Reducción de las pérdidas de transporte de la red eléctrica, aportando una mejora medio ambiental
- Reducción de las caídas de tensión

Como desventaja se puede resaltar que en ciertos casos, el disponer en forma continua, de un equipo de compensación de reactiva que fue dimensionado para la carga máxima de una instalación, puede generar una sobrecompensación. Este tipo de efecto, puede ocasionar sobretensiones perjudiciales al conjunto de los equipos conectados.

### 7.3.4 Dimensionamiento

Para dimensionar el banco de capacitores, es necesario calcular la energía reactiva a compensar, es decir, para una misma potencia aparente, la diferencia de energía reactiva como se muestra en el esquema:



Para llevar a cabo este cálculo, los datos de partida son:

- Valor del factor de potencia actual (indicado en el recibo de CFE): FP 1
- Valor del factor de potencia al cual queremos llegar (debe ser > a 0.9, idealmente 1): FP2

**Ecuación 13 Factor de potencia – formula trigonométrica**

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kW}{kVA} = \cos \varphi$$

A partir del valor de FP1 y FP2, podemos calcular los valores de  $\phi 1$  y  $\phi 2$  y, por medio de la formular siguiente, el valor de la capacidad del banco de capacitores, donde P es la demanda de la instalación a compensar en kW.

**Ecuación 14 Dimensionamiento del banco de capacitores**

$$Q_c = Q_2 - Q_1 = (P \times \tan \phi_2) - (P \times \tan \phi_1)$$

### 7.3.5 Cálculo del Ahorro en la factura

Al instalar el banco de capacitores dimensionado en el párrafo anterior, se incrementa el factor de potencia de FP1 a FP2, por lo que se elimina la multa del recibo de CFE por bajo factor de potencia (recargo) y se bonifica por alto factor de potencia. Dado lo anterior, el ahorro económico anual obtenido será la suma del recargo cobrado en los últimos 12 meses y la bonificación anual correspondiente al nuevo factor de potencia.

$$\text{Recargo} = F * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{FP1} - 1 \right) * 100$$

$$\text{Bonificación} = F * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{FP2} \right) * 100$$

Donde,

F: monto obtenido de la suma de “Energía” y “Demanda facturable”.

FP1: Factor de potencia del periodo de facturación

FP2: Nuevo factor de potencia del periodo de facturación

Recargo, Bonificación: monto en pesos mexicanos correspondiente al factor de potencia.

Una vez calculado el ahorro anual, se puede deducir el tiempo de retorno simple de esta inversión en años, al dividir el monto de la inversión entre los ahorros anuales.

## 7.4 Cambio de tarifa

El cambio de tarifa se debe estudiar como última oportunidad, después de haber optimizado el perfil de consumo y demanda de la PyME.

Para usuarios en baja tensión, cuya demanda máxima es cercana a los 25 kW, puede resultar interesante estudiar el cambio de tarifa de 02 a 03, al incrementar la demanda hasta un valor superior a 25kW. En ese caso, la metodología a seguir para evaluar los beneficios es calcular el nuevo recibo de CFE, calculando el costo por energía y el costo por demanda, a partir de la lista de las cargas instaladas, los factores de carga y horarios de operación asociados.

Para usuarios de tarifa 03, cambiar a la tarifa OM implica cambiar la instalación de baja tensión a media tensión. De la misma manera, se estiman los ahorros correspondientes calculando los nuevos costos de energía y demanda. Es importante estimar el retorno simple de esta inversión (en meses) al dividir la inversión requerida para pasar de baja tensión a media tensión, entre los ahorros mensuales obtenidos.

Para usuarios de tarifa OM, cuya demanda es muy cercana a los 100 kW, resulta interesante pasar a la tarifa HM, tarifa horaria donde se puede optimizar más fácilmente el consumo de energía y la demanda al poder mover ciertas actividades del horario punta al horario base.

Sin embargo, se deberá considerar las implicaciones asociadas al cambio de tarifa como son:

- Consultar con CFE previamente este cambio de tarifa
- Realizar inversiones para adaptar las instalaciones (instalar nueva subestación por ejemplo)
- Realizar un nuevo contrato con CFE
- Etc.

## 7.5 Peak shaving con motores

Una de las medidas de control de demanda más conocida es el “peak shaving” o “rasurado de picos”. Su implementación consiste en generar la energía necesaria durante un periodo por una fuente diferente a la red de CFE, generalmente a partir de un motor de combustión interna.

Esta medida fue particularmente implementada, entre los años 2000 y 2010, para los usuarios de la tarifa HM, en el horario punta porque el costo de la energía en este periodo era muy alto así como el costo de la demanda facturable. Los usuarios compraban un motor de combustión interna funcionando con diésel y lo hacían funcionar todos los días durante el horario punta para ahorrar en su recibo de CFE el costo de la energía en este periodo y reducir de manera drástica el costo de la demanda facturable. Esta medida dejó de ser rentable cuando CFE empezó a bajar considerablemente el costo de la energía en el horario punta y subió el costo de la energía en los otros dos periodos.

En el caso de las PyMEs, se puede adquirir un motor de combustión interna y hacerlo funcionar durante las horas de operación de la planta o comercio. Sin embargo, es importante considerar que:

- En la mayoría de los casos, no se puede utilizar la planta de emergencia existente en el sitio dado que estos equipos son diseñados para funcionar solamente en modo emergencia y no por largos periodos continuos (10 o 12 horas al día).
- La PyME debe tener una conexión de gas natural en su planta o comercio. En efecto, esta medida de ahorro no es rentable si el motor de combustión interna consume diésel, el combustible de alimentación del equipo debe ser gas natural.

- Existen pocos motores de combustión interna de pequeñas capacidades diseñados para funcionar 10 horas continuas, por eso, los costos de inversión pueden ser elevados y el tiempo de recuperación de esta medida de ahorro se extiende (3 años en promedio).

Para evaluar esta medida de ahorro, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Calcular la demanda promedio horaria sobre los 12 últimos meses, al dividir, para cada mes, el consumo de energía (kWh) por las horas de operación de la PyME.
2. Seleccionar un motor de combustión interna diseñado para un funcionamiento continuo con gas natural de una capacidad cercana a la demanda promedio de la PyME. Si el equipo tiene una capacidad superior a la demanda promedio eléctrica, es importante verificar que el motor no trabaje a cargas demasiadas bajas, porque provocaría un desgaste prematuro del equipo.
3. Obtener los costos de inversión y de mantenimiento preventivo anuales. Entre más horas al día funcionará el equipo, más frecuentes serán los servicios de mantenimiento debido a que son relacionados con las horas de operación del equipo. Los costos de mantenimiento deben incluir mano de obra, insumos (aceite, anticongelante) y materiales (filtros por ejemplo).
4. Calcular la producción de energía (kWh) anual máxima del motor de combustión interna, multiplicando la potencia del motor por las horas de funcionamiento mensual.
5. Comparar esta producción de energía contra el consumo mensual de la PyME:
  - En caso de que la producción de energía del motor sea inferior al consumo de CFE en un mes dado, entonces, el ahorro de energía a considerar es equivalente al valor de la producción de energía del motor.
  - En caso de que la producción de energía del motor sea superior al consumo de CFE en un mes dado, entonces, el ahorro de energía a considerar es equivalente al consumo de CFE de este mes.
6. Con base en lo anterior, calcular los ahorros de energía anuales (kWh), que serán equivalentes a la energía que producirá el motor.
7. Obtener el costo de suministro de gas natural, solicitando al distribuidor de gas de la zona (se puede encontrar en la página de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) las zonas geográficas del país donde llega la red de distribución de gas natural [http://www.cre.gob.mx/pagina\\_a.aspx?id=4](http://www.cre.gob.mx/pagina_a.aspx?id=4)). El consumo de gas natural se obtiene multiplicando el precio de combustible por el consumo de combustible (equivalente a la producción de energía del motor dividido por el rendimiento del equipo)

**Ecuación 15 Peak shaving - Consumo de gas del motor**

$$Q_{gas} = P_{gas} \times \left( \frac{E_{motor}}{\eta} \right)$$

Donde:

$Q_{gas}$  corresponde al consumo de gas en \$

$P_{gas}$  corresponde al precio de gas \$/kWh

$E_{motor}$  corresponde a la energía producida por el motor en kWh

$\eta$  corresponde al rendimiento eléctrico del motor

8. Para casos en tarifas 3, OM o HM donde existe un cobro por demanda de energía, realizar el mismo ejercicio que el anterior con la demanda:
  - En caso de que la potencia del motor sea inferior a la demanda promedio calculado en la etapa 1., entonces, el ahorro en demanda a considerar es equivalente al valor de la potencia del motor.
  - En caso de que la potencia del motor sea inferior a la demanda promedio calculado en la etapa 1., entonces, el ahorro en demanda a considerar es equivalente a la demanda promedio de este mes.
9. Dependiendo de la tarifa actual de la PyME, calcular los ahorros económicos mensuales correspondientes: ahorros en demanda mensuales y ahorros de energía mensuales.
10. Par calcular la rentabilidad de esta medida de ahorro, se aplica la siguiente formula:

**Ecuación 16 Peak shaving - Tiempo de Retorno Simple de inversión**

$$TRS = \frac{I}{(A - C_{comb} - C_{mtto})}$$

Donde:

TRS corresponde al Tiempo de Retorno Simple de la inversión

I corresponde a la inversión total (motor de combustión interna, equipos auxiliares, instalación)

A corresponde a los ahorros económicos anuales por concepto de demanda y energía calculados en la etapa anterior

$C_{comb}$  corresponde al costo anual de combustible (gas natural)

$C_{mtto}$  corresponde al costo anual de mantenimiento

## 7.6 Sistemas solares fotovoltaicos

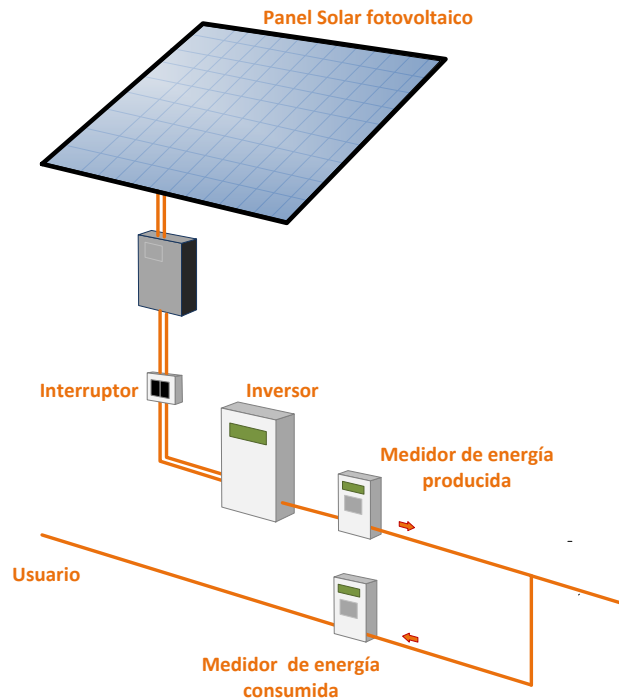
Otra manera de “disminuir o hasta eliminar los picos de demanda” es instalar un sistema solar fotovoltaico en la PyME que permita generar el 100% de la electricidad consumida por la PyME o bien lo suficiente para reducir el consumo por debajo de los 100 kWh en caso de la tarifa, que corresponde a la tarifa subsidiada.

El solar fotovoltaico es una tecnología que permite captar la energía solar a través de paneles con el fin de transfórmala en energía eléctrica.

Esta energía eléctrica es producida a través de celdas de silicio, que entregan corriente continua a partir de los fotones de la radiación solar. Estas celdas se encuentran ubicadas en paneles los cuales se encuentran conectados a un inversor (ondulador), cuya función es

transformar esta corriente continua en alterna. Esta energía producida puede ser consumida por el usuario final y en caso de grandes instalaciones introducida en la red eléctrica.


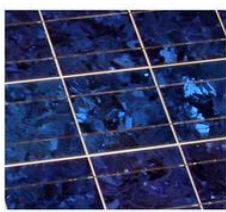

**Figura 29 Instalación fotovoltaica**



En México, la radiación media anual es muy buena y relativamente homogénea sobre el territorio, obteniendo un uso interesante de instalaciones solares.

Existen tres tipos de celdas fotovoltaicas en el mercado:

**Tabla 7 Tipos de celdas fotovoltaicas**

	<b>Celdas monocristalinas</b>	<b>Celdas policristalinas</b>	<b>Celdas amorfas</b>
Tipo de celda			
Rendimiento eléctrico	entre 14% y 19%	entre 11% y 15%	entre el 5% y 7%



La potencia de un panel solar o celda fotovoltaica se expresa en watts pico (Wp) y corresponde a la potencia producida por el panel que recibe una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. Su rendimiento es proporcional a la energía captada y transformada en electricidad.

Las ventajas principales de la instalación de energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- Las instalaciones fotovoltaicas son fiables y no requieren de un gran mantenimiento.
- Su instalación es muy simple y se adapta fácilmente a la estructura de los edificios.
- Es una fuente de energía inagotable, gratuita y que no genera ruidos molestos.

Como inconvenientes principales, tenemos los siguientes:

- La tecnología es cara ya que requiere de procesos complejos de fabricación.
- El rendimiento es muy bajo y necesita grandes superficies de captación.
- La producción eléctrica no es continua y depende de las condiciones climatológicas.
- Las celdas pierden en torno a 1% de rendimiento por año de uso.

Las investigaciones tecnológicas están tratando de mejorar el rendimiento de los paneles solares. Aunque su popularidad es grande, las celdas solares transforman actualmente con muy bajo rendimiento la energía luminosa disponible. Además, su alto costo asociado a su bajo rendimiento perjudica considerablemente su instalación. Se trata de una tecnología en auge que tomará su mayor esplendor con los avances tecnológicos futuros.

## 8 Formato de recopilación de datos

Se propone dos formatos de recopilación de datos en base a lo descrito en las secciones anteriores:

- Uno para el análisis de los consumos y demanda
- Uno para el seguimiento del Índice energético

### 8.1 FORMATO 1: Análisis de los consumos y demanda

**FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS  
ANÁLISIS DE CONSUMOS Y DEMANDA**

Razón social \_\_\_\_\_  
Fecha del taller de Eficiencia Energética \_\_\_\_\_

**I. Datos Generales**

1) Cantidad de acometidas eléctricas que están alimentadas de la red de CFE: \_\_\_\_\_

2) Cantidad de contratos de suministro con CFE: \_\_\_\_\_

3) Tipo de tarifas contratadas:

	Tarifa 02	Tarifa 03	Tarifa OM	Tarifa HM	Otra
contrato 1					
contrato 2					
contrato 3					

4) Identificar si la PyME se encuentra en un periodo de crecimiento de carga SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Describe \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5) Identificar si la PyME modificará su horario o periodo de trabajo SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Describe \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**II. Datos del recibo de CFE:** *completar las siguientes tablas para cada contrato de CFE*

	Contrato 1	Contrato 2	Contrato 3
Carga conectada (kW)			
Demanda contratada (kW)			

Para tarifas 02, 03y OM: *completar la tabla siguiente a partir de la información de los 12 últimos recibos de CFE*

Fechas	Consumo de energía total (kWh)	Demanda máxima (kW)	FP (%)	FC (%)	Costo por energía (\$)	Costo por demanda (\$)	Recargo o bonificación por factor de potencia (\$)	Costo total de la factura (\$)	Precio medio (\$/kWh)
enero									-
febrero									-
marzo									-
abril									-
mayo									-
junio									-
julio									-
agosto									-
septiembre									-
octubre									-
noviembre									-
diciembre									-
TOTAL	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-

Para tarifas HM: *completar la tabla siguiente a partir de la información de los 12 últimos recibos de CFE*

Fechas	Consumo de energía en horario base (kWh)	Consumo de energía en horario intermedio (kWh)	Consumo de energía en horario punta (kWh)	Consumo de energía en horario TOTAL (kWh)	Demanda en horario base (kW)	Demanda en horario intermedio (kW)	Demanda en horario punta (kW)	Demanda facturable (kW)	FP (%)
enero				-					
febrero				-					
marzo				-					
abril				-					
mayo				-					
junio				-					
julio				-					
agosto				-					
septiembre				-					
octubre				-					
noviembre				-					
diciembre				-					
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fechas	Costo por energía en horario base (\$)	Costo por energía en horario intermedio (\$)	Costo por energía en horario punta (\$)	Costo por energía en horario total (\$)	Costo por demanda facturable (\$)	Recargo o bonificación por factor de potencia (\$)	Costo total (\$)	Precio medio (\$/kWh)
enero				\$ -			\$ -	-
febrero				\$ -			\$ -	-
marzo				\$ -			\$ -	-
abril				\$ -			\$ -	-
mayo				\$ -			\$ -	-
junio				\$ -			\$ -	-
julio				\$ -			\$ -	-
agosto				\$ -			\$ -	-
septiembre				\$ -			\$ -	-
octubre				\$ -			\$ -	-
noviembre				\$ -			\$ -	-
diciembre				\$ -			\$ -	-
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-



## 8.2 FORMATO 2: Índice Energético

### FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS

#### ÍNDICE ENERGÉTICO

Razón social \_\_\_\_\_  
Fecha del taller de Eficiencia Energética \_\_\_\_\_

Concepto	Consumo de energía (kWh)	Unidad de producción (UP)	Unidad de la UP	IE (kWh/UP)
enero				-
febrero				-
marzo				-
abril				-
mayo				-
junio				-
julio				-
agosto				-
septiembre				-
octubre				-
noviembre				-
diciembre				-
<b>PROMEDIO</b>	-	-		-

Estos formatos alimentan en información las hojas de cálculo “Herramienta Tarifa Eléctrica” y “Herramienta Índice Energético”, las cuales sirven para el cálculo de los ahorros y optimizaciones.

## 9 Ejemplos


En esta sección, se desarrollarán ejemplos de lo explicado a lo largo del documento para poner en práctica las oportunidades de ahorro.

### 9.1 Análisis de consumos y demandas

En esta sección, se desarrollará un ejemplo de un recibo de tarifa 02, un ejemplo con tarifa OM y un último ejemplo con tarifa HM.

#### 9.1.1 Tarifa 02

**AVISO RECIBO**



**Comisión Federal de Electricidad**  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

Nombre y Domicilio:

Av. Paseo de la Reforma Num. 164  
Col. Juárez, México, D.F. 06600  
RFC: CFE370814-QIB

**Número de Servicio:**  
443 081 000 696

**Total a pagar:**  
\$11,594.00  
(ONCE MIL CINCUENTOS NOVENTA Y CUATRO PESOS 00/100 M.N.)

**Fecha límite de pago:**  
02 MAY 15

Función	No. Medidor	Leitura actual	Leitura anterior	Diferencia	Totales
kWh	64F30C	89209	84651	3668	3,668

Mes	Días de mes	Consumo prom. diario	Energía kWh	Precio \$/kWh	Importe \$
			60	2.0630	122.66
			60	2.4750	1283.96
			3,668	2.7300	9,713.34

Mes	Factor de proporción	Demanda máxima kW	Precio \$/kWh	Importe \$	Factor de potencia
	1.0000	64.65	64.65		

Tarifa	Carga conectada kW	Demanda contratada kW	Multiplicador
02			1

Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	F.C. %	Precio medio
ABR 14	2,919				0.8484
MAY 14	3,889				0.8186
JUN 14	2,990				0.8126
JUL 14	2,206				0.8285
AGO 14	2,999				0.8545
SEP 14	2,811				0.8423
OCT 14	3,280				0.8826
NOV 14	3,263				0.8826
DIC 14	3,981				2.9809
ENE 15	2,870				2.9809
FEB 15	3,088				2.8747
MAR 15	3,208				2.7981
ABR 15	3,638				2.7322

**Advertencias importantes:**

- Cambio de parte de EDI MAY 15.
- Nos trasladamos para servirte mejor.
- Servicio a Clientes Teléfono: 071.

Datos Fiscales del Receptor		Conceptos		Importe
CUI: 60242708		Exemplo		9,994.49
Serie: XA	Folio: 00044 423017	IVA 10%		1,120.11
Rolito Fiscal: 33548894-018E-439C-85E1-0F331 E598D1		Facturación del Periodo		11,594.60
N. Certificado de CFDI: 00001000000046998		Aduedo Anterior		10,416.96
No. certificado del CFDI: 00001000000047009		Sub Pago		10,416.96
Fecha y Hora de certificación: 2015-04-30 11:42:38		<b>Total</b>		<b>\$11,594.60</b>
Unidad de medida: No Aplica				
Forma de pago: No Identificado				
Regimen fiscal: TIPO II (SOL. REGIMEN DE LAS PERSONAS MÓVILES O CN. FISC. NO LICENCIADOS)				

**Cadena original:** Este documento es una representación impresa de un CFDI. **Page on una sola exhibición**

**CFE** **Comisión Federal de Electricidad**

**44308100696**  
01 44308100696 150502 000011594 7

**72DX165010010376**

**Cuenta:** 72DX165010010376 **Repartir** **Clave de envío:**

**Fecha, hora y lugar de impresión:**  
02/05/2015 10:05:30  
Paseo de la Reforma, México, D.F. 06600 México 44308100696  
El Gobierno Federal al trabajar con la imprenta, con la ayuda de un proveedor de la hoja de servicios de la imprenta, no garantiza la exactitud de los datos.


**Total a pagar:**  
\$11,594.00  
(ONCE MIL CINCUENTOS NOVENTA Y CUATRO PESOS 00/100 M.N.)

**TALÓN DE CAJA**

En base a la información del recibo,

- Calcular el consumo promedio diario: 3,658 kWh / 30 días = 122 kWh diarios
- Analizar los históricos de consumo: en la gráfica, se puede observar que el consumo de energía varía a lo largo del año, en abril es el mes con el consumo más alto y en julio, el mes con el consumo más bajo. Habría que conocer la producción de esta PyME para validar que el consumo de energía es proporcional al nivel de producción.

### 9.1.2 Tarifa OM



**Comisión Federal de Electricidad**  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

Av. Paseo de la Reforma Num. 164  
Col. Juárez, México, D.F. 06600  
RFC: CFE370814-Q10

**Número de Servicio:**  
**438 970 400 180**

**Total a pagar:**  
**\$45,110.00**  
(CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO DIEZ PESOS (00/100 M.N.))

**Fecha límite de pago:**  
**07 MAY 15**

**Nombre y Domicilio:**

75DX15K010010080      **Período**  
23 MAR 15 A 22 ABR 15

Función	No. Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
kWh	001KE6	2012	1676	137	21,000
kW	001KE6	0.630	0.0	0.630	86
kVAh	001KE6	482	444	38	6,060

Mes	Días de mes	Consumo prom. diario kWh	Energía kWh	Precio \$/kWh	Importe \$
MAR 15	08	730	5,845	1.159	6,774.74
ABR 15	22	566.7	16,075	1.097	17,633.91

Mes	Factor de proporción	Demanda máxima kW	Precio \$/kW	Importe \$	Factor de potencia
MAR 15	0.2681	86	170.03	3,730.20	
ABR 15	0.7333	86	170.80	10,646.04	96.36

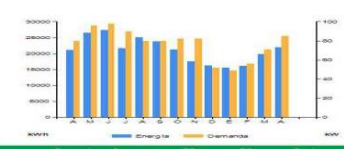
**Tarifa OM**

**Carga conectada kW**

**Demanda contratada kW**

**Multiplicador**

**Datos Históricos**



Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	P.C. %	Precio medio
ABR 14	80	21,320	99.50	57	2,8542
MAY 14	96	26,360	99.91	58	1,9320
JUN 14	90	27,260	99.67	58	2,8158
JUL 14	90	21,600	97.14	54	2,8651
AGO 14	80	25,320	98.00	44	1,9280
SEP 14	80	23,840	96.58	50	2,5224
OCT 14	82	21,280	96.50	57	2,8010
NOV 14	82	17,600	97.50	58	2,1320
DIC 14	52	16,280	98.04	45	1,8540
ENE 15	49	15,200	99.07	41	1,8454
FEB 15	58	16,360	98.01	40	1,8492
MAR 15	71	19,840	97.71	56	1,8240
ABR 15	85	21,520	98.06	56	1,7741

**Estado de cuenta**

Concepto	Importe
Energía	24,608.66
Demanda Máxima	14,276.25
2% Baja Tensión	775.69
Bonificación Factor de Potencia	672.50
Su Bónif	50,880.07
IVA 14%	4,222.89
Facturación del Período	45,110.16
Adeudo Anterior	41,999.00
Su Pago	41,999.00
<b>Total</b>	<b>\$45,110.20</b>

**Fecha Fiscal del Receptor:** 17/05/2015

**Fecha de emisión:** 17/05/2015

**Fecha de pago:** 07/05/2015

**Fecha de vencimiento:** 07/05/2015

**Fecha de corte:** 22/04/2015

**Fecha de facturación:** 22/04/2015

**Fecha de pago:** 07/05/2015

**Fecha de vencimiento:** 07/05/2015

**Fecha de corte:** 22/04/2015

**Fecha de facturación:** 22/04/2015

**Fecha, lugar y tipo de impresión:** 17/05/2015

**Impresión en:** México Ciudad de México, México

**Impresión en:** México Ciudad de México, México

**Impresión en:** México Ciudad de México, México

**Total a pagar:**  
**\$45,110.00**  
(CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO DIEZ PESOS (00/100 M.N.))

**Cuenta:** 75DX15K010010080      **Repartir**

**Clave de envío:**

- Comparar la demanda máxima con la demanda contratada:  
Demanda máxima: 85 kW  
Demanda máxima histórica: 98 kW en julio 2014  
Demanda contratada: 127 kW

Conclusión: La demanda máxima es siempre inferior a la demanda contratada. Según las previsiones de crecimiento de esta PyME, se le podría aconsejar ver la posibilidad de reducir su demanda contratada.

- Calcular la demanda promedio al dividir el consumo de energía por las horas de funcionamiento de la PyME.

Consumo de energía: 21,920 kWh

Horas de funcionamiento: 10hrs/día

Demanda promedio =  $(21,920 / 30 \text{ días}) / 10 = 73.06 \text{ kW}$

Demanda máxima: 85 kW

Conclusión: la demanda promedio y la demanda máxima son cercanas, mostrando que existen pocos picos de demanda.

- Validar que el Factor de Potencia sea superior al 90%: en los datos históricos, se puede observar que el factor de potencia es siempre superior a 95%.
- Calcular el porcentaje de repartición de la factura entre el costo de consumo y el costo de la demanda.

Costo por demanda: \$ 14,376.25

Costo por energía: \$ 24,408.66

Costo total factura: \$ 38,888.07

Repartición:

% Energía =  $\$24,408.66 / 38,888.07 = 63\%$

% Demanda =  $\$14,376.25 / 38,888.07 = 37\%$


Conclusión: al representar el 37% de la factura, vale la pena buscar reducir la demanda máxima.

- Analizar los históricos de consumo: de manera general, se observa que tanto el consumo como la demanda bajan en los meses de diciembre, enero y febrero y son más altos en los meses de mayo y junio. El consumo y la demanda son directamente proporcional a la producción de esta PyME. Sin embargo, se puede notar que octubre y noviembre 2014, la demanda se disparó en comparación del consumo de energía, habría que analizar lo que ocurrió al preguntar al personal



### 9.1.3 Tarifa HM

**AVISO RECIBO**



**Comisión Federal de Electricidad**  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

Av. Paseo de la Reforma Num. 164  
Col. Juárez, México, D.F. 06600  
RFC: CFE370814-Q10

**Número de Servicio:**  
**030 900 002 077**

**Nombre y Domicilio:**

**Total a pagar:**  
**\$ 686,818.00**  
(SEISCIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO PESOS 00/100 M.N.)

**Fecha límite de pago:**  
**13 ABR 15**

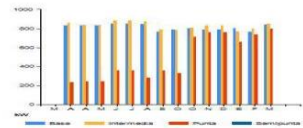
Reto	Periodo	No. Medidor
820 P05J018200785	28 FEB 15 A 31 MAR 15	8EY948

Tarifa	Carga conectada #kW	Demanda contratada #kW	Multiplicador
HM		900	1200

Función y periodo	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
KWh base				150,900
KWh intermedia				248,520
KWh punta				27,600
KW base				843
KW intermedia				851
KW punta				800
KVAh				126,920

Conceptos	Totales	Precios unitarios
Energía en base kWh	150,900	0.79160
Energía en intermedia kWh	248,520	0.00150
Energía en punta kWh	27,600	1.88820
<b>Demanda facturable kW</b>	<b>816</b>	<b>105.41000</b>

**Notas importantes:**  
- Corte a partir de 14 ABR 15.  
- No se realizaron pagos por Homejet.  
- Servicio a Clientes Teléfono 077.



Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	F.C. %	Precio medio
MAR 14	706	440,260	95.18	71	1.5281
ABR 14	701	52,800	94.77	84	1.3593
ABR 14	841	419,800	94.75	79	1.5044
MAY 14	732	596,280	94.82	76	1.4628
JUN 14	471	460,120	94.82	78	1.2552
JUL 14	422	430,260	96.24	69	1.2976
AGO 14	516	489,280	95.05	74	1.4272
SEP 14	460	480,260	95.08	72	1.2804
OCT 14	497	353,160	95.05	75	1.2594
OCT 14	466	382,280	95.46	76	1.3852
NOV 14	741	376,220	94.24	65	1.4501
DIC 14	782	350,440	95.71	64	1.4001
ENE 15	688	359,400	96.26	59	1.4165
FEB 15	756	329,260	96.25	60	1.4048
MAR 15	816	430,800	95.29	66	1.2679

**Fecha Ficticia del Receptor:**  
EHE01112709

Serie: PE      Folio: 000010381019

Reto Fiscal: 2524701-8088-498      RFEF: 87778948598

N.º Certificado del SAT: 000010000000404938

No. certificado del CSD: 000010000000470059

Fecha y Hora de certificación: 2015-04-01 11:50:32


Unidad de medida: No Aplica

Nombre de pago: No Identificado

Régimen Fiscal: TÍTULO III RÉGIMEN DE LAS PERSONAS MÓVILES CON FIANZA (LISR) (RISC)


Conceptos	\$ Importe
Energía	410,455.83
Demanda Facturable	15,1294.26
Beneficiario Factor de Potencia	7,064.50
Subsidial	55,038.59
IVA 1.6%	88,821.74
Facilidad del Periodo	642,507.83
Derecho de Alambre Público 0.00 %	44,210.07
Adicional Anterior	577,252.06
Su Pago:	577,252.06
<b>Total</b>	<b>\$ 686,818.00</b>

**Estado de cuenta**



**Clave de envío:** 01 080900602077 150413 000686818 7


Cuenta: 820 P05J018200785

Clave de envío:  Repartir

**Total a pagar:**  
**\$ 686,818.00**  
(SEISCIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO PESOS 00/100 M.N.)

**Clave de envío:** 01 080900602077 150413 000686818 7

Cuenta: 820 P05J018200785

Clave de envío:  Repartir

**Total a pagar:**  
**\$ 686,818.00**  
(SEISCIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO PESOS 00/100 M.N.)

**TALÓN DE CAJAS**

- Comparar la demanda facturable con la demanda contratada:

Demanda facturable: 816 kW

Demanda facturable máxima histórica: 841 kW en abril 2014

Demanda contratada: 900 kW

**Conclusión:** La demanda máxima es siempre inferior a la demanda contratada pero los valores son cercanos. No hay oportunidad de reducción.

- Comparar las demandas entre los 3 periodos horarios:

Demanda en horario base: 843 kW

Demanda en horario intermedio: 851 kW

Demanda en horario punta: 800 kW

Demanda facturable: 816 kW

Conclusión: las demandas en los 3 periodos horarios son similares, lo que muestra un perfil de consumo similar a lo largo del día. La demanda en horario punta es la más baja, puede indicar que ya se ha hecho optimizaciones previamente para reducir este valor. Queda como oportunidad reducir la demanda en los otros horarios, base e intermedio, para llegar al valor de la demanda punta.

- Calcular las demandas promedio sobre los tres periodos horarios (considerando que esta empresa trabaja las 24hrs):

Consumo de energía en horario base: 153,960

Consumo de energía en horario intermedio: 248,520

Consumo de energía en horario punta: 27,600

Región tarifaria: Central

Horas totales del mes del periodo base: 262 h

Horas totales del mes del periodo intermedio: 408

Horas totales del mes del periodo punta: 98

Demanda promedio en horario base:  $153,960/262 = 588$  kW

Demanda promedio en horario intermedio:  $248,520/408 = 609$  kW

Demanda promedio en horario punta:  $27,600/98 = 282$  kW

Conclusión: las demandas promedios en cada periodo de horario son menores a la demanda máxima de cada periodo (843, 851 y 800 kW). A primera vista, existen oportunidades para reducir la demanda máxima en cada periodo, sin embargo, es necesario revisar a detalle las actividades de cada horario.

- Validar que el Factor de Potencia sea superior al 90%: los datos históricos muestran que el factor de potencia siempre ha sido superior a 94.7%
- Analizar los históricos de demandas. En la gráfica, se ve claramente que las demandas máximas en horario base e intermedio son similares entre ellas y también a lo largo del año, alrededor de 800 kW. Sin embargo, se distingue que la demanda máxima en horario punta tiene un valor de alrededor de 300 kW en el periodo de verano y de 750 kW en el periodo no-verano. En este caso, esta diferencia se debe a unas actividades intensivas en consumo de energía que se realizan durante las primeras horas del horario punta (18h a 20h), durante el verano, el horario punta es de 20h a 22h.

## 9.2 Índice energético

Un ejemplo que se dedica al tratamiento de agua quiere fijar límites de control al nivel de su consumo energético.

Para eso, calcula su índice energético (IE). Define su unidad de producción como la cantidad de metros cúbicos de agua tratada. Los datos resultantes son los siguientes

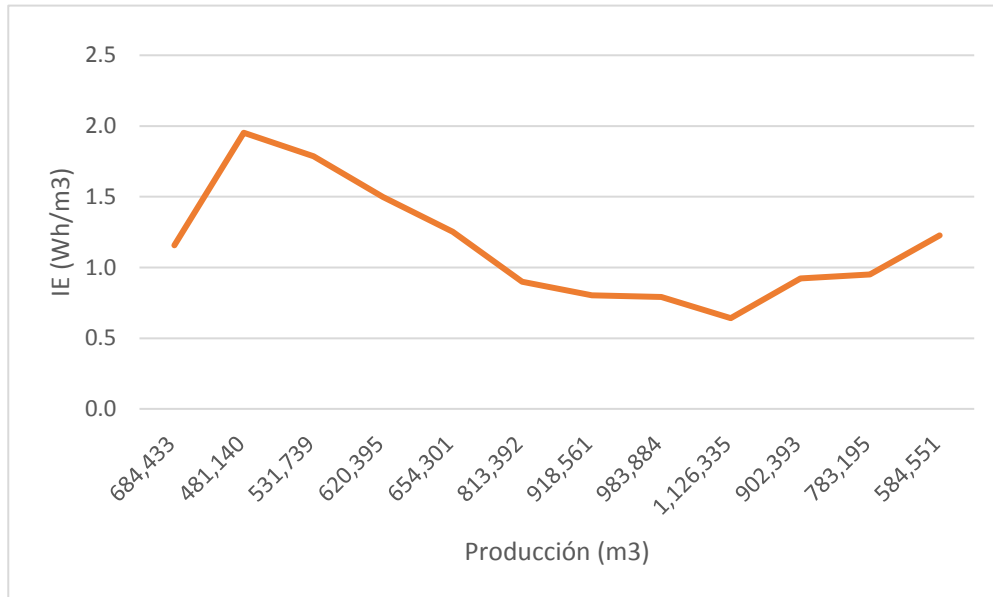
**Tabla 8 Ejemplo Índices Energético**

Periodo	Unidad de Producción (m <sup>3</sup> )	Consumo de energía (Wh)	IE (Wh/m <sup>3</sup> )
Mes 1	684,433	792,000	1.15716
Mes 2	481.140	940,000	1.95369
Mes 3	531,739	950,000	1.78659
Mes 4	620,395	930,000	1.49904
Mes 5	654,301	820,000	1.25325
Mes 6	813,392	732,000	0.89994
Mes 7	918,561	738,000	0.80343
Mes 8	983,884	780,000	0.79278
Mes 9	1,126,335	722,000	0.64102
Mes 10	902,393	832,000	0.92199
Mes 11	783,195	744,000	0.94995
Mes 12	584,551	718,000	1.22829

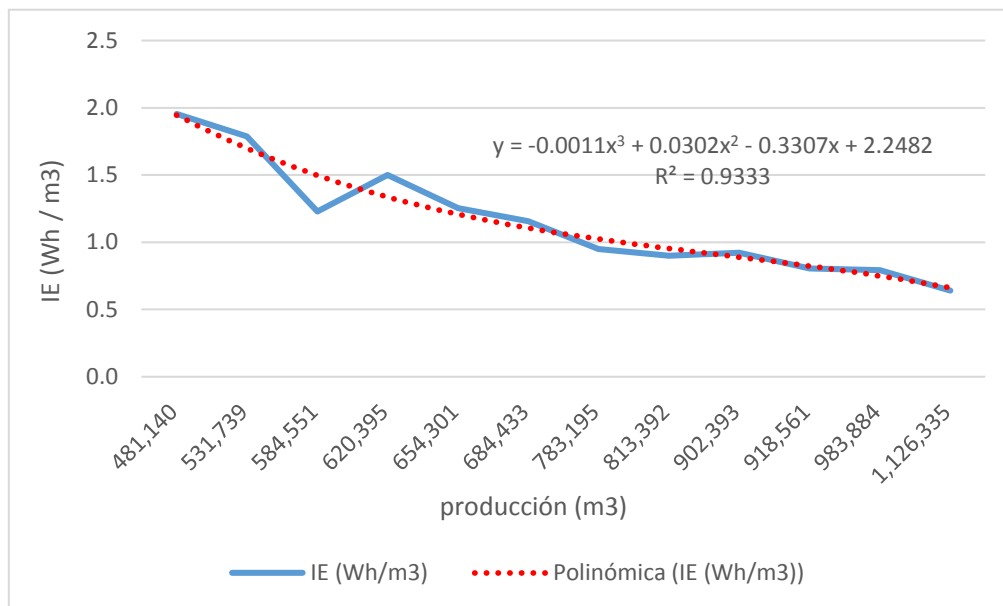
Fuente CONUEE

Se grafican los resultados IE vs. Producción, luego se ordenan de menor a mayor, los datos de producción para buscar una línea de tendencia.

**Figura 30 Ejemplo - Índice Energético vs. Producción**



**Figura 31 Ejemplo Índice Energético - Línea de tendencia**



A partir de la línea de tendencia definida, se define las metas de ahorro de energía por alcanzar y se monitorea cada mes los valores del IE para validar que siga la línea de tendencia y no rebase la meta de ahorros fijada.

### 9.3 Control de consumo y demanda

En una PyME, se levantaron las siguientes cargas:

- 200 lámparas fluorescentes de 190 W cada una. Se prenden 2hrs diarias, 250 días por año
- 6 compresores que consumen 7.5 kW, funcionan aproximadamente 1.2 horas diarias, 250 días por año

A continuación, enlistamos las cargas instaladas con sus características.

**Tabla 9 Ejemplo de cargas instaladas**

Tipo de carga	Cantidad	Potencia (kW)	Demanda máxima (kW)	Horas de funcionamiento	Consumo de energía (kWh)
Lámparas fluorescentes	200	0.19	38	500	19,000
Compresores	6	7.5	45	300	13,500
<b>TOTAL</b>			<b>83</b>	<b>800</b>	<b>32,500</b>

*NOTA: estos equipos no trabajan a cargas parciales (como podría hacerlo una bomba). Por eso, el consumo de energía se calcula como la multiplicación de la potencia por las horas de funcionamiento. En caso de una bomba, es necesario calcular su demanda promedio para calcular su consumo de energía.*

La primera etapa para buscar oportunidades de ahorro consiste en tratar de reducir los horarios de funcionamiento de estas cargas, medida de ahorro de energía que no implica inversiones.

En este caso, se conversa con el personal de la PyME y nos indica que, de las 200 lámparas encendidas en la nave, 50 lámparas son del área de almacén. A esta hora, no hay nadie en el almacén pero, como es el mismo interruptor que enciende las luminarias del almacén y parte de las luminarias de la nave, todas se prenden. También, el personal nos comenta que, al empezar el turno de trabajo, encienden los 6 compresores y los dejan prendidos todo el turno.

Al escuchar esto, el consultor decide proponer un seccionamiento de circuito para aislar las 50 lámparas del almacén y que se puedan quedar apagadas durante estas 2 horas diarias. También, propone modificar el horario de arranque y paro de los compresores para que sea escalonado, adaptándolo al proceso de negocio de la PyME. Entonces, su funcionamiento se reduce a una hora al día, así que en un futuro, se tendrá:

- 150 lámparas fluorescentes de 190 W cada una. Se prenden 2hrs diarias, 250 días por año.
- Las otras 50 lámparas no se prenderán.
- 6 compresores que consumen 7.5 kW, funcionan aproximadamente 1 h al día, al tener un arranque y paro escalonado, 250 días por año.

**Tabla 10 Ejemplo optimización de horarios de operación**

Tipo de carga	Cantidad	Potencia (kW)	Potencia total (kW)	Horas de funcionamiento	Consumo de energía (kWh)
Lámparas fluorescentes	150	0.19	28.5	500	14,250
Lámparas fluorescentes	50	0.19	9.5	0	0
Compresores	6	7.5	45	250	11,250
<b>TOTAL</b>			<b>83</b>	<b>750</b>	<b>25,500</b>

Con estas medidas de control de los horarios de funcionamiento, el consumo de energía se redujo de un 22% (= (25,500 kWh – 32,500 kWh) / 32,500 kWh).

Ahora el consultor, se concentra en buscar medidas de ahorro de energía que permita reducir la demanda máxima de estos equipos. Propone el cambio de las lámparas por unas más eficientes y de menor demanda, 110 W en lugar de 190 W, y cambiar los compresores por unos más eficientes que consumen 6.5 kW. De tal manera, que la demanda máxima se reducirá:

**Tabla 11 Ejemplo reducción de demanda**

Tipo de carga	Cantidad	Potencia (kW)	Potencia total (kW)
Lámparas fluorescentes	150	0.11	16.5
Lámparas fluorescentes	50	0.11	5.5
Compresores	6	6.5	39
<b>TOTAL</b>			<b>61</b>

Con esta medida de ahorro, se reduce la demanda máxima de 27% (= (61-83)/83) pero también, permite reducir el consumo de energía:

Tabla 12 Ejemplo resultado de control de demanda y consumo

Tipo de carga	Cantidad	Potencia (kW)	Potencia total (kW)	Horas de funcionamiento	Consumo de energía (kWh)
Lámparas fluorescentes	150	0.11	16.5	500	8,250
Lámparas fluorescentes	50	0.11	5.5	0	0
Compresores	6	6.5	39	250	9,750
<b>TOTAL</b>			<b>61</b>	<b>750</b>	<b>18,000</b>

La reducción total del consumo de energía es de 45% (= (18,000 kWh – 32,500 kWh)/ 32,500 kWh).

La última etapa consiste en calcular los ahorros económicos anuales asociados. Considerando que ésta PyME tiene un contrato con CFE en la tarifa 03 y que los últimos precios de mayo 2015 son los siguientes:

- Precio de la energía: 1.395 \$/kWh
- Precio por demanda: 249.24 \$/kW

Podemos estimar los ahorros correspondientes:

- Ahorros anuales por consumo de energía:
 
$$32,500 - 18,000 = 14,500 \text{ kWh}$$

$$14,500 \times 1.395 = 20,227.50 \text{ \$/año}$$
- Ahorros anuales por demanda máxima de energía:
 
$$83 - 61 = 22 \text{ kW}$$

$$22 \times 249.24 = 5,483.28 \text{ \$/año}$$
- Ahorro total por año:  $20,227.50 + 5,483.28 = 25,710.78 \text{ \$/año}$

## 9.5 Control del factor de potencia

### 9.5.1 Ejemplo 1: cálculo de factor de potencia

Una PyME, quiere saber si, con los motores actuales, han afectado directamente el factor de potencia. Las mediciones realizadas mostraron que la potencia activa es 2,383 kW y la potencia reactiva de 1,500 KVAR. Los motores trabajan 2,350 horas al año.

Solución: Se calcula el nuevo factor de potencia:

**Ecuación 17 Ejemplo Cálculo factor de potencia**

$$FP = \frac{2,383 \text{ KW}}{\sqrt{(2,383 \text{ KW})^2 + (1,500 \text{ KVAr})^2}} = 0.85$$

Al tener un Factor de Potencia menor 0.9, los motores si están afectando directamente este factor.

### 9.5.2 Ejemplo 2: cálculo del tamaño del banco de capacitores

El recibo de CFE de una PyME indica que el factor de potencia es de 0.7. Su demanda registrada es de 90 kW. ¿De qué tamaño debe ser el banco de capacitores para subir el factor de potencia a 0.98? ¿Cuál será el ahorro económico obtenido?

Solución:

Recordando las fórmulas siguientes:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kW}{kVA} = \cos \varphi$$

$$Qc = Q2 - Q1 = (P \times \tan \varphi2) - (P \times \tan \varphi1)$$

Obtenemos

$$FP 1 = 0.7 = \cos \varphi1, \text{ por lo tanto, } \varphi1 = \cos^{-1} 0.7 = 0.8$$

$$FP 2 = 0.98 = \cos \varphi2, \text{ por lo tanto } \varphi2 = \cos^{-1} 0.98 = 0.2$$

$$Qc = (90 \times \tan 0.8) - (90 \times \tan 0.2) = 73.54 \text{ kVAr}$$



La energía reactiva a compensar es de 73.54 kVAr, por lo tanto, se debe buscar un banco de capacitores de 75 kVAr aproximadamente.

El ahorro económico es la suma del recargo que está actualmente pagado la PyME y de la bonificación futura que tendrá al elevar su factor de potencia hasta 0.98. Por lo tanto:

$$\text{Recargo} = F * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{FP1} - 1 \right) * 100$$

$$\text{Bonificación} = F * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{FP2} \right) * 100$$

$$\text{Recargo} = 90 * \frac{3}{5} * \left( \frac{90}{70} - 1 \right) * 100$$

$$\text{Bonificación} = 90 * \frac{1}{4} * \left( 1 - \frac{90}{98} \right) * 100$$

$$\text{Recargo} = 1,543 \text{ peso}$$

$$\text{Bonificación} = 184 \text{ pesos}$$

El ahorro total será de 1,727 pesos / mes.

### 9.5.3 Ejemplo 3

Calcular la cantidad de potencia reactiva que se debe suministrar mediante un banco de capacitores para corregir el factor de potencia de 84% a 95%, localmente en un motor de 40 HP, con factor de carga de 75% y una eficiencia de 98%.

Solución:

La demanda del motor es de:  $\frac{40 * 0.746 * 75\%}{98\%} = 22.8 \text{ kW}$  (1HP = 0.746 W)

El tamaño del banco de capacitores será de:

$$\varphi_1 = \cos^{-1} 0.84 = 0.57 \quad \text{Y} \quad \varphi_2 = \cos^{-1} 0.95 = 0.32$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = (22.8 * \tan 0.57) - (22.8 * \tan 0.32) = 7.25 \text{ kVAr}$$

El tamaño del banco de capacitores a instalar debe ser de 7 kVAr.

## 9.6 Peak shaving con motores

Para ilustrar la aplicación de esta medida de ahorro, tomaremos el ejemplo de un usuario de la tarifa 2 que tiene los consumos mensuales indicados en la tabla siguiente.

Etapa 1: se calcula la demanda promedio mensual, al dividir el consumo de energía entre las horas de operación de esta PyME.

**Tabla 13 Ejemplo peak shaving - Consumo referencia**

Meses	Consumo de energía de CFE (kWh)	Cantidad de días por mes	Horas de funcionamiento diario	Demanda media horaria (kW)
Enero	3,366	31	15	7.2
Febrero	3,435	28	15	8.2
Marzo	3,347	31	15	7.2
Abril	3,846	30	15	8.5
Mayo	3,688	31	15	7.9
Junio	3,614	30	15	8.0
Julio	3,779	31	15	8.1
Agosto	3,618	31	15	7.8
Septiembre	3,846	30	15	8.5
Octubre	3,813	31	15	8.2
Noviembre	3,689	30	15	8.2
Diciembre	3,342	31	15	7.2
<b>TOTAL</b>	<b>43,383</b>			

Etapa 2: A partir de la demanda promedio horaria, se selecciona un motor de combustión interna de 6 kW de capacidad al 100% de carga.

Etapa 3: Se solicita al proveedor los costos de inversión para equipo e instalación (en este caso: \$ 50,022.82) y de los costos anuales de mantenimiento (\$15,525):

Etapa 4, 5 y 6: Se calcula la producción de energía máxima del motor al multiplicar la capacidad del motor por las horas de operación de la PyME y se compara contra los consumos de CFE mensuales. En este caso, la potencia del motor es inferior a la demanda horaria promedio durante todo el año, por lo cual, el motor trabajará siempre a 100% de carga.

**Tabla 14 Ejemplo peak shaving - Ahorro de energía**

Meses	Consumo de energía de CFE (kWh)	Potencia máxima del motor (kW)	Producción mensual máxima del motor (kWh)	Ahorro de energía (kWh)
Enero	3,366	6	2,790	2790
Febrero	3,435	6	2,520	2520
Marzo	3,347	6	2,790	2790
Abril	3,846	6	2,700	2700
Mayo	3,688	6	2,790	2790
Junio	3,614	6	2,700	2700
Julio	3,779	6	2,790	2790
Agosto	3,618	6	2,790	2790
Septiembre	3,846	6	2,700	2700
Octubre	3,813	6	2,790	2790
Noviembre	3,689	6	2,700	2700
Diciembre	3,342	6	2,790	2790
<b>TOTAL</b>	<b>43,383</b>		<b>32,850</b>	<b>32,850</b>

Etapa 7: En base a la producción de energía del motor durante el año, equivalente a los ahorros de energía, se calcula el consumo anual de gas natural del motor. Para eso, se considera el rendimiento del motor en 20% (dato proporcionado por el fabricante) y el precio del gas natural en 0.35\$/kWh (precio proporcionado por el distribuidor de gas natural local).

**Tabla 15 Ejemplo peak shaving - Consumo de gas**

Meses	Producción de energía del motor (kWh)	Consumo de gas (kWh)	Consumo de gas (\$)
Enero	2,790	13,950	\$ 4,841
Febrero	2,520	12,600	\$ 4,373
Marzo	2,790	13,950	\$ 4,841
Abril	2,700	13,500	\$ 4,685
Mayo	2,790	13,950	\$ 4,841
Junio	2,700	13,500	\$ 4,685
Julio	2,790	13,950	\$ 4,841
Agosto	2,790	13,950	\$ 4,841
Septiembre	2,700	13,500	\$ 4,685
Octubre	2,790	13,950	\$ 4,841
Noviembre	2,700	13,500	\$ 4,685
Diciembre	2,790	13,950	\$ 4,841
<b>TOTAL</b>	<b>32,850</b>	<b>164,250</b>	<b>\$ 57,001</b>

Etapa 8: no aplica en caso de la tarifa 2, dado que no hay cobro por demanda.

Etapa 9: se calculan los ahorros económicos en base a la tarifa de referencia elegida (puede ser la tarifa del mes vigente, el promedio de los últimos 12 meses, etc.)

Consumo	De 0 a 50 kWh	De 51 a 100 kWh	kWh adicionales
Tarifa	\$ 2.0530	\$ 2.4790	\$ 2.7300

En el caso estudiado, la producción de energía del motor está inferior al consumo mensual actual de CFE (más de 100 kWh de diferencia cada mes), por lo que la tarifa aplicable será de los “kWh adicionales” \$2.73/kWh

**Tabla 16 Ejemplo peak shaving - Ahorros económicos**

Meses	Consumo de energía de CFE (kWh)	Ahorro de energía (kWh)	Ahorro económico (\$)
Enero	3,366	2790	\$ 7,616.70
Febrero	3,435	2520	\$ 6,879.60
Marzo	3,347	2790	\$ 7,616.70
Abril	3,846	2700	\$ 7,371.00
Mayo	3,688	2790	\$ 7,616.70
Junio	3,614	2700	\$ 7,371.00
Julio	3,779	2790	\$ 7,616.70
Agosto	3,618	2790	\$ 7,616.70
Septiembre	3,846	2700	\$ 7,371.00
Octubre	3,813	2790	\$ 7,616.70
Noviembre	3,689	2700	\$ 7,371.00
Diciembre	3,342	2790	\$ 7,616.70
<b>TOTAL</b>	<b>43,383</b>	<b>32,850</b>	<b>\$ 89,680.50</b>

Etapa 10: se calcula la rentabilidad de esta medida:

$$TRS = \frac{I}{(A - C_{comb} - C_{mtto})} = \frac{50,022.82}{(89,680.50 - 57,001 - 15,525)} = 2.92 \text{ años}$$

La inversión se recupera (sin considerar el valor del dinero en el tiempo) es casi 3 años.

## Bibliografía

- Medición y Registro de la energía en las Pequeñas y Medianas Empresas. CONUEE, Octubre 2009
- Guía para elaborar un diagnóstico energético en instalaciones. CONUEE, 2011.
- Proceso de Identificación de Oportunidades de Ahorro de Energía. CONUEE, Octubre 2009
- Programa de capacitación para la Certificación de Administrador de Energía “Certified Energy Manager CEM® - Tecnológico de Monterrey 2008
- Página web:
  - <http://www.cfe.gob.mx/>
  - <http://www.cfe.gob.mx/Industria/InformacionCliente/Paginas/Conoce-tu-recibo.aspx>
  - <http://www.profeco.gob.mx/cfe.asp>
  - <http://www.conuee.gob.mx>