Programa de Apoyo a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas

Nacional Financiera

Portafolio de Tecnologías Ahorradoras de Energía para MIPYMES

Realizado por:

Ing. Javier Ortega Solís

Por encargo de:

Nacional Financiera, S. N. C. (NAFIN)

En cooperación con:

Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

México, D.F., Enero del 2011

Tabla de Contenido

1 Introducción 7

2.- Antecedentes 15

2 Descripción de Tecnologías de Alta Eficiencia 21

2.1. *Iluminación* 21

2.1.1 Lámparas Fluorescente Compacta (LFC) 21

2.1.1.1 Descripción de Lámpara Fluorescente Compacta. 22

2.1.1.2 Foco Incandescente (Lámpara Ineficiente) 25

2.1.1.3 Normatividad y Certificación de LFCA 25

2.1.1.4 Metodología para Cálcular el Ahorro de Energía Eléctrica de LFC. 27

2.1.1.1 Cálculo de Ahorro de EnergíaEléctrica para LFC. 28

2.1.2 Cálculo de Ahorros Económicos y del Retorno de la Inversión (ROI) 29

2.1.3 Lámparas Fluorescentes Lineales (LFL) 30

2.1.3.1 Descripción de Funcionamiento de Lámparas Fluorescentes Lineales 31

2.1.4 Balastro para Lámparas Fluorescentes Lineales 33

2.1.4.1 Descripción de Funcionamiento del Balastro para Lámparas Fluorescentes Lineales 33

2.1.4.2 Metodología para el cálculo de ahorros energéticos para lámparas fluosrecentes lineales (LFL) y balastros para LFL 36

2.1.5 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Lámparas Fluorescentes Lineales y Balastros Electrónicos. 38

2.1.6 Cálculo de Ahorros Económicos y Retorno de la Inversión (ROI) 42

2.2 Motor Eléctrico Trifásicos 44

2.2.1 Motor Eléctrico 44

2.2.2 Eficiencia de un Motor Eléctrico 44

2.2.3 Normatividad y Certificación de Motores Eléctricos Trifásicos. 46

2.2.4 Valores de eficiencia promedio ponderado para motores eléctricos. 48

2.2.5 Metodología para el Cálculo del Ahorro de Energía en Motores Eléctricos Trifásicos..... 49

2.2.6 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica en Motores Eléctricos Trifásicos..... 52

2.2.7 Cálculo de Ahorros Económicos y Retorno de la Inversión (ROI)..... 53

2.3 *Compresores de Aire* 56

2.3.1 Normatividad y Certificación de Compresores de Aire..... 59

2.3.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Compresores de Aire Eficientes. 60

2.3.3 Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Compresores de Aire Eficientes. 61

2.4 Acondicionadores de Aire..... 64

2.4.1 Normatividad y Certificación de Acondicionadores de Aire..... 66

2.4.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Acondicionadores de Aire..... 70

2.4.3 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Acondicionadores de Aire. 71

2.5 Refrigerador Comercial..... 74

2.5.1 Normatividad y Certificación de Acondicionadores de Aire..... 75

2.5.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Refrigeradores Comerciales..... 76

2.5.3 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Refrigerador Comercial. 77

2.6 *Transformadores Eficientes* 78

2.6.1 Parámetros Determinantes en la Evaluación y Rentabilidad de un Cambio de Tarifa 2 o 3 a Tarifa OM o HM..... 80

2.6.2 Análisis de Cambio de Tarifa..... 82

Bibliografía 85

Listado de Abreviaturas

BLFL	Balastro para Lámpara Fluorescente Lineal
CANAME	Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CFM	Metros Cúbicos por Minuto
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
kWh	Kilo Watts Hora
LFC	Lámpara Fluorescente Compacta
LFL	Lámpara Fluorescente Lineal
LFCA	Lámparas Fluorescentes Compactas Autobalastradas
LI	Lámpara Incandescente
L y F	Ex Luz y Fuerza del centro
MIPYMES	Micro, Pequeñas y Medianas Empresas
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
NAFIN	Nacional Financiera, S. N. C.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NOM	Norma Oficial Mexicana
REE	Relación de Eficiencia Energética
ROI	Retorno de la Inversión
SIEM	Sistema de Información Empresarial Mexicano
W	Watts

Listado de Tablas

Tabla 1: Distribución media eléctrica, según usos finales de la electricidad por región.....10

Tabla 2: Descripción de los equipos eléctricos 12

Tabla 3: Clasificación de MIPYMES por número de trabajadores. 15

Tabla 4: Número de usuario, ventas de energía, en pesos, por tarifa, 2009. 16

Tabla 5: Determinación tamaño de empresa mediante demanda eléctrica contratada.....16

Tabla 6: Definición de tarifas y costo de energía, agosto 2010.....17

Tabla 7: Usuarios considerado MIPYMES, por tarifa, precio medio energía, facturación media, 2009. 18

Tabla 8: Usuarios MIPYMES por Estado de la Republica Mexicana, 2009.....19

Tabla 9. Comparativo de foco por LFC a sustituir 24

Tabla 10. Comparativo de flujo luminoso de un foco con una LFC 24

Tabla 11. Límites de eficacia para las LFA, (Sin envolvente) 26

Tabla 12. Flujo luminoso (Lumen) mínimo para sustituir una LI 27

Tabla 13. Ahorros Energéticos por la sustitución de LI por LFC 29

Tabla 14. Ahorros económicos y ROI. 30

Tabla 15. Comparativo de flujo luminoso de T-12 vs T-8 y T-5.. 36

Tabla 16. Disminución en potencia y en consumo por el uso de LFL, T-8 39

Tabla 17. Disminución en potencia y en consumo por el uso de LFL de Tecnología T-5 40

Tabla 18. Disminución en potencia y en consumo por el uso de BLFL de Tecnología T-8 y T-5.....41

Tabla 19. Resumen de ahorros en potencia y consumo por sustituir T-12 por T-8 o T-5 42

Tabla 20. Resumen de ahorros en potencia y consumo por sustituir T-12 por T-8 o T-5 43

Tabla 21. Resumen de valores de eficiencia promedio ponderado a plena carga para motores verticales y horizontales, en por ciento. 48

Tabla 22. Perdidas de eficiencia por antigüedad y reembobinado. 51

Tabla 23. Ahorro en demanda y consumo por motores reemplazados de motores, de acuerdo al año de antigüedad. 52

Tabla 24. Ahorro económicos por reemplazo de motores antiguos, periodo de recuperación de inversión. 54

Tabla 25. Ahorro consumo por reemplazo de compresores de aire antiguos. 62

Tabla 26. Ahorro económico por reemplazo de compresores de aire antiguos y su ROI. 63

Tabla 27. Valores de REE de acondicionadores de aire tipo cuarto de NOMs y Sello FIDE. (sin ciclo inverso y con ranuras laterales). 67

Tabla 28. Valores de REE de equipos tipo Minisplit y Multisplit de NOMs y Sello FIDE. (sin ciclo inverso y con ranuras laterales). 68

Tabla 29. Valores de REEE acondicionadores de aire tipo central y dividido de NOMs y Sello FIDE. 69

Tabla 30. Ahorro en energía eléctrica y retorno de la inversión por sustituir equipos acondicionadores tipo ventana por minisplit con Sello FIDE. 72

Tabla 31. Ahorro en energía eléctrica y retorno de la inversión por sustituir equipos acondicionadores tipo paquete por equipos con Sello FIDE. 73

Tabla 32. Valores límites de consumo de energía por litro para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. 75

Tabla 33. Consumo de energía de enfriadores de acuerdo a su año de fabricación. 77

Tabla 34. Precio medio de la energía eléctrica por tarifa, 2009. 83

Lista de Figuras

Figura 1. Distribución media de la carga eléctrica en el sector industrial 9

Figura 2. Conversión de energía eléctrica a mecánica. 46

Figura 3. Evolución de las eficiencias de los motores eléctricos trifásicos 47

Figura 4. Comparación de facturación de una empresa contratada tarifa 2 vs tarifa OM. 84

1 Introducción

Nacional Financiera, S. N. C. (NAFIN) tiene como uno de sus propósitos principales en contribuir en el ahorro de energía en beneficio del medio ambiente, por lo tanto NAFIN a considerado importante atender sectores de la sociedad, por lo tanto pretende diseñar esquemas de financiamiento para impulsar el uso de tecnologías ahorradoras a nivel nacional en un segmento poblacional como son la Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES), los cuales tienen poca capacidad de acceso a financiamientos así como a las tecnológicas de vanguardia.

Asimismo, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), ha establecido un acuerdo de cooperación con NAFIN, con la finalidad de apoyar el programa de ahorro de energía eléctrica y desarrollar un trabajo que permita impulsar el uso de tecnologías de alta eficiencia en las MIPYMES y lograr así una disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El objetivo del programa tendrá la finalidad que las MIPYMES utilicen en forma más eficiente los energéticos que requieren para sus procesos productivos o en la prestación de sus servicios, cooperando a la conservación del medio ambiente mediante la disminución de los GEI.

Cabe señalar que la sustitución de equipos ineficientes por aquellos más eficientes da como resultado un menor consumo de energía eléctrica que se reflejará en una menor facturación energética, por ende menores costos de operación, así como a una mayor competitividad de las MIPYMES.

NAFIN, preocupado por el cambio climático ha estado pendiente de lo determinado por las Naciones Unidas en el Protocolo de Kyoto, el cual pretende que los países, entre ellos México, que ratificaron dicho documento, reduzcan sustancialmente sus emisiones de gases efecto invernadero.

El Programa de MIPYMES, pretende mitigar las emisiones mediante la sustitución de equipos de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia energética, por lo que la propiedad y dominio de los Bonos de Carbono que se generen serán de NAFIN, además de ser reportados y administrados por NAFIN ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)[1]. En caso de lograr la certificación de los Bonos de Carbono (unidades no emitidas a la atmósfera) y su comercialización, estos serán patrimonio de NAFIN.

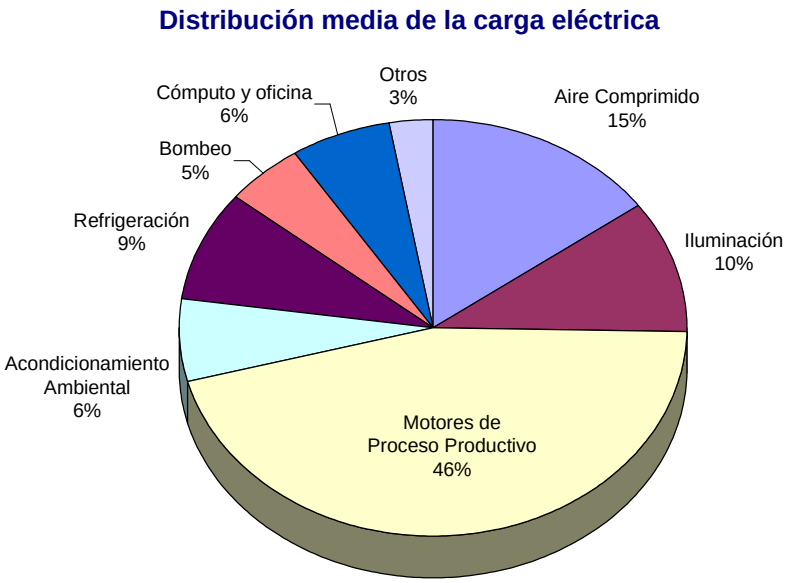
Asimismo es importante señalar, el resultado del estudio que realizó la empresa Eficiencia Energética Integral, que permite determinar la distribución de la energía eléctrica por uso final, en el sector industrial, por lo que se llevó a cabo encuestas a 2,250 industrias, para cuantificar el porcentaje de participación de las diferentes tecnologías de uso final de

[1] Instrumento creado para tales efectos por el Protocolo de Kyoto.

la electricidad, obteniéndose como resultado figura 1, los cuatro principales usos finales de la electricidad identificados son:

- Motores de Proceso Productivo[2]
- Aire Comprimido
- Iluminación
- Refrigeración

Figura 1. Distribución media de la carga eléctrica en el sector industrial



Fuente: Eficiencia Energética Integral

En el concepto de otros, se conforma por: transformadores, capacitores, reguladores, hornos eléctricos, hornos de inducción, resistencias eléctricas, soldadoras, punteadoras y otros semejantes.

[2] Motores eléctricos de proceso productivo: son aquellos que se encuentran acoplados a equipos productivos como: Transmisiones, Compuertas, Calandrias, Inyectoras, Extrusoras, Sopladores, Transportadores de cadena o de ganchos, Molinos diversos, Mezcladoras, Grúas Elevadas, Ventiladores, Extractores, Centrifugadoras, Tornos, Fresadoras, Taladros y muchas aplicaciones más.

La distribución media de la carga eléctrica recae principalmente en el uso de motores de proceso productivo (45.4%) seguido por el uso de aire comprimido (14.9%), en la tabla-siguiente se mencionan las tecnologías de mayor uso por región.

Tabla 1: Distribución media eléctrica, según usos finales de la electricidad por región.

Distribución de la Carga Eléctrica	**Noroeste[3]**	**Norte[4]**	**Occidente[5]**	**Centro[6]**	**Sureste[7]**	**L y F**	**Promedio**
Aire Comprimido	13.5%	16.1%	16.2%	15.6%	12.3%	15.6%	14.9%
Iluminación	11.9%	11.0%	9.1%	11.1%	8.1%	11.8%	10.5%
Motores de Proceso Productivo	30.6%	48.7%	53.8%	44.6%	48.1%	46.4%	45.4%
Acondicionamiento Ambiental	14.3%	7.10%	3.80%	4.90%	6.50%	2.20%	6.5%
Refrigeración	13.7%	5.7%	7.8%	6.5%	11.7%	6.6%	8.7%
Bombeo	5.2%	3.70%	4.70%	5.50%	6.10%	4.70%	5.0%
Cómputo y oficina	8.8%	4.80%	4.20%	7.80%	3.50%	8.90%	6.3%
Otros	2.0%	2.90%	0.40%	4.00%	3.70%	3.80%	2.8%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Eficiencia Energética Integral

Los principales equipos eléctricos que son utilizadas por las diferentes MIPYMES, son factibles a ser sustituidos por tecnología de alta eficiencia, lo que les permitirá reducir de manera importante su consumo de energía eléctrica y por ende el pago del recibido de energía, logrando así que las empresas puedan acceder a tecnología moderna para incrementar su productividad, coadyuvando a la mitigación de emisiones de GEI.

[3] Región Noroeste: incluye la península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa

[4] Región Norte : abarca las subdivisiones tarifarías de CFE denominadas Norte y Noreste (Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, y parte de Veracruz)

[5] Región Occidente: comprende Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán

[6] Región Centro : incluye el resto de los Estados

[7] Región Sureste: incluye la península de Yucatán mas Guerrero, Tabasco, Chiapas y Oaxaca

Hay que señalar que la mayoría de los equipos eléctricos utilizados por las MIPYMES, son obsoletos, debido a que fueron adquiridos hace más de 8 años y fueron construidos con diseños y tecnología de baja eficiencia, actualmente la tecnología a avanzado rápidamente por lo tanto podemos encontrar en el mercado sistemas eficientes y con las mismas funciones de los equipos antiguos, pero utilizando un consumo menor de energía eléctrica y con mayor durabilidad.

De manera complementaría en el capítulo 3 se presentará la descripción de manera detallada de las diferentes tecnologías de alta eficiencia factibles de utilizarse en las MIPYMES, así como los cálculos energéticos y económicos obtenidos por la utilización de tecnología eficiente, el cual se describe de forma breve:

Tabla 2: Descripción de los equipos eléctricos

Tipo de Equipos /sistemas	Definición de los Equipos	Características de los Equipos	Índice de eficiencia	Equipos Ineficientes
Acondicionador de Aire	Aparato diseñado para extraer calor y humedad del aire de un cuarto cerrado, pudiendo también contar con medios para ventilación, extracción y calefacción de aire. **FUENTE:** **NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000**	Los acondicionadores de aire tipo cuarto nuevos, con o sin calefacción, con condensador enfriado por aire y con capacidades de enfriamiento hasta de 10 600 watts. **FUENTE: NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000** Es un acondicionador de aire, constituido por dos cuerpos, uno al interior del cuarto, espacio o zona cerrada (espacio acondicionado) y otro al exterior conectados por tuberías. Está constituido por una fuente primaria de refrigeración para enfriamiento y/o deshumidificación y puede incluir medios para calefacción, circulación y limpieza del aire. **FUENTE: PROY-NOM-023-ENER-2008** Los acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido, operados con energía eléctrica, en capacidades de enfriamiento de 10540 W hasta 17580W que funcionan por compresión mecánica y que incluye un serpentín, evaporador, enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o por agua. • Equipo tipo paquete.- Es un equipo de aire acondicionado tipo central, en el cual todos los componentes principales son acoplados en un solo gabinete. • Equipo tipo dividido.- Es un equipo de aire acondicionado tipo central en el cual uno o más de los componentes principales son separados unos de otros y que son diseñados para trabajar en conjunto. **FUENTE NOM-011-ENER-2002**	EER (BTU / h) (Por sus siglas en inglés Relación de Eficiencia Energética).	Se considera a los equipos ineficientes, aquellos que tienen una antigüedad mayor a 8 años en operación. Los valores de eficiencia son menores a la del sello FIDE, debido a que fueron fabricados bajo condiciones y materiales diferentes, asimismo, pierde eficiencia por sus condiciones de operación.

Tipo de Equipos /sistemas	Definición de los Equipos	Características de los Equipos	Índice de eficiencia	Equipos Ineficientes
Sistemas de iluminación	Lámpara fluorescente compacta.- es un dispositivo propio para la emisión de luz y funciona mediante descargas eléctricas sobre un gas enrarecido, desencadenando radiaciones ultravioleta que se transforman en luz. **FUENTE GLOSARIO DE TERMINOS SOMAC**	Lámpara fluorescente compacta está formada por delgados tubos fluorescentes, de encendido instantáneo, incluye balastro electrónico, en tensiones de 120, 127, y 220 V de corriente alterna y frecuencia de 60 Hz. **FUENTE GLOSARIO DE TERMINOS SOMAC**	Eficacia (Lm / W) (Flujo luminoso en Lúmenes / Watts eléctricos de la lámpara)	Lámpara Incandescente.- Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa, su operación esta basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco. **GLOSARIO DE TERMINOS SOMAC**
	Lámpara Fluorescente lineal.-Es una lámpara de descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, en la cual la emisión principal de la luz proviene de una o más capas de material fluorescente, el cual es excitado por la radiación ultravioleta de la descarga. El bulbo puede ser tubular recta o curvada. **FUENTE NOM-058-SCFI-1999**	Lámpara fluorescente lineal tipo T-8.- Tiene un diámetro de 1 de pulgada, puede ser de encendido rápido o instantáneo y en capacidades de 59, 40, 32, 25 y 17 watts **FUENTE CATALOGO GENERAL DE ESPECIFICACIONES PHILIPS 2003**	**Lámpara**: Eficacia (Lm / W)	Lámpara Fluorescente lineal tipo T-12.- Tiene un diámetro de 1.5 de pulgada, puede ser de encendido rápido o instantáneo y en capacidades de 75, 60, 55, 40, 39, 34, 30, 21 y 20 watts **FUENTE CATALOGO GENERAL DE ESPECIFICACIONES PHILIPS 2003**
	Balastro.- Dispositivo para controlar los parámetros eléctricos de alimentación a lámparas fluorescentes. **FUENTE NOM-058-SCFI-1999**	Balastro de alta eficiencia.- Balastro con circuitos electrónicos de estado sólido, que permite reducir su peso, ruido y temperatura; al mismo tiempo mejora su eficiencia, distorsión armónica y factor de potencia. **FUENTE GLOSARIO DE TERMINOS SOMAC**	**Balastro**: BEF (Por sus siglas en inglés Factor de Eficacia de Balastro % Factor de Balastro Watts eléctricos de entrada	Balastro electromagnético.- Es un dispositivo que por medio de inductancias, capacitancias y, resistencias, solos o en combinación, limitan la corriente de lámpara y, cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido, tiene una frecuencia de salida de 60 Hz. FUENTE **NOM-058-SCFI-1999**
Motores Eléctricos Trifásicos	Es una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica y utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica **FUENTE NOM-016-ENER-2002**	Los motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, con tensión eléctrica nominal de hasta 600 V, abierta y cerrada, de una sola frecuencia de rotación, de posición de montaje horizontal o vertical. **FUENTE NOM-016-ENER-2002**	η = kW salida / kW entrada ó Potencia mecánica / Potencia eléctrica	Se considera a los equipos ineficientes, aquellos que tienen una antigüedad mayor a 8 años en operación. Los valores de eficiencia son menores a la del sello FIDE, debido a que fueron fabricados bajo condiciones y materiales diferentes, asimismo, pierde eficiencia por sus condiciones de operación.

Tipo de Equipos /sistemas	Definición de los Equipos	Características de los Equipos	Índice de eficiencia	Equipos Ineficientes
Compresores de Aire	Máquina que genera un flujo volumétrico de aire comprimido y suministrado en condiciones de temperatura y presión. **FUENTE PROYECTO DE INCENTIVOS PARA COMPRESORES DE AIRES (ARTICULO FIDE)**	Tipo Tornillo.- Los compresores de tornillo son maquinas rotatorias en las cuales 2 rotores se entrelazan, desplazando y comprimiendo el aire como en secuencia **FUENTE PROYECTO DE INCENTIVOS PARA COMPRESORES DE AIRES (ARTICULO FIDE)**	CFM / HP	Tipo Pistón.- Los compresores reciprocantes es una máquina en las cuales el elemento de desplazamiento y compresión es un pistón, con movimiento alternativo dentro de un cilindro. **FUENTE PROYECTO DE INCENTIVOS PARA COMPRESORES DE AIRES (ARTICULO FIDE)**
Refrigeración Comercial	Es un aparato fijo, que tienen integrada en su gabinete la unidad condensadora. • Enfriador.- Aparato diseñado para operar a temperatura media • Congelador.- Aparato diseñado para mantener una temperatura menor o igual a -18°C • Vitrina Aparato exhibidor diseñado para conservar una temperatura media o baja **FUENTE NOM-022- ENER/SCFI/ECOL ENER-2000**	Refrigeración comercial autocontenidos alimentados con energía eléctrica: Enfriadores verticales con una o más puertas frontales con capacidad de 100 litros o más; enfriadores horizontales con capacidad de 110 litros o más; congeladores horizontales con capacidad de 110 litros o más; congeladores verticales con capacidad de 50 litros o más y vitrinas cerradas con capacidad de 200 litros o más. **FUENTE NOM-022- ENER/SCFI/ECOL ENER-2000**	Emáx (Consumo de energía máximo) kWh/año	Equipos de más de 8 años de antigüedad Se fabricaron con valores de consumo mayores al especificado en la NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000
Transformador de Distribución	Dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentado o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas. **FUENTE NOM-002-SEDE-1999**	Transformador de distribución tipo poste.- Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar. **FUENTE NOM-002-SEDE-1999**	η = % Potencia real salida / Potencia real entrada De acuerdo a su clase de aislamiento: hasta 15, kV, 25 kV, 54.5 kV	Aquellos que utilizan aluminio en sus devanados, así como liquido aislante (aceite no biodegradable)

Fuente: Elaboración propia

2.- Antecedentes

La Secretaría de Económia, informa que las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), son un elemento fundamental para el desarrollo económico de los países, tanto por su contribución al empleo, como por su aportación al Producto Interno Bruto. En el caso de México, las MIPYMES, generan el 52 por ciento del Producto Interno Bruto y contribuyen con el 72 por ciento de los empleos formales, del total de empresas el 99.8 por ciento son MIPYMES. En 2003 existían en México 3'005,157 empresas (Secretaría de Económica, 2010).

El Sistema de Información Empresarial Mexicano de la Secretaría de Económica (SIEM), clasifica a las MIPYMES de acuerdo al número de trabajadores por empresa, tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Clasificación de MIPYMES por número de trabajadores.

Sector / Tamaño	Industria	Comercios	Servicios
Micro	0 - 10	0 - 10	0 - 10
Pequeña	11 - 50	11 - 30	11 - 50
Mediana	51 - 250	31 - 100	51 - 100

Fuente: SIEM

Otro mecanismo para determinar la cantidad de empresas establecidas en México, es a través de la tarifa eléctrica, que son los usuarios que cuentan con un contrato con la compañía suministradora, Comisión Federal de Electricidad (CFE), donde en su página de internet www.cfe.gob.mx, se puede obtener el número de empresas con servicio eléctrico, así como su consumo energía eléctrica y el pago por la misma, el cual se describe a continuación.

Tabla 4: Número de usuario, ventas de energía, en pesos, por tarifa, 2009.

	2009		
Tarifas CFE	**Usuarios**	**Ventas (MWh)**	**Productos (Miles $)**
Tarifa 1	29,455,336	48,539,532	51,817,561
Tarifa 2	3,384,339	11,424,989	27,585,303
Tarifa 3	24,022	1,976,246	4,191,565
Tarifa OM	178,505	12,491,711	19,641,056
Tarifa HM	57,560	55,137,963	65,872,480
Tarifas HS, HSL, HT, HTL	805	34,794,155	33,241,974

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE

Para determinar el tamaño de la empresa mediante la demanda eléctrica contratada con la CFE, se define a las Micro, Pequeñas y Medianas empresas de la siguiente manera:

Tabla 5: Determinación tamaño de empresa mediante demanda eléctrica contratada

Tamaño	Micro	Pequeña	Mediana
Demanda de energía eléctrica	Menor de 25 kW Tarifa 2	Menor de 100 kW Tarifa 3 y OM	Menor de 300 kW Tarifa HM

Fuente: Definición y elaboración propia

A continuación se definen las tarifas 2, 3, OM y HM, el tipo de negocio considerado y los costos de la energía eléctrica al mes de agosto del 2010, de la Región Central, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: Definición de tarifas y costo de energía, agosto 2010.

Tarifa	Definición de Tarifa	Tipo de Negocio	Rango de Consumo y Costos Agosto 2010	
				$*
2	Servicios general hasta 25 kW de demanda	Restaurantes, tiendas y abarrotes, estéticas, hoteles, gimnacios, lavanderías, ferreterías, panaderías, funerarias, farmacias, etc.	Cargo fijo	47.35
			por cada uno de los primeros 50 kW-hora	1.946
			por cada uno de los siguientes 50 kW-hora	2.35
			por cada kW-hora adicional a los anteriores	2.585
3	Servicios general para más de 25 kW de demanda	Hoteles, edificios de oficinas, pequeñas industrias, centros comerciales pequeños, escuelas, hospitales, etc.	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	215
			Cargo por kilowatt - hora de energía consumida	1.461
OM	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW	Hoteles, edificios de oficinas, pequeñas industrias, centros comerciales pequeños, escuelas, hospitales, etc.	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida (REGIÓN CENTRAL)	148.28
			Cargo por kilowatt - hora de energía consumida (REGIÓN CENTRAL)	1.196
HM	Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más	Metal mecanica, alimentos, refrequeras, textil, papeleras, autopartes, hoteles, centros comerciales, hospitales, escuelas, etc.	Cargo por kilowatt de demanda facturable (REGIÓN CENTRAL)	161.68
			Cargo por kilowatt - hora de energía de punta (REGIÓN CENTRAL)	1.8225
			Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia (REGIÓN CENTRAL)	1.0617
			Cargo por kilowatt - hora de energía de base (REGIÓN CENTRAL)	0.8874

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE

Con relación a la clasificación anterior, podemos establecer el número de usuarios contratados hasta diciembre del 2009 con la empresa suministradora eléctrica CFE y que son considerados como MIPYMES, tal y como se muestra en la siguiente tabla, adicionalmente podemos establecer el precio medio de energía eléctrica y el consumo medio por cada tarifa.

Tabla 7: Usuarios considerado MIPYMES, por tarifa, precio medio energía, facturación media, 2009.

Tarifas	Usuarios	Consumo 2009	Facturación	Precio Medio	Facturación Medio	Consumo Medio
	No.	kWh	$	($/kWh)	($/usuario)	(kWh/Usuario)
	A	B	C	D	E	F
				C / B	C x A	B/A
2	3,384,339	11,424,989,000	27,585,303,000	2.4145	8,151	3,376
3	24,022	1,976,246,000	4,191,565,000	2.1210	174,489	82,268
OM	178,505	12,491,711,000	19,641,056,000	1.5723	110,031	69,980
HM 1/	37,990	11,027,592,600	13,174,496,000	1.1947	346,792	290,279
Total	**3,624,856**	**36,920,538,600**	**64,592,420,000**	**1.7495**	**17,819**	**10,185**
1/ Se considera que el 66% del total de usuarios de la tarifa HM son PyME´s						

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE

Como podemos observar hasta el año 2009 existían 3,624,856 de usuarios consideras como MIPYMES, quienes representan el 22.5% del consumo total nacional, donde los usuarios contratados en tarifas 2 y 3, tienen el precio medio de la energía eléctrica más alta, por arriba de los 2 pesos por kWh.

De forma complementaría las MIPYMES, las podemos desglosar por cada Estado de la Republica Mexicana, tal y como siguiente tabla:

Tabla 8: Usuarios MIPYMES por Estado de la Republica Mexicana, 2009.

Estados	Total
Aguascalientes	45,522
Baja California	102,433
Baja california Sur	29,369
Campeche	22,164
Coahuila	77,219
Colima	29,444
Chiapas	98,937
Chihuahua	99,064
Distrito Federal	381,412
Durango	46,884
Guanajuato	185,121
Guerrero	90,900
Hidalgo	83,295
Jalisco	310,414
Edo México	299,965
Michoacán	195,403
Morelos	70,671
Nayarit	41,141
Nuevo León	151,989
Oaxaca	121,864
Puebla	201,761
Querétaro	62,751
Quintana Roo	42,301
San Luis Potosí	92,769
Sinaloa	86,413
Sonora	84,863
Tabasco	62,187
Tamaulipas	111,885
Tlaxcala	40,653
Veracruz	236,501
Yucatán	64,557
Zacatecas	55,007
Total	**3,624,856**

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE, 2009

Es importante señalar que las MIPYMES, cuentan con diversas barreras que les impiden ser más competitivas, entre las que destacan:

- Altos consumos de energía eléctrica y precios altos de tarifas eléctricas,
- Escasos financiamientos a micro empresas con altas tasas de interés, así como elevadas comisiones,
- No existen mecanismos de financiamientos que aprovechen el flujo de efectivo generado por la aplicación de medidas de ahorro de energía eléctrica,
- Carencia de información de tecnologías eficientes,
- Alto costo incremental de los equipos de alta eficiencia,
- Incertidumbre de las empresas industriales, comerciales y de servicios con relación a los beneficios de los proyectos de ahorro de energía eléctrica, y en particular de la posibilidad de que financiamientos para desarrollar proyectos se paguen con los ahorros obtenidos.

2 Descripción de Tecnologías de Alta Eficiencia

2.1. *Iluminación*

El método más común de obtener luz es generar previamente calor, como ocurre cuando hacemos una antorcha con la rama de un árbol o encendemos una vela, o una lámpara de queroseno. Thomas Alva Edison patentó la lámpara incandescente en 1879 y millones de hogares en todo el mundo se alumbran todavía con lámparas incandescentes, a pesar de que desde finales de los años 30 del siglo pasado existen otros tipos de lámparas con similares o mejores prestaciones y menor consumo energético. Entre esas lámparas se encuentran, por ejemplo, los tubos rectos y circulares de lámparas fluorescentes y, de aparición más reciente, las lámparas fluorescentes compactas (LFC) ahorradoras de energía.

2.1.1 Lámparas Fluorescente Compacta (LFC)

Lámpara Fluorescente Compacta

Las lámparas ahorradoras de energía denominadas LFC son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, que se utilizan para iluminar espacios como oficinas o centros comerciales (http://www.asifunciona.com). En la práctica el rendimiento de las LFC es mucho mayor a de las lámparas incandescentes; consumen menos energía eléctrica y el calor que disipan al medio ambiente es prácticamente nulo. Las lámparas incandescentes aprovechan sólo el 5% para generar luz y 95% son perdidas de calor. En cambio la LFC utiliza el 95% de la energía eléctrica para producir luz y solamente el 5% son perdidas por calor.

2.1.1.1 Descripción de Lámpara Fluorescente Compacta.

Las LFC son dispositivos propios para la emisión de luz y funcionan en forma modular con un balastro, tienen un casquillo igual al de las lámparas incandescentes, lo cual permite usarse directamente a la red de alimentación (Alex Ramírez, 2009).

Las LFC han tenido un impresionante desarrollo en los últimos años ya que son la mejor alternativa para ahorrar energía y disminuir el impacto al medio ambiente. La vida útil varía entre 6,000 y 15,000 horas.

En los últimos años se han desarrollado una infinidad de modelos y formas, desde las emuladoras de lámparas incandescentes hasta los globos y las espirales (helicoidales). Las espirales tienen la ventaja de ser muy compactas, aún más pequeñas que las lámparas incandescentes, por lo que se supera el problema de espacio en luminarios existentes. Los tubos de las LFC son cada día más delgados, donde el diámetro del bulbo se expresa en octavos de pulgada, pasando de T5 a T4, T3 y recientemente las T2, con desempeño superior.

Modelos y Formas LFC

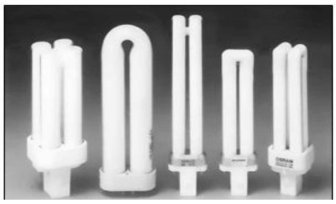
El funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía es el mismo que el de un tubo fluorescente. La LFC está formada por un tubo fino de vidrio revestido interiormente con una sustancia que contiene fósforo y otros elementos que emiten luz al recibir una radiación ultravioleta de onda corta. El tubo contiene una pequeña cantidad de

vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, sometidos a una presión ligeramente inferior a la presión atmosférica y en los extremos del tubo existen dos filamentos hechos de tungsteno. Encendido inmediato tan pronto se acciona el interruptor, pero con una luz débil por breves instantes antes de que alcancen su máxima intensidad de iluminación

- **LFC Modulares.-** Son lámparas que se pueden desacoplar del balastro y que generalmente tienen un arrancador en una base de 2 patillas o pines de contactos eléctricos externos, operando en el modo precalentamiento. En algunos modelos el balastro es del tipo magnético con bajo factor de potencia y se aloja en un contenedor con una base roscable compatible con un socket tipo Edison que también tiene una entrada especial para conectar a la lámpara.

- **LFC Integradas.**- Son lámparas que tienen el balastro integrado. El balastro puede ser magnético ó electrónico y no puede desacoplarse de la lámpara por lo que también se les conoce como “lámparas autobalastradas”. El encendido puede ser en modo rápido ó instantáneo. La tendencia actual es preferir la opción electrónica que puede trabajar en alta frecuencia para aprovechar los beneficios en eficacia y con un factor de potencia que generalmente es adelantado.

- **LFC Dedicadas.-** Son sistemas que pueden contener una ó más LFC modulares ó integradas, pero que además incluyen un luminario con un diseño térmico y fotométrico que ofrece en conjunto resultados superiores a los de las LFC independientes. Pueden usar balastros electrónicos o magnéticos y alojar de 1 a 3 LFC por luminario.



Para cada foco existe una lámpara ahorradora que la puede sustituir.

Tabla 9. Comparativo de foco por LFC a sustituir

Foco Convencional Watts	Lámpara Ahorradora Watts	Ahorro Watts	Ahorro %
60	15	45	75 %
75	20	55	73 %
100	23	77	77 %

Fuente: FIDE.

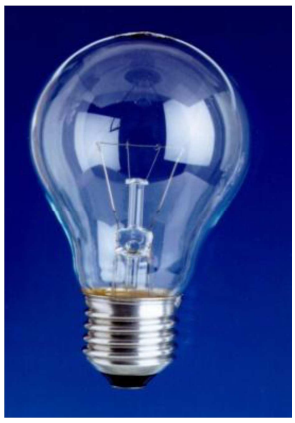
La luz que emite una lámpara ahorradora es igual o superior conforme su equivalencia con un foco convencional.

Tabla 10. Comparativo de flujo luminoso de un foco con una LFC

Foco	60 Watts	75 Watts	100 Watts
Flujo Luminoso	820	1.070	1.560
Lámpara	15 Watts	20 Watts	23 Watts
Flujo Luminoso	800	1,170	1,550

Fuente: FIDE.

2.1.1.2 Foco Incandescente (Lámpara Ineficiente)



Lámpara Incandescente

La lámpara incandescente se compone de un filamento de alambre encerrado en un bombillo ó bulbo relleno de determinado gas ó simplemente al vacío. Al aplicársele voltaje a la lámpara la corriente que circula por el filamento eleva la temperatura de éste hasta el punto de incandescencia, emitiéndose energía radiante en forma de luz y calor (Alex Ramírez, 2009).

Debido a ese fenómeno físico, el 95% del total de la energía eléctrica que consume una lámpara incandescente para emitir luz se pierde por disipación de calor al medio ambiente, sin que esa pérdida reporte ningún beneficio útil. En la práctica, durante todo el tiempo que permanece encendida una lámpara incandescente disipa más radiaciones infrarrojas (no visibles, pero que se perciben en forma de calor), que ondas electromagnéticas de luz visible para el ojo humano. Su eficacia es la más baja del mercado y tienen una vida útil muy corta, generalmente menor de 1,000 horas.

2.1.1.3 Normatividad y Certificación de LFCA

El 26 de agosto de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-017-ENER/SCFI-2008, Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastradas. Límites y métodos de prueba.

El objetivo de la NOM es establecer los límites mínimos de eficacia para las lámparas fluorescentes compactas autobalastradas (LFCA), así como las especificaciones de seguridad al usuario y los métodos de prueba aplicables para verificar dichas especificaciones.

Las LFC deben cumplir con la eficacia mínima para obtener la NOM, asimismo se muestran los valores establecidos para obtener el sello FIDE, se muestran en la Tabla siguiente, los valores mínimos de eficacia.

Tabla 11. Límites de eficacia para las LFA, (Sin envolvente)

Intervalos de Potencia	**NOM 017 Eficacia mínima (lm/W)**	**Sello FIDE Eficacia mínima (lm/W)**
Menor o igual que 7 W	40,5	44,0
Mayor que 7 W y menor o igual que 10 W	44,5	49,0
Mayor que 10 W y menor o igual que 14 W	46,0	50,0
Mayor que 14 W y menor o igual que 18 W	47,5	42,5
Mayor que 18 W y menor o igual que 22 W	52,0	57,5
Mayor que 22 W	56,5	60,0

Fuente: Elaboración propia con datos de NOM-017-ENER/SCFI-2008 y Sello FIDE.

El "Sello FIDE" es un programa voluntario desarrollado por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) que tiene la finalidad de identificar los equipos eléctricos de alta eficiencia que constituyan una opción para quienes emplean equipo eléctrico y buscan, no sólo el ahorro del fluido, sino también, beneficios económicos para sus bolsillos y sus empresas.

El "Sello FIDE", de aquellos equipos, materiales y tecnologías garantiza un alto grado de eficiencia en el consumo de electricidad, por lo que pueden considerarse como ahorradores, con tecnología de punta. Es importante hacer mención que los equipos de más alta eficiencia tienen también una vida útil superior a las de sus equivalentes convencionales, por lo que el ahorro económico se refiere, tanto a lo que se deja de pagar por consumo, como por una disminución en los costos de mantenimiento y reposición.

2.1.1.4 Metodología para Cálcular el Ahorro de Energía Eléctrica de LFC.

De acuerdo a la metodología aprobada por la junta ejecutiva del MDL, AMS II J ***Demand-side activities for efficient lighting technologies ver 3,*** establece que el flujo luminoso total de las LFC debe ser igual o superior a la emitida por la Lámpara Incandescente (LI) a ser sustituido, para el caso de las LI, los valores mínimos de flujo luminoso aceptados se especifican en el cuadro siguiente.

Tabla 12. Flujo luminoso (Lumen) mínimo para sustituir una LI

Tecnología base Lámpara Incandescente (Watt)	Salida Mínima de Luz (Lumen)
25	230
40	415
50	570
60	715
75	940
90	1,227
100	1,350
150	2,180
200	3,090

Fuente: UNFCCC/CCNUCC; AMS *II.J. Demand-side activities for efficient lighting technologies ver 3; Mayo 2009.*

La siguiente formula permite calcular el ahorro de energía eléctrica, por la sustitución de una lámpara incandescente por una fluorescente compacta, que se encuentran en empresas consideradas MIPYMES.

$$ES_i = n * (P_{i,BL} - P_{i,PJ}) * O_i * 213^{8} / 1000$$

Fuente: POA design document; CFL lighting scheme – "Bachat Lamp Yojana"

Donde:

i = Contador para el tipo de dispositivo de iluminación por ejemplo, 40 W de lámpara incandescente, LFC de 14 W.

n = Numero de tipos de dispositivos de alumbrado

ESi = Estimación de ahorro anual de electricidad para los equipos del tipo i, de acuerdoa la tecnológico de referencia. LFC (kWh)

Pi,BL = Potencia nominal de los dispositivos de iluminación de referencia (LI) del grupo del tipo i los dispositivos de alumbrado (Watts)

Pi,PJ = Potencia nominal de los dispositivos de proyecto de iluminación (LFC), del grupo de "los dispositivos de alumbrado i" (Watts)

Oi = El promedio de horas diarias de funcionamiento de los dispositivos de iluminación (LI), reemplazados por el grupo de "los dispositivos de alumbrado i", utilizando 11[9] horas por cada período de 24 horas.

2.1.1.1 *Cálculo de Ahorro de EnergíaEléctrica para LFC.*

A manera de ejemplo, en la siguiente tabla se presentan datos de potencia de las LFC y su respectivo flujo luminoso (Valores Sello FIDE), el cual es superior al valor mínimo requerido para sustituir una lámpara incandescente.

[8] El valor original es de 365 días al año y se modifica ya que el equipos funcionará para el sector industrial y comercial

[9] El valor original es de 3.5 horas de operación diaria, pero se modifica ya que el equipo funcionará para el sector industrial y comercial.

Tabla 13. Ahorros Energéticos por la sustitución de LI por LFC

Lámpara Fluorescente Compacta (LFC) (Watts)1/	Salida de Luz (Lumen) 1/	Ahorro de Potencia W	Ahorro de Consumo Eléctrico kWh/año 2/
7	260	18	42.2
9	430	31	72.6
11	580	39	91.4
15	850	45	105.4
18	1,100	57	133.6
20	1,280	70	164.0
23	1,450	77	180.4
42	2,650	108	253.0
55	3,240	145	339.7

Fuente: Elaboración propios con datos de productos certificados Sello FIDE; 19 agosto 2010

1/: Valores productos certificados con sello FIDE
2/ Horas de operación promedio al día 11 horas y 213 días al año.

Es importante comentar, que existen diversas LFC con potencia similares a las indicadas en la tabla anterior pero su flujo luminoso es menor al requerido en la tabla 12.

2.1.2 *Cálculo de Ahorros Económicos y del Retorno de la Inversión (ROI)*

A continuación se muestran a manera de ejemplo los ahorros económicos que pueda obtener un micro empresario que se encuentra contratado en la tarifa 2 con la CFE, así como su periodo del Retorno de la Inversión, por sus siglas en ingles (ROI) en años, al cambiar una lámpara incandescente por una LFC T-3 de 10,000 horas de vida útil.

Tabla 14. Ahorros económicos y ROI.

Lámpara Fluorescente Compacta (LFC) (Watts)1/	Ahorro Económico 1/ $	Retorno de la Inversión 2/ años
7	101.8	0.34
9	175.4	0.25
11	220.6	0.19
15	254.6	0.19
18	322.5	0.17
20	396.0	0.19
23	435.6	0.18
42	611.0	0.23
55	820.3	0.28

Fuente: Elaboración propios con datos de distribuidores LFC; septiembre 2010

1/ Tarifa 2 corresponde al mes de agosto 2010.

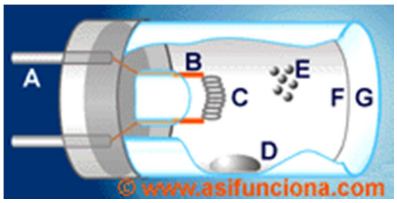
2/ precio de distribuidor proporcionado septiembre del 2010.

2.1.3 Lámparas Fluorescentes Lineales (LFL)

Lámpara Fluorescente lineal, es una lámpara de descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, en la cual la emisión principal de la luz proviene de una o más capas de material fluorescente, el cual es excitado por la radiación ultravioleta de la descarga. El bulbo puede ser tubular recta o curvada. La lámpara fluorescente forma parte de la familia de lámparas de descarga en gas y a diferencia de las incandescentes, para su operación requieren de un balastro para evitar que la corriente se dispare y la lámpara se destruya (Alex Ramírez, 2009).

2.1.3.1 *Descripción de Funcionamiento de Lámparas Fluorescentes Lineales*

Básicamente la lámpara fluorescente consta de un tubo cerrado de vidrio, dos cátodos – uno en cada extremo-, un gas noble ó mezcla de ellos, dos bases, un recubrimiento interior de halofosfatos ó tierras raras y una pequeña cantidad de mercurio. Cuando uno de los cátodos se calienta empieza a emitir electrones a lo largo del tubo en dirección del otro cátodo estableciendo entonces un flujo de corriente. Esta corriente incrementa la temperatura interior y a volumen constante aumenta la presión. En estas condiciones las gotitas de mercurio empiezan a "sudar" y luego a vaporizar. Cuando este ambiente gaseoso de vapor de mercurio se ve bombardeado por los electrones emitidos por los cátodos, se ioniza, y al desprenderse del exceso de energía emite un fotón de radiación ultravioleta. La radiación ultravioleta es invisible pero al pasar por la capa de recubrimiento interior "fluorece", es decir, cambia su longitud de onda volviéndose luz -radiación visible- de donde toma el nombre de fluorescente.



Fuente. www. asifunciona.com

Las lámparas fluorescentes se pueden clasificar de varias maneras:

a. Forma y tamaño del bulbo.- Las hay disponibles en forma de tubo recto, dobladas en forma de "U" ó de "W", circulares ó en forma de dona, rectas con bulbo con depresiones, helicoidales, con reflector interior, etc. El diámetro del bulbo también

es importante y se expresa generalmente en octavos de pulgada, por ejemplo T12 ó T3. La tendencia internacional es a producir bulbos más delgados con recubrimientos más costosos pero con el consiguiente beneficio en calidad de luz y eficacia.

b. Método de encendido.- Existen básicamente 3 métodos: arranque por precalentamiento, encendido rápido y encendido instantáneo. Las primeras tienen un arrancador que calienta

La tendencia internacional es a reducir los diámetros, aumentar la eficacia y mejorar el rendimiento de color (CRI). Lámparas actuales –conocidas como T12 se pueden sustituir por las más modernas que son las de bulbo- T8, T5 y T2. Las de mayor eficacia en la actualidad son las T5, disponibles en versiones estándar y de alto flujo luminoso, conocidas como HO. Desde su presentación hace más de 70 años los fabricantes trataron de alcanzar la meta de 100 lm/w, algo que se logró hace apenas unos años con la aparición de las lámparas T5. En lámparas T5 de flujo estándar las potencias más comunes son 14, 21, 28 y 35w y en las de alto flujo (conocidas como HO por sus siglas en inglés) se fabrican en 24, 35, 54 y 80w. Los parámetros eléctricos son particulares para cada tipo de lámpara, por lo que es necesario seleccionar adecuadamente el balastro.

2.1.4 Balastro para Lámparas Fluorescentes Lineales

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso requieren de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si esta corriente no se controlara seguiría incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama Balastro.

Un balastro "Es un dispositivo que, por medio de inductancias o resistencias solas ó en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su correcta operación y también cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámpara fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos". Los balastros se pueden clasificar de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo ó normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor (mayor de 0.9).

2.1.4.1 ***Descripción de Funcionamiento del Balastro para Lámparas Fluorescentes Lineales***

El balastro en general tiene como funciones:

1. Proporcionar la tensión ó tensiones de encendido y operación de la lámpara
2. Limitar la corriente de operación de la lámpara.
3. Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
4. Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor).
5. Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.

6. En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro.
7. En circuitos de ER proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara.

Aunque los requisitos de encendido y operación de las lámparas de descarga en gas se pueden satisfacer con una infinidad de modalidades, solo comentaremos el principio y las características de operación de los tipos de balastros de mayor aplicación. Dentro de la iluminación fluorescente existen dos grandes familias:

- Arranque instantáneo (también llamados slimline)
- Arranque rápido (conocidos como bipin ó doble alfiler).

Los de arranque rápido son ampliamente usados en países avanzados por ser más silenciosos, más eficientes, de más larga vida y con un costo de operación más bajo. Sin embargo requieren de una instalación un poco más compleja que los de encendido instantáneo por lo que muchos contratistas los han hecho a un lado. Para su correcta operación necesitan una tierra adecuada, una base de calidad, una conexión correcta y una buena mano de obra para la instalación, requisitos que han sido impedimento para su aplicación masiva en algunos países (Alex Ramírez, 2009).

Existen tres grandes familias de balastros: los electromagnéticos, los híbridos y los electrónicos.

Dentro de los electromagnéticos tenemos tres tipos: los llamados baja energía ó línea económica, los estándar y los de alta eficiencia.

- Los primeros están fuera de norma y sus principales desventajas son reducir los niveles de iluminación, tener muy baja eficiencia y corta vida.
- Los del segundo tipo, cumplen con las normas en cuanto a seguridad y desempeño, pero no son muy eficientes.
- Los del tercer tipo también cumplen con las normas, pero con un consumo de energía menor. Adicionalmente, estos últimos tienen la ventaja de estar termoprotegidos, es decir, no desalojan compuesto asfáltico, ni humos molestos, ni producen incendios, por lo que se les conoce como clase "P" ó "TP". Esta clase de balastros son altamente recomendables y su uso es obligatorio en países avanzados como EEUU y desde hace 7 años también en México.

En cuanto a los balastros electrónicos, existen dos grandes categorías: los del tipo discreto y los del tipo circuito integrado.

- Los primeros son los que se fabrican más y en muchos países y,
- Los segundos suelen ser de un costo más elevado. En general, los balastros electrónicos son más silenciosos, más ligeros y más eficientes que los electromagnéticos y los híbridos. Las normas para balastros electrónicos son sumamente estrictas, por lo que no son muchos los balastros que cumplen con todas ellas.

2.1.4.2 *Metodología para el cálculo de ahorros energéticos para lámparas fluosrecentes lineales (LFL) y balastros para LFL*

Lámparas Fluorescentes Lineales

La disminución en demanda que se obtiene por el uso de lámparas fluorescentes de tecnología T-8 o T-5, en lugar de las tradicionales de tecnología T12, se debe principalmente a la menor potencia de las mismas, sin que esto implique una menor intensidad luminosa. Además, como resultado del uso de balastros electrónicos con circuitos integrados de encendido instantáneo, se registra el fenómeno positivo de que la potencia del arreglo es menor o igual que la de sus partes por separado, e inclusive se logra una mayor intensidad luminosa en algunas de las lámparas T-8 o T-5.

A continuación presentamos el comparativo del flujo luminoso que nos proporcionan las lámparas fluorescentes lineales T-12 y con las T-8 y T-5, en donde podemos observar que podemos sustituir la T-12 por cualquier T-8 o T-5, ya que estas nos permite proporcionar un flujo luminoso equivalente o superior a la T-12. Ver tabla.

Tabla 15. Comparativo de flujo luminoso de T-12 vs T-8 y T-5..

Lámpara Fluorescente Lineal T – 12 1/ (Watt)	Salida de Luz (Lumen)	Lámpara Fluorescente Lineal T – 8 (Watts)	Salida de Luz (Lumen)2/	Lámpara Fluorescente Lineal T – 5 W	Salida de Luz (Lumen)2/
21	990	17	1,350	14	1,150
39	2,500	32	3,000	28	2,900
75	3,950	59	5,428	54	4,450

Fuente: Elaboración propia con valores de Sello Fide y catalogo fabricantes, 2010

1/ Lámpara Fluorescente Lineal tipo Luz de día (Catálogos fabricantes)
2/ Valores de sello FIDE y catálogos fabricantes sep 2010.

Asimismo se presenta la fórmula para calcular el ahorro de energía eléctrica anual, por la sustitución de lámparas fluorescentes lineales T-12 por T-8 o T-5.

$$ES_i = n * (P_{i,BL} - P_{i,PJ}) * O_i / 1000$$

Fuente: Elaboración propia referencia formula de LFC

Donde:

i = Contador para el tipo de dispositivo de iluminación por ejemplo, 39 W de lámpara Fluorescente lineal (LFL) T-12, LFL T-8 de 32 W o T-5 de 28 W.

n = Numero de tipos de dispositivos de alumbrado

ESi = Estimación de ahorro anual de electricidad para los equipos del tipo i, de acuerdo a la tecnología de referencia. LFL (kWh)

Pi,BL = Potencia nominal de los dispositivos de iluminación de referencia (LFL T-12) del grupo del tipo i los dispositivos de alumbrado (Watts)

Pi,PJ = Potencia nominal de los dispositivos de proyecto de iluminación (LFL T-8 o T-5), del grupo de "los dispositivos de alumbrado i" (Watts)

Oi = El promedio de horas diarias de funcionamiento de los dispositivos de iluminación (LI), reemplazados por el grupo de "los dispositivos de alumbrado i", utilizando 4,095[10] horas al año.

Balastros Electrónicos para Lámparas Fluorescentes Lineales

El ahorro en balastros es posible obtenerse por la función del tipo de balastro y en consecuencia del tipo de arreglo. Los balastros electrónicos para lámparas de tecnología T8 o T-5, tienen una característica importante que hace que aparentemente disminuyan la potencia del arreglo al cual alimentan[11].

[10] PA Consulting 2004; Monitoreo y Evaluación del programa de Incentivos

[11] En el caso de los balastros electrónicos se registra una característica particular cuando están en operación, ya que en ellos se llega a medir una menor demanda o igual que la equivalente a la de las lámparas conectadas, es decir, que en apariencia los balastros no consumen energía; inclusive aparentan disminuir el consumo de las lámparas. Este fenómeno se debe al principio de operación de los balastros electrónicos, ya que éstos basan su funcionamiento en la alta frecuencia, en lugar del alto voltaje como ocurre con los dispositivos electromagnéticos. La potencia del arreglo de iluminación se ve disminuido de manera notable cuando se tienen instalados balastros electrónico..

$$BES_i = n * (P_{i,BL} - P_{i,PJ}) * O_i / 1000$$

Fuente: Elaboración propia referencia formula de LFC

Donde:

i = Contador para el tipo de dispositivo de balastro por ejemplo, 39 W de lámpara Fluorescente lineal (LFL) T-12, LFL T-8 de 32 W o T-5 de 28 W.

n = Numero de tipos de dispositivos de alumbrado

BESi = Estimación de ahorro anual de electricidad para los equipos del tipo i, de acuerdo a la tecnología de referencia. BLFL (kWh)

Pi,BL = Potencia nominal de los dispositivos balastros para de LFL de referencia (BLFL T-12) del grupo del tipo i los dispositivos balastros para de LFL (Watts)

Pi,PJ = Potencia nominal de los dispositivos de proyecto de balastro para LFL para iluminación (BLFL T-8 o T-5), del grupo de "los dispositivos de balatro para LFL para alumbrado i" (Watts)

Oi = El promedio de horas al año de funcionamiento de los dispositivos de balastro para LFL para iluminación (BLFL), reemplazados por el grupo de "los dispositivos de alumbrado i", utilizando 4,095[12] horas al año.

2.1.5 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Lámparas Fluorescentes Lineales y Balastros Electrónicos.

El ahorro en energía que se obtiene con las lámparas fluorescentes T8, está en función de la potencia que se logra disminuir por la nueva tecnología más eficiente, multiplicado por el promedio de las horas de operación que trabajan. PA Consulting realizó encuestas a usuarios finales, quienes indicaron que, en promedio, las horas que tienen prendida la iluminación es de 4,095 h/año.

[12] PA Consulting 2004; Monitoreo y Evaluación del programa de Incentivos

Con base en la información anterior se presenta en la Tabla siguiente, los resultados del ahorro en energía que se obtiene por el uso de lámparas fluorescentes de tecnología T-8, en comparación con las tradicionales de tecnología T-12.

Tabla 16. Disminución en potencia y en consumo por el uso de LFL, T-8

Arreglo del Sistema Actual T-12	Potencia de lámparas(1), W T-12	Arreglo del Sistema de Alta Eficiencia T-8	Potencia de lámparas(1), W T-8	**Disminución en potencia, W T-12 por T-8**	**Disminución en Consumo, kWh/año**
1 x 21	21	1 x 17	17	**4**	**16.38**
1 x 39	39	1 x 32	32	**7**	**28.67**
1 x 75	75	1 x 59	59	**16**	**65.52**
2 x 21	42	2 x 17	34	**8**	**32.76**
2 x 39	78	2 x 32	64	**14**	**57.33**
2 x 75	150	2 x 59	118	**32**	**131.04**

Fuente: PA Consulting 2004; Monitoreo y Evaluación del programa de Incentivos

Asimismo, en la tabla siguiente se presentan los resultados del ahorro en energía que se obtiene por el uso de lámparas fluorescentes de tecnología T-5, en comparación con las tradicionales de tecnología T-12.

Tabla 17. Disminución en potencia y en consumo por el uso de LFL de Tecnología T-5

Arreglo del Sistema Actual T-12	Potencia de lámparas[13], W T-12	Arreglo del Sistema de Alta Eficiencia T-5	Potencia de lámparas[(1)], W T-5	**Disminución en potencia, W** **T-12 por T-5**	**Disminución en Consumo,** **kWh/año**
1 x 21	21	1 x 14	14	**7**	**28.27**
1 x 39	39	1 x 28	28	**11**	**45.05**
1 x 75	75	1 x 54	54	**21**	**86.00**
2 x 21	42	2 x 14	28	**14**	**57.33**
2 x 39	78	2 x 28	56	**22**	**90.09**
2 x 75	150	2 x 54	108	**42**	**171.99**

Fuente: PA Consulting 2004; Monitoreo y Evaluación del programa de Incentivos

A manera de ejemplo en la siguiente tabla, presentaremos el consumo de energía de diversos arreglos de sistemas de iluminación fluorescentes, que podemos encontrar instalados en edificaciones, centros comerciales, etc.

El balastro electromagnético T-12 que se utilizará en los cálculos de consumo en los sistemas de iluminación fluorescente es de tipo convencional. Es importante comentar que existente en el mercado otros tipos de balastros electromagnéticos para lámparas fluorescentes, que puede cambiar el consumo del sistema de iluminación fluorescente.

[13] Se considera sólo la potencia de las lámparas que forman el arreglo, sin considerar la potencia del balastro

Tabla 18. Disminución en potencia y en consumo por el uso de BLFL de Tecnología T-8 y T-5

Arreglo del Sistema Actual	Potencia del Sistema Actual, W	Potencia de lámparas[1], W	Potencia de Balastro[2], W	Arreglo del Sistema de Alta Eficiencia	Potencia del Sistema Actual, W	**Ahorro en Potencia por el uso de Balastro E.[2], W**	**Ahorro en Consumo por el uso de Balastro E.[2], kWh/año**
Balastros Electromagnéticos Convencional Tipo T12					**Balastros Electrónicos T-8 o T-5**		
1 x 21	42	21	21	1 x 17	17	**21**	**86.00**
1 x 39	55	39	16	1 x 32	32	**16**	**65.52**
1 x 75	97	75	22	1 x 59	56	**22**	**90.09**
2 x 21	67	42	25	2 x 17	34	**25**	**102.38**
2 x 39	100	78	22	2 x 32	64	**22**	**90.09**
2 x 75	180	150	30	2 x 59	118	**30**	**122.85**

Fuente: PA Consulting 2004; Monitoreo y Evaluación del programa de Incentivos y de Alex Ramírez.

[1] Se considera que la potencia demanda por las lámparas, en primera instancia, es igual a su potencia nominal.

[2] La potencia demandada por el balastro se determinó como la diferencia de la potencia demanda por el luminario, menos la potencia de las lámparas de la luminaria; por ejemplo, un sistema T12 de 2 x 39 demanda 100 W. Dado que son dos lámparas de 39 W, la potencia demandada por las lámparas es de 78 W (2 x 39 = 78 W), por lo que, para que el arreglo demande 100, el balastro debe demandar los 22 restantes.

[3] La disminución en potencia es igual a la potencia del sistema tradicional (T12), menos la correspondiente al sistema ahorrador (T8 y T-5).

[*] En este tipo de arreglos, aparentemente el balastro no demanda potencia, dado que la del arreglo es la nominal de la lámpara conectada.

A continuación se presenta la siguiente tabla con los ahorros de energía eléctrica tanto en potencia como en consumo por sustituir el sistema T-12 por T-8 y T-5.

Tabla 19. Resumen de ahorros en potencia y consumo por sustituir T-12 por T-8 o T-5

Arreglo del Sistema Actual	Arreglo del Sistema de Alta Eficiencia	Ahorro en Potencia por el Sistema, W	Ahorro en Consumo por el balastro, kWh/año	Ahorro en Potencia por el Sistema, W	Ahorro en Consumo por el balastro , kWh/año
T-12	**T-8**	**T-12 por T-8**		**T-12 por T-5**	
1 x 21	1 x 17	25.00	102.38	28.00	114.66
1 x 39	1 x 32	23.00	94.19	27.00	110.57
1 x 75	1 x 59	38.00	155.61	43.00	176.09
2 x 21	2 x 17	33.00	135.14	39.00	159.71
2 x 39	2 x 32	36.00	147.42	44.00	180.18
2 x 75	2 x 59	62.00	253.89	72.00	294.84

Fuente: Elaboración propia

2.1.6 Cálculo de Ahorros Económicos y Retorno de la Inversión (ROI).

Con los ahorros de energía eléctrica, podemos calcular el ahorro económico y su retorno de la inversión (ROI) que puede obtener una empresa por sustituir sistemas de iluminación fluorescente tipo T-12 por sistemas eficientes ya sean de tipo T-8 o T-5. A continuación se presenta de manera de ejemplo los resultados de una empresa que se encuentra contratado en la tarifa HM.[14].

[14] El precio medio de la energía en HM en 2009, 1.1947 $/kWh.

Tabla 20. Resumen de ahorros en potencia y consumo por sustituir T-12 por T-8 o T-5

Arreglo del Sistema Actual	Arreglo del Sistema de Alta Eficiencia	Ahorro Económico 1/	Retorno de la Inversión (ROI)
T-12	**T-8**	**$ /año**	**años**
1 x 21	1 x 17	122.31	1.47
1 x 39	1 x 32	112.52	1.53
1 x 75	1 x 59	185.91	2.56
2 x 21	2 x 17	161.45	1.77
2 x 39	2 x 32	176.12	1.49
2 x 75	2 x 59	303.32	1.93

Fuente: Elaboración propia

1/ Tarifa HM corresponde al mes de agosto 2010. El precio medio de la energía en HM en 2009, 1.1947 $/kWh

2.2 Motor Eléctrico Trifásicos

2.2.1 Motor Eléctrico

Es una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica y utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica.

Los motores eléctricos son los de mayor consumo de energía eléctrica, alrededor de 46% del consumo de la energía eléctrica en la industria, comercios, servicios, municipios y hogares corresponde a la utilización de los motores eléctricos. En la mayoría de las plantas industriales, aproximadamente entre el 60 y 70% del consumo de energía eléctrica a por medio de equipos electromotrices tales como ventiladores, bombas compresores, bandas transportadoras, etc. y estos a su vez están acoplados a motores eléctricos.

2.2.2 Eficiencia de un Motor Eléctrico

Una característica fundamental de todo equipo eléctrico es su eficiencia, es decir, su capacidad para convertir en trabajo la energía que reciben. Básicamente un motor es una maquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, por lo tanto, es de suma importancia que la energía que recibe de la alimentación, se convierta en trabajo y se transmita en su totalidad a través del movimiento de la flecha del motor.

Sabemos que lo anterior es imposible, ya que durante la operación de cualquier equipo eléctrico, se produce pérdidas de energía por diferentes conceptos.

Para el caso de los motores eléctricos, en la actualidad se están fabricando motores denominados de alta eficiencia (Eficiencia Premium), con lo cual, los motores utilizados normalmente en las industrias se les llama motores de baja eficiencia (estándar), debido a que fueron fabricados con bajos porcentajes de eficiencia ya que tienen más de 8 años antigüedad.

Los motores de alta eficiencia, tienen un menor consumo de energía, para transmitir la misma potencia en su flecha que un motor de eficiencia estándar. Para poder hablar de alta eficiencia o eficiencia estándar. Es necesario que definamos lo que es eficiencia y que es lo que provoca que esta disminuya o se incremente.

La eficiencia de un motor se define como:

$$\eta = \frac{\text{Potencias de salida (Mecánica)}}{\text{Potencia de entrada (Eléctrica)}} \text{x}100$$

Es importante que para el cálculo de la eficiencia, las unidades de las potencias sean las mismas, ya que la potencia eléctrica se expresa comúnmente en unidades de kW (kiloWatts) y la potencia mecánica en unidades de CP (Caballos de Potencia) o HP (por sus siglas en inglés).

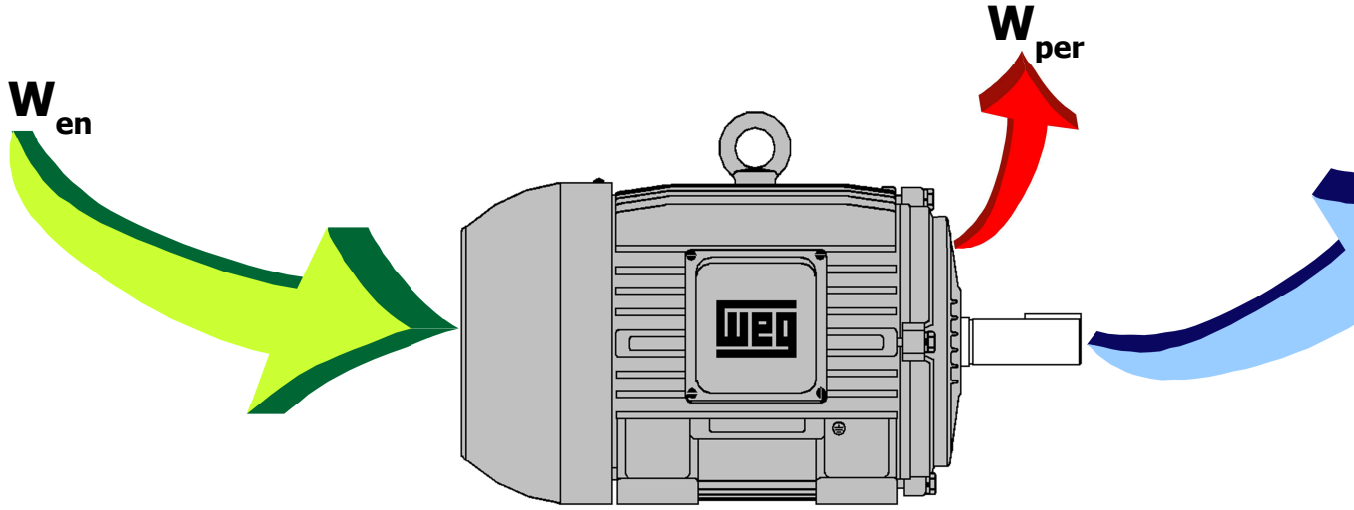
Entonces, se pueden usar las siguientes equivalencias:

1 kW = 1.34 CP

1 CP = 0.746 kW

La potencia entregada en la flecha por un motor nunca podrá ser igual a la potencia recibida en la alimentación esto se debe a que durante el proceso de conversión se producen perdidas de energía, ver figura 1.

Figura 2. Conversión de energía eléctrica a mecánica.



Fuente: WEG; Oportunidad de ahorro de energía a través de motores de alta eficiencia

Wen = Energía de entrada en forma eléctrica
W sal = Energía de salida en forma mecánica
W per = Energía perdida durante el proceso en forma de calor

2.2.3 Normatividad y Certificación de Motores Eléctricos Trifásicos.

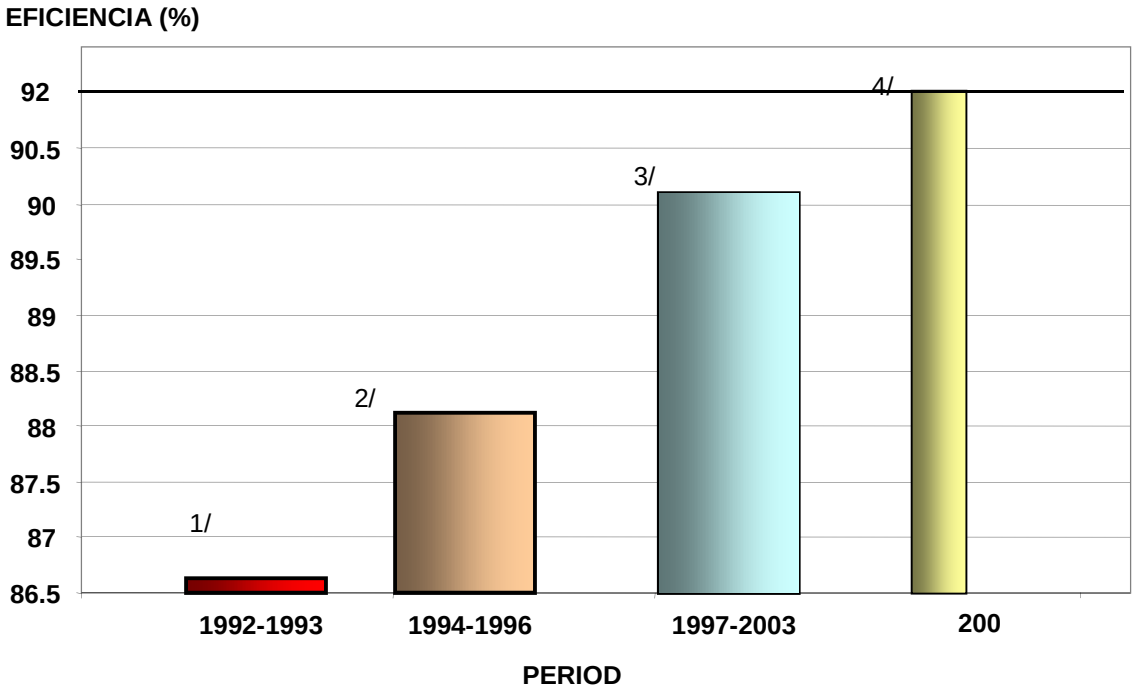
La "Norma Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2002 Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jala de ardilla en potencia nominal de 0.746 a 373 kW", entró en vigor el 14 de marzo de 2003, siendo una actualización de la NOM-016-ENER-1997, debido a la desaparición de la clasificación para motores de eficiencia estándar y a la extensión de capacidad de potencia hasta 500 CP.

Esta norma tiene su origen con carácter de voluntaria en 1985. En 1994 fue establecida como norma obligatoria bajo el nombre NOM-074-SCFI-1994. En 1997 fue modificada y en marzo de 2003 entró en vigor la NOM-016-ENER-2002 (FIDE, Ventajas y Recomendaciones en el Uso de Motores Eléctricos Sello FIDE, 2007).

El Sello FIDE, cuenta con la especificación No. ESP4401 para Motores Eléctricos Trifásicos y actualizó sus valores de eficiencia en 2007, igualando los valores especificados por la Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas de los Estados Unidos (NEMA por sus siglas en inglés), en su tabla en la tabla 12-12 de "NEMA Standards Publication MG1-2003".

En la siguiente figura 3 se muestra la evolución de las eficiencias de motores eléctricos en México.

Figura 3. Evolución de las eficiencias de los motores eléctricos trifásicos



Fuentes: FIDE; Ventajas y Recomendaciones en el Uso de Motores Eléctricos Sello FIDE, 2007

1/ Estudio del Instituto de Investigaciones Eléctricas para establecer el Sello FIDE en motores, con información proporcionada por CANAME
2/ NOM-074-SCFI-1994 Motores estándar
3/ NOM-016-ENER-2002 Motores de Alta Eficiencia.
4/ Sello FIDE

2.2.4 Valores de eficiencia promedio ponderado para motores eléctricos.

En la tabla siguiente se indican los valores de eficiencia establecidos de acuerdo al año de vigencia de las normas de motores trifásicos.

Tabla 21. Resumen de valores de eficiencia promedio ponderado a plena carga para motores verticales y horizontales, en por ciento.

Potencia	Potencia	Valores de Eficiencia Promedio Ponderado 1/			
Nominal, kW	Nominal Cp	NOM-074-SCFI-1994 Estándar Valores Mínimos	NOM-016-ENER-1997 Estándar	NOM-016-ENER-2002	Sello FIDE / Proy. NOM 2009
0,746	1.0	71.2	75.2	81.1	83.8
1,119	1,5	75.6	79.4	83.8	86.1

1,492	2.0	77.6	81.0	84.2	86.5
2,238	3.0	78.2	81.3	87.1	89.0
3,730	5.0	81.1	83.5	87.5	89.3
5,595	7,5	82.9	85.8	89.3	91.2
7,460	10	83.5	86.1	89.5	91.4
11,19	15	83.6	87.0	90.8	92.1
14,92	20	84.6	87.3	90.8	92.5
18,65	25	86.3	88.8	92.1	93.2
22,38	30	87.4	89.5	92.1	93.2
29,84	40	87.5	89.8	92.8	93.8
37,30	50	88.7	90.4	92.9	94.2
44,76	60	89.3	91.2	93.5	94.7
55,95	75	89.4	91.2	93.9	95.0
74,60	100	89.9	91.9	94.3	95.1
93,25	125	90.1	92.1	94.5	95.3
111,9	150	90.6	92.1	94.9	95.7
149,2	200	91.4	92.7	95.0	96.0
186,5	250	-	-	95.1	96.1
223,8	300	-	-	95.4	96.1
261,1	350	-	-	95.4	96.1
298,4	400	-	-	95.4	96.1
335,7	450	-	-	95.4	96.1
373	500			95.4	96.1

Fuente: Elaboración Propia con datos de NOM´s

1/ El Promedio Ponderado tiene una participación del 75% para motores de 4 polos y un 25% para los restantes.

2.2.5 Metodología para el Cálculo del Ahorro de Energía en Motores Eléctricos Trifásicos.

Para calcular la potencia ahorrada, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{PA} = \sum_{i} \left[\mathrm{n}i \cdot \mathrm{o}i \cdot 0.746 \cdot \mathrm{FC} \cdot \mathrm{hp}i \cdot \left(\frac{100}{\eta \mathrm{h}i} - \frac{100}{\eta i} \right) \right]$$

Fuente: Elaboración propia con datos de CONUEE; Motores Eléctricos y FIDE- Procobre; Ventajas y Recomendaciones en el Uso de Motores Eléctricos Sello FIDE, 2007.

Donde:

PA	=	Ahorro de Energía kWh
i	=	corresponden a diferentes valores de potencia de entrada nominal de los motores
ni	=	Número de motores remplazados
oi	=	Horas de operación promedio al año
FC	=	Factor de Carga
hpi	=	Potencia del motor reemplazado
ηhi	=	Eficiencia del motor de alta eficiencia a instalar %
ηi	=	Eficiencia del motor ineficiente %

A continuación describiremos los valores requeridos para poder realizar los cálculos correspondientes y obtener el ahorro de energía por la sustitución de motores eléctricos trifásicos de más de 8 años de antigüedad por alta eficiencia.

Factor de Carga.- Para determinar el Factor de carga se evaluaron 938 motores eléctricos en operación de 33 empresas industriales en donde el FIDE apoyó en la realización de diagnósticos energéticos; el Factor de Carga promedio es de 64.9%. (PA Consulting, 2004).

Horas de Operación.-Para calcular el ahorro en energía por la instalación con motores de alta eficiencia, es preciso conocer la cantidad de horas de operación de los equipos; en este sentido, en la encuesta a usuarios se les preguntó cuánto tiempo trabajaban sus motores a la semana. las de tarifas 2, 3 y OM trabajan por semana 67.4 h en promedio, las de tarifa HM operan casi tiempo completo 148 h/semana., por lo tanto en promedio trabajan las MIPYMES 107.7 horas a la semana, lo que significa 5,600 horas al año. (PA Consulting, 2004).

Perdida de Eficiencia.-Ante la opción de reemplazar los motores estándar en operación por unidades nuevas de alta eficiencia con sello FIDE, se debe considerar que, en general, las unidades se mantienen operando durante más de 20 años[15]. Al tener una vida tan larga, se ha observado que presentan varios reembobinados, lo que disminuye su eficiencia, ya que los elementos internos del motor se deterioran y se incrementan las pérdidas por corrientes parásitas.

- Se pierde 1.5 punto porcentuales por cada reembobinado del motor eléctrico en operación.
- Por antigüedad también se pierde 1.5 puntos porcentuales.

Por lo anterior y para realizar los cálculos de ahorro de energía, se disminuirán los puntos porcentuales por reembobinado y antigüedad a los valores de eficiencia ponderados de cada normatividad vigentes en su su respectivo año, como se muestra a continuación.

Tabla 22. Perdidas de eficiencia por antigüedad y reembobinado.

[15] Referencias:
- "Reembobinado de Motores en México", realizado por el FIDE con apoyo de la USAID/México.
- Informe de WORLDMETAL, S.A. y de Procobre, enero de 1995.

Normatividades	No. Reembobinados	Pérdidas por Reembobinado	Pérdidas por Antigüedad	Total
NOM-074-SCFI-1994 Estándar	**2**	**1.5**	**1.5**	**4.5**
NOM-016-ENER-1997 Estándar	**1**	**1.5**	**1.5**	**3.0**

Fuente; Elaboración propia con datos (PA Consulting, 2004)

2.2.6 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica en Motores Eléctricos Trifásicos.

A continuación se muestran los ahorros obtenidos en potencia y en energía eléctrica, por la sustitución de motores ineficientes por equipos de alta eficiencia.

Tabla 23. Ahorro en demanda y consumo por motores reemplazados de motores, de acuerdo al año de antigüedad.

Potencia	Potencia	Ahorro en Demanda de los motores remplazados kW		Ahorro en consumo de los motores remplazados kWh/año	
Nominal, kW	**Nominal Cp**	**Antes 1997**	**1998-2003**	**Antes 1997**	**1998-2003**
0,746	1	0.148	0.092	827.4	517.9
1,119	1.5	0.178	0.108	999.3	602.0

1,492	2	0.204	0.122	1,144.7	683.8
2,238	3	0.337	0.222	1,888.4	1,242.6
3,730	5	0.452	0.295	2,528.5	1,650.1
5,595	7.5	0.650	0.408	3,641.0	2,282.7
7,460	10	0.833	0.525	4,664.4	2,941.9
11,19	15	1.297	0.759	7,261.1	4,248.9
14,92	20	1.621	1.030	9,079.9	5,766.4
18,65	25	1.820	1.129	10,191.7	6,324.0
22,38	30	1.945	1.206	10,893.4	6,753.3
29,84	40	2.686	1.671	15,040.7	9,356.4
37,30	50	3.061	2.004	17,139.3	11,223.3
44,76	60	3.602	2.280	20,173.1	12,769.6
55,95	75	4.549	2.951	25,471.6	16,522.9
74,60	100	5.818	3.600	32,582.9	20,162.5
93,25	125	7.162	4.448	40,107.3	24,907.2
111,9	150	8.471	5.621	47,434.9	31,477.0
149,2	200	10.570	7.134	59,189.6	39,951.8

Fuente: Elaboración propia

2.2.7 Cálculo de Ahorros Económicos y Retorno de la Inversión (ROI).

Con los ahorros de energía eléctrica, podemos calcular el ahorro económico y su retorno de la inversión (ROI) que puede obtener una empresa por sustituir equipos

ineficientes por alta eficiencia. A continuación se presenta de manera de ejemplo los resultados de una empresa que se encuentra contratado en la tarifa HM.[16]

Tabla 24. Ahorro económicos por reemplazo de motores antiguos, periodo de recuperación de inversión.

Potencia	Potencia	Ahorro Económico de los motores remplazados $[17]		Retorno de la Inversión (ROI) años	
Nominal, kW	Nominal Cp	Antes 1997	1998-2003	Antes 1997	1998-2003
0,746	1	988.4	618.8	3.2	5.1
1,119	1.5	1,193.9	719.2	2.8	4.7
1,492	2	1,367.6	816.9	2.7	4.5
2,238	3	2,256.1	1,484.6	2.1	3.3
3,730	5	3,020.7	1,971.4	1.7	2.6
5,595	7.5	4,349.9	2,727.1	1.8	2.8
7,460	10	5,572.5	3,514.7	1.5	2.4
11,19	15	8,674.8	5,076.2	1.6	2.7
14,92	20	10,847.8	6,889.1	1.6	2.5
18,65	25	12,176.0	7,555.3	1.7	2.8
22,38	30	13,014.4	8,068.1	1.8	2.9
29,84	40	17,969.1	11,178.1	1.4	2.2
37,30	50	20,476.3	13,408.4	1.4	2.1
44,76	60	24,100.8	15,255.8	1.5	2.3
55,95	75	30,430.9	19,739.9	1.4	2.2
74,60	100	38,926.8	24,088.1	1.6	2.5
93,25	125	47,916.2	29,756.6	1.7	2.7
111,9	150	56,670.5	37,605.5	1.6	2.5
149,2	200	70,713.8	47,730.4	1.5	2.2

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, el promedio de recuperación de la inversión es de 2.9 años para equipos que fueron fabricados e instalados durante el periodo de 1998 – 2003, (7 a 11 años de antigüedad) y 1.8 años para equipos que fueron fabricados antes de 1997.

[16] El precio medio de la energía en HM en 2009, 1.1947 $/kWh.

[17] Precio de referencia para motores eléctricos trifásicos eficiencia Premium, Motores US septiembre 2010.

2.3 *Compresores de Aire*

El compresor de aire es una máquina que genera un flujo volumétrico de aire comprimido y suministrado en condiciones de temperatura y presión.

Los compresores de desplazamiento positivo, son aquellos en los cuales volúmenes consecutivos de aire son confiados dentro de un espacio, normalmente cerrado, llevándolos a una presión mayor a la atmosférica, solo definiremos los tipo reciprocantes y los tornillo, ya que son los de uso comercial en el sector industrial:

- Reciprocantes o Tipo Pistón.- Los compresores reciprocantes son máquinas en las cuales el elemento de desplazamiento y compresión es un pistón, con movimiento alternativo dentro de un cilindro.

- Tipo Rotativo o Tipo Tornillo.- Los compresores de tornillo son maquinas rotatorias en las cuales 2 rotores se entrelazan, desplazando y comprimiendo el aire como en secuencia.

Las investigaciones sobre los sistemas de aire comprimido han demostrado que pueden reducirse sustancialmente los costos del consumo de electricidad al incrementar su eficiencia. El aire comprimido es un sistema vital para toda industria, por lo que un sistema de aire comprimido, debe ser confiable y eficiente.

En la industria el aire comprimido es considerado un energético principal, es utilizado generalmente, como un medio de transmisión de energía para propósitos múltiples, señalándose como principales usos los siguientes:

- Energía para movimiento de herramientas y equipos.
- Energía para manejo de materiales, en cuanto a transporte, distribución colección de polvos, etc.
- Energía para control y operación de procesos o equipos, etc. (Energía Potencial, inversa con respecto a Presión Atmosférica), para manejo de Materiales, crear atmósferas especiales en procesos, etc.

El costo del aire comprimido es considerado alto dentro de la industria, principalmente por el costo en el consumo de la energía eléctrica, más el costo de la instalación, operación y mantenimiento que en su conjunto representa un energético costoso.

Claves para la selección de Compresores: En las industrias se utilizan compresores de todos tipos y tamaños para aire y gases, la selección se basa en los fundamentos de la termodinámica, y no se debe considerar que solo los fabricantes puedan hacer la selección inicial del compresor para condiciones dadas del proceso.

En forma resumida para realizar una selección adecuada se debe tener cierta información acerca de las condiciones de funcionamiento de cualquier compresor y las propiedades del aire que se va a comprimir. En los compresores de aire se requiere la humedad relativa o temperatura del bulbo húmedo en la entrada, con lo cual se puede determinar la cantidad de humedad que hay en el aire, las presiones y temperaturas se deben dar en las condiciones de succión, y la presión en las condiciones de descarga, incluso la presión de cualquier carga lateral o requisito intermedio en el ciclo total de compresión. No se da la temperatura de descarga, sino se calcula para incluir los efectos del aumento de temperatura durante la compresión. Las presiones, por lo general se expresan en lb/in^2 manométricas (psia) o en lb/in^2 absolutas (psia). Las capacidades se pueden expresar en diversas formas:

- Flujo en peso, W, lb/h o lb/min.
- Gasto, referido a las condiciones estándar, que suele ser 1 bar (14.7 psia) y 60 ºF. y se pueden ser expresados como:

  SCFM (PCME): pies cúbicos estándar por minuto.
  SCFMs (PCMS): pies cúbicos estándar por minuto en la succión.
  SCFH (PCHE): pies cúbicos estándar por hora
  SMCFMD (MMMPCDE): millones de pies cúbicos estándar por día (24 horas)

Aunque realmente no importa tanto la forma en que se exprese la capacidad, solo hay que establecer todas las condiciones iniciales a los mismos sistemas de unidades y convertir estas a las condiciones de succión para poder lograr la selección del tamaño correcto.

2.3.1 Normatividad y Certificación de Compresores de Aire.

Actualmente no existe alguna normatividad para certificar a los compresores de aire, pero se han desarrollado programas, en la que han establecido rendimientos energéticos, con referencia internacional, con la finalidad de poder definir los equipos de mayor rendimiento energético, a continuación se presentan los valores que se tomaron como referencia.

Para definir a un compresor de aire eficiente se tomo como referencia el documento de Power Samart Inc. Que se ubicada en Vancouver, B.C. donde indica que un compresor de aire eficiente debe ser certificado por la CSA para venta en Canadá, donde los equipos deben cumplir o exceder los 4.5 scfm/bhp (standard cubic feet per minute per brake horsepower), asimismo el rango de capacidad debe ser basado en el aire libre entregado FAD (Free Air Delivery) del paquete compresor el cual es medido en la brida de descarga, adicionalmente el método de prueba debe cumplir con las normas internacionales ISO1217, ASME PTC9 y 10, así como PNEUROP - CAGI PN2CPTC2.

Aunque en el Programa de Incentivos para compresores de aire desarrollado por FIDE (1998-2002), se determinó que los equipos de 20 hp cumplieran con un rendimiento energético de 3.9 scfm/bhp, para 25 y 30 y factor de 4.0 scfm/bhp, para 40 y 50 un factor de 4.2 scfm/bhp y para 60 a 500 hp un factor de 4.5 scfm/bhp.

2.3.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Compresores de Aire Eficientes.

De acuerdo a la metodología de monitoreo para proyecto de pequeña escala establecida para proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) aprobada por la junta ejecutiva AMS II.C ***II.C. Demand-side energy efficiency activities for specific technologies*** se establece la regla para calcular el ahorro de energía obtenido por el equipo de proyecto comparado con el equipo de línea base. Asimismo se presentó el PDD *Factory energy efficiency improvement in compressed air demand in Mexico,* el cual indica el proyecto para sustituir un sistema de aire comprimido por uno más eficiente.

A continuación se presenta la fórmula para calcular el ahorro de energía.

$$EB\ comp = Si\ [(nB\ comp * pB\ comp * oB\ comp\ )-(nl\ comp * pl\ comp * ol\ comp)]$$

$$\boldsymbol{P_{\&(B\ ó\ L)\ comp}} = 0.746 \cdot \mathrm{FC} \cdot \mathrm{hp}i \cdot \left(\frac{100}{\eta \mathrm{h}i}\right)$$ (Definiciones en tema motores)

$$\boldsymbol{FB_{air.comp}} \approx \boldsymbol{FL_{air.comp}}$$

Fuente: Elaboración propia,

Referencia PDD - Factory energy efficiency improvement in compressed air demand in Mexico ver 3.

EB comp = Unidades de consumo de electricidad anual del compresor en escenario de línea base en kWh por año

Si = La suma sobre el grupo de "i" dispositivo remplazado para lo cual el remplazo está en funcionamiento durante el año, implementado como parte del proyecto.

nB comp = El número de sistema de distribución de aire en el escenario de línea base.

nl comp = El número de sistema de distribución de aire en el escenario de proyecto.

pB comp = Consumo de electricidad por hora de un compresor en el escenario de línea base (motor ineficiente).

pl comp = Consumo de electricidad por hora de un compresor en el escenario de proyecto (motor alta eficiencia Sello FIDE o Proy NOM 016 ENER 2009).

oB comp = Horas de operación anual escenario línea base.

ol comp = Horas de operación anual escenario de proyecto.

FB air comp = El volumen de flujo de aire de una unidad de compresión en el escenario de línea base.

FB air comp = El volumen de flujo de aire de una unidad de compresión en el escenario de proyecto.

2.3.3 Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Compresores de Aire Eficientes.

Para evaluar el ahorro que se tiene por la aplicación de compresores eficientes se debe tener en cuenta que este tipo de equipo entrega más cantidad (volumen CFM) de aire por cada caballo de potencia, en comparación con los equipos estándar de la misma capacidad de motor; si tomamos como ejemplo los motores de 20 hp, los compresores estándar entregan una cantidad promedio de aire de 66.9 CFM, mientras que los del tipo eficiente que entregan 102.4 CFM. Como se puede apreciar el equipo eficiente entregan un 53% más de aire que el estándar. El porcentaje de aire adicional que entregan los compresores eficientes varia para cada capacidad de equipo.

Con base en lo anterior, si lo que importa en un compresor es la producción de aire a una presión establecida, entonces, a mayor producción de aire con la misma potencia de motor implica mayor eficiencia. Gracias a que los nuevos equipos eficientes tienen incorporados accesorios más eficientes que los que integraban los equipos anteriores, es por ello que a su vez se tiene una menor demanda de potencia eléctrica para equipos de la misma potencia de placa (PA Consulting, 2004).

Tabla 25. Ahorro consumo por reemplazo de compresores de aire antiguos.

Condiciones de Referencia del Compresor Estándar				**Condiciones de Referencia del Compresor Eficiente**				
Capacidad del Compresor estándar, hp	**CFM promedio 1/**	**CFM/hp**	**Consumo por el Uso de Compresor con motor ineficiente kWh/año**	**Capacidad del Compresor Eficiente, hp**	**CFM que puede entregar 2/**	**CFM/hp**	**Consumo por el Uso de Compresor con motor eficiente kWh/año**	**Ahorro en consumo por el Uso de Compresor eficiente, de acuerdo CFM requerido kWh/año**
5	14.0	2.8	20,761	3	12	4.0	10,718	10,043
7.5	22.0	2.9	30,399	5	21.2	4.2	17,797	12,602
10	30.0	3.0	40,254	7.5	32.0	4.3	26,130	14,124
15	45.0	3.0	60,290	10	43.9	4.4	34,786	25,504
20	66.9	3.3	79,338	15	78.4	5.2	51,777	27,560
25	86.7	3.5	97,201	20	102.4	5.1	68,693	28,508
30	105.0	3.5	115,058	25	126.4	5.1	85,253	29,805
40	143.7	3.6	153,179	30	149.0	5.0	102,287	50,892
50	180.5	3.6	188,801	40	194.0	4.9	135,547	53,255
60	243.0	4.1	225,024	50	239.0	4.8	168,709	56,316
75	294.6	3.9	280,751	60	292.0	4.9	201,375	79,375
100	400.1	4.0	372,295	75	386.0	5.1	250,890	121,406
125	510.3	4.1	463,983	100	497.0	5.0	334,098	129,886
150	606.6	4.0	554,062	125	690.0	5.5	416,965	137,098
200	821.6	4.1	731,440	150	825.0	5.5	498,453	232,986
250	1022.3	4.1	914,300	200	1011.0	5.1	662,050	252,249

Elaboración propia con datos estudio de PA Consulting, 2004.

1/ Valores establecido PA Consulting; Monitoreo y Evaluación Programa Incentivos; 2004

2/ Valores catálogos de fabricantes 2010.

3/ Horas de operación al año 5,600. Asimismo se tomo como referencia el motor fabricado con la Norma de 1997.

Como podemos observar en la tabla anterior, la relación de eficiencia energética de los compresores de aire (cfm/hp) de los equipos nuevos, se encuentran por arriba de un 4.0 cfm/hp desde capacidades de 3 HP.

A manera de ejemplo, se toma como referencia una empresa que se encuentra contratado con CFE en una tarifa HM,

Tabla 26. Ahorro económico por reemplazo de compresores de aire antiguos y su ROI.

Capacidad del Compresor hp	**Ahorro Económico de los compresores remplazados1/ $**	**Retorno de la Inversión (ROI) años**
5	11,998	3.4
7.5	15,056	3.4
10	16,874	3.6
15	30,469	3.4
20	32,927	4.1
25	34,058	4.3
30	35,608	4.3
40	60,801	3.8
50	63,623	3.7
60	67,281	4.3
75	94,830	4.0
100	145,043	3.1
125	155,174	3.4
150	163,791	4.0
200	278,349	3.1
250	301,362	3.6

Fuente: Elaboración propia.

1/ Precio medio de la energía eléctrica 2009, 1.1947 $ / kWh.

2.4 Acondicionadores de Aire

El acondicionador de aire es un aparato diseñado para extraer calor y humedad del aire de un cuarto cerrado, pudiendo también contar con medios para ventilación, extracción y calefacción de aire (NOM-021-ENER/SCFI-2008).

Equipos de ventana.

Cuando se requiere acondicionar un espacio relativamente pequeño, por lo general, habitaciones individuales, se utilizan los equipos de ventana. Como su nombre lo indica, las unidades se colocan en el marco de una ventana o acondicionando un hueco en la pared a través del cual se introduce el equipo. La descarga del ventilador inyecta el aire frío directamente a la habitación sin necesidad de instalar ductos. Una placa metálica separa la sección del retorno e inyección de aire, donde se encuentra el serpentín del evaporador, del compartimiento que da al exterior y donde se localizan el condensador y el compresor.

Se fabrican con capacidades que van de valores menores a 1 ton hasta 2 ton, siendo los más frecuentes equipos de 1 a 1.5 ton. Su instalación es mucho más sencilla que las de las unidades de paquete, además no requieren la instalación de ductos de distribución de aire.

Equipos tipo paquete.

Es un equipo de aire acondicionado tipo central, en el cual todos los componentes principales son acoplados en un solo gabinete, (NOM-011-ENER-2002). Por otra parte, el aire de recirculación es succionado a través de un ducto de mayor área transversal desde donde se hace pasar nuevamente a través del serpentín evaporador. Normalmente, en estos equipos se hallan separados los dos serpentines por una placa metálica de forma que el evaporador queda aislado del serpentín de condensación y de la unidad de compresión.

Equipos seccionados.

Es un equipo de aire acondicionado tipo central en el cual uno o más de los componentes principales son separados unos de otros y que son diseñados para trabajar en conjunto, (NOM-011-ENER-2002). Los principios termodinámicos y físicos en los que se basan son los mismos que para los demás equipos. El compresor, el ventilador del condensador y el serpentín de condensación se hallan contenidos en lo que se denomina unidad condensadora. El serpentín del evaporador y el ventilador del mismo se construyen aparte, conjunto se les denomina unidad manejadora de aire. (Alex Ramírez, 2009).

Equipos Minisplit y Multisplit.

Minisplit.- Es un acondicionador de aire, constituido por dos cuerpos, uno al interior del cuarto, espacio o zona cerrada (espacio acondicionado) y otro al exterior conectados por tuberías. Está constituido por una fuente primaria de refrigeración para enfriamiento y/o deshumidificación y puede incluir medios para calefacción, circulación y

limpieza del aire. El Multisplit.- Es un acondicionador de aire, constituido por más de dos cuerpos, dos o más al interior del los cuarto(s), espacio(s) o zona(s) cerrada (espacio acondicionado) y otro al exterior conectados por tuberías. La suma de capacidades interiores debe ser igual a la de la unidad exterior, (PROY-NOM-023-ENER-2008).

2.4.1 Normatividad y Certificación de Acondicionadores de Aire.

El 4 de agosto de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Oficial Mexicana NOM-021-ENER/SCFI-2008, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Esta norma sustituye a la NOM-021-ENER-2000.

La primera norma establecida para equipos tipo cuarto que indica los valores de Relación de Eficiencia Energética (REE)[18], fue en 1994 registrándose con la NOM-O73-SCFI-1994.

Los valores de REE las podemos comparar contra los valores de sello FIDE, como se muestra en la siguiente tabla.

[18] Especifica la eficiencia energética de un acondicionador de aire tipo cuarto y se determina dividiendo el valor del efecto neto de enfriamiento en el lado interno, en W, entre el valor de la potencia eléctrica de entrada, en W, estos dos valores se obtienen de la prueba de eficiencia energética en un calorímetro de cuarto y se expresa en W/W.

Tabla 27. Valores de REE de acondicionadores de aire tipo cuarto de NOMs y Sello FIDE. (sin ciclo inverso y con ranuras laterales).

Equipos de Acondicionadores de Aire Tipo Cuarto						
Alcance	Parámetro	Unidades	Limites Energéticos			
			NOM-O73-SCFI-1994	NOM-ENER-021-2000 / 2008	SELLO FIDE	% Diferencia NOM- O73-SCFI-1994 VS. SELLO FIDE
Menor a 5,999 BTU/h	Relación de Eficiencia Energética REE (EER en ingles)	W/W (BTU/W-h)	2.34 (8.00)	2.84 (9.70)	2.98 (10.20)	27.0%
6,000 A 7.999 BTU/h			2.49 (8.50)	2.84 (9.70)	3.07 (10.50)	23.0%
8,000 A 13.999 BTU/h			2.49 (8.50)	2.87 (9.80)	3.07 (10.50)	23.0%
14,000 A 19,999 BTU/h			2.49 (8.50)	2.84 (9.70)	2.98 (10.20)	20.0%
20,000 BTU/h y mayores			2.40 (8.20)	2.49 (8.50)	2.72 (9.30)	13.0%

Fuente: Elaboración propia con datos de NOMs y Sello FIDE.

Es importante comentar, que los equipos tipo ventana cada vez tienen menos aceptación en el mercado, por ser tan robustos y su complejidad en su instalación, se requiere hacer una abertura en la pared para instalar el equipo. La tendencia actual del mercado es adquirir equipos tanto Minisplit como Multisplit, debido a su ventajas, como no requerir ductos para su instalación, menor ruido, más compactos y se puede tener un control de temperatura por zonas.

El pasado mes de mayo del 2010, se publicó en el DOF el Proyecto de NOM para los equipos tipo Minisplit y Multisplit, la cual establece los siguientes valores de REE, asimismo las compararemos con los valores actuales de Sello FIDE.

Tabla 28. Valores de REE de equipos tipo Minisplit y Multisplit de NOMs y Sello FIDE. (sin ciclo inverso y con ranuras laterales).

TIPO	***Capacidad de Enfriamiento, en Wt***	***Equivalencia Enfriamiento BTU/h***	***Proy NOM 028 ENER 2008 REE en***		***Sello FIDE sin ciclo inverso***	
			Wt/We	**[BTU/h]/W**	***Wt/We***	**[BTU/h]/W**
Minisplit	menor o igual a 3,516	menor a 12,000	2.72	9.30	3.37	11.50
	mayor a 3,517 hasta 5,275	12,001 a 18,000	2.72	9.30	3.34	11.40
	mayor a 5,276 hasta 7,033	18,001 a 24,000	2.72	9.30	3.34	11.40
	mayor a 7,034 hasta 10,550	24,001 a 36,000	2.72	9.30	3.22	11.00
	mayor a 10,551 hasta19,050	36,000 a 65,001	2.72	9.30		
Multisplit	7,033	24000 (Compuesto por 2 evaporadoras de 12,000 BTU/h)	2.72	9.30	3.34	11.40
	7,033	24000 (Compuesto por 3 evaporadoras de 8,000 BTU/h)	2.72	9.30		
	7,912	27000 (Compuesto por 3 evaporadoras de 9,000 BTU/h)	2.72	9.30		
	10,550	36000 (Compuesto por 2 evaporadoras de 18,000 BTU/h)	2.72	9.30	3.29	11.25
	10,550	36000 (Compuesto por 3 evaporadoras de 12,000 BTU/h)	2.72	9.30	3.34	11.40
	14,067	48000 (Compuesto por 2 evaporadoras de 12,000 BTU/h y una evaporadora de 24,000 BTU/h)	2.72	9.30	3.32	11.35

Fuente: Elaboración propia con datos de NOM,s y Sello FIDE

Asimismo, el 22 de Junio del 2007, se público en el DOF la Norma Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Límite, métodos de prueba y etiquetado.

Con relación a los equipos tipo paquete, en su Norma, se establecen los valores de Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE)[19], los cuales podemos observar en la tabla siguiente, junto con los valores especificados por el Sello FIDE.

Tabla 29. Valores de REEE acondicionadores de aire tipo central y dividido de NOMs y Sello FIDE.

Equipos de Acondicionadores de Aire Tipo Central (Paquete y Dividido)						
			Limites Energéticos			
Alcance	Parámetros	Unidades	NOM-ENER-011-1996 / 2002	NOM-ENER-011-2006	SELLO FIDE	% DIFERENCIA NOM-ENER-011-2002 VS. SELLO FIDE
Desde 36,000 hasta 60,000 BTU/h	Relación de Eficiencia Energética Estacional REEE (SEER en ingles)	W/W (BTU/W-h)	2.93 (10.00)	3.80 (13.00)	3.92 (13.40)	34%

Fuente: Elaboración propia con datos de NOMs y Sello FIDE.

19 Es la relación del enfriamiento total de un equipo de aire acondicionado tipo central en watts térmicos (Wt), transferidos del interior al exterior, durante un año de uso, dividido entre la potencia eléctrica total suministrada al equipo en watts eléctricos (We) durante el mismo lapso.

2.4.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Acondicionadores de Aire.

La disminución en demanda y energía se obtiene por el uso de acondicionador de aire con una relación de eficiencia energética REE menor, los equipos comercializados hace más de 10 años tenían una tecnología que ofrecía una mayor REE, por lo tanto la menor potencia de los equipos, nos proporcionar ahorros energéticos sin demeritar la cantidad de aire para enfriamiento.

La siguiente formula permite calcular el ahorro de energía eléctrica, por la sustitución de un acondicionador de aire, que se encuentran en empresas consideradas MIPYMES.

$$ES_i = n * (P_{i,BL} * O_{i\ BL} - P_{i,PJ} * O_{i\ PJ}) / 1000$$

Fuente: Elaboración propia

Pi, BL (We) = Wt / REE

REE = EER[20] *ó SEER*[21] */ 3.412*

Donde:

i = Contador para el tipo de dispositivo de acondicionador de aire por ejemplo, 1 TR (Tonelada de Refrigeración) REE 8.5 BTU/h, acondicionador de alta eficiencia 1 TR, REE 10.5 BTU/h.

n = Numero de tipos de dispositivos de acondicionadores de aire

ESi = Estimación de ahorro anual de electricidad para los equipos del tipo i, de acuerdo a la tecnológico de referencia. (kWh)

Pi,BL = Potencia nominal de los dispositivos de acondicionadores de aire de referencia (REE ó REEE $_{inef}$) del grupo del tipo i los dispositivos de acondicionadores de aire (Watts)

Pi,PJ = Potencia nominal de los dispositivos de proyecto de acondicionadores de aire (REE ó REEE $_{AF}$), del grupo de "los dispositivos de alumbrado i" (Watts)

[20] EER (siglas en ingles de la REE), unidades en BTU/h; 1 BTU/h = 0.293071 Wt

[21] SEER (Siglas en ingles de REEE) unidades en BTU/W-h

Oi BL = El promedio de horas diarias de funcionamiento de los dispositivos de acondicionadores de aire (REE inef), reemplazados por el grupo de "los dispositivos de acondicionadores de aire i", utilizando 11 horas por cada período de 24 horas, durante 26.4 días al mes y 7 meses al año..

Oi PJ = El promedio de horas diarias de funcionamiento de los dispositivos de acondicionadores de aire (REE inef), reemplazados por el grupo de "los dispositivos de acondicionadores de aire i", utilizando 7.7 horas por cada período de 24 horas, durante 26.4 días al mes y 7 meses al año..

2.4.3 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Acondicionadores de Aire.

A pesar de las mejoras en tecnología de los equipos nuevos con respecto a los construidos hace 5 a 10 años, no se ha observado un salto espectacular por lo que los comportamientos en equipos nuevos y usados siguen patrones semejantes. De acuerdo a la información proporcionada por los fabricantes, los equipos producidos de 10 años a la fecha tienen una vida útil, sin disminución de su eficiencia, de 5 años, siempre y cuando se haya proporcionado el mantenimiento apropiado. A partir de los diez años de uso, indican que puede ocurrir una disminución en la eficiencia que puede variar de un 8% a, un 12% dependiendo del modelo y la capacidad (York, 1996, Janitrol-Goodman, 1996).

Los valores de REE se ajustarán un 10% a los equipos que tengan una antigüedad de más de 10 años. Con los nuevos valores REE, calcularemos el consumo de energía eléctrica y lo compararemos contra los equipos acondicionadores de aire con reconocimiento Sello FIDE, para así obtener el ahorro energético, el cual se muestra en la tabla siguiente.

Por lo tanto es importante comentar que la mayoría de la gente está cambiando equipos de acondicionadores de aire tipo ventana por los equipos tipo Minisplit. Compararemos los valores de eficiencia para posteriormente calcular los ahorros energéticos y realizar su análisis de rentabilidad.

Tabla 30. Ahorro en energía eléctrica y retorno de la inversión por sustituir equipos acondicionadores tipo ventana por minisplit con Sello FIDE.

Capacidad de Enfriamiento	***Equivalencia Enfriamiento***	**Ahorros de Energía Eléctrica 1/ kWh / año**	**Ahorros de Económicos 2/ $ / año**	**Retorno de la Inversión (ROI) años**
TR	***BTU/h***	**NOM-O73-SCFI-1994 Tipo Ventana**		
3 / 4	8,000	1,115	2,365	2.89
1.0	12,000	1,497	3,176	2.21
1.5	18,000	2,328	4,939	2.19
2	24,000	3,442	7,301	1.80

Fuente: Elaboración propia.

1/ Se considero que los equipos ineficiente trabajan 11 horas de operación al día, durante 26.4 días al mes y 7 meses al año. El equipo sello fide tiene un 30 % operación menor por lo que se toma 7.7 horas de operación al día.

2/ Se tomo como referencia una empresa que se encuentra en tarifa 3, con un precio medio de 2.1210 $/kWh del año 2009 de la energía eléctrica.

Para el caso de acondicionadores de aire tipo central, se muestran los ahorros energéticos, económicos así como ROI.

Tabla 31. Ahorro en energía eléctrica y retorno de la inversión por sustituir equipos acondicionadores tipo paquete por equipos con Sello FIDE.

Capacidad de Enfriamiento	***Equivalencia Enfriamiento***	**Ahorros de Energía Eléctrica kWh / año 1/**	**Ahorros de Económicos $ / año 2/**	**Retorno de la Inversión (ROI)**
en Wt/We	***BTU/W-h***	**NOM-ENER-011-1996**		
10,551	36,000	4,230	8,971	2.54
14,067	48,000	4,797	10,174	2.98
17,584	60,000	5,996	12,717	2.70

Fuente: Elaboración propia.

1/ Se considero que los equipos ineficiente trabajan 11 horas de operación al día, durante 26.4 días al mes y 7 meses al año. El equipo sello fide tiene un 30 % operación menor por lo que se toma 7.7 horas de operación al día.

2/ Se tomo como referencia una empresa que se encuentra en tarifa 3, con un precio medio de 2.1210 $/kWh del año 2009 de la energía eléctrica.

Los ahorros que se presentan en las tablas anteriores, son conservadores ya que según estudios realizados a equipos en funcionamiento, estos pueden llegar a tener más años en operación, por lo que la REE y los ahorros energéticos pueden incrementarse considerablemente.

2.5 Refrigerador Comercial

El refrigerador comercial autocontenido, es un aparato que tiene integrado en su gabinete un circuito integrado de refrigeración o la unidad condenadora y se clasifican: enfriador vertical, enfriador horizontal, congelador vertical y horizontal, vitrina cerrada y conservadores de bolsa de hielo.

Enfriador.- Aparato para operar a temperatura media, que puede estar diseñado con sistema de refrigeración con circulación de aire forzado, placa fría o una combinación de ambos (híbrido), lo podemos encontrar en horizontales y verticales, cuyos acceso se hace a través de una o más puertas.

Congelador.- Aparato diseñado para mantener una temperatura menor o igual a -18 °C, lo podemos encontrar en horizontales y verticales, cuyos acceso se hace a través de una o más puertas.

Vitrina.- Aparato exhibidor diseñado para conservar una temperatura media o baja, cuyo acceso se hace a través de una o más puertas. (NOM-022-ENER-2008)

2.5.1 Normatividad y Certificación de Acondicionadores de Aire.

El 11 de diciembre de 2008, se público en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI-2008, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Esta norma sustituye a la NOM-021-ENER-2000. La primera norma establecida para este tipo de equipo, se especifica en la NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000.

En la siguiente tabla se presentan los Valores límite de consumo de energía por litro para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos, así como los valores especificados en el Sello FIDE.

Tabla 32. Valores límites de consumo de energía por litro para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos.

Tipo de Aparato	Intervalo de Capacidad (L)	Limite de Consumo Después del Intervalo (kWh / L en 24 h (1)	
		NOM-022-ENER/SCFI-2008	Sello FIDE
ENFRIADOR VERTICAL			
Con circulación forzada de aire	50 - 1200	0,0099	0,0094
Con placa fría		0,0021	0,0020
ENFRIADOR HORIZONTAL			
Con circulación forzada de aire	100 - 500	0,0083	0,0079
Con placa fría		0,0045	0,0044
CONGELADOR VERTICAL			
Con puerta de cristal y circulación forzada de aire	100 - 500	0,0358	0,0340
Con puerta de cristal y placa fría	200 – 1,500	0,0111	0,0106

Tipo de Aparato	Intervalo de Capacidad (L)	Limite de Consumo Después del Intervalo (kWh / L en 24 h) (1)	
		NOM-022-ENER/SCFI-2008	Sello FIDE
CONGELADOR HORIZONTAL			
Con puerta sólida	100 - 700	0,0087	0,0069
Con puerta sólida uso médico (2)		0,0119	0,0116
Con puerta de cristal	100 - 500	0,0131	0,0127
VITRINA CERRADA			
De temperatura media	200 – 1,200	0,0197	0,0177
De baja temperatura		0,0431	0,0410
CONSERVADORES DE BOLSAS DE HIELO			
	250 – 2,500	0,0026	0,0025

Fuente: Elaboración propia con datos de NOM y Sello FIDE

1/ Estos valores no se calculan y son constantes para todas las capacidades mayores a los intervalos de capacidad de la columna dos.

2.5.2 Metodología para Calcular el Ahorro de Energía Eléctrica para Refrigeradores Comerciales.

De acuerdo a la metodología utilizada en el programa AMS II C, vista de la demanda de actividades de eficiencia energética para tecnologías especificas, la energía sustituida es la electricidad, la línea de base y se proyecto con de energía de proyecto, calculándose de la siguiente manera:

$$EB = \Sigma i(ni \,.\, pi \,.\, oi) - (nj \,.\, pj \,.\, oj)$$

Donde:

EB *Energía anual ahorrada en kWh/año.*

Σi *La suma sobre el grupo de "i" sustituye dispositivos para que la sustitución este funcionando durante el año, implementado como parte del proyecto.*

ni el número de dispositivos del grupo "i" dispositivos remplazados para que estén operando durante el año.

pi El consumo de los dispositivos del grupo de "i" dispositivos de sustitución. En el caso de nuevas instalaciones, "poner" la media ponderada de los dispositivos en el mercado, durante 24 horas por litro. kWh/litro.

oi horas promedio de operación anual de los dispositivos del grupo "i" remplazados, 365 días al año.

nj El número de dispositivos del grupo "j" dispositivos instalados nuevos para que estén operando durante el año.

pj El consumo de los dispositivos del grupo de "j" dispositivos de instalados nuevos, durante 24 horas por litro. kWh/litro.

oj horas promedio de operación anual de los dispositivos del grupo "j" remplazados, 365 días al año.

2.5.3 Cálculo de Ahorro de Energía Eléctrica para Refrigerador Comercial.

A continuación se presenta el consumo de energía por día de acuerdo al año de fabricación.

Tabla 33. Consumo de energía de enfriadores de acuerdo a su año de fabricación.

Tipo de Enfriador	Anterior 2002 kWh/día	2009-2010 kWh/día	Ahorros kWh/año	Ahorro Económico $/año
Vertical 1 puerta	10.00	2.00	2,920	7,050
Vertical 2 puertas	11.00	4.00	2,555	6,169
Vertical 3 puertas	19.00	6.00	4,745	11,457
Horizontal mediano	12.00	5.00	2,555	6,169
Horizontal grande	12.00	4.00	2,920	7,050

Fuente: Imbera SA de CV, Tabla de consumos de enfriadores por año fabricación 2010

2.6 *Transformadores Eficientes*

El transformador es un dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentado o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas.

Para este estudio definiremos los transformadores de distribución tipo poste o pedestal, porque son los equipo que se ocuparan para el cambio de tarifa de los usuarios; El transformador de distribución tipo poste, por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar, el tipo pedestal, es el conjunto formado por un transformador de distribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, este conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie. Los equipos señalados con anterioridad deben cumplir con la NOM-002-SEDE-1999.

Existen transformadores con liquido aislante son aquellos que utilizan el líquido aislante deben cumplir con no ser tóxico; ser Biodegradable y Adecuarse a la normativa mexicana relativa a los bifenilos policlorados (BPC).

Asimismo para garantizar la buena calidad de los transformadores y seguridad para los usuarios, cada transformador debe cumplir con las pruebas establecidas en la NMX-J-169-ANCE, que dice:

- Resistencia óhmica a los devanados.
- Resistencia de aislamiento (1 min)
- Rigidez dieléctrica del líquido aislante.
- Tensión aplicada.
- Tensión inducida.
- Relación de transformación, polaridad y secuencia de fases.
- Pérdidas de vacío y corriente de excitación
- Pérdidas debidas a las cargas e impedancia.
- Hermeticidad.

El tipo seco, como su nombre lo indican no contiene líquido aislante y presentan las siguientes ventajas, como:

- Transformador libre de mantenimiento: los transformadores tipo seco no requieren servicios o mantenimientos complicados para asegurar su funcionamiento tales como monitoreo de la vida útil del aceite, problemas por fugas, derrames, etc.
- Están fabricados con material para resistir altas temperaturas y ser auto extinguible, reduciendo así a un mínimo los riesgos de incendio y propagación del mismo.

- La subestación en la que se emplean transformadores secos es más robusta y no requiere bóveda y fosa para la preservación del líquido aislante evitando así riesgos de contaminación e incendio (www.quiminet.com.mx, 2010).

En el transformador la potencia que entra no es igual a la que sale, esto es debido a las pérdidas que se generan, las cuales dependen de su diseño, tamaño y la cantidad de cobre que haya en sus bobinados. Si se mejora el diseño, los materiales y la manufactura de los transformadores la reducción de pérdidas de energía puede ser hasta un 33%, cabe mencionar que para ello es importante el uso de cobre en los componentes alrededor del núcleo de acero del transformador. Al incrementar el diámetro del conductor de cobre incrementa su eficiencia eléctrica (Procobre, 2010).

2.6.1 Parámetros Determinantes en la Evaluación y Rentabilidad de un Cambio de Tarifa 2 o 3 a Tarifa OM o HM.

Dada la necesidad de incremento de carga en las instalaciones o de reducir el pago del recibo de energía dada por consumo de energía eléctrica, se pretende instalar una subestación capaz de soportar la carga, así como de la carga extra que a corto plazo se requiera, por lo que se necesita de manera de inicio conocer los siguientes parámetros para realizar la instalación de una subestación eléctrica.

1. Conocer la demanda máxima esperada
2. Conocer el factor de potencia mínimo esperado
3. Conocer la demanda máxima posible (carga instalada)
4. Dimensionar la capacidad del transformador en función de los parámetros anteriores.

    a. Para fines prácticos y económicos (mayor viabilidad económica), la capacidad deseada del transformador se encuentra con la relación: **kVA** (capacidad del transformador en kVA) **=** **kW** (demanda máxima esperada) **/** **F.P.** (factor de potencia mínimo esperado).

    b. Si la probabilidad de que en algún momento se llegue a requerir de la operación de toda la carga instalada es alta, y esta es mayor en un 20% o más que la capacidad encontrada con el criterio anterior, se encuentra conveniente que el transformador sea dimensionado en función de la demanda máxima posible (carga instalada), esto es: **KVA** (capacidad del transformador en kVA) **=** **kW** (demanda máxima posible o carga instalada) **/ F.P.** (factor de potencia mínimo esperado).

Un sobredimensionamiento del transformador puede aumentar de manera importante el costo del proyecto por lo que la rentabilidad de este puede verse en riesgo.

Si el factor de carga que resulte de la relación Consumo-Demanda es muy bajo el proyecto de cambio de tarifa puede no ser rentable. A mayor factor de carga, mayores posibilidades de que el proyecto sea rentable.

Si el factor de potencia es menor al 90% la facturación llegará con penalizaciones (cargos económicos) como resultado de un factor de potencia bajo. Tanto menor es el factor de potencia F.P., mayor la penalización y el proyecto pierde rentabilidad hasta implicar incluso pérdidas en lugar de ahorros.

2.6.2 Análisis de Cambio de Tarifa.

Primeramente se requiere hacer un historial de facturación y consumo eléctrico, el servicio de energía eléctrica es suministrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante la tarifa (2 ó 3) y que cuenta con un servicio censado por un medidor.

La propuesta de cambio de tarifa se realiza con el fin de reducir los montos en la facturación de energía eléctrica y al mismo tiempo estar preparados para el incremento de carga que a corto plazo se planea, por lo que se propone contar con una subestación eléctrica. Esto permitirá que la empresa se beneficie de los precios más económicos característicos de la tarifa (OM o HM) –respecto a las tarifas 2 y 3. Tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 34. Precio medio de la energía eléctrica por tarifa, 2009.

Tarifas	Precio Medio 2009 ($/kWh)
2	2.4145
3	2.1210
OM	1.5723
HM 1/	1.1947

Fuente: Elaboración propia, con datos de CFE

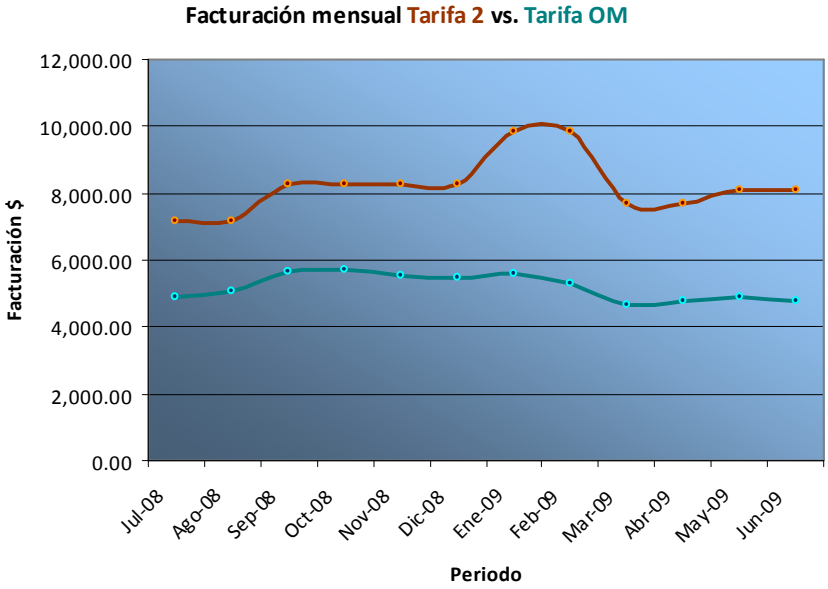
1/ Se considera que el 66% del total de usuarios de la tarifa HM son MIPYMES.

Como podemos observar el precio medio de la tarifa OM es un 35% menor en comparación con el precio medio de la tarifa 2 y un 26% menor en comparación con el precio medio de la tarifa 3, (cifras CFE, 2009).

Es importante señalar que para contratarse con la tarifa HM se requiere que la empresa tenga por lo menos un demanda de 100 kW.

A continuación se muestra a manera de ejemplo una grafica comparativa entre la facturación real de una empresa MIPYME que se encuentra contratada en tarifa 2 la facturación estimada si se contrata en tarifa OM.

Figura 4. Comparación de facturación de una empresa contratada tarifa 2 vs tarifa OM.



Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

Alex Ramírez Rivero; Genertek; Prospectivas de potencial de ahorro de energía eléctrica en el sector comercial, edificios y sector público, 2009; Prospectiva de potencial de ahorro de energía eléctrica en sistemas de aire acondicionado. 2009.

Alfredo Aguilar; Ingeniería Energética Integral; Estimación del volumen de inversión para proyectos de ahorro de energía eléctrica en el sector industrial, 2009.

Catálogos de productos compresores de aire; Ingersoll rand, Atlas Copco, Kaeser; Acceso por internet, 2010.

Catálogos de productos iluminación; Osram, SLI, Philips, Sola Basic, Acceso por internet, 2010.

Catálogos de productos motores eléctricos; Motores US, Suministros Electromecánicos y Representaciones Técnicas SA de CV, 2010.

CDM- PDD, Factory energy efficiency improvement in compressed air demand in Mexico, 2007; CDM-AMS II C Demand side energy efficiency activities for specific technologies v 13; CDM-AMS II J Demand-side activities for efficient lighting technologies v 3.

CDM- POA; design document; CFL lighting scheme – “Bachat Lamp Yojana.

CONUUE; Guía de Ahorro de energía en Motores Eléctricos; Acceso internet, 2010.

CONUUE; Norma Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006 y, la NORMA Oficial Mexicana NOM-011-ENER/SCFI/ECOL-2000, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

CONUUE; Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY–NOM-016-ENER-2008, la NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2002 y la NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-1997, Eficiencia energética para motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, métodos de prueba y marcado.

CONUUE; NORMA Oficial Mexicana NOM-017-ENER/SCFI-2008, Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastradas. Límites y métodos de prueba.

CONUUE; Norma Oficial Mexicana NOM-021-ENER/SCFI-2008 y, la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

CONUUE; Norma Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI-2008 y, la NORMA Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

CONUUE; Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-023-ENER-2008, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Estadística de ventas CFE,
http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/Default.aspx, Acceso, agosto 2010.

FIDE-Procobre; Ventajas y recomendaciones en el uso de motores eléctricos con Sello FIDE. Noviembre 2008.

FIDE; Especificaciones Sello FIDE; ESP4401 Motores trifásicos de Inducción; ESP4402 Lámparas Fluorescentes Compactas Autobalastradas; ESP4404 Balastros para Lámparas Fluorescentes T8; ESP4408 Lámparas Fluorescentes Lineales T8; ESP4413 Acondicionadores de Aire Tipo Cuarto; ESP4416 Acondicionadores de Aire Tipo Central Paquete o Dividido; ESP4417 Aparatos de Refrigeración Comercial Autocontenidos; ESP4419 Lámparas Fluorescentes Lineales T5; ESP4421 Acondicionadores de Aire Tipo Minisplit o Multisplit; ESP4431 Balastros para Lámparas Fluorescentes Lineales T5.

Imbera SA de CV, Tabla de consumos de enfriadores por año fabricación 2010

PA Consulting; Evaluación y monitoreo del programa de incentivos, 2004.

Procobre; Ventajas del Cobre Sobre Otros Materiales Conductores en Transformadores, 2010.

http://www.quiminet.com.mx/pr5/Transformadores%2BSecos.htm, Acceso septiembre 2010.