



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

**Facultad de Ingeniería**

**División de Ingeniería Eléctrica**

**Planteamiento y evaluación técnica de  
un proyecto de eficiencia energética en  
una industria dulcera.**

**Tesis que para obtener el título de  
Ingeniero Eléctrico Electrónico**

**Presenta:**

**Sandro Alfonso García Avilés**

**Directora:**

**Dra. Tanya Moreno Coronado**

**Ciudad Universitaria, México D.F. 2014**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

### AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber guiado mi camino y a la vida por bríndame tantos momentos repletos de aprendizaje y experiencias.

A mis padres, Mariano y Doris, que a lo largo de mi vida me han apoyado en todo momento, por haberme inculcado una educación con valores, por su confianza, por su motivación, pero sobre todo por los sacrificios realizados para que yo pudiera realizar y cumplir mis objetivos.

A ti papá, que por tu carácter fuerte ayudaste a forjar el mío y a no dejarme vencer por las adversidades de la vida; y a ti mamá, por tu comprensión, tu cariño y tus buenos consejos, que me dan el impulso y la inspiración para proponer nuevas metas y siempre salir adelante. A ustedes por siempre: mi amor, mi admiración y mi agradecimiento.

A mi hermano Fabián, por ser mi fiel compañero, amigo, cómplice y aliado en mi vida, gracias por todas las alegrías y por el apoyo recibido. Espero que próximamente seamos los ingenieros García, así que ánimo.

A mi directora de tesis, Dra. Tanya Moreno Coronado, por todo el gran apoyo recibido y por sus consejos para la culminación de éste trabajo.

Al FIDE por haber creído en mí y haberme dado la oportunidad para ejercer mi profesión, por el apoyo y las facilidades para poder realizar ésta tesis.

A todos mis amigos y familiares que directa o indirectamente me apoyaron para superar esta etapa de mi vida.

A mi querida UNAM, por los conocimientos y habilidades brindadas en sus aulas en cada una de las etapas escolares cursadas y a la apertura de mi visión sobre la vida.

*México, Pumas, Universidad, ¡Goya! ¡Goya! ...*



# Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

## Contenido

OBJETIVO.....	6
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES .....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Energía.....	7
1.3 Panorama Energético Nacional Actual .....	9
1.4 Eficiencia Energética .....	11
1.5 Tarifas y facturación eléctrica.....	12
1.6 Diagnósticos Energéticos.....	14
1.7 Conclusiones.....	17
CAPÍTULO 2. ILUMINACIÓN.....	18
2.1 Introducción.....	18
2.2 Definiciones.....	18
2.2.1 La Luz.....	18
2.2.2 El ojo humano y sus curvas características de sensibilidad.....	19
2.2.3 Terminología de Iluminación .....	21
2.3 Tipos de fuentes de luz artificiales.....	25
2.3.1 Lámparas incandescentes.....	25
2.3.2 Lámparas fluorescentes.....	25
2.3.3 Lámparas de descarga en alta intensidad.....	28
2.3.4 Lámparas LED.....	31
2.4 Controladores.....	32
2.4.1 Balastos .....	32
2.4.2 Driver o fuente de alimentación led.....	34
2.5 Luminaria o luminario. ....	35
2.6 Niveles de iluminación .....	35
2.7 Normatividad .....	37
2.8 Conclusiones.....	37
CAPÍTULO 3. MOTORES ELÉCTRICOS .....	39
3.1 Introducción.....	39
3.2 Definiciones generales .....	39



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

3.2.1 Antecedentes .....	39
3.2.2 Potencia – Par – Velocidad. ....	42
3.2.3 Eficiencia de un motor eléctrico ( $\eta$ ).....	43
3.2.4 Factor de carga (FC) .....	45
3.2.5 Factor de servicio.....	45
3.2.6 Velocidad de sincronismo ( $N_{sinc}$ ) .....	46
3.2.7 Deslizamiento (s).....	46
3.3 Clasificación de motores eléctricos de acuerdo a su alimentación .....	47
3.3.1 Motores de corriente directa .....	47
3.3.2 Motores de corriente alterna .....	47
3.4 Datos de placa de un motor.....	49
3.5 Normatividad .....	49
3.6 Conclusiones.....	51
<b>CAPÍTULO 4. PLANTEAMIENTO DEL CASO ESTUDIO Y LOS REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>52</b>
4.1 Introducción.....	52
4.2 Descripción general .....	53
4.3 Análisis de las áreas técnicas del caso estudio .....	54
4.3.1 Análisis del caso estudio – Iluminación .....	54
4.3.2 Análisis del caso estudio – Motores eléctricos.....	60
4.4 Conclusiones.....	64
<b>CAPÍTULO 5. PROPUESTA TÉCNICA DE EQUIPOS EFICIENTES PARA OBTENER AHORROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>65</b>
5.1 Introducción.....	65
5.2 Propuestas técnicas de equipos eficientes.....	65
5.2.1 Propuesta eficiente – iluminación.....	65
5.2.2 Propuesta técnica de motores eléctricos .....	71
5.3 Conclusiones.....	74
<b>CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>76</b>
6.1 Introducción.....	76
6.2 Análisis de precio medio de electricidad.....	76
6.3 Costos de inversión.....	78



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

6.3.1 Costos de inversión para luminarios.....	78
6.3.2 Costos de inversión para motores.....	79
6.3.3 Costo de inversión global.....	79
6.4 Periodo simple de recuperación.....	80
6.5 Fuente de financiamiento.....	80
6.6 Conclusiones.....	83
CONCLUSIONES GENERALES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS .....	87



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

### **OBJETIVO**

El objetivo de éste trabajo es plantear una propuesta de ahorro de energía eléctrica en el sector industrial a través de un análisis técnico sobre el estado actual de una empresa dulcera, identificando las áreas de mayor oportunidad para sustituir los actuales equipos ineficientes por productos de alta eficiencia energética.

Se analizarán las instalaciones de la empresa para obtener un diagnóstico energético de tal manera que se observen las necesidades actuales en la industria de forma que al realizar la propuesta con equipos eficientes se optimice el uso de la energía eléctrica.

Adicionalmente se realizará el estudio de facturación para conocer la cantidad que se paga por la energía eléctrica y en base a los historiales de consumo de energía eléctrica obtener un precio medio, el cual ayuda para ver el tiempo necesario en que se recupera la inversión de la propuesta.

Por último, se presenta como alternativa de inversión al Programa de Financiamiento de Eficiencia Energética el cual es ofrecido por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), el cual promueve el uso de tecnologías eficientes para un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica.



## **CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES**

### **1.1 Introducción**

En este primer capítulo se pretende dar una perspectiva general sobre las definiciones básicas y contenidos relacionados con la energía, las cuales servirán como base para poder analizar los inconvenientes reales a los que nos enfrentaremos en esta tesis y poder crear una propuesta que resuelva de la mejor manera posible el problema.

Así mismo se muestra el panorama eléctrico nacional, el cual ayuda al lector del presente a visualizar como se genera la energía eléctrica en el país y sobretodo ver en qué sectores y en qué medida se está consumiendo y así poder detectar cuáles son las áreas de mayor oportunidad para lograr ahorros energéticos.

Adicionalmente se presenta el tema de la eficiencia energética de los equipos, la cual ha cobrado gran importancia a nivel mundial debido a la idea de mejorar el aprovechamiento de la energía, lo cual en el sector industrial implica ahorros económicos en los procesos de producción.

Por último se mencionan a los diagnósticos energéticos como instrumentos necesarios para detectar las áreas de oportunidad, clasificándolos en tres categorías de acuerdo a lo específico que se requieran los datos.

### **1.2 Energía**

El término “energía” proviene del vocablo griego *ενέργεια* que significa actividad, acción o trabajo, se tienen varias interpretaciones, todas relacionadas con la idea de la capacidad para realizar alguna labor. En física la energía se define como la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo y es una propiedad asociada a la materia. De forma más simplificada la energía se puede entender como la posibilidad de producir algún cambio, acción o efecto sobre otro cuerpo.



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

En la naturaleza podemos encontrar numerosas fuentes primarias de energía, incluida la radiación del sol, el agua, el viento, el calor de la tierra, la materia orgánica, todas estas fuentes de energía son renovables, pero también existen otras fuentes de energía que nos presenta la naturaleza, pero que no son renovables ya que se necesitan muchos miles de años para que se vuelvan a formar como son los combustibles fósiles y el uranio (energía nuclear).

En la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 “Sistema General de Unidades de Medida”, la unidad correspondiente a la energía es el joule (J) que expresado en unidades del SI se muestra de la siguiente manera:  $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ , aunque la unidad más utilizada en el ámbito de la facturación eléctrica es el kilowatt-hora (kWh) que corresponde a  $3.6 \times 10^6$  J, siendo más conveniente que emplear cifras demasiado grandes debido a que el joule es una unidad pequeña, respecto a las cantidades que suelen manejarse.

Utilizar la energía primaria<sup>1</sup> en forma directa es complicado, por lo que es necesario realizar transformaciones y adecuarla a las necesidades del usuario final. La energía eléctrica es la forma de energía más útil, ya que es la que se puede transformar en otros tipos de energía además de que su transporte y distribución suelen ser sencillos en comparación de las demás formas.

Tomando como base el principio de conservación de la energía, el cual nos indica que en cualquier proceso, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, podemos indicar que la energía total permanece constante, siendo la misma antes y después de cada transformación. Se pueden observar las relaciones existentes entre los distintos tipos de energía a través de la Ilustración 1.

---

<sup>1</sup> La energía primaria comprende aquellos productos energéticos que se extraen o captan directamente de los recursos naturales. CONUEE

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

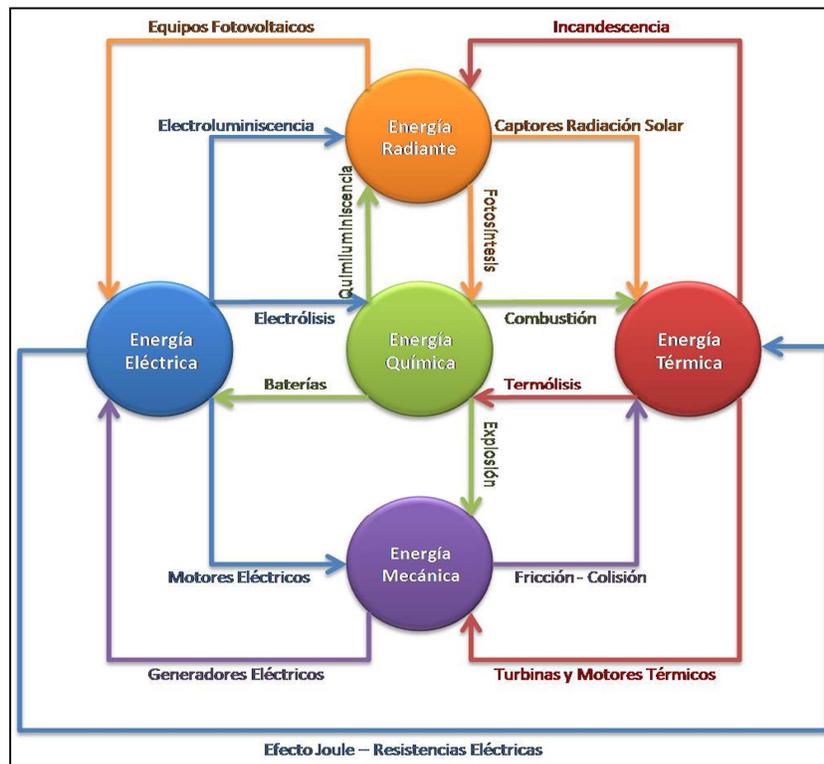


Ilustración 1: Transformación de la energía.

### 1.3 Panorama Energético Nacional Actual<sup>2</sup>

Actualmente la generación de energía eléctrica en México está distribuida principalmente en 7 ámbitos como se muestran en la Ilustración 2.

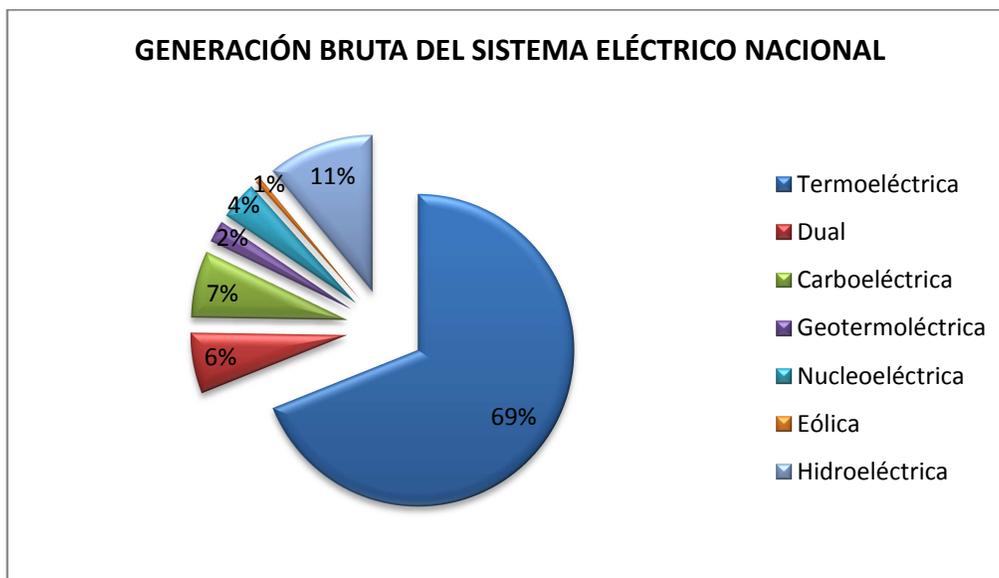


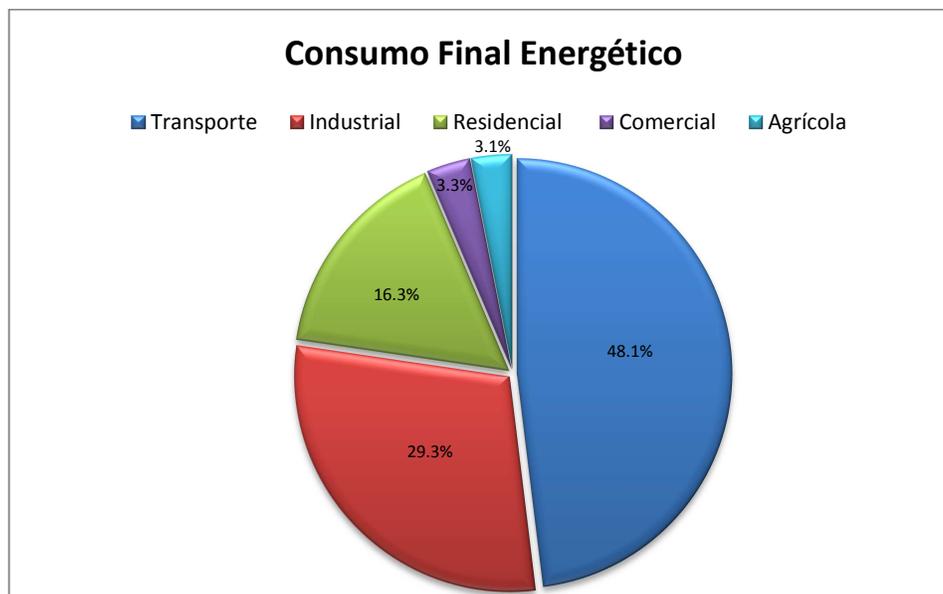
Ilustración 2: Generación Bruta del SEN.

<sup>2</sup> SENER. Balance Nacional de Energía, 2010.

**Tabla 1: Generación bruta del SEN**

GENERACIÓN BRUTA DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (MWh)							Total
Termoeléctrica	Dual	Carboeléctrica	Geotermoléctrica	Nucleoeléctrica	Eólica	Hidroeléctrica	
16,345,144	1,493,680	1,634,065	536,837	939,105	147,300	2,610,323	23,706,454

De acuerdo a la Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 elaborada por la Secretaría de Energía en febrero de 2012, el consumo energético del país se puede distribuir en 5 secciones principales de acuerdo al consumo final, los cuales son: transporte, industrial, residencial, comercial y agrícola, mismos que se pueden observar a detalle en la gráfica siguiente:



**Ilustración 3: Consumo energético final – Fuente: Elaboración propia.**

Siendo el sector industrial el segundo consumidor en importancia en el país y principalmente por ser el campo de estudio de este trabajo, con un 29.3% del consumo de energía, equivalente a 1369 PJ<sup>3</sup> de los cuales en forma de energía eléctrica se consumen poco más de 383 PJ, por lo que hay una gran oportunidad de ahorro de energía, por tanto es imprescindible implementar acciones orientadas en una economía de bajo consumo de energía, segura, competitiva y sostenible.

<sup>3</sup> SENER, Estrategia Nacional de Energía 2012-2026



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

Un área de oportunidad importante se presenta en el consumo de energía por concepto de iluminación, si bien, el consumo total de energía es menor que en otras áreas, ésta es la que tiene el mayor potencial de eficiencia entre las distintas opciones de tecnología disponible. En este sentido, se debe continuar con una política de sustitución de lámparas poco eficientes por sistemas más eficientes, aprovechando las tecnologías más avanzadas.

Así mismo, con el fin de incrementar la eficiencia en motores industriales y mejorar la competitividad del sector industrial se debe contar con programas de fomento a la eficiencia energética y promover la sustitución de motores poco eficientes, especialmente los motores trifásicos, ya que éstos representan la mayoría del parque y del consumo de motores en el país.

Por lo anterior, en capítulos posteriores de éste trabajo, se desarrollaran las propuestas de mejora tanto en los sistemas de iluminación como en los motores industriales.

### **1.4 Eficiencia Energética**

El significado de la palabra eficiencia es la capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles, por lo que trasladándolo al ámbito de interés, el concepto de eficiencia energética se define como la capacidad para producir un efecto deseado utilizando la menor cantidad de energía.

Actualmente las empresas y organizaciones se han dado cuenta como la energía representa un factor importante en la planeación de costos y debido al constante aumento de los precios en las distintas tarifas eléctricas se han visto en la necesidad de analizar a detalle la cantidad de energía que requieren para cada proceso y determinar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad de sus productos. Por lo que han decidido implementar proyectos de ahorro de energía y eficiencia energética, para poder liberar recursos económicos destinándolos a otras actividades productivas, mejorando su competitividad global.

Una idea fundamental para poder conocer con precisión la eficiencia energética de una empresa es relacionar el consumo de energía eléctrica con el proceso de



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

producción en un determinado tiempo, el cual se busca sea mensual por contar con la ayuda de la facturación eléctrica.

### 1.5 Tarifas y facturación eléctrica.<sup>4</sup>

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa creada por el gobierno federal el 14 de agosto de 1937, misma que se encarga de generar, controlar, transmitir y comercializar la energía eléctrica en México.

Las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica en México se agrupan, de acuerdo al uso final que se le da a la energía, en tarifas específicas y tarifas generales y para la correcta facturación se deben considerar las disposiciones complementarias.

#### Descripción de las tarifas de CFE

- Servicio doméstico (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC)
- Servicio general hasta 25 kW de demanda (2)
- Servicio general para más de 25 kW de demanda (3)
- Servicio para alumbrado público (5 y 5A)
- Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público en baja tensión (6)
- Servicio temporal (7)
- Servicio para bombeo de agua para riego agrícola (9, 9CU, 9M, 9N)
- Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW (O-M)
- Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda mayor a 100 kW (H-M)
- Respaldo para falla y mantenimiento (HM-R, HS-R, HT-R)
- Respaldo para falla (HM-RF, HS-RF, HT-RF)
- Respaldo para mantenimiento (HM-RM, HS-RM, HT-RM)
- Tarifa de uso general para servicio interrumpible (I-15, I-30)

---

<sup>4</sup> Comisión Federal de Electricidad, 2013.

Disposiciones complementarias.

- Tensiones de suministro. Para la aplicación e interpretación de las tarifas de acuerdo a la tensión se consideran los siguientes:
  - a) Baja tensión. Niveles de tensión menores a 1 kV.
  - b) Media tensión Niveles mayores a 1 kV pero menores a 35 KV.
  - c) Alta tensión Nivel de sub-transmisión, con niveles mayores a 35 kV pero menores a 220 kV.
  - d) Extra alta tensión Nivel de transmisión, con tensión mayor a 220 kV.
- Regiones tarifarias. En los costos de suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio se consideran diferentes regiones del país y estaciones del año.



Ilustración 4: Distribución de zonas CFE

- Cargos fijos y bonificaciones: Redondeo
  - a) Cargos por demanda y bonificaciones: 2 decimales
  - b) Cargos por energía de las tarifas no horarias: 3 decimales
  - c) Cargos por energía de las tarifas horarias: 4 decimales
- Factor de potencia. La CFE penaliza a los usuarios que tienen un factor de potencia inferior a 0.9 y realiza una bonificación en caso de que sea mayor a dicho valor utilizando las fórmulas siguientes:

**Tabla 2: Penalización y bonificación por factor de potencia.**

Condición	Fórmula	Valor máximo
Penalización por bajo factor de potencia ( $fp < 0.9$ )	$\% \text{ Penalización} = \frac{3}{5} \cdot \left[ \frac{0.9}{fp} - 1 \right] \cdot 100$	Penalización 120%
Bonificación por alto factor de potencia ( $fp > 0.9$ )	$\% \text{ Bonificación} = \frac{1}{4} \cdot \left[ 1 - \frac{0.9}{fp} \right] \cdot 100$	Bonificación 2.5%

En el presente trabajo es importante entrar en detalle sobre la tarifa H-M ya que es la con la que cuenta la empresa dulcera en sus dos naves industriales, como se observará en los próximos capítulos.

La tarifa H-M también conocida como “tarifa horaria-media” se suministra en media tensión y se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, teniendo una demanda de 100 kW o más.

Debido a que para la facturación se consideran los horarios, se utilizan los establecidos oficialmente, teniendo tres distintos periodos: base, intermedia y punta, los cuales varían de acuerdo a la región del país y a los días de la semana en que se utilice la energía.

### 1.6 Diagnósticos Energéticos<sup>5</sup>

El diagnóstico energético es el instrumento para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y por qué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización.

Los costos y el tiempo para ejecutar un diagnóstico, depende de la cantidad de datos que se quiera analizar y esta cantidad de datos estará en función de la importancia que se le quiera dar al diagnóstico mismo, con la idea de encontrar el mayor número de oportunidades de ahorro de energía eléctrica.

Las medidas que se implementen como resultado del diagnóstico energético, permitirán alcanzar ahorros significativos en el corto, mediano y largo plazos.

Al realizar diagnósticos energéticos se puede contar con información suficiente para:

<sup>5</sup> Guía para elaborar un diagnóstico energético en instalaciones. CONUEE

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

- Conocer el comportamiento y uso de la energía.
- Evaluar cuantitativa y cualitativamente la energía que se consume.
- Detectar áreas de oportunidad de ahorro y uso eficiente de energía.
- Cuantificar los potenciales de ahorro de energía.
- Analizar de manera detallada las instalaciones, a fin de estructurar propuestas técnicas viables, para ahorrar energía en los diversos sistemas eléctricos y térmicos.
- Determinar la eficiencia energética de la dependencia o entidad en términos de índices energéticos.
- Establecer un catálogo de acciones y medidas de ahorro
- Estimar la inversión requerida para la aplicación de las medidas de ahorro.
- Determinación de beneficios energéticos, ambientales y económicos.

Para llevar a cabo con éxito un diagnóstico energético se deben de realizar al menos las siguientes acciones:

- Planear los recursos y el tiempo para su realización.
- Recopilar información.
- Realizar mediciones puntuales.
- Análisis de datos.

La clasificación<sup>6</sup> que se asigna a un diagnóstico energético, está en función de la profundidad con que se estudia a una empresa; es decir, depende del volumen de trabajo, el enfoque, la precisión buscada y el costo asignado. Reconocidos expertos los clasifican como de primer, segundo y tercer nivel.

### Nivel 1 – Básico

El diagnóstico de nivel uno o básico, se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial, reconociendo y revisando los equipos consumidores de energía, para dar una idea de los potenciales de ahorro de energía que se pueden lograr por modificación en los hábitos de operación, corrección de desperdicios o por la

---

<sup>6</sup> Curso – Taller Promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica – FIDE/CNEE



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

incorporación de tecnologías eficientes. De este diagnóstico se pueden obtener buenas recomendaciones a nivel general.

Pero los potenciales de ahorro de energía son meramente estimados y descansan en muchas suposiciones por lo que los ahorros pueden o no lograrse, ya que en este nivel no se realizan mediciones y apenas se obtiene un conocimiento muy somero de las instalaciones energéticas.

Su principal ventaja es dar una idea general sobre si existe o no posibilidad de ahorro energético. Este nivel tiene un costo económico, que es el de menor costo respecto a los de niveles superiores.

### **Nivel 2 – Fundamental**

El nivel dos o fundamental, proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas funcionales, es decir, se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización se obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para el ahorro energético.

Es el más útil para conocer los potenciales de ahorro de energía de una instalación. Estos se cualifican y se cuantifican. Se analiza entre el 75 y 80% de los equipos consumidores de energía, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización.

En la aplicación del diagnóstico, a este nivel, será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que conlleven a determinar los potenciales de ahorro de energía.

### **Nivel 3 – Especializado**

El nivel tres proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados. Este nivel está caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

ingeniería involucrada, se aclara que muchas de las acciones propuestas para lograr ahorro de energía son producto de reingeniería de los procesos.

Este tipo de diagnóstico es llamado como micro diagnóstico, ya que se profundiza en el proceso y equipos involucrados en este. Requiere la participación de especialistas particulares para definir aplicaciones complejas. Su costo es mucho mayor al de segundo nivel.

El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para un área específica de proceso o instalación.

### **1.7 Conclusiones**

En este capítulo se definió lo que es la energía y se incluyeron las distintas formas en las que se puede manifestar en la realidad, por lo que dependiendo de la tarea a realizar, a las personas les resulta ser más útil en alguna de sus formas.

Así mismo se indicó lo conveniente que resulta utilizar la energía eléctrica debido a la versatilidad para transformarse en otro tipo de energía de acuerdo a las necesidades del usuario y también su sencillo manejo y administración, por lo que en la mayoría de los países del mundo suelen desarrollarse grandes sistemas eléctricos para abastecer de energía a su población.

También se analizaron las tarifas actuales de energía eléctrica en México, en donde se observó que existe una clasificación de las mismas y resaltando que el cobro que se realizará depende de varios factores de acuerdo a la utilización final.

Por último se realizó una breve introducción de lo importante que son los diagnósticos energéticos para identificar las áreas de mayor oportunidad dentro de una instalación y poder implementar las acciones que generen una mayor optimización en el uso de la energía.

## **CAPÍTULO 2. ILUMINACIÓN**

### **2.1 Introducción**

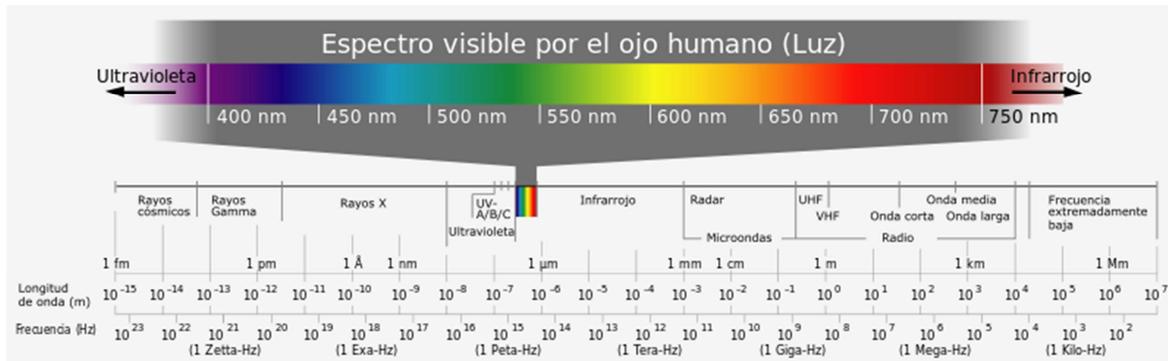
Desde tiempos remotos el hombre siempre se ha esforzado por encontrar sistemas de iluminación que traten de sustituir a la luz solar en lugares donde escasea, a fin de sentirse seguro en sus actividades cotidianas; debido a esa inquietud se han desarrollado fuentes artificiales de luz con las tecnologías disponibles en su momento por lo que actualmente se cuenta en el mercado con lámparas de diferentes características para cumplir con esta misión.

En este capítulo se buscan mostrar las principales tecnologías utilizadas en los sistemas de iluminación, su principio de funcionamiento y sus características más importantes de calidad y de eficiencia energética, con el fin de tener elementos concretos para realizar una nueva propuesta con equipos más eficientes sin dejar de lado el confort visual y la seguridad de los trabajadores de la industria, por lo que al final se mencionan las normas nacionales relacionadas que se deben aplicar en el proyecto.

### **2.2 Definiciones**

#### **2.2.1 La Luz**

Cuando se utiliza el concepto de luz se hace referencia a ondas electromagnéticas que percibe el ojo humano y cuya longitud de onda comprende desde 380 nm hasta aproximadamente 780 nm en el espectro electromagnético; las ondas más largas y cuya frecuencia es menor corresponden al extremo visible rojo, colindando con la sección de radiaciones infrarrojas; en tanto las longitudes más cortas pero con frecuencia mayor corresponden al extremo visible violeta limitando el espectro visible y el campo de las radiaciones ultravioleta. La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de poco menos de 300 000 km/s.



**Ilustración 5: Espectro electromagnético <sup>7</sup>**

### **2.2.2 El ojo humano y sus curvas características de sensibilidad.**

El ojo es el órgano mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color. De forma muy general la descripción del proceso de la visión es la siguiente: la luz ingresa al ojo a través de la córnea, posteriormente cruza por el cristalino y el humor vítreo para finalmente chocar contra la retina o la fóvea y a través del nervio óptico se envía la información al cerebro.

El ojo humano contiene distintos tipos de fotorreceptores, los conos que funcionan a niveles altos de intensidad de luz y muy sensibles al color, mientras que los bastones responden a niveles bajos de luz, adicionalmente existen las células ganglionares fotorreceptores (ipRGC) que además de realizar funciones extravisuales como la sincronización con ritmo circadiano y la dilatación de la pupila, son más sensibles a la luz con tono azul, es decir, a una temperatura de color correlacionada mayor.

Los estudios realizados por la *Commission Internationale de l'Éclairage* (Comisión Internacional de Iluminación - CIE) en 1924, determinaron que el ojo humano funciona con curva de sensibilidad llamada fotópica donde el pico de sensibilidad corresponde a los 555 nm correspondiendo a los colores verde y amarillo.

Posteriormente en 1951 se descubrió que la curva fotópica era inadecuada para describir la sensibilidad visual para bajos niveles de iluminación por lo que se

<sup>7</sup> Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico) [Consulta: 30 de septiembre de 2013]

incorporó una curva adicional de sensibilidad, la cual se nombró curva escotópica, ubicando ahora el pico de sensibilidad en los 507 nm.

Por lo tanto la eficiencia luminosa fotópica se aplica para niveles de altos de luminancia mayores a  $3 \text{ cd/m}^2$  y para la eficiencia escotópica se utiliza para niveles bajos menores a  $0.001 \text{ cd/m}^2$ ; Debido al requerimiento de un valor intermedio se decidió postular la curva mesópica teniendo la cresta de sensibilidad ubicada en 531 nm, en este estado mesópico están activos conos y bastones.

Estudios recientes<sup>8</sup> han propuesto una nueva curva de sensibilidad llamada circadiana y muestran que el pico de sensibilidad espectral para dicha curva ronda los 460 nm pues involucra los fotorreceptores de las células ganglionares ipRGC.

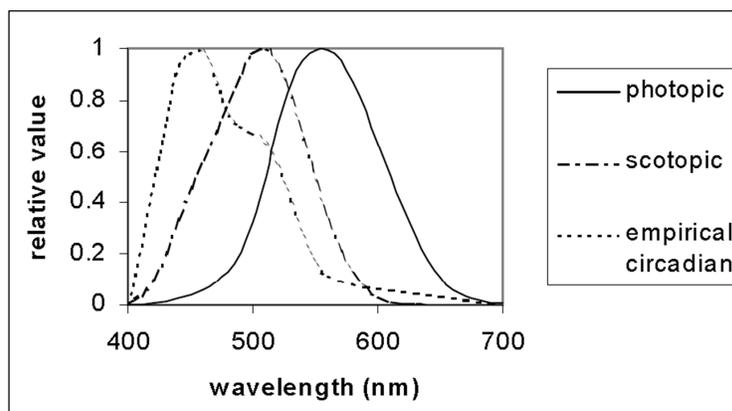


Ilustración 6: Curvas de sensibilidad

Los sistemas de sensibilidad espectral de los estados fotópico y escotópico han sido definidos por la CIE<sup>9</sup>, pero a pesar de que los sistemas mesópicos y circadianos han sido extensamente estudiados aún no han sido definidos oficialmente por la CIE; por lo que en este trabajo no se trabajará con ellos.

<sup>8</sup> Spectral Sensitivity of the Circadian System, Mariana Figueiro- Jhon Bullough- Mark Rea. Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute. Nueva York. 2004.

<sup>9</sup> Standard Photopic and Scotopic Observers. Commission Internationale de l'Éclairage. 1951.

### 2.2.3 Terminología de Iluminación

#### 2.2.3.1 Fuentes luminosas artificiales

Las fuentes luminosas artificiales o comúnmente llamadas lámparas son dispositivos que transforman, mediante procesos físicos, la energía eléctrica en radiación electromagnética visible, que denominamos luz. De forma general las lámparas más populares se pueden clasificar de acuerdo a la forma en que producen la luz en: incandescentes, de descarga y de estado sólido.

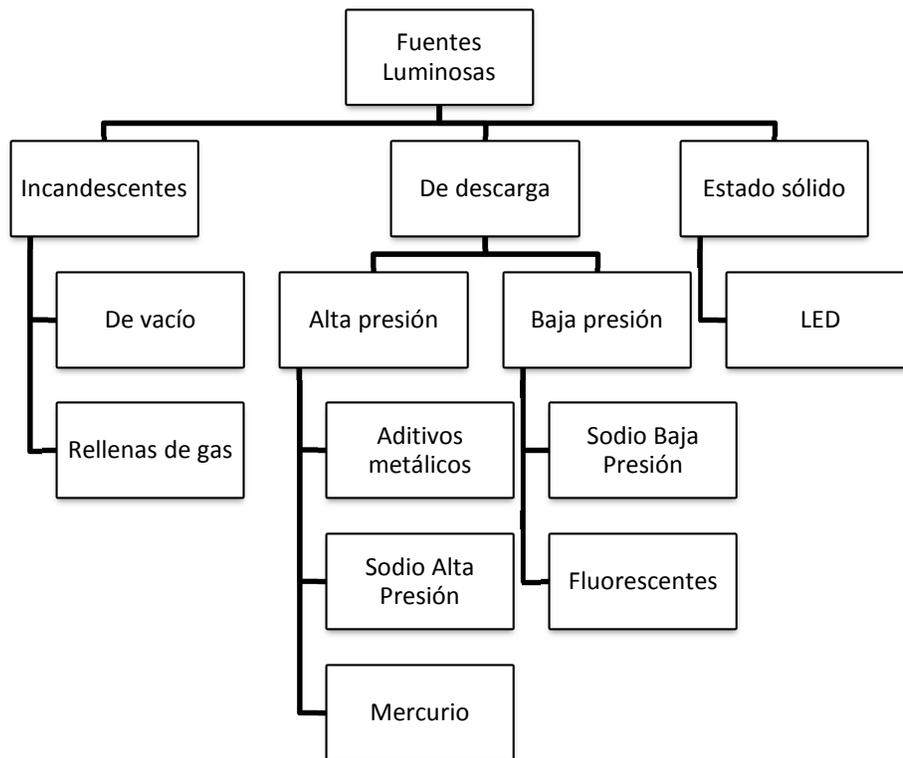


Ilustración 7: Fuentes de iluminación – Fuente: Elaboración propia.

#### 2.2.3.2 Flujo Luminoso ( $\Phi$ )

Es la cantidad de energía radiante en forma de luz visible para el ojo humano, en términos de una respuesta visual estandarizada, irradiada en todas las direcciones por una fuente luminosa por unidad de tiempo, su unidad de medida es el lumen (lm). Un lumen = 1 candela · estereorradián.

El equivalente luminoso de la energía es la relación entre la potencia y el flujo luminoso, por lo que teóricamente un watt (watt-luz a 555 nm) equivale a 683 lm.

### **2.2.3.3 Intensidad Luminosa (I)**

Es la cantidad de flujo luminoso propagándose en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido, su unidad de medida es la candela (cd) que se define como la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de  $540 \times 10^{12}$  Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es  $1/683$  watt por esterradián<sup>10</sup>

### **2.2.3.4 Curvas de distribución luminosa**

La distribución luminosa se forma cuando se integra la intensidad luminosa de una fuente de luz en todas las direcciones, por lo que las curvas fotométricas son herramientas gráficas que nos ayudan a visualizar dicha representación lo cual generando la información necesaria para poder realizar una correcta elección de luminarias para un determinado espacio.

Los reportes fotométricos suelen acompañarse de su correspondiente archivo fotométrico electrónico (formato .ies) por lo que con la ayuda de software especial provee la información que permite predecir y simular el desempeño de un sistema de iluminación, además de calcular la cantidad de luminarias requeridas y obtener los niveles de iluminación en los lugares de interés.

### **2.2.3.5 Rendimiento luminoso o eficacia luminosa ( $\eta$ )**

Se define como el cociente del flujo luminoso emitido por la lámpara o fuente de luz, expresado en lúmenes, entre la potencia eléctrica que consume, expresado en watts. Por lo tanto, su unidad de medida es el lumen por watt (lm/W).

Es importante visualizar que si se lograra desarrollar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz con una longitud de onda de 555 nm, se tendría el producto con mayor eficacia teórica posible, 683 lm/W.

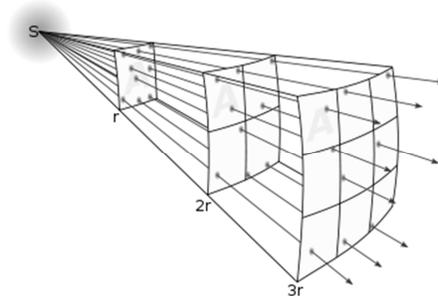
### **2.2.3.6 Iluminancia o nivel de iluminación (E)**

Es la relación entre el flujo luminoso y la superficie iluminada. Su unidad de medida es el lux (lx) que equivale a un  $\text{lm}/\text{m}^2$ .

---

<sup>10</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida

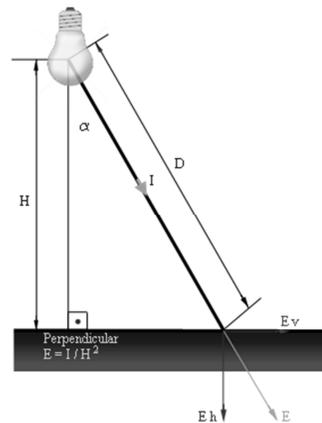
La iluminación recibida por una superficie depende de la ley inversa del cuadrado de la distancia, la cual relaciona la Intensidad luminosa y la distancia de la fuente.



$$E = \frac{I}{r^2} \quad [lx]$$

**Ilustración 8: Ley inversa del cuadrado de la distancia** <sup>11</sup>

Es importante aclarar que la ley anterior únicamente aplica si la dirección del rayo es perpendicular a la superficie iluminada, en caso de que no lo sea, es necesario descomponer la iluminancia en una componente vertical y otra horizontal, esta última, conocida como iluminancia horizontal ( $E_H$ )



$$E_H = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad [lx]$$

**Ilustración 9: Iluminancia horizontal** <sup>12</sup>

En caso de que algún punto de interés se encuentre iluminado por dos o más fuentes, su iluminancia total es la suma de la iluminancia de cada lámpara.

<sup>11</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_la\\_inversa\\_del\\_cuadrado](http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_la_inversa_del_cuadrado) [Consulta: 22 de enero de 2014]

<sup>12</sup> <http://www.cad-projects.org/> [Consulta: 22 de enero de 2014]

**2.2.3.7 Temperatura de Color Correlacionada (TCC)**

Se refiere a la apariencia cromática de la fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es el Kelvin (K).

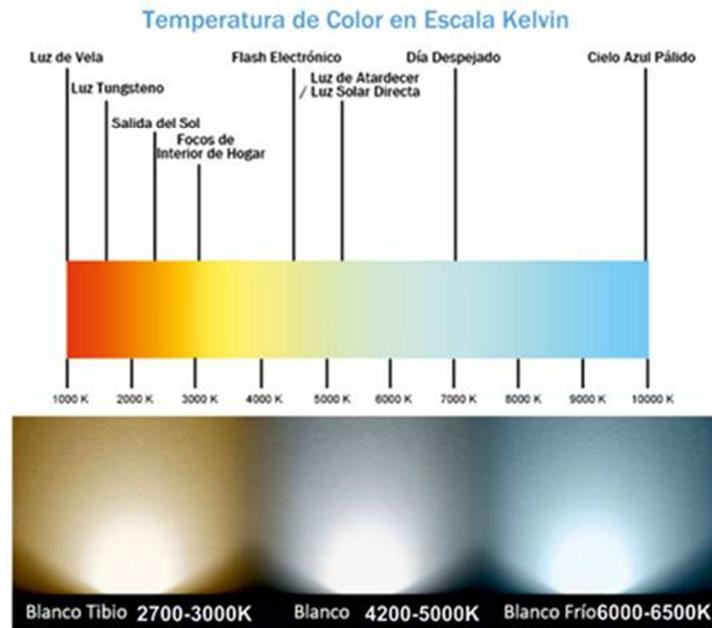


Ilustración 10: Temperatura de color <sup>13</sup>

**2.2.3.8 Índice de Rendimiento de Color (IRC)**

Es una medida cuantitativa, sobre la capacidad de la fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de diversos objetos, comparándolo con una fuente de luz ideal. Se establece una escala internacional del 1 al 100, por lo que entre más alto es el valor de IRC, mejores son las propiedades para reproducir los colores reales de los objetos.

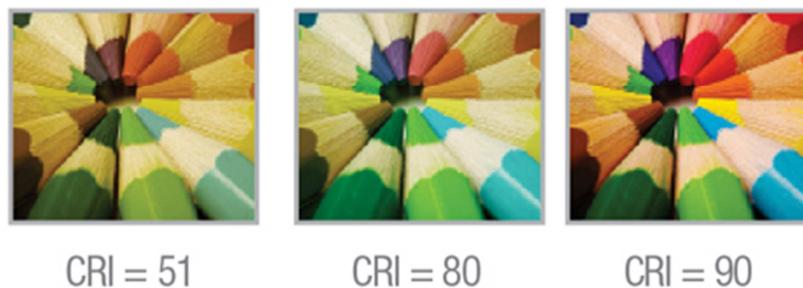


Ilustración 11: Índice de rendimiento de color <sup>14</sup>

<sup>13</sup> <http://www.luzgarden.com/> [Consulta: 25 de enero de 2014]

## 2.3 Tipos de fuentes de luz artificiales

### 2.3.1 Lámparas incandescentes

Este tipo de fuentes se compone de un filamento de alambre de tungsteno colocado en un montaje adecuado dentro de un bulbo relleno de gas o al vacío; al aplicarse una tensión eléctrica, la corriente eléctrica que atraviesa al filamento eleva su temperatura hasta la incandescencia, emitiendo energía en forma de luz y calor.

Sus características principales son:

- Muy pobre eficacia luminosa (desde 12 hasta 18 lm/W).
- Alto índice de rendimiento de color (IRC mayor a 90).
- Temperatura de color correlacionada con tonalidad cálida (TCC de 2700 K).
- Corta vida útil (1000 horas).
- Muy bajo costo inicial.
- Muy alto costo por mantenimiento y sustitución.



Ilustración 12. Lámpara incandescente

### 2.3.2 Lámparas fluorescentes

Son fuentes de descarga de gas en baja presión, su modo de producir luz se logra al aplicar una tensión eléctrica a los electrodos, logrando un flujo de corriente eléctrica y con ello una ionización a través del vapor de mercurio depositado en el interior del tubo, generando radiación ultravioleta (UV); el interior del tubo de la lámpara se encuentra cubierto por fósforos y tierras extrañas, por lo que al existir radiación UV los polvos fluorescentes se activan produciendo luz visible.

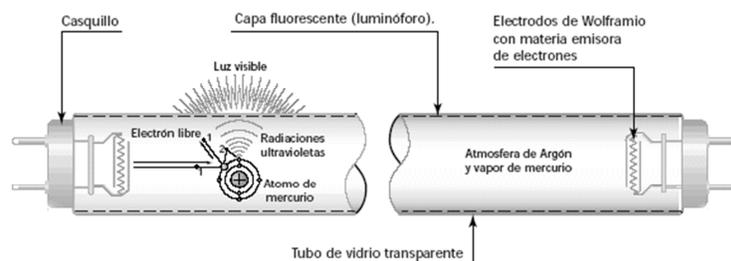


Ilustración 13: Lámparas fluorescentes<sup>15</sup>

<sup>14</sup> <http://ledspots.org/> [Consulta: 25 de enero de 2014]

<sup>15</sup> <http://www.tuveras.com/> [Consulta: 8 de febrero de 2014]

Las lámparas fluorescentes suelen clasificarse de acuerdo a la forma que tenga el tubo en: lineales o compactas; además es muy común identificarlas de acuerdo al diámetro del tubo. Las lámparas fluorescentes más comunes y sus características principales se muestran a continuación:

#### Lámparas fluorescentes lineales

Este tipo de lámparas son ampliamente utilizadas en oficinas, comercios e industrias por su gran cantidad de horas en servicio y el confort visual generado. Existe un código de identificación de los tubos fluorescentes de acuerdo al diámetro (en octavos de pulgada) el cual se indica a continuación:

**Tabla 3: Clasificación de lámparas fluorescentes de acuerdo al diámetro del tubo**

Lámpara	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)
<b>T12</b>	1.5	38.1
<b>T8</b>	1	25.4
<b>T5</b>	5/8	15.8

Sus características principales son las siguientes:

- Buena eficacia luminosa (desde 60 lm/W). Entre menor sea el diámetro del tubo mayor será la eficacia de la lámpara.
- Buen índice de rendimiento de color (IRC mayor a 80).
- Temperatura de color correlacionada muy variada (desde 2700 – 8800 K).
- Vida útil (mayores a 10 000 horas).
- Mediano costo inicial.
- Bajo costo por mantenimiento y sustitución.
- Es necesario un balastro para su funcionamiento.



**Ilustración 14: Lámparas fluorescentes lineales**

### Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas requieren de un balastro o controlador para operar, por lo que se pueden clasificar de acuerdo a su composición en:

- Sistemas modulares

Se trata de un sistema compuesto por un balastro, un portalámparas y una lámpara, todos reemplazables.



Ilustración 15: Sistemas modulares fluorescentes

- Sistemas integrales o lámparas fluorescentes compactas autobalastradas.

Se componen de una sola pieza, la lámpara y el balastro están juntos y para un correcto funcionamiento no se pueden separar, suelen también llamarse lámparas ahorradoras. Sus características principales

- Buena eficacia luminosa (desde 40 hasta 80 lm/W).
- Buen índice de rendimiento de color (IRC mayor a 75).
- Temperatura de color correlacionada muy variada (desde 2700 – 6500 K).
- Vida útil (desde 3000 hasta 12 000 horas).
- Bajo costo inicial.
- Alto costo por mantenimiento y sustitución.



Ilustración 16: Lámparas fluorescentes compactas autobalastradas

### 2.3.3 Lámparas de descarga en alta intensidad

Este tipo de lámparas basan su funcionamiento en el fenómeno de descarga eléctrica en gases o vapores metálicos presentes en el interior de la ampolla emitiendo su luz por medio del gas ionizado en lugar de un filamento sólido, para poder encender, requieren de balastos para suministrar un alto voltaje inicial para posteriormente disminuir la tensión eléctrica a un nivel operativo normal.

Las lámparas de descarga en alta intensidad más comunes son:

- De vapor de mercurio

Su modo de funcionamiento se produce al energizar la lámpara con energía procedente del balastro, con lo cual se ioniza el gas argón que al interactuar con el gas de mercurio genera una descarga entre los electrodos, con lo cual se calienta rápidamente la mezcla hasta alcanzar una condición estable generando energía luminosa. Sus características principales son:

- Regular eficacia luminosa (desde 30 hasta 60 lm/W).
- Regular índice de rendimiento de color (IRC de 60).
- Temperatura de color correlacionada blanca-cálida (desde 3500 – 4500 K).
- Vida útil (aproximadamente 20 000 horas).
- Alto costo inicial.
- Alto costo por mantenimiento y sustitución.

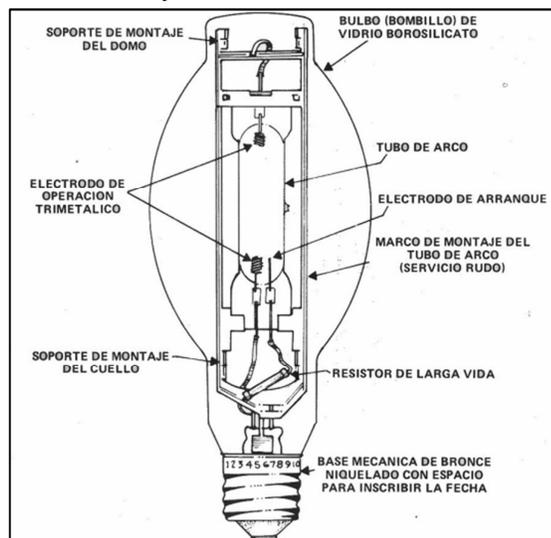


Ilustración 17: Lámpara de vapor de mercurio <sup>16</sup>

<sup>16</sup> <http://cursos.eie.ucr.ac.cr/> [Consulta: 19 de febrero de 2014]

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

- De vapor de sodio en alta presión

Este tipo de lámparas requieren una tensión extremadamente alta para su ignición, el sodio es el principal elemento de radiación en el tubo del arco pero también contiene xenón para la lograr la ignición y vapor de mercurio para contribuir a regular el voltaje de operación de la lámpara. El funcionamiento se logra en el momento en que el balastro otorga un pulso con suficiente amplitud y duración para ionizar el gas y de esta forma iniciar la secuencia de arranque de la lámpara. Sus características principales son:

- Muy buena eficacia luminosa (desde 70 hasta 150 lm/W).
- Muy mal índice de rendimiento de color (IRC de 25).
- Temperatura de color correlacionada rojiza (Desde 2000 K).
- Vida útil (desde 20 000 horas).
- Alto costo inicial.
- Mediano costo por mantenimiento y sustitución.

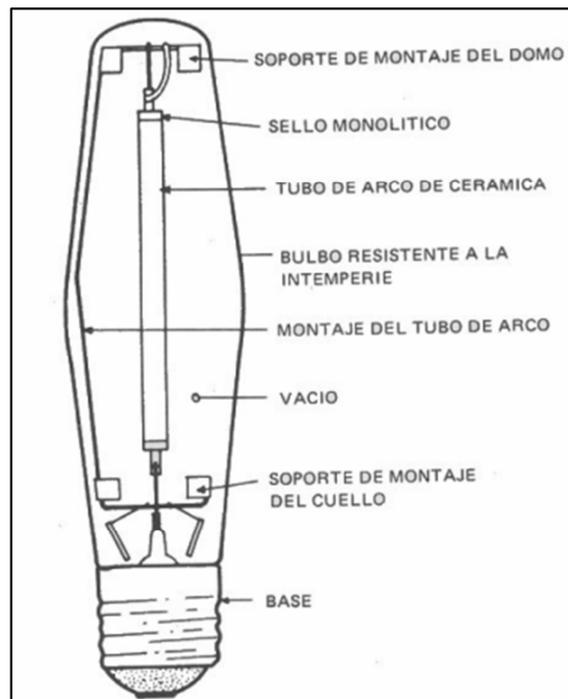


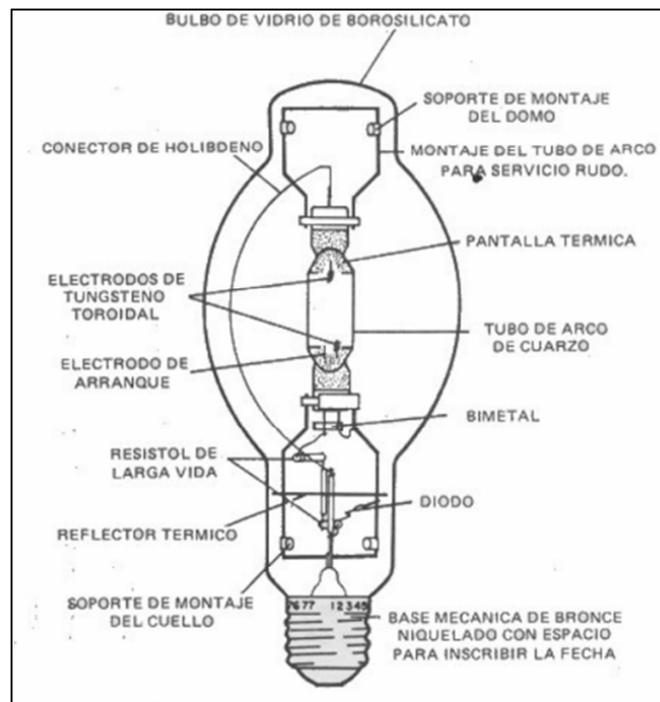
Ilustración 18: Lámpara de vapor de sodio en alta presión<sup>17</sup>

<sup>17</sup> <http://cursos.eie.ucr.ac.cr/> [Consulta: 19 de febrero de 2014]

- De aditivos metálicos

Las lámparas de aditivos metálicos, al igual que las lámparas de vapor de sodio, tienen un tubo de descarga de cuarzo, aunque de menor tamaño, el cual contiene gas argón y mercurio más yoduros de torio, sodio y escandio. Sus particularidades se observan claramente al observar el soporte del tubo de cuarzo ya que se compone de dos secciones. El funcionamiento es similar a la lámpara anterior pero en este caso los halogenuros metálicos afectan la calidad de la luz generada variando su temperatura de color correlacionada conforme va calentándose. Sus características principales son:

- Buena eficacia luminosa (desde 60 hasta 120 lm/W).
- Regular índice de rendimiento de color (IRC de 65).
- Temperatura de color correlacionada rojiza (4000 K).
- Vida útil (desde 15 000 horas).
- Alto costo inicial.
- Mediano costo por mantenimiento y sustitución.

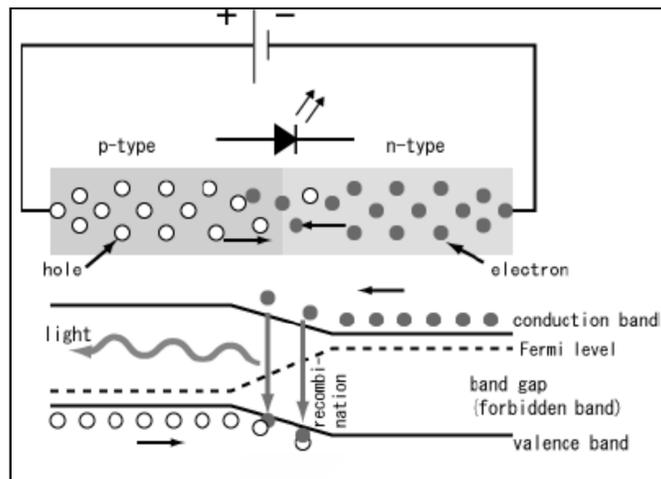


**Ilustración 19: Lámpara de aditivos metálicos<sup>18</sup>**

<sup>18</sup> <http://cursos.iei.ucr.ac.cr/> [Consulta: 19 de febrero de 2014]

### 2.3.4 Lámparas LED

Un led (light-emitting diode) es un dispositivo semiconductor con la particularidad de emitir luz cuando una corriente eléctrica circula a través de él, es decir, generan cierta cantidad de radiación cuando los pares electrón-hueco se combinan; en otras palabras, cuando los electrones caen desde la banda de conducción (de mayor energía) a la banda de valencia (de menor energía) emite fotones en el proceso, como se puede observar en la figura siguiente:



**Ilustración 20: Funcionamiento del LED**

Los led son considerados dispositivos SSL (Solid State Lighting – Iluminación de estado sólido) y a diferencia de los diodos comunes, no emplean cristales de silicio como elemento semiconductor, sino una combinación de otros materiales semiconductores que poseen la propiedad de emitir fotones.

Una lámpara de led, por lo tanto, está conformada por uno o varios led y sus correspondientes accesorios y componentes de acuerdo a la aplicación, siendo los principales los mostrados a continuación:

- Disipador de calor.- Cuya principal función es disipar el calor que se genera en la junta o punto de unión hacia el medio ambiente ayudando a disminuir la temperatura a un valor adecuado para su funcionamiento.
- Controlador o driver.- Proporciona la corriente necesaria para el funcionamiento de los led.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

- Componente óptico.- Modifica el ángulo de difusión de la luz de los led pues generalmente se propaga de forma unidireccional.
- Casquillo o base.- Se utiliza como la parte de contacto entre la energía eléctrica y la lámpara led.

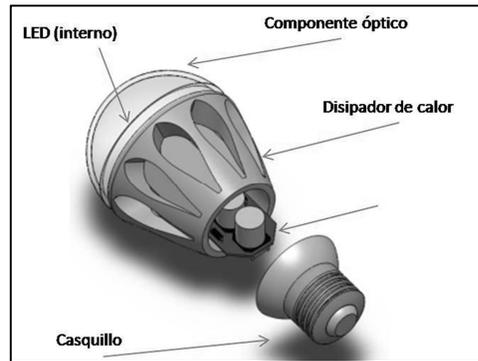


Ilustración 21: Lámparas LED

Sus características principales son:

- Muy buena eficacia luminosa (desde 80 hasta 120 lm/W).
- Buen índice de rendimiento de color (IRC desde 70).
- Temperatura de color correlacionada variada (2500 - 6500 K).
- Vida útil (desde 30 000 horas).
- Muy alto costo inicial.
- Bajo costo por mantenimiento y sustitución.

### 2.4 Controladores

Es importante mencionar que tanto las lámparas de descarga en alta intensidad como también las lámparas fluorescentes y los leds requieren un dispositivo que controle los parámetros eléctricos de arranque y/o de mantenimiento para que la lámpara opere sin variaciones importantes, para lo cual, analizaremos los tipos más importantes de balastos (para lámparas descarga en alta intensidad y fluorescentes) y drivers (para lámparas leds).

#### 2.4.1 Balastos

El balastro es un dispositivo electrónico, electromagnético o híbrido, que provee la energía necesaria para el arranque de la lámpara y limita la corriente eléctrica para brindar un funcionamiento correcto.

Las principales funciones del balastro son:

- a) Proporcionar la tensión de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione, manteniendo una tensión continua.
- b) Suministrar las condiciones específicas para un buen funcionamiento y vida plena de la lámpara (Regulación).
- c) Controlar y limitar la energía eléctrica a los valores apropiados para que la lámpara opere en condiciones nominales. Limita la corriente de operación y controla la potencia que llega a la lámpara para un funcionamiento adecuado.

Actualmente la tendencia mundial es utilizar balastos electrónicos sobre los electromagnéticos ya que permite aprovechar mejor los recursos energéticos que se destinan a la iluminación. Los factores más destacados que permiten un mejor desempeño son los mostrados a continuación:

- Frecuencia.

Mientras que los balastos magnéticos suelen trabajar a la frecuencia de red (50 - 60 Hz), los electrónicos funcionan con frecuencias por encima de los 20 kHz con lo cual se logra aumentar cerca del 10% el rendimiento de la lámpara como se puede observar en la figura siguiente:

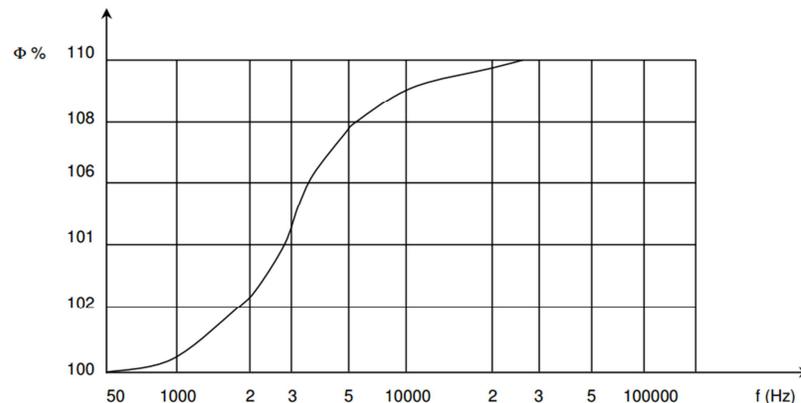


Ilustración 22: Flujo luminoso en función de la frecuencia de la corriente de la lámpara<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Fuente: <http://www.electricasas.com/> [Consulta: 24 de febrero de 2014]

- Pérdidas del balastro.

Debido a la naturaleza de los componentes electrónicos, los elementos para controlar la corriente de la lámpara suelen ser más pequeños reduciendo las pérdidas que producen. Adicionalmente, los núcleos magnéticos utilizados en los balastos electrónicos son de material cerámico y de bajas pérdidas, con lo cual se reduce aproximadamente un 60% las pérdidas del balastro.

- Temperatura.

En las luminarias con balastos electrónicos, la temperatura de la lámpara es menor que en el caso de luminarias con balastos magnéticos, porque recibe menos energía y además los balastos tienen menores pérdidas. Por lo tanto el rendimiento del luminario depende de la temperatura de trabajo como se puede observar en la ilustración siguiente:

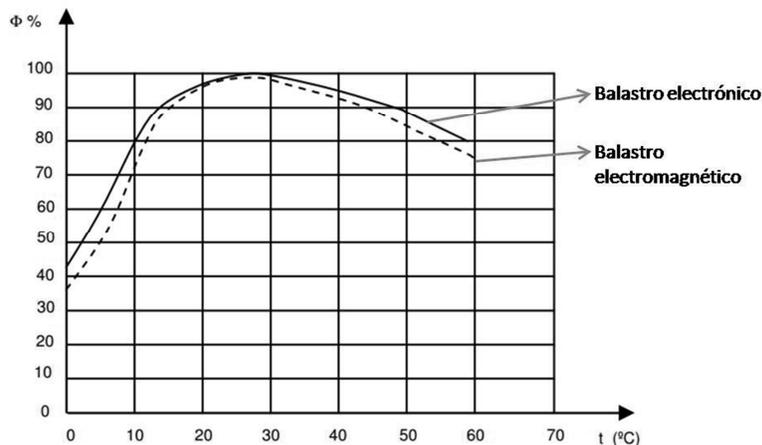


Ilustración 23: Flujo luminoso en función de la temperatura del luminario.<sup>20</sup>

#### 2.4.2 Driver o fuente de alimentación led.

Los requerimientos de alimentación de los LED respecto a sus parámetros de operación nos obligan a la utilización de una fuente de alimentación o “*driver*”, cuya principal función es proporcionar la polarización correcta y mantener los parámetros de funcionamiento dentro de un rango estable a fin de obtener uniformidad en el flujo luminoso y en la temperatura de color correlacionada, además de optimizar la vida de los led.

<sup>20</sup> Fuente: Elaboración propia.

Las fuentes de alimentación las podemos dividir en los siguientes 4 grandes grupos:

**Tabla 4: Características principales de las fuentes de alimentación para led.**

<b>Características principales de las fuentes de alimentación</b>				
<b>Tecnología</b>	<b>Costo</b>	<b>Eficiencia sistema</b>	<b>Estabilización de corriente</b>	<b>Posibilidad de regular potencia</b>
<b>Resistencia limitadora</b>	Muy bajo	Baja	Muy pobre	Posible pero afecta la corriente de LED
<b>Fuente de tensión lineal</b>	Bajo	Baja	Buena	Posible pero solo en algunos casos
<b>Fuente de tensión conmutada</b>	Elevado	Alta	Buena	Posible
<b>Fuente de corriente</b>	Elevado	Alta	Excelente	Posible

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web <http://catedras-etsi.us.es/>

### **2.5 Luminaria o luminario.**

Es aquel equipo de alumbrado que se encarga de filtrar, dirigir y repartir la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas además de proveer los medios de conexión para la red de alimentación. De forma general consta de los siguientes elementos:

- Carcasa.- Elemento que sirve de soporte, delimita y protege a los demás elementos del sistema.
- Equipo eléctrico.- Se refiere a la fuente de producción de luz y sus distintos elementos auxiliares que la hacen trabajar.
- Reflector.- Son determinadas superficies que modelan la forma y dirección del flujo luminoso de las lámparas.
- Refractores.- Son sistemas ópticos que utilizan las propiedades refractivas de materiales para permitir un buen control direccional de la luz.

### **2.6 Niveles de iluminación**

Un adecuado nivel de iluminación es necesario para poder realizar una correcta tarea visual, crear un entorno confortable y garantizar la seguridad de las personas. De acuerdo a la Secretaria del Trabajo y Previsión Social a través de la NOM-025-STPS-2008, los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo se muestran en la tabla siguiente:

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

Tabla 5: Niveles de iluminación. Fuente: NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

<b>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Áreas de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</b>
<b>En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.</b>	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
<b>En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos</b>	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
<b>En interiores.</b>	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
<b>Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.</b>	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
<b>Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.</b>	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
<b>Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.</b>	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
<b>Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.</b>	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
<b>Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.</b>	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000
<b>Alto grado de especialización en la distinción de detalles.</b>	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados;</li> <li>• exactas y muy prolongadas, y</li> <li>• muy especiales extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.</li> </ul>	2000

## 2.7 Normatividad

El término de normatividad se refiere a un conjunto de normas cuyo objetivo principal es asegurar las características mínimas o máximas en el diseño y producción de un bien de consumo, para asegurar los parámetros de seguridad, calidad o eficiencia a favor del usuario final.

Para el presente trabajo se requiere que los equipos de los sistemas de iluminación cumplan con los requisitos marcados en las normas nacionales correspondientes de acuerdo a la propuesta, las cuales se mencionan a continuación:

**Tabla 6: Normas utilizadas en sistemas de iluminación.**

NOM-064-SCFI	Luminarios para uso de interiores y exteriores – Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-058-SCFI	Balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas – Especificaciones de seguridad
NOM-028-ENER	Eficiencia energética de lámparas para uso general – Límites y métodos de prueba
NOM-017-ENER/SCFI	Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba.
NOM-030-ENER	Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.

Fuente: Elaboración propia con datos de la STPS y SENER. 2014.

## 2.8 Conclusiones

En este capítulo se conocieron los parámetros técnicos más importantes de los sistemas de iluminación con la finalidad de compararlos y tener los fundamentos técnicos y económicos para realizar una propuesta que satisfaga las necesidades actuales de la planta industrial.

Con base en lo anterior se distingue que la tecnología led a pesar de tener parámetros bastante buenos como su alta eficacia y su diversa gama de temperaturas de color correlacionadas, su precio actualmente es muy elevado, lo que hace que se descarte la opción. Las lámparas de descarga en alta intensidad tampoco parecen ser las tecnologías adecuadas, pues a pesar de que sus



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

eficacias son buenas también tienen bajos niveles de índice de rendimiento de color, lo cual afectará la visión de los colores reales, importante en la elaboración de dulces. Caso contrario a las lámparas incandescentes, las cuales tienen una excelente reproducción de los colores, pero su vida útil y la eficacia que presentan son muy pobres.

Por lo tanto la tecnología que presenta una mejor relación entre calidad, eficiencia y precio son las lámparas fluorescentes lineales, mismas que ostentan una buena eficacia luminosa, una amplia variedad de temperaturas de color correlacionadas, un buen índice de reproducción de colores y un precio razonable.

## **CAPÍTULO 3. MOTORES ELÉCTRICOS**

### **3.1 Introducción**

Debido a que los motores eléctricos se encuentran en cualquier industria y en particular en la fabricación de dulces, son la principal fuente de movimiento de los instrumentos utilizados, al convertir la energía eléctrica en mecánica, realizando el trabajo necesario para la elaboración de los dulces, es conveniente prestar atención a ellos, ya que es un área importante de consumo de energía eléctrica que en caso de no revisarse puede estar desperdiciando valiosa energía con sus consecuentes repercusiones económicas.

La totalidad de los motores utilizados en las máquinas de la industria dulcera (mezcladores, extrusores, troqueladoras, cortadoras, molinos, compresores y bombas) utilizan motores trifásicos de inducción, por lo que se busca dar un panorama general del funcionamiento de los motores y sus principales características, para poder realizar una propuesta correcta que permita ahorrar energía eléctrica conservando la fuerza necesaria para realizar el trabajo.

### **3.2 Definiciones generales**

#### **3.2.1 Antecedentes**

Los motores eléctricos son máquinas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica por medio de inducción magnética, consta de una parte estacionaria llamada estator y una parte giratoria conocida como rotor.

Los principios de operación de un motor están definidos por las reglas físicas del electromagnetismo, especialmente con la relación que existe entre el flujo de corriente y el campo magnético.

Cuando una corriente eléctrica circula por un cable, un campo magnético se crea alrededor del mismo, por lo tanto, si una corriente eléctrica circula por una bobina se crea un campo magnético con dos polos (norte y sur) pero en el momento que deja de circular dicha corriente el campo desaparece.



Determinación de la dirección del campo magnético por medio de la regla de la mano derecha.

Ilustración 24: Regla de la mano derecha

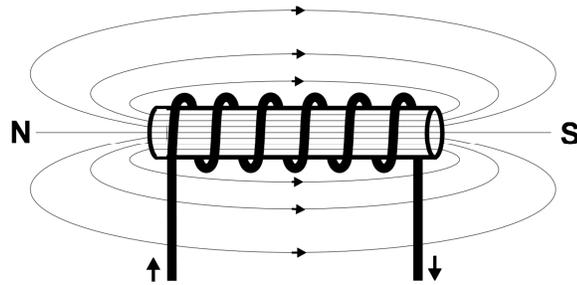


Ilustración 25: Campo magnético

De forma contraria si se hace pasar una sección de un conductor, moviéndolo a través de un campo magnético, de forma que corte la trayectoria del flujo, se induce un voltaje, es decir se crea una fuerza electromotriz mejor conocida como inducción electromagnética, creando una corriente cada vez que el conductor se mueva a través de las líneas del flujo magnético.

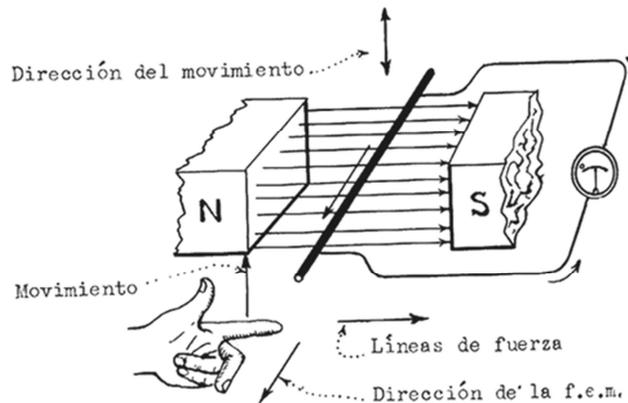


Ilustración 26: Inducción electromagnética.

La ley de inducción electromagnética dictada por Faraday que relaciona fundamentalmente el voltaje y el flujo en el circuito se enuncia con los dos puntos siguientes:

- Si se tiene un flujo magnético que eslabona a una espira y además varía con el tiempo, se induce un voltaje entre sus terminales.
- El voltaje inducido es proporcional al índice de cambio del flujo.

Por lo tanto, si un flujo varía dentro de una bobina con un número  $N$  de espiras, el voltaje inducido se da por la expresión siguiente:

$$E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta T}$$

Dónde:

$E$  = Voltaje inducido (V)

$N$  = Número de espiras en la bobina

$\Delta\Phi$  = Cambio de flujo dentro de la bobina (Wb)

$\Delta T$  = Intervalo de tiempo durante el cual el flujo cambia (s)

Los motores eléctricos, operan bajo el principio de que un conductor colocado dentro de un campo magnético experimenta una fuerza, cuando una corriente circula por el mismo.

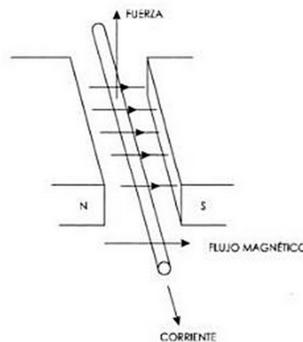


Ilustración 27: Fuerza generada proporcional al campo magnético, la intensidad de corriente y longitud del conductor.

El valor de la fuerza generada es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético, de la corriente y de la longitud del conductor por medio de la fórmula siguiente:

$$F = BIL$$

Dónde:

$F$  = Fuerza (N)

$B$  = Campo magnético (T)

$I$  = Intensidad de corriente (A)

$L$  = Longitud del conductor (m)

El rotor de un motor generalmente se encuentra dentro del campo magnético del estator, con lo cual se induce una corriente eléctrica y la fuerza resultante produce la rotación en la máquina.

### 3.2.2 Potencia - Par - Velocidad.

Para poder conocer la potencia mecánica de salida de un motor, es decir, la cantidad de trabajo que es capaz de realizar, se deben considerar dos factores importantes: el par y la velocidad.

El par de torsión o torque es el nombre que se les da a las fuerzas que producen rotación, se mide en newton-metro en el sistema internacional y en libras-pie en el sistema inglés. La velocidad del motor se mide en revoluciones por minuto (rpm).

Por lo tanto entre menor sea la velocidad de operación de un motor, el par de torsión será mayor, para poder entregar la misma potencia de salida. Es importante indicar que el par es proporcional a las dimensiones físicas del motor, debido a que se requiere de componentes más robustos para su funcionamiento.

La característica par – velocidad depende del tipo y diseño del motor, pero frecuentemente, se puede caracterizar con una gráfica similar a la mostrada a continuación:

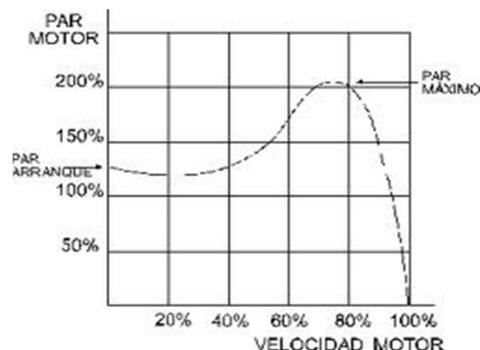


Ilustración 28: Curva Par-Velocidad de motores <sup>21</sup>

Cuando se habla de la potencia de entrada de un motor, se refiere a la potencia eléctrica proveniente de la fuente de alimentación y que por medio de los bornes se transfiere a los devanados del estator.

<sup>21</sup> <http://www.tecnicsuport.com/> [Consulta 11 de marzo de 2014].



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

Mientras que la potencia de salida de un motor es la potencia mecánica producida para desarrollar un trabajo y depende de su velocidad rotacional y del par, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_s = \frac{N \cdot T}{\frac{60}{2\pi}}$$

Dónde:

$P_s$ : Potencia mecánica de salida (W).

N: Velocidad de rotación (rpm)

T: Par desarrollado en (Nm)

$\frac{60}{2\pi}$ : Factor de conversión de rpm a rad/s

La unidad base de la potencia de un motor es el watt (W), pero comercialmente es muy común expresarla en caballos de potencia (CP ó HP)<sup>22</sup>.

### 3.2.3 Eficiencia de un motor eléctrico ( $\eta$ )

La eficiencia es la forma de medir la capacidad que tiene un motor para transformar la potencia eléctrica que toma de la línea de alimentación en potencia mecánica útil a la salida. Suele representarse en porcentaje por medio de la expresión siguiente:

$$\eta = \frac{P_e}{P_s} \times 100\%$$

Dónde:

$P_e$ : Potencia eléctrica de entrada (W)

$P_s$ : Potencia mecánica de salida (CP ó HP)

Es importante mencionar que no toda la energía eléctrica de entrada se puede convertir en energía mecánica, debido a pérdidas inherentes en el proceso, por lo que no es posible alcanzar eficiencias de 100%, las pérdidas más importantes son las producidas por el efecto Joule.

---

<sup>22</sup> Un caballo de potencia (CP ó HP) equivale a 746 W

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

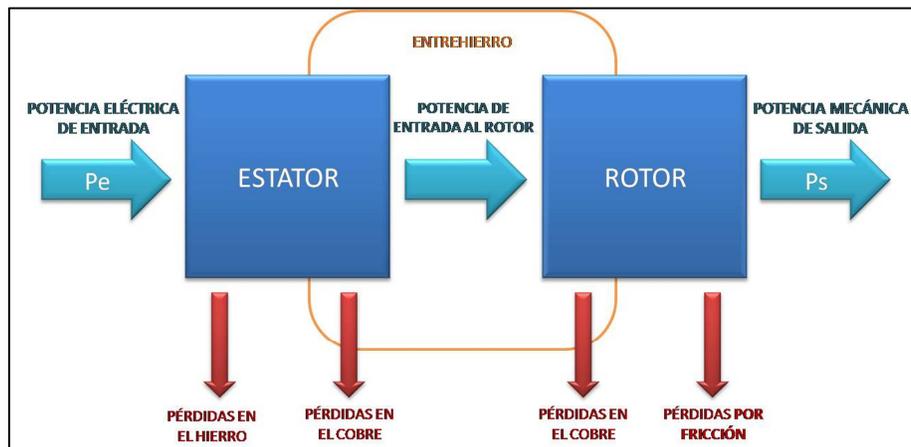


Ilustración 29: Pérdidas de un motor – Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la eficiencia los motores eléctricos se pueden clasificar en 3 tipos:

- Motores de eficiencia estándar
- Motores de alta eficiencia
- Motores de eficiencia Premium

Los motores estándar privilegian la funcionalidad y precio, prácticamente los motores con más de 15 años podrían considerarse de eficiencia estándar. El concepto alta eficiencia surge por la necesidad de hacer un uso eficiente y racional de la energía. La innovación de los Premium se da recientemente con la pretensión de elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ellos se ha perfeccionado el proceso de manufactura y se utilizan materiales muy superiores, ello conlleva a que la diferencia en precio sea también más elevada.

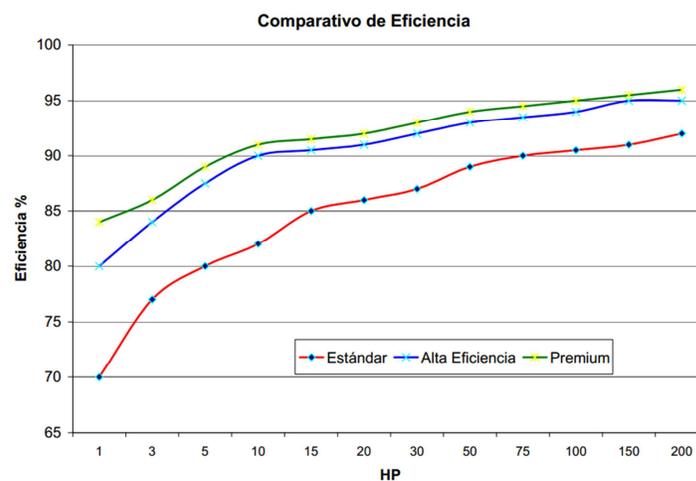


Ilustración 30: Curvas de eficiencia de motores eléctricos<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Fuente: <http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica> [Consulta 11 de marzo de 2014]

Se recomienda que para reducir las pérdidas se deben elegir motores de alta eficiencia o de eficiencia Premium y en caso de desperfectos mecánicos que ocasionan daños a los devanados de los motores estándar, es más económico y seguro sustituirlos que tratar de repararlos.

Es indispensable conocer que cuando un motor trabaja a una carga diferente que la nominal genera variaciones en su eficiencia, presentándose en promedio la mayor eficiencia al 85% del factor de carga.

### **3.2.4 Factor de carga (FC)**

El factor de carga es un índice que indica la potencia que entrega el motor en la flecha cuando se encuentra ya en operación, con relación a la que puede entregar de manera nominal.

$$FC = \frac{P_{mecánica}}{P_{nominal}} \times 100\%$$

$$P_{nominal} = (HP)(0.746)$$

$$P_{mecánica} = (P_{eléctrica})(\eta)$$

$$P_{eléctrica} = \sqrt{3} \left( \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \right) \left( \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \right) (fp)$$

Dónde:

FC: Factor de carga (%)

$P_{mecánica}$ : Potencia en la flecha (kW)

$P_{nominal}$ : Potencia nominal del motor (kW)

$P_{eléctrica}$ : Potencia eléctrica del motor con base en mediciones (kW)

$V_1, V_2, V_3$ : Voltajes medidos entre fases del motor (V)

$I_1, I_2, I_3$ : Corrientes medidas en el motor (A)

FP: Factor de potencia

### **3.2.5 Factor de servicio**

Este parámetro indica cuanta sobrecarga en forma temporal puede tolerar un motor, es decir, cuando el factor de servicio es mayor a uno, el motor podrá sobrecargarse sin peligro una porción por encima de su capacidad nominal, sin embargo, es

importante señalar que solo es aplicable cuando se mantienen las condiciones de tensión y frecuencia establecidas en la placa del motor. Cabe aclarar que al aplicar el factor de servicio aumentará la temperatura de operación del motor y reducirá la vida útil de los devanados y la eficiencia del motor.

### **3.2.6 Velocidad de sincronismo ( $N_{sinc}$ )**

La velocidad de sincronismo en una máquina eléctrica de corriente alterna es la velocidad a la que gira el campo magnético rotante y depende del número de pares de polos de la máquina y de la frecuencia de la red de suministro. La velocidad de sincronismo está definida por la expresión siguiente:

$$N_{sinc} = \frac{60 f}{p}$$

Dónde:

$N_{sinc}$ : está dada en revoluciones por minuto (rpm)

f: frecuencia de la red en Hz

p: número de pares de polos del motor

Cuando un motor de inducción se encuentra en vacío, es decir, sin carga alguna, la velocidad del rotor es ligeramente inferior a la velocidad del sincronismo, pero durante el funcionamiento con carga, la velocidad del rotor desciende hasta la velocidad de carga. A la diferencia existente entre la velocidad de sincronismo y la velocidad de carga se le denomina deslizamiento.

### **3.2.7 Deslizamiento (s)**

Como se mencionó anteriormente el desplazamiento está definido como la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad de funcionamiento, suele expresarse en porcentaje. Se define con la expresión siguiente:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Dónde:

s: deslizamiento

$n_s$ : velocidad de sincronismo

n: velocidad del rotor

### 3.3 Clasificación de motores eléctricos de acuerdo a su alimentación

De forma general los motores eléctricos se pueden clasificar de acuerdo a su alimentación en dos grandes grupos, motores de corriente directa y motores de corriente alterna, y a su vez cuentan con una sub-clasificación como se puede observar en la ilustración siguiente:



**Ilustración 31: Clasificación de motores eléctricos – Fuente: Elaboración propia.**

#### 3.3.1 Motores de corriente directa

Los motores de corriente directa son ampliamente usados debido a su fácil control de posición, par y velocidad en aplicaciones de control y automatización de procesos, sus principales características son regular la velocidad y poder invertir el sentido de giro del motor, invirtiendo el sentido del campo magnético.

El principio de funcionamiento de los motores eléctricos de corriente directa se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje (rotor) y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro del cuerpo del motor.

Los motores de corriente directa se pueden clasificar en: excitación independiente y auto-excitados (serie, compuesto y shunt o derivado); cada uno de ellos tiene características de operación distintas, las cuales no se detallan en este trabajo.

#### 3.3.2 Motores de corriente alterna

En este trabajo nos centraremos en el análisis de los motores asíncronos mejor conocidos como motores de inducción con rotor de jaula de ardilla debido a que tienen una aplicación generalizada, bajo mantenimiento y porque este tipo de

motores son los que se utilizan en los equipos para la producción de dulces. Adicionalmente analizaremos los motores síncronos sin entrar en detalles.

### **3.3.2.1 Motores eléctricos síncronos**

La característica principal de estos motores es que la velocidad a la que trabajan es constante y depende únicamente de la frecuencia de la red de alimentación, para poder operar necesita de un método auxiliar de arranque. Una particularidad de los motores síncronos es que al operar de forma sobreexcitada consume potencia reactiva, con lo cual se logra mejorar el factor de potencia del sistema. Es importante mencionar que la máquina síncrona es reversible, es decir, se puede utilizar como motor o como generador de corriente alterna.

### **3.3.2.2 Motores eléctricos asíncronos**

Un motor eléctrico de inducción está constituido principalmente por una parte fija llamado estator, alimentado por la red eléctrica y otra parte giratoria conocida como rotor. No existe ninguna conexión eléctrica entre el estator y el rotor debido a que las corrientes del rotor se inducen a través del entrehierro desde el estator.

El eje del rotor se apoya en los rodamientos para evitar al máximo las pérdidas por rozamiento y lleva acoplado un ventilador como sistema de refrigeración, todos los elementos se encuentran dentro de la carcasa y los extremos de los embobinados se conectan en la caja de bornes para su posterior instalación.

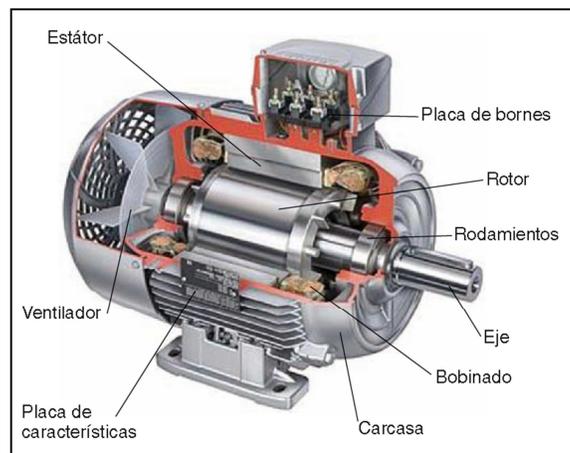


Ilustración 32: Componentes de un motor eléctrico de inducción <sup>24</sup>

<sup>24</sup> Fuente: Rockwell Automation - Conceptos básicos sobre el uso de los motores de inducción trifásicos. 1996.

### 3.4 Datos de placa de un motor

Los fabricantes indican las especificaciones técnicas de sus motores en una placa sobre la carcasa; los datos generalmente reportados son los siguientes:

- a) Marca
- b) Modelo
- c) Velocidad
- d) Número de fases
- e) Frecuencia de operación
- f) Voltaje nominal
- g) Corriente eléctrica nominal
- h) Potencia del motor con 100% de carga
- i) Eficiencia del motor con 100% de carga
- j) Factor de potencia con 100% de carga
- k) Factor de servicio

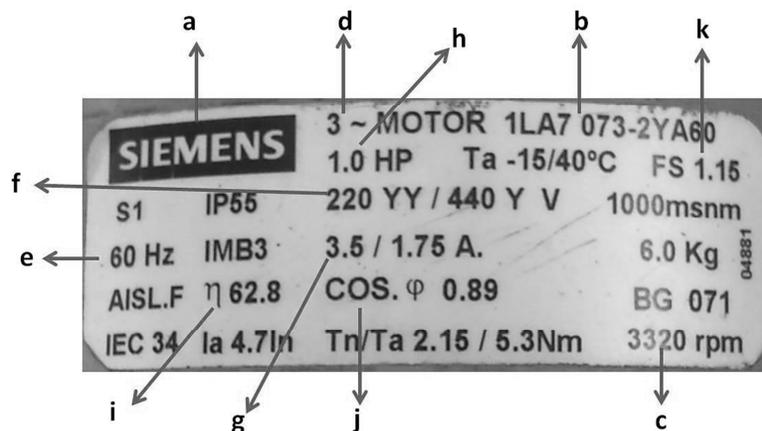


Ilustración 33: Placa de datos de un motor – Fuente: <http://hl.cenditel.gob.ve/proyectos> [Consulta: 12 de marzo 2014]

### 3.5 Normatividad

En México, existen dos normas de eficiencia energética para motores de corriente alterna de inducción, tipo jaula de ardilla: la NOM-014-ENER-2004, para motores monofásicos, enfriados con aire, en potencia nominal de 0.18 a 1,500 kW; y la NOM-016-ENER-2010 para motores trifásicos con potencia nominal de 0.75 a 373 kW.

La norma NOM-014-ENER-2004 establece los valores mínimos de eficiencia de los motores eléctricos de corriente alterna monofásicos con potencia nominal de 0.180 kW hasta 1500 kW.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

Mientras que la NOM-016-ENER-2010 nos indica los valores límites de eficiencia que deben cumplir los motores eléctricos de inducción trifásicos tipo jaula de ardilla con potencias de 0.746 kW a 373 kW; mismos que podemos apreciar en la tabla siguiente:

Tabla 7: Valores límites de eficiencia NOM-016-ENER-2010 <sup>25</sup>.

Potencia Nominal, kW	Potencia Nominal cp	MOTORES CERRADOS				MOTORES ABIERTOS			
		2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0,746	1	77,0	85,5	82,5	74,0	77,0	85,5	82,5	74,0
1,119	1,5	84,0	86,5	87,5	77,0	84,0	86,5	86,5	75,5
1,492	2	85,5	86,5	88,5	82,5	85,5	86,5	87,5	85,5
2,238	3	86,5	89,5	89,5	84,0	85,5	89,5	88,5	86,5
3,730	5	88,5	89,5	89,5	85,5	86,5	89,5	89,5	87,5
5,595	7,5	89,5	91,7	91,0	85,5	88,5	91,0	90,2	88,5
7,460	10	90,2	91,7	91,0	88,5	89,5	91,7	91,7	89,5
11,19	15	91,0	92,4	91,7	88,5	90,2	93,0	91,7	89,5
14,92	20	91,0	93,0	91,7	89,5	91,0	93,0	92,4	90,2
18,65	25	91,7	93,6	93,0	89,5	91,7	93,6	93,0	90,2
22,38	30	91,7	93,6	93,0	91,0	91,7	94,1	93,6	91,0
29,84	40	92,4	94,1	94,1	91,0	92,4	94,1	94,1	91,0
37,30	50	93,0	94,5	94,1	91,7	93,0	94,5	94,1	91,7
44,76	60	93,6	95,0	94,5	91,7	93,6	95,0	94,5	92,4
55,95	75	93,6	95,4	94,5	93,0	93,6	95,0	94,5	93,6
74,60	100	94,1	95,4	95,0	93,0	93,6	95,4	95,0	93,6
93,25	125	95,0	95,4	95,0	93,6	94,1	95,4	95,0	93,6
111,9	150	95,0	95,8	95,8	93,6	94,1	95,8	95,4	93,6
149,2	200	95,4	96,2	95,8	94,1	95,0	95,8	95,4	93,6
186,5	250	95,8	96,2	95,8	94,5	95,0	95,8	95,4	94,5
223,8	300	95,8	96,2	95,8	---	95,4	95,8	95,4	---
261,1	350	95,8	96,2	95,8	---	95,4	95,8	95,4	---
298,4	400	95,8	96,2	---	---	95,8	95,8	---	---
335,7	450	95,8	96,2	---	---	95,8	96,2	---	---
373	500	95,8	96,2	---	---	95,8	96,2	---	---

<sup>25</sup> NOM-016-ENER-2010 – Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0.746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

Es importante mencionar que los motores trifásicos que se escojan, además de cumplir con la norma anterior, es recomendable que también cumplan con un certificado que garantice una mejor eficiencia de los motores, como lo puede ser el cumplimiento con NEMA o la Licencia para uso del Sello FIDE, éste último tomando como base la Especificación Sello FIDE No. 4101 – Motores de inducción trifásicos en su revisión más vigente.

### **3.6 Conclusiones**

En el tercer capítulo de este trabajo se muestran los principios básicos de funcionamiento de los motores y sus características técnicas más importantes, las cuales se presentan en las placas de datos de los productos. Así mismo se brinda una clasificación de los principales tipos de motores que actualmente existen en el mercado, con el fin de mostrar un panorama general para poder hacer una propuesta que satisfaga los requerimientos de las máquinas industriales en el caso estudio.

Para facilitar la elección de los motores que se van a sustituir en las maquinarias con la idea de obtener un ahorro de energía se introduce la clasificación de los motores de acuerdo al tipo de eficiencia que presente, siendo nuestro principal objetivo hacer notar que la eficiencia Premium es la opción más conveniente.

Por último se da a conocer las normas oficiales mexicanas donde aparecen los límites de eficiencia mínimos requeridos para ser comercializados en México.

## **CAPÍTULO 4. PLANTEAMIENTO DEL CASO ESTUDIO Y LOS REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL.**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo se brinda un panorama general sobre el estado actual de la empresa, observando a detalle los equipos instalados, identificando que en las unidades de iluminación y en los motores de las máquinas utilizadas para la elaboración de los dulces, se tiene un gran potencial de ahorro de energía eléctrica, debido a que en ambos rubros, los dispositivos instalados tienen bajas eficiencias por ser antiguos y en algunos casos obsoletos.

Para el caso de iluminación, el levantamiento nos ayuda a identificar, en cada área de trabajo, el número de luminarios instalados con sus principales características técnicas y el tiempo de utilización en cada zona, con el fin de conocer el consumo eléctrico total, buscando para un mayor entendimiento, trasladar la investigación en tablas que muestran la información de forma clara. Adicionalmente se realiza un censo con los niveles actuales de iluminación de cada área, para identificar si con los equipos actuales se están cumpliendo los límites indicados en la norma nacional o se presentan deficiencias, lo cual afecta a las actividades de los trabajadores de la empresa.

Para los motores, debido a que las áreas no son exactamente iguales a las que se utilizan en iluminación, se prefiere estudiarlos de forma individual, por lo que se realiza una tabla donde se muestran las características eléctricas de los 44 motores y el tiempo de utilización de cada uno, con lo que se obtiene el consumo por este concepto.

Los estudios anteriores se realizan con el fin de posteriormente plantear una propuesta que nos genere un ahorro de energía eléctrica pero mejorando y optimizando las condiciones actuales de trabajo.

## 4.2 Descripción general

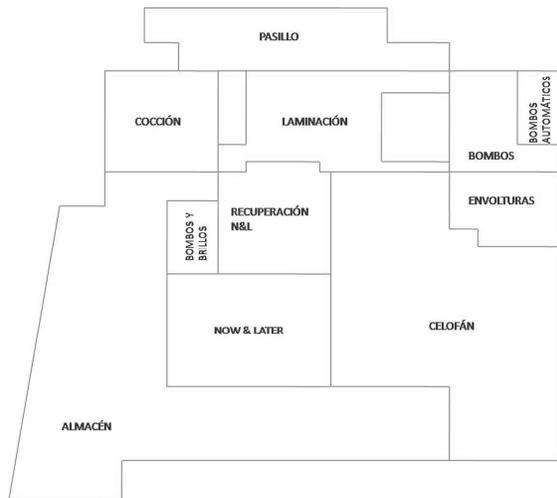
Se trata de una empresa dedicada a la elaboración de goma de mascar, confitería y dulces en general con presencia en todo el territorio nacional. La empresa se encuentra en la zona industrial de San Luis Potosí y actualmente su energía es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad con una tarifa HM.

Cuenta con dos naves industriales en donde se ubican las diferentes áreas del proceso de producción, las cuales se enlistan a continuación:

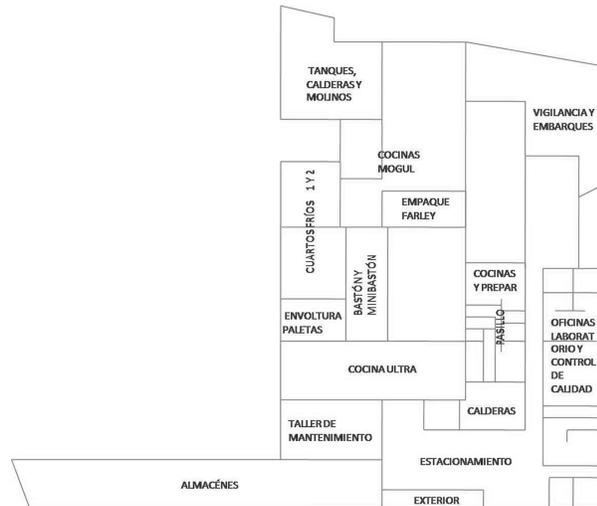
NAVE A	
1	CELOFÁN
2	BOMBOS Y BRILLOS
3	BOMBOS
4	BOMBOS AUTOMÁTICOS
5	ENVOLTURA SUPER BUBBLE
6	LAMINACIÓN
7	COCCIÓN
8	ALMACEN
9	NOW & LATER
10	PASILLO
11	RECUPERACIÓN N&L

NAVE B	
12	RECUPERACIÓN
13	TALLER DE MANTENIMIENTO
14	COCINAS ULTRA
15	ENVOLTURA DE PALETAS
16	CUARTO FRIO 1
17	CUARTO FRIO 2
18	MOGUL
19	COCINA MOGUL
20	ENVOLTURA Y EMPAQUE
21	BASTÓN Y MINIBASTÓN
22	EMPAQUE FARLEY
23	TALLER DE SOLDADURA
24	SANIDAD
25	CALDERAS
26	PREPARADOS
27	CONTROL DE CALIDAD
28	CUARTO DE MANTENIMIENTO
29	DOSIFICACIÓN ULTRA
30	LABORATORIO
31	OFICINAS CONTROL DE CALIDAD
32	GRANEADO
33	PASILLO PRINCIPAL
34	COCINA JUNIOR
35	INTERIOR COCINA JUNIOR
36	SALA DE CAPACITACIÓN
37	ENFERMERÍA
38	BAÑO DE MUJERES
39	COMEDOR
40	TIENDA
41	BAÑO DE HOMBRES
42	VESTIDORES
43	TRASTIENDA
44	OFICINAS

En las imágenes siguientes se puede observar un par de croquis donde se aprecia de forma muy básica la distribución en cada una de las naves de la empresa con las áreas del proceso de producción.



**Ilustración 34: Croquis de la Nave A.**



**Ilustración 35 Croquis de la Nave B.**

### **4.3 Análisis de las áreas técnicas del caso estudio**

El presente análisis integra la descripción de las instalaciones y los equipos de los rubros más importantes (iluminación y motores de inducción) con los que actualmente cuenta la empresa dulcera y de los cuales se busca reducir el consumo de energía eléctrica dentro de sus instalaciones a través de mejoras tecnológicas.

#### **4.3.1 Análisis del caso estudio - Iluminación**

Este primer estudio partirá del análisis de la cantidad de equipos de iluminación instalados en las dos grandes naves productivas, la potencia de cada uno de los productos y con ayuda de las horas de utilización se obtendrá el consumo de energía eléctrica de los sistemas de alumbrado de la empresa. Para una mejor vista, los datos se establecieron en las tablas 8 y 9.

La nave A de la empresa cuenta con 11 áreas y en éstas se distribuyen un total de 244 luminarios, mismos que están divididos en 4 distintos tipos de equipos, cada uno con una potencia eléctrica diferente, como se puede observar en la tabla 8.

Al obtener la potencia eléctrica total por cada área; y sumar las once áreas de la nave, se consigue la demanda de 72,498 W. Conociendo que los equipos de iluminación de la nave A se mantienen encendidos todos los días del año y las 24 horas del día, se obtiene el tiempo de utilización equivalente a 8760 horas al año. Dicho lo anterior, se logra obtener el consumo de energía anual de cada área por concepto de iluminación, los cuales al ser sumados, proporcionan el consumo anual de toda la nave A, el cual corresponde a 635,082.48 kWh al año.

**Tabla 8: Consumo anual por iluminación en la Nave A.**<sup>26</sup>

NAVE A		Luminarios de la Nave A (Número de piezas)				Potencia total por área (kW)	Tiempo de utilización al año (h/año)	Consumo anual (kWh/año)
		Luminario 1	Luminario 2	Luminario 3	Luminario 4			
	<b>Potencia eléctrica (W)</b>	<b>72</b>	<b>302</b>	<b>136</b>	<b>297</b>			
1	CELOFÁN		79			23.858	8,760	208,996.08
2	BOMBOS Y BRILLOS		4			1.208	8,760	10,582.08
3	BOMBOS				15	4.455	8,760	39,025.80
4	BOMBOS AUTOMÁTICOS		10			3.020	8,760	26,455.20
5	ENVOLTURA S BUBBLE		9			2.718	8,760	23,809.68
6	LAMINACIÓN		15		4	5.718	8,760	50,089.68
7	COCCIÓN			5		0.680	8,760	5,956.80
8	ALMACEN		57			17.214	8,760	150,794.64
9	NOW & LATER		31		2	9.956	8,760	87,214.56
10	PASILLO		7			2.114	8,760	18,518.64
11	RECUPERACIÓN N&L	1			5	1.557	8,760	13,639.32
		<b>Demanda kW</b>		<b>72.498</b>	<b>Consumo total anual kWh</b>		<b>635,082.48</b>	

Para la nave B se obtienen nuevamente los parámetros siguiendo el método anterior, con la diferencia que son 263 luminarios distribuidos en 8 tipos distintos de equipos y el cambio del tiempo de utilización de algunas áreas, pues aunque en general las que están dedicadas a la producción de dulces se utilizan las 24 horas del día, también existen zonas donde únicamente permanecen encendidos 10 ó 12 horas diarias, equivalentes a 3650 y 4380 horas al año respectivamente. Como resultado de las consideraciones anteriores se obtiene una demanda de 48.431 kW y un consumo energético anual de 376,969.81 kWh.

<sup>26</sup> Fuente: Información proporcionada por FIDE. Proyecto de ahorro energía en industria dulcera. Sólo fines académicos.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 9: Consumo anual por iluminación en la Nave B.** <sup>27</sup>

NAVE B	Luminarios de la Nave B (Número de piezas)								Potencia total por área (kW)	Tiempo utilización al año (h/año)	Consumo anual (kWh/año)
	Lum. 5	Lum. 1	Lum. 6	Lum. 3	Lum. 7	Lum. 8	Lum. 9	Lum. 10			
<b>Potencia nominal (W)</b>	<b>240</b>	<b>72</b>	<b>88</b>	<b>136</b>	<b>125</b>	<b>180</b>	<b>65</b>	<b>458</b>			
12 RECUPERACIÓN		1				3	2	1	1.200	8,760	10,512.00
13 TALLER DE MANTTO						12			2.160	8,760	18,921.60
14 COCINAS ULTRA				1		11	1	11	7.219	8,760	63,238.44
15 ENVOLTURA DE PALETAS		6							0.432	8,760	3,784.32
16 CUARTO FRIO 1				5		1			0.860	8,760	7,533.60
17 CUARTO FRIO 2						9			1.620	8,760	14,191.20
18 MOGUL						2	2	7	3.696	8,760	32,376.96
19 COCINA MOGUL		2						7	3.350	8,760	29,346.00
20 ENVOLTURA Y EMPAQUE						17		3	4.434	8,760	38,841.84
21 BASTÓN Y MINIBASTÓN		4		1				6	3.172	8,760	27,786.72
22 EMPAQUE FARLEY		5		7		1			1.492	8,760	13,069.92
23 TALLER DE SOLDADURA						2			0.360	8,760	3,153.60
24 SANIDAD						3			0.540	8,760	4,730.40
25 CALDERAS						8			1.440	8,760	12,614.40
26 PREPARADOS				11					1.496	8,760	13,104.96
27 CONTROL DE CALIDAD						1			0.180	3,650	657.00
28 CUARTO DE MANTTO						1			0.180	3,650	657.00
29 DOSIFICACIÓN ULTRA						4			0.720	3,650	2,628.00
30 LABORATORIO						14			2.520	3,650	9,198.00
31 OFICINAS CONTROL						4			0.720	8,760	6,307.20
32 GRANEADO		1				1			0.252	8,760	2,207.52
33 PASILLO PRINCIPAL		1					1	2	1.053	8,760	9,224.28
34 COCINA JUNIOR	6						2	2	2.486	8,760	21,777.36
35 INTERIOR COCINA JUNIOR		2				2			0.504	8,760	4,415.04
36 SALA DE CAPACITACIÓN			4						0.352	3,650	1,284.80
37 ENFERMERÍA			2						0.176	8,760	1,541.76
38 BAÑO DE MUJERES			12						1.056	4,380	4,625.28
39 COMEDOR			14						1.232	4,380	5,396.16
40 TIENDA			2						0.176	3,650	642.40
41 BAÑO DE HOMBRES			2						0.176	4,380	770.88
42 VESTIDORES			13						1.144	4,380	5,010.72
43 TRASTIENDA		2	3						0.408	3,650	1,489.20
44 OFICINAS					13				1.625	3,650	5,931.25
<b>Demanda kW</b>						<b>48.431</b>		<b>Consumo total anual kWh</b>		<b>376,969.81</b>	

En resumen el consumo eléctrico total de las áreas A y B en cuanto a iluminación es de 1,012,052.29 kWh al año. Y la demanda de los equipos de iluminación en la zona A es de 72.498 kW mientras que en la zona B es de 48.431 kW.

<sup>27</sup> Fuente: Información proporcionada por FIDE. Proyecto de ahorro energía en industria dulcera. Sólo fines académicos.



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

A continuación se describen las características y componentes de los luminarios de las naves mencionados en las tablas anteriores:<sup>28</sup>

- Luminario 1: Carcasa de policarbonato con protección a prueba de polvo, sin modelo, con balastro electromagnético de encendido rápido modelo NR-232-127-CP de 2 x 32W de lámparas fluorescentes lineales T8, con una potencia de 72W.
- Luminario 2: Industrial modelo HBL-832N de Cooper Lighting con dos balastos electromagnéticos de 4 x 32W de lámparas fluorescentes lineales T8, con una potencia de línea de 302W.
- Luminario 3: Con carcasa de lámina de acero con protección a prueba de polvo de policarbonato, con balastro magnético de encendido instantáneo de 2 x 75W de lámparas fluorescentes lineales T12, con una potencia de línea de 136W.
- Luminario 4: Tipo campana cerrada con lámpara de aditivos metálicos de 250W y balastro electromagnético tipo autotransformador marca Havells con una potencia de línea de 297W.
- Luminario 5: Industrial con un sistema de 4 x 54W con un balastro electrónico modelo ICN4S5490C2LSG para lámparas fluorescentes lineales T5 con una potencia de línea de 240W.
- Luminario 6: Industrial con un sistema de 2 x 39W de lámparas fluorescentes lineales T12, con un balastro encendido instantáneo modelo NS-232-127-CP con una potencia de línea de 88W.
- Luminario 7: Industrial con un sistema de 2 x 60W de lámparas fluorescentes lineales T12, con un balastro encendido instantáneo modelo NS-260-127-CP con una potencia de línea de 125W.
- Luminario 8: Industrial con un sistema de 2 x 75W de lámparas fluorescentes lineales T12, con un balastro encendido instantáneo modelo XSEQM-275-S con una potencia de línea de 180W.

---

<sup>28</sup> Información consultada en los catálogos: Heasa Ingeniería y desarrollo de proyectos, Cooper Lighting, Havells México y Advance TransformerCo. Fecha consulta: enero de 2014.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

- Luminario 9: Suburbano tipo campana de aluminio y acrílico con lámpara fluorescente compacta autobalastada de 65W con una potencia de línea de 65W.
- Luminario 10: Tipo campana cerrada con lámpara de aditivos metálicos de 400W y balastro electromagnético tipo autotransformador marca Havells con una potencia de línea de 458W.

Adicionalmente se evaluaron los niveles de iluminación de las áreas de producción, oficinas, almacenes y espacios generales de la empresa, con el fin de detectar posibles deficiencias de iluminación que afectan la seguridad, ergonomía y salud de los empleados, además de identificar la posible ubicación de las nuevas luminarias a fin de mejorar la iluminación.

En las tablas que se muestran abajo, se puede identificar el nivel de iluminación en luxes de cada una de las áreas y con una breve descripción de la tarea principal realizada de cada zona, así como una columna con la referencia de los niveles mínimos solicitados en la norma NOM-025-STPS.

**Tabla 10: Niveles de iluminación actuales en la Nave A.**<sup>29</sup>

NAVE A						
No.	ÁREA	DESCRIPCIÓN TAREA VISUAL	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lx)	NOM-025-SCFI (lx)	DIFERENCIA	OBSERV.
1	CELOFÁN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	117	200	-83	No cumple
2	BOMBOS Y BRILLOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	202	200	2	Cumple
3	BOMBOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	191	200	-9	No cumple
4	BOMBOS AUTOMÁTICOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	136	200	-64	No cumple
5	ENVOLTURA SUPER BUBBLE	Requerimiento visual simple - Maquinaria	80	200	-120	No cumple
6	LAMINACIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	93	200	-107	No cumple
7	COCCIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	68	200	-132	No cumple
8	ALMACEN	Interior – Almacén	40	100	-60	No cumple
9	NOW & LATER	Requerimiento visual simple - Inspección	180	200	-20	No cumple
10	PASILLO	Interior – Pasillo	80	100	-20	No cumple
11	RECUPERACIÓN N&L	Requerimiento visual simple - Maquinaria	161	200	-39	No cumple

<sup>29</sup> Elaboración propia con los niveles de iluminación que fueron obtenidos en el levantamiento realizado por la empresa dulcera en colaboración con FIDE. Su utilización es únicamente con fines académicos.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 11: Niveles de iluminación actuales en la Nave B.**<sup>28</sup>

NAVE B						
No.	ÁREA	DESCRIPCIÓN TAREA VISUAL	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lx)	NOM-025-SCFI (lx)	DIFERENCIA	OBSERV.
12	RECUPERACIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	130	200	-70	No cumple
13	TALLER DE MANTENIMIENTO	Distinción moderada detalles – Taller	313	300	13	Cumple
14	COCINAS ULTRA	Requerimiento visual simple - Maquinaria	120	200	-80	No cumple
15	ENVOLTURA DE PALETAS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	204	200	4	Cumple
16	CUARTO FRIO 1	Interior – Almacén	60	100	-40	No cumple
17	CUARTO FRIO 2	Interior – Almacén	80	100	-20	No cumple
18	MOGUL	Requerimiento visual simple - Maquinaria	220	200	20	Cumple
19	COCINA MOGUL	Requerimiento visual simple - Maquinaria	260	200	60	Cumple
20	ENVOLTURA Y EMPAQUE	Requerimiento visual simple - Maquinaria	90	200	-110	No cumple
21	BASTÓN Y MINIBASTÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	127	200	-73	No cumple
22	EMPAQUE FARLEY	Requerimiento visual simple - Maquinaria	90	200	-110	No cumple
23	TALLER DE SOLDADURA	Distinción moderada detalles – Taller	140	300	-160	No cumple
24	SANIDAD	Requerimiento visual simple - Inspección	140	200	-60	No cumple
25	CALDERAS	Requerimiento visual simple - Cuarto calderas	300	200	100	Cumple
26	PREPARADOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	240	200	40	Cumple
27	CONTROL DE CALIDAD	Distinción moderada detalles - Inspección	204	300	-96	No cumple
28	CUARTO DE MANTENIMIENTO	Requerimiento visual simple - Cuarto mantenimiento	158	200	-42	No cumple
29	DOSIFICACIÓN ULTRA	Requerimiento visual simple - Maquinaria	190	200	-10	No cumple
30	LABORATORIO	Distinción clara detalles – Laboratorio	214	500	-286	No cumple
31	OFICINAS CONTROL CALIDAD	Distinción moderada detalles - Inspección	160	300	-140	No cumple
32	GRANEADO	Requerimiento visual simple - Maquinaria	90	200	-110	No cumple
33	PASILLO PRINCIPAL	Interior – Pasillo	80	100	-20	No cumple
34	COCINA JUNIOR	Requerimiento visual simple - Maquinaria	180	200	-20	No cumple
35	INTERIOR COCINA JUNIOR	Requerimiento visual simple - Maquinaria	200	200	0	Cumple
36	SALA DE CAPACITACIÓN	Distinción moderada detalles – Oficina	180	300	-120	No cumple
37	ENFERMERÍA	Distinción moderada detalles - Inspección	180	300	-120	No cumple
38	BAÑO DE MUJERES	Interior – Baño	160	100	60	Cumple
39	COMEDOR	Interior – Comedor	168	100	68	Cumple
40	TIENDA	Requerimiento visual simple - Inspección	210	200	10	Cumple
41	BAÑO DE HOMBRES	Interior – Baño	240	100	140	Cumple
42	VESTIDORES	Interior – Baño	180	100	80	Cumple
43	TRASTIENDA	Requerimiento visual simple - Inspección	220	200	20	Cumple
44	OFICINAS	Distinción moderada detalles – Oficina	120	300	-180	No cumple

De esta información se obtiene que para la nave A únicamente el 9% de las áreas analizadas cumplan con lo establecido en la norma, mientras que para la nave B el 36% de los niveles de iluminación de las áreas están por encima de los límites de la NOM-025-STPS.

### 4.3.2 Análisis del caso estudio – Motores eléctricos

En este segundo estudio se analizará la cantidad de motores eléctricos que actualmente operan las diferentes máquinas para la producción de los dulces, con sus características técnicas más importantes mostradas en la tabla siguiente:

**Tabla 12. Características de los motores actualmente instalados en ambas naves.**<sup>30</sup>

MOTOR	ÁREA DE OPERACIÓN	MOTOR NOMINAL CP	TIPO	ESTADO	TIPO EFICIENCIA	TENSIÓN (PLACA) V	TIEMPO UTILIZACIÓN AL AÑO (h/año)
M1	ENVOLTURA - INYECCIÓN AIRE	40	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	3,744
M2	ENVOLTURA - INYECCIÓN AIRE	40	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	3,744
M3	ENVOLTURA - BOMBA AGUA	15	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	3,744
M4	LAMINACIÓN - EXTRUSOR	25	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,680
M5	COCCIÓN - MEZCLADOR	30	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M6	COCCIÓN - MEZCLADOR	30	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M7	COCCIÓN - MEZCLADOR	50	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,240
M8	MOLINO	60	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M9	MOLINO	60	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M10	MOLINO	60	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M11	COCCIÓN - MEZCLADOR	40	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,864
M12	BASES – MEZCLADOR	40	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,864
M13	BASES – MEZCLADOR	30	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,864
M14	BASES – MEZCLADOR	50	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,240
M15	BASES – MEZCLADOR	60	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,240
M16	BASES – MEZCLADOR	40	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,864
M17	BASES – MEZCLADOR	30	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	6,864
M18	ENVOLTURA NOW & LATER - BOMBA VACÍO	20	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	6,240
M19	ENVOLTURA NOW & LATER - BOMBA VACÍO	20	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	6,240
M20	ENVOLTURA NOW & LATER - BOMBA VACÍO	20	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	6,240
M21	SUPERBUBBLE - COMPRESOR AIRE	50	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	2,496
M22	SUPERBUBBLE - EXTRUSOR	15	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M23	SUPERBUBBLE - EXTRUSOR	15	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	4,992
M24	SUPERBUBBLE - EXTRUSOR	15	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M25	SUPERBUBBLE - PRE-EXTRUSOR	25	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M26	BOMBA - TANQUE DE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	6,240
M27	BOMBA - TANQUE DE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	6,240
M28	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M29	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M30	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M31	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M32	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M33	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992

<sup>30</sup> Elaboración propia con los datos proporcionados por la empresa dulcera en colaboración con FIDE. Su utilización es únicamente con fines académicos.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

M34	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M35	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M36	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M37	COCINA PALETAS - TROQUELADORA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M38	CORTADORA LÍNEA	7.5	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	220	4,992
M39	COCINA JR - BOMBA VACÍO	15	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488
M40	COCINA JR - BOMBA VACÍO	20	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488
M41	BOMBA - BIOTANQUE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488
M42	BOMBA - BIOTANQUE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488
M43	BOMBA - BIOTANQUE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488
M44	BOMBA - BIOTANQUE GLUCOSA	10	CERRADO	REBOBINADO	ESTÁNDAR	440	7,488

Para obtener la potencia eléctrica es necesario que se conozcan las tensiones, las corrientes y el factor de potencia de cada uno de los 44 motores descritos anteriormente, los datos mostrados en la Tabla 13, se basan en las mediciones realizadas en campo. La potencia eléctrica medida de cada uno de los motores aparece en la última columna, siendo la potencia eléctrica total de 518.833 kW.

**Tabla 13: Potencia eléctrica de los motores actualmente instalados en ambas naves.**<sup>31</sup>

MOTOR	Tensión entre líneas [V]				Corriente [A]				FP	Potencia eléctrica (medida) [kW]
	V1	V2	V3	V prom	I1	I2	I3	I prom		
M1	444	447	446	445.67	34.13	33.20	33.40	33.58	0.9222	23.902
M2	444	446	445	445.00	35.22	34.40	34.57	34.73	0.9245	24.748
M3	444	445	444	444.33	15.55	15.47	15.72	15.58	0.8022	9.619
M4	213	211	212	212.00	39.00	37.50	38.00	38.17	0.9212	12.910
M5	445	445	444	444.67	25.17	24.98	25.15	25.10	0.9018	17.433
M6	445	446	446	445.67	24.77	23.78	24.18	24.24	0.9026	16.891
M7	447	445	445	445.67	32.19	32.99	33.14	32.77	0.9522	24.089
M8	444	446	444	444.67	30.93	30.84	30.11	30.63	0.9568	22.569
M9	424	425	421	423.33	34.17	34.95	34.84	34.65	0.9570	24.316
M10	436	435	441	437.33	27.13	32.75	33.06	30.98	0.9552	22.416
M11	439	442	442	441.00	26.10	26.74	27.19	26.68	0.9572	19.504
M12	431	433	432	432.00	27.93	28.23	27.97	28.04	0.9564	20.068
M13	435	437	437	436.33	26.99	25.34	25.86	26.06	0.8879	17.489
M14	437	438	435	436.67	34.78	35.40	36.91	35.70	0.9583	25.873
M15	436	437	437	436.67	38.41	39.08	39.49	38.99	0.9578	28.247
M16	431	433	432	432.00	26.35	26.93	27.07	26.78	0.9284	18.606
M17	431	433	433	432.33	24.90	24.23	24.90	24.68	0.9286	17.159
M18	217	216	217	216.67	16.36	15.88	16.17	16.14	0.9447	5.721
M19	215	214	214	214.33	16.12	15.97	16.42	16.17	0.9466	5.682

<sup>31</sup> Elaboración propia con los datos obtenidos del levantamiento realizado por la empresa dulcera en colaboración con FIDE. Su utilización es únicamente con fines académicos.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

M20	214	213	215	214.00	15.91	15.83	16.16	15.97	0.9492	5.618
M21	450	451	451	450.67	43.47	42.10	43.99	43.19	0.9539	32.156
M22	445	445	447	445.67	10.13	10.41	10.58	10.37	0.9399	7.526
M23	445	447	447	446.33	10.03	9.71	9.98	9.91	0.9426	7.219
M24	445	449	447	447.00	9.30	9.70	9.76	9.59	0.9466	7.026
M25	447	449	451	449.00	21.13	22.34	21.90	21.79	0.9418	15.960
M26	213	213	213	213.00	12.33	12.18	12.47	12.33	0.9428	4.288
M27	212	213	212	212.33	11.96	12.04	11.97	11.99	0.9436	4.161
M28	213	211	213	212.33	12.73	12.60	12.35	12.56	0.9462	4.371
M29	213	212	212	212.33	12.71	12.28	12.58	12.52	0.9533	4.391
M30	214	212	213	213.00	10.30	10.04	9.98	10.11	0.9553	3.562
M31	213	213	214	213.33	9.94	10.02	9.96	9.97	0.9570	3.527
M32	213	213	213	213.00	9.83	9.95	9.90	9.89	0.9588	3.500
M33	211	214	212	212.33	10.00	9.78	9.93	9.90	0.9595	3.495
M34	213	212	213	212.67	9.52	9.67	10.11	9.77	0.9561	3.440
M35	214	212	213	213.00	9.96	9.67	10.03	9.89	0.9503	3.466
M36	211	211	214	212.00	9.83	10.01	9.86	9.90	0.9585	3.484
M37	213	211	213	212.33	10.24	9.95	9.79	9.99	0.9571	3.518
M38	213	214	213	213.33	10.09	11.08	10.75	10.64	0.9496	3.733
M39	438	437	437	437.33	13.96	12.70	13.56	13.41	0.9538	9.686
M40	437	436	437	436.67	14.07	14.39	14.91	14.46	0.9587	10.482
M41	438	437	438	437.67	5.63	5.89	6.05	5.86	0.9581	4.254
M42	437	437	439	437.67	6.28	5.93	5.15	5.79	0.9560	4.194
M43	438	436	437	437.00	5.93	5.61	6.02	5.85	0.9558	4.235
M44	436	437	437	436.67	6.13	5.97	5.74	5.95	0.9563	4.301
<b>518.833</b>										

Debido a que se obtendrá la eficiencia de los motores por medio del factor de carga de cada uno, es necesario conseguir dicho valor, apoyándose en el dato de la potencia nominal (cuyo valor se conoce de la placa de datos) y de la potencia mecánica (que es el producto de la potencia eléctrica medida por la eficiencia nominal). Posteriormente se realiza la interpolación<sup>32</sup> para obtener la eficiencia del motor de acuerdo al factor de carga obtenido previamente. A esta eficiencia se le multiplicará por un factor de 0.985 debido a las pérdidas de 1.5%<sup>33</sup> por ser motores rebobinados. Por último se obtuvo el consumo individual y total de los motores, aprovechando la potencia eléctrica medida y el número de horas que trabaja cada uno. Los valores descritos anteriormente se pueden observar en la Tabla 14.

<sup>32</sup> La interpolación se realizó con base en las tablas de eficiencia de motores estándar y de alta eficiencia del Procedimiento de evaluación para la sustitución de motores eléctricos de FIDE. Anexo B.

<sup>33</sup> Valor mínimo de pérdidas por rebobinado del artículo Motores eléctricos de alta eficiencia. Ing. Enrique Quispe. 2000.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 14: Consumo anual de los motores actualmente instalados en ambas naves.**

MOTOR	Potencia eléctrica (medida) kW	Potencia nominal HP	Potencia nominal kW	Eficiencia nominal del motor	Potencia mecánica kW	Factor de Carga	Eficiencia de acuerdo al factor de carga obtenido	Eficiencia de acuerdo al fc y corregido por ajuste de rebobinado	Potencia mecánica corregida kW	TIEMPO UTILIZACIÓN AL AÑO (h/año)	Consumo (kWh/año)
M1	23.902	40	29.84	0.9131	21.825	0.7314	0.9111	0.8974	21.450	3,744	89,488.930
M2	24.748	40	29.84	0.9131	22.597	0.7573	0.9119	0.8982	22.229	3,744	92,654.854
M3	9.619	15	11.19	0.8790	8.455	0.7556	0.8852	0.8719	8.387	3,744	36,012.683
M4	12.910	25	18.65	0.9055	11.690	0.6268	0.9146	0.9009	11.631	4,680	60,419.970
M5	17.433	30	22.38	0.9090	15.847	0.7081	0.9203	0.9065	15.803	4,992	87,026.944
M6	16.891	30	22.38	0.9090	15.354	0.6861	0.9199	0.9061	15.305	4,992	84,320.470
M7	24.089	50	37.3	0.9036	21.767	0.5836	0.9086	0.8950	21.559	6,240	150,315.637
M8	22.569	60	44.76	0.9237	20.847	0.4658	0.9175	0.9037	20.397	4,992	112,665.430
M9	24.316	60	44.76	0.9237	22.461	0.5018	0.9176	0.9038	21.978	4,992	121,387.684
M10	22.416	60	44.76	0.9237	20.705	0.4626	0.9122	0.8985	20.141	4,992	111,898.306
M11	19.504	40	29.84	0.9131	17.810	0.5968	0.9053	0.8917	17.393	6,864	133,878.471
M12	20.068	40	29.84	0.9131	18.324	0.6141	0.9060	0.8924	17.909	6,864	137,749.760
M13	17.489	30	22.38	0.9090	15.898	0.7104	0.9203	0.9065	15.854	6,864	120,046.723
M14	25.873	50	37.3	0.9036	23.378	0.6268	0.9095	0.8959	23.178	6,240	161,444.930
M15	28.247	60	44.76	0.9100	25.705	0.5743	0.9160	0.9023	25.486	6,240	176,262.714
M16	18.606	40	29.84	0.9131	16.989	0.5693	0.9041	0.8905	16.569	6,864	127,708.971
M17	17.159	30	22.38	0.9090	15.598	0.6969	0.9201	0.9063	15.551	6,864	117,780.067
M18	5.721	20	14.92	0.8880	5.080	0.3405	0.8505	0.8377	4.793	6,240	35,698.097
M19	5.682	20	14.92	0.8880	5.046	0.3382	0.8499	0.8372	4.757	6,240	35,457.773
M20	5.618	20	14.92	0.8880	4.988	0.3343	0.8490	0.8363	4.698	6,240	35,053.467
M21	32.156	50	37.3	0.9208	29.610	0.7938	0.9250	0.9111	29.299	2,496	80,262.592
M22	7.526	15	11.19	0.8790	6.615	0.5912	0.8764	0.8633	6.497	4,992	37,570.359
M23	7.219	15	11.19	0.8790	6.345	0.5671	0.8751	0.8620	6.223	4,992	36,037.073
M24	7.026	15	11.19	0.8790	6.176	0.5519	0.8742	0.8611	6.050	4,992	35,073.318
M25	15.960	25	18.65	0.9055	14.451	0.7749	0.9159	0.9022	14.398	4,992	79,670.485
M26	4.288	10	7.46	0.8754	3.753	0.5031	0.8654	0.8524	3.655	6,240	26,754.082
M27	4.161	10	7.46	0.8754	3.642	0.4883	0.8631	0.8502	3.537	6,240	25,963.935
M28	4.371	10	7.46	0.8754	3.826	0.5129	0.8655	0.8525	3.726	4,992	21,818.554
M29	4.391	10	7.46	0.8754	3.844	0.5152	0.8656	0.8526	3.744	4,992	21,918.101
M30	3.562	7.5	5.595	0.8722	3.107	0.5553	0.8702	0.8571	3.053	4,992	17,781.260
M31	3.527	7.5	5.595	0.8722	3.076	0.5498	0.8700	0.8570	3.022	4,992	17,605.412
M32	3.500	7.5	5.595	0.8722	3.052	0.5455	0.8698	0.8568	2.998	4,992	17,469.701
M33	3.495	7.5	5.595	0.8722	3.048	0.5448	0.8698	0.8568	2.994	4,992	17,445.353
M34	3.440	7.5	5.595	0.8722	3.000	0.5362	0.8694	0.8564	2.946	4,992	17,170.554
M35	3.466	7.5	5.595	0.8722	3.023	0.5403	0.8696	0.8566	2.969	4,992	17,303.160
M36	3.484	7.5	5.595	0.8722	3.039	0.5432	0.8697	0.8567	2.985	4,992	17,393.956
M37	3.518	7.5	5.595	0.8722	3.068	0.5484	0.8699	0.8569	3.014	4,992	17,559.861
M38	3.733	7.5	5.595	0.8722	3.256	0.5820	0.8713	0.8582	3.204	4,992	18,637.011
M39	9.686	15	11.19	0.8790	8.514	0.7609	0.8850	0.8717	8.444	7,488	72,529.916
M40	10.482	20	14.92	0.8880	9.308	0.6239	0.8923	0.8789	9.213	7,488	78,492.362
M41	4.254	10	7.46	0.8754	3.724	0.4992	0.8651	0.8521	3.625	7,488	31,851.602
M42	4.194	10	7.46	0.8754	3.671	0.4921	0.8638	0.8508	3.568	7,488	31,401.927
M43	4.235	10	7.46	0.8754	3.707	0.4969	0.8647	0.8517	3.607	7,488	31,708.681
M44	4.301	10	7.46	0.8754	3.765	0.5047	0.8654	0.8524	3.666	7,488	32,206.554
<b>2,828,897.687</b>											



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

En resumen, el consumo eléctrico por concepto de motores es de 2,828,897.687 kWh al año. Y la carga instalada es de 518.833 kW.

### 4.4 Conclusiones

En este capítulo se pueden observar las distintas áreas de las que se compone la empresa dulcera y la distribución de los equipos en ella. Prestando gran importancia a los motores y a los sistemas de iluminación, siendo las áreas de mayor oportunidad para que se desarrolle el proyecto de ahorro de energía eléctrica.

Se observaron los equipos de iluminación actualmente instalados y los parámetros técnicos más relevantes de los mismos, los cuales nos ayudan a obtener el valor de energía que actualmente se está consumiendo en este ámbito, el cual a simple vista se percibe alto debido a que se tienen equipos ineficientes y viejos. Así mismo se revisaron los niveles de iluminación que se tienen en los distintos espacios de trabajo, de los cuales la mayoría se encuentra por debajo de lo que exige la norma nacional, por lo que será de gran importancia mejorarlos, para crear un mejor ambiente de trabajo para los empleados.

También se revisó el caso de los motores eléctricos que realizan un trabajo dentro de las máquinas de producción, donde se observa que la totalidad de estos, son motores viejos rebobinados de baja eficiencia y en algunos casos con un factor de carga pésimo, lo cual significa que los motores instalados son de una capacidad mayor a la que se requiere realmente.

## **CAPÍTULO 5. PROPUESTA TÉCNICA DE EQUIPOS EFICIENTES PARA OBTENER AHORROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

### **5.1 Introducción**

El objetivo principal de éste capítulo es realizar las propuestas para la sustitución de los motores que actualmente trabajan en la máquinas dulceras por unos con eficiencia Premium a fin de mantener la producción pero reduciendo el consumo energético. Y rediseñar los sistemas de alumbrado ineficiente por productos de alta eficiencia para reducir el consumo eléctrico pero mejorando los niveles de iluminación, los cuales son requeridos por la norma nacional.

### **5.2 Propuestas técnicas de equipos eficientes.**

#### **5.2.1 Propuesta eficiente – iluminación.**

De acuerdo a la documentación técnica del caso estudio, se observa que la mayoría de los equipos instalados actualmente son ineficientes y obsoletos, con algunas excepciones, por lo que se busca plantear su remplazo por sistemas de iluminación con luminarios de alta eficiencia y lámparas fluorescentes lineales con su correspondiente balastro electrónico, con el objetivo de mejorar los niveles de iluminación dentro de la empresa a un menor costo energético.

Así mismo debido a que existe una gran cantidad de áreas con bajos niveles de iluminación que afectan la visión del trabajador, generando problemas en la producción, se propone un estudio con la redistribución de los luminarios para tener mejores niveles de iluminación en los planos de trabajo.

En la elección de los nuevos productos hay que considerar que los luminarios para uso industrial más adecuados y versátiles son los equipos de 4 x 54W con lámparas fluorescentes lineales T5 y balastro electrónico y también los luminarios de 2 x 32W con lámparas fluorescentes lineales T8 y balastro electrónico. Es importante mencionar que en algunas áreas se requiere de luminarios con protección para ubicaciones húmedas debido a los proceso de fabricación de los dulces y al manejo de las materias primas para su elaboración, sin dejar de mencionar que también se



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

ocupan en los cuartos fríos y en los vestidores utilizados por los trabajadores de la empresa.

En esta propuesta se buscó que los productos tuvieran la Licencia para uso del Sello FIDE, con el fin de garantizar que son modelos eficientes, seguros y de calidad, por lo que la selección se redujo a los luminarios de las empresas Cooper Lighting, LC Importaciones y Havells México, triunfando los modelos con mejores eficiencias, mismos que se muestran a continuación:

Luminario A: HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U

Luminario industrial marca Metalux de Cooper Lighting para alto montaje fabricado con lámina de acero, con reflector especular de aluminio equipado con un sistema de cuatro lámparas fluorescentes T5 de 54W cada una y un balastro electrónico multivoltaje; la eficiencia del luminario es de 93.7%.

Luminario B: VT4-454T5-WDR-UNV-EHT1-WL-U

Luminario marca Metalux de Cooper Lighting tipo industrial fluorescente, diseñado para ubicaciones húmedas (IP65), fabricado en fibra de vidrio reforzado de poliéster auto-extinguible y sello continuo para dar mayor seguridad y lente de acrílico claro de alto impacto equipado con un sistema de cuatro lámparas fluorescentes T5 de 54W y un balastro electrónico multivoltaje con una eficiencia del sistema del 92.7%.

Luminario C: I8-232-TBWUNV-EB81-UPL

Luminario marca Metalux de Cooper Lighting tipo industrial fluorescente, con reflector especular de aluminio y equipado con un sistema de 2 lámparas fluorescentes lineales T8 de 32W cada una y un balastro electrónico multivoltaje; la eficiencia del equipo es de 87.5%.

Luminario D: VT2-232 DR

Luminario marca Metalux de Cooper Lighting tipo industrial fluorescente, fabricado en metal y fibra de vidrio reforzado de poliéster auto-extinguible con lente de acrílico claro de alto impacto equipado con un sistema de dos lámparas fluorescentes T8 de

32W cada una y un balastro electrónico multivoltaje con una eficiencia del sistema del 78.9%.

Las lámparas incluidas dentro de los luminarios descritos se proponen tengan una temperatura de color correlacionada con tonalidades blancas frías a partir de los 5000 K y un índice de rendimiento de color superior a 80.

Para la ubicación de los equipos propuestos dentro de las distintas áreas de la empresa se utilizó la herramienta de DIALux 4.12.0.0, la cual nos indica la cantidad de luminarios requeridos de acuerdo a la iluminación necesaria de cada zona, únicamente introduciendo las dimensiones del local (proporcionadas por la empresa dulcera) y los archivos fotométricos en formato “ies” de los luminarios a utilizar.

En las propuestas de DIALux se realizó la simulación de las 44 áreas de la empresa obteniendo los niveles de iluminación por encima de los límites indicados en la Norma Oficial, como se puede observar en las tablas siguientes:

**Tabla 15: Niveles de iluminación propuestos para la Nave A.** <sup>34</sup>

NAVE A						
No.	ÁREA	DESCRIPCIÓN TAREA VISUAL	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lx)	NOM-025-SCFI (lx)	DIFERENCIA	OBSERV.
1	CELOFÁN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	214	200	+14	Cumple
2	BOMBOS Y BRILLOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	251	200	+51	Cumple
3	BOMBOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	240	200	+40	Cumple
4	BOMBOS AUTOMÁTICOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	223	200	+23	Cumple
5	ENVOLTURA SUPER BUBBLE	Requerimiento visual simple - Maquinaria	236	200	+36	Cumple
6	LAMINACIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	213	200	+13	Cumple
7	COCCIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	215	200	+15	Cumple
8	ALMACEN	Interior – Almacén	119	100	+19	Cumple
9	NOW & LATER	Requerimiento visual simple - Inspección	216	200	+16	Cumple
10	PASILLO	Interior – Pasillo	109	100	+09	Cumple
11	RECUPERACIÓN N&L	Requerimiento visual simple - Maquinaria	219	200	+19	Cumple

<sup>34</sup> Elaboración propia con los resultados de las simulaciones realizadas con software DIALux. Anexo A.

**Tabla 16: Niveles de iluminación propuestos para la Nave B.** <sup>35</sup>

NAVE B						
No.	ÁREA	DESCRIPCIÓN TAREA VISUAL	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lx)	NOM-025-SCFI (lx)	DIFERENCIA	OBSERV.
12	RECUPERACIÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	213	200	+13	Cumple
13	TALLER DE MANTENIMIENTO	Distinción moderada detalles – Taller	300	300	0	Cumple
14	COCINAS ULTRA	Requerimiento visual simple - Maquinaria	201	200	+01	Cumple
15	ENVOLTURA DE PALETAS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	228	200	+28	Cumple
16	CUARTO FRIO 1	Interior – Almacén	112	100	+12	Cumple
17	CUARTO FRIO 2	Interior – Almacén	112	100	+12	Cumple
18	MOGUL	Requerimiento visual simple - Maquinaria	232	200	+32	Cumple
19	COCINA MOGUL	Requerimiento visual simple - Maquinaria	241	200	+41	Cumple
20	ENVOLTURA Y EMPAQUE	Requerimiento visual simple - Maquinaria	214	200	+14	Cumple
21	BASTÓN Y MINIBASTÓN	Requerimiento visual simple - Maquinaria	214	200	+14	Cumple
22	EMPAQUE FARLEY	Requerimiento visual simple - Maquinaria	216	200	+16	Cumple
23	TALLER DE SOLDADURA	Distinción moderada detalles – Taller	318	300	+18	Cumple
24	SANIDAD	Requerimiento visual simple - Inspección	202	200	+02	Cumple
25	CALDERAS	Requerimiento visual simple - Cuarto calderas	248	200	+48	Cumple
26	PREPARADOS	Requerimiento visual simple - Maquinaria	221	200	+21	Cumple
27	CONTROL DE CALIDAD	Distinción moderada detalles - Inspección	317	300	+17	Cumple
28	CUARTO DE MANTENIMIENTO	Requerimiento visual simple - Cuarto mantenimiento	259	200	+59	Cumple
29	DOSIFICACIÓN ULTRA	Requerimiento visual simple - Maquinaria	261	200	+61	Cumple
30	LABORATORIO	Distinción clara detalles – Laboratorio	507	500	+07	Cumple
31	OFICINAS CONTROL CALIDAD	Distinción moderada detalles - Inspección	321	300	+21	Cumple
32	GRANEADO	Requerimiento visual simple - Maquinaria	219	200	+19	Cumple
33	PASILLO PRINCIPAL	Interior – Pasillo	102	100	+02	Cumple
34	COCINA JUNIOR	Requerimiento visual simple - Maquinaria	282	200	+82	Cumple
35	INTERIOR COCINA JUNIOR	Requerimiento visual simple - Maquinaria	285	200	+85	Cumple
36	SALA DE CAPACITACIÓN	Distinción moderada detalles – Oficina	318	300	+18	Cumple
37	ENFERMERÍA	Distinción moderada detalles - Inspección	366	300	+66	Cumple
38	BAÑO DE MUJERES	Interior – Baño	136	100	+36	Cumple
39	COMEDOR	Interior – Comedor	113	100	+13	Cumple
40	TIENDA	Requerimiento visual simple - Inspección	288	200	+88	Cumple
41	BAÑO DE HOMBRES	Interior – Baño	183	100	+83	Cumple
42	VESTIDORES	Interior – Baño	111	100	+11	Cumple
43	TRASTIENDA	Requerimiento visual simple - Inspección	218	200	+18	Cumple
44	OFICINAS	Distinción moderada detalles – Oficina	310	300	+10	Cumple

<sup>35</sup> Elaboración propia con los resultados de las simulaciones realizadas con software DIALux. Anexo A.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

En resumen se puede observar que con las nuevas propuestas simuladas en el software DIALux<sup>36</sup> se logra cumplir con los niveles de iluminación de acuerdo a la NOM-025-STPS en la totalidad de las áreas.

Por lo tanto con los datos de potencia de los luminarios y con la cantidad de productos, se obtiene la potencia total para cada área y debido a que el tiempo de utilización de cada área no se modificó, se tiene información suficiente para obtener el consumo anual de cada área y el consumo total anual de las naves como se puede observar en las tablas siguientes:

**Tabla 17: Consumo anual de los equipos de iluminación propuestos en la Nave A.** <sup>37</sup>

NAVE A		Luminarios de la Nave A (Número de piezas)		Potencia total por área (W)	Potencia total por área (kW)	Tiempo de utilización al año (h/año)	Consumo anual (kWh/año)
		Luminario A HBL-454T5	Luminario B VT4-454T5				
Potencia nominal (W)		200	226				
1	CELOFÁN	57		11,400	11.400	8,760	99,864.00
2	BOMBOS Y BRILLOS		4	904	0.904	8,760	7,919.04
3	BOMBOS		14	3,164	3.164	8,760	27,716.64
4	BOMBOS AUTOMÁTICOS		6	1,356	1.356	8,760	11,878.56
5	ENVOLTURA S BUBBLE		8	1,808	1.808	8,760	15,838.08
6	LAMINACIÓN		24	5,424	5.424	8,760	47,514.24
7	COCCIÓN		16	3,616	3.616	8,760	31,676.16
8	ALMACEN	37		7,400	7.400	8,760	64,824.00
9	NOW & LATER	25		5,000	5.000	8,760	43,800.00
10	PASILLO	9		1,800	1.800	8,760	15,768.00
11	RECUPERACIÓN N&L	9		1,800	1.800	8,760	15,768.00
<b>Potencia total kW</b>				<b>43.672</b>	<b>Consumo total anual kWh</b>	<b>382,566.72</b>	

<sup>36</sup> Estudio DIALUX de las Naves A y B se encuentra en el anexo A.

<sup>37</sup> Elaboración propia con información del catálogo de Cooper Lighting.

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 18: Consumo anual de los equipos de iluminación propuestos en la Nave B.** <sup>36</sup>

NAVE B		Luminarios de la Nave B (Número de piezas)				Potencia total por área (W)	Potencia total por área (kW)	Tiempo utilización al año (h/año)	Consumo anual (kWh/año)
		Luminario A HBL-454T5	Luminario B VT4-454T5	Luminario C l8-232	Luminario D VT2-232 DR				
	Potencia nominal (W)	200	226	56	58				
12	RECUPERACIÓN	7				1,400	1.400	8,760	12,264.00
13	TALLER DE MANTTO				21	1,218	1.218	8,760	10,669.68
14	COCINAS ULTRA	16				3,200	3.200	8,760	28,032.00
15	ENVOLTURA DE PALETAS	4				800	0.800	8,760	7,008.00
16	CUARTO FRIO 1				15	870	0.870	8,760	7,621.20
17	CUARTO FRIO 2				12	696	0.696	8,760	6,096.96
18	MOGUL			1		56	0.056	8,760	490.56
19	COCINA MOGUL		6			1,356	1.356	8,760	11,878.56
20	ENVOLTURA Y EMPAQUE		15			3,390	3.390	8,760	29,696.40
21	BASTÓN Y MINIBASTÓN	8				1,600	1.600	8,760	14,016.00
22	EMPAQUE FARLEY	6				1,200	1.200	8,760	10,512.00
23	TALLER DE SOLDADURA				10	580	0.580	8,760	5,080.80
24	SANIDAD				6	348	0.348	8,760	3,048.48
25	CALDERAS		3			678	0.678	8,760	5,939.28
26	PREPARADOS		6			1,356	1.356	8,760	11,878.56
27	CONTROL DE CALIDAD			5		280	0.280	3,650	1,022.00
28	CUARTO DE MANTTO			1		56	0.056	3,650	204.40
29	DOSIFICACIÓN ULTRA			1		56	0.056	3,650	204.40
30	LABORATORIO			8		448	0.448	3,650	1,635.20
31	OFICINAS CONTROL			3		168	0.168	8,760	1,471.68
32	GRANEADO				4	232	0.232	8,760	2,032.32
33	PASILLO PRINCIPAL			6		336	0.336	8,760	2,943.36
34	COCINA JUNIOR	9				1,800	1.800	8,760	15,768.00
35	INTERIOR COCINA JUNIOR				2	116	0.116	8,760	1,016.16
36	SALA DE CAPACITACIÓN			4		224	0.224	3,650	817.60
37	ENFERMERÍA			5		280	0.280	8,760	2,452.80
38	BAÑO DE MUJERES				8	464	0.464	4,380	2,032.32
39	COMEDOR			8		448	0.448	4,380	1,962.24
40	TIENDA			2		112	0.112	3,650	408.80
41	BAÑO DE HOMBRES			1		56	0.056	4,380	245.28
42	VESTIDORES				6	348	0.348	4,380	1,524.24
43	TRASTIENDA			3		168	0.168	3,650	613.20
44	OFICINAS			16		896	0.896	3,650	3,270.40
<b>Potencia total kW</b>						<b>25.236</b>	<b>Consumo total anual kWh</b>		<b>203,856.88</b>

Teniendo en cuenta los valores de ambas tablas observamos que la demanda total en ambas naves es de 68.908 kW y el consumo eléctrico total de los sistemas propuestos es de 586,423.6 kWh al año teniendo un ahorro en el consumo anual de 425,628.69 kWh, lo que significa una disminución del 42.06% tomando como base el consumo actual de la empresa en cuanto a iluminación.

### **5.2.2 Propuesta técnica de motores eléctricos**

El objetivo es la sustitución de los motores de eficiencia estándar por el mismo número de motores pero con eficiencia Premium, respetando los requerimientos necesarios de las maquinarias, como la velocidad y el par, pero buscando la potencia adecuada a fin de que estén trabajando con un factor de carga más conveniente, con el apoyo de la potencia mecánica obtenida en el capítulo anterior. Por lo tanto los nuevos motores de alta eficiencia buscaremos que trabajen al 75% de carga.

Realizando la división de la potencia mecánica entre el factor de carga de 0.75, se obtiene el correspondiente valor de la potencia eléctrica en kW, para transformarlos en caballos de potencia (HP) y posteriormente ajustarlo y proponer un motor con potencia nominal comercial cercano, de preferencia al siguiente valor superior de potencia.

Con la potencia eléctrica de motor y la potencia mecánica se obtiene el nuevo factor de carga y se consigue la eficiencia de acuerdo a dicho valor. Con la nueva eficiencia se genera la potencia eléctrica corregida. Y finalmente con el valor de potencia eléctrica y con las horas de uso de cada máquina, se puede obtener el consumo de cada equipo. Los valores obtenidos de cada motor se muestran en la Tabla 19:

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 19: Consumo anual de los motores propuestos en ambas naves.**

Motor	Potencia mecánica kW	Potencia eléctrica al 75% de FC del motor AE kW	Potencia eléctrica al 75% de FC del motor AE HP	Potencia eléctrica comercial del motor AE HP	Potencia eléctrica comercial del motor AE kW	Factor de Carga	Eficiencia de acuerdo al factor de carga obtenido	Potencia eléctrica corregida kW	Tiempo de utilización (h/año)	Consumo (kWh/año)
NM1	21.825	29.10	39.01	40	29.84	0.7314	0.9402	22.637	3744	84,753.794
NM2	22.597	30.13	40.39	40	29.84	0.7573	0.9410	24.247	3744	90,779.439
NM3	8.455	11.27	15.11	15	11.19	0.7556	0.9237	9.221	3744	34,524.752
NM4	11.690	15.59	20.89	20	14.92	0.7835	0.9300	13.132	4680	61,458.085
NM5	15.847	21.13	28.32	30	22.38	0.7081	0.9260	16.157	4992	80,654.447
NM6	15.354	20.47	27.44	30	22.38	0.6861	0.9255	15.176	4992	75,756.772
NM7	21.767	29.02	38.90	40	29.84	0.7295	0.9410	22.498	6240	140,386.864
NM8	20.847	27.80	37.26	40	29.84	0.6986	0.9387	20.687	4992	103,271.804
NM9	22.461	29.95	40.14	40	29.84	0.7527	0.9410	23.956	4992	119,587.794
NM10	20.705	27.61	37.01	40	29.84	0.6939	0.9385	20.411	4992	101,891.974
NM11	17.810	23.75	31.83	30	22.38	0.7958	0.9281	20.360	6864	139,754.172
NM12	18.324	24.43	32.75	30	22.38	0.8188	0.9287	21.541	6864	147,857.828
NM13	15.898	21.20	28.41	30	22.38	0.7104	0.9260	16.261	6864	111,614.027
NM14	23.378	31.17	41.78	40	29.84	0.7835	0.9410	25.953	6240	161,944.786
NM15	25.705	34.27	45.94	50	37.30	0.6891	0.9428	25.052	6240	156,325.358
NM16	16.989	22.65	30.36	30	22.38	0.7591	0.9272	18.545	6864	127,293.860
NM17	15.598	20.80	27.88	30	22.38	0.6969	0.9257	15.658	6864	107,473.768
NM18	5.080	6.77	9.08	10.0	7.46	0.6810	0.9129	5.053	6240	31,528.853
NM19	5.046	6.73	9.02	10.0	7.46	0.6764	0.9126	4.987	6240	31,115.995
NM20	4.988	6.65	8.92	10.0	7.46	0.6687	0.9121	4.876	6240	30,427.113
NM21	29.610	39.48	52.92	60	44.76	0.6615	0.9478	27.555	2496	68,777.178
NM22	6.615	8.82	11.82	15	11.19	0.5912	0.9151	5.698	4992	28,446.835
NM23	6.345	8.46	11.34	15	11.19	0.5671	0.9138	5.250	4992	26,209.558
NM24	6.176	8.23	11.04	15	11.19	0.5519	0.9129	4.978	4992	24,850.912
NM25	14.451	19.27	25.83	25	18.65	0.7749	0.9360	15.952	4992	79,630.842
NM26	3.753	5.00	6.71	7.5	5.60	0.6708	0.8852	3.792	6240	23,664.963
NM27	3.642	4.86	6.51	7.5	5.60	0.6510	0.8829	3.581	6240	22,345.838
NM28	3.826	5.10	6.84	7.5	5.60	0.6838	0.8859	3.938	4992	19,658.229
NM29	3.844	5.12	6.87	7.5	5.60	0.6870	0.8862	3.973	4992	19,831.302
NM30	3.107	4.14	5.55	7.5	5.60	0.5553	0.8741	2.631	4992	13,135.910
NM31	3.076	4.10	5.50	7.5	5.60	0.5498	0.8736	2.581	4992	12,884.750
NM32	3.052	4.07	5.46	7.5	5.60	0.5455	0.8732	2.543	4992	12,692.684
NM33	3.048	4.06	5.45	7.5	5.60	0.5448	0.8731	2.536	4992	12,658.777
NM34	3.000	4.00	5.36	7.5	5.60	0.5362	0.8723	2.459	4992	12,274.364
NM35	3.023	4.03	5.40	7.5	5.60	0.5403	0.8727	2.496	4992	12,458.969
NM36	3.039	4.05	5.43	7.5	5.60	0.5432	0.8730	2.521	4992	12,585.740
NM37	3.068	4.09	5.48	7.5	5.60	0.5484	0.8735	2.568	4992	12,819.629
NM38	3.256	4.34	5.82	7.5	5.60	0.5820	0.8765	2.883	4992	14,391.194
NM39	8.514	11.35	15.22	15	11.19	0.7609	0.9234	9.354	7488	70,043.049
NM40	9.308	12.41	16.64	20	14.92	0.6239	0.9234	8.386	7488	62,790.644
NM41	3.724	4.96	6.66	7.5	5.60	0.6655	0.8842	3.737	7488	27,983.237
NM42	3.671	4.89	6.56	7.5	5.60	0.6561	0.8834	3.636	7488	27,223.320
NM43	3.707	4.94	6.63	7.5	5.60	0.6626	0.8840	3.704	7488	27,738.949
NM44	3.765	5.02	6.73	7.5	5.60	0.6730	0.8849	3.818	7488	28,587.765
<b>2,612,086.120</b>										

El consumo eléctrico anual obtenido con la propuesta de los nuevos motores es de 2,612,086 kWh y la demanda máxima disminuye a 476.98 KW.

Es importante mencionar que, en mi propuesta busqué que los motores tuvieran el distintivo de Sello FIDE, por lo cual únicamente dos empresas satisfacen los requisitos técnicos necesarios, Motores US de México y Weg México, siendo esta última empresa la elegida, debido a que las eficiencias de sus equipos son superiores.

Los modelos seleccionados con sus características más importantes se muestran a continuación<sup>38</sup>:

Para los motores trifásicos de 7.5 HP, se eligió el modelo 00718ET3EM213TW marca Weg tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 90.2%.

Los motores de 10 HP serán marca Weg modelo 01018ET3EM215TW tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y eficiencia nominal de 90.2%.

En el caso de motores de 15 HP, se seleccionó el modelo 01518ET3EM254TW marca Weg tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 91.0%.

En motores de 20 HP, se eligió el motor Weg modelo 02018ET3EM256TW tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.0%.

Para los motores de 25 HP, se eligió el modelo 02518ET3EM284TW marca Weg tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.6%.

---

<sup>38</sup> La información se obtuvo del catálogo de características energéticas garantizadas de motores trifásicos de inducción publicado en la página web de FIDE, con fecha de actualización del 2 de mayo de 2013. La eficiencia que se menciona corresponde a pruebas realizadas a tensión eléctrica nominal de 460 V.

Para motores de 30 HP elegí el modelo 03018ET3EM286TW, tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.6%.

Para los motores de 40 HP, se seleccionaron dos modelos: el primero es el 04018ET3EM324TW tipo cerrado, con 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.0%, y el segundo modelo es 04009ET3EM365TW tipo cerrado con 8 polos, 900 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.0%.

En el caso de motores de 50 HP es el 05009ET3EM404TW tipo cerrado, 8 polos, 900 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 93.6%

Y por último para los motores de 60 HP se seleccionó el modelo 06018ET3EM364TW tipo cerrado, 4 polos, 1765 rpm, tensión nominal de 208-230/460 V y una eficiencia nominal de 94.1%.

### 5.3 Conclusiones

Este es el capítulo medular del presente trabajo, ya que se elabora la propuesta que cumplirá los requerimientos de la empresa dulcera, en la que se sustituyen los actuales equipos ineficientes por productos de alta eficiencia manteniendo en equilibrio la relación costo-beneficio, para obtener un periodo de recuperación corto y que con los ahorros obtenidos, la inversión se recupere rápido.

Debido a lo anterior se tuvieron que descartar tecnologías novedosas ya que a pesar de ser productos con muy alta eficiencia y que logran reducir un poco más el consumo de energía, debido a su alto costo inicial, no fueron las ideales para este proyecto, pues se obtiene tiempos de recuperación de la inversión muy altos, lo cual no resulta tan atractivo.

Del análisis realizado sobre las tecnología de iluminación, se concluyó que la tecnología fluorescente es eficiente y tiene un costo razonable por lo que al seleccionar esta tecnología, se prestó mucha atención en preferir los productos más sobresalientes, por lo cual se eligió productos que contaran con la Licencia para uso



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

del Sello FIDE, ya que además de ofrecer equipos eficientes, tenemos la confianza de que son seguros y de calidad.

Adicionalmente con ayuda del software Dialux se confirma que con la cantidad de luminarios y su ubicación dentro de las naves, se cumplen con los niveles de iluminación en cada área, por lo tanto, además de reducir el consumo eléctrico, se mejora la iluminación para el beneficio de los trabajadores.

Respecto a los motores, se concluye que no se tiene mucha dificultad para elegir el tipo de motores que se proponen ya que los de eficiencia Premium otorga grandes ahorros energéticos sin exceder en sobremanera los costos de cada motor en comparación con el precio de los motores estándar o alta eficiencia.

## **CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA**

### **6.1 Introducción**

La meta del último capítulo es evaluar económicamente las propuestas técnicas realizadas en el capítulo anterior, con el fin de observar si con los ahorros obtenidos por la disminución del consumo de energía eléctrica debido a la modernización de los sistemas ineficientes, se logra recuperar la inversión de los nuevos sistemas en un periodo moderado de tiempo. Para lo cual se realiza un análisis histórico de la cantidad de energía consumida y el monto monetario por este aspecto con base a los recibos de energía emitidos por la CFE.

Así mismo se plantea una alternativa para la obtención de un financiamiento por parte del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica para la implementación del proyecto, describiendo brevemente las características y los requisitos necesarios para conseguirlo.

### **6.2 Análisis de precio medio de electricidad**

Para poder obtener el precio medio de cada kWh consumido en la empresa, se analizó el recibo de energía de la CFE del mes de enero de 2014 de las dos naves por separado, ya que cada una tiene su propio medidor; de cada uno se obtuvo el historial anual (febrero de 2013 a enero de 2014). Los parámetros principales son el consumo de energía anual y el importe total al año, ya que con éstos es posible obtener un precio de cada kWh.

**Tabla 20: Precio medio de electricidad en la Nave A. Fuente: Recibo de CFE – enero 2014. Anexo D.**

PERIODO	DEMANDA MÁXIMA	CONSUMO ENERGÍA	FP	PRECIO MEDIO SIN IVA	IMPORTE PAGADO SIN IVA	IMPORTE PAGADO CON IVA	PRECIO MEDIO CON IVA
	kW	kWh	%	\$	\$	\$	\$
feb-13	1,184	486,149	91.23	1.6658	809,827.00	939,399.32	1.9323
mar-13	1,188	503,033	91.68	1.6251	817,478.93	948,275.56	1.8851
abr-13	1,272	626,761	90.05	1.5940	999,057.03	1,158,906.16	1.8490
may-13	1,413	659,380	90.43	1.6478	1,086,526.36	1,260,370.58	1.9114
jun-13	1,347	678,796	90.40	1.5940	1,082,000.82	1,255,120.96	1.8490
jul-13	1,360	690,179	90.57	1.5629	1,078,680.76	1,251,269.68	1.8130
ago-13	1,500	766,320	88.83	1.5765	1,208,103.48	1,401,400.04	1.8287
sep-13	1,533	692,338	91.19	1.5753	1,090,640.05	1,265,142.46	1.8273
oct-13	1,527	783,829	90.09	1.6724	1,310,875.62	1,520,615.72	1.9400
nov-13	1,498	711,423	90.93	1.7146	1,219,805.88	1,414,974.82	1.9889
dic-13	1,422	523,197	94.08	1.8346	959,857.22	1,113,434.37	2.1281
ene-14	1,240	600,468	92.93	1.7470	1,049,017.60	1,216,860.41	2.0265
<b>Promedio</b>	<b>1,374</b>	<b>643,489</b>	<b>91.03</b>	<b>1.6508</b>	<b>1,059,322.56</b>	<b>1,228,814.17</b>	<b>1.9150</b>
<b>Total</b>	<b>---</b>	<b>7,721,873</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>14,745,770.07</b>	<b>---</b>

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

**Tabla 21: Precio medio de electricidad en la Nave B. Fuente: Recibo de CFE – enero 2014. Anexo D.**

PERIODO	DEMANDA MÁXIMA	CONSUMO ENERGÍA	FP	PRECIO MEDIO SIN IVA	IMPORTE PAGADO SIN IVA	IMPORTE PAGADO CON IVA	PRECIO MEDIO CON IVA
	kW	kWh	%	\$	\$	\$	\$
feb-13	472	223,580	95.29	1.5676	350,484.01	406,561.45	1.8184
mar-13	476	226,450	95.90	1.5408	348,914.16	404,740.43	1.7873
abr-13	469	250,460	94.90	1.5519	388,688.87	450,879.09	1.8002
may-13	479	248,220	94.53	1.5756	391,095.43	453,670.70	1.8277
jun-13	483	252,350	95.05	1.5493	390,965.86	453,520.39	1.7972
jul-13	516	266,840	94.42	1.5286	407,891.62	473,154.28	1.7732
ago-13	496	275,520	94.27	1.5019	413,803.49	480,012.05	1.7422
sep-13	475	236,880	95.01	1.5087	357,380.86	414,561.79	1.7501
oct-13	467	257,530	95.09	1.6238	418,177.21	485,085.57	1.8836
nov-13	459	245,070	95.49	1.6397	401,841.28	466,135.88	1.9021
dic-13	449	217,070	96.68	1.6846	365,676.12	424,184.30	1.9541
ene-14	448	246,120	96.62	1.6695	410,897.34	476,640.91	1.9366
<b>Promedio</b>	<b>474</b>	<b>245,508</b>	<b>95.27</b>	<b>1.5785</b>	<b>387,151.35</b>	<b>449,095.57</b>	<b>1.8311</b>
<b>Total</b>	<b>---</b>	<b>2,946,090</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>5,389,146.85</b>	<b>---</b>

Realizando un análisis global con el consumo de las dos áreas de manera conjunta en el periodo comprendido entre febrero de 2013 y enero de 2014, se puede calcular el precio medio de cada kWh de consumo y este valor será el utilizado en los cálculos posteriores sobre el periodo simple de recuperación.

**Tabla 22: Precio medio de electricidad en la Nave A y B de manera conjunta. Fuente: Recibos de CFE. Anexo D.**

PERIODO	DEMANDA MÁXIMA	CONSUMO ENERGÍA	PRECIO MEDIO SIN IVA	IMPORTE PAGADO SIN IVA	IMPORTE PAGADO CON IVA	PRECIO MEDIO CON IVA
	kW	kWh	\$	\$	\$	\$
feb-13	1656	709,729	1.6349	1,160,311.01	1,345,960.77	1.8964
mar-13	1664	729,483	1.5989	1,166,393.09	1,353,015.98	1.8548
abr-13	1741	877,221	1.5820	1,387,745.91	1,609,785.25	1.8351
may-13	1892	907,600	1.6281	1,477,621.80	1,714,041.28	1.8885
jun-13	1830	931,146	1.5819	1,472,966.68	1,708,641.35	1.8350
jul-13	1876	957,019	1.5533	1,486,572.38	1,724,423.96	1.8019
ago-13	1996	1,041,840	1.5568	1,621,906.97	1,881,412.08	1.8059
sep-13	2008	929,218	1.5583	1,448,020.91	1,679,704.25	1.8077
oct-13	1994	1,041,359	1.6604	1,729,052.83	2,005,701.29	1.9260
nov-13	1957	956,493	1.6954	1,621,647.15	1,881,110.70	1.9667
dic-13	1871	740,267	1.7906	1,325,533.34	1,537,618.67	2.0771
ene-14	1688	846,588	1.7245	1,459,914.94	1,693,501.33	2.0004
<b>Promedio</b>	<b>1847.75</b>	<b>888,997</b>	<b>1.6304</b>	<b>1,446,473.92</b>	<b>1,677,909.74</b>	<b>1.8913</b>
<b>Total</b>	<b>---</b>	<b>10,667,963</b>	<b>---</b>	<b>20,134,916.93</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

Por lo tanto de acuerdo a la información presentada el valor del precio medio es de **\$1.8913** por cada kWh de consumo (el valor ya contempla el cargo por demanda máxima).

### 6.3 Costos de inversión

La inversión es el gasto monetario para la adquisición de capital, en este caso, se refiere al costo inicial que se desembolsará para la compra de los equipos eficientes.

En este trabajo los precios de los luminarios se basan en la cotización proporcionada por la empresa Cooper Lighting de México – Guadalajara con fecha de diciembre de 2013; mientras que los precios de los motores de inducción trifásicos se obtienen de la Lista de Precios LP MEW22 010712 para motores de baja tensión de la empresa WEG México.

Es importante mencionar que en los datos mostrados en las tablas, los montos de inversión indicados son sin IVA, debido a que se agregará un rubro que cubrirá los costos de mano de obra e instalación de los productos, con lo que se obtendrá un total y posteriormente a este monto se le aplicará el impuesto para conocer el precio neto de la inversión.

#### 6.3.1 Costos de inversión para luminarios

Abajo se muestran una tabla con las características más importantes de los luminarios que se pretenden sustituir y el precio de los mismos, de acuerdo a la cantidad resultante de las simulaciones.

**Tabla 23: Inversión necesaria para los equipos de iluminación propuestos.**<sup>39</sup>

CANTIDAD LUMINARIOS	NOMBRE DEL MODELO	NO Y POTENCIA DE LAS LÁMPARAS	TECNOLOGÍA LÁMPARAS	ESTADO	POTENCIA NOMINAL SISTEMA	EFICIENCIA LUMINARIO %	PRECIO UNITARIO SIN IVA \$	INVERSIÓN SIN IVA \$
187	HBL-454T5-NUNV-EBT1-U	4 X 54W	T5	NUEVO	200 W	93	2279.61	426,287.07
102	VT4-454T5-WDR-UNV-EHT1-WL-U	4 X 54W	T5	NUEVO	226 W	86	4360.85	444,806.70
64	I8-232-TBWUNV-EB81-UPL	2 X 32W	T8	NUEVO	56 W	79	873.36	55,895.04
84	VT2-232 DR	2 X 32W	T8	NUEVO	58 W	72	1324.09	111,223.56
								<b>1,038,212.37</b>

Se puede observar que el costo de inversión por los equipos de iluminación que serán instalados es de \$ 1,038,212.37.

<sup>39</sup>Fuente: Elaboración propia con información obtenida de la cotización generada por Cooper Lighting de México, S. de R.L. de C.V. consultada el 06 de diciembre de 2013. Anexo C.

### 6.3.2 Costos de inversión para motores

A continuación se muestran las características más importantes de los nuevos motores propuestos y su costo de inversión.

**Tabla 24: Inversión necesaria para los motores propuestos.** <sup>40</sup>

CANTIDAD MOTORES	NOMBRE DEL MODELO	MOTOR NOMINAL CP	TIPO	ESTADO	TIPO EFICIENCIA	NO. DE POLOS	PRECIO SIN IVA \$	INVERSIÓN SIN IVA \$
17	00718ET3EM213TW	7.5	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	13,331.00	226,627.00
3	01018ET3EM215TW	10	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	15,638.00	46,914.00
5	01518ET3EM254TW	15	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	25,616.00	128,080.00
2	02018ET3EM256TW	20	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	33,192.00	66,384.00
1	02518ET3EM284TW	25	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	37,087.00	37,087.00
7	03018ET3EM286TW	30	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	42,563.00	297,941.00
5	04018ET3EM324TW	40	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	53,670.00	268,350.00
2	04009ET3EM365TW	40	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	8	113,396.00	226,792.00
1	05009ET3EM404TW	50	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	8	161,562.00	161,562.00
1	06018ET3EM364TW	60	CERRADO	NUEVO	PREMIUM	4	88,954.00	88,954.00
								<b>1,548,691.00</b>

En tanto que la cantidad necesaria para comprar los motores trifásicos de inducción es de \$ 1,548,691.

### 6.3.3 Costo de inversión global

Conociendo el monto de los equipos eficientes que se pretenden sustituir y suponiendo que el gasto por instalar los nuevos productos es equivalente a la décima parte de su costo individual, obtenemos el importe total ya con impuestos incluidos y son mostrados en la tabla 25:

**Tabla 25: Costo global de la inversión.**

Concepto	Iluminación	Motores	Global
Sub-Total Equipos [\$]	1,038,212.37	1,548,691.00	2,586,903.37
Sub-Total Instalación [\$]	103,821.24	154,869.10	258,690.34
IVA [\$]	182,725.38	272,569.62	455,294.99
Total [\$]	1,324,758.98	1,976,129.72	<b>3,300,888.70</b>

Entonces para poder implementar la propuesta de sustitución de equipos eficientes es necesaria una inversión de **\$ 3,300,888.70**.

<sup>40</sup> Fuente: Elaboración propia con información que se obtuvo de la lista de Lista de precios de Motores de baja tensión de Weg México, S.A. de C.V. – LP MEW22 010712 vigente a partir de julio de 2012. Anexo C.

#### **6.4 Periodo simple de recuperación**

El periodo de recuperación es una medida de liquidez de un proyecto, es decir, la velocidad con que se recupera una inversión mediante los flujos de entrada o ahorros económicos que produce dicha inversión. Es muy deseable un periodo simple de recuperación corto, lo que significa que los ahorros obtenidos con dicho proyecto son suficientes para que se logre pagar la inversión en el menor tiempo posible.

En el presente trabajo se obtuvo el periodo simple de recuperación con los datos del total de la inversión (\$ 3,300,888.70) divididos entre el ahorro económico anual generado por la instalación de los equipos eficientes (\$ 1,215,047.26); este último valor se consigue al multiplicar el consumo total evitado con los nuevos productos (642,440.26 kWh/año) por el precio medio calculado al inicio del capítulo (\$ 1.8913 por cada kWh).

**Tabla 26. Periodo simple de recuperación de la inversión. Fuente: Elaboración propia.**

Ahorro energía [kWh/año]	642,440.26
Precio medio energía [\$/kWh]	1.8913
Ahorro \$	1,215,047.26
Inversión total [\$]	3,300,888.70
PSR	<b>2.72</b>

Como se puede observar se obtuvo un valor de 2.72 para el periodo simple de recuperación lo que corresponde aproximadamente a 2 años y 9 meses, por lo que el proyecto es atractivo de realizar.

#### **6.5 Fuente de financiamiento**

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) a través de su programa de eficiencia energética permite obtener financiamientos y asesoría técnica de proyectos que permitan reducir el consumo de energía eléctrica mediante la modernización de instalaciones y aplicación de nuevas tecnologías. Este apoyo está dirigido a diversos sectores como son: comercios y servicios, industrias y MIPyMES. El proceso para obtener un financiamiento se muestra a continuación:



Ilustración 36: Mecanismo para la obtención de un financiamiento en FIDE <sup>41</sup>

Las características más importantes del financiamiento que otorga FIDE son las siguientes:

- Tasa de interés preferencial sobre saldos insolutos equivalente a la TIIE (Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio) más 5 puntos.
- Con un plazo máximo para la ejecución del proyecto de 3 meses.
- Y un reembolso máximo de 36 pagos mensuales iguales con base en el periodo de recuperación del proyecto.
- Tres distintas formas de pago (100% contra finiquito, 50% anticipo - 50% contra finiquito y la última 40% anticipo, 30% avance y 30% finiquito).

Para la entrega del proyecto energético es necesario elaborar una ficha técnica cubriendo con la información solicitada en los puntos siguientes:

- a) Datos generales de la empresa.
- b) Un objetivo donde se indique el propósito central del proyecto.

<sup>41</sup> Fuente: <http://www.fide.org.mx/> [Consulta: 07 de abril de 2014]

## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

- c) Análisis de la facturación eléctrica con base en los recibos de CFE.
- d) Descripción general de los equipos actualmente instalados.
- e) Descripción general de los equipos eficientes propuestos.
- f) Medición de los parámetros eléctricos de los equipos instalados.
- g) Realizar el cálculo del consumo de energía de los equipos instalados.
- h) Realizar el cálculo del consumo de energía de los equipos propuestos.
- i) Elaborar un comparativo entre el consumo del sistema actual y el propuesto.
- j) Comparar los ahorros obtenidos con la nueva propuesta contra la facturación inicial además de obtener el PSR con base en los ahorros estimados y la inversión necesaria.

A continuación se muestra una simulación realizada en un software propio del FIDE, donde se pueden observar las características específicas del financiamiento del proyecto con los datos finales de la propuesta, como lo es la inversión o monto a financiar, el periodo simple de recuperación y el ahorro económico anual.

Datos pagarés			
* Campo obligatorio			
* Firmas de pagaré:	PERSONA MORAL		
ADMINISTRADOR UNICO	XXXXXXXX XXXX XXXX		
* Dirección fiscal:	CALLE XXXX, NO. EXT XXX, COL. XXXXX, DEL O MPIO. XXXXX, EDO. SAN LUIS POTOSI, C.P. 0000		
Datos de financiamiento			
* Facturación:	TRIMESTRAL	* I.V.A.:	16
* Plazo (año s):	2.72	* Tasa:	8.80
Fecha entrega anticipo:		Monto anticipo:	
Fecha entrega avance:		Monto avance:	
* Fecha entrega finiquito:	15/07/2014	Monto finiquito:	\$3,300,888.70
* Fecha vencimiento 1er. pagaré:	15/10/2014	Tipo de recuperación:	<input checked="" type="radio"/> FIDE <input type="radio"/> CFE
Detalle del financiamiento			
Monto financiado:	<b>\$3,300,888.70</b>	Tasa anual de interés:	<b>0.02552</b>
Importe de 1er. pagaré:	<b>\$347,956.49</b>	Importe de pagarés restantes:	<b>\$347,956.49</b>
Inversión total para aplicación de medidas:	<b>\$3,300,888.70</b>	Financiamiento FIDE:	<b>\$3,300,888.70</b>
Monto total de proyecto (obra + interés):	<b>\$3,754,882.41</b>	Interés a pagar sin I.V.A.:	<b>\$453,993.71</b>
Ahorro anual:	<b>\$1,215,047.25</b>	Importe a reembolsar:	<b>\$3,827,521.39</b>
Periodo de recuperación real:	<b>2.72</b>	Costo Anual Total (CAT):	<b>10.61%</b>

**Ilustración 37: Simulación del financiamiento FIDE**<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Fuente: Elaboración realizada con software de FIDE [Consulta: 29 de abril de 2014].



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

Se observa que el monto a financiar corresponde a la inversión necesaria del proyecto de \$3,300,888.70 pero considerando la tasa de interés correspondiente a 8.80%<sup>43</sup> sin IVA, el monto total a reembolsar será de \$3,827,521.39, pero teniendo en cuenta que el periodo simple de recuperación equivale a un valor entero de 33 meses y considerando que el pago a FIDE debe ser trimestral, generará un total de 11 pagarés de \$347,956.49 cada uno.

### 6.6 Conclusiones

En este último capítulo se realizó el análisis de los recibos de energía eléctrica donde se obtuvo el precio medio de cada kWh de energía consumida en la empresa.

Además se tuvo que realizar una investigación sobre los precios unitarios de los luminarios y de los motores trifásicos de inducción para que multiplicados por la cantidad de equipos se obtuviera un costo de la inversión, teniendo especial cuidado ya que a este valor se le debe de sumar el costo por la instalación y el impuesto al valor agregado, para finalmente conocer cual el monto total que se requiere de inversión.

Al tener los valores de ahorro de energía eléctrica con su correspondiente ahorro monetario y el costo total de la inversión, se obtuvo el tiempo en que el proyecto se recupera, el cual a simple vista luce atractivo.

Por último se presentó un medio de financiamiento con una tasa de interés competitiva en el mercado por parte del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica para la implementación de la propuesta técnica.

---

<sup>43</sup> Correspondiente a la fecha de consulta de mayo de 2014 de la TIIE de 3.80 + 5 puntos.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

El motivo del presente trabajo se origina con la idea de apoyar con una propuesta de eficiencia energética al sector económico industrial, debido es un área que alcanza cerca del 30% del consumo de energía a nivel nacional.

A través del diagnóstico energético realizado por la empresa con apoyo de FIDE, se pudo observar que en la industria dulcera existen dos aspectos con gran potencial de ahorro de energía analizada, los equipos de iluminación y los motores de las máquinas que se utilizan en la producción, ya que hay una variedad de equipos obsoletos que al ser sustituidos por productos eficientes, se logran obtener ahorros energéticos y económicos.

Adicionalmente, la iluminación y los motores son medidas que fácilmente pueden ser implementadas, logrando porcentajes significativos de ahorro, con lo que se obtienen periodos de recuperación de la inversión cortos y atractivos.

En la propuesta de los nuevos luminarios con tecnología fluorescente se obtiene un consumo anual de 586,423 kWh anuales lo que representa un ahorro del 42% comparado con lo que actualmente consume la empresa en este aspecto, lo que equivale económicamente a poco más de \$ 804,991 al año.

En cuanto a los motores se observa que si se sustituyen los equipos por tecnologías Premium, a la empresa le generará ahorros cercanos a los \$410,055 anuales derivado del ahorro energético de 216,811 kWh cada año.

De forma general se concluye que la inversión necesaria para realizar la sustitución de los equipos actuales por unos nuevos pero más eficientes (\$ 3,259,498.25), se puede pagar con los mismos ahorros conseguidos, resultando un periodo de recuperación de 2 años y 9 meses; lo cual luce interesante.

Por último se presentó la propuesta de fide como una alternativa de financiamiento pero se busca que el proyecto sea financiable por FIDE, por alguna otra institución crediticia o por la misma empresa, pero resaltando que el ahorro obtenido debe pagar la inversión de los nuevos equipos en el tiempo indicado.



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

### BIBLIOGRAFÍA

**ENRÍQUEZ H., Gilberto.** El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas. Limusa, 2002.

**ENRÍQUEZ H., Gilberto.** El ABC de las máquinas eléctricas III – Instalación y control de motores de corriente alterna. Limusa, 2005.

**MARK S., Rea.** The IESNA LIGHTING HANDBOOK - Reference & Application. Illuminating Engineering Society Of North America. 2000. Novena edición.

**SULLIVAN, William G., WICKS, Elin M., LUXHOJ, James T.** Ingeniería económica de DeGarmo. Pearson Educación de México, 2004. Duodécima edición.

**CATHEY, Jimmie J.** Máquinas eléctricas - Análisis y diseño con Matlab. McGraw-Hill, 2002. Primera edición.

**LIMA, Juan Ignacio.** Ahorro de Energía Eléctrica – Implementación Metodológica. Grupo Editorial Éxodo, 2003. Primera edición.

**CASTILLO P., Juan, MARRUFO G., Enrique,** Instalaciones eléctricas básicas McGraw-Hill Interamericana de España, 2010. Primera edición.

**MARQUINEZ M., Félix,** Análisis y evaluación de medidas de ahorro de energía eléctrica en una edificación del campus de la UNAM. México, 2011.

**HERNÁNDEZ, Juan Luis.** Web de tecnología eléctrica “Tú verás” [en línea] <<http://www.tuveras.com/index.html>> [Consulta: febrero de 2014]

Departamento Técnico de Industrias WAMCO S.A., Balastros electrónicos – Ahorro de energía [Artículo Técnico]. Argentina.

Tercera jornada técnica sobre iluminación con LED. Nuevas oportunidades para la iluminación profesional con LED – Color, elementos de alimentación y control, pérdidas propias y datos fotométricos. Simón Lighting. Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla, 2011.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Guía de recomendaciones e identificación de oportunidades de eficiencia energética en motores eléctricos. <[http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/10/Motores\\_02.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/10/Motores_02.pdf)> [Consulta: marzo de 2014].



## **Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Guía para ahorrar energía eléctrica en motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla. Julio 2013. <[http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/8094/1/guia\\_tecnica\\_motores\\_2013.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/8094/1/guia_tecnica_motores_2013.pdf)> [Consulta: marzo de 2014].

Rockwell Automation. Conceptos básicos sobre el uso de los motores de inducción trifásicos – Diseño, tipos de servicio, selección y dimensionamiento. Primera publicación de la serie Motor Management. E.E.U.U., 1996.



## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

# **ANEXO A**

- ESTUDIO DIALUX NAVE A
  
- ESTUDIO DIALUX NAVE B



Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

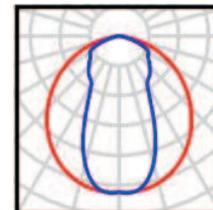
## Índice

<b>Nave A</b>	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
<b>Celofán</b>	
Resumen	4
<b>Bombos y brillos</b>	
Resumen	5
<b>Bombos</b>	
Resumen	6
<b>Bombos automáticos</b>	
Resumen	7
<b>Envolturas</b>	
Resumen	8
<b>Laminación</b>	
Resumen	9
<b>Cocción</b>	
Resumen	10
<b>Almacén</b>	
Resumen	11
<b>Now &amp; Later</b>	
Resumen	12
<b>Pasillo</b>	
Resumen	13
<b>Recuperación</b>	
Resumen	14

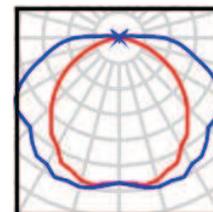
Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Nave A / Lista de luminarias

- 137 Pieza COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1) Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.
- N° de artículo: HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U  
 Flujo luminoso (Luminaria): 16498 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 17600 lm  
 Potencia de las luminarias: 200.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 57 83 97 100 94  
 Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

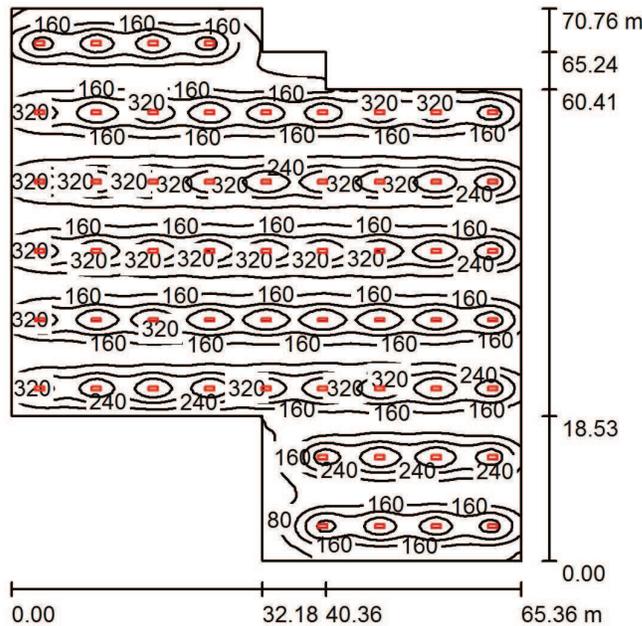


- 72 Pieza COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED DISPONE DE UNA IMAGEN DE LA LUMINARIA EN NUESTRO CATÁLOGO DE LUMINARIAS.
- LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86%  
 N° de artículo: VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U  
 Flujo luminoso (Luminaria): 18177 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 19600 lm  
 Potencia de las luminarias: 226.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 95  
 Código CIE Flux: 39 68 89 95 93  
 Lámpara: 4 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Celofán / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:909

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	214	35	401	0.162
Suelo	20	211	39	343	0.185
Techo	70	41	21	49	0.509
Paredes (10)	50	74	24	201	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	57	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0

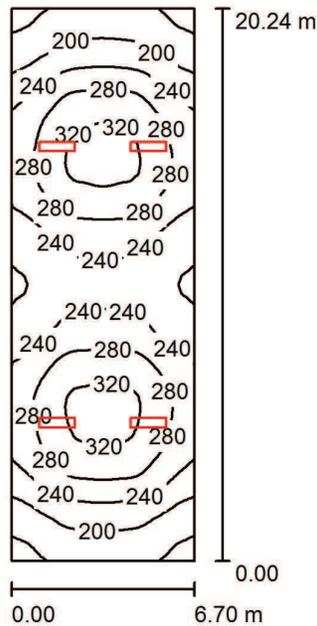
\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 940369 Total: 1003200 11400.0

Valor de eficiencia energética:  $3.06 \text{ W/m}^2 = 1.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $3724.67 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Bombos y brillos / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:260

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	251	146	335	0.583
Suelo	20	226	145	283	0.642
Techo	70	94	63	488	0.673
Paredes (4)	50	181	95	496	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Pared izq 20  
 Pared inferior 21  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 20 22  
 21 25

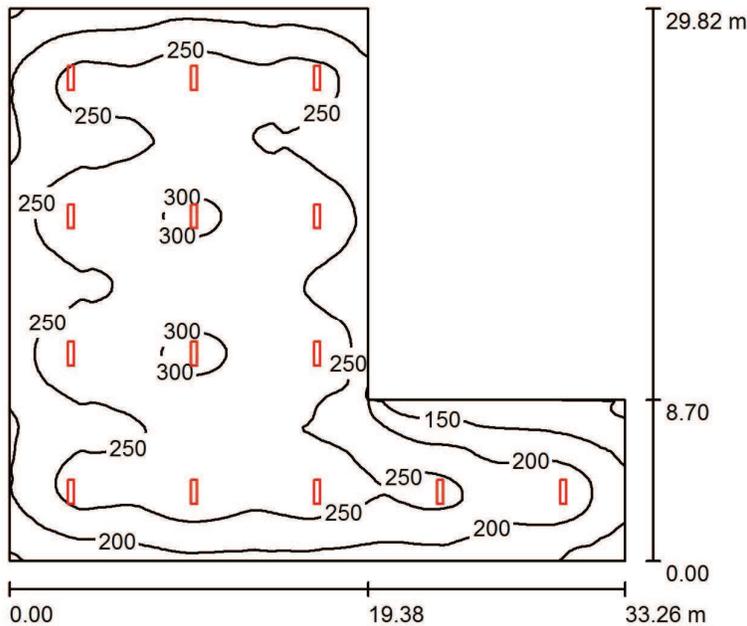
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
			Total: 72710	Total: 78400	904.0

Valor de eficiencia energética:  $6.67 \text{ W/m}^2 = 2.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $135.61 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Bombos / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:383

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	240	93	309	0.387
Suelo	20	227	98	285	0.430
Techo	70	73	40	879	0.552
Paredes (6)	50	160	68	366	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

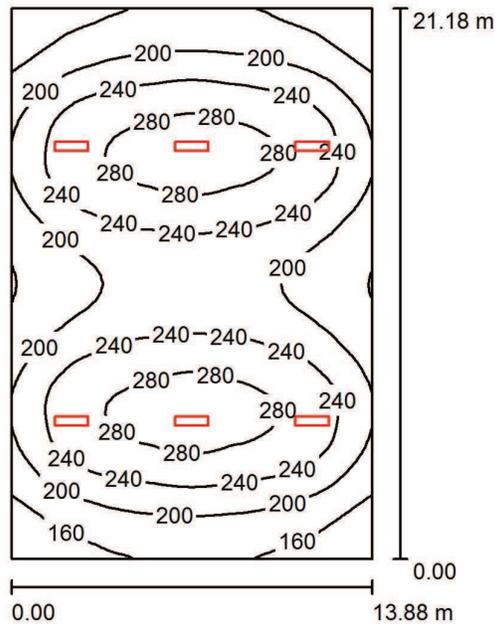
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	14	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			254483	274400	3164.0

Valor de eficiencia energética:  $4.53 \text{ W/m}^2 = 1.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $698.67 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Bombos automáticos / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:273

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	223	123	298	0.553
Suelo	20	208	126	263	0.606
Techo	70	69	48	463	0.696
Paredes (4)	50	149	91	272	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	22	24	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	21	25	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

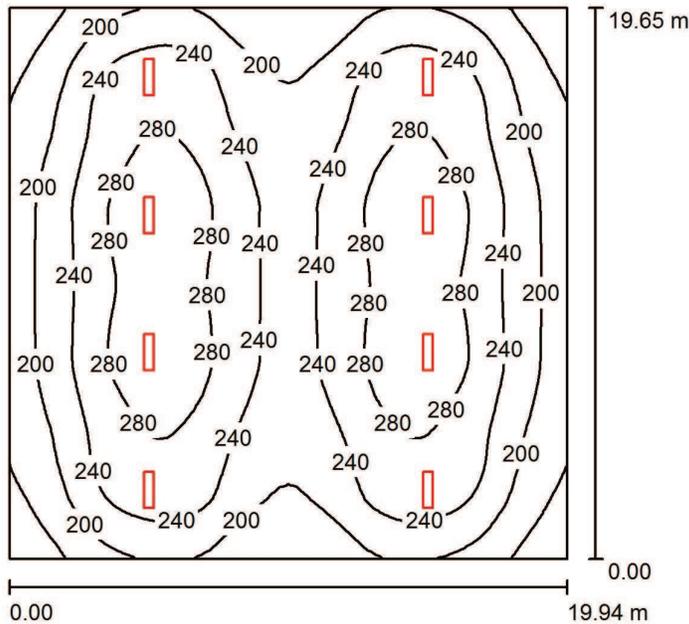
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			109064	117600	1356.0

Valor de eficiencia energética:  $4.61 \text{ W/m}^2 = 2.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $293.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Envolturas / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:253

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	236	132	303	0.558
Suelo	20	222	135	273	0.608
Techo	70	73	55	1026	0.747
Paredes (4)	50	158	101	252	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Pared izq 22  
 Pared inferior 22  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 22 26  
 22 26

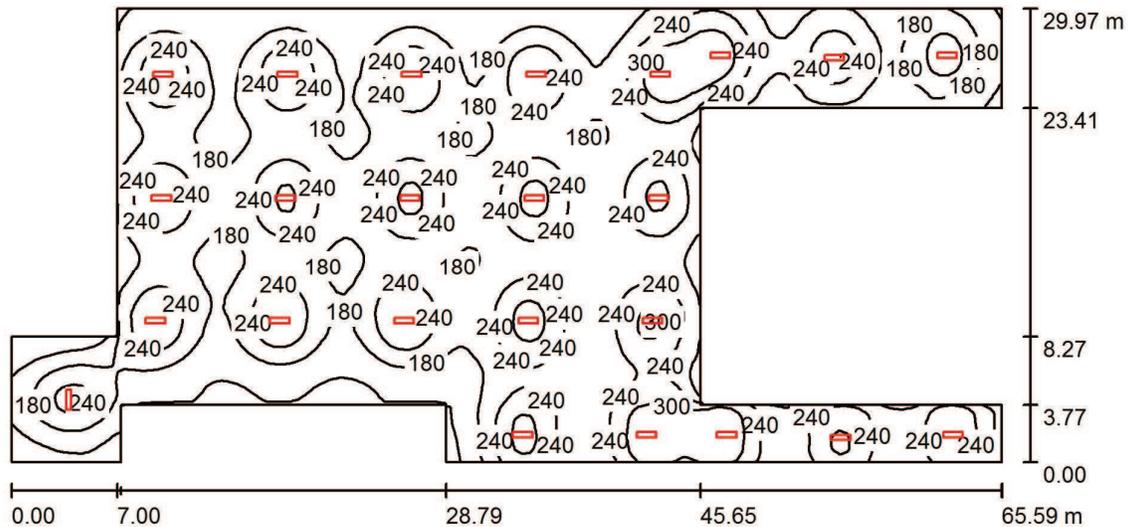
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			145419	156800	1808.0

Valor de eficiencia energética:  $4.61 \text{ W/m}^2 = 1.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $391.82 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

### Laminación / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:469

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	213	69	359	0.323
Suelo	20	202	78	305	0.388
Techo	70	50	29	81	0.580
Paredes (14)	50	123	28	754	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

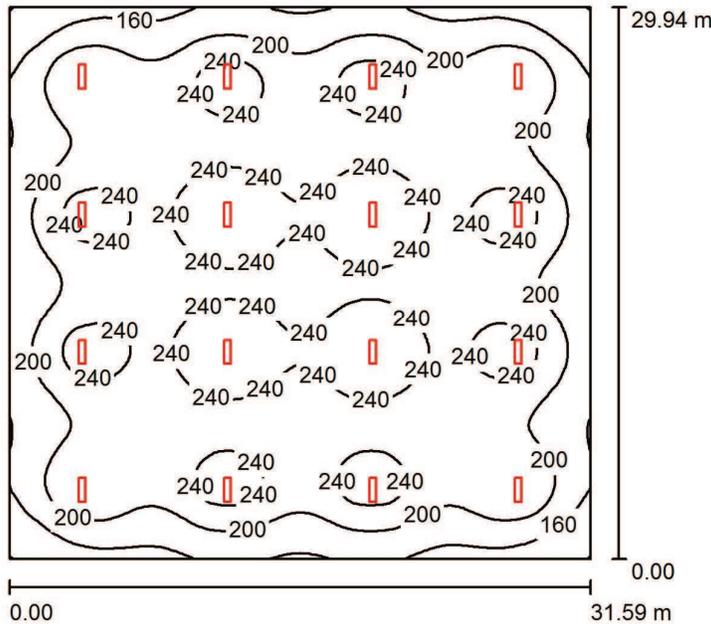
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
			Total: 436257	Total: 470400	5424.0

Valor de eficiencia energética: 4.04 W/m<sup>2</sup> = 1.90 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 1340.97 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Cocción / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:385

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	215	120	276	0.555
Suelo	20	207	117	251	0.564
Techo	70	55	42	69	0.761
Paredes (4)	50	130	57	219	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	24	27	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	24	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

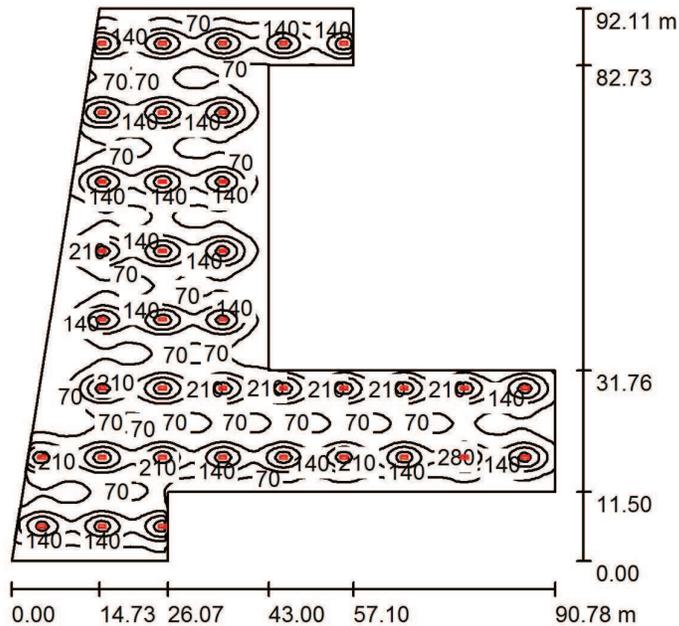
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			290838	313600	3616.0

Valor de eficiencia energética:  $3.82 \text{ W/m}^2 = 1.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $945.80 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Almacén / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:1183

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	119	23	327	0.195
Suelo	20	117	28	259	0.240
Techo	70	23	14	41	0.597
Paredes (10)	50	47	16	2964	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

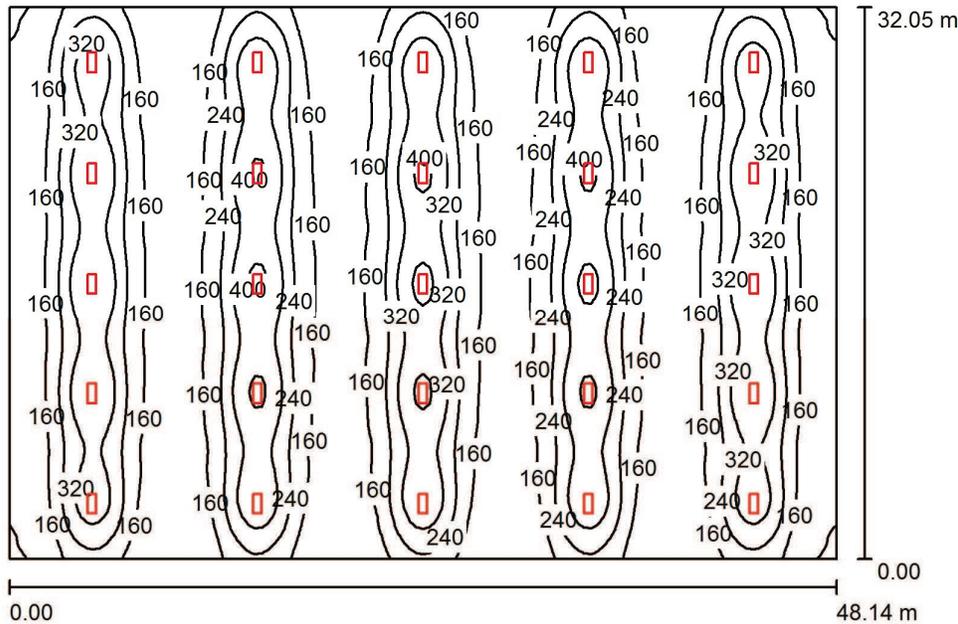
### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	37	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 610415	Total: 651200	7400.0

Valor de eficiencia energética:  $1.77 \text{ W/m}^2 = 1.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $4187.93 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Now & Later / Resumen**



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:412

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	216	71	422	0.330
Suelo	20	211	77	362	0.367
Techo	70	41	28	46	0.675
Paredes (4)	50	81	29	242	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 25  
 Pared inferior 24  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 25 22  
 24 22

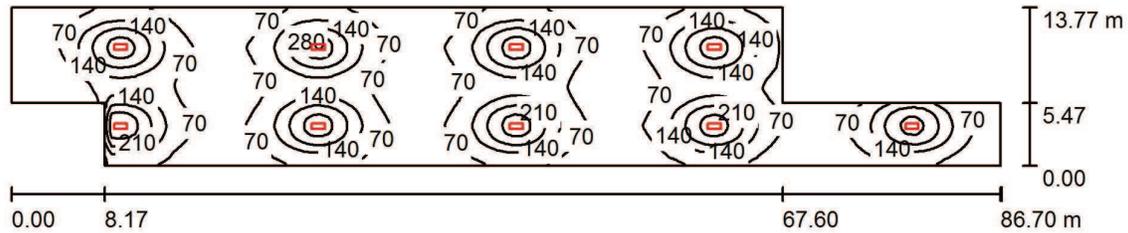
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	25	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 412443	Total: 440000	5000.0

Valor de eficiencia energética: 3.24 W/m<sup>2</sup> = 1.50 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 1542.89 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

### Pasillo / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:620

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	109	16	332	0.143
Suelo	20	105	18	255	0.172
Techo	70	20	9.36	37	0.476
Paredes (8)	50	40	10	1013	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

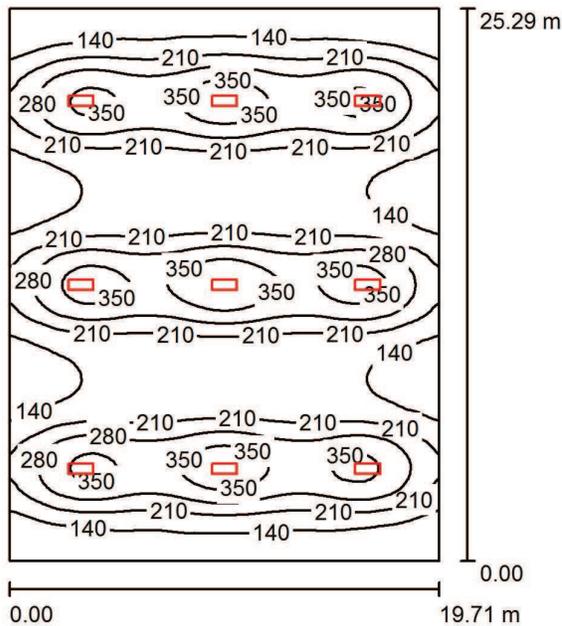
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 148479	Total: 158400	1800.0

Valor de eficiencia energética:  $1.82 \text{ W/m}^2 = 1.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $990.64 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por Sandro García Avilés  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Recuperación / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:325

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	219	80	409	0.366
Suelo	20	210	84	348	0.400
Techo	70	41	27	46	0.656
Paredes (4)	50	84	28	236	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Pared izq 24  
 Pared inferior 24  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 24 22  
 24 22

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 148479	Total: 158400	1800.0

Valor de eficiencia energética:  $3.61 \text{ W/m}^2 = 1.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $498.47 \text{ m}^2$ )

## Índice

<b>Nave B</b>	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	4
<b>Recuperación</b>	
Resumen	5
<b>Taller de Mantenimiento</b>	
Resumen	6
<b>Cocinas Ultra</b>	
Resumen	7
<b>Envoltura de paletas</b>	
Resumen	8
<b>Cuarto Frío 1</b>	
Resumen	9
<b>Cuarto Frío 2</b>	
Resumen	10
<b>Cocina Mogul</b>	
Resumen	11
<b>Envoltura y empaque</b>	
Resumen	12
<b>Bastón y Minibastón</b>	
Resumen	13
<b>Empaque Farley</b>	
Resumen	14
<b>Taller de Soldadura</b>	
Resumen	15
<b>Sanidad</b>	
Resumen	16
<b>Calderas</b>	
Resumen	17
<b>Preparados</b>	
Resumen	18
<b>Control de Calidad</b>	
Resumen	19
<b>Cuarto de Mantenimiento</b>	
Resumen	20
<b>Dosificación</b>	
Resumen	21
<b>Laboratorio</b>	
Resumen	22
<b>Oficinas Control Calidad</b>	
Resumen	23
<b>Graneado</b>	
Resumen	24
<b>Pasillo Principal</b>	
Resumen	25
<b>Cocina Jr.</b>	
Resumen	26
<b>Interior Cocina</b>	
Resumen	27
<b>Sala Capacitación</b>	
Resumen	28
<b>Enfermería</b>	
Resumen	29



## Índice

<b>Baño mujeres</b>	
Resumen	30
<b>Comedor</b>	
Resumen	31
<b>Tienda</b>	
Resumen	32
<b>Baño Hombres</b>	
Resumen	33
<b>Vestidores</b>	
Resumen	34
<b>Trastienda</b>	
Resumen	35
<b>Oficinas</b>	
Resumen	36
<b>Mogul</b>	
Resumen	37

## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Nave B / Lista de luminarias

- |          |  |  |  |
|----------|--|--|--|
| 50 Pieza | <p>COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)<br/>N° de artículo: HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U<br/>Flujo luminoso (Luminaria): 16498 lm<br/>Flujo luminoso (Lámparas): 17600 lm<br/>Potencia de las luminarias: 200.0 W<br/>Clasificación luminarias según CIE: 100<br/>Código CIE Flux: 57 83 97 100 94<br/>Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).</p>   | Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias. |  |
| 64 Pieza | <p>COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER<br/>N° de artículo: I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL<br/>Flujo luminoso (Luminaria): 4901 lm<br/>Flujo luminoso (Lámparas): 5600 lm<br/>Potencia de las luminarias: 56.0 W<br/>Clasificación luminarias según CIE: 90<br/>Código CIE Flux: 59 84 97 90 88<br/>Lámpara: 2 x TWO 32 WATTS T8 - 2800 LUMENS EA - SYLVANIA - F032/735 (Factor de corrección 1.000).</p>                                 | Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias. |  |
| 84 Pieza | <p>COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)<br/>N° de artículo: VT2-232 DR<br/>Flujo luminoso (Luminaria): 4498 lm<br/>Flujo luminoso (Lámparas): 5700 lm<br/>Potencia de las luminarias: 58.0 W<br/>Clasificación luminarias según CIE: 92<br/>Código CIE Flux: 38 67 88 92 79<br/>Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).</p>   | Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias. |  |
| 30 Pieza | <p>COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED &amp; GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86%<br/>N° de artículo: VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U<br/>Flujo luminoso (Luminaria): 18177 lm<br/>Flujo luminoso (Lámparas): 19600 lm<br/>Potencia de las luminarias: 226.0 W<br/>Clasificación luminarias según CIE: 95<br/>Código CIE Flux: 39 68 89 95 93<br/>Lámpara: 4 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).</p> | Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias. |  |



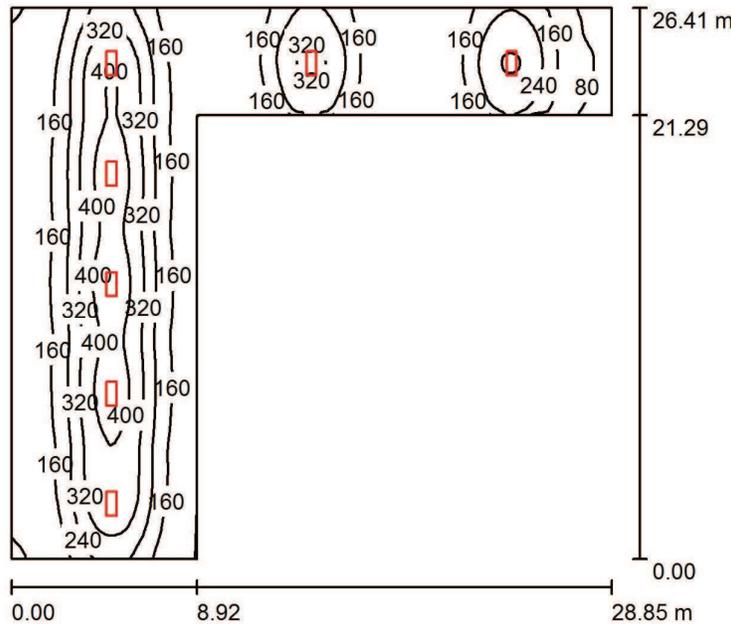
21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Recuperación / Resumen**



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:340

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	213	58	446	0.270
Suelo	20	200	63	380	0.314
Techo	70	38	24	45	0.637
Paredes (6)	50	83	24	356	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 115484	Total: 123200	1400.0

Valor de eficiencia energética: 4.15 W/m<sup>2</sup> = 1.94 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 337.62 m<sup>2</sup>)

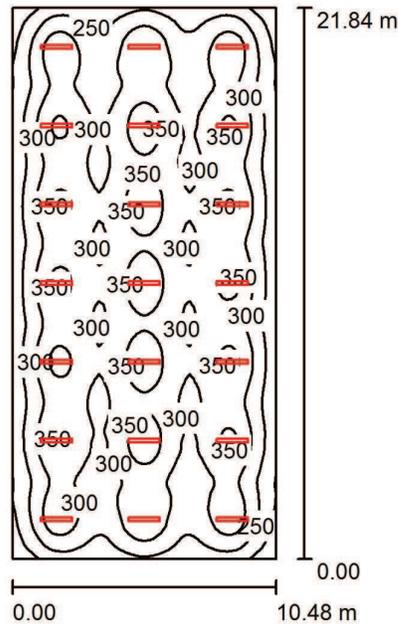


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Taller de Mantenimiento / Resumen**

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.900 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:281

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	300	161	385	0.536
Suelo	20	274	171	325	0.626
Techo	70	93	69	201	0.740
Paredes (4)	50	193	114	317	/

**Plano útil:**

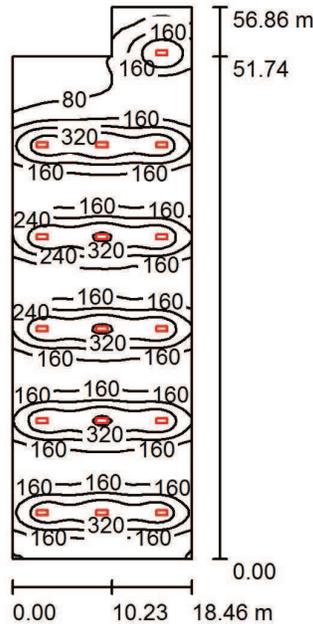
Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	21	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 94464	Total: 119700	1218.0

Valor de eficiencia energética:  $5.32 \text{ W/m}^2 = 1.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $228.88 \text{ m}^2$ )

## Cocinas Ultra / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:731

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	201	34	420	0.171
Suelo	20	194	38	358	0.196
Techo	70	38	18	46	0.474
Paredes (6)	50	78	21	260	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 263963	Total: 281600	3200.0

Valor de eficiencia energética:  $3.21 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $997.26 \text{ m}^2$ )



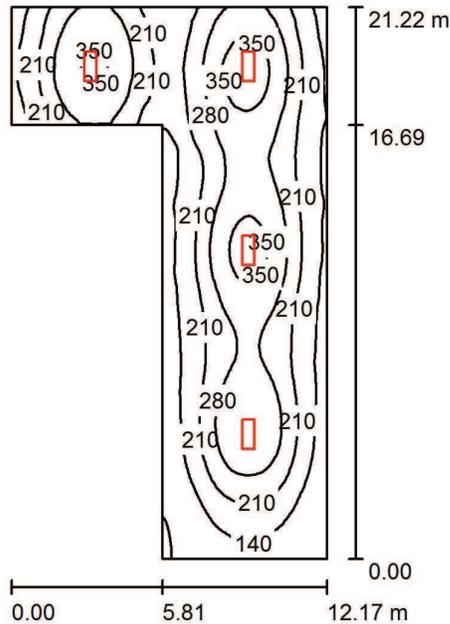
21.03.2014

## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Envoltura de paletas / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:273

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	228	57	381	0.249
Suelo	20	211	67	314	0.316
Techo	70	40	24	58	0.582
Paredes (6)	50	93	22	442	/

### Plano útil:

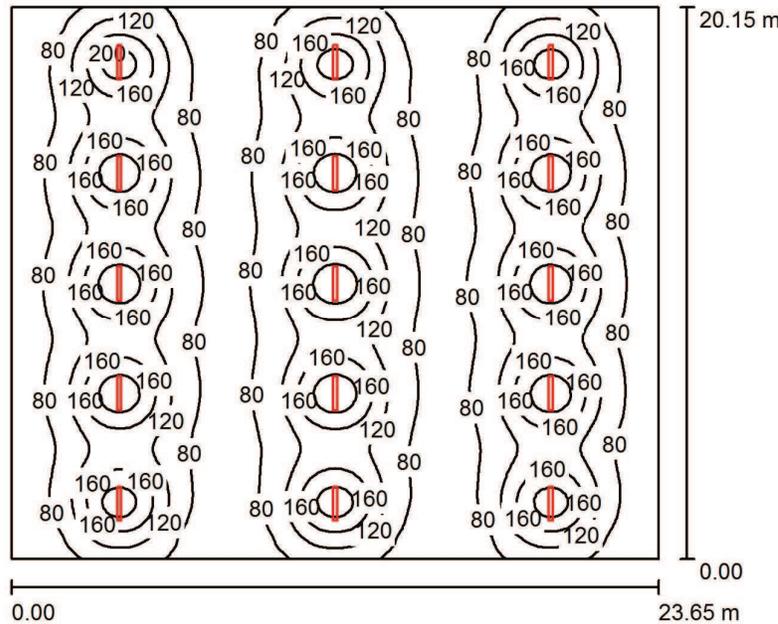
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 65991	Total: 70400	800.0

Valor de eficiencia energética:  $4.96 \text{ W/m}^2 = 2.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $161.28 \text{ m}^2$ )

### Cuarto Frío 1 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:259

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	112	46	228	0.408
Suelo	20	105	51	155	0.487
Techo	70	34	22	549	0.647
Paredes (4)	50	69	41	98	/

**Plano útil:**

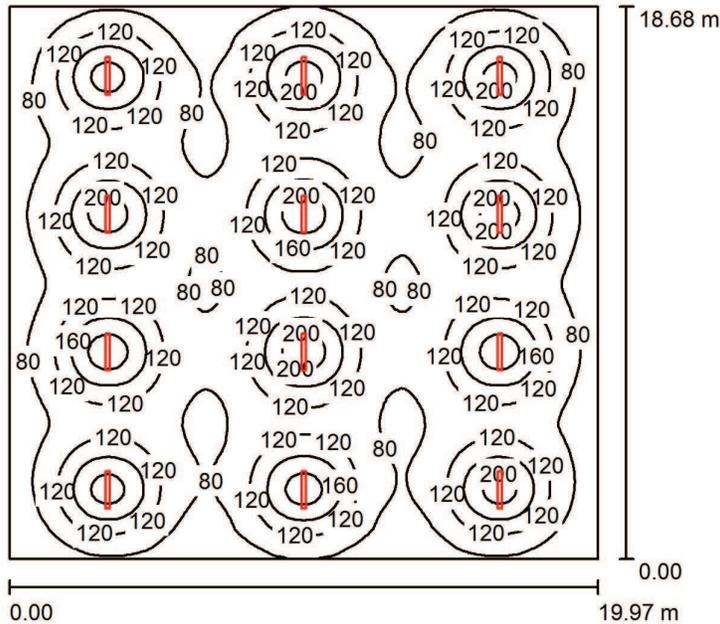
Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	15	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67475	Total: 85500	870.0

Valor de eficiencia energética:  $1.83 \text{ W/m}^2 = 1.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $476.55 \text{ m}^2$ )

### Cuarto Frío 2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:240

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	112	48	223	0.429
Suelo	20	105	56	150	0.534
Techo	70	33	22	520	0.671
Paredes (4)	50	69	38	90	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	22	26	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	22	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 53980	Total: 68400	696.0

Valor de eficiencia energética:  $1.87 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $373.04 \text{ m}^2$ )



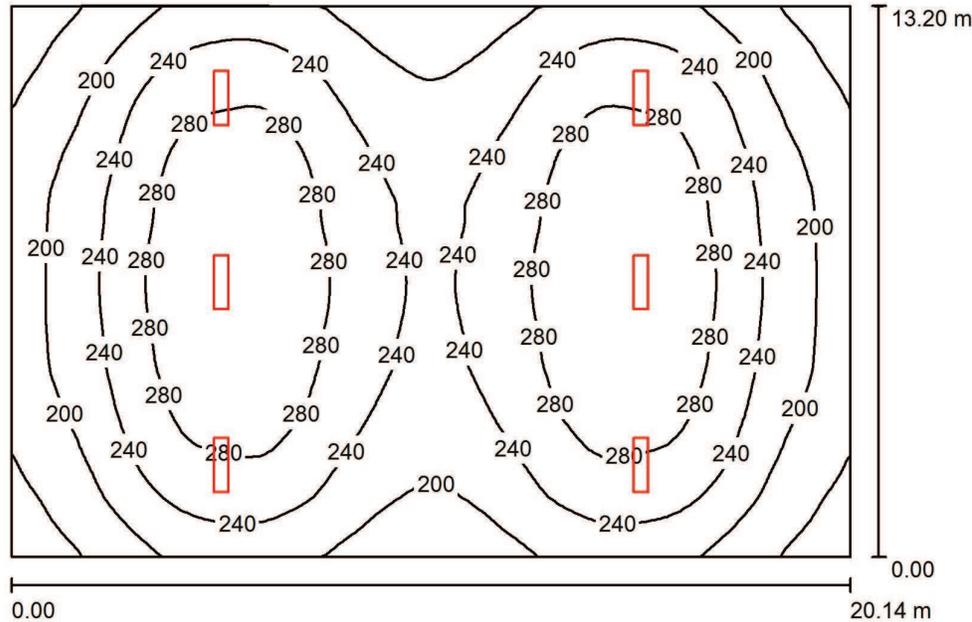
21.03.2014

Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

Cocina Mogul / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:170

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	241	135	316	0.561
Suelo	20	224	139	280	0.621
Techo	70	76	58	479	0.762
Paredes (4)	50	163	102	301	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	21	25	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	22	24	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			109064	117600	1356.0

Valor de eficiencia energética:  $5.10 \text{ W/m}^2 = 2.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $265.85 \text{ m}^2$ )

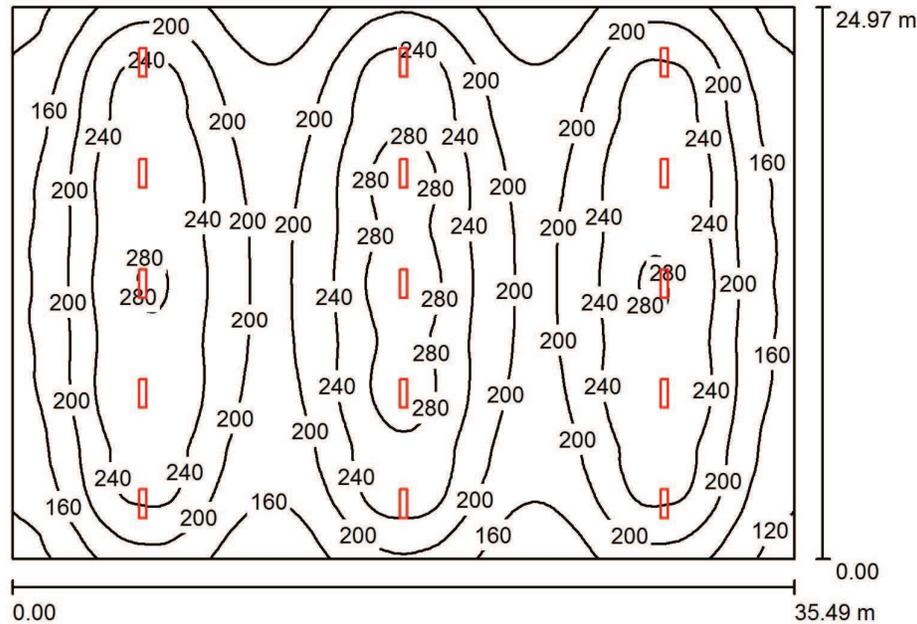


## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Envoltura y empaque / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:321

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	214	108	296	0.506
Suelo	20	205	110	270	0.537
Techo	70	54	40	68	0.735
Paredes (4)	50	126	53	238	/

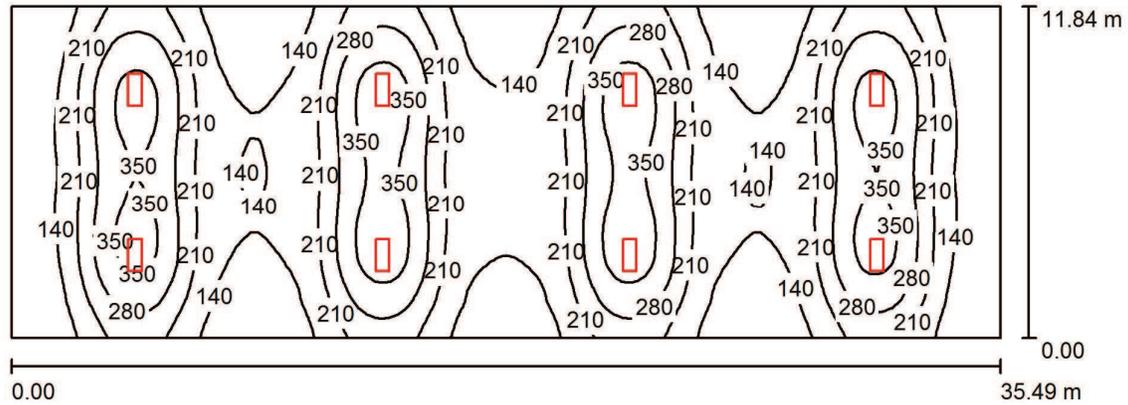
Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	23	27	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	24	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

## Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	15	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
			Total: 272661	Total: 294000	3390.0

Valor de eficiencia energética:  $3.83 \text{ W/m}^2 = 1.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $886.19 \text{ m}^2$ )

### Bastón y Minibastón / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:254

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	214	76	391	0.358
Suelo	20	203	83	331	0.411
Techo	70	41	27	47	0.675
Paredes (4)	50	89	28	270	/

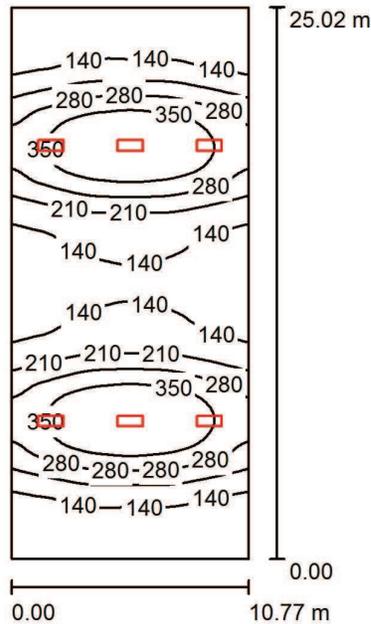
Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	24	21	
Trama: 128 x 64 Puntos	Pared inferior	24	22	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 131982	Total: 140800	1600.0

Valor de eficiencia energética:  $3.81 \text{ W/m}^2 = 1.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $420.20 \text{ m}^2$ )

## Empaque Farley / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 7.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:322

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	216	81	422	0.373
Suelo	20	204	85	363	0.415
Techo	70	51	32	87	0.627
Paredes (4)	50	114	37	670	/

**Plano útil:**

Altura:	0.850 m
Trama:	64 x 128 Puntos
Zona marginal:	0.000 m

**UGR**

Pared izq	21
Pared inferior	23
(CIE, SHR = 0.25.)	

Longi- Tran al eje de luminaria

21	19
23	21

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 98986 Total: 105600 1200.0

Valor de eficiencia energética:  $4.45 \text{ W/m}^2 = 2.06 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $269.47 \text{ m}^2$ )

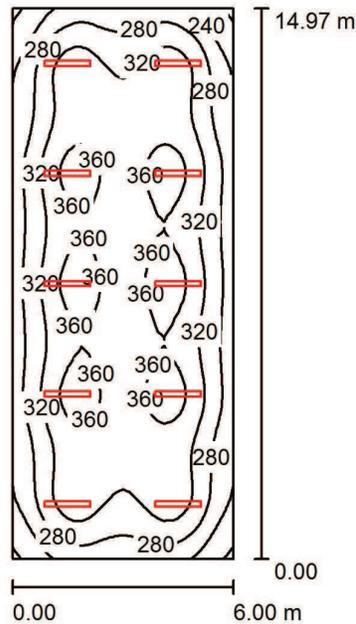


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Taller de Soldadura / Resumen**

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:193

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	318	194	377	0.610
Suelo	20	277	181	323	0.652
Techo	70	111	72	727	0.644
Paredes (4)	50	207	134	329	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	21	23	
Trama: 32 x 64 Puntos	Pared inferior	21	25	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	10	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 44983	Total: 57000	580.0

Valor de eficiencia energética:  $6.46 \text{ W/m}^2 = 2.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $89.82 \text{ m}^2$ )

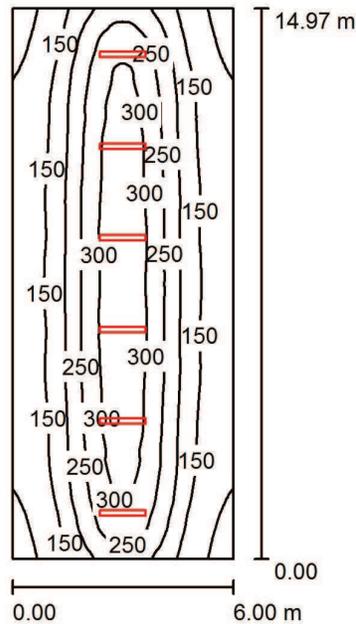


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Sanidad / Resumen**

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:193

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	202	85	333	0.421
Suelo	20	176	96	248	0.544
Techo	70	65	37	688	0.563
Paredes (4)	50	113	65	365	/

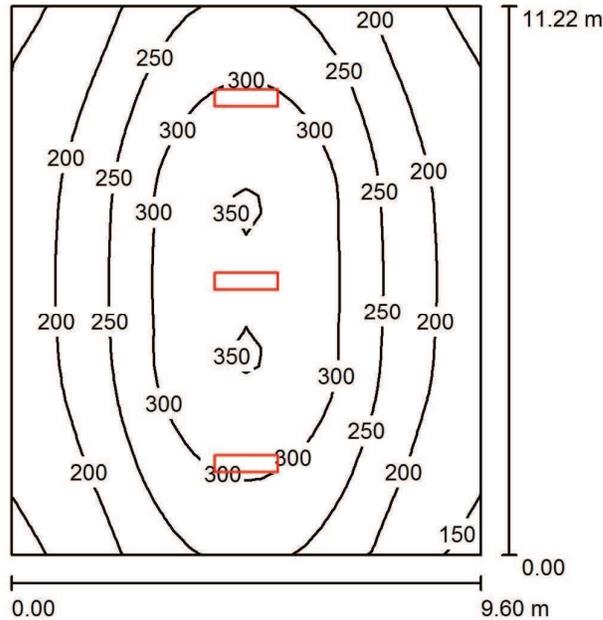
Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	21	23	
Trama: 64 x 128 Puntos	Pared inferior	21	25	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 26990	Total: 34200	348.0

Valor de eficiencia energética:  $3.87 \text{ W/m}^2 = 1.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $89.82 \text{ m}^2$ )

### Calderas / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:145

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	248	141	355	0.569
Suelo	20	223	140	301	0.624
Techo	70	88	53	599	0.598
Paredes (4)	50	170	91	669	/

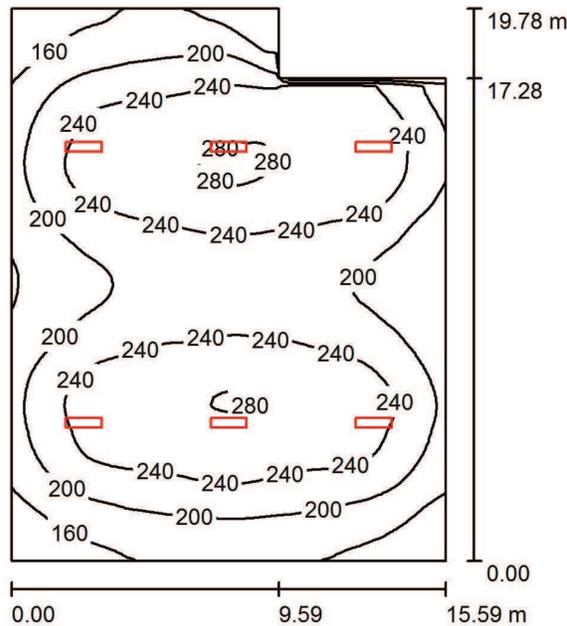
Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	19	21	
Trama: 32 x 32 Puntos	Pared inferior	19	21	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
			Total: 54532	Total: 58800	678.0

Valor de eficiencia energética:  $6.29 \text{ W/m}^2 = 2.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $107.71 \text{ m}^2$ )

**Preparados / Resumen**



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 6.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:254

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	221	123	288	0.557
Suelo	20	206	125	257	0.607
Techo	70	72	49	1049	0.687
Paredes (6)	50	151	91	414	/

**Plano útil:**

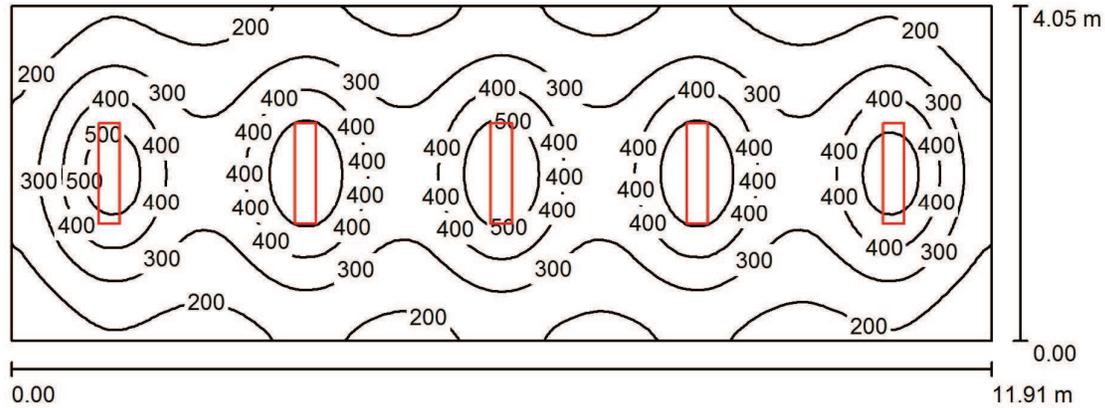
Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-W-DR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86% (1.000)	18177	19600	226.0
Total:			109064	117600	1356.0

Valor de eficiencia energética:  $4.62 \text{ W/m}^2 = 2.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $293.37 \text{ m}^2$ )

### Control de Calidad / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:86

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	317	126	593	0.396
Suelo	20	272	145	390	0.532
Techo	70	59	43	80	0.726
Paredes (4)	50	131	57	257	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	17	19	
Trama:	128 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			24504	28000	280.0

Valor de eficiencia energética:  $5.80 \text{ W/m}^2 = 1.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $48.24 \text{ m}^2$ )

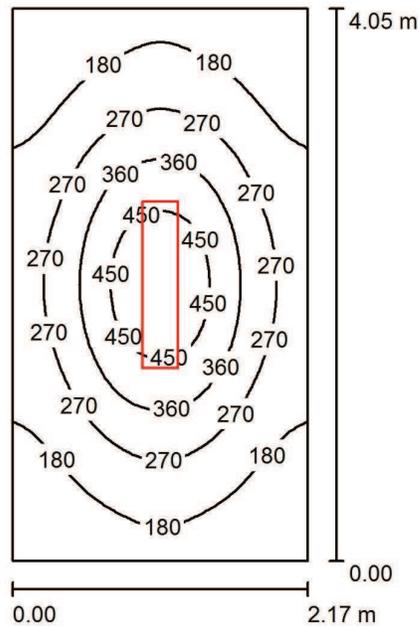


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Cuarto de Mantenimiento / Resumen**

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	259	108	516	0.418
Suelo	20	198	112	300	0.568
Techo	70	51	33	65	0.641
Paredes (4)	50	108	42	278	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 16  
 Pared inferior 16  
 (CIE, SHR = 0.25.)

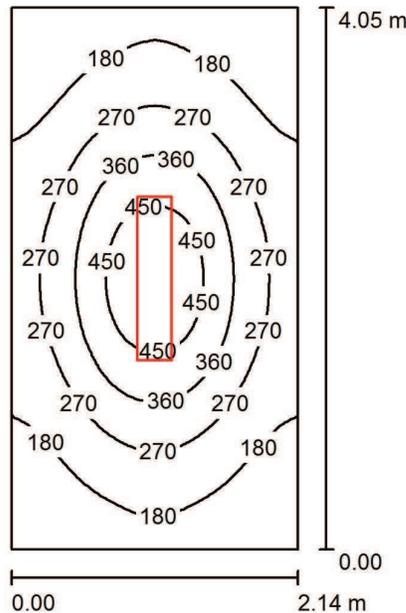
Longi- Tran al eje de luminaria  
 16 16  
 16 16

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			4901	5600	56.0

Valor de eficiencia energética:  $6.37 \text{ W/m}^2 = 2.46 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.79 \text{ m}^2$ )

## Dosificación / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:53

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	261	109	517	0.419
Suelo	20	199	113	300	0.570
Techo	70	52	33	65	0.639
Paredes (4)	50	108	42	284	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	16	16	
Trama: 64 x 32 Puntos	Pared inferior	16	16	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			4901	5600	56.0

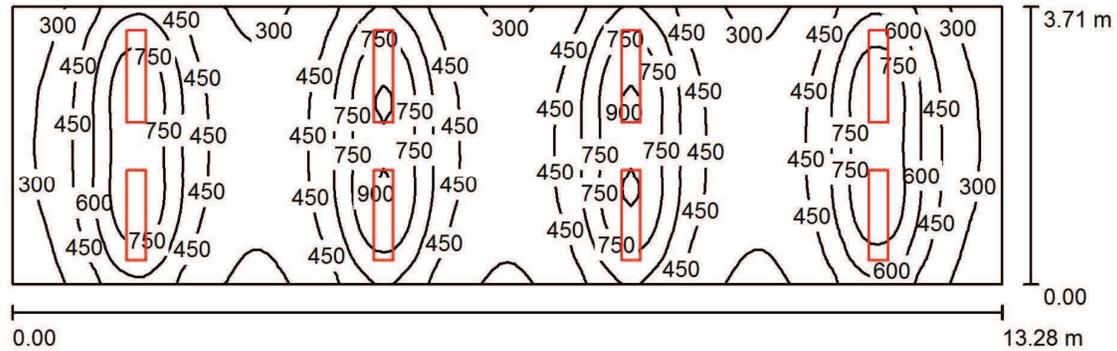
Valor de eficiencia energética:  $6.46 \text{ W/m}^2 = 2.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.67 \text{ m}^2$ )

Nave B

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

FI - UNAM

Laboratorio / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:95

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	507	212	915	0.418
Suelo	20	435	243	641	0.560
Techo	70	160	81	965	0.507
Paredes (4)	50	228	96	681	/

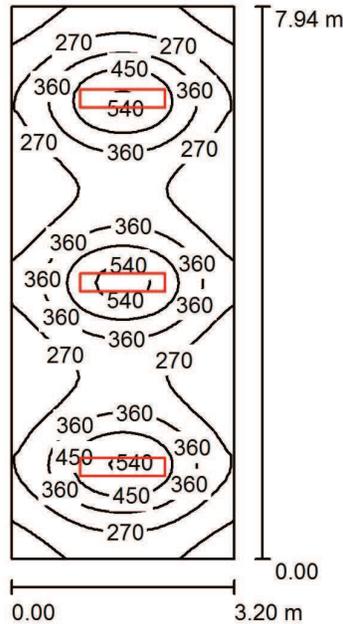
Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	17	19	
Trama:	128 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			39207	44800	448.0

Valor de eficiencia energética:  $9.09 \text{ W/m}^2 = 1.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $49.27 \text{ m}^2$ )

**Oficinas Control Calidad / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:102

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	321	146	578	0.455
Suelo	20	263	149	368	0.565
Techo	70	63	46	70	0.726
Paredes (4)	50	143	62	237	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 16  
 Pared inferior 17  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria

16 16  
 17 18

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
			Total: 14703	Total: 16800	168.0

Valor de eficiencia energética: 6.61 W/m<sup>2</sup> = 2.06 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 25.41 m<sup>2</sup>)

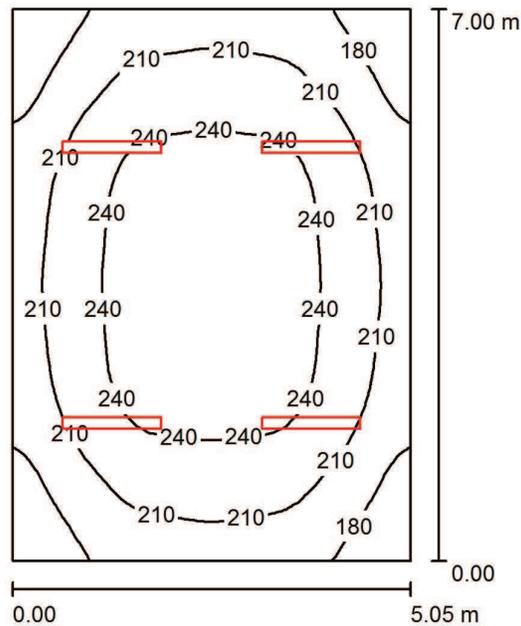


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Graneado / Resumen**

Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:90

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	219	157	261	0.716
Suelo	20	184	138	217	0.753
Techo	70	105	64	597	0.614
Paredes (4)	50	166	90	276	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 17	17	19	
Trama: 32 x 32 Puntos	Pared inferior 18	18	21	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 17993	Total: 22800	232.0

Valor de eficiencia energética:  $6.56 \text{ W/m}^2 = 3.00 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $35.35 \text{ m}^2$ )



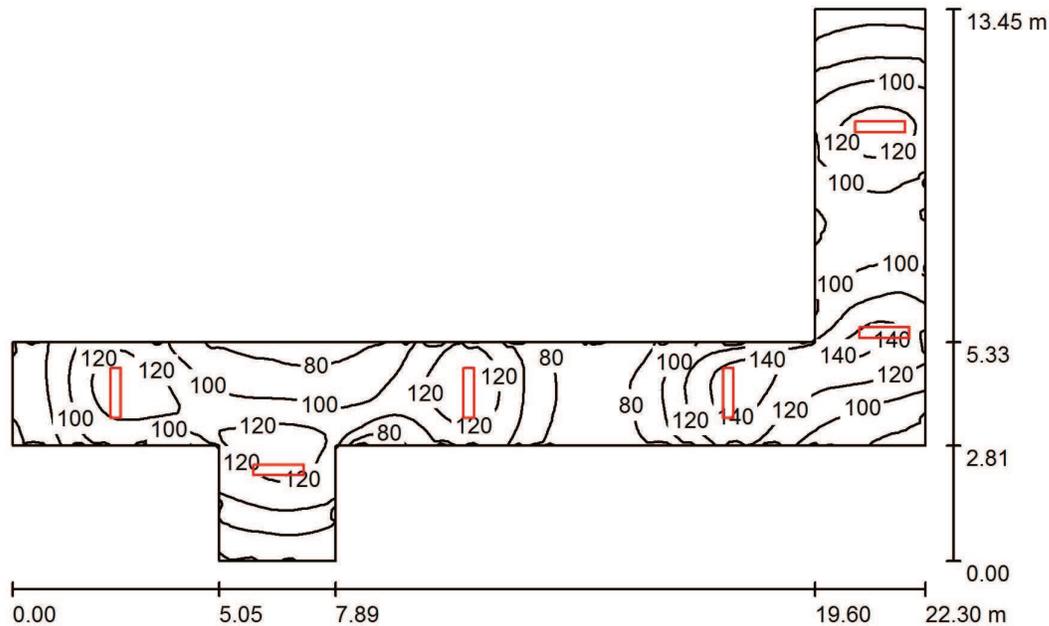
21.03.2014

## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Pasillo Principal / Resumen



Altura del local: 7.500 m, Altura de montaje: 5.950 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:173

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	102	51	149	0.497
Suelo	20	89	53	124	0.595
Techo	70	46	18	151	0.389
Paredes (10)	50	61	20	482	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			29405	33600	336.0

Valor de eficiencia energética:  $3.90 \text{ W/m}^2 = 3.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $86.10 \text{ m}^2$ )



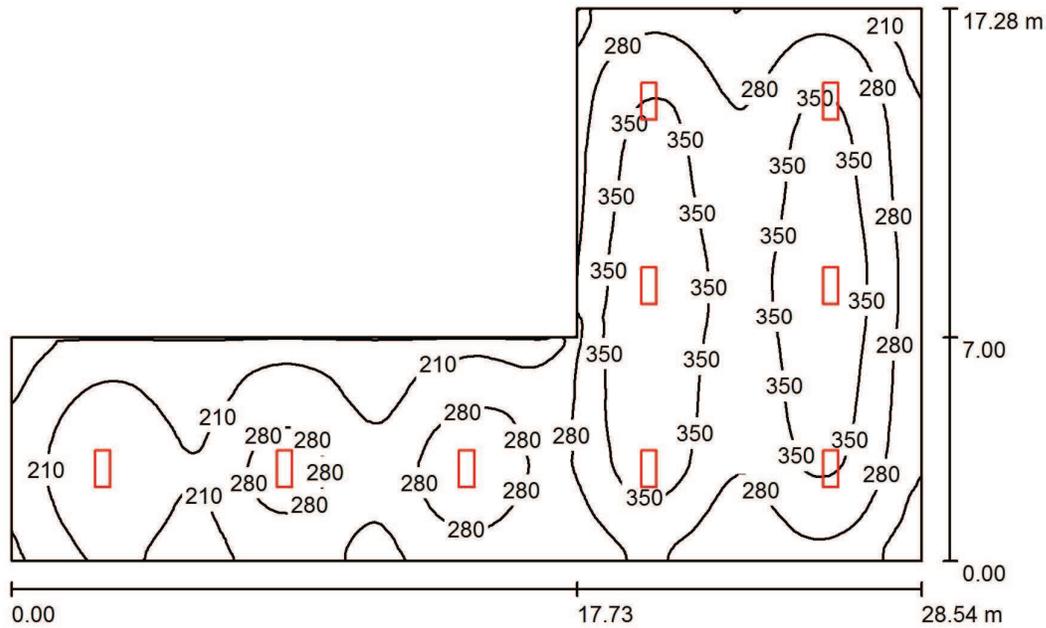
21.03.2014

# Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Cocina Jr. / Resumen



Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 7.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:222

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	282	106	409	0.375
Suelo	20	265	113	370	0.425
Techo	70	63	41	79	0.645
Paredes (6)	50	144	50	323	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-N-UNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)* (1.000)	16498	17600	200.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 148479	Total: 158400	1800.0

Valor de eficiencia energética: 5.79 W/m<sup>2</sup> = 2.05 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 310.91 m<sup>2</sup>)

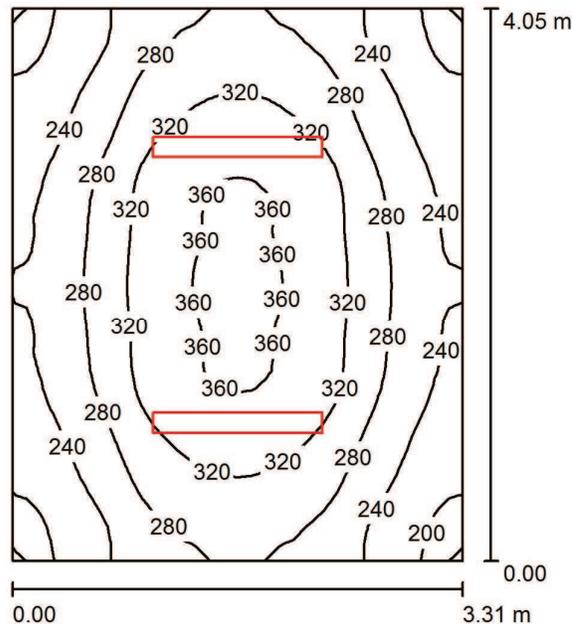


## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Interior Cocina / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	285	185	369	0.649
Suelo	20	213	157	256	0.737
Techo	70	132	75	607	0.570
Paredes (4)	50	197	107	513	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 17  
 Pared inferior 17  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria

17 19  
 17 19

**Lista de piezas - Luminarias**

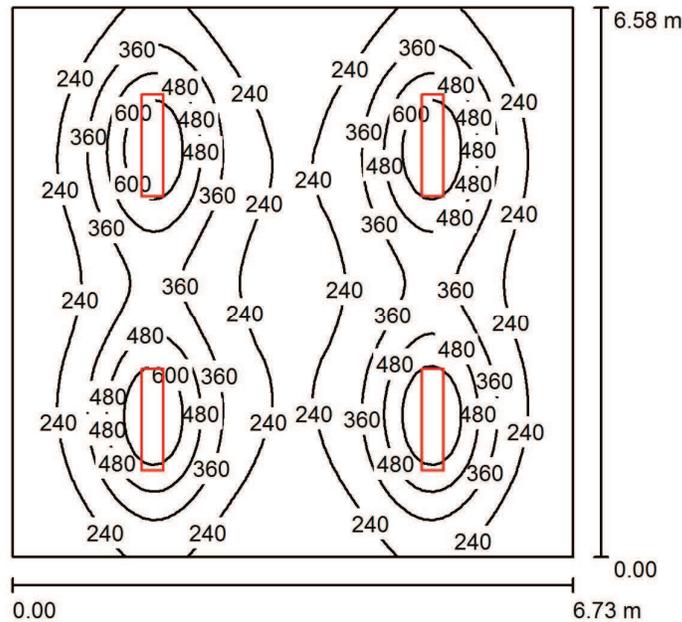
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 8997	Total: 11400	116.0

Valor de eficiencia energética:  $8.65 \text{ W/m}^2 = 3.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.41 \text{ m}^2$ )

**Nave B**

FI - UNAM

 Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Sala Capacitación / Resumen**


Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:85

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	318	126	721	0.397
Suelo	20	278	139	433	0.499
Techo	78	93	43	1240	0.461
Paredes (4)	50	130	65	222	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	18	19	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			19603	22400	224.0

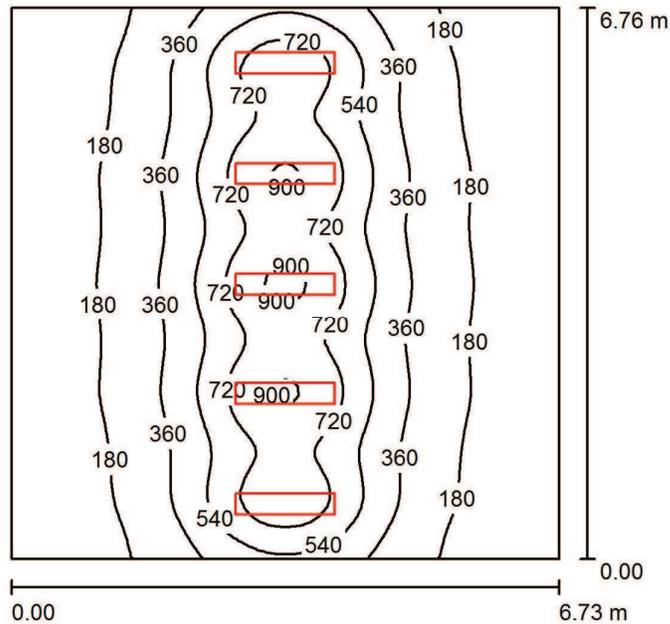
 Valor de eficiencia energética:  $5.06 \text{ W/m}^2 = 1.59 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.28 \text{ m}^2$ )

Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

Enfermería / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:87

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	366	75	933	0.206
Suelo	20	327	113	622	0.345
Techo	70	67	42	137	0.626
Paredes (4)	50	132	51	584	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	18	19	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

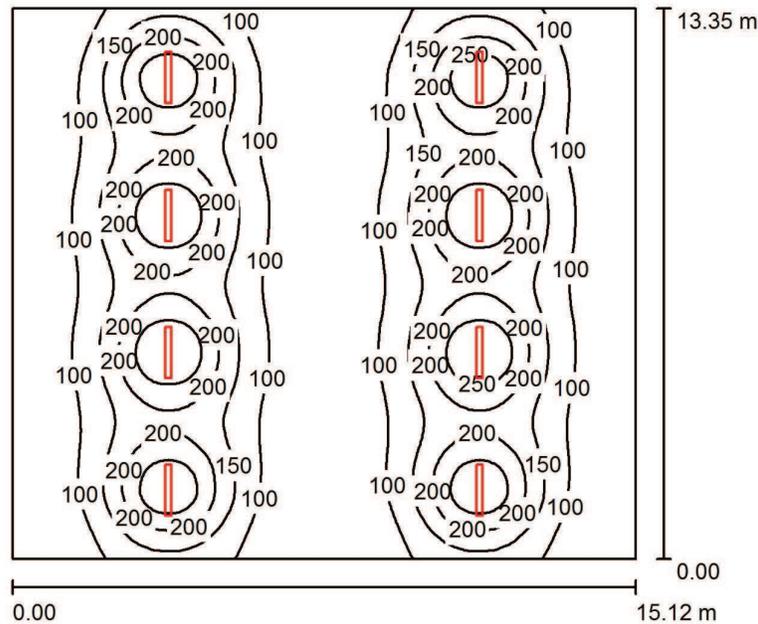
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			24504	28000	280.0

Valor de eficiencia energética:  $6.15 \text{ W/m}^2 = 1.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $45.49 \text{ m}^2$ )



## Baño mujeres / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:172

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	136	50	298	0.371
Suelo	20	124	61	188	0.487
Techo	70	41	24	554	0.601
Paredes (4)	50	79	48	135	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	22	26	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	22	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 35986	Total: 45600	464.0

Valor de eficiencia energética:  $2.30 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $201.85 \text{ m}^2$ )



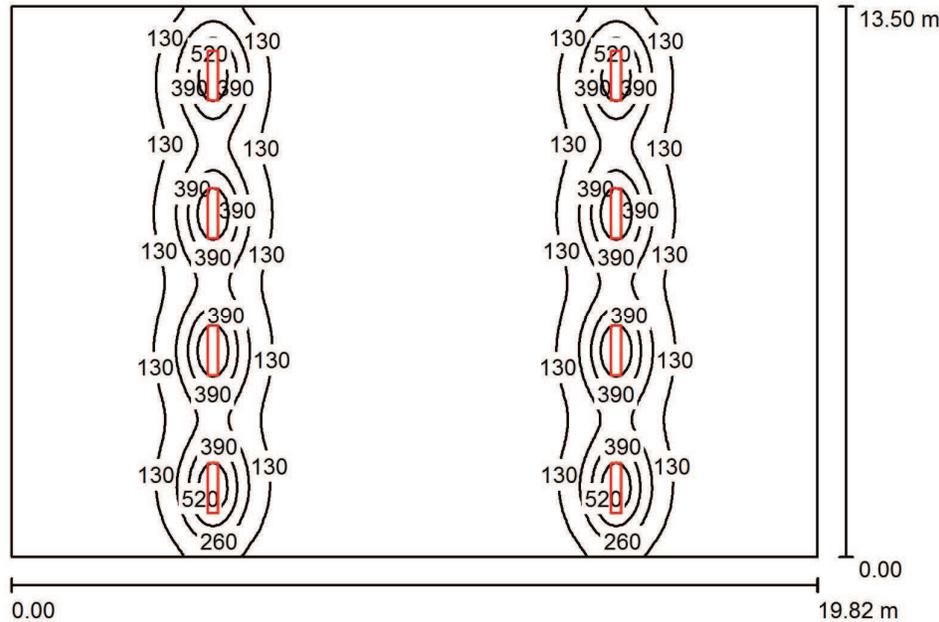
21.03.2014

Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

Comedor / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:174

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	113	17	651	0.150
Suelo	20	107	24	371	0.225
Techo	70	21	11	32	0.530
Paredes (4)	50	40	15	163	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
			Total: 39207	Total: 44800	448.0

Valor de eficiencia energética:  $1.67 \text{ W/m}^2 = 1.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $267.57 \text{ m}^2$ )

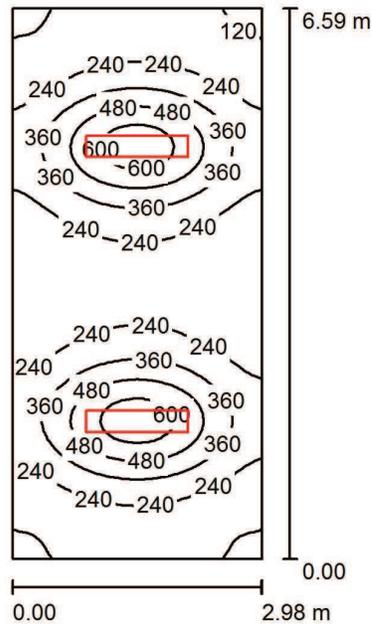


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Tienda / Resumen**

Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:85

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	288	109	673	0.380
Suelo	20	232	113	376	0.486
Techo	70	54	38	60	0.711
Paredes (4)	50	120	52	234	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	16	16	
Trama: 64 x 32 Puntos	Pared inferior	17	18	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			9802	11200	112.0

Valor de eficiencia energética:  $5.70 \text{ W/m}^2 = 1.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $19.64 \text{ m}^2$ )

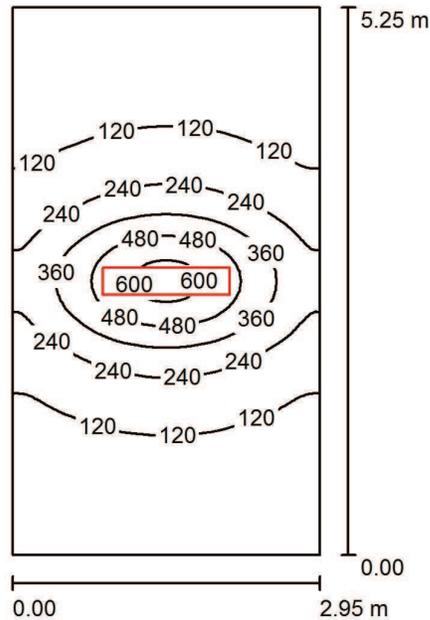


21.03.2014

**Nave B**

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

**Baño Hombres / Resumen**

Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	183	49	636	0.270
Suelo	20	146	53	337	0.362
Techo	70	33	21	42	0.642
Paredes (4)	50	71	26	213	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 16  
 Pared inferior 16  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria

16 16  
 16 18

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			4901	5600	56.0

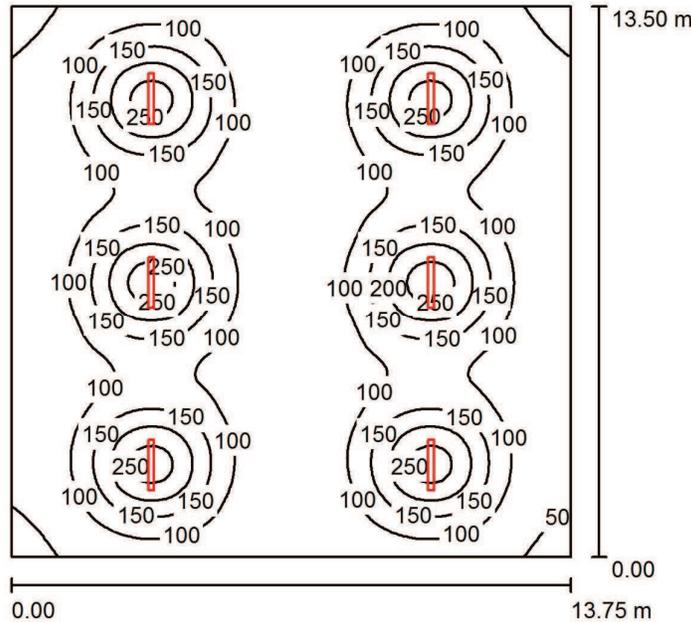
Valor de eficiencia energética:  $3.62 \text{ W/m}^2 = 1.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $15.49 \text{ m}^2$ )

Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
 Teléfono 5530345714  
 Fax  
 e-Mail sgaravi@hotmail.com

Vestidores / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:174

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	111	43	276	0.384
Suelo	20	101	50	160	0.499
Techo	70	33	21	558	0.623
Paredes (4)	50	63	37	83	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	22	26	
Trama:	128 x 128 Puntos	Pared inferior	22	26	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)* (1.000)	4498	5700	58.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 26990	Total: 34200	348.0

Valor de eficiencia energética:  $1.87 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $185.63 \text{ m}^2$ )



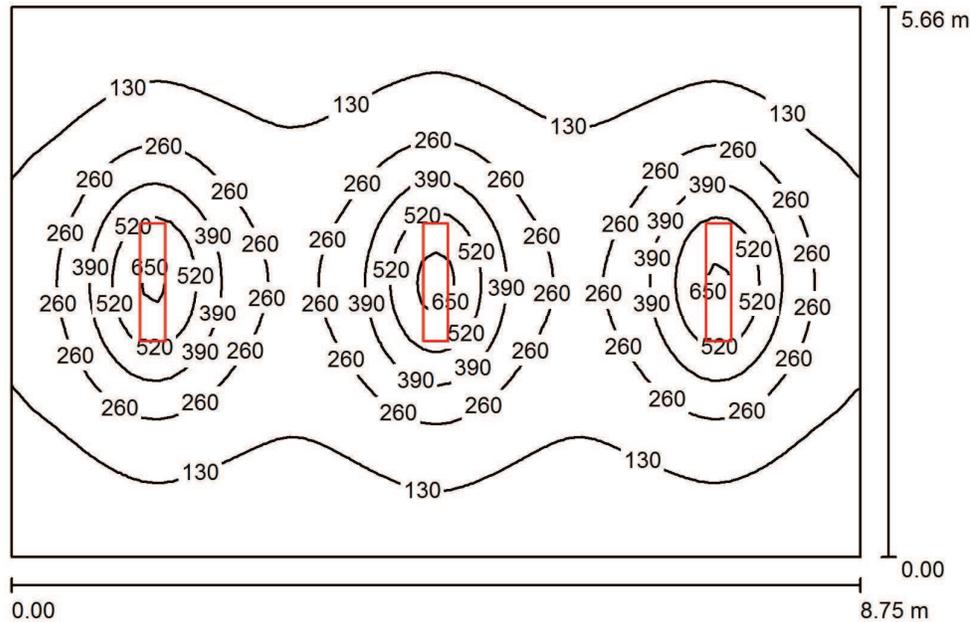
21.03.2014

Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

Trastienda / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:73

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	218	60	696	0.273
Suelo	20	193	80	391	0.412
Techo	70	59	26	972	0.439
Paredes (4)	50	73	32	187	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	18	20	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
			Total: 14703	Total: 16800	168.0

Valor de eficiencia energética:  $3.39 \text{ W/m}^2 = 1.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $49.53 \text{ m}^2$ )



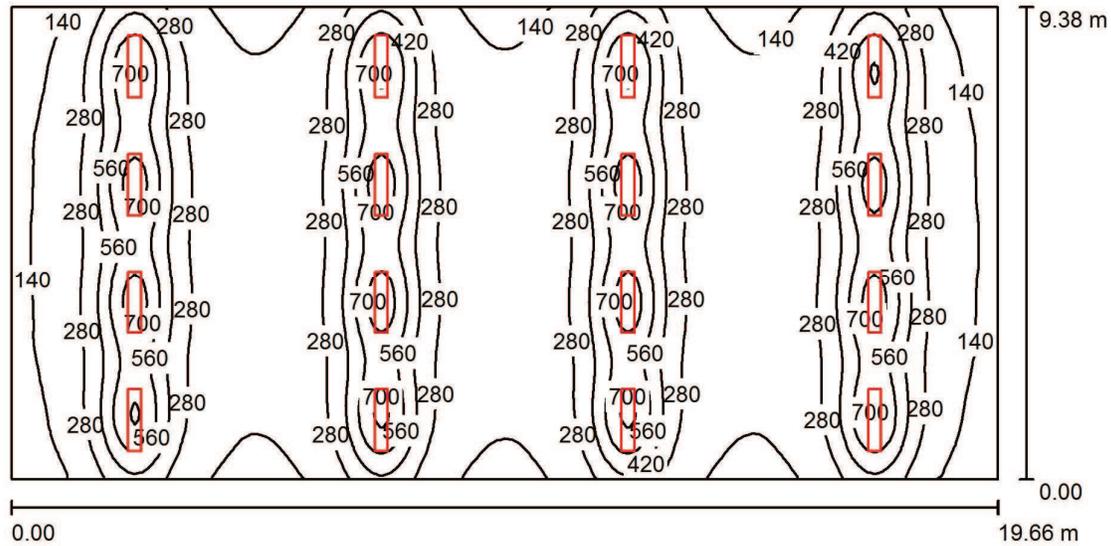
21.03.2014

## Nave B

FI - UNAM

Proyecto elaborado por Sandro García  
Teléfono 5530345714  
Fax  
e-Mail sgaravi@hotmail.com

## Oficinas / Resumen



Altura del local: 2.700 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:141

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	310	90	788	0.290
Suelo	20	289	111	541	0.382
Techo	70	60	44	84	0.737
Paredes (4)	50	133	59	370	/

### Plano útil:

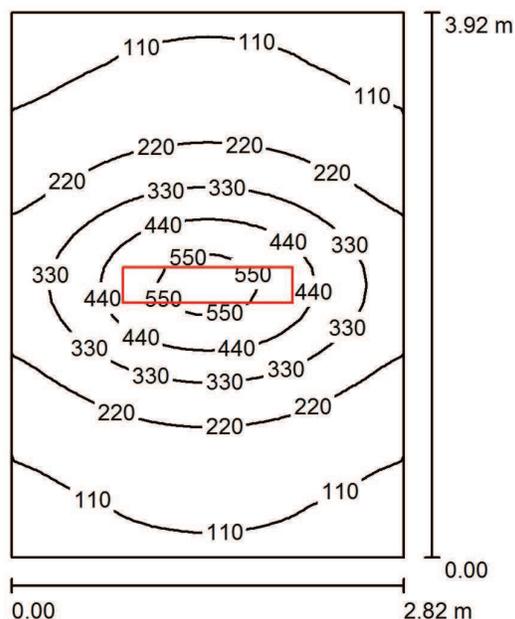
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
			Total: 78414	Total: 89600	896.0

Valor de eficiencia energética:  $4.86 \text{ W/m}^2 = 1.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $184.41 \text{ m}^2$ )

## Mogul / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	232	78	594	0.336
Suelo	20	181	82	328	0.455
Techo	70	44	30	51	0.683
Paredes (4)	50	95	39	241	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	16	16	
Trama: 32 x 32 Puntos	Pared inferior	16	16	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBW-UNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER (1.000)	4901	5600	56.0
Total:			4901	5600	56.0

Valor de eficiencia energética:  $5.07 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $11.05 \text{ m}^2$ )



**Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

# **ANEXO B**

- **PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS**



## Procedimiento para la evaluación Energética de Motores Eléctricos

### □ PRESENTACIÓN

El propósito de este artículo es mostrar un procedimiento práctico de evaluación de motores eléctricos para determinar la rentabilidad de su reemplazo por otro de alta eficiencia y no todo un tratado de motores, por ello, la base de datos incluida está sustentada en la información de un número representativo de marcas de motores comercializados en México, ya que el tratar de conjuntar a todas las marcas vendidas en nuestro país no sería práctico y quedaría fuera del alcance de esta publicación.

### □ OBJETIVO

Establecer el procedimiento de cálculo para la evaluación técnico económica de la sustitución de motores eléctricos estándar por motores de alta eficiencia a través del método de factor de carga, considerando sus parámetros eléctricos sin necesidad de pruebas de laboratorio o equipos sofisticados de medición.

### □ INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un insumo fundamental en todos los procesos productivos y un satisfactor indispensable para la sociedad, ahora más que nunca dadas las condiciones que prevalecen en todo el mundo, caracterizadas por una mayor globalización de las economías resulta indispensable hacer más eficientes los procesos productivos y racionalizar el consumo con objeto de competir sin desventajas en el ámbito internacional. La correcta implantación de programas de ahorro de energía eléctrica incide evidentemente en la productividad y conlleva a una participación más activa de la industria nacional en el mercado internacional.

Uno de los medios más efectivos para impulsar el ahorro de energía eléctrica es la difusión sobre las alternativas tecnológicas existentes en el mercado así como técnicas de evaluación y aplicación; por tal motivo, el compromiso del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica

es el ser promotor del desarrollo de la cultura en ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos, así como difundir estas tecnologías y técnicas a escala nacional.

### □ EFICIENCIA DE UN MOTOR ELÉCTRICO POR MEDIO DEL FACTOR DE CARGA

Cuando un motor trabaja a una carga diferente de la nominal se produce una variación en la eficiencia. De acuerdo a la información de diferentes fabricantes se sabe que la mayor eficiencia de un motor, se obtiene en torno al 85% de factor de carga, en el caso de motores de alta eficiencia y al 75% para motores de eficiencia estándar.

Con el fin de hacer más didáctica la presentación del procedimiento de cálculo se hará a través de un ejemplo.

**Nota.-** La descripción de la nomenclatura utilizada se describe en la sección correspondiente.

### □ DATOS DE PLACA Y MEDICIONES

<b>Mediciones</b>	<b>Unidades</b>
$V_{STD1} = 445.1$	Volts
$V_{STD2} = 446.9$	Volts
$V_{STD3} = 445.1$	Volts
$I_{STDp} = 63.2$	Amps
$FP_{STDp} = 0.67$	1
<b>Datos del motor (placa)</b>	
$V_{placa} = 440$	Volts
$hp_{placa} = 100$	Hp
$\eta = 0.9184^1$	1
<b>Datos de facturación</b>	
Tiempo de operación al año = 7,200	hrs
$Costo_D = 68.970$	\$/kW
$Costo_{C ponderado} = 0.4283^2$	\$/kWh

<sup>1</sup> Ver Anexo 1 Motor de 100 hp, abierto, 1800 rpm, de eficiencia estándar

<sup>2</sup> Ver Anexo 2



**□ PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ENERGÉTICO**

**Paso 1. *Evaluar la potencia estándar demandada a partir de las mediciones eléctricas***

$$Pot_{STD\ ele} = \frac{(\sqrt{3})(V_{STDp})(I_{STDp})(FP_{STDp})}{1,000} \dots [kW] \quad (1)$$

Sustituyendo los valores de las mediciones en la ecuación (1) se tiene la potencia demandada por el motor actual.

$$Pot_{STD\ ele} = \frac{(\sqrt{3})\left(\frac{445.1+446.9+445.1}{3}\right)(63.2)(0.67)}{1,000} = 32.69\text{ kW}$$

**Paso 2. *Evaluar el factor de carga y la eficiencia del motor actual***

Sí  $FC_{STD} = \frac{hp_{flecha}}{hp_{placa}} = \frac{\text{Potencia en la flecha}}{\text{Potencia nominal}}$  donde

$$\text{Potencia en la flecha} = \frac{(\text{Potencia eléctrica})(\eta)}{0.746\text{ kW}/\text{hp}}$$

Por lo tanto

$$FC_{STD} = \left[ \frac{(Pot_{STD\ ele})(\eta)}{(hp_{placa})(0.746)} \right] \quad (2.1)$$

Cuando la eficiencia del motor no esté indicada en la placa o no se dispone del catálogo del fabricante, se tomarán los datos de eficiencia del Anexo 1, considerando 100% de carga.

Sustituyendo en la ecuación 2.1 se obtiene el factor de carga al cual está trabajando el motor actual.

$$FC_{STD} = \left[ \frac{(32.69)(0.9184)}{(100)(0.746)} \right] = 0.4024$$

Para determinar la eficiencia a 0.4024 de factor de carga, se procederá con una interpolación lineal entre el factor de carga inmediato inferior

y el superior, de acuerdo a la ecuación 2.2 y la información del Anexo 1

$$\eta_{STD} = \left( \frac{FC_{STD} - FC_1}{FC_2 - FC_1} \right) (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1 \quad (2.2)$$

donde:

Factor de carga	Eficiencia
$FC_1 = 0.25$	$\eta_1 = 0.8858$
$FC_{STD} = 0.4024$	$\eta_{STD} = ?$
$FC_2 = 0.50$	$\eta_2 = 0.9221$

Entonces

$$\eta_{STD} = \left( \frac{0.4024 - 0.25}{0.50 - 0.25} \right) (0.9221 - 0.8858) + 0.8858 = 0.9079$$

**Paso 3. *Efectuar los ajustes a la eficiencia***

El ajuste a la eficiencia del motor actual se realiza por medio de la ecuación 3.1.

$$\eta_{STD\ ajustada} = FA_{dv} (\eta_{STD} + FA_{vv} - FA_{re}) \quad (3.1)$$

Donde:

➤ ***FA<sub>vv</sub>***- Factor de ajuste por diferencia en tensión

La diferencia en tensión se define como la relación de la tensión trifásica promedio de línea y la tensión indicada en placa, tal como se muestra en la ecuación 3.2.

$$VV_{STD} = \left( \frac{V_{STDp}}{V_{STD\ placa}} - 1 \right) \quad (3.2)$$

Una vez determinada la diferencia en tensión se puede calcular el factor de ajuste por medio de la ecuación 3.3.

$$FA_{vv} = (VV_{STD}) [0.07 - 1.334(VV_{STD})] - 0.0009 \quad (3.3)$$

En el caso del ejemplo, al sustituir los valores correspondientes en la ecuación 3.2 y luego en 3.3 se tiene



## AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS

$$VV_{STD} = \left( \frac{445.7}{440} - 1 \right) = 0.0130$$

$$FA_{vv} = (0.013)[0.07 - 1.334(0.013)] - 0.0009 = -0.0002$$

### ➤ **FA<sub>dv</sub>**- Factor de ajuste por desbalanceo en tensión.

El desbalanceo en tensión se define como la máxima desviación de la tensión de línea, al valor promedio del sistema, entre la tensión promedio, como se muestra en la ecuación 3.4.

$$DV_{STD} = \left( \frac{\text{Max} \{ (V_{STDmax} - V_{STDp}) \text{ ó } (V_{STDp} - V_{STDmin}) \}}{V_{STDp}} \right) \quad (3.4)$$

Una vez determinado el desbalanceo en tensión el factor de ajuste por desbalanceo en tensión, se puede calcular con la ecuación 3.5.

$$FA_{dv} = 1 - (DV_{STD})[0.0113 + 0.0073(DV_{STD})] \quad (3.5)$$

Al sustituir los valores correspondientes en las ecuaciones 3.4 y 3.5 se tiene

$$DV_{STD} = \left( \frac{\text{Max} \{ (446.9 - 445.7) \text{ ó } (445.7 - 445.1) \}}{445.7} \right) \\ = \left[ \frac{\text{Max} \{ (1.2) \text{ ó } (0.6) \}}{445.7} \right] = \left( \frac{1.2}{445.7} \right) = 0.0027$$

$$FA_{dv} = 1 - (0.0027)[0.0113 + 0.0073(0.0027)] = 0.9999$$

### ➤ **FA<sub>re</sub>**- Factor de ajuste por reembobinados

Todo motor que ha sido reembobinado, sufre deterioro en su eficiencia. Cuando se realiza en talleres sin las características necesarias o no cuenta con la calidad de los materiales, las pérdidas pueden ser de 4.2% ó más. En la tabla 1 se muestra la relación de pérdida unitaria de la eficiencia en función de la temperatura aplicada durante la reparación del motor.

Es importante destacar que la corrección a la eficiencia por reembobinados solo se deberá aplicar en una sola ocasión, independientemente del número de reembobinados.

Temperatura (°C)	Reducción de la eficiencia FA <sub>re</sub>
633	0.0053
683	0.0117
733 (soplete)	0.0250

Tabla 1

En este ejemplo las pérdidas debido a los reembobinados será considerada en 0.025 debido a que fue reparado en un taller donde utilizan soplete para la extracción de los devanados, entonces

$$FA_{re} = 0.025$$

Ahora sustituyendo los resultados obtenidos en la ecuación (3.1), se obtiene la eficiencia real del motor actual.

$$\eta_{STDajustada} = 0.9999(0.9079 - 0.0002 - 0.025) = 0.8826$$

### Paso 4. Determinar la potencia al freno del motor actual (estándar)

$$Pot_{STDmec} = (\eta_{STDajustada}) (Pot_{STDele}) \dots [\text{kW, hp}] \quad (4)$$

En este caso Pot<sub>STDmec</sub> es la energía mecánica entregada al sistema motriz accionado por el motor actual y será la misma para el motor de alta eficiencia.

$$Pot_{STDmec} = (0.8826)(32.69) = 28.85 \text{ kW equivalente a } 38.68 \text{ hp}$$

### Paso 5. Proponer nuevo motor de Alta Eficiencia

Una vez conocida la potencia al freno se selecciona el motor de alta eficiencia para que trabaje cerca del 75% de carga.

$$Pot_{AEmec} = \left[ \frac{Pot_{STDmec}}{0.75} \right] \dots [\text{hp, kW}] \quad (5.1)$$

Para el caso del ejemplo se tiene

$$Pot_{AEmec} = \frac{28.85}{0.75} = 38.47 \text{ kW} = 51.56 \text{ hp}$$

Una vez determinada la potencia necesaria en el motor de alta eficiencia se debe calcular el factor de



## AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS

carga al cual trabajará a través de la siguiente relación:

$$FC_{AE} = \left( \frac{Pot_{STD\ mec}}{Pot_{AE\ placa}} \right) \quad (5.2)$$

Donde  $Pot_{AE\ placa}$  estará determinada por la potencia del motor inmediato superior a la obtenida por la ecuación 5.1, que en este caso es de 60 hp.

$$FC_{AE} = \left[ \frac{Pot_{STD\ mec} \left[ \frac{hp}{hp} \right]}{Pot_{AE\ placa} \left[ \frac{hp}{hp} \right]} \right] = \left( \frac{38.68}{60} \right) = 0.6447$$

### Paso 6. Determinar la eficiencia del nuevo motor

Con base al factor de carga se determina la eficiencia del nuevo motor de acuerdo al catalogo de fabricante o bien del Anexo 1 (motor de alta eficiencia, 60 hp, abierto y 1800 r.p.m.)

Como no coinciden los valores del factor de carga con los datos del Anexo 1, será necesario interpolar con la siguiente ecuación y los valores correspondientes

$$\eta_{AE} = \left( \frac{FC_{AE} - FC_1}{FC_2 - FC_1} \right) (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1 \quad (6)$$

Factor de carga	Eficiencia
$FC_1 = 0.50$	$\eta_1 = 0.9469$
$FC_{AE} = 0.6447$	$\eta_{AE} = ?$
$FC_2 = 0.75$	$\eta_2 = 0.9499$

$$\eta_{AE} = \left( \frac{0.6447 - 0.50}{0.75 - 0.50} \right) (0.9499 - 0.9469) + 0.9469 = 0.9486$$

### Paso 7. Efectuar los ajustes a la eficiencia

La siguiente ecuación se derivada de la (3.1), con  $FA_{re}=0$ , por ser un motor nuevo,  $\eta_{AE}=0.9486$  y  $FA_{dv} = 0.9999$

$$\eta_{AE\ ajustada} = FA_{dv} (\eta_{AE} + FA_{vv}) \quad (7)$$

$FA_{vv}$  se tendrá que determinar con las ecuaciones 3.2 y 3.3 de acuerdo a los datos de placa del motor de alta eficiencia, que en este caso es 460 V, entonces:

$$VV = \left( \frac{\frac{445.1 + 446.9 + 445.1}{3}}{460} - 1 \right) = -0.0311$$

$$FA_{vv} = (-0.0311)[0.07 - 1.334(-0.0311)] - 0.0009 = -0.0044$$

Con estos datos en la ecuación (7) se tiene:

$$\eta_{AE\ ajustada} = 0.9999(0.9486 - 0.0044) = 0.9441$$

### Paso 8. Calcular la potencia demandada por el nuevo motor

Con la eficiencia, la potencia de placa y el factor de carga al que trabajará el nuevo motor se calcula la potencia eléctrica que demandará.

$$Pot_{AE\ ele} = \frac{(Pot_{AE\ mec})(FC_{AE})(0.746)}{\eta_{AE\ ajustada}} \dots [kW] \quad (8)$$

$$Pot_{AE\ ele} = \frac{(60)(0.6447)(0.746)}{0.9441} = 30.57 \text{ kW}$$

### Paso 9. Cálculo del ahorro energético y económico

#### ➤ Cálculo del ahorro en Potencia (Demanda)

Para obtener el ahorro se resta el valor de la potencia que demandará el nuevo motor de alta eficiencia a la demanda el motor actual.

$$A_D = Pot_{STD\ ele} - Pot_{AE\ ele} \dots [kW] \quad (9.1)$$

Entonces,

$$A_D = 32.69 - 30.57 = 2.12 \text{ kW}$$

Lo que representa un ahorro del  $\frac{2.12}{32.69} * 100 = 6.49\%$

#### ➤ Cálculo del ahorro en Energía (Consumo)



## AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS

Con el ahorro en demanda y las horas de operación al año, se calcula el ahorro de energía al año (kWh/año).

$$A_C = (A_D)(\text{hora de operación al año}) \dots [\text{kWh/año}] \quad (9.2)$$

Por lo tanto para el ejemplo se tiene:

$$A_C = (2.12)(7,200) = 15,264 \text{ kWh/año}$$

### ➤ **Cálculo del ahorro económico**

Con el ahorro en consumo y demanda se calcula el ahorro económico anual.

$$A_E = (12)(A_D)(\text{Costo}_D) + (A_C)(\text{Costo}_C \text{ Ponderado}) \dots [\$/año] \quad (9.3)$$

Donde el Costo<sub>D</sub> se obtiene de los datos de facturación o de la página electrónica de la C.F.E.: [www.cfe.gob.mx/gercom/tarifa100/](http://www.cfe.gob.mx/gercom/tarifa100/)

El Costo<sub>C Ponderado</sub> en el Anexo 2 se muestra cómo se calcula.

$$A_E = (12)(2.12)(68.970) + (15,336)(0.4283) = 8,323.01 \text{ \$/año}$$

### **Paso 10. Período de amortización o Período Simple de Recuperación**

$$\text{P.S.R.} = \frac{\text{Inversión}}{A_E} \dots [\text{años}] \quad (10)$$

Considerando el precio de referencia de \$2,012.35 USD y una paridad de \$9.35/USD, se tiene un costo de \$18,815.47

$$\text{P.S.R.} = \frac{18,815.47}{8,323.01} = 2.26 \text{ años}$$

**Con el fin de hacer un análisis más profundo se desarrollará el mismo procedimiento ahora con un motor de 50 hp. Los primeros cuatro pasos se omiten por corresponder al motor estándar actual.**

### **Paso 5. Proponer el nuevo motor de alta eficiencia.**

$$FC_{AE} = \left[ \frac{\text{Pot}_{\text{STDmcc}}}{\text{Pot}_{\text{AEplaca}}} \right] = \left( \frac{38.67}{50} \right) = 0.7734$$

### **Paso 6. Determinar la eficiencia del nuevo motor de alta eficiencia de 50 hp, abierto y 1800 rpm en el Anexo 1.**

Con los datos del Anexo 1 para un motor de alta eficiencia de 50 hp, abierto a 1800 r.p.m.

Factor de carga	Eficiencia
FC <sub>1</sub> = 0.75	η <sub>1</sub> = 0.9484
FC = 0.7734	η = ¿?
FC <sub>2</sub> = 1.0	η <sub>2</sub> = 0.9409

$$\eta_{AE} = \left( \frac{0.7734 - 0.75}{1.0 - 0.75} \right) (0.9409 - 0.9484) + 0.9484 = 0.9477$$

### **Paso 7. Efectuar los ajustes a la eficiencia**

Con FA<sub>wv</sub> y FA<sub>dv</sub> iguales a los calculados con anterioridad FA<sub>wv</sub> = -0.0044 y FA<sub>dv</sub> = 0.9999 en la ecuación (7) se tiene:

$$\eta_{AE \text{ ajustada}} = 0.9999(0.9477 - 0.0044) = 0.9432$$

### **Paso 8. Calcular la potencia demandada por el nuevo motor**

$$\text{Pot}_{\text{AEele}} = \frac{(50)(0.7734)(0.746)}{0.9432} = 30.59 \text{ kW}$$

### **Paso 9. Cálculo del ahorro energético y económico**

#### ➤ **Cálculo del ahorro en Potencia (Demanda)**

$$A_D = 32.69 - 30.59 = 2.1 \text{ kW}$$

Lo que representa un ahorro del  $\frac{2.1}{32.69} * 100 = 6.42\%$

#### ➤ **Cálculo del ahorro en Energía (Consumo)**

Con el ahorro en demanda y las horas de operación al año, se calculan los ahorros de energía (kWh) anuales.



## AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS

$$A_c = (2.1)(7,200) = 15,120 \text{ kWh/año}$$

### ➤ Cálculo del ahorro económico

Con el ahorro en consumo y demanda se determina el ahorro económico anual.

$$A_E \text{ Total} = (12)(2.1)(68,970) + (15,120)(0.4283) = 8,213.94 \text{ \$/año}$$

### Paso 10. Período de amortización o Período Simple de Recuperación

Considerando el precio de referencia de \$1,671.03 USD y una paridad de \$9.35/USD, se tiene un costo de \$15,624.13

$$P.S.R. = \frac{15,624.13}{8,213.94} = 1.90 \text{ años}$$

### ❑ CONCLUSIONES

Para comparar los casos analizados, se puede utilizar el índice de rendimiento de inversión ( $\$/\text{kWh}_{\text{ahorrado}}$ ) que permite identificar con claridad el ahorro en función de la inversión:

$$\text{Para 60 hp} = \frac{\$19,419.37}{15,336 \text{ kWh/año}} = 1.27 \text{ \$/kWh}_{\text{ahorrado}}$$

$$\text{Para 50 hp} = \frac{\$16,125.44}{15,120 \text{ kWh/año}} = 1.07 \text{ \$/kWh}_{\text{ahorrado}}$$

En el primer ejemplo resulta más rentable el reemplazar el motor de 100 hp original por el de 50 hp aún cuando el motor de 60 hp permite un mayor ahorro de energía (50 hp: 6.42%, 60 hp: 6.49%), esto se debe al precio del motor y se corrobora por el índice de rendimiento de capital que para el motor de 50 hp es de \$1.07 de inversión por kWh ahorrado al año mientras que para el de 60 hp es de \$1.27/kWh.

hp	Kw. Original	hp Nuevo	Ahorro			PSR
			Kw.	kWh/año	\\$/año	
100	32.69	50	2.10	15,120	8,213.94	1.90
		60	2.12	15,264	8,323.01	2.26

### ❑ NOMENCLATURA

**VARIABLE UNIDADES**

A	Ahorro	
FA	Factor de ajuste	1
FC	Factor de carga	1
FP	Factor de potencia	1
hp	Potencia nominal de un motor	hp
I	Corriente	Amperes
Pot	Potencia demandada	KW
V	Tensión	Volts
$\eta$	Eficiencia	1
S/d	Sin datos suficientes	

### SUBINDICES

AE	Referente al motor de alta eficiencia
Ajustada	Se refiere a un ajuste
C	Consumo
D	Demanda
dv	Referente a desbalanceo de tensión
E	Económico
ele	Eléctrica
max	Valor máximo de una serie
mec	Mecánica
min	Valor mínimo de una serie
p	Promedio
placa	Datos de placa
ponderado	Se refiere a una ponderación
re	Relativo a reembobinado
STD	Referente al motor de eficiencia estándar
vv	Referente a diferencia de tensión

Procedimiento de Evaluación para la Sustitución de Motores Eléctricos de Eficiencia Estándar por Motores de Alta Eficiencia





**Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.**

# **ANEXO C**

**– LISTA DE PRECIOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS**

**COOPER LIGHTING DE MÉXICO S DE RL DE CV**

Guadalajara, Jal.  
CP. 44190



**COTIZACION**

**CLIENTE:** PART.  
**ATN:** SG  
**REFERENCIA:** FS

**PROYECTO:** PART  
**FECHA:** 06-dic-13  
**NO. COTIZACIÓN:** B.13.12.06

UN	CAT. COOPER	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	MONEDA	TIEMPO ENTREGA
1	HBL-454T5-NUNV-EBT1-U	COOPER LIGHTING - METALUX HBL-454T5-NUNV-EBT1-U OPEN HIGH BAY LUMINAIRE WITH SPECULAR REFLECTOR, NARROW DISTRIBUTION NO UPLIGHT (Tipo 1)		187	\$2,279.61	\$426,287.07	M.N.	5 A 7 SEMANAS
2	VT4-454T5-WDR-UNV-EHT1-WL-U	COOPER LIGHTING - METALUX VT4-454T5-WDR-UNV-EHT1-WL-U 4/54W T5HO C LAMP 51.5x14.5x6"ENCLOSED & GASKETED LUMINAIRE WHITE REFLECTOR w/CLEAR ACRYLIC DROP LENS UNIVERSAL BALLAST #B454IUNV-E WATTS=226 REFL=86%		102	\$4,360.85	\$444,806.70	M.N.	5 A 7 SEMANAS
3	I8-232-TBWUNV-EB81-UPL	COOPER LIGHTING - METALUX I8-232-TBWUNV-EB81-UPL I8 SERIES LUMINAIRE WITH SPECULAR ALUMINUM MEDIUM DISTRIBUTION REFLECTOR, UPLIGHT, AND THIN WHITE LOUVER		64	\$873.36	\$55,895.04	M.N.	4 A 6 SEMANAS
4	VT2-232 DR	COOPER LIGHTING - METALUX VT2-232 DR VT Series Industrial Vaportite Luminaire with clear low brightness pattern acrylic lens. (Tipo 1)		84	\$1,324.09	\$111,223.56	M.N.	4 A 6 SEMANAS
<b>TOTAL SIN IVA</b>						<b>\$1,038,212.37</b>		
<b>IVA</b>						<b>\$166,113.98</b>		
<b>NETO</b>						<b>\$1,204,326.35</b>		

**TOTAL DEL PRESUPUESTO (LETRA)**  
**UN MILLON CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE 89/100 M.N.**

Ing. Ortíz Montes  
RESPONSABLE DE VENTAS BAJIO  
Cooper Lighting de México S de RL de CV

# WEG México S.A. de C.V.

## Lista de Precios

### Motores Baja Tensión



LP MEW22 010712

Vigente a partir del 01 de Julio del 2012

Cancela lista: LP MEW22 010511 Rev. 1



www.weg.net/mx

# MOTORES NEMA TRIFÁSICOS ARMAZÓN DE ALUMINIO (Multimontaje) W22 NEMA PREMIUM



Motores modelo MPA3J y MPM3J con las siguientes características:

- Motores con patas desmontables (Armazón MPM3J-143/5T – 213/5t)
- Motores con caja de conexión y patas fundidos (Armazón MPA3J-48)
- Totalmente cerrados con ventilación exterior TEFC)
- Montaje: Horizontal
- Caja de conexiones: Superior (F3) como estándar
- Aislamiento: Clase F
- Diseño Eléctrico: NEMA B
- Protección IP55
- Servicio: Continuo
- Factor de servicio 1.15 armazón 48, 1.25 armazones 143T a 215T
- Voltaje: 208-230 / 460 V @ 60 HZ

## CERTIFICACIONES



# ARMAZÓN DE ALUMINIO

Potencia		Polos	Armazón NEMA	Estándar	Precio	Brida C	Precio	Brida D	Precio
kW	HP								
0,19	0,25	4	48	.2518AS3E48T	\$ 3,579	.2518AS3E48TC	\$ 3,833		\$ -
		6	48	.2512AS3E48T	\$ 4,716	.2512AS3E48TC	\$ 5,046		\$ -
0,37	0,5	2	48	.5036AS3E48T	\$ 4,089	.5036AS3E48TC	\$ 4,376		\$ -
		4	48	.5018AS3E48T	\$ 3,812	.5018AS3E48TC	\$ 4,080		\$ -
		6	143T	.5012MP3E143T	\$ 5,802	.5012MP3E143TC	\$ 6,208	.5012MP3E143TD	\$ 6,383
		8	143T	.5009MP3E143T	\$ 6,875	.5009MP3E143TC	\$ 7,357	.5009MP3E143TD	\$ 7,563
0,56	0,75	2	48	.7536AS3E48T	\$ 4,121	.7536AS3E48TC	\$ 4,410		\$ -
		4	143T	.7518MP3E143T	\$ 5,449	.7518MP3E143TC	\$ 5,833	.7518MP3E143TD	\$ 5,996
		6	143T	.7512MP3E143T	\$ 6,021	.7512MP3E143TC	\$ 6,444	.7512MP3E143TD	\$ 6,625
		8	145T	.7509MP3E145T	\$ 7,945	.7509MP3E145TC	\$ 8,502	.7509MP3E145TD	\$ 8,739
0,75	1	2	48	00136AP3E48T	\$ 4,664	00136AP3E48TC	\$ 4,990		\$ -
		4	143T	00118MT3E143T	\$ 6,910	00118MT3E143TC	\$ 7,393	00118MT3E143TD	\$ 7,532
		6	145T	00112MT3E145T	\$ 8,631	00112MT3E145TC	\$ 9,235	00112MT3E145TD	\$ 9,408
		8	182T	00109MT3E182T	\$ 12,125	00109MT3E182TC	\$ 12,974	00109MT3E182TD	\$ 13,216
1,1	1,5	2	143T	00156MT3E143T	\$ 7,090	00156MT3E143TC	\$ 7,587	00156MT3E143TD	\$ 7,729
		4	145T	00158MT3E145T	\$ 7,378	00158MT3E145TC	\$ 7,895	00158MT3E145TD	\$ 8,042
		6	182T	00152MT3E182T	\$ 9,485	00152MT3E182TC	\$ 10,149	00152MT3E182TD	\$ 10,338
		8	184T	00159MT3E184T	\$ 12,398	00159MT3E184TC	\$ 13,266	00159MT3E184TD	\$ 13,514
1,5	2	2	145T	00236MT3E145T	\$ 8,136	00236MT3E145TC	\$ 8,706	00236MT3E145TD	\$ 8,868
		4	145T	00218MT3E145T	\$ 8,003	00218MT3E145TC	\$ 8,563	00218MT3E145TD	\$ 8,724
		6	184T	00212MT3E184T	\$ 10,368	00212MT3E184TC	\$ 11,094	00212MT3E184TD	\$ 11,301
		8	213T	00209MT3E213T	\$ 15,869	00209MT3E213TC	\$ 16,979	00209MT3E213TD	\$ 17,297
2,2	3	2	182T	00336MT3E182T	\$ 9,053	00336MT3E182TC	\$ 9,687	00336MT3E182TD	\$ 9,868
		4	182T	00318MT3E182T	\$ 9,356	00318MT3E182TC	\$ 10,011	00318MT3E182TD	\$ 10,198
		6	213T	00312MT3E213T	\$ 14,760	00312MT3E213TC	\$ 15,793	00312MT3E213TD	\$ 16,088
		8	215T	00309MT3E215T	\$ 15,890	00309MT3E215TC	\$ 17,002	00309MT3E215TD	\$ 17,320
3,7	5	2	184T	00536MT3E184T	\$ 11,787	00536MT3E184TC	\$ 12,612	00536MT3E184TD	\$ 12,848
		4	184T	00518MT3E184T	\$ 10,409	00518MT3E184TC	\$ 11,138	00518MT3E184TD	\$ 11,346
		6	215T	00512MT3E215T	\$ 16,060	00512MT3E215TC	\$ 17,184	00512MT3E215TD	\$ 17,505
5,6	7,5	2	213T	00736MT3E213T	\$ 15,179	00736MT3E213TC	\$ 16,241	00736MT3E213TD	\$ 16,545
		4	213T	00718MT3E213T	\$ 15,222	00718MT3E213TC	\$ 16,288	00718MT3E213TD	\$ 16,592
7,5	10	2	215T	01036MT3E215T	\$ 20,088	01036MT3E215TC	\$ 21,494	01036MT3E215TD	\$ 21,896
		4	215T	01018MT3E215T	\$ 18,748	01018MT3E215TC	\$ 20,060	01018MT3E215TD	\$ 20,435

**NOTAS:**

- Para otras potencias y armazones o especialidades consultar a su representante de ventas.
- Algunos modelos no se tienen en stock, para tiempos de entrega favor de consultar a WEG
- **PRECIOS EXPRESADOS EN PESOS MEXICANOS SIN IVA**

## OTRAS SOLUCIONES WEG

### Energía



Generadores



Línea M



Línea H



Transformadores

### Automatización



Control



Drives



Tableros



# MOTORES NEMA TRIFÁSICOS USO SEVERO ARMAZÓN DE HIERRO W22 SEVERE DUTY NEMA PREMIUM



Motores modelo MPH3J con las siguientes características:

- Totalmente cerrados con ventilación exterior TEFC)
- Montaje: Horizontal
- Caja de conexiones: Lateral (F1)
- Aislamiento: Clase F
- Diseño Eléctrico: NEMA B
- Doble sello “V-Ring” en la flecha
- Rodamiento de bolas (de rodillos como opcional)
- Servicio: Continuo
- Factor de servicio 1.25 (de 1 a 100HP) | 1.15 (potencias mayores)
- Voltaje: 208-230 / 460 V @ 60 HZ
- Protección IP55

## CERTIFICACIONES



# W22 SEVERE DUTY NEMA PREMIUM

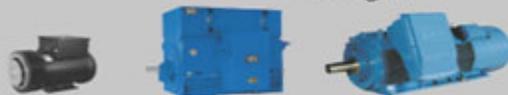
HP	Polos	Arm	Código	Precio	Código	Precio	Código	Precio
0.75	4	143T	.7518ET3E143TW	\$ 5,202	.7518ET3EM143TC	\$ 5,566	.7518ET3EM143TDW	\$ 5,722
	6	143T	.7512ET3E143TW	\$ 5,749	.7512ET3EM143TC	\$ 6,151	.7512ET3EM143TDW	\$ 6,324
	8	145T	.7509ET3E145TW	\$ 9,262	.7509ET3EM145TC	\$ 9,910	.7509ET3EM145TDW	\$ 10,188
1	4	143T	00118ET3EM143TW	\$ 5,858	00118ET3EM143TCW	\$ 6,268	00118ET3EM143TDW	\$ 6,444
	6	145T	00112ET3EM145TW	\$ 7,559	00112ET3EM145TCW	\$ 8,088	00112ET3EM145TDW	\$ 8,315
	8	182T	00109ET3EM182TW	\$ 10,619	00109ET3EM182TCW	\$ 11,362	00109ET3EM182TDW	\$ 11,680
1.5	2	143T	00156ET3EM143TW	\$ 6,210	00156ET3EM143TCW	\$ 6,644	00156ET3EM143TDW	\$ 6,831
	4	145T	00158ET3EM145TW	\$ 6,462	00158ET3EM145TCW	\$ 6,914	00158ET3EM145TDW	\$ 7,108
	6	182T	00152ET3EM182TW	\$ 9,603	00152ET3EM182TCW	\$ 10,275	00152ET3EM182TDW	\$ 10,563
	8	184T	00159ET3EM184TW	\$ 10,858	00159ET3EM184TCW	\$ 11,618	00159ET3EM184TDW	\$ 11,944
2	2	145T	00236ET3EM145TW	\$ 7,125	00236ET3EM145TCW	\$ 7,624	00236ET3EM145TDW	\$ 7,838
	4	145T	00218ET3EM145TW	\$ 7,009	00218ET3EM145TCW	\$ 7,499	00218ET3EM145TDW	\$ 7,710
	6	184T	00212ET3EM184TW	\$ 11,113	00212ET3EM184TCW	\$ 11,891	00212ET3EM184TDW	\$ 12,224
	8	213T	00209ET3EM213TW	\$ 12,947	00209ET3EM213TCW	\$ 13,853	00209ET3EM213TDW	\$ 14,242
3	2	182T	00336ET3EM182TW	\$ 7,928	00336ET3EM182TCW	\$ 8,482	00336ET3EM182TDW	\$ 8,720
	4	182T	00318ET3EM182TW	\$ 8,393	00318ET3EM182TCW	\$ 8,980	00318ET3EM182TDW	\$ 9,232
	6	213T	00312ET3EM213TW	\$ 13,730	00312ET3EM213TCW	\$ 14,691	00312ET3EM213TDW	\$ 15,103
	8	215T	00309ET3EM215TW	\$ 19,208	00309ET3EM215TCW	\$ 20,552	00309ET3EM215TDW	\$ 21,128
5	2	184T	00536ET3EM184TW	\$ 10,324	00536ET3EM184TCW	\$ 11,046	00536ET3EM184TDW	\$ 11,356
	4	184T	00518ET3EM184TW	\$ 9,202	00518ET3EM184TCW	\$ 9,846	00518ET3EM184TDW	\$ 10,122
	6	215T	00512ET3EM215TW	\$ 16,793	00512ET3EM215TCW	\$ 17,968	00512ET3EM215TDW	\$ 18,472
	8	254T	00509ET3EM254TW	\$ 28,538	00509ET3EM254TCW	\$ 30,536	00509ET3EM254TDW	\$ 31,392
7.5	2	213T	00736ET3EM213TW	\$ 13,500	00736ET3EM213TCW	\$ 14,445	00736ET3EM213TDW	\$ 14,850
	4	213T	00718ET3EM213TW	\$ 13,331	00718ET3EM213TCW	\$ 14,264	00718ET3EM213TDW	\$ 14,664
	6	254T	00712ET3EM254TW	\$ 28,125	00712ET3EM254TCW	\$ 30,094	00712ET3EM254TDW	\$ 30,938
	8	256T	00709ET3EM256TW	\$ 31,618	00709ET3EM256TCW	\$ 33,832	00709ET3EM256TDW	\$ 34,780
10	2	215T	01036ET3EM215TW	\$ 17,592	01036ET3EM215TCW	\$ 18,823	01036ET3EM215TDW	\$ 19,351
	4	215T	01018ET3EM215TW	\$ 15,638	01018ET3EM215TCW	\$ 16,732	01018ET3EM215TDW	\$ 17,201
	6	256T	01012ET3EM256TW	\$ 32,719	01012ET3EM256TCW	\$ 35,009	01012ET3EM256TDW	\$ 35,991
	8	284T	01009ET3EM284TW	\$ 46,707	01009ET3EM284TCW	\$ 49,976	01009ET3EM284TDW	\$ 51,378
15	2	254T	01536ET3EM254TW	\$ 24,589	01536ET3EM254TCW	\$ 26,310	01536ET3EM254TDW	\$ 27,048
	4	254T	01518ET3EM254TW	\$ 25,616	01518ET3EM254TCW	\$ 27,409	01518ET3EM254TDW	\$ 28,177
	6	284T	01512ET3EM284TW	\$ 44,288	01512ET3EM284TCW	\$ 47,388	01512ET3EM284TDW	\$ 48,717
	8	286T	01509ET3EM286TW	\$ 54,961	01509ET3EM286TCW	\$ 58,809	01509ET3EM286TDW	\$ 60,457
20	2	256T	02036ET3EM256TW	\$ 35,843	02036ET3EM256TCW	\$ 38,352	02036ET3EM256TDW	\$ 39,427
	4	256T	02018ET3EM256TW	\$ 33,192	02018ET3EM256TCW	\$ 35,515	02018ET3EM256TDW	\$ 36,511
	6	286T	02012ET3EM286TW	\$ 47,311	02012ET3EM286TCW	\$ 50,623	02012ET3EM286TDW	\$ 52,043
	8	324T	02009ET3EM324TW	\$ 74,490	02009ET3EM324TCW	\$ 79,704	02009ET3EM324TDW	\$ 81,939
25	2	284TS	02536ET3EM284TSW	\$ 42,765	02536ET3EM284TSC	\$ 45,759	02536ET3EM284SDW	\$ 47,042
	4	284T	02518ET3EM284TW	\$ 37,087	02518ET3EM284TCW	\$ 39,683	02518ET3EM284TDW	\$ 40,796
	6	324T	02512ET3EM324TW	\$ 65,833	02512ET3EM324TCW	\$ 70,441	02512ET3EM324TDW	\$ 72,416
	8	326T	02509ET3EM326TW	\$ 83,316	02509ET3EM326TCW	\$ 89,148	02509ET3EM326TDW	\$ 91,647
30	2	286TS	03036ET3EM286TSW	\$ 46,031	03036ET3EM286TSC	\$ 49,253	03036ET3EM286SDW	\$ 50,634
	4	286T	03018ET3EM286TW	\$ 42,563	03018ET3EM286TCW	\$ 45,542	03018ET3EM286TDW	\$ 46,819
	6	326T	03012ET3EM326TW	\$ 69,795	03012ET3EM326TCW	\$ 74,681	03012ET3EM326TDW	\$ 76,775
	8	364T	03009ET3EM364TW	\$ 94,421	03009ET3EM364TCW	\$ 101,030	03009ET3EM364TDW	\$ 103,863

**NOTAS:**

- Para otras potencias y armazones o especialidades consultar a su representante de ventas.
- Algunos modelos no se tienen en stock, para tiempos de entrega favor de consultar a WEG
- **PRECIOS EXPRESADOS EN PESOS MEXICANOS SIN IVA**

## OTRAS SOLUCIONES WEG

### Energía



Generadores

Línea M

Línea H



Transformadores

### Automatización



Control

Drives

Tableros

# W22 SEVERE DUTY NEMA PREMIUM

HP	Polos	Arm	Código	Precio	Código	Precio	Código	Precio
40	2	324TS	04036ET3EM324TSW	\$ 60,458	04036ET3EM324SCW	\$ 64,690	04036ET3EM324SDW	\$ 66,504
	4	324T	04018ET3EM324TW	\$ 53,670	04018ET3EM324TCW	\$ 57,427	04018ET3EM324TDW	\$ 59,037
	6	364T	04012ET3EM364TW	\$ 85,190	04012ET3EM364TCW	\$ 91,154	04012ET3EM364TDW	\$ 93,709
	8	365T	04009ET3EM365TW	\$ 113,396	04009ET3EM365TCW	\$ 121,333	04009ET3EM365TDW	\$ 124,735
50	2	326TS	05036ET3EM326TSW	\$ 66,558	05036ET3EM326SCW	\$ 71,218	05036ET3EM326SDW	\$ 73,214
	4	326T	05018ET3EM326TW	\$ 62,917	05018ET3EM326TCW	\$ 67,321	05018ET3EM326TDW	\$ 69,209
	6	365T	05012ET3EM365TW	\$ 113,949	05012ET3EM365TCW	\$ 121,925	05012ET3EM365TDW	\$ 125,344
	8	404T	05009ET3EM404TW	\$ 161,562	05009ET3EM404TCW	\$ 172,871	05009ET3EM404TDW	\$ 177,718
60	2	364TS	06036ET3EM364TSW	\$ 85,553	06036ET3EM364SCW	\$ 91,542	06036ET3EM364SDW	\$ 94,108
	4	364T	06018ET3EM364TW	\$ 88,954	06018ET3EM364TCW	\$ 95,181	06018ET3EM364TDW	\$ 97,849
	6	404T	06012ET3EM404TW	\$ 132,230	06012ET3EM404TCW	\$ 141,486	06012ET3EM404TDW	\$ 145,453
	8	405T	06009ET3EM405TW	\$ 181,106	06009ET3EM405TCW	\$ 193,783	06009ET3EM405TDW	\$ 199,216
75	2	365TS	07536ET3EM365TSW	\$ 114,720	07536ET3EM365SCW	\$ 122,750	07536ET3EM365SDW	\$ 126,192
	4	365T	07518ET3EM365TW	\$ 106,282	07518ET3EM365TCW	\$ 113,722	07518ET3EM365TDW	\$ 116,910
	6	405T	07512ET3EM405TW	\$ 171,293	07512ET3EM405TCW	\$ 183,283	07512ET3EM405TDW	\$ 188,422
	8	444T	07509ET3EM444TW	\$ 209,376	07509ET3EM444TCW	\$ 224,032	07509ET3EM444TDW	\$ 230,314
100	2	405TS	10036ET3EM405TSW	\$ 157,841	10036ET3EM405SCW	\$ 168,890	10036ET3EM405SDW	\$ 173,625
	4	405T	10018ET3EM405TW	\$ 128,550	10018ET3EM405TCW	\$ 137,549	10018ET3EM405TDW	\$ 141,405
	6	444T	10012ET3EM444TW	\$ 201,001	10012ET3EM444TCW	\$ 215,071	10012ET3EM444TDW	\$ 221,101
	8	445T	10009ET3EM445TW	\$ 232,552	10009ET3EM445TCW	\$ 248,831	10009ET3EM445TDW	\$ 255,808
125	2	444TS	12536ET3EM444TSW	\$ 192,496	12536ET3EM444SCW	\$ 205,971	12536ET3EM444SDW	\$ 211,746
	4	444T	12518ET3EM444TW	\$ 185,663	12518ET3EM444TCW	\$ 198,660	12518ET3EM444TDW	\$ 204,229
	6	445T	12512ET3EM445TW	\$ 229,887	12512ET3EM445TCW	\$ 245,979	12512ET3EM445TDW	\$ 252,876
	8	447T	12509ET3EM447TW	\$ 325,601	12509ET3EM447TCW	\$ 348,393	12509ET3EM447TDW	\$ 358,161
150	2	445TS	15036ET3EM445TSW	\$ 200,336	15036ET3EM445SCW	\$ 214,359	15036ET3EM445SDW	\$ 220,370
	4	445T	15018ET3EM445TW	\$ 197,307	15018ET3EM445TCW	\$ 211,118	15018ET3EM445TDW	\$ 217,037
	6	447T	15012ET3EM447TW	\$ 277,503	15012ET3EM447TCW	\$ 296,929	15012ET3EM447TDW	\$ 305,254
	8	447T	15009ET3EM447TW	\$ 415,106	15009ET3EM447TCW	\$ 444,163	15009ET3EM447TDW	\$ 456,617
200	2	447TS	20036ET3EM447TSW	\$ 267,668	20036ET3EM447SCW	\$ 286,405	20036ET3EM447SDW	\$ 294,435
	4	447T	20018ET3EM447TW	\$ 238,770	20018ET3EM447TCW	\$ 255,484	20018ET3EM447TDW	\$ 262,648
	6	447T	20012ET3EM447TW	\$ 303,625	20012ET3EM447TCW	\$ 324,878	20012ET3EM447TDW	\$ 333,987
	8	449T	20009ET3EM586/7W	\$ 421,313	20009ET3EM586/7C	\$ 450,804	20009ET3EM586/7D	\$ 463,444
250	2	449TS	25036ET3EM449TSW	\$ 322,439	25036ET3EM449SCW	\$ 345,010	25036ET3EM449SDW	\$ 354,683
	4	449T	25018ET3EM449TW	\$ 323,612	25018ET3EM449TCW	\$ 346,265	25018ET3EM449TDW	\$ 355,973
	6	449T	25012ET3EM449TW	\$ 433,188	25012ET3EM449TCW	\$ 463,511	25012ET3EM449TDW	\$ 476,507
	8	586T	25012ET3EM586TW	\$ 673,649	25012ET3EM586TCW	\$ 720,804	25012ET3EM586TDW	\$ 741,013
300	2	449TS	30036ET3EM449TSW	\$ 451,352	30036ET3EM449SCW	\$ 482,947	30036ET3EM449TSD	\$ 496,487
	4	449T	30018ET3EM449TW	\$ 409,170	30018ET3EM449TCW	\$ 437,811	30018ET3EM449TDW	\$ 450,087
	6	449T	30012ET3EM449TW	\$ 496,598	30012ET3EM449TCW	\$ 531,359	30012ET3EM449TDW	\$ 546,257
350	2	449TS	35036ET3EM449TSW	\$ 454,209	35036ET3EM449SCW	\$ 486,004	35036ET3EM449SDW	\$ 499,630
	4	449T	35018ET3EM449TW	\$ 485,006	35018ET3EM449TCW	\$ 518,956	35018ET3EM449TDW	\$ 533,506
	6	586T	35012ET3EM586TW	\$ 569,783	35012ET3EM586TCW	\$ 609,667	35012ET3EM586TDW	\$ 626,761
400	2	586TS	40036ET3EM586TSW	\$ 614,834	40036ET3EM586SCW	\$ 657,872	40036ET3EM586SDW	\$ 676,317
	4	586T	40018ET3EM586TW	\$ 533,505	40018ET3EM586TCW	\$ 570,850	40018ET3EM586TDW	\$ 586,856
	6	586T	40012ET3EM586TW	\$ 703,701	40012ET3EM586TCW	\$ 752,960	40012ET3EM586TDW	\$ 774,071
500	4	586T	50018ET3EM586TW	\$ 539,989	50018ET3EM586TCW	\$ 577,788	50018ET3EM586TDW	\$ 593,988

**NOTAS:**

- Para otras potencias y armazones o especialidades consultar a su representante de ventas.
- Algunos modelos no se tienen en stock, para tiempos de entrega favor de consultar a WEG
- **PRECIOS EXPRESADOS EN PESOS MEXICANOS SIN IVA**

## OTRAS SOLUCIONES WEG

### Energía



Generadores



Linea M



Linea H



Transformadores

### Automatización



Control



Drives



Tableros

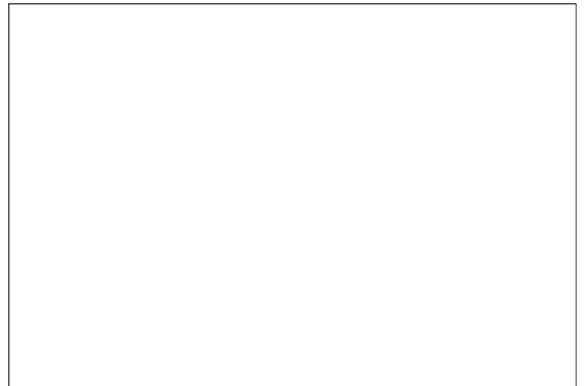


**WEG MEXICO, S.A. DE C.V.**

Carretera Jorobas – Tula km. 3.5 Manzana 5, Lote 1  
Fraccionamiento Parque Industrial Huehuetoca,  
Municipio de Huehuetoca, Estado de México C.P. 54680  
Cd. De México y Área Metropolitana  
Ventas: +52 (55) 5321 4275  
Asistencia Técnica: +52 (55) 5321 4261  
Fax: +52 (55) 5321 4237  
Llame sin costo: 01 800 504 9002

[Info-mx@weg.net](mailto:Info-mx@weg.net)  
[www.weg.net/mx](http://www.weg.net/mx)

**LP MEW22 010712**





## Planteamiento y evaluación técnica de un proyecto de eficiencia energética en una industria dulcera.

# **ANEXO D**

**- RECIBOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA - CFE**



Comisión Federal de Electricidad  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

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

Número de Servicio:

961 890 700

Total a pagar:

\$1,216,867.00

(UN MILLON DOSCIENTOS DIECISEIS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 00 M.N.)

Fecha límite de pago:

11 FEB 14

Nombre y Domicilio:

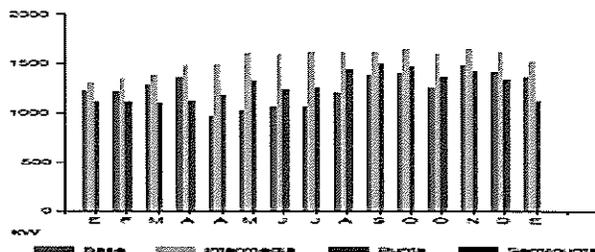
EJ  
EJE 18 Y EJE 120  
ZONA INDUST URB  
SAN LUIS POTOSI, SLP

Ruta: 81DU05C015010290  
Periodo: 31 DIC 13 A 31 ENE 14  
No. Medidor: L066A1

Tarifa: HM  
Carga conectada: 1700 kW  
Demanda contratada: 1700 kW  
Multiplicador: 2400

Función y periodo	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
kWh base				130,439
kWh intermedia				379,724
kWh punta				90,305
kW base				1,366
kW intermedia				1,517
kW punta				1,120
kVArh				238,568

Datos Históricos



Conceptos	Totales	Precios unitarios
Energía en base kWh	130,439	1.10000
Energía en intermedia kWh	379,724	1.32210
Energía en punta kWh	90,305	2.13290
Demanda facturable kW	1,240	176.90000

Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	EP %	FC %	Precio medio
ENE 13	1,175	528,986	91.47	54	1.6883
FEB 13	1,184	486,149	91.23	54	1.6658
MAR 13	1,188	503,033	91.68	49	1.6251
ABR 13	1,231	134,072	88.94	63	1.5940
MAY 13	1,272	492,689	90.05	57	1.5462
JUN 13	1,413	659,380	90.43	55	1.6478
JUL 13	1,347	678,796	90.40	59	1.5940
AGO 13	1,360	690,179	90.57	58	1.5629
SEP 13	1,500	786,320	88.83	64	1.5765
OCT 13	1,533	692,338	91.19	60	1.5753
NOV 13	1,527	662,664	90.09	64	1.6079
DIC 13	1,440	121,165	91.35	63	1.6724
ENE 14	1,498	711,423	90.93	60	1.7146
FEB 14	1,422	523,197	94.08	43	1.8346
MAR 14	1,240	600,468	92.93	53	1.7470

Avisos Importantes

- Corte a partir de 12 FEB 14.
- Las medidas de ahorro de energía se traducen en ahorros monetarios... ¡Y se ahorra energía!
- Nos transformamos para servirte mejor.
- Servicio a Clientes Teléfono 071.

Datos Fiscales del Receptor

CAN830210LE8

Serie: UE Folio: 000011157509  
Folio Fiscal: D481A2B6-A215-47D7-9F80-188E80E96562  
N. Certificado del SAT: 00001000000300494998  
No. certificado del CSD: 00001000000300470059  
Fecha y Hora de certificación: 2014-02-01T20:45:10

Unidad de medida: No Aplica  
Forma de pago: No Identificado  
Régimen Fiscal: TÍTULO III DEL RÉGIMEN DE LAS PERSONAS MORALES CON FINES NO LUCRATIVOS

Estado de cuenta

Conceptos	\$ Importe
Energía	838,127.52
Demanda Facturable	219,356.00
Bonificación Factor de Potencia	8,459.86
Subtotal	1,049,023.66
IVA 16%	167,843.78
Facturación del Periodo	1,216,867.44
Adeudo Anterior	1,113,435.43
Su Pago	1,113,435.00
<b>Total</b>	<b>\$1,216,867.87</b>



Cadena original

[j1.0]D481A2B6-A215-47D7-9F80-188E80E96562[2014-02-01T20:45:10]AAQ1BOQIG4923ahArNkz+dcM4vuHq5GqDa2ybwNw9H0KtQz9SZORxIH2IXJcOubKWA5Q5GhRecN3bRyP2TpbUm2k+zgCRlswN4YZU9HaetYyXqXj8y/

Sello Digital del CFDI

AAQ1BOQIG4923ahArNkz+dcM4vuHq5GqDa2ybwNw9H0KtQz9SZORxIH2IXJcOubKWA5Q5GhRecN3bRyP2TpbUm2k+zgCRlswN4YZU9HaetYyXqXj8y/

Sello Digital del SAT

zC0hKtYgeHvVtISnGyE9WooqdkngqcV90k970IBWidcnzWYzphsDYS3eChSeJPGtubfFRH16JycSq0TygyQJfXhIgr1sgsjzWVWPhJWJ06Q6yQRunpugI4H35qq1R43S9RQFw3mrYV7OW5kre9YUJ36IA+eSwPn4XEFgs=

Fecha, hora y lugar de impresión:

2/7/014 18:22:34 hrs  
Manuel José Oñor Esq. con Azteca Sur S/N Montecillo San Luis Potosí San Luis Potosí San Luis Potosí México C.P. 88160

El Gobierno Federal trabaja contra la impunidad, con tu ayuda fortalecemos la lucha Secretaría de la Función Pública quejas y denuncias al Teléfono:

Total a pagar:

\$1,216,867.00

(UN MILLON DOSCIENTOS DIECISEIS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 00/100 M.N.)

01 961890700918 140211 001216867 3

961890700918



Cuenta: 81DU05C015010290

Clave de envío: Eumex

TALÓN DE CAJA

**AVISO RECIBO**



**Comisión Federal de Electricidad**  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

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

Número de Servicio:

961 920 112

Total a pagar:

**\$476,646.00**

(CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 00/100 M.N.)

Fecha límite de pago:

11 FEB 14

Nombre y Domicilio:

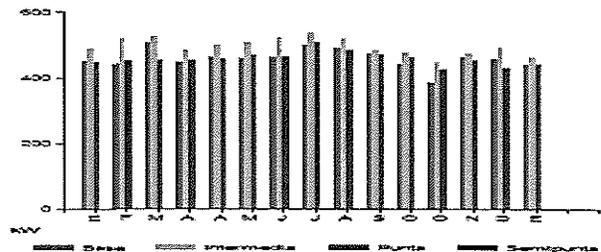
AV INDEPENDENCIA 3123 CP 10395  
EJE 116 Y EJE 118  
ZONA INDUST URB  
SAN LUIS POTOSI, SLP

Ruta: **81DU05C010012045** Período: **31 DIC 13 A 31 ENE 14** No. Medidor: **2TX428**

Tarifa: **HM** Carga conectada: **549** Demanda contratada: **549** Multiplicador: **700**

Función y período	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
kWh base				71,190
kWh intermedia				138,950
kWh punta				35,980
kW base				441
kW intermedia				461
kW punta				442
kVArh				65,660

**Datos Históricos**



Conceptos	Totales	Precios unitarios
Energía en base kWh	71,190	1.10000
Energía en intermedia kWh	138,950	1.32210
Energía en punta kWh	35,980	2.13290
Demanda facturable kW	448	176.90000

Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	EP %	FC %	Precio medio
ENE 13	461	245,070	95.59	67	1.5833
FEB 13	472	223,580	95.29	64	1.5676
MAR 13	476	226,450	95.90	58	1.5408
ABR 13	462	51,940	94.53	75	1.5519
MAY 13	469	198,520	95.29	69	1.4803
JUN 13	479	248,220	95.05	66	1.5756
JUL 13	483	252,350	94.42	67	1.5493
AGO 13	516	266,840	94.27	67	1.5286
SEP 13	496	275,520	94.04	71	1.5019
OCT 13	475	236,880	95.01	68	1.5087
NOV 13	467	218,820	95.09	74	1.5513
DIC 13	432	38,710	96.42	71	1.6238
ENE 14	449	245,070	95.49	72	1.6397
FEB 14	449	217,070	96.68	59	1.6846
MAR 14	448	246,120	96.62	72	1.6695

**Avisos Importantes**

- Corte a partir de 12 FEB 14.
- Las medidas de ahorro de energía se traducen en ahorros monetarios... ¡y se ahorra energía!
- Nos transformamos para servirte mejor.
- Servicio a Clientes Teléfono 071.

Datos Fiscales del Receptor  
PUL86040919A

Serie: UE Folio: 000011157436  
Folio Fiscal: 29F47744-4B2B-4D40-8E67-D1342A1632FC  
N. Certificado del SAT: 00001000000300494998  
No. certificado del CSD: 00001000000300470059  
Fecha y Hora de certificación: 2014-02-01T20:45:41  
Unidad de medida: No Aplica  
Forma de pago: No Identificado  
Régimen Fiscal: TÍTULO III DEL RÉGIMEN DE LAS PERSONAS MORALES CON FINES NO LUCRATIVOS

**Estado de cuenta**

Conceptos	\$ Importe
Energía	338,756.53
Demanda Facturable	79,251.20
Bonificación Factor de Potencia	7,106.13-
Subtotal	410,901.60
IVA 16%	65,744.25
Facturación del Periodo	476,645.85
Adeudo Anterior	424,183.40
Su Pago	424,183.00-
<b>Total</b>	<b>\$476,646.25</b>



**Cadena original**

[1]029F47744-4B2B-4D40-8E67-D1342A1632FC[2014-02-01T20:45:41]  
p2ncNvkB4ymWVcpYresgJL4KJ6KzR0Fo3UsSgtMSRSISFJLP2B2WbnUJRTqjWmDMGjRF87XsfmFakvnsXsxHCnYhSVfPHvta5e5Ap4TchdBYGHISPK2pORcJhIKTGmZiORuJGm4MDeOeXHDqg7hruxEg+8uWVgWFERA=IDB2Expb+Ce+0g+82my8TFwpuD60IKY4/5Sy8UAauwBRs/qFGsQwrd6fSS/0nCPQqex7W7CcO4H8wIEPI6ikhaHSNRM1VVWUJNuTj1JqgKwKQMDySACWksNTVj1s0RPI/RoqdxmNFL7XsZp2rqr4j5my/eixdZFK=

**Sello Digital del CFDI**

p2ncNvkB4ymWVcpYresgJL4KJ6KzR0Fo3UsSgtMSRSISFJLP2B2WbnUJRTqjWmDMGjRF87XsfmFakvnsXsxHCnYhSVfPHvta5e5Ap4TchdBYGHISPK2pORcJhIKTGmZiORuJGm4MDeOeXHDqg7hruxEg+8uWVgWFERA=

**Sello Digital del SAT**

D62Eapb+Ce+0g+82my8TFwpuD60IKY4/5Sy8UAauwBRs/qFGsQwrd6fSS/0nCPQqex7W7CcO4H8wIEPI6ikhaHSNRM1VVWUJNuTj1JqgKwKQMDySACWksNTVj1s0RPI/RoqdxmNFL7XsZp2rqr4j5my/eixdZFK=

**Pago en una sola exhibición**

Fecha, hora y lugar de impresión:

2/7/14 17:57:55 hrs.  
Manuel Jose Oñor Esq. con Azteca Sur S/N Montecillo San Luis Potosi San Luis Potosi San Luis Potosi México C.P. 89160

El Gobierno Federal trabaja contra la impunidad, con tu ayuda fortalecemos la lucha Secretaría de la Función Pública quejas y denuncias al Teléfono:

**Total a pagar:**

**\$476,646.00**

(CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 00/100 M.N.)

961920112862

01 961920112862 140211 000476646 9



Cuenta: **81DU05C010012045**

Clave de envío: **Eumex**

TALÓN DE CAJA