



Programa de la asignatura:

# Ingeniería ambiental de energía

## U3

Alternativas tecnológicas



DCSBA



TECNOLOGÍA  
AMBIENTAL



# Unidad 3. Alternativas tecnológicas



Estudio de los equipos modernos de alto voltaje. Tomada de: [www.freepik.com](http://www.freepik.com)



## Índice

Presentación de la Unidad.....	4
Propósitos de la unidad .....	7
Competencia específica .....	8
Actividades .....	8
3.1. Evaluación técnica.....	9
3.1.1. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético.....	10
3.1.2. Metodología de comparación de alternativas tecnológicas.....	15
3.1.3. Selección técnica de alternativas a evaluar económicamente .....	19
3.2. Evaluación económica .....	20
3.2.1. Metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía .....	21
3.2.2. Selección de la alternativa tecnológica más costo eficiente.....	26
Cierre de la Unidad.....	31
Para saber más .....	32
Fuentes de consulta .....	33



## Presentación de la Unidad



La incorporación de tecnologías eficientes que ahorran energía o la usan más eficientemente se promueve activamente en las empresas y organizaciones, por medio de instituciones oficiales, así como, de asociaciones de empresas preocupadas por el uso irracional de la energía y sus efectos en el cambio climático.

En esta tercera unidad *Alternativas tecnológicas*, analizarás las metodologías de comparación técnica y de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía para seleccionar la alternativa más costo eficiente en el del caso de estudio y en tu proyecto seleccionado, adicionalmente se identificará el incremento del nivel de eficiencia en el consumo de energía en la empresa u organización, en la primera actividad tendrás que trabajar en equipo para investigar los avances tecnológicos que reducen el consumo de energía en la industria, el transporte y en el sector residencial, posteriormente en la segunda actividad para el caso de estudio, identificarás las especificaciones técnicas de las alternativas tecnológicas a ser evaluadas y los criterios de evaluación; en la tercera actividad reconocerás los costos de inversión, los costos de mantenimiento, los beneficios en la operación, los criterios de evaluación económica y calcularás los indicadores de rentabilidad económica y elaborarás un reporte que explique cómo se seleccionó la alternativa tecnológica más costo eficiente. Por otro lado con el proyecto que propusiste desarrollar en el transcurso de la asignatura, el cual tiene como objetivo diseñar un sistema de gestión energética que incluya su programa de aplicación, en esta tercera unidad, desarrollarás la Metodología de comparación técnica de alternativas tecnológicas y la metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas para seleccionar la



alternativa tecnológica más costo eficiente e identificar el incremento del nivel de eficiencia en el consumo de energía que alcanzará con la alternativa tecnológica seleccionada.

Cabe recordar que el sistema de gestión energética es el sistema encargado de desarrollar e instaurar la política energética de una empresa u organización, en el transcurso de la asignatura el diseño del sistema de gestión comprenderá tres de las cinco etapas de la implementación de un sistema de gestión energético, al término de la primera unidad se estableció la política energética de un caso de estudio, así como su diagnóstico energético que concluyó con cálculo del indicador de consumo energético, al completar la segunda unidad se localizó el potencial de ahorro de energía en los sistemas de mayor consumo energético de un proceso de producción o prestación de un servicio y se determinó el área de oportunidad de ahorro de energía o de incremento en la eficiencia del consumo energético en el proceso de elaboración del producto o prestación de un servicio, por lo que se puede afirmar que se completó la primera fase del sistema de gestión energética y con el desarrollo de esta tercera unidad se completará la tercera parte de la segunda fase de planeación energética, el avance en el modelo de un sistema de gestión energético completo se muestra a continuación:

Figura 1. Avance en el modelo del sistema de gestión energético.



Adaptado de ISO, (2011).



Como se observa gráficamente la primera etapa se completó, al definir la política energética de un caso de estudio, además, con el desarrollo de la primera y segunda unidad se completaron dos de las tres etapas de la fase de planificación energética al estimar el potencial de ahorro de energía en los sistemas de mayor consumo energético de un proceso de producción o prestación de un servicio, por lo que esta unidad se considera como la tercera etapa de la fase dos de Planificación energética. En particular en esta unidad se abordarán:

1. **Política energética.** Se diseñó en la Unidad 1. Que para el caso de estudio se estableció como: *Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzados, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero.*
2. **Planificación energética.** Que incluye:
  - a. Unidad 1. Diagnóstico energético. Se realizó en la Unidad 1 y concluyó con el cálculo del indicador de consumo energético, que para el caso de estudio resultó en 6.85 GJ/ton de papel producida.
  - b. Unidad 2. Potencial de ahorro energético. Se estimó el potencial de ahorro de energía en los sistemas de mayor consumo energético, que para el caso de estudio se estimó en 10% para el sistema de iluminación interior, hasta en 2.2% para los motores eléctricos y en 10% al retornar condensado a alta presión y a temperatura a la caldera.
  - c. Unidad 3. Alternativas tecnológicas. Se desarrollará en esta Unidad al seleccionar la alternativa tecnológica más costo eficiente que permita alcanzar el potencial de ahorro de energía estimado en la unidad 2.
3. **Aplicación y operación.**
  - a. Unidad 4. Programa de aplicación. Se desarrollará en la siguiente unidad.



## Propósitos de la unidad



El estudio de esta unidad te permitirá:

1

Analizar la metodología de comparación de alternativas tecnológicas.

2

Analizar la metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía.

3

Seleccionar la alternativa tecnológica más costo eficiente.

4

Identificar el incremento del nivel de eficiencia en el consumo de energía de la alternativa.



## Competencia específica



**Selecciona** la alternativa tecnológica más costo eficiente, para identificar el incremento del nivel de eficiencia en el consumo de energía en la industria, mediante el análisis de las metodologías de evaluación técnica y económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía.

## Actividades



Las instrucciones de las actividades de aprendizaje, las podrás consultar en el espacio de **Avisos importantes**, toma en cuenta que para estas unidades se han generado actividades colaborativas, individuales, complementarias, autorreflexiones y la evidencia de aprendizaje.



Se te recomienda que cuando te surja una duda sobre las definiciones de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión SHCP, (2013), disponible en:

[http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo\\_beneficio.pdf](http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo_beneficio.pdf)

### 3.1. Evaluación técnica

Hasta el momento ya se ha generado información diagnóstica que permite afirmar que es posible producir un producto o prestar un servicio utilizando una menor cantidad de energía, de hecho ya se ha establecido un rango de potencial ahorro de energía dependiendo de los dispositivos tecnológicos que se utilizan en la empresa u organización y considerando que para cada dispositivo actual existe una amplia oferta de dispositivos tecnológicos alternativos que ofrecen realizar la misma función, se hace necesario conocer la información elemental que permitirá comparar adecuadamente las tecnologías más allá de sus marcas o su estrategia de ventas, particularmente el aspecto que se menciona a continuación.

Uno de los aspectos más importantes para realizar correctamente la evaluación técnica es **definir correctamente lo que se va a evaluar** teniendo en mente que los parámetros deben contribuir a la utilización de equipos de nueva tecnología que disminuyen el consumo de energía que requieren para su funcionamiento, contribuyendo a la conservación del ambiente mediante la disminución de los gases de efecto invernadero (GEI).

Este tema de evaluación técnica está compuesto por tres subtemas, en el primer subtema se explicarán los datos individuales mínimos que se deben tener en cuenta y con los que deben cumplir los dispositivos alternativos que serán evaluados técnicamente para seleccionar a los dispositivos alternativos que serán evaluados económicamente, en el segundo subtema se indican los pasos de la metodología de comparación de alternativas tecnológicas basada en la forma en que la calculadora de tecnologías ahorradoras del FIDE evalúa el ahorro de energía para dispositivos como luminarios, aires acondicionados y motores eléctricos, en el tercer subtema se presenta el criterio para seleccionar técnicamente las alternativas tecnológicas de que deben ser evaluadas económicamente y que necesariamente deben cumplir los dispositivos alternativos, entonces para entrar en el detalle de cada subtema mencionado se presenta a continuación el contenido del primer subtema.



### 3.1.1. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético

Una vez precisados los dispositivos tecnológicos (Iluminación, conjunto motor –bomba, aire acondicionado y electrodomésticos y motores eléctricos) que deben ser sustituidos por unos más eficientes y que ahorren energía, se requerirá obtener información sobre las alternativas tecnológicas existentes en el mercado que cumplan satisfactoriamente con la información obtenida en la segunda unidad, donde se estimó el potencial de ahorro de energía, por lo que es necesario que los involucrados en el diseño del sistema de gestión energética, conozcan las especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético capaces de cumplir con la misma función de iluminar las áreas de trabajo, impulsar algún elemento mecánico, enfriar las áreas de trabajo, refrigerar las áreas de almacenamiento o generar energía eléctrica y calor dentro de un proceso de producción o prestación de un servicio, es recomendable que se tenga un acercamiento con los actuales proveedores de tecnología de la empresa u organización y se les involucre en el desarrollo de este tema *Alternativas tecnológicas*, ya que pueden tener información útil, la cuál puede ser filtrada con las especificaciones de los dispositivos tecnológicos que se presentarán a continuación, que deben cumplir para ser comparados, considerando que el costo de inversión debe ser investigado para todos los casos.

#### Iluminación

Los dispositivos de iluminación más eficientes han conseguido precios muy competitivos, debido a su aplicación masiva, por lo que pueden ser amortizados en poco tiempo. La correcta selección de lámparas de un menor consumo energético depende del área a iluminar y del uso que se le dé a la misma, por lo que, las lámparas para iluminar un almacén con encendidos y apagados constantes serán diferentes a las utilizadas para iluminar un escaparate que únicamente se enciende en horario nocturno, por ello es necesario especificar el tipo de aplicación donde se utilizará la lámpara y otros parámetros que se muestran a continuación.

Tabla 1. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético para iluminación.

Tipo de lámpara	Rango de potencia (W)	Potencial total incluido el balastro (W)	Eficiencia energética (lm/W)	Horas de operación promedio (h)	Tipo de Aplicación
Incandescentes	50 a 100	No aplica	25	2,000 a 3,500	Localizada
Halógenas					Decorativa



Fluorescentes lineales T8	18 a 59	10% más	65 a 96	8,000 a 16,000	General
Fluorescentes lineales T5	14 a 80	11% más	80 a 105	12,000 a 16,000	General
Fluorescentes compacta	5 a 55	No aplica	60 a 85	8,000 a 12,000	General / Localizada / Decorativa
Lámparas de descarga					
Vapor de mercurio	50 a 1,000	9% más	30 a 60	12,000 a 16,000	General
Halogenuros metálicos	35 a 3,500	16% más	70 a 91	6,000 a 10,000	General / Localizada
Sodio alta presión	30 a 1,000	6% más	50 a 150	10,000 a 25,000	General

Fuente: Adaptada de Fernández Herrero P. (2010).

Como se puede observar las lámparas con la mayor eficiencia energética son las lámparas fluorescentes lineales T5 con una eficiencia de hasta 105 lúmenes por watt junto con las lámparas de sodio de alta presión con una eficiencia de hasta 150 lúmenes por watt; además, se recomienda que se evalúen técnicamente ya sea lámparas fluorescentes o bien lámparas de descarga ello dependerá de los dispositivos que estén actualmente instalados; adicionalmente recuerda que existen normas oficiales mexicanas relacionadas con el uso racional de la energía eléctrica en iluminación, las cuales se listaron en el tema 1.3.1. de la primera unidad; de forma similar se van a presentar a continuación las especificaciones para el siguiente tipo de dispositivo con potencial de ahorro de energía.

### Conjunto motor – bomba sumergible

Se entenderá como conjunto motor bomba al arreglo de una máquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión transferida al agua, para trabajar acoplada directamente a un motor eléctrico sumergible CONUEE, (2004), para hacer la comparación técnica de alternativas se deben considerar al menos 7 especificaciones que permitan asegurar que las alternativas cumplirán con la función del equipo instalado empleando una menor cantidad de energía las cuales son:

- La potencia expresada en kilowatts
- La tensión nominal o voltaje de funcionamiento
- La capacidad garantizada, es decir, el flujo de líquido que es capaz de bombear,
- La carga garantizada, es decir, la profundidad en metros columna de agua de diseño
- La eficiencia energética en porcentaje



- Las horas de operación promedio que el fabricante señala y
- El tipo de aplicación, el cuál es muy relevante ya que cada líquido tiene diferente densidad, por lo que un conjunto motor – bomba para extracción de agua limpia de una determinada eficiencia energética puede desempeñarse con una menor eficiencia y reducir sus horas de operación si es utilizado para bombear un líquido más denso como, por ejemplo, aguas residuales

Para un mejor entendimiento de lo anterior el equipo y particularmente el gestor energético participantes en el diseño del sistema de gestión de energía deberán llenar una tabla como la siguiente.

Tabla 2. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético para conjunto motor-bomba sumergible.

Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Capacidad garantizada (l/s)	Carga garantizada (Pa)	Eficiencia energética (%)	Horas de operación promedio (h)	Tipo de Aplicación
Hasta 1.492	220 / 440	Mayor que 5 hasta 10		68	17,500	Extracción de agua limpia
Mayores que 44.760		Mayor que 60		87	17,500	

Fuente: Adaptada de CONUEE, (2004) y Grundfos, (2005).

Como se puede observar en la tabla anterior se presentan de forma resumida las especificaciones para un conjunto motor – bomba sumergible, cabe resaltar que entre mayor es la potencia del conjunto mayor es su eficiencia energética, tanto la potencia como las horas de operación promedio son los elementos que se tomarán para utilizarlos en el siguiente tema de metodología de comparación de alternativas tecnológicas; antes llegar a él se van a presentar a continuación las especificaciones para el siguiente tipo de dispositivo con potencial de ahorro de energía.

### Aire acondicionado

Se entenderá al aire acondicionado como el aparato diseñado para extraer calor y humedad del aire de un cuarto cerrado, pudiendo también contar con medios para ventilación, extracción y calefacción de aire FIDE, (2014). Los equipos de aire acondicionado de tipo ventana son los que tienen el mayor potencial de ser sustituidos por equipos minisplit, los cuales, son acondicionadores de aire, compuesto por dos cuerpos, uno al interior del cuarto, espacio o zona cerrada (espacio acondicionado) y otro al exterior conectados por tuberías,



las especificaciones que es necesario que cumplan las alternativas para sustituir a los equipos instalados son las siguientes:

- Capacidad de enfriamiento, expresada en toneladas de refrigeración (TR) o en *british thermal unit* (BTU).
- La potencia expresada en kilowatts,
- La tensión nominal o voltaje de funcionamiento,
- La relación de eficiencia energética es lo que especifica la eficiencia energética de un acondicionador de aire y se determina dividiendo el valor de la capacidad total de enfriamiento, en  $W_t$ , entre el valor de la potencia efectiva de entrada, en  $W_e$ , CONUEE, (2010),
- Las horas de operación promedio que el fabricante señala y el tipo de aplicación.

Para ejemplificar lo anterior el equipo y particularmente el gestor energético participantes en el diseño del sistema de gestión de energía deberán llenar una tabla como la siguiente.

Tabla 3. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético para aire acondicionado.

Capacidad de enfriamiento (TR) o (BTU)	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Relación de eficiencia energética ( $W_t/W_e$ )	Horas de operación promedio (h)	Tipo de Aplicación
1 TR, 12,000 BTU	0.950	220	6.18	5,000	Confort
1 TR, 12,000 BTU	1.60	220	3.85	5,000	Confort

Fuente: Adaptada de CONUEE, (2010) y Mirage, (2010).

Una vez obtenidos los datos de la tabla anterior se puede observar que estos dos equipos tienen la misma capacidad de enfriamiento, sin embargo, al observar la potencia que requieren para lograrlo varía en 1.60 veces, es decir, el segundo equipo es más eficiente que un aire acondicionado de ventana pero utiliza 60% más energía que el primero, sin embargo, será necesario aplicar la metodología de evaluación técnica y la metodología de evaluación económica para decidir cuál de las dos alternativas es la que ofrece los mayores beneficios al menor costo, por lo pronto se expondrán a continuación las especificaciones para el siguiente tipo de dispositivo con potencial de ahorro de energía.



Para conocer más sobre la eficiencia de aires acondicionados **consulta** el artículo *Aire acondicionado, fresca al momento*, publicado por la Procuraduría de Defensa al Consumidor (PROFECO) donde se analizaron acondicionadores de aire, para dar a conocer su calidad y orientar al consumidor en su decisión de compra. Revisa dicha información en la sección *Para saber más*.

### Motores eléctricos

Se entenderá como motor eléctrico a una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica CONUEE, (2010a) y utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica, para hacer la comparación técnica de alternativas se deben considerar al menos las especificaciones que permitan asegurar que las alternativas cumplirán con la función del equipo instalado empleando una menor cantidad de energía las cuales son:

- La potencia nominal expresada en kilowatts,
- La clasificación del motor ya sea abierto o cerrado, el número de polos, 2, 4, 6, u 8 polos según corresponda.
- La tensión nominal o voltaje de funcionamiento,
- La eficiencia nominal en porcentaje,
- Las horas de operación promedio que el fabricante señala y
- El tipo de uso, ya que dependiendo del ambiente en que trabaje el motor podrá tener aditamentos para propósito general, uso severo o aprueba de explosión.

Para mostrar un ejemplo de lo anterior el equipo participante en el diseño del sistema de gestión de energía deberá llenar, con los datos de oferentes tecnológicos o proveedores recurrentes, una tabla como la siguiente.

Tabla 4. Especificaciones de los componentes energéticos de menor consumo energético para motores eléctricos.

Potencia nominal (kW)	Clasificación	Número de polos	Tensión Nominal (V)	Eficiencia nominal (%)	Horas de operación promedio (h)	Tipo de uso
22.38	Abierto	2	440	91	20,000	Propósito General



22.38	Abierto	2	440	91.7	20,000	Propósito General
-------	---------	---	-----	------	--------	-------------------

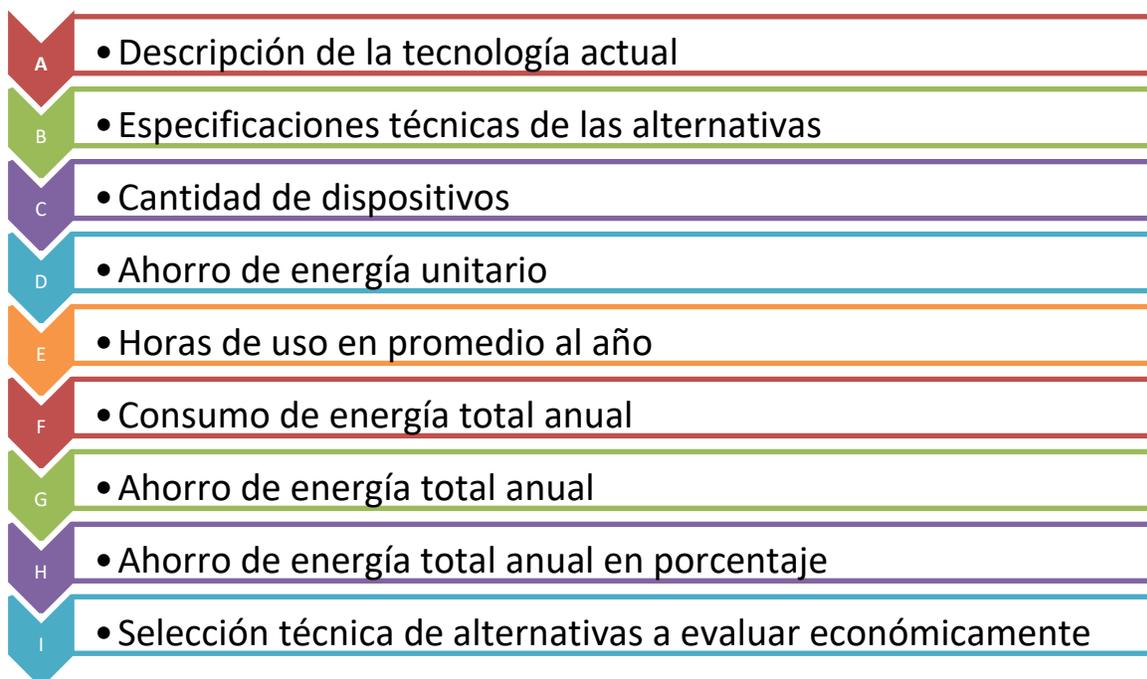
Fuente: Adaptada de CONUEE, (2010a) y Siemens, (2014).

Como se puede apreciar en la tabla anterior las especificaciones de ambas alternativas cumplen con las del equipo instalado la diferencia tecnológica entre ambas se expresa en la eficiencia nominal la cual varía sólo 0.7% entre una y otra por lo que para decidir cuál es la mejor alternativa, se tomarán los datos de la potencia y eficiencia nominal y las horas de funcionamiento promedio para aplicar la metodología de comparación de alternativas tecnológicas que se detalla a continuación.

### 3.1.2. Metodología de comparación de alternativas tecnológicas

La metodología de comparación de alternativas tecnológicas está basada en la forma en que la calculadora de tecnologías ahorradoras del FIDE evalúa el ahorro de energía para varios dispositivos que pueden ser financiados en el marco del Programa de Eficiencia Energética, a continuación, se indican los pasos de esta metodología FIDE, (2014).

Figura 2. Metodología de comparación de alternativas tecnológicas.



Fuente: Adaptada de FIDE, (2014).



#### A. Descripción de la tecnología actual

En esta columna A. se realiza una breve descripción del dispositivo tecnológico actual haciendo énfasis en la potencia en watts o joules, según corresponda o de su porcentaje de eficiencia, por ejemplo, en el caso de un sistema de iluminación interior se especifica el tipo de luminarios, la tecnología que es fluorescente, el arreglo o cantidad de lámparas que forman parte del luminario, 2 x 75 Watts indican que el luminario está formado por dos lámparas de 75 Watts cada una, con una potencial total de 192 Watts de consumo si se considera el balastro electrónico que complementa el luminario, estos datos y los siguientes se encuentran concentrados en la siguiente tabla.

Tabla 5. Cuadro de la metodología de comparación de alternativas tecnológica para un sistema de iluminación interior.

Criterios de evaluación							
A. Descripción de la tecnología actual (W)	B. Especificaciones técnicas de las alternativas tecnológicas (W)	C. Cantidad de dispositivos	D. Ahorro unitario = A - B (W)	E. Horas de uso en promedio al año	F. Consumo total anual = (A x C x E)/1,000 (kWh)	G. Ahorro total anual = (C x D x E)/1,000 (kWh)	H. Ahorro total anual = (G / F) x 100 (%)
Sistema de iluminación interior. Luminarios fluorescentes de 2x75 Watts que consume en total 192 Watts	Luminarios fluorescentes de 2x59 Watts que consume en total 130 Watts	200	62	4,095	157,248	50,778	32%
	Luminarios fluorescentes de 2x54 Watts que consume en total 120 Watts	200	72			58,968	38%

Fuente: Adaptada de FIDE, (2014).

#### B. Especificaciones técnicas de las alternativas de las alternativas tecnológica

De forma similar a la columna anterior, en la columna B. de la tabla anterior, se describe brevemente el dispositivo tecnológico alternativo enfatizando su potencia en watts o joules, según corresponda, la cual necesariamente debe ser menor que la del dispositivo actual, o



su porcentaje de eficiencia, el cuál debe ser mayor al del dispositivo actual, por ejemplo, en el mismo caso de un sistema de iluminación interior, con apoyo de la *calculadora de tecnologías ahorradoras* del FIDE se plantean dos tecnologías alternativas: la primera es un luminario con tecnología fluorescente de 2 lámparas de 59 Watts cada una, es decir de 2 x 59 Watts con una potencia total 130 Watts de consumo si se considera el balastro electrónico que complementa el luminario. La segunda es un luminario con tecnología fluorescente de 2 lámparas de 54 Watts cada una, es decir de 2 x 54 Watts con una potencia total 120 Watts de consumo si se considera el balastro electrónico que complementa el luminario.

### C. Cantidad de dispositivos

En esta columna C. de la tabla 5 para calcular el ahorro de energía unitario y total es necesario especificar la cantidad de dispositivos que deben ser sustituidos por una tecnología más eficiente, en el ejemplo de la *calculadora de tecnologías ahorradoras* del FIDE, el sistema de iluminación interior está conformado por una cantidad de 200 luminarios.

### D. Ahorro de energía unitario

En esta columna D. de la tabla 5 se especifica la diferencia en el consumo unitario entre el dispositivo actual y cada uno de los dispositivos tecnológicos alternativos, expresada como la resta de columna A. La potencia del dispositivo actual menos la columna B. La potencia del dispositivo tecnológico alternativo, en el ejemplo de la *calculadora de tecnologías ahorradoras* del FIDE, se tiene que  $A = 192$  Watts,  $B = 130$  Watts (para la primera alternativa tecnológica), por lo que D. Ahorro de energía unitario de la primera alternativa es  $192 - 130 = 62$  Watts por cada luminaria fluorescente de 2x59 Watts, para la segunda alternativa se tiene  $192 - 120 = 72$  Watts por cada luminaria de 2x54 Watts.

### E. Horas de uso en promedio al año

Es importante establecer la cantidad de horas de uso al año que trabajan los dispositivos actuales para poder calcular el ahorro de energía anual que logrará al cambiarlos por dispositivos más eficientes, en esta columna E de la tabla 5 se registrará el promedio anual de horas de uso ya considerando la posible disminución de horas que se abordó en el tema de 2.2.1. Metodología de identificación del área de oportunidad en el proceso de elaboración del producto o servicio, paso 3.5 Costos - acciones de bajo costo para reducir pérdidas de la unidad 2, en el ejemplo de la *calculadora de tecnologías ahorradoras* del FIDE, se tiene que el sistema de iluminación interior funciona en promedio al día 11.21 horas por lo que su promedio anual se ha calculado como 11.21 horas al día por 365.25 días al año para un total de 4,095 horas en promedio al año.



### F. Consumo de energía total anual

Una vez registrados los datos de A. Descripción de la tecnología actual, C. Cantidad de dispositivos y E. Horas de uso al año, se cuenta con la información necesaria para calcular el F. Consumo de energía total anual de la tecnología actual, el cual se realiza multiplicando la potencia en Watts del dispositivo actual por la cantidad de dispositivos por el número de horas de uso al año y se divide entre mil para realizar la conversión a kilowatts-hora kWh, para el ejemplo de la **calculadora de tecnologías ahorradoras** del FIDE, se tiene: A. = 192 Watts, C. = 200 dispositivos, E. = 4,095 hr, por lo que el F.

Consumo de energía total anual actual es igual a  $F. = (192 \times 200 \times 4,095) / 1,000 = 157,248$  kWh al año, ahora bien, se analizarán los ahorros que los dispositivos tecnológicos alternativos ofrecen.

### G. Ahorro de energía total anual

Ahora es necesario determinar el ahorro de energía total anual considerando el cambio de los dispositivos tecnológicos alternativos, con los datos registrados C. Cantidad de dispositivos, D. Ahorro de energía unitario de cada dispositivo y E. Horas de uso al año, se cuenta con la información necesaria para calcular el G. Ahorro de energía total anual de una de las tecnologías alternativas, el cual se realiza multiplicando el ahorro de energía unitario en Watts del dispositivo tecnológico alternativo por la cantidad de dispositivos por el número de horas de uso al año y se divide entre mil para realizar la conversión a kilowatts-hora kWh, para el ejemplo de la **calculadora de tecnologías ahorradoras** del FIDE de la tabla 5, se tiene para la primera alternativa tecnológica, luminario fluorescente de 2x59 Watts: C. = 200 dispositivos, D. = 62 Watts, E. = 4,095 hr, por lo que el G. Ahorro de energía total anual es igual a  $G. = (200 \times 62 \times 4,095) / 1,000 = 50,778$  kWh al año, del mismo modo se calcula el ahorro de energía total anual de la segunda alternativa tecnológica en el siguiente renglón correspondiente al luminario fluorescente de 2x54 Watts, el cuál es de 58,968 kWh al año, como siguiente paso, se debe especificar el ahorro de energía total anual en porcentaje, para compararlo con la estimación del potencial de ahorro por dispositivo estimado en la segunda unidad en el tema 2.2.2 Estimación del potencial de ahorro.

### H. Ahorro de energía total anual en porcentaje

Como ya se mencionó es necesario validar si las alternativas tecnológicas que están siendo evaluadas técnicamente se encuentran en el rango del potencial de ahorro de energía estimado en la unidad 2, por lo que para calcular el H. Ahorro de energía total anual en porcentaje se realiza el cociente de G. Ahorro de energía total anual entre F. Consumo de energía total anual actual y se multiplica por cien, como ejemplo de la calculadora de tecnologías ahorradoras del FIDE de la tabla 5, se tiene para la primera alternativa tecnológica, luminario fluorescente de 2 x 59 Watts: G. = 50,778 kWh al año y F. = 157,248 kWh al año, por lo que el H. Ahorro de energía total anual en porcentaje es igual a  $H. =$



$(50,778 / 157,248) \times 100 = 32\%$  de ahorro de energía total al año en el sistema de iluminación interior, forma similar se calcula el ahorro de energía total anual en porcentaje de la segunda alternativa tecnológica en el siguiente renglón correspondiente al luminario fluorescente de 2x54 Watts, el cuál es de 38% de ahorro de energía total al año, como siguiente paso se argumentará sobre cómo seleccionar las alternativas tecnológicas que deben ser evaluadas económicamente.

Ahora bien, con todo lo consultado puedes comenzar con las dos primeras actividades de esta unidad.

### 3.1.3. Selección técnica de alternativas a evaluar económicamente

Para seleccionar técnicamente las alternativas tecnológicas de que deben ser evaluadas económicamente se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

1. El cálculo del ahorro de energía total anual en porcentaje de los dispositivos de las alternativas tecnológicas analizadas, debe ser mayor o igual al potencial de ahorro de energía estimado esto se revisó en la unidad 2 en el tema 2.2.2 Estimación del potencial de ahorro.

Para ejemplificar esta selección se tienen los datos del caso de estudio de la fábrica El Roble, que fueron utilizados en la tabla anterior y que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Cuadro de la metodología de comparación de alternativas tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.

Programa	Beneficios	A. Descripción de la tecnología actual (W)	B. Especificaciones técnicas de las alternativas tecnológicas (W)	C. Cantidad de dispositivos	Criterios de evaluación				
					D. Ahorro unitario = A - B (W)	E. Horas de uso en promedio al año	F. Consumo total anual = $(A \times C \times E) / 1,000$ (kWh)	G. Ahorro total anual = $(C \times D \times E) / 1,000$ (kWh)	H. Ahorro total anual = $(G / F) \times 100$ (%)
Industria Limpia	Evitó en 2012 19.6 millones de toneladas de bióxido	Sistema de iluminación interior. Luminarios fluorescentes de 2x75	Luminarios fluorescentes de 2x59 Watts que consume en total 130 Watts	200	62	4,095	157,248	50,778	32%



de carbono lo que equivale a sacar de circulación a casi 4 millones de automóviles	Watts que consume en total 192 Watts	Luminarios fluorescentes de 2x54 Watts que consume en total 120 Watts	200	72			58,968	38%
--	--------------------------------------	---	-----	----	--	--	--------	-----

Fuente: Adaptada de FIDE, (2014).

Como se puede observar en la columna H. Ahorro total anual en porcentaje, el ahorro de energía anual es del 32% para la primera alternativa y del 38% para la segunda alternativa, ambas superan el potencial de ahorro de energía del 10% de estimado en la segunda unidad por lo que ambas deben ser evaluadas económicamente para conocer cuál es la alternativa tecnológica mejor o más costo eficiente, mediante la metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía que se expondrá a continuación.

### 3.2. Evaluación económica

Con la información generada hasta el momento se han analizado técnicamente alternativas tecnológicas que permitirían alcanzar el potencial de ahorro de energía previamente estimado, sin embargo, para que los directivos de una empresa u organización aprueben la puesta en marcha del proyecto de ahorro de energía a través del cambio tecnológico de los dispositivos identificados, como parte del sistema de gestión energética, es necesario generar información adicional que permita establecer cuál será el monto de la inversión inicial, las inversiones recurrentes, así como, los costos y beneficios asociados a la operación de los nuevos dispositivos para tener un panorama amplio para decidir cuál alternativa supone el mayor beneficio al menor costo, por ello se especifica el propósito de este tema.

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios de un proyecto de sistema de gestión energética en términos monetarios a lo largo de un periodo de evaluación, con la finalidad de conocer la rentabilidad de las alternativas tecnológicas. Todos los flujos del proyecto (costos y beneficios) están expresados en pesos corrientes (los correspondientes al año de evaluación, por ejemplo 2014).

Este tema de evaluación económica está compuesto por dos subtemas, en el primer subtema se explicarán los pasos de la metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía basada en lineamientos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para proyectos de inversión que concluye con el cálculo de indicadores de rentabilidad del proyecto de ahorro de energía, en el segundo subtema se especificarán los criterios para seleccionar la alternativa tecnológica de ahorro de energía



más costo eficiente considerando los indicadores de rentabilidad del primer subtema, entonces para conocer con mayor precisión cada subtema se presenta a continuación el desarrollo del primer subtema.

### 3.2.1. Metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía

La metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas está basada en los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a continuación, se indican los tipos de evaluaciones socioeconómicas que serán realizables a los programas y proyectos de inversión que planeen ejecutar las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal SHCP, (2013):

- I. Ficha técnica;
- II. Análisis costo-beneficio simplificado;
- III. Análisis costo-beneficio;
- IV. Análisis costo-eficiencia simplificado, y V. Análisis costo-eficiencia.

De los 5 tipos de evaluaciones económicas, esta asignatura, se enfocará particularmente en la evaluación económica denominada ficha técnica, considerando que las alternativas tecnológicas tengan un monto de inversión menor o igual a 50 millones de pesos, la cual residirá en una descripción pormenorizada de la problemática o necesidades a resolver con el programa o proyecto de inversión, así como las razones para elegir la solución presentada, conforme se describe a continuación las etapas de la metodología de evaluación de alternativas tecnológicas de ahorro de energía:

Figura 3. Metodología de evaluación económica de alternativas tecnológicas de ahorro de energía.



Adaptado de SHCP, (2013).

A continuación, se detallan cada una de las 4 etapas con sus respectivas subetapas para un mejor entendimiento.

### 1. Identificación de los costos y beneficios

En cuanto a los costos que se deben de considerar en la evaluación económica de alternativas tecnológicas se tiene SHCP, (2013):

- A. Costos de inversión. En este rubro se deben incluir los costos de las alternativas tecnológicas más eficientes por unidad y total, este costo se expresa de forma negativa, ya que se considera como una erogación, por ejemplo, cuando se considera cambiar una luminaria por una más eficiente se tiene que desembolsar dinero cuyo monto se registra contablemente como negativo para descontarlo de los ingresos de una empresa u organización.
- B. Costos de mantenimiento. Es conveniente considerar que este costo puede ser fijo, por el que sólo se debe expresar si el cambio de tecnología incrementa el costo de mantenimiento, este costo se expresa de forma negativa, ya que se considera como una erogación adicional, por ejemplo, si la luminaria más eficiente del inciso anterior requiriera de mantenimiento más frecuente como puede ser limpieza o cambio de balastro electrónico se debe considerar este gasto complementario, puesto que podría darse el caso de que al evaluar económicamente el cambio de luminaria, los cálculos indiquen que los costos superan los beneficios.
- C. Beneficios de operación. Considerando que el objetivo del sistema de gestión energética es el ahorro de energía o incremento de la eficiencia energética mediante el cambio de dispositivos tecnológicos y que se ha calculado en la metodología de comparación de alternativas tecnológicas el ahorro de energía unitario de cada



dispositivo en función de la diferencia en el consumo de energía entre el dispositivo original y al menos dos alternativas tecnológicas de menor consumo de energía, así como, el ahorro de energía total anual, en función de la cantidad de dispositivos y número de horas anuales de operación, por lo que es necesario traducir las unidades de energía ahorradas a términos económicos, es decir, a pesos, continuando con el ejemplo de la luminaria. Este beneficio se expresa como positivo en la evaluación económica, ya que se considera como un ingreso.

Como se ha mencionado se deben identificar dos tipos de costos y un tipo de beneficio, una vez identificados es necesario cuantificarlos a cuánto ascienden de forma anualizada, para ello se presenta la siguiente etapa de la metodología.

## 2. Cuantificación de los costos y beneficios

Para la cuantificación de los costos se solicitarán cotizaciones de las alternativas tecnológicas a proveedores con los que la empresa u organización tenga contacto o como una referencia se tiene la Figura 9. Curva de Costos de Abatimiento de Energía, vista en la primera unidad, los costos y beneficios que deben ser cuantificados son los siguientes:

- A. Costos de inversión. Por ejemplo, el costo unitario de una lámpara fluorescente compacta que sustituirá a un foco incandescente y el costo total calculado como la multiplicación del costo unitario por el número de dispositivos que se cambiarán, en el caso de estudio de la fábrica El Roble corresponde en la evaluación económica a las columnas K para el costo unitario de inversión y L para el costo de inversión total en la Tabla 7. Cuantificación de los costos y beneficios del caso de estudio El Roble y a las filas T1 como lo verás más adelante en la Tabla 8 Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.
- B. Costos de mantenimiento. Como se señaló se debe determinar, en conjunto con el personal de mantenimiento y operación de la empresa u organización si la nueva tecnología requiere de una mayor cantidad de personal o más especializado o si el mantenimiento preventivo y correctivo debe darse más frecuentemente, pero si sólo se trata de un cambio de tecnología de reemplazo, este costo puede considerarse igual al de la tecnología actual, por lo que en la evaluación económica se expresa como cero como en el caso de estudio, que corresponde a las filas T2 que verás más adelante en la Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.
- C. Beneficios de operación. Este beneficio anual se calcula multiplicando el ahorro total anual en unidades de energía (columna H. de la metodología de comparación de alternativas tecnológicas) por el precio promedio por unidad de energía (columna I de la evaluación económica) y se expresa en pesos al año, como se observa en la siguiente tabla y corresponderá a las filas T3 de la tabla 8 de evaluación económica.



Tabla 7. Cuantificación de los costos y beneficios del caso de estudio El Roble.

I. Precio promedio tarifa (\$/kWh)	J. Beneficios de operación al año = G x I (\$/año)	K. Costo de Inversión Unitaria (\$/dispositivo)	L. Costo de Inversión Total = C x K (\$)	M. ROI = L / J (años)	N. Horas de operación (h)	Ñ. Vida útil = N/E (años)	P. Costos de mantenimiento Total = C x O
\$1.3458	\$ 68,335.76	\$ 585.60	\$ 117,120.00	1.71	24,000	6	\$ 0
	\$ 79,357.66	\$ 513.40	\$ 102,680.00	1.29	25,000	6	\$ 0

Fuente: Propia.

En la tabla anterior se han cuantificado el costo de inversión total en la columna L, los costos de mantenimiento se han considerado que serán iguales, por lo que se expresan como cero en la columna P, dado que se trata de una tecnología muy similar, iluminación con tubos fluorescentes, los beneficios de operación anual en pesos al año en la columna J, adicionalmente se incluyen las columnas M. ROI (*Return of Investment*), retorno de la inversión, la cual indica el tiempo en años en los que se recuperarían los costos de inversión total, considerando sólo los beneficios de la operación anual; respecto a la columna N. Horas de operación, es el tiempo en horas que el fabricante calcula que su dispositivo funcionará correctamente, finalmente la columna Ñ. Vida útil, es el cociente entre las horas de operación de la columna N. y E. Horas de uso en promedio al año (de la metodología de comparación de alternativas tecnológicas) estimadas en la empresa u organización cuyo valor servirá para calcular uno de los indicadores de rentabilidad siguientes, el Costo anual equivalente, por lo que es momento de abordar los indicadores de rentabilidad que determinarán cuál es la alternativa que debe ser seleccionada.

### 3. Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Los índices de la evaluación económica o indicadores de rentabilidad que se emplearán para seleccionar la alternativa tecnológica más costo eficiente son los siguientes:



- I. Valor presente neto (VPN). El VPN es el resultado de sumar los flujos netos anuales, descontando la tasa social. En el cálculo del VPN, los costos al igual que los beneficios esperados de la utilización de una alternativa tecnológica son descontados, empleando la tasa social para comparar en el "presente". En el caso de que el VPN es positivo, indica que los beneficios resultados del proyecto de inversión en tecnología son mayores a sus costos; de otro modo, si el resultado del VPN es negativo, indica que los costos del proyecto de inversión en tecnología son mayores a sus beneficios, por lo que no debería ejecutarse. La fórmula de VPN se expresa:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

$B_t$ : son los beneficios totales en el año t.

$C_t$ : son los costos totales en el año t.

$B_t - C_t$ : flujo neto en el año t.

n: número de años del horizonte de evaluación, 20 años. r: es la tasa social de descuento, se considera 10% conforme a SHCP, (2013). t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones, es decir, 2014.

- II. Costo anual equivalente (CAE). El CAE es empleado comúnmente para evaluar alternativas de proyecto de inversión que proporcionan los mismos beneficios; sin embargo, tienen diferentes costos y/o diferente vida útil. El CAE es la anualidad del valor presente de los costos principales, tomando en cuenta el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas. El CAE se calcula de la siguiente forma:

$$CAE = VPC \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1}$$

Donde:

VPC: Valor presente del costo total del proyecto de inversión.

r: indica la tasa social de descuento, se considera 10% conforme a SHCP, (2013).

m: indica el número de años de vida útil del activo, este se calcula dividiendo el número de horas de la vida útil del dispositivo entre el número de horas de operación anual en la empresa u organización para el caso de estudio, columna Ñ de la tabla Cuantificación de los costos y beneficios del caso de estudio El Roble.



El VPC se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

Ct: costos totales en el año t.

r: es la tasa social de descuento, se considera 10% conforme a SHCP, (2013). t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones, es decir, 2014. n: número de años del horizonte de evaluación, 20 años.

En este tema se ha señalado los dos indicadores de rentabilidad VPN y CAE, que serán calculados en la tercera etapa de la metodología, por lo que es conveniente conocer cuáles son los resultados de cada uno de ellos que indicarán cuál es la alternativa tecnológica que debe ser elegida para ahorrar energía en la empresa u organización.

### 3.2.2. Selección de la alternativa tecnológica más costo eficiente

Para seleccionar la alternativa tecnológica más costo eficiente se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

1. Si la vida útil de los dispositivos de las alternativas tecnológicas analizadas es la misma, la mejor alternativa será la que proporcione el mayor valor de VPN.
2. Si la vida útil de los dispositivos de las alternativas tecnológicas analizadas es diferente, la mejor alternativa será la que proporcione el menor CAE.

Para ejemplificar esta situación se tienen los datos del caso de estudio de la fábrica El Roble.

Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.

	Año	2014	2015	2016	2017	2018
T1	<b>Costos de Inversión en luminarios T8 2x59 Watts con balastro electrónico</b>	-\$117,120				
	Luminarios T8 2x59 Watts	-\$117,120				
T2	<b>Costos de mantenimiento</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0



	Administración					
	Mantenimiento					
T3	<b>Beneficios de operación (Variable)</b>	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	Ahorro anual en operación	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	<b>Suma</b>	-\$48,784	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336

Fuente: Propia.

Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble (continuación).

Año		2019	2020	2021	2022	2023
T1	<b>Costos de Inversión en luminarios T8 2x59 Watts con balastro electrónico</b>		-\$117,120			
	Luminarios T8 2x59 Watts		-\$117,120			
T2	<b>Costos de mantenimiento</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	Administración					
	Mantenimiento					
T3	<b>Beneficios de operación (Variable)</b>	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	Ahorro anual en operación	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	<b>Suma</b>	\$68,336	-\$48,784	\$68,336	\$68,336	\$68,336

Fuente: Propia.

Observa que en la columna 2020 de la tabla anterior se vuelve a invertir en el cambio de luminarios ya que su vida útil calculada fue de 6 años.

Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble (continuación).

Año		2024	2025	2026	2027	2028
T1	<b>Costos de Inversión en luminarios T8 2x59 Watts con balastro electrónico</b>			-\$117,120		
	Luminarios T8 2x59 Watts			-\$117,120		



T2	<b>Costos de mantenimiento</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	Administración					
	Mantenimiento					
T3	<b>Beneficios de operación (Variable)</b>	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	Ahorro anual en operación	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	<b>Suma</b>	\$68,336	\$68,336	-\$48,784	\$68,336	\$68,336

Fuente: Propia.

Observa que en la columna 2026 de la tabla anterior se vuelve a invertir en el cambio de luminarios ya que su vida útil calculada fue de 6 años.

Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble (continuación).

	Año	2029	2030	2031	2032	2033
T1	<b>Costos de Inversión en luminarios T8 2x59 Watts con balastro electrónico</b>				-\$117,120	
	Luminarios T8 2x59 Watts				-\$117,120	
	<b>Costos de mantenimiento</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
T2	Administración					
	Mantenimiento					
T3	<b>Beneficios de operación (Variable)</b>	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	Ahorro anual en operación	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336	\$68,336
	<b>Suma</b>	\$68,336	\$68,336	\$68,336	-\$48,784	\$68,336

Fuente: Propia.

Observa que en la columna 2032 de la tabla anterior se vuelve a invertir en el cambio de luminarios ya que su vida útil calculada fue de 6 años.

Tabla 8. Evaluación económica de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble (continuación).

	Año	2034	Total
T1	<b>Costos de Inversión en luminarios T8 2x59 Watts con balastro electrónico</b>		<b>-\$468,480</b>
	Luminarios T8 2x59 Watts		-\$468,480
T2	<b>Costos de mantenimiento</b>	\$0	\$0



	Administración		\$0
	Mantenimiento		\$0
T3	<b>Beneficios de operación (Variable)</b>	\$68,336	<b>\$1,435,051</b>
	Ahorro anual en operación	\$68,336	\$1,435,051
	<b>Suma</b>	\$68,336	<b>\$966,571</b>

Fuente: Propia.

Observa que en la columna total se han sumado las filas T1, T2 y T3 y en la fila “suma” se ha contabilizado los costos y beneficios desde el año 0, 2014 hasta el año n, 2034, el valor positivo indica que los beneficios han sido mayores a los costos con esta información y las fórmulas de la etapa 3 se calcularán los indicadores de rentabilidad para la primera alternativa tecnológica del sistema de iluminación del caso de estudio.

Tabla 9. Indicadores de rentabilidad de la primera alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.

Datos	
<b>m</b> : indica el número de años de vida útil del activo	6 años
<b>n</b> : Número de años del horizonte de evaluación	20 años
<b>r</b> : Tasa social de descuento	10%
<b>t</b> : año calendario	2014
Indicadores de rentabilidad	
<b>VPN</b> = \$ 966,571 / ((1+0.1) <sup>20</sup> ) =	<b>\$143,674.623</b>
<b>CAE</b> = VPC*((0.1*(1+0.1) <sup>6</sup> ) / (1+0.1) <sup>6</sup> -1))	<b>\$15, 989.070</b>
<b>VPC</b> = (-\$ 468,480*-1) / ((1+0.1) <sup>20</sup> ) =	<b>\$ 69,636.57</b>

Fuente: Propia.

Los valores VPN y CAE de la tabla anterior son los que se compararán con los indicadores de rentabilidad de la segunda alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior cuyos datos se calcularon siguiendo la misma metodología y que se presentan a continuación.



Tabla 10. Indicadores de rentabilidad de la segunda alternativa tecnológica para el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble.

Datos	
<b>m</b> : indica el número de años de vida útil del activo	6 años
<b>n</b> : Número de años del horizonte de evaluación	20 años
<b>r</b> : Tasa social de descuento	10%
<b>t</b> : año calendario	2014
Indicadores de rentabilidad	
<b>VPN</b> = \$ 1,255,791 / ((1+0.1) <sup>20</sup> ) =	\$ 186,665.31
<b>CAE</b> = VPC*((0.1*(1+0.1) <sup>6</sup> ) / (1+0.1) <sup>6</sup> -1))	\$ 14,017.74
VPC = (-\$ 410,720*-1) / ((1+0.1) <sup>20</sup> ) =	\$ 61,050.91

Fuente: Propia.

Derivado de la tabla anterior se puede concluir que puesto que el VPN de la segunda alternativa tecnológica es mayor al VPN de la primera alternativa tecnológica y dado que las alternativas tienen la misma vida útil de 6 años entonces la alternativa más costo eficiente es la segunda alternativa, es decir, la sustitución de luminarios de 2 x 75 Watts en el sistema de iluminación interior de la fábrica El Roble se debe hacer con luminarios de 2 x 54 Watts.



Para conocer más sobre la evaluación técnica y económica de proyectos de ahorro de energía y relacionados con el medio ambiente **consulta** los *Proyectos evaluados socialmente*, publicados por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) donde se describen los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión en diversos temas como agua potable, riego agrícola, energía eléctrica, saneamiento, residuos sólidos, vialidades, carreteras, plantas de tratamiento de aguas residuales. Revisa dicha información en la sección *Para saber más*.



## Cierre de la Unidad

Has terminado la Unidad 3. Alternativas tecnológicas. Con lo aprendido hasta el momento puedes analizar las metodologías de comparación de alternativas tecnológicas y de evaluación económica de alternativas para seleccionar la alternativa tecnológica más costo eficiente, además, identificar el incremento del nivel de eficiencia en el consumo de energía en la empresa u organización, es decir, como tecnólogo ambiental reconoces las etapas para evaluar técnica y económicamente diferentes alternativas tecnológicas, y los criterios para seleccionar la que represente la mejor inversión en el largo plazo.

En la siguiente unidad podrás diseñar el programa de aplicación de la alternativa tecnológica, con la información que generaste en esta unidad para que finalices tu diseño de sistema de gestión energética.

Piensa sobre que “Una de las satisfacciones de un genio es su energía y obstinación.” según un pensamiento de Man Ray.



## Para saber más



Artículo *Aire acondicionado, fresca al momento*, publicado por la PROFECO donde se describe el análisis a acondicionadores de aire, para dar a conocer su calidad y orientar al consumidor en su decisión de compra. Para verlo da clic en la siguiente liga:

[https://issuu.com/profeco/docs/revista\\_del\\_consumidor\\_junio\\_2018](https://issuu.com/profeco/docs/revista_del_consumidor_junio_2018)



Los *Proyectos evaluados socialmente*, publicados por el CEPEP describen los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión en diversos temas como agua potable, riego agrícola, energía eléctrica, saneamiento, residuos sólidos, vialidades, carreteras, plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para verlos da clic en la siguiente liga:

<http://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP/Proyectos>



## Fuentes de consulta



### Bibliografía básica

1. SHCP, (2013). *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. México, D.F.: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.  
[http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo\\_beneficio.pdf](http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo_beneficio.pdf)
2. CONUEE. (2004). *NORMA Oficial Mexicana NOM-010-ENER-2004, Eficiencia energética del conjunto motor bomba sumergible tipo pozo profundo*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/410936/FTNOM-010.pdf>
3. CONUEE. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-023-ENER-2010, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.  
<http://dof.gob.mx/normasOficiales/4240/sener/sener.htm>
4. CONUEE. (2010a). *NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2010, Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencial nominal de 0.746 a 373 kW*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.  
<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4185/sener/sener.htm>



### Bibliografía complementaria

5. Fernández Herrero, P. (2010). *Cómo realizar una auditoria energética*. España: Editorial FC.
6. SENER. (2005). *Glosario de términos usados en el sector energético*. México, D.F.: Secretaría de Energía. [http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario\\_hc\\_es.pdf](http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_hc_es.pdf)
7. SENER. (2005a). *Glosario de términos de electricidad*. México, D.F.: Secretaría de Energía. [http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario\\_elec\\_es.pdf](http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf)

### Fuentes electrónicas

8. FIDE. (2014). *Calculadora de tecnologías ahorradoras*. México, D.F.: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. <https://calculadora.sistemaeco.org/como-funciona>
9. Grundfos. (2005). *Bombas sumergibles Grundfos la solución óptima*. Apodaca, Nuevo León, México.: Bombas Grundfos de México, S.A. de C.V. <http://mx.grundfos.com/content/dam/GMX/Brochure/SP%20Folleto.pdf>
10. Mirage. (2010). *Aire acondicionado clase minisplit, modelo Magnum, marca Mirage*. Ciudad Obregón, Sonora, México.: Mirage S.A. de C.V. <http://www.mirage.mx/magnum/>
11. Siemens. (2014). *Lista de precios Colombia productos eléctricos industriales*. Bogotá, Colombia.: Siemens S.A. <http://www.industry.siemens.com/home/aan/es/colombia/Documents/2014/LP%20INDUSTRY%20BAJA%2027dic%202013.pdf>