



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Azcapotzalco | Iztapalapa | Xochimilco

División de Ciencias Sociales y Humanidades

Posgrado en Ciencias Económicas

“La economía de la energía eléctrica: el caso de México”

IDONEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

PRESENTA:

Gaddiel Domingo Teran Zempoaltecatl

2221800775

gaddiel_teran@outlook.com

DIRECTOR DE TESIS:

DR. Cesar Daniel Alvarado Gutiérrez

JURADO:

Presidente:

Dr. Leobardo de Jesús Almonte

Secretario:

DR. Cesar Daniel Alvarado Gutiérrez

Vocal:

Dr. José Juan Ramiro De La Rosa Mendoza

Iztapalapa, Ciudad de México a 15 de febrero 2024

La economía de la energía eléctrica: el caso de México

Gaddiel Domingo Terán Zampoaltecatl

Índice

1. Introducción	4
2. Sistema eléctrico mexicano	8
2.1. Un poco de historia	8
2.2. Situación actual	9
2.3. Capacidad de generación de energía	11
3. Comportamiento del mercado eléctrico mexicano	14
3.1. Nueva estructura del mercado eléctrico mexicano	14
3.2. Modelo de Stackelberg	15
4. Funciones de costos en la producción de energía eléctrica	19
4.1. Función de costos lineal	20
4.2. Función de costos a trozos	22

4.3. Función de costos a trozos con producción cero	23
5. Comentarios finales	25
6. ANEXO: Principios básicos de energía	28
6.1. Concepto de energía	28
6.2. Unidades de medida	37
6.3. Formas de energía	38
6.4. Transformaciones de energía	38
6.5. Tipos de generación de energía	39

Agradecimientos

A mi hijo Emir Teran, desde que me entere que venía a este mundo supe que sería pieza fundamental en mi vida, así como yo en la de él, estoy obligado hacer el mejor ejemplo para él y estoy convencido que la parte profesional y académica de su padre lo motivara para ser una mejor persona en su futuro.

A mi pareja y compañera de vida, Gabriela Rodríguez por ser un pilar fundamental en mi vida, por el cariño que existe, por la confianza que nos tenemos y demostrando que estamos para apoyarnos de manera incondicional.

A mis Padres, por la confianza de quien encontré en todo momento, ofreciendo su ayuda en los momentos más difíciles, por los valores que me inculcaron y el nunca darme por vencido.

A mi Hermana y a mi Tío Oziel, quienes me enseñaron miles de cosas, con quien comparto miles de pensamientos, me educaron y guiaron cuando mis padres estaban trabajando.

Al Doctor Cesar Alvarado quien siempre me brindo el apoyo, orientación, consejo, comportándose como asesor y tutor lo cual fue necesario para cumplir con el objetivo, sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

A mis Profesores quienes siempre estuvieron guiando mi camino profesional y académico.

Debo agradecer y reconocer a la Universidad Autónoma Metropolitana que me permitió tener una carrera profesional como Ingeniero en Energía y ahora una maestría en ciencias económicas.

1. Introducción

Dada la relevancia de la economía de la energía requiere ser estudiada con detenimiento; sin embargo, la amplitud del tema permite ser abordado desde distintas perspectivas, por ejemplo, en general, se puede analizar cómo la variación de los precios de los energéticos alteran los patrones de consumo, el nivel de producción real y la inflación.

Bohi (1991) analiza datos industriales desglosados para Alemania, Estados Unidos, Japón y Reino Unido después de cada perturbación de precios de la energía en la década de los setentas, hallando dudas razonables sobre la relevancia del papel que desempeñó la energía en esas recesiones. Apergis y Payne (2010), examinan la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico para un conjunto de nueve países sudamericanos durante el periodo de 1980 a 2005, hallando una causalidad tanto en el corto como en el largo plazo. Yeh *et al.* (2012) investigan los efectos de varias perturbaciones de distintos precios internacionales de energéticos sobre la macroeconomía de Taiwan, encontrando resultados asimétricos. Mientras que Brown y Yücel (2022) analizan las fluctuaciones de los precios de la energía con la actividad económica agregada para el caso de los Estados Unidos.

En general, los estudios mencionados muestran resultados heterogéneos y particularidades en cada uno de los mercados energéticos analizados, por lo que no es claro el papel que desempeñan los energéticos sobre distintos aspectos de la actividad económica. En esta Idónea Comunicación de Resultados acotamos el campo de estudio a la energía eléctrica, particularmente para el caso de México. La justificación de este acotamiento en el problema de investigación se halla en el hecho de que durante los años 2013-2016, México experimentó una reforma en el mercado eléctrico, lo que condujo a la desintegración parcial de la estruc-

tura monopólica, lo cual debería representar un incremento en el bienestar del consumidor final.

Junto a esto, el incremento de la población, la perspectiva de una relocalización de la industria internacional hacia México, mayor uso de dispositivos electrónicos y la migración de la industria automotriz hacia motores eléctricos, son factores que presionarán al alza la demanda de energía eléctrica. Todos estos elementos deberán ser justipreciados para vislumbrar la posible demanda de energía eléctrica.

Dado que la instalación de plantas que producen y trasladan energía puede llevar años, es importante contar con un adecuado estudio del comportamiento de la demanda, ya que en caso de decidir la construcción de una central eléctrica habiendo hecho un mal cálculo de la demanda de energía eléctrica, ésta podría ser insuficiente o bien resultar subutilizada.

Una característica de la energía eléctrica es que siempre es un bien complementario, es decir, no se demanda electricidad en sí misma, sino junto con equipos que producen un servicio, estos son los verdaderos objetos demandados. Por ejemplo, la electricidad es usada con una computadora para producir servicios informáticos, con una lámpara para producir iluminación, con maquinaria para producir mercancías y con muchos objetos más. Una segunda característica es que la electricidad no cuenta con bienes sustitutos, lo que la convierte en un bien con demanda prácticamente inelástica. Una tercera característica de la electricidad es que no se puede almacenar en grandes cantidades, por lo que la oferta debe ser igual a la demanda en todo momento, (Berndt, 1990; Wilson, 2002).

Por otro lado, será importante revisar, analizar y estudiar el lado de la oferta de energía eléctrica. Generalmente la oferta eléctrica debe ser entendida como una cadena de suministro

eléctrico, la cual describe todas las funciones que llevan a cabo los agentes participantes en el sistema eléctrico. La cadena de suministro eléctrico se compone de cuatro funciones: producción, transmisión, distribución y venta al consumidor final.

Para evaluar esta y otras reformas es preciso establecer una relación entre las variables de estudio, los factores que determinan su comportamiento y las variables de la economía nacional. De esta manera el objetivo general de esta Idónea Comunicación de Resultados, es iniciar el estudio de la operación del mercado de energía eléctrica, particularmente para el caso de México, así como plantear el problema de investigación, el cual será desarrollado en plenitud durante el nivel doctoral.

El problema del mercado eléctrico mexicano es que la discusión aún se encuentra entre lo que debe ser público y lo que debe ser privado, impidiendo definir el modelo más adecuado. De tal forma que el problema de investigación que plantea esta Idónea Comunicación de Resultados es indagar, estudiar y evaluar los efectos de dicha reforma sobre los costos de generación y precios de la energía eléctrica, así como su impacto en el propio consumo de energía, en la producción real y en la productividad de las manufacturas.

Es decir, el problema radica en saber si la reforma llevada a cabo en México durante 2016 ha sido capaz de disminuir los costos de producción de electricidad y si esto tiene algún efecto en las variables macroeconómicas. De esta manera nuestra principal variable de estudio será la variación en los costos de producción, así como los factores que pueden modificarlos.

La justificación de considerar a los costos de producción de electricidad como la principal variable, radica en el hecho de que el 65 por ciento de la tarifa eléctrica pagada por los consumidores finales es el costo de producción, (CFE, 2021).

Con la finalidad de lograr el objetivo planteado en esta Idónea Comunicación de Resultados, además de esta primera parte introductoria, el trabajo se divide en tres partes más; en la segunda de ellas, se expone una breve evolución del sistema eléctrico mexicano, así como su situación actual, en la segunda se presenta la descripción de las funciones de costos que generalmente son utilizadas en en la modelación de plantas generadoras de energía, siendo esto relevante ya que la variación de los costos es nuestra principal variable de estudio, en la tercera parte exponemos el modelo de oligopolio de Stackelber, que es la estructura de mercado bajo la cual opera el mercado de generación de energía eléctrica en México. Además presentamos un anexo técnico sobre la generación de energía eléctrica, con la intención de comprender el concepto de energía, sus fuentes, la forma de generación de electricidad y sus unidades de mediada.

2. Sistema eléctrico mexicano

2.1. Un poco de historia

Los inicios del sistema eléctrico mexicano se pueden hallar hacia 1879, con la instalación de la primera planta de energía eléctrica en León Guanajuato para el funcionamiento de la fábrica textil La Americana. Otra de las industrias que se benefició inicialmente de esta primera forma de generación fue la industria minera; sin embargo la iluminación pública y residencial era aún nula.¹

Durante 1889 en Chihuahua comenzó a operar la primera planta hidroeléctrica, extendiendo su red de distribución a zonas urbanas y comerciales. Fue durante el gobierno de Porfirio Díaz que se otorgó el carácter de servicio público al sector eléctrico, iniciando con la iluminación en la Plaza de la Constitución, Alameda Central y Reforma en la Ciudad de México.

En 1937 habitaban en México 18.3 millones de personas de las cuales solamente el 38.25 por ciento de la población contaba aún de manera ineficiente con el servicio eléctrico. En aquellos años el servicio era suministrado por tres compañías The Mexican Light and Power Company, The American and Foreign Power Comany y la Compañía Eléctrica de Chapala.

Con la finalidad de generar un mejor suministro, sin cortes de energía a un mejor precio y que permitiera el desarrollo del país, se crea el 14 de agosto de 1937 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a, través de la Ley promulgada en la Ciudad de Mérida Yucatán y publicada en el diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937.

¹Sección basada en <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/historia.aspx>

Fue hasta el 27 de septiembre de 1960 que el presidente Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica con la finalidad de aumentar la capacidad de electrificación del país ya que hasta ese año solamente el 44 por ciento de la población contaba con servicio eléctrico.

2.2. Situación actual

Iniciado el siglo XXI la CFE contaba con una capacidad instalada de generación de 35 mil 385 Mega Watts (MW), dando una cobertura en el servicio eléctrico nacional al 94.7 por ciento. Fue hasta 2009 que se logró dar cobertura eléctrica a todo el país; sin embargo, según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 existía 265 971 viviendas habitadas sin luz eléctrica representando solamente el 0.76 por ciento del total.

Hasta 2013 la CFE era el único agente que compraba y vendía energía eléctrica para el servicio público. Con la reforma eléctrica que se llevó a cabo en esos años, esta situación cambió, creándose así el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM); es decir, CFE deja de ser la única empresa en el mercado, particularmente el mercado de generación.

En el MEM se compra y se vende energía en el mercado de corto plazo y se subasta para el mercado de mediano y largo plazo, se realizan intercambios de balance de potencia, se subastan derechos financieros de transmisión y se desarrolla el mercado de Certificados de Energías Limpias (CEL). Los participantes pueden acudir al mercado bajo seis modalidades: (1) generador, (2) usuario calificado, (3) suministrador de servicios básicos, (4) suministrador de servicios calificados, (5) suministrador de último recursos y (6) comercializador no suministrador.

Es decir, en el MEM se comercializan todos aquellos productos requeridos para la óptima

operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) todo lo cual está bajo la supervisión del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), el cual es un organismo público descentralizado que tiene como objetivo ejercer el control operativo del SEN, la operación del MEM y garantizar imparcialidad en el acceso a la Red Nacional de Distribución (RND).

De igual manera, los agentes pueden participar en cuatro actividades dentro de la industria eléctrica. (1) Generación de energía eléctrica a través de una forma primaria de energía. (2) Transmisión de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos de interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución. (3) Distribución de electricidad desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los usuarios. (4) Comercialización de actos y trabajos para proporcionar energía eléctrica a cada usuario.

Sobre el tipo de reformas que se han llevado a cabo al rededor del mundo, Enríquez *et al.* (2019, p.60) señalan la existencia de al menos tres tipos de reformas que persiguen distintos objetivos. Las primeras son aquellas que pretenden una mayor competencia a través de la desintegración vertical y horizontal de las estructuras monopólicas, como es el caso de Reino Unido, Australia; el segundo grupo de reformas se refieren a la obtención de economía a escala a través de la apertura del mercado eléctrico, como Francia y Alemania y finalmente un tercer grupo de reformas que buscan mayor eficiencia en sus plantas, como Noruega y Suecia. En este sentido podemos colocar la reforma eléctrica llevada a cabo en México en el primer grupo de reformas.

Costa-Campi *et al.* (2018), analizan el efecto de la regulación eléctrica sobre el crecimiento económico para un conjunto de 22 países europeos durante el periodo 2007-2013, particularmente evalúan los efectos de la regulación sobre los costos de promoción de energías

renovables y los costos de red sobre el consumo de electricidad y el crecimiento, mostrando que los dos instrumentos de regulación tienen un efecto negativo sobre el consumo de electricidad y el crecimiento económico.

2.3. Capacidad de generación de energía

Bajo este nuevo esquema la CFE se dividió en 9 empresas subsidiarias, de las cuales 6 operan en el mercado eléctrico mayorista y se constituyeron 4 empresas filiales. Actualmente participan en el MEM 119 empresas, de las cuales 80 son generador; 26 son suministradores de servicios calificados; 10 son comercializadores no suministradores; uno como generador de intermediación; uno como suministrador de servicios básicos y uno como usuario calificado participante.²

Como se muestra en la figura 1, el MEM se ubica bajo la operación de diez centros de control los cuales se encuentran ubicados en la Ciudad de México, Puebla, Guadalajara, Mérida, Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey, Mexicali, La Paz y un pequeño centro de control en Santa Rosalía Baja California Sur, para el Sistema Mulegé. El sistema interconectado nacional (SIN) esta integrado por siete regiones Central, Oriental, Occidental, Noroeste, Norte, Noreste y Peninsular.

²El listado de las empresas participantes se encuentra en: <https://www.gob.mx/cenace/articulos/actualizacion-del-numero-de-participantes-del-mercado-electrico-mayorista-254488>



Figura 1: Zonas del sistema eléctrico nacional. Fuente: PRODESEN 2020-2036 p.47.

Actualmente la red de transmisión del SEN desarrollado por la CFE, está constituida por redes de diferentes niveles de tensión. La primera de ellas es la Red Nacional de Transmisión (RNT), la cual es un sistema integrado por las redes eléctricas que se utilizan para transportar energía a la Red General de Distribución (RGD) y a los usuarios que por las características de sus instalaciones lo requieran, así como las interconexiones a los sistemas eléctricos extranjeros que determine la Secretaría de Energía; esta red incluye tensiones iguales o mayores a 69 kv. La segunda es la RGD, ésta se utiliza para distribuir energía eléctrica al público en general y está integrada por las redes en media tensión, cuyo suministro eléctrico ocurre a niveles mayores a 1 kv y menores o iguales a 35 kv, así como las redes en baja tensión en las cuales el suministro eléctrico es igual o menor a 1 kv.

En México existen al menos siete tecnologías usadas para la producción de electricidad: (1) centrales termoeléctricas, (2) centrales hidroeléctricas, (3) centrales nucleoeeléctricas, (4) centrales eólicas, (5) centrales geotérmicas, (6) centrales fotovoltaicas y (7) bioenergía. En el año 2021, había 86 154 MW, de los cuales el 66.9 por ciento son unidades de generación termoeléctrica con uso de combustibles fósil, el resto de la capacidad se reparte en hidroeléctrica con 14.6 %, eólica con 8 %, fotovoltaica con el 6.9 %, nuclear con el 1.8 %, geotérmica el 1.3 % y el 0.5 % restante corresponde a bioenergía como insumo principal, (SENER, 2022).³

³Los aspectos técnicos sobre la generación de energía eléctrica se exponen en el Anexo.

3. Comportamiento del mercado eléctrico mexicano

3.1. Nueva estructura del mercado eléctrico mexicano

Con la reforma energética del 2013 se modificaron los artículos 25, 27 y 28 de la constitución mexicana, específicamente el artículo 27 menciona que se permite la participación privada en generación y comercialización de energía eléctrica.

Dado que el planteamiento del problema consiste en indagar los efectos de la reforma energética sobre los costos de generación y cómo estos impactan en el precio y consumo de energía eléctrica, el crecimiento de la producción real y a la productividad de las manufacturas, nos concentraremos en el estudio del submercado de generación, dejando de lado el resto de los mercados que componen el MEM. En este sentido el mercado de generación se compone de 80 empresas dentro de las cuales se encuentra la propia CFE y sus seis empresas subsidiarias; sin embargo, Enriquez *et. al.* señalan que en 2016 el 83.55 por ciento de la generación es suministrada por uno de los siete participantes del mercado directamente relacionados con CFE.

De acuerdo con la teoría microeconómica las estructuras de mercado pueden comportarse en dos extremos, la competencia pura o bien el monopolio puro; sin embargo, distintos mercados se encuentran entre estos dos extremos dando paso al concepto de oligopolio.

Los modelos de oligopolio que estudia la teoría microeconómica prestan atención en las interacciones estratégicas que tienen lugar en sectores o industrias con número limitado de empresas, tal como es el caso del SEN. En la teoría microeconómica existen varios modelos de oligopolio que pretenden capturar el comportamiento de las industrias, por lo que la teoría

no se enfoca en hacer un modelo “general” para el tema de oligopolio, se realiza una especie de guía con posibles modelos de acuerdo al comportamiento industrial, prestando atención en sus factores determinantes, es decir, las empresas que participan en un cierto mercado tienen como mínimo dos variables fundamentales, el precio que cobran y las cantidades que producen.

Dicho lo anterior podemos tener dos escenarios cuando una empresa es líder, puede elegir el precio que cobra o las cantidades que produce, si la empresa líder fija su precio antes que las demás se dice que tiene un comportamiento de líder en la elección de precios, haciendo que las demás se conviertan en seguidoras de precios, o bien la empresa líder fija su cantidad producida antes que las demás y se dice que tiene un comportamiento de líder en la elección de las cantidades, haciendo que las demás empresas se conviertan en seguidoras de cantidades.

Podemos decir que el mercado eléctrico en México tiene un comportamiento oligopólico con un liderazgo, por parte de la CFE, en la elección de la cantidad y los precios al cual se le denomina en la teoría microeconómica modelo de Stackelberg, este modelo es un juego secuencial líder-seguidor en cantidades.

3.2. Modelo de Stackelberg

Usualmente se usa para describir industrias donde hay una empresa dominante. Para el análisis de este modelo, se limitará en un caso de duopolio (dos empresas), con la finalidad de entender los puntos más importantes y sin complicaciones para un caso donde hay más empresas.⁴

⁴Versiones simples del modelo de Stackelberg se pueden hallar en (Varian, 2020) y (Pepall, 2006).

Supongamos dos empresas, E_1 como líder y que produce una cantidad y_1 y E_2 como seguidora y que responde produciendo y_2 . Ambas empresas conocen la función de demanda que enfrenta la industria $p(Y)$, donde la producción total del mercado es la suma de la producción de los participantes, es decir $Y = y_1 + y_2$.

La pregunta que surge de manera inmediata, por sentido común es, ¿Qué nivel de producción debe elegir el líder (E_1) para maximizar sus beneficios?, debido a que es un juego secuencial y la manera de resolver es por inducción hacia atrás, primero se resuelve el problema del seguidor, es decir E_2 y luego el líder E_1 internaliza la respuesta del seguidor.

El seguidor quiere maximizar sus beneficios, es decir:

$$\max_{y_2} p(Y)y_2 - C_2(y_2) \quad (1)$$

De esta manera el problema de maximización de la empresa seguidora es:

$$\max_{y_2} p(y_1 + y_2)y_2 - C_2(y_2) \quad (2)$$

En la ecuación (2), podemos ver que el seguidor depende de la producción del líder, sin embargo, la producción del líder ya se ha realizado por lo que el seguidor la ve como una constante, el seguidor desea elegir el nivel de producción en el que el ingreso marginal es igual al costo marginal (condición de maximización).

$$p(y_1 + y_2) + \frac{\partial}{\partial y_2} p(Y)y_2 = \frac{\partial}{\partial y_2} C_2(y_2) \quad (3)$$

La ecuación (3) nos dice que el ingreso marginal aumenta con mayor producción de y_2 pero presiona a la baja a $p(Y)$, también es claro que $y_2 = f(y_1)$ es decir, la decisión del seguidor depende de la elección del líder, por lo tanto, se le denomina función de reacción a $y_2 = f(y_1)$, la función de reacción nos representa la mejor respuesta de E_2 frente a la estrategia de E_1 .

Para el caso más sencillo tenemos una función de demanda lineal, supongamos una función inversa de demanda $p(Y) = a - b(y_1 + y_2)$ u costos constantes, $c_2 \cdot y_2$. Por lo tanto, el problema del seguidor queda de la siguiente manera:

$$\max_{y_2} [a - b(y_1 + y_2)]y_2 - c_2 \cdot y_2 \quad (4)$$

Maximizando y aplicando la condición de maximización, mejor conocido como condiciones de primer orden, tenemos:

$$a - b \cdot y_1 - 2by_2 - c_2 = 0 \quad (5)$$

Despejando y_2 para obtener la función de reacción:

$$y_2 = \frac{a - by_1 - c_2}{2b} \quad (6)$$

Ahora se resuelve el problema de la empresa líder

$$\max_{y_1} [a - b(y_1 + y_2)]y_1 - c_1 \cdot y_1 \quad (7)$$

Maximizando y aplicando la condición de equilibrio, tenemos:

$$ay_1 - by_1^2 - by_2y_1 - c_1y_1 = 0 \quad (8)$$

Sustituyendo (6) en (8) y derivando parcialmente con respecto a y_1 tenemos:

$$a - 2by_1 - \frac{1}{2}(a - 2by_1 - c_2) = c_1 \quad (9)$$

Despejando y_1 tenemos:

$$y_1^* = \frac{a + c_2 - 2c_1}{2b} \quad (10)$$

Para hallar el nivel de producción de equilibrio para E_2 , sustituimos la ecuación (10) en (6), lo que resulta en:

$$y_2^* = \frac{a + 2c_1 - 3c_2}{4b} \quad (11)$$

De esta manera la producción total de la industria está dada por la suma de y_1^* y y_2^* , es decir:

$$Y^* = \left(\frac{a + c_2 - 2c_1}{2b} \right) + \left(\frac{a + 2c_1 - 3c_2}{4b} \right) \quad (12)$$

4. Funciones de costos en la producción de energía eléctrica

En esta sección se presentan distintas funciones de costos en la producción de energía eléctrica, ya que como se ha mencionado, el problema de investigación consiste en indagar los efectos de la reforma energética sobre los costos de producción y cómo estos inciden en la formación de precios de la electricidad, su consumo, el nivel de producción real y en la productividad de las manufacturas; por lo que se requiere el estudio de las funciones de producción en la industria eléctrica.

El uso de distintas fuentes de energía primaria para la generación de electricidad requieren distintas tecnologías de producción; por ejemplo, algunas tecnologías que existen para la generación de energía eléctrica son: ciclo combinado, hidroeléctrica, solar fotovoltaica, termoeléctrica convencional, nuclear o eólica. Dichas plantas usan una fuente de energía primaria como energía química, mecánica, térmica o cinética y mediante algún dispositivo técnico se logra obtener electricidad.

También se debe considerar que en ocasiones, las centrales eléctricas no comienzan a producir energía inmediatamente, sino que es necesario que exista un periodo previo de calentamiento de la central eléctrica, lo cual implica costos sin que exista producción. Además, también se debe tomar en cuenta que muchas plantas de producción de energía eléctrica tienen la capacidad de operar con diferentes fuentes de energía primaria.

4.1. Función de costos lineal

La primera función de costos es la función de costos lineal, la cual se expresa de la siguiente manera: ⁵

$$C_n(Q_n) = F(C_n) + F(l_\Omega) \cdot a_{\Omega n} \cdot Q_n \quad (13)$$

Donde Q_n es el nivel de producción de la planta, con la siguiente restricción $\underline{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n$ donde \underline{Q}_n y \overline{Q}_n son el límite inferior y superior de las posibilidades de producción, dados por la restricción técnica de la planta. En esta sencilla especificación, se supone que existe un nivel máximo posible de producción, normalmente dado por la capacidad del generador, y un mínimo.

Además $F(C_n)$ representa los costos fijos, donde podemos considerar el costo global de planificación, financiación, construcción y mantenimiento de la planta de generación de energía eléctrica, independientemente de su producción de energía. $F(l_\Omega)$ representa el precio del combustible Ω utilizado por la planta, sus unidades son, dinero por unidad de energía del combustible, por ejemplo, $\$/J$.

El coeficiente $a_{\Omega n}$ representa la eficiencia energética efectiva de la planta, la relación efectiva entre la entrada de energía y la salida de energía de la planta depende de la eficiencia máxima o teórica de la planta, ésta es un parámetro puramente técnico, su unidad de medida va a depender de cómo sea medido el contenido energético del combustible y la producción de energía eléctrica. Por ejemplo, si la energía del combustible se mide en J y la electricidad en KWh , su unidad de medida será J/KWh .

⁵Las funciones de costos que se presentan en esta sección están basadas en (Creti y Fontini, 2019, pp. 25-30)

La planta de generación se puede denominar, a) monocombustible o b) multicomcombustible, para el caso de la ecuación (13) nos estamos refiriendo al caso “a”, sin embargo, en varias plantas es posible utilizar distintos tipos de combustible para generar la energía térmica que se convierte en electricidad, caso “b”, en estos casos, la función de costos debe ampliarse para describir esta característica técnica. Por ejemplo, en una planta bicombustible, la ecuación (13) debe de ser sustituida por la ecuación (14).

$$C_n(Q_n) = F(C_n) + F(l_\Omega) \cdot a_{\Omega n} \cdot Q_{\Omega n} + F(l_\alpha) \cdot a_{\alpha n} \cdot Q_{\alpha n} \quad (14)$$

Con $\underline{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n$, donde Ω y α son dos combustibles diferentes y $Q_{\Omega n}$ y $Q_{\alpha n}$ son las cantidades de energía eléctrica producida por la planta n utilizando los combustibles Ω y α respectivamente.

En algunas tecnologías, este mínimo puede ser cero o muy próximo a cero, como en el caso de la producción fotovoltaica; sin embargo, en otras tecnologías, este mínimo es cercano o casi igual al máximo, como ocurre con las unidades de las centrales de carbón o nucleares, que, una vez iniciada su producción, se produce a un nivel positivo dado y por lo general grande.

De acuerdo con la restricción de la ecuación (13), implica que no es técnicamente factible que la planta opere por debajo del límite inferior (\underline{Q}_n) ni por arriba del límite superior (\overline{Q}_n), ya que de lo contrario podríamos tener un costo infinito $C_n(Q_n) = \infty$ más allá de los niveles, $Q_n < \underline{Q}_n$ o bien $Q_n > \overline{Q}_n$.

El coste marginal de la planta descrita en la ecuación (13) es:

$$\frac{\partial C_n(Q_n)}{\partial Q_n} = F(l_\Omega) \cdot a_{\Omega n} \cdot Q_n \quad (15)$$

Para $\underline{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n$.

Por lo tanto, la ecuación (13) tiene como característica de que el costo de proporcionar un watt – hora adicional es constante en todo su rango de operación, dependiendo únicamente del costo del combustible y del parámetro de eficiencia de la planta, sin embargo, en general es una descripción demasiado simple de las características de las plantas, la ecuación (13) apenas puede captar todas las características de las distintas tecnologías posibles de las plantas de generación eléctrica.

Con el objeto de construir una función de costos que capture mayor número de características de las distintas tecnologías se construyen otras funciones de costos.

4.2. Función de costos a trozos

Algunas plantas de generación de energía eléctrica no solo tienen un límite inferior o un límite superior de producción, sino más bien varios rangos posibles de producción, dentro de los cuales hay distintas eficiencias, es decir, distintos parámetros de $a_{\Omega n}$, dando paso al caso de una función de costos a trozos,

$$C_n(Q_n) = \begin{cases} F(C_n) + F(l_\Omega) \cdot \widehat{a}_{\Omega n} \cdot Q_n & \text{para } \underline{Q}_n \leq Q_n \leq \widehat{Q}_n \\ F(C_n) + F(l_\Omega) \cdot \widetilde{a}_{\Omega n} \cdot Q_n & \text{para } \widehat{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n \end{cases} \quad (16)$$

Con la siguiente condición $\widehat{a}_{\Omega n} < \widetilde{a}_{\Omega n}$ y $\underline{Q}_n \leq \widehat{Q}_n \leq \overline{Q}_n$

La función de costos a trozos de dos pasos describe la existencia de dos rangos posibles de funcionamiento, y que producir por encima del umbral \widehat{Q}_n implica que hay un aumento de los costos variables, por ejemplo, debido a un aumento del costo de mantenimiento o del riesgo de daños que implica algunas medidas de salvaguardia adicionales, o un aumento de la necesidad de refrigeración de los transformadores. En la ecuación (16) podría haber varios escalones más en la función de costos a trozos, sin embargo, una forma funcional más general que representa una versión continua y suave de una función de costos lineal a trozos de varios pasos es la cuadrática.

$$C_n(Q_n) = F(C_n) + F(l_\Omega) \cdot a_{\Omega n} \cdot Q_n^2 \quad (17)$$

Con $\underline{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n$. El costo marginal de la planta descrita en la ecuación (17) es:

$$\frac{\partial C_n(Q_n)}{\partial Q_n} = 2F(l_\Omega) \cdot a_{\Omega n} \cdot Q_n \quad (18)$$

La función del costo marginal muestra que no es constante como en el caso de costo lineal, aquí aumenta dentro del rango operativo de la planta.

4.3. Función de costos a trozos con producción cero

Es importante enfocar la atención en Q_n (cantidad de electricidad que produce una planta), es decir, hay una diferencia entre una situación de producción cero y una situación en la que está encendida, pero no inyecta electricidad a la red, por alguna razón técnica o de seguridad.

Por lo tanto, denotamos una nueva variable, Q_n^* , la cual estará bajo dos condiciones distintas, $Q_n^* = 0$, significa que la cantidad que se puede producir es igual que cero porque la central está apagada y, $Q_n^* > 0$, expresa que la cantidad que se puede producir es mayor a cero por que la central está encendida, pero no necesariamente inyectando energía a la red, por lo que la función de costos quedaría de la siguiente manera:

$$C_n(Q_n) = \begin{cases} FC_n & \text{con } Q_n^* = 0 \text{ y } Q_n = 0 \\ FC_n + Fl_\Omega \cdot b_{\Omega,n} & \text{con } Q_n^* > 0 \text{ y } 0 < Q_n < \underline{Q}_n \\ FC_n + Fl_\Omega \cdot (a_{\Omega,n} \cdot Q_n^2 + b_{\Omega,n}) & \text{con } Q_n^2 > 0 \text{ y } \underline{Q}_n \leq Q_n \leq \overline{Q}_n \end{cases} \quad (19)$$

Sin embargo, observamos en la ecuación anterior que el término $Fl_\Omega \cdot b_{\Omega,n}$ para la segunda parte de la función a trozos, representa un vacío y que la central no puede generar energía por debajo del nivel límite inferior \underline{Q}_n .

5. Comentarios finales

Para logra plantear el problema de investigación se dividió el trabajo en cuatro partes en las que se expone la evolución del sistema eléctrico mexicano, así como su situación actual en la que prevalece una estructura oligopólica de Sackelber, es decir que la reforma eléctrica del 2016 no rompió del todo con la concentración de la industria eléctrica. Si bien esta reforma abrió el mercado de generación de energía eléctrica al sector privado, no alcanzó el nivel de competencia deseada, sino que se convirtió en un esquema oligopólico ya que la CFE junto con sus seis empresas subsidiarias generan 83.55 por ciento de la capacidad suministrada, (Enríquez *et al.*,2019, p.66). Se presentaron algunas de las formas de funciones de costos que generalmente se utilizan en el modelado de la producción de electricidad. Dichas funciones deberán ser estudiadas tanto de manera teórica como de forma empírica.

Hemos planteado como tema de investigación el mercado de energía eléctrica para el caso de México después de la reforma de 2016. Estableciendo como problema de investigación los efectos de dicha reforma sobre los costos de producción, precios y consumo de a energía eléctrica, así como su efecto en la producción real y en la productividad de las manufacturas. El problema de investigación que se ha planteado en esta Idónea Comunicación de Resultados requerirá de una estimación de la función de costos para la producción de energía eléctrica, observar si estos costos de producción han presentado algún cambio considerable después de la reforma energética de 2013-2016 y analizar si estos cambios se ven reflejados en los precios y consumo de la energía eléctrica así como indagar los efectos en el nivel de producción real y en la productividad de las manufacturas.

Referencias

- [1] Apergis, N., y Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32, 1421-1426.
- [2] Berndt, E. R. (1990). *The practice of econometrics classics and contemporary*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [3] Bohi, D. R. (1991). On the macroeconomic effects of energy price shocks. *Resources and Energy*, 13, 145-162.
- [4] Brown, S. P. A., y Yücel, M. K. (2002). Energy prices and aggregate economic activity: an interpretative survey. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 42, 193-208.
- [5] Cengel, Y. A., y Boles, M. A. (2014). *Termodinámica*. (8 ed.), Capítulo 6. Mc Graw Hill.
- [6] CFE. (2021). *Plan de Negocios 2022-2026*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- [7] CFE. (2023). <https://www.cfe.mx/Pages/default.aspx>.
- [8] Chang, R. (2010). *Química*. (10 ed.), Capítulos 1 y 18. Mc. Graw Hill.
- [9] Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- [10] Costa-Campi, M. T., et al. (2018). Electricity regulation and economic growth. *Energy Policy*, 113, 232-238.
- [11] Creti, A., y Fontini, F. (2019). *Economics of Electricity*. Cambridge University Press.
- [12] Enríquez, A., et al. (2019). Costos de generación, inversión y precios del sector eléctrico en México. *Investigación Económica* 78 (309), 21.

- [13] Pepall, L., et al. (2006). *Organización Industrial Teoría y práctica contemporáneas*. (3 ed.), Thomson.
- [14] Resnick, R., et al. (2001). *Física*. (4 ed., Vol. 1). Capítulo 7. Grupo Patria Cultural.
- [15] SENER. (2022) *Programa de desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-3036*. México: Secretaría de Energía.
- [16] Varian, H. R. (2020). *Microeconomía Intermedia*. (5 ed.), Antoni Boch.
- [17] Yeh, F.-Y., et al. (2012). Asymmetric impacts of international energy shocks on macroeconomic activities. *Energy Policy*, *44*, 10-22.
- [18] Wilson, R. (2002). Architecture of Power Markets. *Econometrica*, *70*(4), 1299-1340.
<http://www.jstor.org/stable/3082000>

6. ANEXO: Principios básicos de energía

6.1. Concepto de energía

En este Anexo se explican los elementos básicos para entender el concepto de energía. Esto es necesario ya que las leyes físicas que gobiernan la electricidad limitan la actividad económica (Creti y Fontini, 2019, p. 6).

Se obtiene electricidad manipulando distintos elementos como el agua, el gas natural, el carbón, el petróleo, el calor del sol, el viento, etcétera. El objetivo de la manipulación de estos materiales es hacer mover una turbina, que a su vez hace girar un generador que convierte la energía del movimiento en electricidad a través del uso de imanes.

Por ejemplo, el giro de estas turbinas puede ser realizado por vapor de agua, o bien a partir de la quema de hidrocarburos, o bien a través de reacciones nucleares. Después de este proceso es que se genera energía eléctrica, así podemos decir que ésta es una fuente de energía secundaria producida a partir de una fuente primaria de energía.

Las fuentes de energía primaria son aquellas que se obtienen de fuentes naturales y que no han sido manipuladas, por ejemplo el viento, el sol, calor emanado de la tierra, biomasa, combustibles fósiles o minerales radioactivos. El objetivo es la manipulación de estas fuentes primarias de energía para generar calor que hará mover una turbina.

Este proceso se lleva a cabo en una central eléctrica, las cuales pueden ser: centrales termoeléctricas de ciclo convencional, centrales termoeléctricas de ciclo combinado, centrales nucleares, centrales geotérmicas, centrales de biomasa, centrales hidroeléctricas, parques eólicos, centrales solares y centrales mareomotrices.

Como ya se ha mencionado, en todas ellas el objetivo es generar calor para mover una turbina; sin embargo, existen algunas excepciones. En las centrales hidroeléctricas se utiliza una caída de agua para mover la turbina. En los parques eólicos el movimiento genera energía eléctrica. Mientras que en las centrales solares de celdas fotovoltaicas se transforma directamente la energía solar en energía eléctrica. Finalmente en las centrales mareomotrices es el movimiento de las mareas y el oleaje lo que genera el movimiento de la turbina.

Se debe reconocer que, el concepto de energía es quizá uno de los más complicados de definir a pesar de ser utilizado cotidianamente. Algunos días podemos sentirnos con demasiada energía, otros con poca, en ocasiones olvidamos conectar algún dispositivo electrónico a la energía eléctrica y corremos el riesgo de que se quede sin batería. Es decir, el concepto de energía nos acompaña cotidianamente; sin embargo, es poco entendido.

Se utiliza la palabra electricidad como una abreviatura de energía eléctrica, entendiendo que ésta es un tipo o forma de energía, por lo que iniciamos definiendo a la *energía* como todo lo que permite a un cuerpo realizar trabajo. Trabajo en el sentido de la física, es un desplazamiento contra una resistencia, es decir, trabajo es el movimiento de un objeto. Así, energía es todo aquello que permite que un objeto se mueva. Es necesario señalar que se expondrá el concepto de energía definiéndola desde una perspectiva de la física clásica.

Para la dinámica la cual es, la rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos considerando qué lo origina, el concepto de energía es la capacidad de realizar un trabajo, es decir un desplazamiento contra una resistencia, así el trabajo (W) se define como la integral del producto escalar de dos vectores, una fuerza por una distancia de desplazamiento (Resnick, 2001, p. 153).

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{u} \quad (20)$$

Ahora bien, este movimiento o trabajo realizado tiene dos dimensiones una fuerza (F) medida en Newtons y una distancia de desplazamiento (x), medida en cualquier unidad de distancia, por ejemplo metros. Así, se puede decir que energía es fuerza por distancia:

$$E = F \cdot x \quad (21)$$

De esta manera el trabajo es la medida de la energía, el cual se mide en Joules. Un Joule es la medida del trabajo realizado o energía transferida cuando la fuerza de un Newton lo desplaza por un metro. ⁶

Por otro lado, sabemos que fuerza es igual a la masa por la aceleración, esto es:

$$F = m \cdot a \quad (22)$$

Sabemos también que la velocidad se define como el cambio en la posición de un objeto por unidad de tiempo, mientras que la aceleración es el cambio de la velocidad, la cual tiene como unidades de medida distancia por unidad de tiempo al cuadrado; esto es así debido que la aceleración es la derivada de la velocidad nuevamente por la misma unidad de tiempo.

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (23)$$

⁶Seguimos la presentación propuesta por (Creti y Fontini, 2019, p.8).

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (24)$$

De esta manera sustituyendo las ecuaciones (22) y (24) en (21), tenemos:

$$E = m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot x \quad (25)$$

Realizando una manipulación adecuada que no altera la ecuación podemos reescribirla como:

$$E = m \cdot \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} \cdot x \quad (26)$$

Si consideramos a la ecuación (23) tenemos:

$$E = m \cdot v \cdot \frac{dv}{dx} \cdot x \quad (27)$$

El término $m \cdot v$ de la ecuación (27) indica la velocidad sostenida por la masa, mientras que el término $\frac{dv}{dx} \cdot x$ representa la fuerza aplicada que da lugar al cambio relativo en la velocidad, para una distancia dada.

Ahora bien, sabemos que la masa posee dos tipos de energía, la potencial y la cinética. La primera de ellas está vinculada a la posición de las masas y se define como:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (28)$$

Donde m es la masa, g es la fuerza gravitatoria que es aproximadamente igual que $9.81m/s^2$ y h la altura. Diremos que si una masa de un kilogramo, colocada a un metro de altura, que recibe una aceleración constante de un metro por segundo al cuadrado, tiene una energía potencial de un Jule.

Por otro lado, la energía cinética esta asociada a un movimiento lineal y depende del producto de un medio de la masa (m) por la velocidad al cuadrado (v^2):

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (29)$$

La ecuación (29) muestra que el momento lineal no es otra cosa que la tasa de cambio de la energía cinética con respecto a la velocidad, es decir:

$$\frac{dE_c}{dv} = mv \quad (30)$$

De esta manera, si consideramos las ecuaciones (27) y (30) se puede decir que el trabajo o cantidad de energía transferida es simplemente el cambio en la energía cinética entre dos ubicaciones cualesquiera, esto es:

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{dE_c}{dv} \cdot \frac{dv}{dx} \cdot x \\
 E &= \frac{dE_c}{dx} \cdot x
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

Tanto la energía cinética como la energía potencial cumplen el principio de conservación de la energía, establecido en la primera ley de la termodinámica, es decir que la energía interna de un sistema es igual al trabajo realizado por el sistema y por tanto, la energía total permanece constante.

Desde el punto de vista de la termodinámica, el calor pasa de los cuerpos calientes a los fríos, estableciendo así la irreversibilidad de la transferencia de energía en los procesos naturales, tal y como establece la segunda ley de la termodinámica, la cual afirma que la entropía total de un sistema aislado siempre aumenta con el tiempo, (Cengel y Boles, 2014, p. 279).

En consecuencia, la transferencia de energía en un sistema es irreversible. A grandes rasgos, la entropía puede definirse como la cantidad de energía que no puede convertirse en trabajo. Es una medida del desorden molecular espontáneo. Puede entenderse a partir de la definición de cambio de entropía:

$$dS = \frac{dQ}{T}
 \tag{32}$$

Donde S es la entropía, Q es el calor y T es la temperatura (en grados Kelvin). Nótese

que el calor no es lo mismo que la temperatura, el primero es la cantidad de capacidad energética para realizar trabajo, ya sea directamente como calentamiento térmico o indirectamente a través de la conversión en alguna otra forma de energía, mientras que la segunda es una medida del calor. Por tanto, la entropía no es más que la relación entre el calor y la temperatura:

$$S = \int dS = \int \frac{dQ}{T} = \frac{Q}{T} \quad (33)$$

La segunda ley de la termodinámica establece simplemente que, $dS \geq 0$.

Una máquina o un sistema de trabajo térmico, se define por la energía que se utiliza en ella al realizar un trabajo o que se le añade para realizarlo. La consecuencia de la primera ley de la termodinámica aplicada a un sistema de trabajo térmico es que la energía de la máquina corresponde a la diferencia entre su calor inicial y final:

$$E = Q_e - Q_s \quad (34)$$

Donde Q_e es el calor inicial o calor de entrada y Q_s es el calor final o calor de salida, según la segunda ley de la termodinámica, el calor pasa de los cuerpos calientes a los fríos, y no al revés. Podemos describir la transferencia de calor en una máquina ideal mediante la llamada máquina de Carnot, representada en la figura 1. ⁷

De acuerdo con la ecuación (33) la entropía la podemos expresar también de la siguiente

⁷La máquina ideal de Carnot representada en este trabajo está basada en cualquier representación básica que se puede hallar en diversos textos por ejemplo, (Cengel y Boles, 2014, p. 282) y (Creti y Fontini, 2019, p. 11)

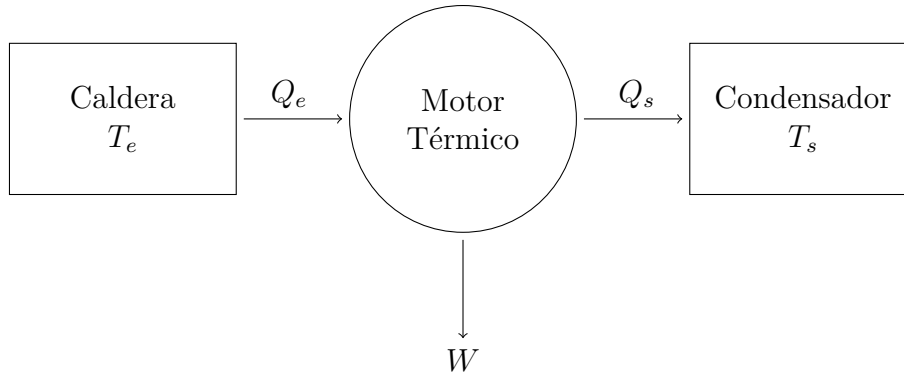


Figura 2: La máquina ideal de Carnot

manera:

$$S = \int dS = -S_e + S_s = \frac{Q_s}{T_s} - \frac{Q_e}{T_e} \quad (35)$$

Donde S_e será la entropía de la transferencia de energía de la caldera al motor y S_s la entropía añadida al sistema cuando se añade energía al condensador, dado que $dS \geq 0$ tenemos:

$$\begin{aligned} \frac{Q_s}{Q_e} - \frac{T_s}{T_e} &\geq 0 \\ \frac{Q_s}{Q_e} &\geq \frac{T_s}{T_e} \\ 1 - \frac{Q_s}{Q_e} &\leq 1 - \frac{T_s}{T_e} \end{aligned}$$

Si recordamos que $W = Q_e - Q_s$ y consideramos que trabajo es igual a energía, es decir $W = E$ tenemos que:

$$\frac{E}{Q_e} \leq 1 - \frac{T_s}{T_e} \quad (36)$$

El lado izquierdo de la ecuación (36) representa la relación entre la producción de energía de la máquina y la entrada de energía. Podemos llamar a este término la eficiencia del sistema, normalmente denotado por η . La cual se define como la relación entre la producción de energía de un sistema y la entrada de energía.

La relación del lado derecho de la ecuación (36) es la relación de la temperatura final sobre la original, medida en kelvin. El cero absoluto kelvin no es alcanzable en un sistema físico, por lo que el lado derecho siempre será menor que uno.

La ecuación (36) muestra entonces que la eficiencia de un sistema energético, aunque sea teórico, siempre será inferior a uno, es decir, que no es posible convertir completamente toda la entrada de energía Q_e en trabajo utilizable. Una parte siempre se perderá, es decir, se transferirá al entorno en el que se encuentre el sistema.

Obsérvese que el rendimiento indicado en la ecuación (36) es teórico, también llamado rendimiento de Carnot, ya que corresponde a la aplicación de la segunda ley de la termodinámica a una máquina teórica. En realidad, el rendimiento de una máquina será muy inferior al de Carnot, ya que en todos los procesos de transferencia de energía se emplean pérdidas adicionales. Pero, en cualquier caso, la ecuación (36) muestra que todos los procesos de transferencia de energía implican inevitablemente cierta ineficiencia, que puede reducirse mejorando el proceso, pero nunca eliminarse.

6.2. Unidades de medida

En esta y en las siguientes tres subsecciones, se abordarán de manera muy breve tres temas referentes a la energía: las unidades de medida comúnmente utilizadas en la medición de la energía, las formas y transformación de energía y los tipos de generación de la misma, (Chang, 2010).

Los prefijos que se suelen utilizar para las unidades de energía son:

- Megajoule $1MJ = 10^6 J$
- Gigajoule $1GJ = 10^9 J$
- Petajoule $1PJ = 10^{15} J$
- Exajoule $1EJ = 10^{18} J$

En el sistema inglés de medidas, la unidad de energía es el *BTU* (British thermal unit), que se define como la energía requerida para elevar en 1°F la temperatura de *1lbm* de agua

En el sistema métrico, la cantidad de energía necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 gramo de agua a 14.5°C se define como 1 caloría (cal), y $1\text{cal} = 4.1868J$. Las magnitudes de kilojoule y Btu son casi idénticas ($1\text{Btu} = 1.0551\text{KJ}$).

La unidad para la razón de tiempo de energía es el joule por segundo $J/s = 1\text{Watt} = 1W$. En el caso de trabajo la razón de tiempo de energía se llama potencia. Una unidad de potencia comúnmente usada es el caballo de fuerza (*hp*), que es equivalente a $746W$ es decir que $1hp = 746W$.

6.3. Formas de energía

Todo cambio que sufre la materia es un fenómeno que puede ser físico o químico y para efectuar dicho cambio se requiere de algún tipo de energía, energía química, energía mecánica, energía calorífica. La energía química es la retenida en alimentos y combustibles debido a la transformación de sustancias químicas que contienen estos o algunos elementos, posibilita mover objetos o generar otro tipo de energía.

La energía mecánica se debe al movimiento y posición de un cuerpo y es la suma de la energía potencial y cinética de este movimiento y refleja la capacidad que tienen para hacer un trabajo.

La energía calorífica se manifiesta en forma de calor. En todos los materiales los átomos que forman sus moléculas están en continuo movimiento ya sea trasladándose o vibrando. Este movimiento implica que los átomos tienen una determinada energía cinética a la que nosotros llamamos calor o energía calorífica.

6.4. Transformaciones de energía

De acuerdo con la ley de conservación de la energía, la energía se encuentra en constante transformación, pasando de una forma a otra, por ejemplo, el incendio de una bombilla, cuando accionamos un interruptor, la energía eléctrica llega al filamento incandescente de la bombilla, lo calienta (energía calorífica) y este emite luz (energía luminosa), de modo que la energía eléctrica se ha transformado en energía calorífica y luminosa, la energía eólica aprovecha la energía cinética del viento para obtener energía eléctrica, la energía fotovoltaica aprovecha la energía radiante (energía del sol) para obtener energía eléctrica, es decir; la

energía en muchas de sus formas podemos utilizarla para generar un bienestar a la sociedad o incluso se puede dar de manera natural.

6.5. Tipos de generación de energía

La generación de energía eléctrica se produce mediante otros tipos de energía no eléctrica, sea solar, eólica, química, térmica, mecánica, fotovoltaica, etc. Para la generación de energía eléctrica se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, en donde se llevan a cabo las transformaciones de energía no eléctrica a energía eléctrica.

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos y obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, como energía luminosa, energía mecánica y energía térmica.

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir; como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00070

Matrícula: 2221800775

La economía de la energía eléctrica: el caso de México.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 15 del mes de febrero del año 2024 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

- DR. LEOBARDO DE JESUS ALMONTE
- DR. JOSE JUAN RAMIRO DE LA ROSA MENDOZA
- DR. CESAR DANIEL ALVARADO GUTIERREZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

DE: GADDIEL DOMINGO TERAN ZEMPOALTECATL

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



GADDIEL DOMINGO TERAN ZEMPOALTECATL

ALUMNO

REVISÓ

MTRA. ROSALÍA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CSH

DR. JOSE REGULO MORALES CALDERON

PRESIDENTE

DR. LEOBARDO DE JESUS ALMONTE

VOCAL

DR. JOSE JUAN RAMIRO DE LA ROSA
MENDOZA

SECRETARIO