

# Auditoría energética a edificios laborales de la SEZGO-CFE en México

Alejandro Almendra, Anilu Miranda, Luis Peralta.

Departamento de Ingeniería Química en Ingeniería Bioquímica

Instituto Tecnológico de Veracruz

Veracruz, México

[alexalmendra09, amime\_77@hotmail.com], peralta@itver.edu.mx

**Abstract**— The aim of this study was to perform an energy audit of the building SEZGO based on the LEED certification and NOM-020-ENER-2011. A checklist, calculating lighting, energy consumption and the heat gain of the building development. SEZGO has 10 buildings. As for the thermal loads (14705.7kW/h) concludes that there are areas with excess air conditioners also the lighting level is not adequate given has an inadequate luminaries distribution of such bathrooms and offices RH (nearby excess) and headquarters and archive (deficit area). After the analysis we conclude that can reduce energy consumption by 8%.

**Keyword**— LEED, sustainable buildings, energy audit, SEZGO-CFE, NOM

**Resumen**— El objetivo de este trabajo fue realizar una auditoría energética al edificio SEZGO basándose en la certificación LEED y en la NOM-020-ENER-2011. Se desarrollo una checklist, cálculo de la iluminación, consumo energético y el cálculo de la ganancia del edificio. SEZGO cuenta con 10 edificios. En cuanto a las cargas térmicas (14705.7kW/h) se concluye que existen zonas con exceso de aires acondicionados, así mismo el nivel de iluminación no es el adecuado dado presenta una distribución inadecuada de luminarias ejemplo baños y oficinas de RH (zona con exceso) y oficinas generales y archivo (zona con deficit). Después del análisis se concluye que se puede reducir el consumo energético en un 8%.

**Palabras claves**— LEED, edificios sostenible, auditoría energética, SEZGO-CFE, NOM

## I. INTRODUCCIÓN

Los edificios y viviendas tienen un impacto tanto en las personas que los utilizan como en el planeta. En los países desarrollados, los edificios utilizan un tercio de la energía total, dos tercios de la electricidad, una octava parte del agua, y transforman la tierra que proporciona valiosos recursos ecológicos. Desde que “The Building Rating System” se creó, el organismo para el Desarrollo Sostenible de Nuevas Construcciones formuló la certificación llamada LEED (Liderazgo en Energía y Desarrollo Sostenible) el cual fue publicado por primera vez en 1999 y hasta la fecha ha estado ayudando a los profesionales a mejorar la calidad de los edificios y su impacto en el ambiente, tal como lo marca “Spain Green Building System”. [1]

El diseño sostenible (también conocido como diseños verdes) reduce los costos operativos, mejora las posibilidades de comercialización de la edificación y de su organización, lo que podría aumentar la productividad de sus ocupantes y ayuda a crear una comunidad sostenible. Los sistemas de clasificación LEED son desarrollados por el Consejo de Edificios Verdes de los EE.UU. (USGBC) desde 1993. Como la certificación LEED ha evolucionado y madurado, el programa ha llevado a cabo nuevas iniciativas, además de un sistema de clasificación dedicada específicamente a la construcción de los problemas de funcionamiento y mantenimiento para edificios existentes (Operaciones y Mantenimiento), tal como lo marca “U.S. Green Building Council”. [2]

La certificación LEED aborda los diferentes procesos de desarrollo y ejecución de proyectos que existen en el diseño y construcción de edificios en los EE.UU., a través de los sistemas de calificación para las distintas tipologías de edificación, sectores y ámbitos del proyecto tales como: interiores y exteriores, nueva construcción, escuelas, desarrollos urbanos, sector minorista, hospitales, viviendas e

interiores comerciales. El campo de la construcción verde está creciendo y cambiando todos los días. Las nuevas tecnologías y los productos se están introduciendo en el mercado, y los diseños y prácticas innovadoras están demostrando su eficacia. [1] [2]

En México, la Secretaría de Energía (SENER) es la institución responsable de coordinar las políticas públicas en materia de energía, pero en términos de ejecución y seguimiento de las medidas, los proyectos y programas se encuentran entre las tareas de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE), así como la Fundación para Electricidad Ahorro de Energía (FIDE). La CONUEE es un órgano administrativo desconcentrado de la SENER, que fue creada a través de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, y tiene como objetivo central promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía (Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008). Cabe destacar que la mayoría de los programas llevados a cabo por dichas instituciones se desarrollan conforme a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Las NOM's son el instrumento legal a seguir y es donde se establecen las regulaciones técnicas y de la obediencia obligatoria que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodologías que dan origen a los diversos organismos gubernamentales, proporcionando los parámetros medibles en materia de seguridad, salud, eficiencia energética, protección del ambiente, entre otros. La Norma Oficial Mexicana que habla sobre la eficiencia energética (NOM- ENER) regula el consumo de energía y equipos para establecer parámetros para el ahorro de costos y que los beneficios sean satisfactorios. Dentro de estas normas, la NOM- 020-ENER- 2011 es una de las más relevantes en lo que respecta al consumo de energía en los edificios; ya que establece la mejora del diseño térmico de los edificios, así como de lograr el confort de los ocupantes con el consumo mínimo de energía.[3]

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa (parestatal) líder en México que proporciona la electricidad a toda la República Mexicana y que posee el título de "World Class Company" la cual se sustenta bajo las normas ISO-9001-2008, ISO-14001-2004 y NMX-SAST-2001-IMNC, entre otras. La CFE cuenta dentro de su estructura orgánica con la Gerencia de Protección Ambiental autorizada mediante convenio CFE-SUTERM 115/2003 y CFE-SUTERM 54/2010. 27. Dentro de la estructura organizacional de la empresa, existe la división especializada de estudio geológico (características del suelo y propiedades) llamada SEZGO (Superintendencia de la Zona de Estudios del Golfo) ubicada en la Ciudad de Veracruz la cual se encarga de implementar acciones encaminadas a la protección del ambiente así como de establecer su política interna de protección ambiental cuyo objetivo es la búsqueda del equilibrio favorable entre los costos de generación y beneficios, incorporando en ellos las llamadas externalidades ambientales.

Dentro de las políticas que ha implementado SEZGO para reducir el consumo de energía dentro de sus instalaciones es la incorporación de los generadores de energía como la eólica, fotovoltaica y la solar. Otra de sus políticas es la del tratamiento de sus aguas residuales grises y negras; y en vías de implementación el tratamiento de las aguas amarillas; ya que esta cuenta con su propia planta de tratamiento de aguas residuales.

Otra de las políticas se encuentra la realización de una auto-auditoría energética en sus instalaciones, basada en la NOM-020-ENER-2011 que identifica los puntos críticos de consumo energético. Por lo que el objetivo de este trabajo consistió en realizar la Auditoría Energética a las instalaciones de la SEZGO basándose en la certificación LEED y en la NOM-020-ENER-2011, teniendo como metas principales la reducción del consumo energético y su generación a través del estudio del material de construcción y uso de energía.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se plantearon tres fases de trabajo las cuales consistieron en:

### A. Fase 1 -. Pre-Diagnóstico

Se realizaron visitas durante una semana a las instalaciones se llevó a cabo SEZGO antes del diagnóstico, con el fin de establecer las principales características del sitio y de los procesos de trabajo realizados en la organización, así como la delimitación de la zona de trabajo, que incluye la nombre o razón social, la ciudad donde se ubica, la dirección, además de los empleados que trabajan en ella tanto a los empleados mínimos en el sitio, así como el máximo de personas que están en estas instalaciones..Esta parte del proceso de auditoría se llevó a cabo de una manera guiada por un representante de la SEZGO. La información recabada sirvió como base para la realización de la lista de verificación.

### B. Fase 2. –Diagnóstico

En esta fase se realizaron las actividades siguientes:

- Lista de verificación.

Con la información obtenida en la fase 1, se generó la lista de verificación. La información obtenida en esta fase fue sobre los equipos e instalaciones que consumen y generan energía, con el fin de generar la base de cálculo para el análisis y balances de consumo y generación.

- Visita y llenado de la lista de verificación

Se realizaron varias visitas al lugar para la obtención de datos en la lista de verificación (checklist) de la información obtenida de la cual destaca el número de equipos consumidores de energía (iluminación, climatización, etc.) como generadores de energía, además de su distribución en las instalaciones, dando prioridad a los equipos consumidores de energía que fueron analizados y caracterizados por el sistema así como el consumo de la energía de los cuales se identificaron los principales sistemas de recuperación y aprovechamiento, así como los puntos críticos propuestos para el ahorro de energía, las principales acciones correctivas en el sistema para minimizar en su caso el costo de energía requerida para la organización.

Se realizaron mediciones insitu como la temperatura interna de cada oficina y la temperatura externa de cada una de las zonas de las instalaciones, se midió el consumo real de energía, voltaje, amperaje y el tiempo de uso de cada uno de los equipos, se evaluaron los niveles "lux" en cada una de las zonas de estudio los equipos utilizados para hacer los análisis se utilizaron analizador de energía eléctrica (voltaje, amperaje y temperatura) y fueron medidos a través de un luxómetro portátil.

- Definición y cálculo de los parámetros.

Método de lumen para calcular la iluminación en áreas de trabajo.

Como primer paso se determinó el nivel de iluminación "lux" en todas las áreas donde se realiza actividades laborales. Los valores medidos se tabularon conforme al manual de Westinghouse y se propusieron diferentes niveles de iluminación.

Como segundo paso, se determinó el coeficiente de utilización, (por lo general se toma de acuerdo con el plano horizontal a una altura de 75 cm sobre el suelo) y los lúmenes totales generados por las luminarias. Este factor tiene en cuenta la eficacia y la distribución del total de las luminarias altura de montaje, el tamaño de la habitación y la reflectancia de las paredes, el techo y el suelo. Debido a las múltiples reflexiones que se producen en una parte local de lux pasa hacia abajo a través del plano imaginario del trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias la tasa de utilización puede

exceder la unidad. Este se calculó a través de las ecuaciones (1) y (2) para la relación de la cavidad de los locales y la relación de la cavidad del techo (RCL y ECA).

$$RCL = \frac{5 \times HL \times (L+A)}{(A \times L)} \quad (1)$$

$$RCT = \frac{5 \times HT \times (L+A)}{(A \times L)} \quad (2)$$

Una vez que se determinó el coeficiente de utilización se calculó la cantidad de factor de pérdida de luz, se trata de todos aquellos aspectos que afectan negativamente el número de lúmenes emitidos por la lámpara, que son principalmente las características de lastre, tensión de alimentación, temperatura, fallo de la lámpara, la disminución de la luz debido al envejecimiento. Que está determinada por el factor de lastre ordenado producto y el factor de pérdida de las luminarias. El factor de pérdidas de balastro para lámpara fluorescente puede tomar valores en función de las características eléctricas de ésta y de las válvulas de potencia y en función de la línea que se utilizará de acuerdo y el factor de pérdida de las luminarias. Después de haber calculado la tasa de utilización de los factores de pérdida diferente anteriormente, el nivel de iluminación requerido, se procedió a determinar el número de luminarias requeridas por la ecuación (3):

$$N = \frac{NI \times A \times L}{F_p \times CU \times LL} \quad (3)$$

Con el cálculo del número de luminarias se llevó a cabo una comparación de los accesorios de iluminación instalados contra los calculados para verificar si es necesario o hay un exceso o la falta de ellos.

Para el cálculo de consumo de energía se tomaron la cantidad equipos que consume energía dentro de las diversas zonas de trabajo (desde un sacapuntas hasta un aire acondicionado). Los parámetros que se midieron para cada uno de los equipos en cada área son: el tiempo de uso diario, por mes, para utilizar el equipo, voltaje, amperaje, o de lo contrario la energía consumida cada uno. Siguiendo la ley que indica que la energía consumida por un aparato eléctrico en kW por el que circula una corriente "I" en amperios, y cuyo voltaje es "V" en V, viene dada por la ecuación (4):

$$P = V \times I \quad (4)$$

Esta ecuación (4) fue crucial, ya que no todos los equipos existentes tenían los datos del fabricante por lo que se midió directamente en el sitio con el analizador de red eléctrica. En el caso de la obtención de los datos de rendimiento de la energía consumida se calculó de acuerdo con la ecuación (5). La energía consumida se establece en (kW/h) dado el poder en kilovatios por el número de horas de uso por día. Después de la obtención de los datos se procedió a utilizar la ecuación (5) para el período de tiempo de uso por mes se obtuvo que se determinó el consumo mensual de energía que se correlaciona con el consumo disponen de contadores y/o en la facturación correspondiente.

$$E = P \times t \quad (5)$$

Para el cálculo de las cargas térmicas se consideraron las dimensiones de cada una de las áreas a auditar, las cuales son necesarias para analizar cada una de las áreas de manera individual con respecto al envolvente del edificio en su totalidad, además de que también tomó datos de temperaturas internas y externas de las instalaciones que se utilizaron en los cálculos de cargas térmicas. Después de conocer estos valores se procedió a utilizar el método de cálculo de cargas térmicas. El cálculo de las cargas acaban afectando una adición al edificio a la ganancia de calor por el mismo tipo de envolvente que puede ser calculada teniendo en cuenta el calor que se irradia por el sol en superficies opacas y no opacas dependiendo de la posición de los recintos de acuerdo con el Norte, Sur, Oeste y Este. La

ganancia de calor a través de la envolvente del edificio se calcula sumando la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor debido a la radiación solar de acuerdo con la ecuación (6):

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_s \quad (6)$$

En el caso de la ganancia de calor por conducción considerada la suma de conducción a través de cada uno de los componentes, de acuerdo con su orientación, techo y la superficie inferior de acuerdo con la ecuación (7) para las 6 posiciones (techo, paredes y suelo).

$$\phi_{pc} = \sum_i^6 \phi_{pci} \quad (7)$$

De la ecuación (7) se partió para poder calcular cada una de las zonas con respecto a la orientación a la que se encuentra cada una de las paredes techos y suelo del envolvente del edificio en este caso la SEZGO donde se enfoca para las diferentes porciones del envolvente (n) con orientación i, la cual queda de la Ecuación (8):

$$\phi_{pci} = \sum_{i=1}^n [K \times A_i \times (t_{si} - t)] \quad (8)$$

La ganancia de calor por radiación es la suma de la radiación solar a través de cada una de las partes opacas con orientación i, la cual se calculó utilizando la ecuación (9):

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi} \quad (9)$$

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i de cada porción (m) del envolvente, se calculó utilizando la ecuación (10):

$$\phi_{psi} = \sum_{i=1}^m [A_i \times CS \times FG_i \times SE_i] \quad (10)$$

También se consideran las cargas térmicas generadas por los equipos de trabajo mediante la ecuación (11), cabe mencionar que la ecuación (11) nos arrojó el resultado en kcal/h por el cual se convirtió a W para homogenizar valores.

$$\phi_\varepsilon = P \times 860 \quad (11)$$

Además en el caso de los ocupantes en las zonas del edificio se cuenta con la siguiente relación lo cual nos indica que por persona se generan 130 kcal/h, este valor es muy importante no dejarlo al lado debido a que los ocupantes al desempeñar su tarea generan calor el cual se suma a la carga que deben de disipar los climas para llevar a cabo la zona de confort a 25°C mediante la Ecuación (12):

$$\phi_o = OCUPANTES \times \frac{130 \text{ kcal}}{\text{h persona}} \quad (12)$$

Una vez que se determinó la carga térmica por ocupantes se calcula la carga térmica por infiltración de aire la cual está regida por la ecuación (13):

$$\phi_a = V_o \times 0.72 \times \Delta_T \quad (13)$$

Una vez que se obtuvo todas y cada una de las cargas se utilizó la ecuación (14) para la sumatoria final de la carga térmica presente en cada edificio lo cual nos arrojó datos representativos que serán comparados con la carga de diseño del equipo instalado en cada zona calculada.

$$\phi_T = \phi_p + \phi_\varepsilon + \phi_o \quad (14)$$

### C. Fase 3 Propuestas de mejora.

En esta sección de la auditoría se analizaron los balances y los puntos críticos, dando consigo el planteamiento de las alternativas a utilizar para el mejoramiento del consumo además de priorizar los mismos para ayudar a reducir los costos de facturación además de los daños ambientales que estos causan al ser utilizados. También en esta fase del proceso se llevaron a cabo el análisis y la evaluación energética y económica de cada una de las propuestas de mejora, para garantizar que se cumpla la disminución del consumo.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Fase 1 Pre-Diagnóstico

Al inicio del recorrido se tomaron en cuenta datos primordiales de la organización los cuales son los que caracterizan a la organización dando su ubicación dentro del municipio de Boca del Rio, éstos se encuentran representados en la Tabla I, se muestra la distribución de las instalaciones de la SEZGO la cual se encuentra orientada con respecto de la entrada con dirección al Norte, la cual tiene un total de 10 estructuras distribuida en el área.

En el edificio A se puede observar desde la parte Norte hasta la parte Noreste de la SEZGO el cual es diferenciado por contener en la parte inferior del mismo los generadores eléctricos tales como la turbina eólica y las celdas fotovoltaicas, como también del estacionamiento en la planta baja de este. Edificio B: Este edificio se ubica desde el centro de la SEZGO hasta la parte Noreste este edificio tiene dentro de sus instalaciones el auditorio. Edificio C: Ubicado en la parte céntrica del Sur de las instalaciones de la SEZGO. Edificio D: Este edificio se localiza en la parte Suroeste de la SEZGO el cual contiene al comedor, área de juegos para niños, además de un gimnasio. En la parte trasera del mismo con entrada independiente se dispone de un almacén de disposición final de equipos no utilizados o con desperfectos en su funcionamiento. Caseta de vigilancia: Esta se encuentra en la parte Norte y Noroeste del de la SEZGO el cual es el punto de apostamiento de la vigilancia además de ser la recepción de la SEZGO donde se les permite la entrada a los trabajadores y a los visitantes. Cancha de Baloncesto: Se encuentra en el centro de las instalaciones además de ser el acceso a las zonas de estacionamiento. Estacionamiento: Se disponen de dos zonas de estacionamiento una del lado Noroeste de la SEZGO y otro debajo del edificio A situado al lado Norte junto a las oficinas del Sindicato. Planta de tratamiento de aguas residuales: Esta es localizada entre la cancha de baloncesto y el laboratorio, situada junto a la entrada del comedor. Almacén de herramientas. Cuarto del sistema contra incendios.

### B. Fase 2 Diagnóstico.

- Listado de verificación.

Se generó una lista de verificación tomando base a la visita realizada la cual refleja las principales características de los edificios, los equipos o instalaciones que generan o consumen algún energético además del tipo de consumo clasificación.

- Llenado del listado de verificación.

se obtuvieron datos que permitieron tener una perspectiva más amplia de los consumidores de energía (Tabla II) donde se observar de manera global los equipos y/o sistemas por edificio y la cantidad de energía eléctrica consumida así como los puntos críticos.

- Método de Lumen para el cálculo de la iluminación en áreas de trabajo.

Considerando los valores reportados por (referencia) que corresponden a los niveles recomendados de iluminación, dependiendo de la tarea desempeñada en esa zona o departamento dicho valor corresponde a un rango de 500 a 1000 lux en la superficie de trabajo, el valor utilizado para esta

proyecto está dado por los 600 lux ya que está por encima del mínimo requerido como también que no será necesarias un número mayor de luminarias para proporcionar los 1000 lux.

Tabla I. Cuestionario pre-diagnóstico.

Cuestionario Pre-diagnóstico			
Nombre	Subsecretaria de Estudios Zona Golfo		
Ciudad	Veracruz		
Localidad	Boca del Rio		
Ubicación	Calle y #	Av. Central # 48 esquina Chapingo	
	Colonia	Vista Alegre	
	C.P.	94295	
Empleado laborando	100	Capacidad Máxima	150

El valor de iluminación deseado mediante los valores de reflectancia éstos se delimitaran según las condiciones de limpieza, color además del estado de las superficies son: 75% para techos 50 % en paredes y 20 % en pisos. Ya que las paredes son todas claras y se mantienen en continua limpieza por lo que se puede considerar valores altos para dichas reflectancias. Con respecto al coeficiente de utilización, éste se definió mediante la división de los lúmenes de la lámpara que alcanza el plano de trabajo en este caso a 75 cm sobre el suelo con los lúmenes emitidos por la lámpara 9000 lúmenes. Para dicho cálculo el local se dividió en una serie de secciones, de tal manera que toda y cada una de las zonas de la SEZGO fue dividida mediante dicha ilustración para poder realizar los cálculos correspondientes.

Con respecto a la relación de la cavidad del local y la relación de la cavidad del techo, de igual manera cada una de las zonas posee sus propias relaciones. Posteriormente se calculó en el coeficiente de utilización en el cual se determinó el factor de pérdida de luz, éste involucra todos aquellos aspectos que se inciden negativamente sobre el número de lúmenes emitidos por la lámpara, los cuales son principalmente características del balastro, voltaje de alimentación, temperatura ambiente, fallo de las lámparas, disminución luminosa de la lámpara debido al envejecimiento, y debido a la suciedad. Dichos factores de pérdida de luz se determinaron mediante el producto de factor de pedidas del balastro y el factor de pérdidas de la luminaria.

El factor de pedidas del balastro para lámpara fluorescente se tomó dependiendo de las características eléctricas de éstas y de la potencia a los tubos y dependiendo de la línea a emplear en este caso se cuenta con balastros tipo Magnetrón por lo que se tomó el valor de 0.93 (referencia), en el caso del factor de pérdidas de la luminaria se tomó en cuenta el valor para lámparas fluorescente de 0.90.

Con el número de luminarias calculadas se procedió a efectuar una comparación de las luminarias instaladas contra las luminarias calculadas para corroborar si son las necesarias o existe un exceso de estas. En donde se muestra como se mantienen representadas las distintas zonas en donde se observa que existen zonas de la SEZGO que no se encuentran bien iluminadas y al contrario de otras que se encuentran sobre iluminadas, así proponer mover algunas de ellas, cabe mencionar que esto implicaría reestructuración de techos, además de que no es un factor muy determinante para que las actividades no se desempeñen de manera satisfactoria ya que los empleados se mantienen conformes con el grado de iluminación presente en cada zona. Primordialmente se puede considerar que la mayoría de las zonas de la SEZGO cumplen con el mínimo de iluminación requerido para la tarea a desempeñar. Figura 1.

- Consumo energético.

La potencia consumida se tomaron datos correspondientes de los equipos los cuales están situados en la placa de identificación de dicho equipo así como los consumos promedios para cada uno de los equipos presentes en las instalaciones, otros parámetros fueron medidos ya que se tenía acceso a sus fuentes de alimentación los cuales fueron: tiempo de uso diario, frecuencia al mes de utilización del equipo, voltaje, amperaje, o en su defecto la potencia que consume cada uno de ellos. Después de esto se calculó cada uno con la ecuación (4) para determinar la energía consumida por hora como su nombre lo indica, una vez obtenido dicho valor se procedió a calcular la energía consumida mediante la ecuación (5) la cual arrojó el valor calculado. En la Tabla III se muestra el consumo total de los equipos presentes en la SEZGO, cabe mencionar que al realizar el cálculo con la ecuación de energía consumida se multiplicó por el período de tiempo de empleo al día y por el factor de frecuencia de utilización al mes. El cual arrojó un total de 14, 705.7 kW/h al mes, considerando 5 días de trabajo con 8 horas de trabajo cada uno.

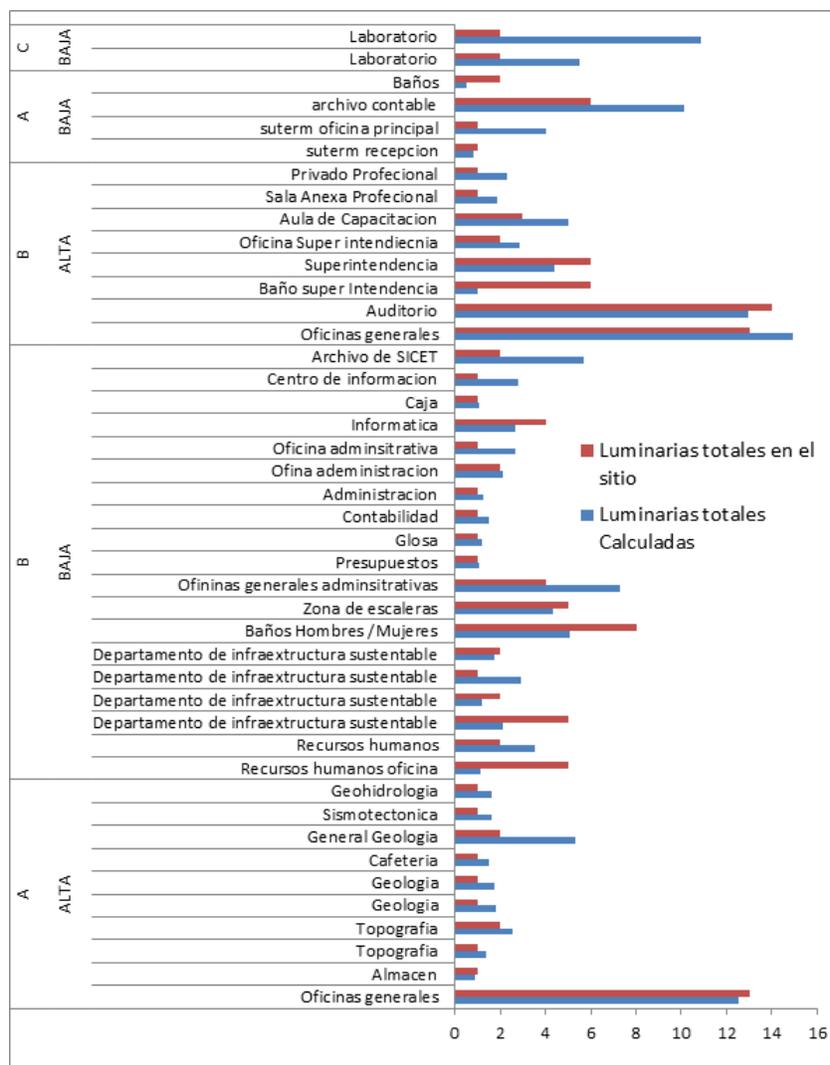


Fig. 1. Luminarias calculadas vs luminarias en el sitio.

Tabla II. Base de datos del listado de verificación.

Sumatoria por edificio	A	B	C	D	Patio	C. C	Sumatoria por edificio	A	B	C	D	Patio	C.C
Equipo o descripción							Ventilador móvil		1				
Lámpara fluorescente de 42 W		21				0	Mufla de calentamiento		1				
Foco ahorrador compacto	16	26		1	1	1	Agitador magnético		1				
Clima	10	34	3				Refrigerador grande				1		
Ordenador de escritorio	17	33	4				Horno de microondas			1	2		
Cafetera	1	4					Lámpara fluorescente 42 W sin gabinete				1	5	1
Dispensador de agua	1	3	1				Foco incandescente de patio					10	
Fotocopiadora	1	4					Foco ahorrador compacto de exterior					14	
Teléfono	2	4					Horno de calentamiento			2			
Ordenador portátil	11	29	1				Balanza analítica			2			
Lámpara fluorescente de 32 W	3	26					UPS (distribuidor de voltaje)			1			
Lámpara led	9	29					Bombas de agua			2			
Impresoras	5	6					Copa de casco grande (medidor de Plasticidad)			1			
Bocinas pequeñas de computadora	3	17					Parrilla Eléctrica			1			
Chicharas		1					Climas industriales	2		1			
Proyector		3					Fundidora de cera			1			
Equipo de sonido		8	1				Cortador de tubos shelbi			1			
Lámpara de 1 luminaria fluorescente 42 W		22					Esmerilador			1			
Televisión		1					Báscula			1			
Calentador de agua para la regadera		1					Monta carga			1			
Refrigerador pequeño (mini bar)		2					Horno grande			1			
Lámpara fluorescente de dos tubos 42 W		2					Clima de ventana	3			1		
Extractor		3					Plotter de impresión	1	1				
Ruteador	1	4					Scanner	1	1				
Sacapuntas eléctrico							Foco de halógeno		9				
Máquina de escribir eléctrica		2					Laminador para credenciales		1				
Lámpara Fluo. de 42 W	19	11					Equipo o descripción						
Pantalla de televisión ≈ 51"	1						Alarma sonora	1					
Reguladores de voltaje	1	1	1				Foco incandescente	6					

NOTA: A y B edificio administrativo C laboratorio, D almacén y C.C se refiere a cuarto de control.

Tabla III. Consumo energético en kW/h.

Edificio	Consumo energético, kW/h		
	A	B	C
Total	4301.94	8889.54	1514.22
Consumo total	<b>14705.7 kW/h</b>		

- Cálculo de la ganancia de calor del edificio

Como primer paso para el cálculo de las cargas térmicas se determinó las dimensiones de cada una de las zonas de los edificios auditados en la SEZGO (Edificio A, B y C), después de conocer los valores de área respectivas (cuales) a cada zona de la SEZGO. Se determinó las cargas térmicas que se encuentran en un edificio mediante la suma de la carga por conducción y radiación que incide en el edificio (cuanto y cuáles) ver Tabla IV.

La base de cálculo que se tomo en cuenta es el día más caluroso dentro del periodo de año 2000 al 2012 en el puerto de Veracruz.

Además se encuentra la carga térmica por personal que es la carga térmica que proporciona los empleados fue de 130kcal/h/persona, como también la carga por los equipos. Una vez que se calcularon todas las cargas presentes en el edificio se procedió al cálculo de la carga que disipan los climas para ser cortejado (Tabla V).

En la Tabla V se presentan los resultados que indican la falta de acondicionamiento en algunas áreas de la SEZGO como lo es en el zona 1 planta alta edificio A y B que se encuentran sobre climatizadas, a diferencia del laboratorio que existe una falta de climatización considerando el funcionamiento de cada uno de los equipos presentes en cada zona en funcionamiento continuo.

Tabla IV. Cargas térmicas totales por conducción y radiación que inciden en SEZGO, kW/h.

Edificio	Cargas térmicas totales por conducción y radiación en SEZGO, kW/h								
	Planta	Zona	Paredes	Equipos	Personal	Techos	Aire	Edificio	Climas
A	ALTA	1-10	19419.8	12787.3	5140.6	2697.7	2.0	40047.5	63288
A	BAJA	1-5	2053.8	1998.3	1058.4	142.1	1.0	5253.9	15282
B	ALTA	1-8	7716.8	17921.2	14211.9	1469.0	1.6	41320.7	66921.2
B	BAJA	1-20	7113.9	22718.3	9374.2	0.0	4.0	39196.3	89585.6
C	BAJA	1	2737.2	19974.6	907.1	279.6	0.2	23898.8	13771.0

Tabla V. Cargas térmicas totales de la SEZGO (kW/h).

Edificio	Cargas térmicas totales de la SEZGO, kW/h								
	Planta	Zona	Paredes	Equipos	Personal	Techos	Aire	Edificio	Climas
A	ALTA	1-10	22718.1	12787.3	5140.6	2697.7	2.0	40047.5	63288.0
A	BAJA	1-5	2053.8	1998.3	1058.4	142.1	1.0	5253.9	15282
B	ALTA	1-8	7716.8	17921.2	14211.9	1469.0	1.6	41320.7	66921.2
B	BAJA	1-20	7113.9	22718.3	9374.2	0.0	4.0	39196.3	86069.6
C	BAJA	1	2737.2	19974.6	907.1	279.6	0.2	23898.8	13771

### A. Fase 3 Propuestas de mejora

- Distribución de sistemas de aire acondicionado

Considerando los resultados obtenidos en la Tabla VI se muestra la distribución propuesta para la mitigación de climatización innecesaria.

Tabla VI. Propuesta de mitigación de climatización de SESGO.

<b>Propuesta de mitigación de climatización de SEZGO</b>				
Edificio	Planta	Zona	Extracción, kBTU/h	Colocación, kBTU/h
A	A	1	42	
B	B	9	18	
B	B	10	18	
B	B	17	14.4	
B	A	1	36	
B	A	6	40.6	24
B	A	8	22	12
A	B	3	12	

En el caso del consumo energético se observar un gran consumo energético generado por los sistemas de aire acondicionado, se logro disminuir en un 8% con el reacomodo de los aires acondicionados (Tabla VII).

Tabla VII. Comparación consumo energético de la SEZGO con y sin la distribución de aire acondicionados.

Consumo energético	<b>Comparación consume energético de la SEZGO con y sin la distribución de aires acondicionados</b>	
	kW/h	%
Sin la reducción de los climas	14,705.7	100
Con la reducción de los climas	13,176.7	92

Para el nivel de iluminación se considera que existen áreas de la SEZGO que no cuentan con la iluminación necesaria para realizar las distintas tareas que se desempeñan en cada una de las zonas por lo que se podría considerar en mejorar la iluminación para las zonas de la SEZGO y así asegurar que las tareas se desempeñen de manera cómoda y eficiente para todos los trabajadores.

Otra de los aspectos vistos en la SEZGO son los hábitos lo cual se concluye que este primordialmente tiene un gran impacto en la disminución o aumento de consumo energético, gracias a que con frecuencia algunos de los trabajadores dejan equipos encendidos si ser utilizados, como también que las puertas y ventanas no son completamente o por lo menos parcialmente aislantes térmicos dando consigo una fuga de aire de enfriamiento aumentando la carga de los equipos de aire acondicionado por subsecuente aumentando el consumo energético de dichos acondicionadores de aire. Por lo que se recomienda implantar una serie de políticas internas que apoyen el crecimiento de la conciencia social asía el ambiente que ayuden en la disminución del consumo de energéticos

Al implementar las propuestas de mejora antes predichas se espera una reducción den el consumo energético de 14.7 MW a 13.44 MW el cual se ven beneficiados en un 9% en el pago de facturas de consumo energético. Además si se procede a la implementación de cristales de doble vidrio, se observara en forma decreciente las cargas que proporcionan los edificios. Cabe mencionar que existen hábitos que influyen en la carga térmica que deben de absorber los climas dentro de los cuales son dejar las puertas abiertas, mantener equipos encendidos sin utilizar entre otros, además de la disminución en el consumo energético, con la eliminación de algunos de los climas y la distribución de los mismos se espera que el mantenimiento de estos decrezca ya que al tener menos equipos en uso se confirma que el costo de manutención será menor.

En la Tabla VIII se muestra el ejercicio de las cargas térmicas de SEZGO con la distribución adecuada y óptima de los aires acondicionados y se observa la falta de acondicionamiento en algunas áreas de la SEZGO como lo es en el zona 1 planta alta edificio a y b que se encuentran sobre climatizadas, a diferencia del laboratorio que existe una falta de climatización considerando el funcionamiento de cada uno de los equipos presentes en cada zona en funcionamiento continuo.

- Incorporación de cristales de doble vidrio

En el Figura 2 se muestra la carga térmica al incorporar los cristales de doble vidrio, este disminuye un 38% de la carga proporcionada por radiación solar, además por tener un coeficiente global de transferencia de calor de 3.3 con respecto al del vidrio simple de 5.7 disminuye la carga proporcionada por el edificio dando consigo la reducir la necesidad de climatización en las distintas áreas de la SEZGO.

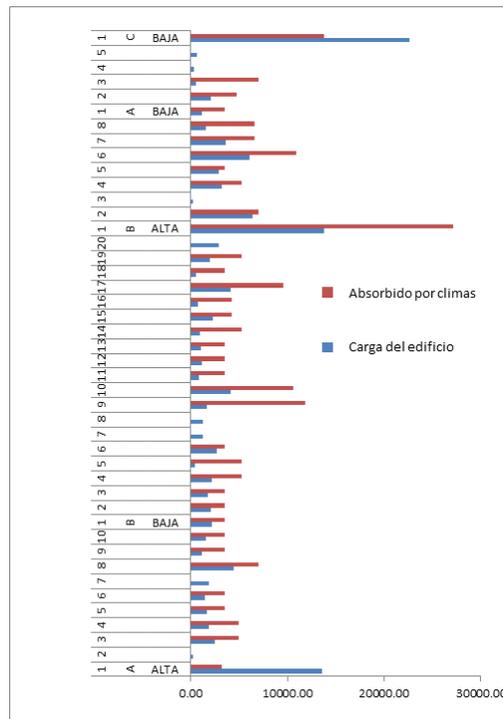


Fig. 2. Sumatoria de cargas térmicas en la SEZGO con cristal de doble vidrio.

#### IV. CONCLUSIONES

En el caso de las cargas térmicas se puede concluir que existen zonas sobre climatizadas con respecto al disipado por los climas, se encuentra en el edificio B en la zona 1 oficinas generales, en la planta alta la cual tiene una capacidad mucho mayor, como se observó en las visitas donde se noto que no todos los climas se encuentran funcionando a la par, es decir, que trabajen simultáneamente, ya que si estos son puestos en función a la vez el proceso de acondicionamiento y confort se perdería, la temperatura estaría por debajo de los 25 °C.

Además el nivel de iluminación en la SEZGO no es el adecuado como se puede observar ya que algunas de las zonas presentan mayor número de luminarias sobre el calculado como lo son recursos humanos, baños departamento de Infraestructura sustentable, éstos en el edificio B planta baja, al contrario como se puede observar que existen zonas que presentan un número menor del calculado como lo es oficinas generales, archivo sustentable privado profesional, con estas faltas de iluminación o

exceso de ésta se pueden tener problemáticas en el desempeño de las actividades a desempeñar por los trabajadores de la SEZGO.

Tabla VIII. Cargas térmicas de la SEZGO (kW/h) con distribución de climatización.

		Cargas térmicas con distribución de aires acondicionados						
Edificio	Planta	Zona	Equipos	Personal	Techos	Aire	∑ Edificio	Climas
A	ALTA	1.0	7391.3	2721.4	2285.6	0.2	14.6	18.2
		2.0	0.0	151.2	19.0	0.2	0.2	0.0
		3.0	1544.3	302.4	33.5	0.2	2.9	5.0
		4.0	80.0	151.2	54.0	0.2	3.6	5.0
		5.0	320.1	604.8	44.6	0.2	2.3	3.5
		6.0	509.1	302.4	43.1	0.2	2166.8	3516.0
		7.0	855.2	151.2	36.6	0.2	2687.4	0.0
		8.0	1927.3	453.6	102.7	0.2	6673.1	7032.0
		9.0	80.0	151.2	39.3	0.2	2042.8	3516.0
		10.0	80.0	151.2	39.3	0.2	2848.5	3516.0
B	BAJA	1.0	1577.3	302.4	0.0	0.2	2407.6	3516.0
		2.0	1229.2	604.8	0.0	0.2	2320.8	3516.0
		3.0	1036.2	604.8	0.0	0.2	1762.2	3516.0
		4.0	800.1	1360.7	0.0	0.2	2161.1	5274.0
		5.0	80.0	302.4	0.0	0.2	382.6	5274.0
		6.0	1799.3	756.0	0.0	0.2	2763.7	3516.0
		7.0	1028.2	151.2	0.0	0.2	1209.0	0.0
		8.0	1028.2	151.2	0.0	0.2	1197.8	0.0
		9.0	1030.2	151.2	0.0	0.2	2249.7	6533.9
		10.0	1947.4	1360.7	0.0	0.2	4955.5	5274.0
		11.0	479.1	302.4	0.0	0.2	781.7	3516.0
		12.0	863.2	302.4	0.0	0.2	1165.8	3516.0
		13.0	399.1	302.4	0.0	0.2	1521.1	3516.0
		14.0	488.1	302.4	0.0	0.2	907.5	5274.0
		15.0	1627.3	302.4	0.0	0.2	2687.8	4243.9
		16.0	399.1	302.4	0.0	0.2	726.5	4243.9
		17.0	3116.6	756.0	0.0	0.2	4342.7	5274.0
		18.0	190.0	302.4	0.0	0.2	492.6	3516.0
		19.0	1559.3	453.6	0.0	0.2	2006.1	5274.0
		20.0	2040.4	302.4	0.0	0.2	3154.5	0.0
		1.0	8437.5	2570.2	739.1	0.2	15587.3	16583.8
		2.0	1472.3	4535.7	289.4	0.2	6388.0	7032.0
		3.0	0.0	151.2	26.2	0.2	185.9	0.0
		4.0	2090.4	302.4	110.8	0.2	3765.8	5274.0
		5.0	2432.4	302.4	73.9	0.2	2947.3	3516.0
		6.0	2474.4	3023.8	123.1	0.2	6564.8	8965.8
		7.0	82.0	3023.8	47.4	0.2	4061.4	6533.9
		8.0	932.2	302.4	59.1	0.2	1820.2	3516.0
		1.0	551.1	302.4	0.0	0.2	1332.5	3516.0
		2.0	1146.2	302.4	0.0	0.2	2411.4	4734.0
3.0	0.0	151.2	0.0	0.2	557.1	3516.0		
4.0	217.0	151.2	0.0	0.2	368.5	0.0		
5.0	84.0	151.2	142.1	0.2	584.4	0.0		
1.0	19974.6	907.1	279.6	0.2	23898.8	13771.0		

Como conclusión final se confirmó que se puede reducir el consumo energético de la SEZGO al ser distribuidos los climas y retirando 7 de ellos en toda la SEZGO se logro reducir el consumo energético en un 8 %. Otra de las mejoras que se proponen que reflejo reducción positiva al incorporar los cristales del doble vidrio la cual no demostró una gran disminución energética pero ayuda a largo plazo, también se considera que al implementar hábitos a los empleados de apagar equipos no utilizados ayudara aun mas a mantener el consumo energético en declive.

México existe un gran camino por recorrer para la implementación de estas técnicas de uso y medición de la eficiencia energética, debido a que en nuestro país no se cuenta con una vasta información referente al tema. Esto dificultó la búsqueda de información, por lo que fue necesario tomar muchos aspectos y normatividades extranjeras como las españolas, cabe mencionar que en España y otros países, las empresas se han visto beneficiados por la incorporación de estas técnicas reflejando el ahorro energético por consecuencia han obtenido una disminución en las facturas de energéticos.

### RECONOCIMIENTOS

Se agradece a todo el personal de la SEZGO en la realización de este estudio, en especial al Ing. Marco Antonio Hoyos Santillán por su apoyo, tiempo y dirección en la realización de la auditoría.

### REFERENCIAS

- [1] Spain Green Building System. (2011). “Sistema de clasificación de edificios sostenibles para la remodelación de interiores”. Consultado el 4 de Abril de 2012. Disponible en [http://www.spaingbc.org/files/leed\\_nc\\_v2\\_2\\_esp\\_01.pdf](http://www.spaingbc.org/files/leed_nc_v2_2_esp_01.pdf).
- [2] U. S. Green Building Council. (2010). “LEED 2009 for commercial interiors”. Consultado el 5 de Febrero de 2012. Disponible en <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs5543.pdf>.
- [3] Embajada Británica en México. (2012). “Eficiencia energética y ambiental en el sector vivienda: Revisión de prácticas nacionales e internacionales”. Consultado el 1 de Abril de 2012. Disponible en [www.fundacionidea.org.mx/.../FIdea\\_libro%20eficiencia%20energetica](http://www.fundacionidea.org.mx/.../FIdea_libro%20eficiencia%20energetica).
- [4] Fonseca-Díaz N. y Tibaquirá J. (2008). “Modelo computacional simplificado como herramienta para auditorías energéticas”. *Scientia Et Technica*. 39, pp. 470-475.
- [5] Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2011). “Guía de ahorro y eficacia energética en centros docentes”. (1ª ed.). Madrid, España.
- [6] ATECYR. (2011). “Auditoría energética en edificios”. Consultado el 28 de Febrero de 2012. Disponible en <http://www.atecyr.org/eATECYR/atecyr/boletines/boletin-81.pdf>
- [7] Blánquez V. (2011). “Cálculo de alumbrado de interiores”. Consultado el 19 de Abril del 2012. Disponible en [http://www.cnoo.es/modulos/gaceta/actual/gaceta384/CNOO\\_Articulo2.pdf](http://www.cnoo.es/modulos/gaceta/actual/gaceta384/CNOO_Articulo2.pdf). Abril 2012
- [8] Cabeza M. y Corredor E. (2009). “Evaluación de la iluminación en los puestos de trabajo de una empresa petrolera”. Consultado el 1 de Mayo de 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/99519672/evaluacion-de-riesgo-de-iluminacion>.
- [9] De-Isabel J., García-Galludo M. y Egido-Ramos C. (2012). “Guía de auditorías energéticas en el sector hotelero de la Comunidad de Madrid”. Consultado el 28 de Marzo de 2012. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/GuiaAuditoriasEnergeticasHoteles\\_CAM\\_tcm7-293292.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/GuiaAuditoriasEnergeticasHoteles_CAM_tcm7-293292.pdf).
- [10] Duque J. (2005). “La auditoría. Porque se deben realizar”. Consultado el 5 de Abril de 2012. Disponible en <http://auditoresexternos.com/Page/unestr/auditoria.pdf>.
- [11] Electro control. (2008). “Manual del instalador. Iluminación en interiores”. Consultado el 1 de Mayo de 2012. Disponible en <http://www.electrocontrol.com.co/doc/Manual%20del%20instalador.pdf>.
- [12] Fuentes J.A. y Rodríguez J.M. (2010). “Modulo 5 Instalaciones Frigoríficas ciclo formativo montaje y mantenimiento de instalaciones de frio climatización y producción de calor. Tomo 1”. 671 p. Consultado el 5 de Abril de 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/71830886/Alzira-Modulo5-InstalacionesFrigorificas2-Completo>.

- [13] García R. (2010). “Cálculo de la potencia necesaria para refrigeración”. Consultado el 4 de Abril de 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/53128201/REFRIGERACION>.
- [14] García-Sanz-Calcedo J., Cuadros F.y López-Rodríguez F. (2011). “La auditoría energética: una herramienta de gestión en atención primaria”. Gaceta Sanitaria. vol.25 no.6.
- [15] GRUPO ST Sdem Tega. (2011). “Auditorías energéticas. Sistemas de auditorías energéticas y ahorro de costes”. Consultado el 28 de Abril de 2012. Disponible en [http://www.stredes.com/auditorias\\_energeticas\\_st.pdf](http://www.stredes.com/auditorias_energeticas_st.pdf).
- [16] Lazlo C. (2008). “Manual de Luminotecnia para interiores”. Consultado el 2 de Mayo de 2012. Disponible en [http://www.lazlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual\\_de\\_Luminotecnia.PDF](http://www.lazlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF)
- [17] NOM-007-ENER-2004. (2005). “Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”. México. Abril 2005. Consultado el 1 de Abril 2012. Disponible en <http://estevezbooks.brinkster.net/NOM-007-ENER-2004.pdf>.
- [18] NMX-CC-SAA-19011-IMNC-2002. (2003). “Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental”. Estados Unidos Mexicanos. Distrito Federal. Consultado el 28 de Marzo de 2012. Disponible en [http://www.congresoson.gob.mx/ISO/normas/ISO-19011-2002\\_Auditorias.pdf](http://www.congresoson.gob.mx/ISO/normas/ISO-19011-2002_Auditorias.pdf).
- [19] NOM-025-STPS-2008. (2009). “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”. Consultado el 28 Diciembre 2011. Disponible en <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-025.pdf>.
- [20] PHILIPS lighting México. (2012). “Catalogo general de lámparas”. Consultado el 29 de Abril de 2012. Disponible en [http://www.lighting.philips.com.mx/pwc\\_li/mx\\_es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/Catalogo\\_Philips\\_2010%20\(4\).pdf](http://www.lighting.philips.com.mx/pwc_li/mx_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Catalogo_Philips_2010%20(4).pdf).
- [21] JPrograma educativos S.A de C.V Westinghouse. (2012). “Manual del alumbrado”. Consultado el 30 de Abril de 2012. Disponible en <http://instalacionestecdos.wordpress.com/2011/04/27/manual-de-alumbrado-de-westinghouse/>
- [22] PROY-NOM-020-ENER-2010. (2011). “Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional”. Diario Oficial de la Federación Proyecto de Norma NOM-020-ENER. Consultado el 4 de Abril de 2012. Disponible en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5181680&fecha=14/03/2011](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5181680&fecha=14/03/2011)
- [23] Taboada E. (2012). “Diagnósticos energéticos en edificios públicos de la región de Aysén y Magallanes y antártica chilena”. Consultado el 25 de Febrero de 2012. Disponible en [http://www.acee.cl/576/articles-59006\\_doc.pdf](http://www.acee.cl/576/articles-59006_doc.pdf)
- [24] Tanides C. (2010). “Auditorías de la iluminación residencial”. Capítulo 14. Consultado el 15 de Abril de 2012. Disponible en <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap14.pdf>.
- [25] UPC. (2010). “Introducción a la ergonomía”. Consultado el 3 de Mayo de 2012. Disponible en [http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3\\_12\\_2.htm](http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3_12_2.htm).
- [26] Vazquez M. (2011). “Auditoría Energética: La clave para mejorar la eficacia energética” Consultado el 4 de Abril de 2012. Disponible en <http://webs.uvigo.es/oma/document/SemanaEnerxia2011/AUDITORÍA%20Energetica%2015Abr2011.pdf>
- [27] CFE. (2008). “Manual de la organización de la Gerencia de Protección Ambiental”. Consultado el 24 de Junio de 2014. Disponible en <http://normateca.cfe.gob.mx/Normateca/NormatecaInternetDoc/NORMATIVIDAD%20ADMINISTRATIVA/Manual%20de%20Organizacion/201282110165320.pdf>.