

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la
Universidad San Francisco de Quito**

Santiago E. Báez A.

Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título
Baccalaureus Scientiae
B.S en Ecología Aplicada

Nota: A

Quito
Diciembre 2011

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la
Universidad San Francisco de Quito**

Santiago E. Báez A.

Stella de la Torre Ph.D.

Directora de Tesis

Stella de la Torre Ph.D.

Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Quito, Diciembre del 2011

© DERECHOS DE AUTOR

Santiago Eduardo Báez Aristizábal
Año: 2011

Dedicatoria

Dedico este proyecto a todos quienes persiguen una meta, por más lejana que parezca, hasta conseguirla.

Agradezco particularmente a Alejandra Baquerizo, quien considero la persona que mejor supo cuánto significó este proyecto para mí.. espero que ella también consiga todas sus metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi mami por su permanente apoyo y silenciosa paciencia, a mi padre por su constante respaldo, a mi novia María Augusta por ser mi soporte en todo y darme su amor siempre.

A Stella de la Torre por su constantes y dedicadas correcciones, y por impulsarme a presentar un trabajo bien hecho.

A Hugo Valdebenito por ser más que un profesor, un amigo.

Al Ing. Xavier Borja por su guía.

Y a todas las personas, personal de planta física, bodegas, profesores, familiares y amigos, quienes me han ayudado de alguna u otra manera en la labor de mi proyecto.

Gracias.

RESUMEN

El consumo de energía eléctrica es el principal causante de contaminación de efecto invernadero por utilización de combustibles fósiles en el mundo (US-E.P.A, 2009). El objetivo de este proyecto fue identificar los principales causales del consumo eléctrico de la USFQ, durante el período 2007-2009. Para ello, realicé dos inventarios de todos los elementos consumidores de energía eléctrica dentro del campus universitario, luego los clasifiqué por tipo: multimedia, luminarias y máquinas; y por área, en 4 áreas (A,B,C,D), considerando su cercanía física principalmente. Además realicé un estudio de aprovechamiento de luz por estudiante y un análisis de luminarias prendidas vs. apagadas, para establecer un parámetro de frecuencia de uso de las mismas.

En el período analizado, el consumo eléctrico dentro de la USFQ fue comparativamente alto en proporción al número de estudiantes y tamaño del campus. El consumo mensual promedio que registré en mi investigación fue de 168560 kWh y el establecido por la planilla eléctrica fue de 178719 kWh en el mismo período, equivalentes a un gasto de USD \$13.700 aproximadamente.

De los tres tipos de elementos, el que mayor consumo eléctrico registró es el de las luminarias, con el 44% del consumo total. De este tipo, los elementos más consumidores fueron los tubos fluorescentes de 110w, seguidos por los tubos fluorescentes de 32-40w. La categoría de las máquinas tuvo el menor número de individuos pero el mayor potencial acumulado (la suma de sus potencias sin considerar su frecuencia de uso). En esta categoría, los aires acondicionados fueron los que más consumieron energía eléctrica, seguidos por los cuartos fríos.

No encontré mayor diferencia, en cuanto al consumo entre áreas, la que más consumió energía fue el área "D" que incluye a cocina, restaurantes y biblioteca. En segundo lugar, la sección que incluyó a los edificios de artes y multimedia (sección A), no por sus equipos, sino por los aires acondicionados. Los aparatos de tipo multimedia, como PCs, TVs, etc. no tuvieron relevancia en el consumo eléctrico de la universidad.

Recomiendo un retrofit eléctrico enfocado en luminarias, principalmente en el cambio de los tubos fluorescentes de 110w, ocupados mayormente en las aulas de clase, por luminarias más modernas y energéticamente eficientes.

ABSTRACT

The use of electric power is the first cause of the greenhouse effect in the world (*US-E.P.A, 2009*).

The objective of this project was to find out the patterns and causes of electricity consumption in the USFQ during 2007-2009. To accomplish my objectives, I first carried out two inventories of all appliances that use electricity on campus. Then I classified them in three categories: multimedia, lighting and machinery; and divided the campus in four areas (A,B,C,D), considering mainly their physical proximity. I also performed an analysis of light utilization and a study of lights on versus lights off, to establish consumption frequency.

Electric consumption at USFQ was high compared to the number of students and campus size. During my investigation, I calculated that electricity consumption was 168560 KWh, while the power company showed a consumption of 178719KWh in the same time period. This consumption represented an average expense of \$13700 USD per month.

The category with the highest consumption of electricity was lighting, with 44% of the total of energy utilization at the USFQ campus. In this category, 110w fluorescent lights consumed the most. In second place were the 32-40w fluorescent lights. The machinery category had fewer items, but it represented the biggest cumulative power potential of consumption; in other words, the sum of all of their usage, regardless of frequency of use. In this category, the biggest power consumers were the air conditioner units, followed by the industrial freezers. There was no major difference among the areas of consumption. The section that used more energy included the kitchen and restaurants; in second place was the arts and multimedia sector. This wasn't because of the equipment, but because of the air conditioners. Multimedia devices, such as PCs, TVs, etc. did not represent a relevant amount of power consumption in USFQ.

I recommend retrofitting the lightning; particularly, the 110w fluorescent lights should be changed to more efficient and modern models.

Introducción

La población humana mundial tiene un déficit ecológico¹ desde 1980. Según estudios recientes, la demanda biológica de nuestra especie creció hasta un 120% en 1999, a partir de entonces estamos consumiendo un 20% más que la capacidad total de la biósfera (*Wackernagel y Niels, 2002*). Uno de los aspectos consecuentes de este desequilibrio, que afecta más gravemente al ecosistema, es el proceso de cambio climático (*Quintero, 2008*).

Según un informe del IPCC, la década de los 90 fue la más cálida de los últimos mil años. En el informe, los climatólogos de esta entidad perteneciente a la ONU, concluyen que este problema es parte del cambio climático, un fenómeno que empezó hace aproximadamente 150 años y que coincide con el advenimiento de la revolución industrial en Europa. Desde entonces, la temperatura media del planeta creció en 1.5 grados. Esta manifestación de intensidad anormal es atribuida por el IPCC a la actividad industrial antrópica, y particularmente al uso masivo de combustibles fósiles (*IPCC, 2003*).

La quema de combustibles fósiles aumenta el llamado "efecto invernadero", pues los gases emitidos en esta combustión se acumulan en la atmósfera, creando una capa que impide que los rayos infrarrojos terrestres sean reflejados hacia el universo; por el contrario se reflejan nuevamente hacia nuestro planeta y en consecuencia aumentan gradualmente la temperatura ([Fig. 1](#)).

Los expertos del IPCC evidencian que las consecuencias de este

1 Déficit ecológico es la relación negativa entre la biomasa disponible en un área determinada (oferta) y aquella que se requiere para satisfacer las necesidades de la población de dicha área ocupada (demanda) (*Brown et al. 2002*)

aumento en la temperatura media global terrestre son múltiples afectaciones a todos los seres que habitamos el planeta; inundaciones, derretimiento de los glaciales, sequías, crecimiento de desiertos, entre otros. Estas catástrofes provocan enfermedades, migraciones forzadas, e incluso conflictos por el acceso al agua (*Morton et al.* 2010, Natural Resources Defense Council).

La principal fuente de contaminación mundial por emisión de dióxido de carbono son las plantas de generación de energía a base de carbón, pues emiten 2.500 millones de toneladas de gases de efecto invernadero al año y superan por aproximadamente mil millones a su segundo emisor que son los vehículos a combustión, es decir, los automóviles (*Quintero*, 2008). Es por ello que el análisis de la producción de energía eléctrica resulta fundamental para entender el patrón de emisiones de los gases de invernadero y las posibles direcciones del cambio climático. Esta forma de producción energética es, quizás, la más importante para el desarrollo tecnológico y de las ciudades; sin embargo, como lo demuestra el IPCC, se ha convertido en una de las más contaminantes y peligrosas para el ecosistema mundial.

Situación regional.- En el Ecuador alrededor del 90% de la población dispone del servicio de energía eléctrica, la cual, en casi un 43% proviene de la quema de combustibles fósiles (*Consejo Nacional de Electricidad*, 2007). Según el CONELEC, hasta hace menos de 3 años, las políticas de consumo eléctrico eran terriblemente deficientes, tanto en sus objetivos de eficiencia social² como en sus procesos de generación (*G. Bonifaz*, com. pers.).

Se conoce que para el año 2006 se utilizaron 26.439,90 millones de

2 Hace referencia a las tarifas que se cobraba antes por consumo eléctrico, donde no había mayor diferenciación entre grandes consumidores y pequeños, así como la actual motivación al consumidor que ahorra energía eléctrica, a través de bonos.

metros cúbicos de gas extraído, 210,32 millones de galones de fuel oil, 162,68 millones de galones de diesel, 34,44 millones de galones de nafta, 15,66 millones de residuo y 19,06 millones de galones de crudo para la producción de energía eléctrica en el país (CONELEC, 2007). En consecuencia, este consumo de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica en el Ecuador, ha emitido miles de toneladas de gases invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂), pero también otros gases como los óxidos nitrosos (NO_x) y el dióxido de azufre (SO₂) (CONELEC, 2007). El otro 47% de la energía eléctrica del Ecuador, proviene directamente de plantas hidroeléctricas y, el 9%, de la importación de electricidad de países vecinos (CONELEC, 2007) (Fig. 2).

La energía hidroeléctrica: ¿una alternativa a la combustión de materias fósiles?

Si bien el actual gobierno califica a la energía hidroeléctrica como "limpia" (Correa, 2008) y sus políticas están enfocadas a la expansión de esta fuente de energía, diversos estudios demuestran que la construcción de plantas hidroeléctricas tiene serios impactos ecológicos (Dixon et al. 1989).

Existen impactos importantes para la fauna, la flora y el paisaje en todas las etapas de un proyecto de represa hidroeléctrica. Se ocupan grandes áreas, implicando la destrucción de micro-hábitats y de cadenas tróficas y la posible desaparición de especies en peligro de extinción. Ya en la etapa de construcción, el consumo masivo de elementos, la apertura de carreteras, la tala, y la ocupación temporal de habitantes generan también impactos severos para los ecosistemas (García, 2001). A todo eso se suman impactos a largo plazo: ruido continuo, nuevos asentamientos humanos, que se evidencian inevitablemente en la mayoría de represas hidroeléctricas,

afectando directa o indirectamente a especies animales y vegetales cercanas y regionales (*Dixon et al.*, 1989).

Pero el efecto mayor viene sin duda de la reducción del flujo normal de aguas. Los cambios de caudales implican una variación abrupta del hábitat acuático. Entre otros efectos que tienen un impacto directo sobre los ecosistemas acuáticos, se registran: la variación en la entrada de luz, los cambios en los porcentajes de sedimentos flotantes, la destrucción de organismos sensibles a nutrientes, afectación de organismos migratorios, el estancamiento de aguas, la excesiva entrada de nitrógeno al agua. Existe también la posibilidad de contaminación por mercurio en las lagunas de embalse (donde se acumularán temporalmente aguas de exceso antes de caer y generar electricidad por medio de turbinas) debido a la degradación de la materia orgánica (*World Commission on Dams*, 2000).

Otro de los riesgos es la ruptura de una represa; existe una larga historia de catástrofes ecológicas y humanas, resultado de la quiebra de represas (*World Commission on Dams*, 2000). En regiones sísmicas, este riesgo es aún mayor. Según diversos estudios, se ha demostrado que la acumulación masiva de agua ejerce una enorme presión sobre un área limitada de superficie terrestre, desembocando en movimientos telúricos leves y hasta terremotos, además de la consecuencia del riesgo de graves inundaciones por resquebrajamiento de la misma (Internet: *Ingeniería en la Red*, Julio, 2002).

Cabe anotar que el desarrollo de tecnologías ha prosperado para minimizar cada uno de estos impactos y actualmente existen métodos que intentan mitigarlos al máximo. Sin embargo, las afectaciones mencionadas y otras de diversa índole, han hecho que los gobiernos de los países desarrollados no consideren a las represas hidroeléctricas como opción dentro de sus planes de energía sustentable (*Dixon et al.*, 1989).

Antecedentes

La Universidad San Francisco de Quito, está categorizada por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), dentro del grupo de *Grandes Clientes*. Esta categoría determina, entre otras cosas, que el consumo eléctrico debe tener dos tarifas; una de 7h00 a 22h00 y otra tarifa de 22h00 a 7h00 (*M. Guerrero, com. pers.*).

El Campus universitario está situado en el valle de Cumbayá y ocupa un área de 49.342,45 m² (4,9 Ha). En 2006, dentro de la USFQ, estudiaban 3.100 alumnos aproximadamente, de los cuales el 22% lo hacía en la noche (datos tomados de registro universitario, período lectivo 2006). En el período lectivo del 2008-2009 se registraron alrededor de 5.000 estudiantes en el día y 1.100 (22%) en la noche. En esos años gran parte de las instalaciones ocupaban energía eléctrica permanentemente, sin ningún tipo de control ambiental o de eficiencia energética, sino solamente con un control de rutina, en donde los guardias apagaban los focos que consideraban estaban prendidos innecesariamente (*S. León, com. pers.*).

El único informe registrado respecto al consumo eléctrico dentro de la USFQ fue realizado en Noviembre de 1996, por el profesor y científico universitario Bruce Hoeneisen. Este "pequeño estudio", tal como lo cita su autor, consistió en la evaluación de las planillas eléctricas de 4 meses en el mismo año para establecer meses pico de mayor consumo o demanda máxima, entre otros, además tomó datos de 3 puntos eléctricos (fases), durante un día (20 de Noviembre), en los distintos edificios universitarios. De esta manera estableció que el mayor consumo proviene de la cocina y cafetería; que las computadoras no representan un alto consumo de energía eléctrica y que la demanda mínima de energía eléctrica sucedió en abril y agosto

por las vacaciones ente otros resultados (factor de potencia, etc.). Hasta el año 2009, la USFQ no había puesto en marcha una real política de ahorro de energía. Tampoco se realizó otro estudio más completo respecto al tema y los parámetros para cambiar luminarias se basaron más bien en su vida útil.

Estos factores, entre otros que presento en el desarrollo de este informe, han ocasionado un consumo alto de energía eléctrica, según el experto en tarifas del Consejo Nacional de Electrificación del Ecuador, Ing. Geovanny Bonifaz. En el año 2004 rodeaba los 147.000 kWh mensuales (*Tomaselli, 2004*), y en los años 2007-2009 se incrementó en un 11% a 164.000 kWh aprox. lo que significa un costo de 14000 dólares mensuales en promedio (*Tabla 1*). El consumo decreció ligeramente en el año 2010, porque se empezaron a cambiar las luces incandescentes por focos ahorradores (*S. León, com. pers.*), sin embargo aun es alto (*Fig. 3*). Este consumo, es además desproporcionado respecto al número de estudiantes y al tamaño del campus. Comparemos, por ejemplo, el consumo de energía de la Universidad de Las Américas; en el año 2007, en su antiguo campus, estudiaban 2.559 alumnos y su factura eléctrica promediaba los 2.000 dólares por mes (datos de consumo provistos por la Empresa Eléctrica Quito en Enero del 2007). El consumo fue de 6 a 7 veces menos que en la USFQ, tomando en cuenta que ambas universidades tuvieron casi el mismo número de alumnos en el mismo período. La situación en las otras universidades no es muy diferente. En el 2007 La Universidad Católica de Quito, contó con 8.641 alumnos, incluyendo postgrados, y consumió un promedio de 12.000 dólares mensuales en energía eléctrica (*F. Calle, com. pers.*). En el 2006 la Universidad Central del Ecuador con más de 41.000 estudiantes, consumió un promedio de 26.000 dólares mensuales. (planillas del departamento administrativo, Universidad Central del Ecuador, Julio 2006).

Decimos entonces que la media de pago por consumo energético por estudiante, en la UDLA en el año 2006 fue de 0.78 dólares mensuales. En la Universidad Católica fue de 1.38 dólares por estudiante y en la Central del Ecuador de 0.63 dólares mensuales. Mientras que en la USFQ, en el mismo período de tiempo (año 2007) el pago por estudiante de consumo energético mensual equivaldría a casi 4.5 dólares³. Si bien, este valor está sujeto a algunos factores económicos, como el valor kWh, depreciación, etc. durante este año podemos encontrar una clara tendencia que indica que los estudiantes de la USFQ pagaron más en consumo energético respecto a las otras universidades mencionadas en años semejantes.

Existen diferentes métodos para el análisis del consumo eléctrico y su eficiencia; sin embargo, los más importantes coinciden en la necesidad de hacer un inventario de puntos eléctricos⁴ que establezcan la capacidad de consumo eléctrico de un ambiente cerrado (*L. Quintero* com. pers.). Si se desea mayor detalle e información se puede realizar un inventario de todos los elementos consumidores en un ambiente cerrado, contabilizándolos por individuos y calculando su potencia individual (*X. Borja* com. pers.).

La USFQ, además de no tener ningún plan de manejo energético, no posee un inventario energético/eléctrico actualizado total que dé pautas sobre cuáles artefactos son los que más consumen, o cuáles son las áreas más importantes de consumo eléctrico. Los edificios fueron construidos sin tener mayor control ambiental, ni llevar registro alguno del número ni el tipo de luminarias utilizadas en sus puntos de conexión. Pese a estos antecedentes, sabemos que el

³ La facturación de consumo eléctrico promedio del año 2007 en la USFQ fue de 13905 USD y estudiaban 3100 alumnos aprox. No se han considerado factores externos como depreciación o tarifa actualizada del kW/h.

⁴ Puntos eléctricos son las derivaciones generales que se obtenga de un sistema eléctrico; se los puede dividir por fases , transformadores , medidores, tomacorrientes , etc. (*Hermosa*, 2007).

consumo eléctrico de un establecimiento educativo no puede ser limitado a tal punto que se atente contra las necesidades de los estudiantes, los docentes, o del personal que allí trabaja. Sería un error restringir el consumo de energía quitando aparatos o luminarias que son necesarios para el estudio, sin ningún parámetro que lo justifique. Por ello, este análisis busca ser una guía objetiva y clara que permita determinar cuáles son los principales causales de un consumo excesivo de energía eléctrica dentro del campus, sin amputar los beneficios de una educación de calidad.

Objetivos

General.- Realizar un análisis del consumo eléctrico de la Universidad San Francisco de Quito, a través de la identificación de los principales causales de mayor consumo. Este análisis será un aporte para la implementación de estrategias de reducción del impacto ambiental provocado por el consumo excesivo de energía en esta institución o en otras de similares características.

Específicos.-

1.- Crear una base de datos de los aparatos eléctricos funcionales en el campus de la USFQ en los años 2007 a 2009. Determinar su potencia y el consumo eléctrico (kWh) aproximado individual y total.

2.- Encontrar qué tipo de elementos eléctricos son los mayores consumidores de energía eléctrica dentro del campus de la USFQ (luminarias, máquinas o multimedia) y determinar si existe un área de mayor consumo eléctrico.

Métodos

Para cumplir los objetivos de mi proyecto, desarrollé los siguientes pasos.

1ero, Inventario Energético⁵.- Realicé dos inventarios eléctricos dentro del Campus de la USFQ; en el primero especificué las áreas donde encontré cada individuo consumidor de energía eléctrica y un segundo para confirmar el total de individuos. Aquellos elementos cuya forma, función y potencia eran similares, fueron agrupados dentro de un mismo tipo y su potencia fue promediada, por ejemplo, *Dicroicos araña* de 40watts y *Dicroicos ojo de buey* de 45 watts están registrados como *Dicroicos* de 42.5 watts.

Dentro de este inventario se omitieron sólo los aparatos que consumen menos de 3 watts y de poca o rara frecuencia de uso, esto es, tres veces o menos por año. En los resultados, presento los promedios del número de individuos de cada elemento registrados en cada inventario.

2do.- Estimación de la potencia individual.- Para determinar cuál fue la potencia en watts de cada individuo utilicé tres métodos.

2.1.- Un medidor de potencia (AmWatt Load Tester, marca *Reliance*): para aparatos de fácil acceso y de potencia no muy alta, que no dañen el medidor ([Fig. 4](#)).

2.2.- Placas informativas y cálculo de potencia:

En aquellos aparatos que no me permitían conectar el medidor, debido a su posición incómoda o exceso de potencia (el medidor no

⁵ Para una explicación detallada de la terminología refiérase a [Apéndice I](#).

resiste potencias grandes y se podía quemar) verifiqué las placas informativas donde se establece su potencia máxima o su amperaje, en cuyo caso usé la fórmula: $w = v \cdot a \cdot 0,8$

Donde

w, es la potencia que deseamos averiguar

v, el voltaje⁶

a, son los amperios (que se encuentran en las placas informativas de cada aparato)

Y 0,8 es un margen estándar por el que se multiplica para considerar la energía desperdiciada en otras formas antes de cumplir su propósito (calor, recorrido, etc.) (*Sobrebilla y Farina, 2007*).

2.3.- Consulta.- Existen aparatos cuyo acceso no permitió el uso del medidor y que tampoco disponían de placas informativas; en estos casos investigué en internet o consulté con ingenieros eléctricos la potencia aproximada de los mismos.

Zero. Tiempo de consumo

Para establecer el tiempo de funcionamiento aproximado de las luminarias, me basé en información provista por el personal encargado de cada área: encargado de la sección culinarios, encargado de ingeniería de alimentos, encargado de planta física, etc. quienes eran los que más sabían sobre el horario de funcionamiento promedio de sus equipos. Además, realicé 28 muestreos, de focos prendidos (vs. apagados) desde Julio del 2006, hasta Octubre del 2007, en distintas horas del día. Los lugares donde se realizaron estos muestreos fueron: el hall principal de información, pasillos, aulas y oficinas del edificio Newton, pasillo exterior de tesorería, hall exterior de biblioteca y edificio Miguel de Santiago (como sección multimedia), entre otras secciones.

6 En el Ecuador el estándar es 110v aprox.

Pese a que el área de muestreo siempre fue la misma y las fechas de los muestreos son cercanas, la población muestreada no fue constante, debido a que las aulas muestreadas no siempre estaban disponibles, algunas veces estaban ocupadas en clases, o existían oficinas cerradas; por ello presento un porcentaje individual de los focos prendidos de cada muestreo (Tabla 2). Realicé también un muestreo individual de la Biblioteca, pues demostraba tener mayor uso de luminarias que el resto de edificios (Tabla 3).

4to. Registro y Clasificación.- Todos los aparatos inventariados fueron registrados en una base de datos, que incluye: foto, nombre del elemento, número de individuos del primer conteo por áreas, número de individuos en el segundo conteo (total), promedio de individuos por elemento-clase⁷, potencia estimada del elemento (Watts), estimado de horas de uso por día, estimado de número de días de uso por mes, y resultado del consumo eléctrico de cada elemento: Watts x horas al día x días al mes: w/h mensuales. A todos los datos se los ordenó y sintetizó para su clasificación (Apéndice II).

Clasificación.-

A los todos elementos registrados se los clasificó en dos categorías:

A.- Por área:

Uno de los primeros aspectos a considerar es que no existen medidores individuales para cada edificio y las redes de conexión eléctrica se comparten entre algunos de ellos. Más aun, los distintos Colegios que existen en la USFQ comparten las edificaciones destinadas a la enseñanza y no existe una separación por facultades.

El campus universitario está conformado por 24 edificios, nombrados

⁷ P.ej.- focos dicroicos ojos de buey y focos dicroicos araña se los puso como una misma clase: "dicroicos"

de la siguiente manera:

- | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| 1. Miguel de Santiago | 9. La Pagoda | 16. Clínica |
| 2. Aristóteles | 10. Newton | 17. Epicuro |
| 3. Sócrates | 10.1 Newton Plaza | 18. Restaurantes |
| 4. Lao Tse | 11. Galileo | 19. Plaza Grande |
| 5. Mozart | 12. Einstein | 20. Da Vinci |
| 6. Áreas deportivas | 13. Cicerón | 21. Maxwell |
| 7. Coliseo Alexandros | 14. Espejo | 22. Clínica Odontológica |
| 8. Obelisco | 15. Planta física | 23. La Casita |
| | | 24. La Casa Blanca |

Al establecer áreas de consumo eléctrico dentro de la USFQ encontré que no era factible dividir las por colegios, ya que en su mayoría, comparten diferentes edificios para sus estudios; el hacerlo podría crear un resultado erróneo del consumo eléctrico catalogándolo por colegio. Tomé entonces datos de 20 secciones a las que dividí posteriormente en 4 grandes áreas, cuyas edificaciones se encuentren físicamente cercanas y comparten intereses comunes; por ejemplo, restaurantes con cocina están en un área; arquitectura con artes pertenecen a otra, etc. (Apéndice III). De esta manera se podrían identificar áreas de mayor consumo en vez de colegios y se facilitaría una reinstalación eléctrica en caso de realizarse un retrofit energético-eléctrico⁸.

B.- Por Tipo: Luminarias, Multimedia y Máquinas.

⁸ retrofit energético-eléctrico, hace referencia a todo proceso por el cual nuevas tecnologías, tanto en diseño y construcción, permiten un uso más eco-eficiente de la energía (Schneider Electric, 2008).

4to.- Análisis del factor social de consumo.-

A. Antecedente

Como antecedente para la realización de mi proyecto, deseaba determinar el nivel de conocimiento de la gente sobre la relación que tiene el consumo eléctrico con la afectación al medio ambiente y la importancia del ahorro energético. Realicé una encuesta a 153 personas; 50 en la calle (norte y sur de Quito) y 103 vía Internet. Esta encuesta constó de cinco preguntas:

1. ¿Ha escuchado del ahorro de energía?
2. ¿Le parece a Ud. importante el ahorro de energía?
3. Si respondió Sí, en la anterior pregunta, ¿por qué le parece importante?
4. ¿Sabe Ud. cómo afecta el uso energía al medio ambiente?,
5. (Si respondió Sí, en la anterior pregunta) ¿Podría explicar-en sus propias palabras- Cómo exactamente es que el consumo de energía eléctrica llega a impactar al medio ambiente?, es decir ¿cuál es el proceso mecánico de esto?
p.ej.- "si afecta por el calentamiento global" pero cómo, o por qué?
(Apéndice IV).

B. Aprovechamiento de Luz

Según la entrevista con encargados de planta física, el desperdicio de luz por parte de estudiantes y profesores en la USFQ es alto. Realicé entonces un sencillo muestreo durante 14 días seguidos (Abril, 2008), en distintas aulas de la USFQ del edificio Galileo, Newton y Miguel de Santiago, para establecer si el factor humano también es contribuyente en el alto consumo eléctrico; es decir, sí existe un desbalance (desperdicio) en el uso de luminarias prendidas vs. el número de personas que las utilizan. Consideré a estos edificios aleatoriamente y por ser usados en distintas áreas de estudio; el Galileo y Newton tienen un uso más generalizado por distintos colegios mientras que el Miguel de Santiago lo usa en su mayoría un grupo particular de individuos de un mismo colegio.

En el caso del Galileo y Newton, partí de que un aula promedio utiliza 10 tubos fluorescentes de 110w (obs. pers.), que dan luz plena a 30-40 estudiantes. Después, en mis censos registré cuántos focos estaban prendidos (n) y cuántos alumnos los estaban utilizando (X); y realicé el siguiente razonamiento:

Si 10 focos dan luz plena a 35 estudiantes, n focos encendidos servirían para dar luz plena a Y estudiantes; el resultado R se compara con X (número de estudiantes que realmente están usando estas luminarias) y se saca un porcentaje, que luego se resta de 100% para calcular el porcentaje de luz que no es aprovechada. Este análisis que realicé no tiene ninguna referencia literaria y me basé en una sencilla regla de tres y razonamiento lógico.

En la sección multimedia, dado que casi todas las aulas siempre estuvieron prendidas, sólo comparé cuántas de éstas estaban siendo usadas vs. cuántas permanecieron prendidas con un estudiante o ninguno.

Entrevistas

Durante el desarrollo de mi proyecto fue muy importante la realización de diversas entrevistas con diferentes personas especializadas en áreas específicas; por ejemplo, para el tema de funcionamiento y logística de los aparatos eléctricos dentro de la USFQ, tuve varias entrevistas con el encargado de planta física, Silvio León; para los antecedentes y una visión global del consumo eléctrico en el país visité a funcionarios del CONELEC (Consejo Nacional de Electrificación), y para la guía de procedimientos en el desarrollo de mi proyecto mantuve entrevistas con Ing. Xavier Borja, quién desarrolló el sistema de electrificación en la USFQ en su creación, entre otras. Adjunto en un anexo las personas con quiénes tuve entrevistas para el desarrollo de este proyecto ([Anexo 1](#)).

Resultados

Inventario eléctrico

En la USFQ registré un promedio de 7.132 individuos consumidores de energía eléctrica en uso habitual⁹, que consumen alrededor de 178719 kWh mensuales de energía eléctrica. Estos fueron clasificados en 144 elementos cuyas características físicas y potencia son similares.

Resultados por Tipo

Tras realizar los dos inventarios, determiné que las luminarias son el tipo de elemento más numeroso con un promedio de 5447 individuos ($s=63.63$), en segundo puesto se encuentran los elementos multimedia con 1154,5 ($s= 210$). Las máquinas fueron las de menor número con 531 individuos promedio ($s=60$) (Fig. 5).

El potencial de consumo mayor lo tienen las máquinas con 613 kW, luego están las luminarias con 351.3 kW y con menor potencial tenemos a los elementos multimedia con 108.26 kW (Fig. 6).

El mayor consumo eléctrico fue el de las luminarias con 78574,21 kWh mensuales, en segundo puesto tenemos a las máquinas con 73805,31 kWh por mes y con menor consumo eléctrico tenemos a los elementos multimedia con 26340,28 kWh al mes (Fig. 7).

⁹ Se omitieron los elementos cuya potencia de consumo sea menor a 3 watts y de rara frecuencia de uso, es decir 3 o menos veces por año.

Resultados por Área

Las áreas que establecí, de mayor a menor consumo de energía eléctrica son:

- La sección D: que incluyó los edificios, Cicerón, Espejo, Clínica Universitaria, Epicuro, Laurenier, Biblioteca y restaurantes; ésta registró 1.610 aparatos, sumando una potencia acumulada de: 345.662,667 watts (345,662667 kW) y un consumo eléctrico de 55935.5 kWh (Fig. 8 y 9).

- La sección A, que incluye los edificios: Miguel de Santiago, Aristóteles, Sócrates, Lao Tse, Mozart, coliseo Alexandros, La Pagoda, áreas deportivas y obelisco, sumó 2.461 individuos potencialmente activos y una potencia acumulada de 264.042 (264,042 KW) y un consumo eléctrico mensual de 54456 kWh.

- La sección C, conformada por: Plaza Grande, Davinci, Maxwell, Clínica odontológica, La Casita, La Casa Blanca, obtuvo 1.525 elementos, sumando una potencia acumulada de: 306.716,86 watts (306,71686 kW) y un consumo eléctrico mensual de 36348.2 kWh.

- La Sección B, que incluyó los edificios, Newton, Newton plaza, Galileo, y Einstein, sumó 1.148 individuos consumidores eléctricos, una potencia acumulada de 152442,94 watts (152,44294 KW) y un consumo eléctrico de 22958.1 kWh mensuales (Fig. 8 y 9).

Luminarias encendidas vs. apagadas

De los 28 muestreos realizados, encontré un máximo de 91.21% de luces encendidas en el muestreo número 16, el número de focos

muestreados en este día fue de 803 individuos y la toma de datos se realizó a partir de las 17:12 hrs. El día que registré menor número de luminarias encendidas fue el del muestreo número 10, la población muestreada fue de 1411 individuos y la hora del comienzo de la toma de datos fue a las 17:30 hrs, en éste día encontré un 0.98% luces encendidas. La Moda de porcentaje de luces encendidas de los 28 muestreos fue de 81.95% (Tabla 2).

En Biblioteca encontré un 95.63 % de luminarias prendidas en planta baja (N=230); un 99.03% en planta alta (N=206) y un 40% de luces encendidas en el tercer piso (N=25); en promedio un 78.22% ($s=33.14$) de luminarias de la Biblioteca se encontraron encendidas durante mi investigación (Tabla 3).

Confianza de datos

En total, el consumo promedio mensual de todos los individuos que registré durante mi investigación fue de 178.719,811 kilovatios-hora, mientras que el de la planilla de la empresa eléctrica, en el mismo período, fue de 168560,3611 kilovatios-hora (Dic 2006 – Dic-2009) (Tabla 4). Es decir existe un margen de diferencia del 6% entre mi investigación de consumo individual y el consumo registrado por la planilla de la eléctrica Quito.

Factor social de consumo

En la encuesta que realicé acerca del conocimiento sobre la afectación del consumo eléctrico al ambiente, saqué los siguientes resultados:

La mayor cantidad de respuestas provinieron de mujeres mayores de 18 años (Fig. 10).

Un 100% de encuestados (n=150) sí han escuchado sobre el ahorro de energía y lo consideran importante (Fig. 11 y 12). Sin embargo, de este total, el 73.6 % de los encuestados, sabe qué causa un daño al medio ambiente pero no comprende cómo se da esta afectación y un 3.7% dice no saber qué es lo que causa un daño ambiental. Sólo un 22.7% sí es conciente de la relación entre el consumo eléctrico y los efectos ambientales (Fig. 13).

Aprovechamiento de Luz

De las 231 muestras¹⁰, 163 fueron tomadas en el edificio Galileo y 79 en el edificio Miguel de Santiago. En el edificio Galileo encontré un mínimo de 40% de desperdicio de luz, hasta un máximo de 300%. Esto significa que hubo casos en donde el aula tenía encendidas todas las luces sin ningún estudiante ocupándola. En el edificio Miguel de Santiago encontré un mínimo de 23,5% de desperdicio de luz hasta un 78.5% como máximo de desperdicio lumínico (Tabla 5).

¹⁰ Las muestras no representan a 231 secciones distintas, sino secciones entre aulas y pasillos de un mismo grupo, pero muestreado en distintas fechas.

Análisis Comparativo

Por Tipo.

La cantidad de individuos del tipo luminarias supera por más del triple a la de individuos multimedia y es casi diez veces mayor al número de máquinas (Fig. 5).

Potencia de consumo

Cuando analizamos la potencia acumulada, o potencial, de las tres categorías encontramos que las máquinas, pese a ser las de menor número, ocupan el primer puesto: esto quiere decir que, en el supuesto de que todos los elementos se encendieran simultáneamente, la mayor carga de consumo provendría de las máquinas (Fig. 6).

Sin embargo el determinante final para el consumo eléctrico es justamente el factor tiempo, esto es, cada cuánto se utilizan dichos aparatos.

El consumo total de energía de cada aparato, por más numeroso que sea, o por más alto potencial de consumo tenga, depende finalmente de cuánto tiempo permanece en uso consumiendo energía, versus el tiempo que no es utilizado.

Vemos entonces que la categoría de fuentes lumínicas es la principal causa consumidora dentro del campus universitario, con 78.574,2105 kWh equivalente a un 44% del total (Fig. 7).

Por Área o Sección

El potencial de consumo difirió considerablemente entre áreas. El área que registró un mayor potencial acumulado fue el área D, que incluyó la cocina, culinarios, biblioteca y medicina.

Con respecto a las áreas de mayor consumo, el análisis comparativo demostró que, en términos generales, no existió mayor variación entre las 4 áreas. La sección que incluye a la cocina tuvo un mayor consumo que las otras tres; sin embargo su margen de diferencia con las otras tres áreas no fue muy grande, pues vemos que en cada una existieron elementos de alto consumo. Por ejemplo el área C acumuló consumo eléctrico en su sección de ingeniería de alimentos con grandes aparatos y cuartos fríos (10.659 kWh), que equiparan el consumo del área culinaria. De hecho, curiosamente el área con segundo mayor consumo fue el de la sección multimedia y deportes. Una vez analizados los datos comprendemos que se debió, no a los aparatos multimedia que allí existen sino a los aires acondicionados que funcionan en esa sección para mantener a los equipos multimedia a temperaturas óptimas. Los aires acondicionados, en general, son los elementos de mayor consumo eléctrico mensual en toda la universidad debido a su gran potencia y a su permanente uso durante el día (11.700 kWh). El área multimedia agrupa la mayor cantidad de aires acondicionados.

Aprovechamiento de Luz

Tanto en los muestreos de focos prendidos vs. focos apagados como en el de aprovechamiento de luz; se determinó que el uso de luminarias dentro del campus universitario es alto y que no es bien

aprovechado por el número de estudiantes que las ocupan.

En los muestreos de focos prendidos vs. apagados de distintas áreas (sin considerar Biblioteca), encontré hasta un 91% de focos prendidos (n=803). La moda de porcentaje de luces prendidas de todos los muestreos fue de 81.95% (Tabla 2). En los muestreos de Biblioteca, el consumo es mayor, encontré que, en promedio, un 95.6% (N=230) de luminarias estaban encendidas en la Planta baja y un 99.03% (N=206) de luces se encontraban encendidas en la planta alta (Tabla 3).

En cuanto al análisis de aprovechamiento de luz, en 26 secciones/aulas muestreadas, encontré un máximo de 300% de luz desperdiciada (n= 26) y un mínimo de 23.5% (n=17) de desperdicio de luz (Tabla 5).

Discusión

El análisis permitió el cumplimiento de los objetivos específicos de mi investigación. Independientemente de la posible existencia de nuevos aparatos dentro del campus universitario, los registrados durante la investigación sirven como referente para nuevos análisis. En este estudio encontré que la USFQ tiene un alto consumo de energía eléctrica. El consumo eléctrico mensual registrado por las planillas eléctricas de la USFQ durante mi investigación (diciembre 2006 a finales del 2009), muestra una tendencia de consumo estandarizado (Fig. 14) y la diferencia entre el consumo que registré por medio de mi investigación y la de la registrada por la planilla eléctrica es del 6%, lo cuál me da una buena base de confianza de datos.

El campus de la Universidad San Francisco de Quito fue creado sin considerar ningún tipo de política ambiental en cuanto al consumo de energía. La categoría que más consume energía eléctrica dentro del campus es la de las fuentes lumínicas con un 44% del consumo total, seguida por los aparatos o máquinas con 41% del consumo total. Los elementos multimedia, como computadores, televisores, consolas de sonido, etc. no son elementos importantes a considerar en el consumo eléctrico final. Su consumo representa solo el 15% del consumo total.

El consumo eléctrico total por cada tipo de elemento depende de tres factores importantes: el número de individuos (N_i), la potencia individual (P_i) y el tiempo/frecuencia (T_i) de uso (*Electricidad I: teoría básica y prácticas*, 2007) Se puede entonces calcular el consumo de energía de cada tipo de elemento, con la fórmula siguiente:

$$E_i = N_i \times P_i \times T_i$$

Mientras, el consumo total de energía (E_t), de la USFQ se puede calcular de la siguiente manera:

$$E_t = E(\text{multimedia}) + E(\text{luminarias}) + E(\text{máquinas}) = \sum E_i$$

A continuación, examinamos la posibilidad de reducción de la contribución al consumo total de energía de cada tipo de elemento. Para reducir la energía de un tipo de elemento, tenemos en primer lugar, tres opciones: reducir N , reducir P_i , o reducir T_i .

1. $E(\text{multimedia})$

Como lo hemos visto, $E(\text{multimedia})$, -es decir, la energía total consumida por todos los aparatos multimedia dentro de la USFQ-, es marginal, comparada con el consumo de los dos otros: $E(\text{luminarias})$ y $E(\text{máquinas})$. Si se reduce el consumo de este tipo de elementos, no tendremos un mayor impacto en la reducción de la energía total consumida.

2. $E(\text{máquinas})$

Si bien el consumo eléctrico de este tipo es alto, la aplicación de soluciones en esta categoría enfrenta algunas limitantes. La primera, es que resulta muy difícil limitar la frecuencia de uso (T_i) para los aparatos pues cumplen con trabajos de uso continuo o de horarios regulados; por ejemplo, un horno de pan o un refrigerador cumplen funciones difíciles de interrumpir pues en su proceso requieren varias horas para llegar a su objetivo y el interrumpir su trabajo sólo causaría más gasto en volverlos a encender. Por otra parte, la

reducción del número (Ni) de aparatos es complicada porque son pocos¹¹ y son necesarios allí donde se encuentran actualmente.

Finalmente en cuanto a la reducción de su potencia individual, eso implicaría su remplazo por nuevas tecnologías; es decir, posiblemente una inversión de alto costo; un cuarto frío, por ejemplo al cambiarlo requeriría además de nueva arquitectura. Sin embargo, se puede imaginar soluciones alternativas para reducir esta potencia (ver las recomendaciones en el párrafo subsiguiente)

3. E(luminarias):

De los 3 tipos de elementos consumidores, considero a las luminarias como las más importantes para el ahorro energético de la USFQ.

Reducción de la potencia (Pi):

Los tipos de focos que están usando mayor energía eléctrica en la universidad son los tubos fluorescentes de 110watts (40.461,96 kWh mensuales) y los tubos fluorescentes de 32watts/40watts (12.778,56 kWh mensuales). Los primeros son los más ocupados en las aulas de clases. Al contrario de lo que sucede con las maquinarias, el cambio de las luminarias por focos más modernos y eficientes, involucra un costo de inversión mucho menor, según X. Borja, encargado de los estudios de instalación eléctrica de la USFQ. Además, es mucho más fácil de realizar.

Reducción del tiempo de uso de luminarias:

11 Las máquinas, como las utilizadas en cocina, aparatos de laboratorio e ingenierías, son las que numéricamente tienen la menor cantidad de individuos. Si bien esta categoría, demostró el mayor potencial acumulado, su número de individuos es mucho menor al de las otras dos categorías y su frecuencia de uso es baja comparativamente.

Según establecí, con base en el análisis focos prendidos vs. apagados y de aprovechamiento de luz, claramente el factor social es determinante en el ahorro eléctrico de la USFQ. Apagar las luces cuando no sean necesarias, abrir las cortinas y ventanas que permitan la entrada de luz natural y el uso adecuado de ventilación natural, en lugar de los aires acondicionados, junto con una campaña informativa y retrofit en las luminarias, asegurarían un gran ahorro energético con beneficios tanto económicos como ambientales.

Áreas de consumo

No encontré mayor diferencia en el consumo eléctrico entre áreas dentro de la USFQ. La sección D, la primera en consumo energético, acumula su consumo en la sección de cocina, sobre todo por los cuartos fríos, y la de los enormes aires acondicionados para Biblioteca. La Sección A (la segunda de mayor consumo), demostró un alto consumo en el edificio Miguel de Santiago, debido a los aires acondicionados, también se estableció un alto uso de energía eléctrica para el coliseo Alejandro. Sin embargo, son los focos de las aulas los que en general incrementan el consumo eléctrico de dicha sección. Para el resto de áreas el estándar de consumo proviene de las luminarias ([Anexo 2](#)).

Mis resultados coinciden con los resultados de *Hoeneisen (1996)* en cuanto al área de mayor consumo (área D) y los elementos de menor consumo (elementos RTV); él particularizando a la cafetería y restaurantes como mayores áreas de consumo y a los computadores como "consumidores mínimos" de energía eléctrica.

Potencial de Reducción

Considerando que las luminarias son las más factibles de apuntar para un ahorro energético-eléctrico; calculé que si tan sólo se cambiaran los focos fluorescentes de 110w por focos más eficientes de 40w¹², ahorrariamos un 30.4% de energía eléctrica total de la USFQ mensualmente. Esto sin considerar aparatos de alto consumo como aires acondicionados cuartos fríos, bombas de agua, etc.

También determiné que, sólo en la sección de luminarias, sin considerar a máquinas ni multimedia, el reducir 2 horas de uso de los focos actuales, durante el día, ahorraría casi veinte mil kWh (19817,9) en el consumo total de energía eléctrica de la USFQ, es decir una reducción de más del 25% de energía eléctrica del campus universitario, o 34.500 USD anuales.

¹² Según el experto en tecnología LEED, Ing. X. Borja, se verificó que en la actualidad existen diversos tipos de luminarias más eficientes, esto debido a la composición de la luminaria y su lámpara (reflejante).

Conclusiones y Recomendaciones

El consumo eléctrico de la USFQ es comparativamente alto, tanto para su número de estudiantes, como para su área de campus. Las fuentes lumínicas son el tipo de elemento eléctrico más conveniente para la aplicación de políticas de reducción de consumo energético. Los esfuerzos para un ahorro efectivo de energía en la USFQ deben comenzar por enfocarse en este tipo de elementos, no sólo porque son los principales consumidores de energía eléctrica en el campus, sino por su fácil accesibilidad al cambio.

La Universidad San Francisco de Quito fue creada, en su época, con una visión muy distinta a la de las necesidades actuales, sin políticas sustentables en el consumo eléctrico, sino más bien por el requerimiento de elementos más económicos y estéticos (*X. Borja, com. pers.*). Desde su creación no se ha realizado ningún retrofit energético ni modernización al respecto.

Los esfuerzos de reducción de energía eléctrica deben comenzar por enfocarse en la eliminación de los tubos fluorescentes de 110w, que son los más utilizados, principalmente en las aulas de clase. Estos pueden ser reemplazados por luminarias más modernas y eficientes, tanto lumínicamente, como en consumo eléctrico y vida útil¹³

Para el resto de luminarias se recomienda nueva tecnología, sobre todo en lámparas más reflectivas así como un retrofit arquitectónico que permita el mayor aprovechamiento de luz natural.

¹³ En promedio se cambian focos cada 3 meses y máximo 6 dependiendo del tipo. (*S. León, com. pers.*).

Otro de los factores de alto consumo eléctrico en la USFQ es el uso permanente de aires acondicionados. Este elemento demostró ser el mayor consumidor de energía eléctrica de todos los individuos, (seguido por los cuartos fríos). Un retrofit arquitectónico adecuado, que permita un sistema de ventilación natural, limitaría el uso de estos aparatos sólo para condiciones de extremo calor y por tanto el consumo eléctrico disminuiría notablemente. El valor de potencial efectivo de ahorro de este tipo de solución queda aún por ser determinado y lo dejo para un estudio futuro. Finalmente y como tercer elemento consumidor de energía están los cuartos fríos, éstos si bien son difíciles de cambiar, pueden ser mejor aprovechados. Durante mi investigación, noté que gran parte de máquinas de refrigeración como: refrigeradoras, cuartos fríos y congeladores, permanecen en constante funcionamiento pero no son usados en su plena capacidad. Es decir, existen más elementos de este tipo de los que realmente son indispensables ya que a los actuales se los mantiene semi vacíos. Disminuir el número de dichos elementos y más bien usar sólo los necesarios en su plena capacidad daría un ahorro de energía inmediato.

Finalmente, el factor social es un problema notorio en cuanto al desperdicio de luz dentro de la USFQ por parte de sus ocupantes. Mis resultados apuntan a que existe un mal aprovechamiento de la luz natural en el campus universitario, sobre todo en las aulas de clases. Abrir las cortinas en lugar de encender las luces, realizar campañas de concientización del gasto energético-eléctrico en el campus y la mejor utilización de luz natural (claraboyas en lugar de grandes candelabros), serían acciones inmediatas que disminuirían considerablemente el consumo de energía eléctrica en el campus. Esto requiere de una decisión administrativa por parte de las autoridades y de quienes tomen la iniciativa para un uso más eficiente de la energía eléctrica en la USFQ.

Adicionalmente, se debe considerar el cambio a sistemas más avanzados de automatización, aparatos más modernos de cocina, nueva tecnología *energy star*¹⁴ en cuartos fríos, máquinas, aparatos de laboratorios, etc.

En la actualidad, existe una certificación para la construcción y adecuación de edificios e infraestructuras con calificación ecoeficiente denominados, LEED (Leadership in Energy & Environmental Design). Esta certificación ya es obligatoria en ciertas industrias de países desarrollados como Alemania y, en Latinoamérica, Colombia ya dispone de ella en algunos edificios (Internet: *Leed.net*, Enero, 2011). Lo que permite esta certificación es un estudio y reestructuración de elementos consumidores de energía en un edificio para su uso sustentable (*US-green building concept*, 1998). En el Ecuador existen representantes que permiten esta certificación como la empresa LUTRON, especializada en un diseño sustentable de luminarias en edificios. Según representantes de estas empresas, el retrofit eléctrico que ellos realizan consigue ahorros promedio de 40% en gasto de energía (*X. Borja*, com. pers.); por tanto la inversión en dinero para obtener este tipo de certificaciones es recuperada en pocos meses, por la disminución del consumo energético que se consigue.

Las soluciones a implementar en el ahorro energético de la USFQ son variadas y posibles. El primer paso fundamental fue la identificación del problema. Una vez realizada, está en la decisión política de las autoridades y sus ocupantes la implementación de soluciones; no sólo por un ahorro meramente económico en su alto gasto de energía eléctrica, sino por la urgente necesidad de reducir el daño ambiental que causa el excesivo mal uso de la energía eléctrica, por su producto en emisión de contaminantes hacia el planeta.

¹⁴ La tecnología *Energy Star* hace referencia a equipos con mejor eficiencia de consumo eléctrico y está regulado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y la US-EPA (Internet: *Energystar.gov*, septiembre 2011)

Referencias

- Arthur D. Little, Inc. (2000), **Overview of Energy Flow for Industries in Standard Industrial Classifications**, Cambridge: Accorn Park.
- Hermosa A, (2005), **Principios de electricidad y electrónica tomo I**, Barcelona: Marcombo S.A.
- Lester R. Brown, Larsen J., Fischlowitz B. (2002), **The Earth Policy Reader** , UK: Earthscan.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, CONELEC (Consejo Nacional de electrificación).(Ed.), (2007), **Memoria 1997-2007**, Quito.
- Mosquera A,(2009), **Energía y ambiente**, Bittium Magazine, Revista de Energía, Minas y Medio ambiente del Ecuador (Ed.), Quito.
- ONU (1991), **informe para el desarrollo mundial**, Nueva York:The World Bank.
- Siddayao Corazon M, (1993), **Energy Investments and the Enviroment: Selected topics**, Washington Dc: The World Bank.
- Sobrevilla, M.A. y A. L. Farina (2009), **Instalaciones Eléctricas**, 3era edición, Mexico Df: Alsina.
- Stevenson, W.D, (2010), **Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia**, 2da edición, Madrid: Ediciones del Castillo.
- The World Bank, (1993), **Energía: Eficiencia y conservación en el mundo en desarrollo**, Washington D.C: The World Bank.
- Wackernagel, M. y Niels S,(2002), **Tracking the ecological overshoot of the human economy**. The National Academy of Sciences.

Internet

- Borroto Aníbal y Costa Inocente, **Incremento de eficiencia de los refrigeradores domésticos**, documento PDF. Obtenido vía email, universidad de La Habana, Septiembre, 2008.
- Christopher Russell, documento PDF, Senior Program Manager, **Strategic Industrial Energy Efficiency: Reduce Expenses, Build Revenues, and Control Risk**, Washington, C.E.M. obtenido de www.nwccouncil.org/, accedido en Julio, 2008.
- Energy Star, **Products Energy Star**, www.energystar.gov, accedido en Septiembre, 2011.
- LEED, **Promoting LEED Certification and Green Building Technologies**, www.leed.com, accedido en Enero, 2011
- LEED Buildings, **Light Building solutions**, documento PDF, obtenido de www.lutron.com , accedido en Enero, 2011.
- La Onda Verde, NRDC. **Consecuencias del calentamiento global**,
<http://www.nrdc.org/laondaverde/globalwarming/fcons.asp>,
accedido en Abril 2006.
- Marc Dourojeanni , **“Impactos de las hidroeléctricas brasileñas han sido tremendos”**, Bank Information Center .
<http://www.bicusa.org/es/Article.11914.aspx>, accedido en Junio 2010.
- Morton, Andrew et al. **Seguridad humana y desafíos políticos**. obtenido de http://www.acnur.org/paginas/index.php?id_pag=8218, accedido en Octubre 2010.
- S.A, **Impacto Ambiental de las energías renovables**, sitio de [www.eco2site](http://www.eco2site.com), obtenido de <http://www.eco2site.com/informes/imp-renov4.asp>, accedido

en Enero 2008.

- The apollo allience and energy action, documento PDF, **New Energy for campuses**, obtenida de http://www.apolloalliance.org/downloads/resources_new_energy.pdf, accedido en Febrero, 2006.
- The Report of the World Commission on Dams. **Dams and development a new framework for decision making.** <http://www.dams.org/report/>, accedido en Febrero 2010.
- UCSU Environmental Center, **GREEN COMPUTING GUIDE**, documentoPDF, The University Of Colorado, obtenido de http://www.hallmarkpartners.com/Newsletters/Summer%202008/green_computing_guide.pdf , accedido en Junio, 2008.

TABLAS

Tabla 1

Gasto en USD de la USFQ en consumo eléctrico

Mes	2007 USD	2008 USD	2009 USD	2010 USD
Enero	12746,59	11.424,94	13964,88	11908,32
Febrero	13932,37	14.335,44	13911,8	10305,74
Marzo	13686,95	13.880,24	14251,28	11738,06
Abril	14933,47	13.674,95	15304,87	15222,67
Mayo	13376,74	15.823,62	13317,63	14849,14
Junio	14045,18	14.555,63	13484,73	13643,56
Julio	13499,71	12.796,76	13116,24	1456,83
Agosto	12621,5	12.316,15	12809,54	13364,8
Septiembre	10622,63	10.584,79	11445,3	12860,1
Octubre	15917,85	14.283,73	15428,32	16202,27
Noviembre	15647,31	16.001,72	16025,81	17164,33
Diciembre	15834,29	n/a	11326,55	14835,97
Gasto USD anual en electricidad	166864,59	149.677,97	164.386,95	153551,8
Promedio	13905,3825	13607,0882	13698,9125	12795,98
<i>Desviación estándar (s)</i>	<i>1541,59365</i>	<i>1698,05107</i>	<i>1459,58231</i>	<i>4075,22398</i>
			promedio 2007-209	13737,13

Fuente: planillas eléctricas USFQ, Enero 2007-Dic.2009.

Tabla 2

Muestreo luminarias encendidas (2006-2007)				
Muestreo	Fecha de toma de la muestra	Hora del muestreo	n (luminarias muestreadas)	% de luminarias encendidas
1	19/07/2006	16:00 hrs	793	86,39%
2	20/07/2006	19:00 hrs	1227	24,21%
3	22/07/2006	21:00 hrs	1299	13,89%
4	24/07/2006	18:12 hrs	1223	24,79%
5	25/07/2006	15:40 hrs	794	86,24%
6	28/07/2006	15:10 hrs	312	85,70%
7	01/08/2006	21:00 hrs	1196	30,11%
8	02/08/2006	20:45 hrs	1264	21,72%
9	04/08/2006	noche(sin hora)	802	86,88%
10	06/08/2006	17:30 hrs	1411	0,98%
11	08/08/2006	17:17 hrs	1275	20,67%
12	09/08/2006	18:44 hrs	1257	26,85%
13	11/08/2006	18:30 hrs	1245	28,51%
14	13/08/2006	9:30 hrs	1378	6,18%
15	14/08/2006	15:50 hrs	835	82,22%
16	18/08/2006	17:12 hrs	803	91,21%
17	02/09/2006	20:00 hrs	1731	49,73%
18	10/10/2006	14:43 hrs	1272	86,67%
19	12/10/2006	17:44 hrs	1261	90,35%
20	16/10/2006	15:00 hrs	855	81,90%
21	23/01/2007	16:41 hrs	857	81,95%
22	25/01/2007	9:00 hrs	857	81,95%
23	26/01/2007	9:00 hrs	855	82,23%
24	10/05/2007	19:51 hrs	857	74,13%
25	15/06/2007	16:35 hrs	940	52,00%
26	14/08/2007	16:33 hrs	944	54,00%
27	01/09/2007	8:45 hrs	855	33%
28	01/10/2007	8:30 hrs	955	25%

Mo= 81.95%

Tabla 3

Muestreo luminarias encendidas en Biblioteca.

Biblioteca		
	N	% de luminarias encendidas
Planta Baja	230	95,63%
Planta Alta	206	99,03%
Tercer piso	25	40,00%

Tabla 4 Consumo eléctrico (kWh) registrado en las planillas eléctricas 2006-2009 vs. consumo eléctrico calculado individualmente en esta investigación

Por su tamaño, esta tabla se presenta únicamente en versión digital (biblioteca USFQ).

Tabla 5 – Aprovechamiento de luz

Aprovechamiento de Luz (edificios Galileo y Newton)		
Día	# secciones muestreadas *	Desperdicio de Luz
Martes	26	>91% aprox
Jueves	26	>89% aprox
sabado	26	> 50% aprox
Martes	26	>50% aprox
miércoles	26	> 40% aprox
Martes	11	>40% aprox
Jueves	11	>40% aprox
sábado	N/A	N/A
Martes	26	>300% aprox
miércoles	11	N/A

N/A= Sin datos (aulas u oficinas cerradas)

> = *mayor que*

Aprovechamiento de Luz (edif. Miguel de Santiago)

Viernes	14	>78,5
Jueves	17	>23,5
Viernes	24	>65%
Jueves	24	>40%

Figuras

Figura 1

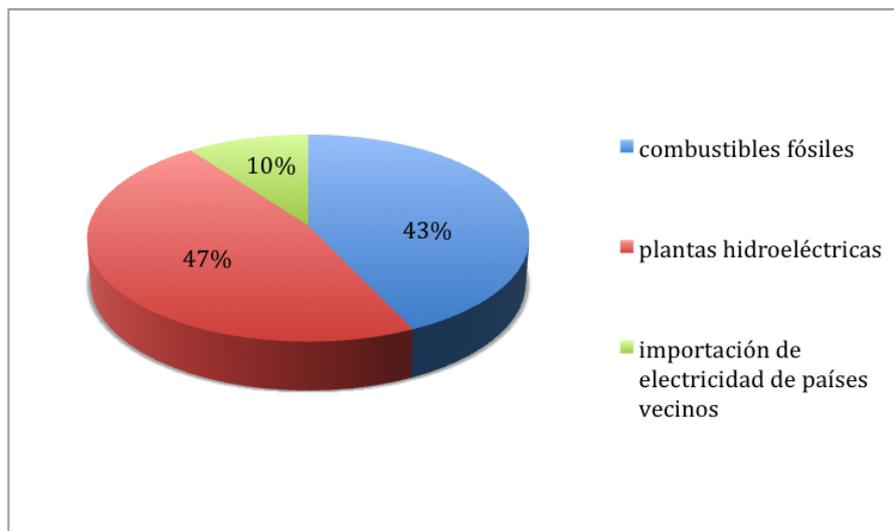
Cómo actúa el llamado *efecto invernadero* creado por gases en el planeta tierra.



Fuente: Internet: portalplanetasedna.com, Julio 2010

Figura 2

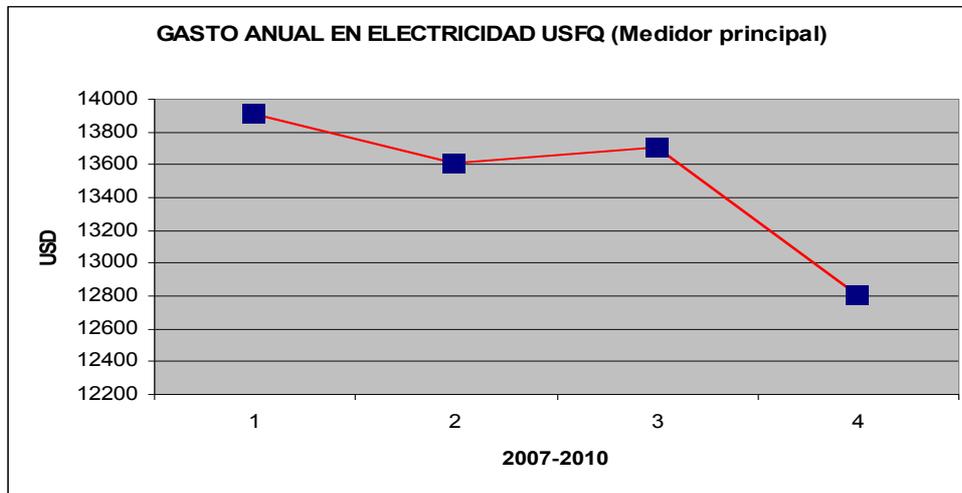
Distribución de fuentes de energía eléctrica en el Ecuador.



Fuente: CONELEC, alcance-informe 2009

Figura 3

Promedio de gasto anual en USD del consumo eléctrico de la USFQ 2007-2010.



Fuente: Planillas eléctricas, E.E.Q

Figura 4

Medidor de potencia y amperaje, *AmWatt Appliance Load Tester*, marca *Reliance*.

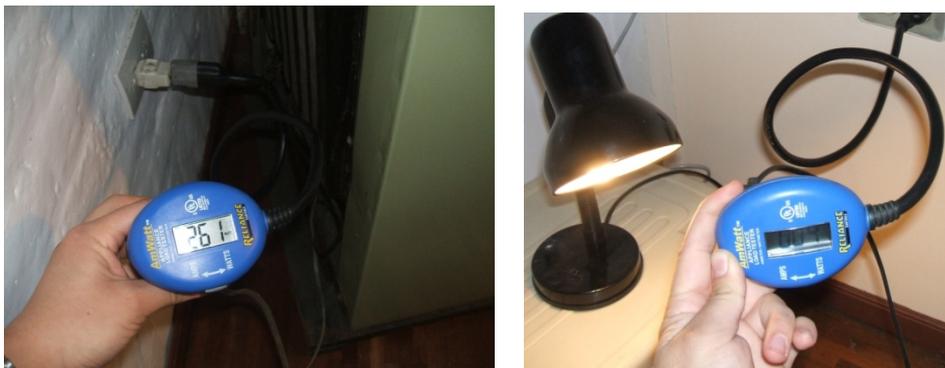


Figura 5

Número de elementos consumidores de energía clasificados por tipo.

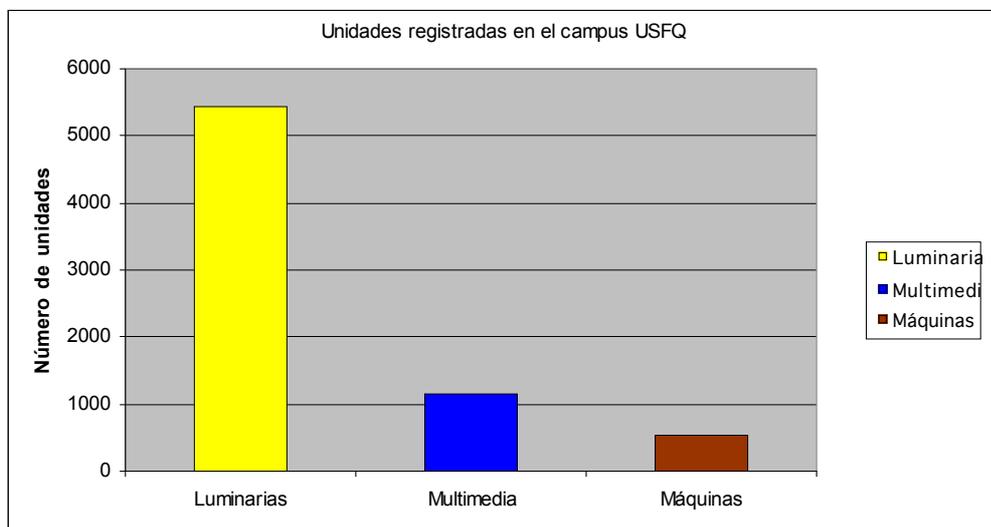


Figura 6

Clasificación de elementos por potencial de consumo eléctrico.

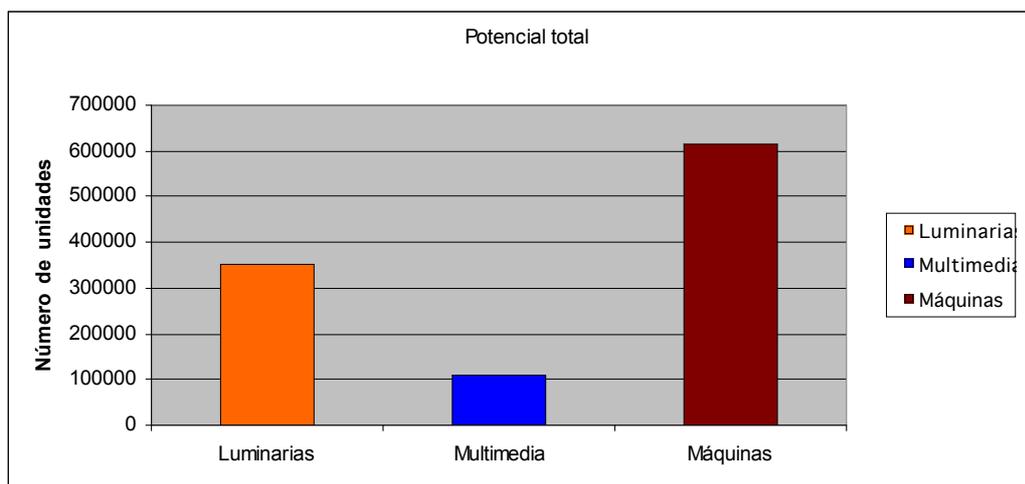


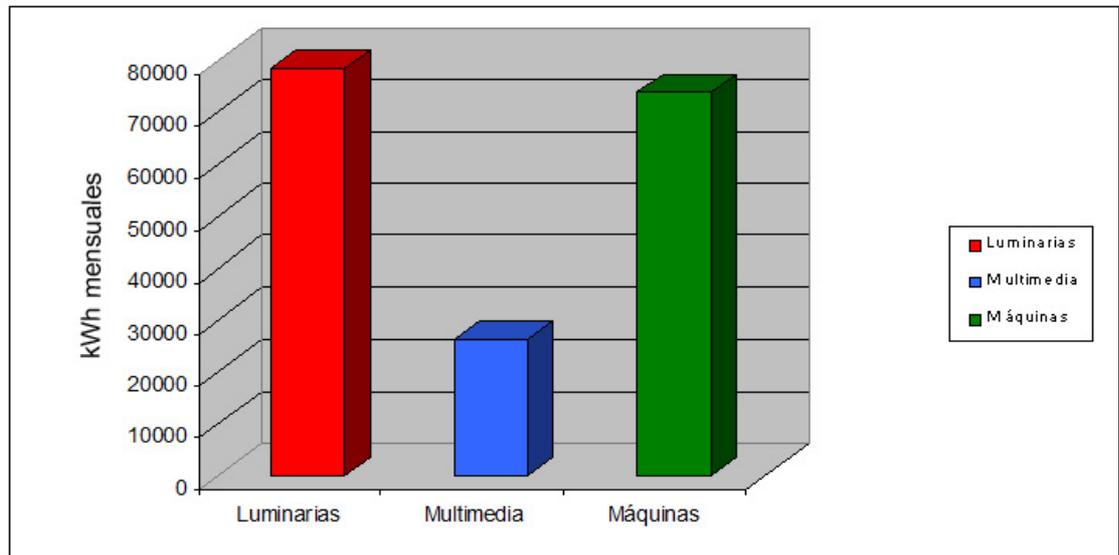
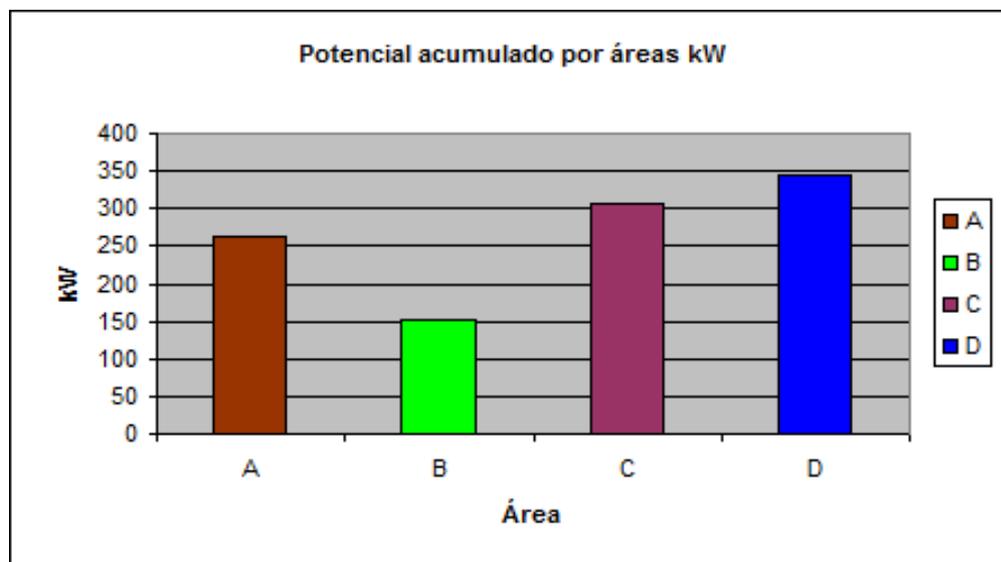
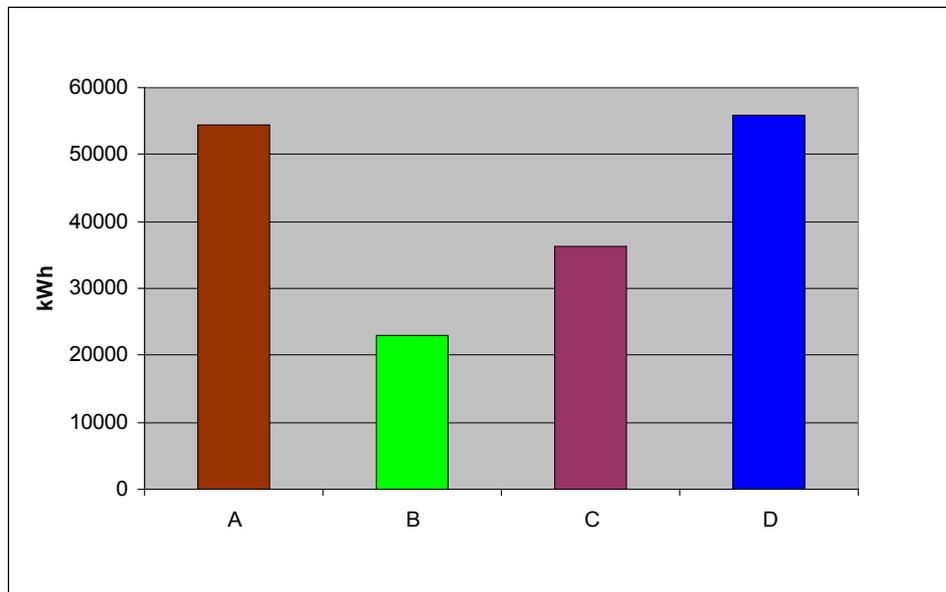
Figura 7**Consumo eléctrico mensual por tipo.****Figura 8****Potencial acumulado, clasificado por área.**

Figura 9**Consumo eléctrico mensual clasificado por área.****Figura 10****Distribución de encuestados por edad y sexo**

1. Edad y Sexo		Porcentaje de respuestas
Mujer menor de 18 años		2,4%
Mujer Mayor de 18 años		72,0%
Hombre menor de 18 años		1,2%
Hombre Mayor de 18 años		24,4%

Figura 11

Resultado de las personas que han escuchado sobre el ahorro de energía en la encuesta.

2. ¿Ha escuchado sobre el ahorro de energía?		Porcentaje de respuestas
SI		100,0%
NO		0,0%

Figura 12

Resultado de las personas encuestadas que consideran importante el ahorro de energía.

4. ¿Le parece a Ud. Importante el ahorro de energía?		Porcentaje de respuestas
Si		100,0%
No		0,0%
Más o menos		0,0%

Figura 13

Distribución de conocimiento de la relación directa entre consumo de energía y el medio ambiente.

6. ¿Sabe Ud. cómo afecta el uso de energía al medio ambiente?		Porcentaje de respuestas
Si, si sé como afecta el uso de energía al medio ambiente.		22 %
Sé que afecta al medio ambiente pero no sé cómo		73.6 %
No, no sé c afecta el uso de energía al medio ambiente.		3.7%

Figura 14.

Este anexo, por su tamaño, se presenta en versión digital (biblioteca USFQ).

ANEXO 1

Entrevistas personales

- Echeverría Fausto, Arquitecto de la USFQ, *Entrevistas personales*, Mayo 2007 y Julio 2010.
- Bonifaz Geovanny, Departamento de Ingeniería, CONELEC, *entrevista personal*, Enero 2009.
- Borja Xavier, Profesor Ing eléctrica PUCE, Encargado del estudio de instalaciones Eléctricas USFQ, miembro LEED 2010 (Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible), *guía y entrevistas personales*, 2006-2011.
- Guaninga Moisés, Jefe de Bodega de la USFQ, *entrevistas personales*, 2007-2009.
- Harrington David y John Scott, Encargados de Cocina-Arte Culinario, visitas, Abril 2009
- Herrera Nelson, Profesor Física, politécnico, USFQ *entrevista personal*, Agosto 2008.
- Hoeneisen Frost, Bruce_, Ph.D. Physics, Ingeniero eléctrico, *entrevista personal*, Febrero 2006.
- Jiménez Carlos, Ph.D., *entrevista personal*, Marzo, 2005.
- Quintero Lucía, *Entrevistas Personales*, Mayo-Agosto,2009
- Silvio León Ing., *Entrevistas personales*, 2006-2010.
- Sacher William, *Entrevistas personales*, científico-meteorólogo, autor, Noir Canadá, Noviembre 2010
- Benavides Vicente, *Entrevistas personales*, Planta física, encargado de electricidad del campus universitario, 2008-2009.

ANEXO 2**Elementos consumidores de energía eléctrica, por área.**

Este anexo, por su tamaño, se presenta en versión digital (biblioteca USFQ).

Apéndice I

Terminología¹⁵

Consumo eléctrico facturado.- Se establece como la cantidad de energía eléctrica consumida en determinado tiempo multiplicada por una tarifa establecida.

$$Kw * h * tarifa$$

Demanda eléctrica.- Se establece como la cantidad de energía eléctrica consumida por unidad de tiempo y se mide bajo la fórmula: kW*h (Kilowatio* Hora)

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, para obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

Intensidad.- La intensidad (I), se mide en amperios y es una medida del flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material. El *amperio* (A) es la unidad de intensidad de corriente eléctrica.

Potencia (w).- La potencia, en términos generales, es la capacidad que tiene un elemento para generar un trabajo en una unidad de tiempo. La potencia eléctrica se expresa en vatios (w). El *Vatio* o

-
- ¹⁵ Definiciones tomadas de: Sobrevilla y Farina (2009), **Instalaciones Eléctricas**, 3era edición, Mexico Df. Alsina y Stevenson (2010), **Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia**, 2da edición, Madrid: Ediciones del Castillo.
 -

Watt es la unidad de potencia Eléctrica del Sistema Internacional de Unidades.

1 kilovatio (kW), es igual a mil vatios y normalmente se utiliza a esta unidad para potencias más altas.

$$1\text{kW}=1000\text{w}$$

Potencia activa.- Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en energía o trabajo efectivo. Los diferentes tipos de aparatos eléctricos convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc.

Potencia aparente.- Es la potencia total que aparentemente consume un circuito; todo circuito o aparato eléctrico usa una potencia real (o activa) y otra potencia se desperdicia en el recorrido ya sea en forma de calor, magnetismo, etc; a la suma de ambas se la conoce como aparente.

Para determinar la potencia real con la que un aparato ejerce su trabajo (iluminación, movimiento, etc.) se utiliza la potencia activa.

cos ϕ . (coseno de ϕ) .- se le llama factor de potencia y es la relación entre la potencia activa y la aparente.

Potencia acumulada/potencial.- Para este proyecto llamo potencia acumulada o potencial a la suma de potencias de un grupo de individuos, o la capacidad de consumo que éstos tuvieran en el caso de que todos se usaran simultáneamente.

Punto eléctrico.- p. eléctricos; son las derivaciones generales que se obtenga de un sistema eléctrico; se los puede dividir por fases , transformadores , medidores, tomacorrientes , etc.

Voltio- Voltaje.- El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente con una intensidad de un amperio utiliza un watt de potencia. El Volt (V) es la unidad de voltaje

En términos generales (en corriente continua),

potencia (W), = Voltaje (V) x Corriente(I)

Homologación, ejemplificación:

Si pudiésemos encontrar un ejemplo figurativo de cada uno de estos términos, podríamos usar como idea la de una cascada de río donde la *corriente* del río se mediría por su caudal (el equivalente a la *intensidad*), mientras que la caída de agua entre dos puntos, es decir la diferencia de altura, es equivalente a la diferencia de potencial, que se mide con el voltaje; y la *potencia* es, esquemáticamente, la energía disponible por unidad de tiempo que resulta de dicho caudal, multiplicado por dicha diferencia de altura (esta potencia permite por ejemplo mover una turbina). Vemos así que un río con poco caudal y con poca caída de agua podría ejercer poca potencia para mover dicha turbina; un río por más que tenga mucha caída de agua (diferencia de potencial o voltaje) pero poco caudal también ejercerá una limitada potencia; o viceversa, un río con mucho caudal pero poca caída de agua ejercerá cierta cantidad limitada de potencia; más, si vemos un río con gran caudal y alta caída, este tendrá la capacidad de generar una gran potencia final para ejercer cualquier trabajo. Así, encontramos una analogía mecánica al cálculo de potencia eléctrica:

Potencia eléctrica = corriente x Voltaje

Potencia hidráulica “=” caudal x caída de agua¹⁶

¹⁶ La fórmula exacta para la potencia hidráulica implica g, que es la aceleración de la gravedad.

Apéndice II

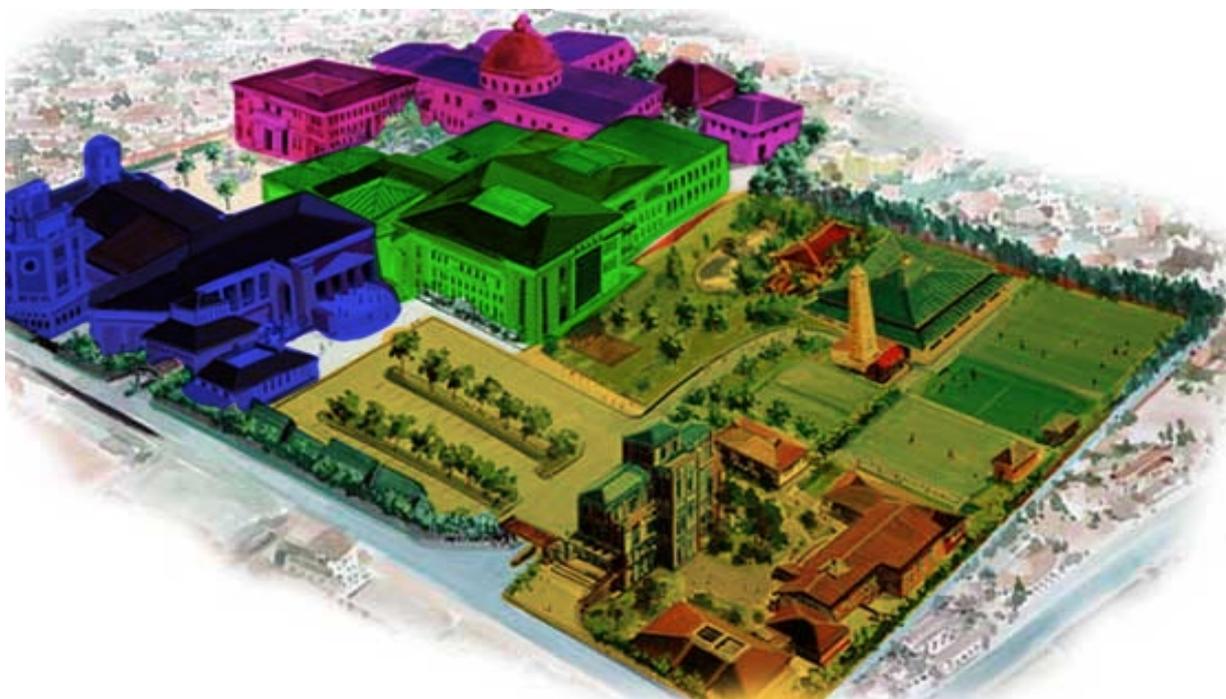
Registro y clasificación, Inventario energético USFQ.- Esta información, por su tamaño, la presento en versión digital (biblioteca USFQ).

Apéndice III

DIVISIÓN DE ÁREAS PARA ESTUDIO ENERGÉTICO-ELÉCTRICO USFQ

Se dividió en 4 secciones:

SECCIÓN A	SECCIÓN B
A1: Ingreso, Bhúo, Parqueadero, Patio, Pileta	B2:Einstein
A2:Bodega, Coliseo, Baños adjuntos, Cancha de Tenis	B3:Newton
A3:Arquitectura, Sócrates, Gym Laotse, Cancha Fútbol	B4:Newton Plaza
A4: Miguel de Santiago, Aristóteles, Sócrates, Lao Tse, Coliseo, obelisco, la Pagoda.	B5: Laboratorios
A5:Lao Tse, Mozart, Coliseo	B6: Laboratorios Química*
SECCIÓN C	SECCIÓN D
C1:Maxwell	D1: Cocina y Restaurantes
C2:Ingeniería de Alimentos; Planta piloto	D2: Epicuro y Laurenier
C3:Da Vinci	D3:Espejo
C4:Odontología	D4: Biblioteca
	D5: Clínica Universitaria



Gráfica de las áreas en el que fue dividido el campus.

Apéndice IV

Encuesta sobre ahorro energético

Edad: Sexo:

1. ¿Ha escuchado del ahorro de energía?

Sí Donde:

No

2. ¿Le parece a Ud. importante el ahorro de Energía?

Sí

No

Más o menos

3. ¿Si respondió Sí, en la anterior pregunta, ¿por qué le parece importante?

4. ¿Sabe ud. como afecta el uso de energía, al medio ambiente?,

- Si, si sé como afecta el uso de energía al medio ambiente.
- Sé que afecta al medio ambiente pero no sé cómo
- No, no sé que afecta al medio ambiente.

5. (Si respondió Sí, en la anterior pregunta) podría explicar -en sus propias palabras- ¿Cómo exactamente es que el consumo de energía eléctrica llega a impactar al medio ambiente?.

p.ej.- "si afecta por el calentamiento global" Pero ¿cómo, o por qué?