

Administración de la Carga y Conservación de Energía de los Consumidores del Sector Comercial

Luis Rafael Pacheco Gavilanes⁽¹⁾,
Cindy Carolina Rodríguez Asqui⁽²⁾,
José Mauricio Soledispa Santana⁽³⁾,
Ph.D. Cristóbal Mera Gencón⁽⁴⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación^{(1) (2) (3) (4)}
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
luirapac@espol.edu.ec⁽¹⁾
cincarod@espol.edu.ec⁽²⁾
jmsoledi@espol.edu.ec⁽³⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Ph.D. en Ingeniería Eléctrica. Profesor de Materia de Graduación⁽⁴⁾
cmera@espol.edu.ec⁽⁴⁾

Resumen

En el presente trabajo se realiza un análisis energético en los abonados comerciales del Parque California y propone diferentes alternativas para reducir el consumo de energía eléctrica, la mayoría de los locales comerciales poseen equipos eléctricos antiguos e ineficientes entre ellos los equipos de climatización y sistemas de iluminación, que sumado a la falta de mantenimiento producen un consumo excesivo de energía eléctrica.

Se empieza analizando el consumo histórico de Guayaquil, la composición de la generación eléctrica del Ecuador y las emisiones de toneladas de CO₂ producto del consumo de energía eléctrica del sector comercial de Guayaquil, para constatar la necesidad de administrar la energía eléctrica. Luego se presenta la información del consumo eléctrico de los diferentes comercios del parque comercial Parque California, dando mayor enfoque a aquellos equipos que representan mayor consumo, los mismos que varían dependiendo de la actividad, producto o servicio de cada comercio, para proponer alternativas que requieren inversión y aquellas que no.

Finalmente se realiza un estudio de rentabilidad para determinar si se justifica invertir en equipos eficientes y se presentan los beneficios energéticos y económicos que se obtendrían.

Palabras Claves: consumo eléctrico, locales comerciales, equipos eficientes, toneladas de CO₂.

Abstract

This paper develops an energy analysis to the commercial area of Parque California and proposes many alternatives in order to reduce the electrical consumption; most shops have old and inefficient electric equipment, such as HVAC systems and lighting systems, which with a lack of maintenance increases energy consumption.

It begins by analyzing the historical consumption of Guayaquil, the structure of the electrical generation of Ecuador and the emissions of tons of CO₂ produced by consumed energy in Guayaquil, to verify the need to manage the demand of electrical energy. Then it presents the information of the electricity consumption of different shops located in Parque California, focusing on those loads which represent a higher consumption and vary depending on the activity, product or service of each shop to propose alternatives that require investment and those which do not require.

Finally a profitability study is done to determine whether is justified to invest in efficient equipment, the energetic and economics benefits that would be obtain are shown.

Keywords: electrical consumption, shops, efficient equipment, tons of CO₂.

1. Introducción

Con la innovación tecnológica y el aumento de la población se incrementa la demanda de energía eléctrica. Para producirla se dispone de muchas fuentes, de las cuales un porcentaje significativo proviene del uso de combustibles fósiles, por lo que se emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero provocando un impacto ambiental negativo.

Los elevados precios del petróleo provocan un nivel alto de incertidumbre para el costo de energía eléctrica a partir de derivados de dicho combustible fósil por lo que se ha desarrollado medidas que comprenden el uso de fuentes renovables y alternativas (hidroeléctricas, solar, eólica, geotérmica, etc.) y el uso eficiente de la energía.

De tal manera que el uso eficiente de la energía provee, además ahorros monetarios, beneficios al medioambiente, al contribuir con la mitigación de emisiones de gases nocivos a la atmósfera.

2. Generalidades de la ciudad de Guayaquil

Para el 2011 el número de clientes comerciales en la ciudad de Guayaquil fue de 71.739 consumiendo una cantidad de 949,94 GWh lo que representa el 23,3% de la energía total consumida en la ciudad para el año mencionado y representando el 30,65% del total del consumo del sector comercial a nivel nacional. [1]

La distribución de abonados por grupo de consumo de la ciudad de Guayaquil al año 2011 se presenta en la tabla 1.

Tabla 1: Distribución de abonados de Guayaquil al año 2011

Tipo	Número De Abonados	Energía Consumida (GWh)
Residencial	523.337	1.166,45
Comercial	71.739	949,94
Industrial	2.847	1.507,21
Otros	2.612	453,09
Total	600.535	4.076,69

Debido a la actividad económica que se desarrolla en la ciudad de Guayaquil, los abonados comerciales y la energía eléctrica consumida por este sector está en constante crecimiento.

Tabla 2: Proyección estimada de la demanda de Sector comercial de Guayaquil [2]

Año	Abonados	Ventas (MWh)	Año proyección
2006	57348	748260	1
2007	58439	756097	2
2008	61364	801453	3
2009	64798	833503	4
2010	68206	886491	5
2011	71739	949940	6
2012	78401	1023657	7
2013	84514	1108530	8
2014	91361	1204401	9
2015	98943	1311270	10

Como se ve en la tabla 1 el consumo de Energía del sector comercial es de 949,94 GWh, y el factor de emisión de CO₂ al año 2011 para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es 0,5669 tonCO₂/MWh. Multiplicando estos valores obtenemos las emisiones de CO₂ por parte del sector comercial de Guayaquil al año 2011:

$$emisiones_{CO_2} = 566,9 * 949,94$$

$$emisiones_{CO_2} = 538,52 \text{ mil toneladas de CO}_2$$

Siguiendo el mismo procedimiento conseguimos que las emisiones producto de la operación de centrales térmicas del Sistema Nacional Interconectado son 3.426,42 mil toneladas de CO₂, provenientes del consumo de 6044,13 GWh a nivel nacional durante el 2011.

3. Análisis del Problema

Se realiza un enfoque en los locales comerciales dentro del Parque California situado en la Vía Daule de la ciudad de Guayaquil, censando los locales para conocer a detalle cómo se usa la energía, para lo cual agrupamos los locales de acuerdo al producto que comercializan:

- Grandes Tiendas.
- Ropa y Calzado.
- Tiendas de Electrodomésticos.
- Restaurantes.
- Locales Varios (librerías, farmacias, bazares).

El objetivo de esta clasificación es el de poder representar de una mejor manera el consumo de los distintos equipos que estos clientes poseen, para cada caso se subdivide en tres tipos de equipos consumidores de energía, que son:

- Iluminación
- Compresores (sistema de acondicionamiento central)

- Otros (computadoras, ventiladores, cortinas de aire, sistema de refrigeración)

3.1. Uso de la energía en los subtipos de tiendas

Luego de realizar el censo se determinó el porcentaje de consumo que cada equipo contribuye a la demanda total de los locales.

Tabla 3: Distribución del uso de la energía eléctrica en los subtipos de tiendas censados.

	G.T.*	R.C.*	T.E.*	R.*	L.V.*
Iluminación	20%	55%	41%	8%	65%
Compresores	42%	26%	20%	31%	17%
Otros	38%	19%	39%	61%	18%
Potencia Promedio (kW)	35	10,24	20,57	8,8	5,99

* G.T. Grandes Tiendas

R.C. Ropa y Calzado

T.E. Tienda Electrodoméstico

R. Restaurantes

L.V. Locales Varios

En cada subtipo de tienda se obtuvo información suficiente para determinar las características en las que se encuentran funcionando los distintos grupos de consumo de energía.

3.1.1. En iluminación

- Se utilizan en su mayoría tubos fluorescentes de alto consumo.
- Se evidencia falta de mantenimiento en el sistema de Iluminación.
- Se mantienen encendidas las lámparas durante horas de descanso del personal o periodos no productivos.
- Se mantienen encendidas las lámparas en las zonas de almacenes sin personal en el interior.
- Se sobre ilumina innecesariamente algunas áreas.
- Se encienden todas las lámparas para efectuar tareas de mantenimiento o limpieza en horarios no productivos.
- No se retiran las lámparas quemadas o defectuosas.

3.1.2. En Climatización

- No se controla la operación de los equipos de climatización durante horas de poca afluencia de personas.
- No se controlan infiltraciones a los ambientes acondicionados.
- Se ubican los equipos de climatización en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol.

3.1.3. En otros equipos

Se cuenta con planes de mantenimiento cada 6 meses.

- Se utilizan computadoras, ventiladores, cortinas de aire, equipos de sonidos, electrodomésticos dirigidos a ventas, los cuales están encendidos toda la jornada laboral.
- No se controla la máxima demanda en horas pico.
- Se utilizan conductores con muchos años de uso que presentan recalentamiento, pérdidas de aislamiento y por ende fugas de corriente.
- No se controla la calidad de la energía en la planta.
- Se mantienen equipos obsoletos que ocasionan gran consumo de energía.

4. Solución Energética

Con los datos del censo se identificaron los principales equipos de consumo que se tienen en el sector comercial, recordando la clasificación realizada para el estudio en iluminación, acondicionamiento de aire, y en otros, se observó que existen fuentes potenciales de ahorro de energía eléctrica.

4.1. Propuestas para reducir el consumo eléctrico de los locales comerciales

4.1.1. Acciones con poca o ninguna inversión

• Iluminación

- Es recomendable pintar de color claro las paredes y techos en las áreas de trabajo, así como tener mobiliario de color claro.
- Aprovechar y utilizar la luz natural.
- Controlar las horas de uso de los equipos consumidores de energía, en particular en horas picos.
- Apagar las lámparas donde no sea necesario utilizarlas y en iluminación en exterior utilizar el mínimo requerido.
- Cumplir con los estándares de iluminación dados en la Norma NEC-10, con esto se evita sobre iluminar ciertas áreas innecesariamente.
- Separe los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.

• Climatización

- Controlar la temperatura requerida por la carga.
- Verificar que no existan infiltraciones en los ambientes climatizados.
- Cuando se remodela o en nuevas construcciones evitar sobredimensionar los equipos de enfriamiento.

4.1.2. Acciones con una fuerte inversión.

Esta propuesta se basa en el cambio de equipos ineficientes por equipos con eficiencia certificada.

• Iluminación

En el mercado hay una gran variedad de tipos de lámparas y focos, para nuestro análisis nos enfocamos en cuatro tipos de lámparas que por sus características de consumo son consideradas eficientes: tubo fluorescente T-5, tubo fluorescente T-8, lámparas fluorescentes compactas (LFC) y focos led.

○ Cálculo de número de luminarias a utilizar

Nos basamos en la norma ecuatoriana de construcción NEC-10 parte 9-1 en la sección 11.2 “Iluminación y tomacorrientes en locales comerciales e industriales” en el literal 11.2.2 establece los valores recomendados de iluminancia que se muestran en la Tabla 4 [4].

Tabla 4: Luxes recomendados de acuerdo a NEC-10

Tipo de local	Nivel de iluminación recomendado
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación	50 luxes
Escaleras	100 luxes
Parqueaderos cubiertos	30 luxes

Se utilizó los datos de la Tabla 4, junto con las dimensiones del local mostradas en la Tabla 5, y coeficientes de reflexión de techo y paredes de 50% y 30% respectivamente. Se aplicó el método de los lúmenes [5] para calcular el número de lámparas a utilizar para los distintos tipos de locales.

El número de luminarias a utilizar por tipo de local se muestra en la tabla 6.

Tabla 5: Dimensiones de los locales censados.

Tipo de local	Dimensiones del local (metros)		
	Ancho	Longitud	Altura óptima
R.C.	6	22,4	3,32
T.E.	18	22,4	3,32
G.T.	18	22,4	3,32
R.	6	12,5	3,32
L.V.	6	22,4	3,32

Tabla 6: Número de luminarias por local.

	Tubo fluorescente T-5	Tubo fluorescente T-8	LFC	Led
R.C.	70	50	55	204
T.E.	208	148	202	611
G.T.	208	148	202	611
R.	39	27	31	114
L.V.	70	50	55	204

• Climatización

○ Factor de Eficiencia de Energía Ambiental (SEER)

Indica cuan eficiente es un equipo para refrigerar (energía que utiliza para refrigerar en BTU-h) en relación a la energía consumida durante un período de tiempo. Cuanto mayor sea el SEER más eficiente es la unidad.

$$SEER = \text{BTU(h)} / \text{Watt(h)}$$

○ Dimensionamiento del Acondicionador de aire

Para el correcto dimensionamiento del sistema de climatización se debe tomar en cuenta [6]:

- Tamaño de local
- Carga de enfriamiento
 - Conducción a través de estructuras exteriores: paredes, techo y vidrio
 - Conducción a través de divisiones internas: cielos rasos y pisos
 - Radiación solar a través de vidrios
 - Iluminación
 - Personas
 - Equipos
 - Infiltración del aire exterior por aberturas

5. Análisis de resultados

Se realizó el análisis económico para un local comercial típico del parque California. Para cada alternativa propuesta se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Periodo de 3 años e inflación del 4,88%.
- Tarifa de 0,0785 USD/kWh.
- Costo unitario de mano de obra \$2.
- Costo unitario de balastro \$4.
- Costo unitario de balastro para dos tubos \$6.

5.1. Análisis económico para luminarias

Una vez hallado el número apropiado de luminarias para cada local cumpliendo con los niveles de iluminación dados en la norma NEC-10 se procede a realizar el cálculo de rentabilidad, el mismo que se compone de: Inversión, costo y beneficios, tal y como se presenta en la Tabla 8 b).

La inversión resulta del total de luminarias a instalarse por el precio unitario de dicha luminaria.

Los costos resulta de la suma de: Costos de mano de obra, costos del balastro, costos de mantenimiento.

5.1.1. Costo de mano de obra. Es el costo de instalar las luminarias más el costo de instalar sus respectivos balastos. Ejemplo para 50 luminarias T-8 en Ropa y calzado.

$$\text{costo mano de obra} = 2 * 50 + 2 * 50 = \$200$$

5.1.2. Costo del balastro. Este costo resulta de la cantidad de balastos a instalarse por el precio unitario del balastro. Ejemplo para 50 luminarias T-8 en Ropa y calzado.

$$\text{costo del balastro} = 4 * 50 = \$200$$

5.1.3. Costo de mantenimiento. Este costo es considerado de acuerdo a un plan de mantenimiento, tiene un valor referencial de \$50 y se lo considera después del primer año del proyecto.

El costo total afectado por la inflación del 4.88% para las 50 luminarias T-8 en Ropa y calzado que se utiliza en la Tabla 8 b), es:

$$\text{costo total} = (200 + 200) * 1,0488 = \$419,5$$

Los beneficios se dan por el valor en dólares que se deja de pagar en la factura eléctrica debido al ahorro durante un año de consumo de energía eléctrica, valor que se obtiene de la diferencia entre el consumo diario con las luminarias instaladas de los locales comerciales (Tabla 7) menos el consumo de energía de las luminarias propuestas como alternativas por 365 días.

Tabla 7: Consumo diario en iluminación de un local comercial para cada subtipo de tienda.

Tiendas	kWh diario
R.C.	40,32
T.E.	115,73
G.T.	110,21
L.V.	65,18
R.	11,52

En la Tabla 7 se presenta el valor del kWh diario para un local comercial en cada subtipo de tienda, para cada alternativa propuesta se va a determinar el ahorro del kWh anual y en dólares. Se muestra un ejemplo para Ropa y Calzado considerando 365 días en un año y una tarifa de 0,0785 USD/kWh, los demás subtipos de tiendas utilizan el mismo procedimiento.

Ahorro kWh anual

$$= (40,32 - 50 * 0,032 * 12) * 365$$

$$= 7708,8 \text{ kWh}$$

$$\text{Beneficio anual} = 7708,8 * 0,0785 = \$605,14$$

Desde la Tabla 8 hasta la Tabla 12 se muestran los resultados de ahorro de energía anuales y los beneficios en dólares, de cada alternativa propuesta y para cada subtipo de tienda. Para esto se utiliza la cantidad de luminarias determinadas en la Tabla 6.

Tabla 8: Ropa y Calzado: a) Ahorro en kWh con las alternativas propuestas b) Datos para análisis de rentabilidad.

a)

Luminaria	Cantidad	W/Lum	Ahorro kWh anual
T-8	50	32	7.708,8
T-5	70	28	6.132
LFC	55	42	4.599
LED	204	6	9.355,6

b)

	Inversión	Costo	Beneficios
Luminaria	USD		
T-8	79,5	419,52	605,14
T-5	109,2	587,33	481,36
LFC	1311,8	115,4	361,02
LED	5051	427,9	734,42

Tabla 9: Electrodomésticos: a) Ahorro en kWh con las alternativas propuestas b) Datos para análisis de rentabilidad.

a)

Luminaria	Cantidad	W/Lum	Ahorro kWh anual
T-8	148	32	21.497,04
T-5	208	28	16.731,6
LFC	202	42	5.080,8
LED	611	6	26.183,64

b)

	Inversión	Costo	Beneficios
Luminaria	USD		
T-8	235,3	729,96	1687,52
T-5	305,8	1023,6	1313,43
LFC	4817,7	423,7	398,84
LED	15128,4	1281,6	2055,42

Tabla 10: Grandes Tiendas: a) Ahorro en kWh con las alternativas propuestas b) Datos para análisis de rentabilidad.

a)

Luminaria	Cantidad	W/Lum	Ahorro kWh anual
T-8	148	32	19.482,24
T-5	208	28	14.716,8
LFC	202	42	3.066
LED	611	6	24.168,84

b)

	Inversión	Costo	Beneficios
Luminaria	USD		
T-8	235,3	730	1529,36
T-5	305,8	1023,6	1155,27
LFC	4817,7	423,7	240,68
LED	15128,4	1281,6	1897,25

Tabla 11: Locales Varios: a) Ahorro en kWh con las alternativas propuestas b) Datos para análisis de rentabilidad.

a)

Luminaria	Cantidad	W/Lum	Ahorro kWh anual
T-8	50	32	16.784,16
T-5	39	28	19.009,2
LFC	31	42	18.089,4
LED	114	6	20.796,24

b)

	Inversión	Costo	Beneficios
Luminaria	USD		
T-8	79,5	419,5	1317,56
T-5	102,9	327,2	1492,22
LFC	1311,7	65	1420,02
LED	5051	239,1	1632,5

Tabla 12: Restaurantes: a) Ahorro en kWh con las alternativas propuestas b) Datos para análisis de rentabilidad.

a)

Luminaria	Cantidad	W/Lum	Ahorro kWh anual
T-8	27	32	420,48
T-5	39	28	(578,16)*
LFC	31	42	(1.497,96)*
LED	114	6	1.208,88

* Estos valores expresan que con los cambios propuestos no se disminuye el kWh consumido por tanto no se ahorra.

b)

	Inversión	Costo	Beneficios
Luminaria	USD		
T-8	42,9	226,5	33,01
LED	2866,6	239,1	94,9

Una vez obtenidos los parámetros de inversión, costo y beneficios, de todos los subtipos de tienda y para cada alternativa propuesta, se realiza un estudio de rentabilidad en donde podremos determinar cuál de los proyectos propuestos tiene el mejor retorno de inversión.

5.2. Cálculo del Valor Presente Neto

Se calcula el VPN para un período de 3 años para todas las alternativas y se selecciona el proyecto más

rentable. Se considera una inflación de 4.88% para los beneficios y los gastos de mantenimiento, estos gastos están considerados en los costos. El flujo de dinero total resulta de restar el dinero que sale es decir inversión más los costos, menos el dinero que entra es decir los beneficios.

Luego se aplica la fórmula de valor presente menos el capital del año cero, a manera de ejemplo se detalla el valor calculado para la luminaria T-8 en ropa y calzado.

Tabla 13: Cálculo de rentabilidad para local de Ropa y Calzado

No.	INVERSION SIN IVA (USD) (1)	COSTOS (USD) (2)	BENEFICIOS (USD) (3)	TOTAL (USD) (3)-(2)
0	79,5	419,52	0,00	-499,02
1		52,44	634,67	582,23
2		55,0	665,64	610,64
3		57,68	698,13	640,44
			VPN	963,49

$$VPN = \frac{582,23}{(1 + 0,12)} + \frac{610,64}{(1 + 0,12)^2} + \frac{640,44}{(1 + 0,12)^3} - 499,02 = 963,49 \text{ USD}$$

Se escoge el proyecto más rentable a partir del mayor valor del VPN, en la Tabla 14 se detalla el valor presente en dólares que se esperaría tener para cada alternativa de reemplazo propuesto.

Tabla 14: Valor presente neto para las alternativas de luminarias propuestas.

	R.C.	T.E.	G.T.	R.	L.V.
Luminaria	VPN (USD)				
T-8	963,49	3.348,72	2.932,05	-314,24	2.840,33
T-5	464,5	2.053,5	1.636,83	-	3.387,69
LFC	-607,74	-4.322,4	-4.739,07	-	2.232,51
LED	-1.746,52	-5.611	-6.027,68	-1.807	808,25

El proyecto más rentable para el tipo de tienda de ropa y calzado, para los electrodomésticos y para las grandes tiendas resulta al cambiar las luminarias por los tubos fluorescentes T-8.

Para locales varios el proyecto más rentable es cambiar por tubos fluorescentes eficientes T-5 que son más caros que los tubos T-8, esto se debe a que la iluminación representa el mayor consumo de energía abarcando el 65% de la energía consumida del local, la cantidad de dinero que se ahorra debido al consumo de las luminarias eficientes es mucho mayor al valor que se cancela por la compra de estas luminarias.

5.3. Cálculos del análisis económico de acondicionadores de aire

De las visitas a los locales censados se observó que utilizan sistemas de acondicionamiento tipo central, con la diferencia que dependiendo de las dimensiones del local usaban más o menos unidades, todas de 60000 BTU.

Se propone la sustitución de acondicionadores de aire por sistemas más eficientes se consideró un acondicionador de aire de SEER 13 que con las dimensiones del local se abastece de 60000 BTU, con una inversión de \$2.839.

Para determinar el beneficio económico se considera que los sistemas actuales de acondicionamiento de aire son de SEER 7,5, con esto obtenemos la disminución del kWh diario recordemos que consideramos un día 12 horas y 365 días el año y una tarifa de 0,0785 USD/kWh.

Tabla 15: Beneficio anual de Acondicionador de Aire.

Consumo kW del A/A SEER 13	Consumo kW del A/A SEER 7,5	Disminución kWh diario	Beneficio anual USD
4,6154	8	40,6152	1164

Se tiene un beneficio de 1164 USD, un costo de instalación de 1500 USD y de mantenimiento de 50 USD.

Realizando el mismo procedimiento que para las luminarias se obtiene un valor presente para la alternativa de acondicionador de aire de 9,63 USD.

5.4. Ahorro de energía en el Parque California

Se calculó el proyecto más rentable para iluminación en cada subtipo de tiendas y se concluyó que si es rentable cambiar por acondicionadores de aire eficientes. Esto se determinó para un solo local comercial, en esta sección se propone un cálculo en donde se establecen los ahorros en dólares y en MWh de manera general para todas las tiendas censadas.

Se considera que todos los locales de acuerdo al subtipo de tienda tienen el mismo potencial de ahorro, por tanto los cálculos que realizamos para un solo local son representativos del grupo del subtipo de tienda al que pertenecen.

Es importante recalcar, respecto a iluminación se van a utilizar los datos de la alternativa que ofrece la mejor rentabilidad. En la tabla 16 se muestra el número de locales comerciales que fueron censados.

Tabla 16: Locales censados en Parque California.

Tipo de Local	Número de Locales Parque California
R.C.	8
T.E.	13
G.T.	23
L.V.	9
R.	3
Total	36

Se determina el ahorro de energía anual en MWh que lograrían todos locales comerciales en un subtipo de tienda, para esto se utiliza el valor de la energía que se ahorra por el cambio de luminaria y por el sistema de acondicionamiento de aire propuesto.

Debido a que no todos los locales censados cuentan con un sistema de acondicionamiento de aire es necesario utilizar un factor que represente a la cantidad de locales que sí utilizan acondicionador de aire.

Este factor se multiplica por la energía que se ahorra al cambiar por el acondicionador de aire eficiente. Para determinar el ahorro en MWh, a manera de ejemplo se detalla el cálculo para ropa y calzado.

$$\text{Ahorro en } \frac{\text{MWh}}{\text{anual}} = \frac{(7708,8 + 14825 * 0,5) * 8}{1000} = 120,97$$

Se aprecia que:

- 7.708,8 son los kWh ahorrados en iluminación (Tabla 17).
- 14.825 son los kWh ahorrados en acondicionador de aire (Tabla 17).
- 0,5 factor que representa que la mitad de las tiendas censadas para este subtipo de tienda posee sistema de acondicionador de aire (Tabla 17).
- 8 representa el número total de locales para este subtipo de tienda, como se muestra en la Tabla 16.

En la Tabla 17 se muestra el ahorro de energía anual en MWh que se obtuvo con el cálculo propuesto.

Tabla 17: Ahorros en MWh obtenidos en Parque California

	Disminución de consumo iluminación (kWh)	Disminución de consumo AA (kWh)	Porcentaje de locales con AA	Ahorro en MWh/ Anual
R.C.	7.708,8	14.825	50%	120,97
T.E.	21.497,04	14.825	36%	348,28
G.T.	19.482,24	14.825	100%	102,92
L.V.	19.009,2	14.825	33%	215,55
R.	-	14.825	100%	44,47
			TOTAL	832,2

Para obtener los dólares que se ahorran al aplicar este proyecto se debe de analizar los ahorros obtenidos para un período de 3 años, tal y como se realizó para el análisis de rentabilidad realizado en la sección anterior, esta se compone de ahorro, costo y beneficio.

El costo de inversión Luminaria resulta de la suma de la inversión de luminaria más el costo de instalación de la alternativa más rentable, estos valores se los obtiene desde la Tabla 8 hasta la Tabla 12.

Asimismo se suma el costo de adquisición más el costo de instalación de los acondicionadores de aire, que se especifica en la sección 5.3, este valor se multiplica por el porcentaje de locales con acondicionamiento de aire dados en la Tabla 17.

Se suman los costos de luminaria y acondicionador de aire y se multiplica por el número de locales dados en la Tabla 16. El resultado es el costo de inversión para todos los locales por cada subtipo de tienda.

A manera de ejemplo se muestra el cálculo para ropa y calzado.

$$\text{Costo de inver. luminaria} = 79,5 + 419,52 = 499,02$$

$$\text{Costo de inver. AA} = (2,839 + 1500) * 0,5 = 2169,5$$

$$\text{Costo de inver. TOTAL} (499,02 + 2169,5) * 8 = 21348,16$$

El ahorro en USD/anual se lo obtiene del producto de la tarifa eléctrica de 0,0785 USD/kWh por el ahorro en MWh anual de la Tabla 17, realizando el respectivo cambio de unidades para efectuar el cálculo.

Tabla 18: Costos de inversión.

	Costo por local		Costo de Inversión para todos los locales (USD)
	Costo de Inversión Luminaria (USD)	Costo de Inversión AA (USD)	
R.C.	499,02	2.169,50	21.348,16
T.E.	965,28	1.549,46	32.691,64
G.T.	931,3	4.339,00	15.912,85
L.V.	430,13	1.446,19	16.886,83
R.	-	4.339,0	13.017,00

Se calcula el valor presente neto para un período de 3 años con una tasa de interés del 12%, con los costos de inversión dados en la Tabla 18 y un valor de salvataje del acondicionador de aire de 1.987,3 USD para el año tres multiplicado por el número de tiendas que realizan el cambio y por el porcentaje de tiendas con acondicionador de aire para cada subtipo de tienda, este valor se considera para todos los subtipos de tienda.

Tabla 19: Ahorros en USD obtenidos en Parque California.

	Ahorro en USD/anual	Costo de Inversión	Ahorro Total en USD para 3 Años
R.C.	9.496,06	21.348,16	7.117,85
T.E.	27.340,12	32.691,64	39.541,35
G.T.	8.079,26	15.912,85	7.735,74
L.V.	16.920,85	16.886,83	28.162,13**
R.	3.491,20	13.017,00	-388,17*
		TOTAL	82.168,89

** Se considera un valor de salvataje de 231,53 USD al año 3 debido al uso de luminarias T-5.

* El valor negativo indica que para un período de 3 años la inversión realizada para los restaurantes aún no retorna.

De la Tabla 19 es de observar que en restaurantes el tiempo de análisis de 3 años es muy corto debido a la poca cantidad de locales presentes en el censo, por tanto la inversión realizada aún no tiene retorno, pero de manera general el Parque California se vería beneficiado si se aplican los cambios propuestos.

El consumo actual de energía anual del Parque California es de 2.378,25 MWh teniendo una facturación de 186.692,5 USD anuales, con los cambios propuestos se espera tener un ahorro de consumo de energía de 832,2 MWh anuales.

Para un período de tres años con el proyecto propuesto se espera tener un ahorro en la facturación a tres años de 82.168,89 USD los que representa el 14,67% de lo que facturaría el Parque California en tres años por consumo de energía eléctrica.

5.5. Ahorro de toneladas de CO₂ en Parque California

El factor de emisión de CO₂ del sistema nacional interconectado al año 2011 para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es 0,5669 tonCO₂/MWh.

Se obtienen las toneladas de CO₂ multiplicando el factor de emisión por el valor de energía ahorrado de 832,2 MWh. Da como resultado un total de 471,77 toneladas de CO₂ que no se expulsarían a la atmósfera si se realizan los cambios propuestos.

5.6. Remuneración por bonos verdes

Asumiendo el valor de 4 € que son 5,38 USD como valor remuneración para cada tonelada de dióxido de carbono [7] que se deja de emitir por el sector comercial, se obtendrá un valor de 2.538,12 USD/anual.

6. Conclusiones

- Un local de Ropa y calzado ahorrará 7.708,8 kWh anuales, si realiza el cambio propuesto por luminarias T-8, obteniendo un beneficio de 963,49 USD en los tres primeros años luego de realizar el cambio.
- Si se realiza el cambio por luminarias T-8 para un local de Electrodomésticos tendrá un ahorro de 19.482,24 kWh anuales, con un beneficio de 3.348,72 USD en los tres primeros años luego de realizar el cambio.
- Un local de Grandes Tiendas ahorrará 19.482,24 kWh anuales si realizara el cambio por luminarias T8, obteniendo un beneficio de 2.932,05 USD en los tres primeros años.
- Una tienda en Locales Varios tendría un ahorro de 16.784,16 kWh anuales y un beneficio de 3.387,69 USD en los tres primeros años si cambia el sistema de iluminación por luminarias T5.
- Luego de realizar el cálculo de rentabilidad se determinó que los locales del Parque California ahorrarán 832,2 MWh anuales siempre y cuando todos los locales realicen el cambio de iluminación y sustitución del acondicionador de aire propuesto, esto representa un ahorro del 34,99% del total del consumo durante un año de energía eléctrica.
- Para el proyecto propuesto aplicado a los locales del Parque California se espera tener en un período de tres años un ahorro de 82.168,89 USD, este valor representa un ahorro del 14,67% del valor

total que se pagaría durante este tiempo por consumo de energía eléctrica.

- Aplicando las alternativas propuestas a los locales del Parque California se consigue un ahorro de 471,77 toneladas de CO₂ que se dejarían de emitir a la atmósfera en beneficio del medio ambiente.
- Por concepto de remuneración por bonos verdes al implementar el proyecto propuesto se tendría un valor de 2.538,12 USD si proyectos de este tipo se considerasen dentro de los MDL.

7. Recomendaciones

- Utilizar color claro en las paredes, utilizar difusores que proyecten la luz de forma directa y determinar por medio del método de los lúmenes el número de luminarias.
- Ubicar varios interruptores para el encendido y apagado de las luminarias, de tal manera de evitar el encendido innecesario cuando es posible aprovechar la luz natural.
- Dimensionar correctamente los disyuntores y renovar el cableado antiguo para disminuir el riesgo a cortocircuito e incendios. Realizar un balance de carga de los establecimientos.
- Disponer de un plan de mantenimiento en luminarias y equipos de acondicionamiento de aire.
- Mantener correctamente aislado el local de fuentes de calor como cocinas en el caso de restaurantes y de partes que no se necesita que estén climatizadas como las bodegas.

8. Referencias

- [1] Empresa Eléctrica de Guayaquil, Plan Estratégico 2010-2014 de la Unidad Eléctrica de Guayaquil, 2010.
- [2] Empresa Eléctrica de Guayaquil, Consumo de Energía en locales comerciales de Guayaquil, 2012.
- [3] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2012-2020, 2011.
- [4] MIDUVI, Norma Ecuatoriana de Construcción "Instalaciones Eléctricas de bajo voltaje", 2008. Disponible en: <http://www.cicp-ec.com>
- [5] J. García Fernández - Oriol Boix, Luminotecnia aplicada a interiores y exteriores, 2008.
- [6] Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas, 1994.
- [7] Asociación Chilena de Energía Renovable (ACERA), Precio de bonos de carbono, 2012. Disponible en: <http://www.acera.cl/>