



Universidad Nacional de Colombia- Departamento de Física



**CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA
FINAL EN LOS SECTORES TERCIARIO, GRANDES
ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES, CENTROS
COMERCIALES
Y
DETERMINACIÓN DE CONSUMOS PARA SUS
RESPECTIVOS EQUIPOS DE USO DE ENERGÍA
FINAL**

**INFORME FINAL
Resumen Ejecutivo**

Presentado a:

UPME

Por:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento de Física**

Bogotá, Abril 2 de 2007



0. RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes

Con el fin de mejorar las proyecciones de demanda en los sectores Terciario Grandes Establecimientos Comerciales y Centros Comerciales así como para desarrollar un programa efectivo de Uso Racional y Eficiente de la Energía en estos sectores, es necesario realizar una investigación que capture los aspectos más importantes, tanto físicos como culturales, que influyen en el consumo energético de este tipo de usuarios. La información del estudio debe contribuir a lograr una mejor proyección sectorial de la demanda y una afinación de las estrategias de Uso Racional y Eficiente de la Energía en los sectores Terciario y Grandes Establecimientos Comerciales y Centros Comerciales.

Objetivos del estudio

El objetivo general del estudio es caracterizar el consumo final de energía en los sectores Terciario¹, Grandes Establecimientos Comerciales y negocios ubicados en Centros Comerciales y determinar el consumo específico de energía de los principales equipos empleados por usuarios de estos sectores. Específicamente:

1. Realizar una investigación con base en información secundaria sobre el consumo de energía final (electricidad, derivados, gas natural, etc.) en el sector terciario con el fin de caracterizar el consumo final de energía del sector terciario según subsectores² o ramas de actividad
2. Realizar encuestas y visitas técnicas en Bogotá, Medellín y Barranquilla con el fin de caracterizar el consumo final de energía en los sectores Terciario, Grandes Establecimientos Comerciales y negocios ubicados en Centros Comerciales, según pisos térmicos.
3. En cada una de las ciudades encuestadas, identificar si los hábitos de operación y el equipamiento empleado inciden en el consumo final de energías.
4. Determinar, mediante mediciones realizadas en campo los consumos específicos de energía final de los equipos empleados para satisfacer las necesidades energéticas del Sector terciario, Grandes Establecimientos Comerciales y negocios ubicados en Centros Comerciales.

Metodología

Aspectos Generales

Para el presente estudio el sector terciario esta constituido por los subsectores listados en la siguiente tabla con sus respectivos tipos de establecimiento.

¹ Salud: hospitales, centros de salud. Hospedaje y Recreación: hoteles, moteles. Servicios: bomberos, estaciones de servicio. Educación: colegios, universidades. Seguridad: batallones, estaciones de policía. Financiero: bancos.



Subsectores	Establecimiento
Salud:	Hospitales
	Centros de salud
Hospedaje y recreación:	Hoteles
	Moteles
Servicios:	Bomberos
	Estaciones de servicio
Educación:	Colegios
	Universidades
Seguridad:	Batallones
	Estaciones de policía
Financiero:	Bancos
Centros Comerciales	
Grandes Establecimientos	

Por caracterización se entiende la descripción de las características principales del consumo de energía final, las cuales son:

- Promedio anual de la energía consumida mensualmente (kWh/mes, m³ gas / mes)
- Consumo de energía por uso final de la energía (o servicio prestado)
- Equipos empleados para los diferentes servicios (tipo, cantidad, potencia, tiempo de uso)
- Indicadores de densidad de consumo de energía (eléctrica y gas natural/GLP), densidad de potencia eléctrica para iluminación e indicadores de consumo específico por servicio prestado.
- Curva de carga eléctrica de los establecimientos estudiados para conocer su comportamiento diario o el impacto que puedan tener por ejemplo, factores tales como la estacionalidad.

Los usos finales de la energía considerados en el presente estudio son:

ELECTRICIDAD	GAS NATURAL O GLP
• Iluminación (I) • Fuerza (F) (ascensores, escaleras eléctricas, motobombas, bombas eléctricas de calderas, compresores, extractores de aire, ventiladores) • Refrigeración (R) • Aire Acondicionado (AA) • Otros Equipos (OE) (los demás equipos como hornos microondas, estufas, equipo de laboratorio, equipo médico, equipo de oficina)	• Cocción de alimentos (CA) • Calderas (CAL) (calentamiento de agua, marmitas, lavandería, esterilización de ropa y equipo médico) • Otros (O)

Aspectos Estadísticos

Para la caracterización del consumo de energía en el sector terciario se propuso una extensión de la metodología realizada en el sector residencial por el mismo grupo de consultores, utilizando equipo de medición del consumo energético del parque de equipos eléctricos y a gas instalados en los establecimientos del sector terciario. Se optó por



continuar esta metodología y realizar mediciones en unos pocos establecimientos representativos de cada subsector a cambio de realizar una encuesta indirecta preguntando por los consumos de los aparatos instalados. La experiencia en la investigación realizada en el sector residencial muestra que las estimaciones son más confiables y más precisas, aunque consumen más tiempo por cuanto para cada aparato debe ser medido su consumo en intervalos de 1 a 3 días y emplea personal técnico especializado en la instalación y manejo de los instrumentos de medición. Claramente, se sacrifica la cantidad de encuestas mediante entrevistas a cambio de unas pocas mediciones de mayor precisión. Por otra parte, si se tiene en cuenta que los establecimientos de un mismo subsector, en general tienen el mismo equipamiento, salvo diferencias tecnológicas por el modelo, el levantamiento de información mediante entrevista no aporta mayor valor agregado para la estimación de consumos por el solo hecho de tratarse de un número de encuestas grande. Estos resultados, basados en medición directa en los equipos, arrojan, en general, una estimación buena de los consumos específicos y los resultados son representativos de establecimientos típicos del sector.

Así las cosas, la consultoría tuvo en consideración la siguiente metodología:

- Tomó en cada subsector y por ciudad de encuesta, una muestra de establecimientos representativos del sector, es decir, centros comerciales con equipamiento intensivo en uso de energéticos (ascensores, ventilación, escaleras eléctricas, aire acondicionado etc), hospitales de III y IV nivel donde igualmente existen equipos de complejidad para su funcionamiento (como lavandería, ascensores, calderas, etc.)
- Realizó para cada establecimiento seleccionado un inventario del parque energético, lo clasificó en los usos definidos antes y les midió los consumos individuales durante un tiempo que varía entre 1 y 3 días. El consumo agregado del parque comparado con los consumos facturados por la empresa de energía permiten estimar la participación de los consumos específicos respecto del total.

Indicadores

Los indicadores de eficiencia energética cumplen una variedad de funciones que van desde el monitoreo de la eficiencia energética, el análisis y la evaluación de políticas energéticas hasta la valoración de nuevas tecnologías. Sin embargo la utilidad y efectividad de cuales indicadores se deben emplear o usar, está sujeto a un número de especificaciones y limitaciones principalmente originadas en la disponibilidad y calidad de la información. En este estudio se definieron varios indicadores para consumo de energía eléctrica y para consumo de gas natural o GLP.

Caracterización a partir de información secundaria

Del análisis de la información sobre los consumos finales según facturación de las empresas comercializadoras de energía eléctrica y gas natural a los establecimientos pertenecientes o catalogados en los subsectores del sector terciario en las ciudades de interés (CODENSA, GAS NATURAL, EPM, PROMIGAS) y de información de la CREG SUPERSERVICIOS, UPME y XM para el año 2006, se consiguieron los siguientes resultados:



	Electricidad (GWh/año) 2006	Gas Natural (GWhe/año) 2006	GLP (GWhe/año) 2006
País	52,150	16,861	8582
Bogotá	11,536	5,914	792
Medellín	3,391	696	562
Barranquilla	2,035	1,311	5.9
Fuente: CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN EL SECTOR TERCIARIO UPME-UNIVERSIDAD NACIONAL 2007			

La tabla muestra el consumo anual de energía por energético en el país y en cada una de las ciudades estudiadas. Se consideran los tres energéticos más usados en el sector terciario: electricidad, gas natural y GLP, en donde los consumos de los gases se han convertido a GWh equivalentes usando el poder calorífico del respectivo gas. A nivel nacional el sector terciario demanda el 26% del total de energía eléctrica. La importancia del sector en el consumo total de energía eléctrica en las tres ciudades estudiadas es bastante similar entre el 29% del total en la ciudad de Barranquilla y el 32% del total en la ciudad de Bogotá.

Para determinar la participación de los subsectores del sector terciario en el consumo de energía eléctrica en las ciudades estudiadas se analizó una muestra aleatoria del mercado mayorista de transferencias de energía eléctrica del sistema interconectado nacional a las ciudades de interés, el tamaño de la muestra varía entre el 15% para Bogotá, 28% para Medellín y 35% para Barranquilla. Aprovechando que esta información de consumos tiene identificación del cliente con código CIU, se procesó la base de datos aislando cada subsector del sector terciario. Los resultados son los siguientes:

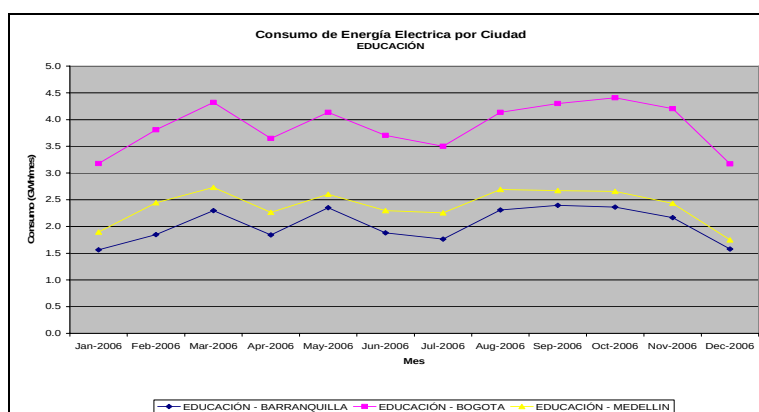
	Bogotá	Medellín	Barranquilla
Salud	15.1%	33.7%	32.8%
Hospedaje y recreación	8.9%	11.3%	15.8%
Servicios y otros	14.6%	9.7%	8.3%
Educación	17.1%	23.5%	23.7%
Seguridad	5.0%		7.0%
Financiero	25.5%	18.0%	5.1%
Centros Comerciales	8.4%	3.9%	3.8%
Grandes Superficies	5.3%		3.6%

En la tabla se observa una alta participación del sector financiero o de intermediación financiera en la ciudad de Bogotá que incluye no solo las entidades bancarias sino también las cooperativas, fiduciarias y las instituciones anexas a todo el sistema financiero, tales como las entidades administradoras, constructoras, prestadoras de servicios, etc. Le siguen en importancia los subsectores de educación, salud, servicios y hospedaje y recreación. En la ciudad de Medellín los subsectores más importantes siguen siendo los mismos pero en diferente orden: el de más demanda es el subsector salud, seguido de educación, financiero y hospedaje y recreación. En la ciudad de Barranquilla al



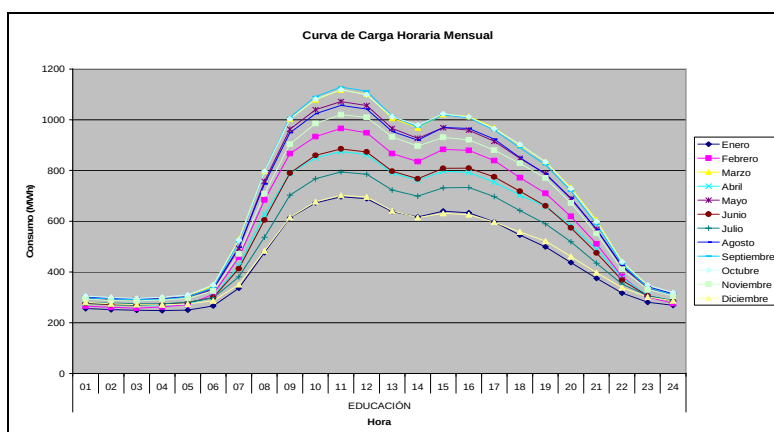
igual que en Medellín el subsector más importante es el de la salud seguido de los subsectores de educación y el de hospedaje y recreación, el subsector financiero es pequeño.

También se determinó el ciclo anual del consumo de energía eléctrica por subsector. En todos los subsectores la variación durante el año es mínima, salvo en el sector educación, el cual se ilustra en la figura siguiente a manera de ejemplo, se observa que el ciclo anual es igual en todas las ciudades y se reconocen los periodos de reducción de consumo de Semana Santa, vacaciones de Junio y Diciembre.



Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (2007)

A partir de los reportes horarios de la transferencia de energía a nivel nacional se determinaron las curvas de carga para cada subsector. La figura siguiente muestra a manera de ilustración el comportamiento de la curva del subsector educación. La forma de la curva es independiente del mes y obedece al hecho de que existen más centros educativos con jornada en las horas de la mañana que en la tarde. Se nota el descenso de la demanda al medio día y luego el aumento de la demanda por las jornadas de la tarde y algunas horas de la noche.





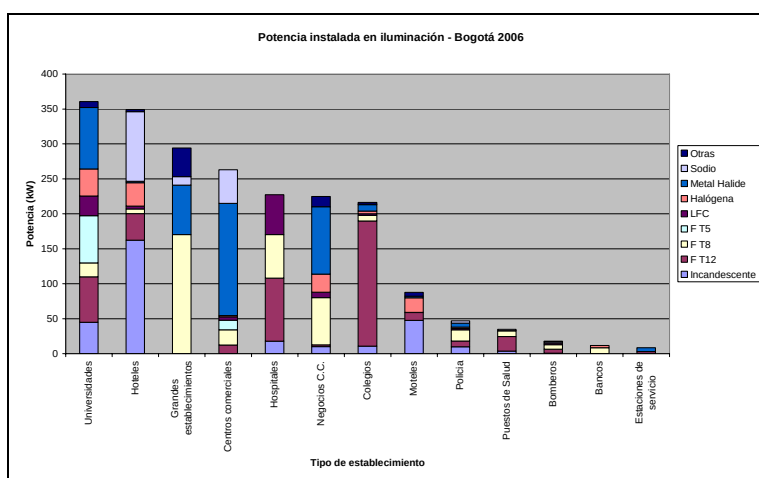
Caracterización del consumo de energía final a partir de mediciones y visitas técnicas.

La tabla a continuación relaciona el número total de establecimientos medidos y visitados en los diferentes subsectores en cada ciudad. Para cada uno de los establecimientos estudiados se elaboraron informes detallados con inventario de equipos, consumos de energía y porcentajes sobre el uso final de la energía.

Ciudad	Establecimientos estudiados	Visita Técnica	Mediciones
Bogotá	49	16	33
Medellín	25	5	20
Barranquilla	23	12	11

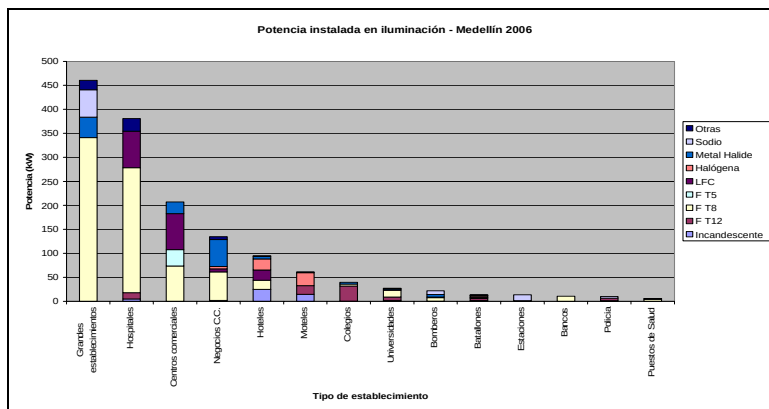
Parque de equipos de iluminación

La Figura siguiente muestra la potencia instalada en equipos de iluminación para la ciudad de Bogotá por tipo de establecimiento y por tecnología. Las demandas máximas de potencia varían entre 360 kW para las universidades y descenden hasta algunos kW en las estaciones de servicio. Las lámparas incandescentes, de baja eficacia, tienen una alta participación en los hoteles mientras que se puede observar la penetración de los tubos fluorescentes (FT12, FT8 y FT5) en los diferentes establecimientos. En los centros comerciales es muy frecuente el uso de las lámparas de metal halide.

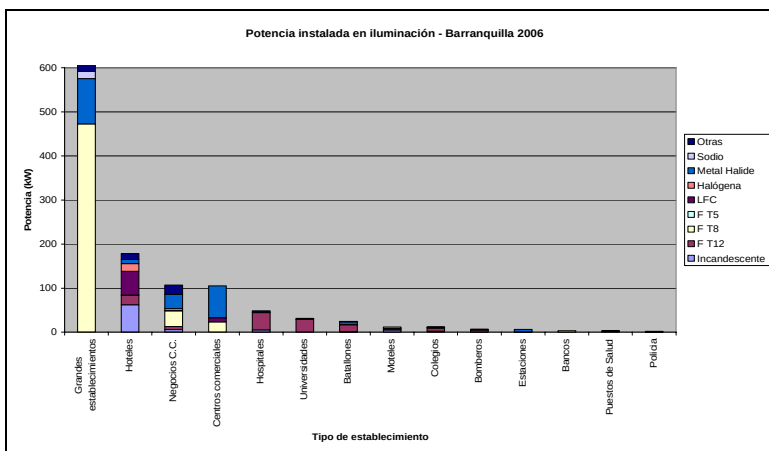


Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (2007)

La Figura siguiente muestra la potencia instalada en equipos de iluminación para la ciudad de Medellín por tipo de establecimiento y por tecnología, se observa menor potencia instalada en casi todos los subsectores y mayor uso de tecnologías eficientes. Las lámparas incandescentes, de baja eficacia, tienen una alta participación solamente en los hoteles y los moteles, mientras que se puede observar la gran penetración de los tubos fluorescentes (FT8 y FT5) en los diferentes establecimientos. Las lámparas de metal halide se usan pero en menor proporción que en Bogotá.



La Figura siguiente muestra la potencia instalada en equipos de iluminación para la ciudad de Barranquilla por tipo de establecimiento y por tecnología, se observa menor potencia instalada en casi todos los subsectores comparada con Bogotá y Medellín. Las lámparas incandescentes, de baja eficacia, solo se encontraron en los hoteles y moteles, mientras que se puede observar la gran penetración de los tubos fluorescentes (FT12, FT8 y FT5) en los diferentes establecimientos. Las lámparas de metal halide se usan pero en menor proporción que en Bogotá.



Para poder comparar de mejor manera las potencias instaladas en iluminación, se introduce el indicador energético de densidad de potencia eléctrica instalada por unidad de área, **DPEI**, calculado como la potencial total instalada dividida por el área del establecimiento.

En Colombia se conocen los niveles de iluminancia para diferentes recintos y según actividad², adoptados de la Norma ISO 8995 pero no se hace alusión al DPEI. Este indicador se emplea en otros países, como por ejemplo México. La tabla siguiente

² Ministerio de Minas y Energía (2006). RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas). Asociación Colombiana de Ingenieros. Capítulo del Atlántico (Barranquilla) Colombia



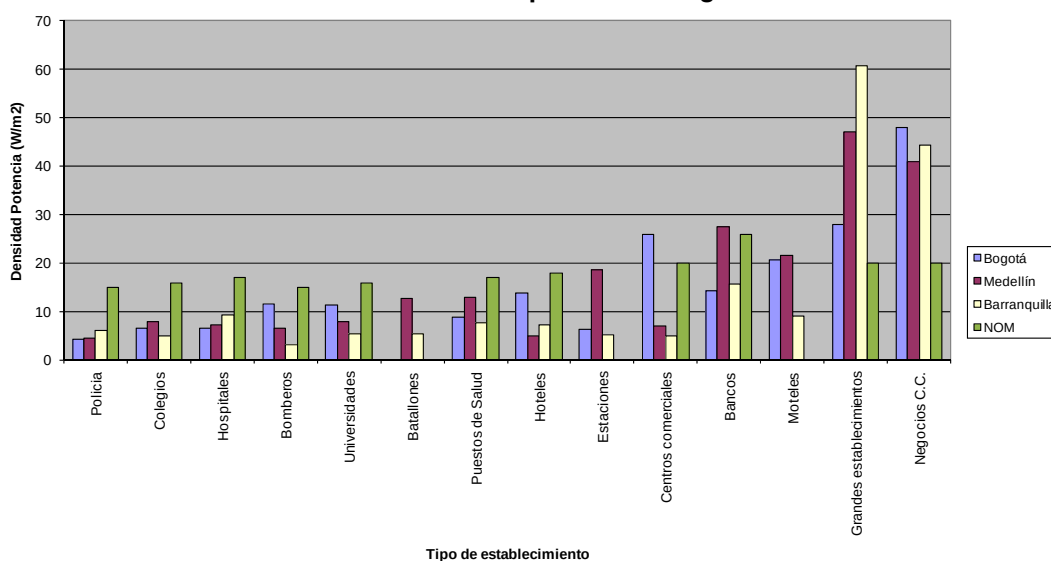
muestra el DPEI para tipos de establecimientos similares a los investigados en este estudio.

Tipo de edificio/establecimiento	DPEI (W/m ²)
Oficinas	14
Escuelas o instituciones educativas	16
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	20
Hospitales, sanatorios y clínicas	17
Hoteles	18
Cafeterías y venta de comida rápida	19
Restaurantes	20

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004 (15 Abril de 2005). "Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales". Diario Oficial de México. México

La figura siguiente muestra comparativamente los DPEI determinados en este estudio por tipo de establecimiento vs. la NOM (Norma Oficial Mexicana). La figura muestra como en los negocios en los centros comerciales se excede mucho los valores de la NOM y en otros establecimientos la DPEI es la mitad del valor de acuerdo a la NOM (hospitales, estaciones de policía, colegios). Esta norma mexicana empleada en la construcción de edificaciones evita el exceso de potencia demandada y consumida por los equipos de iluminación forzando a los usuarios entonces a instalar equipos de iluminación con altas eficacias, lo cual conduce al ahorro de energía.

**Comparación de Potencia Instalada Para Iluminación
Encontrada en campo vs NOM vigente**



Consumo de energía eléctrica por usos finales

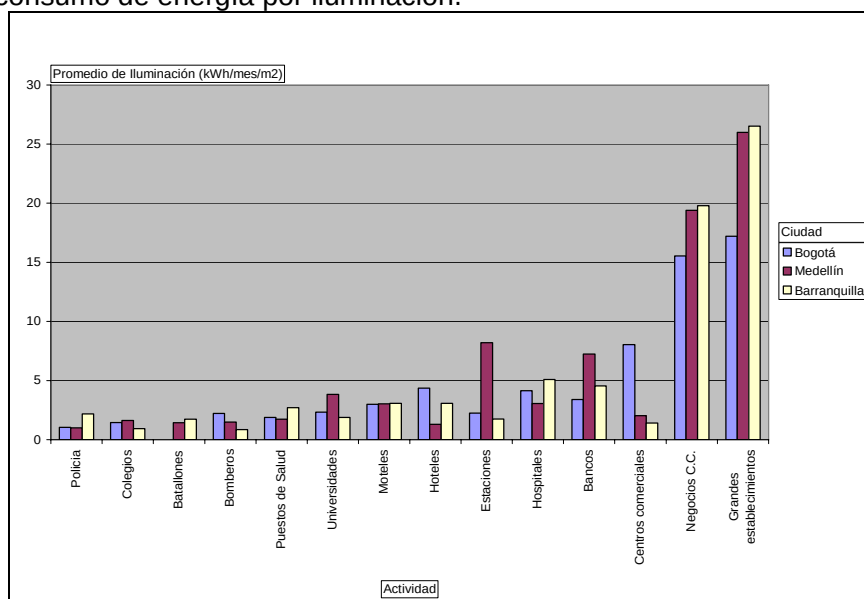
Como resultado de la aplicación de la metodología a los subsectores y establecimientos en las tres ciudades se encuentran las siguientes características del consumo final de energía por cada uso.

Iluminación

Con el fin de poder comparar el consumo de energía eléctrica por iluminación en los diferentes subsectores y ciudades se toma el área de cada establecimiento y se calcula la



densidad de consumo mensual de energía por unidad de área. La figura adelante muestra el comportamiento de este indicador. Se observa que independientemente de la ciudad considerada el valor de este indicador esta estratificado por subsectores, siendo mayor en los establecimientos de alta actividad comercial y menor en los establecimientos de servicios. Las diferencias entre ciudades casi desaparecen puesto que las diferencias en potencia instalada son suavizadas debido a los diferentes patrones de uso en tiempo real de operación, resultando que el consumo entre ciudades no presenta cambios distinguibles, es decir, no existe influencia ni de piso térmico ni de hábitos de uso en cuanto al consumo de energía por iluminación.



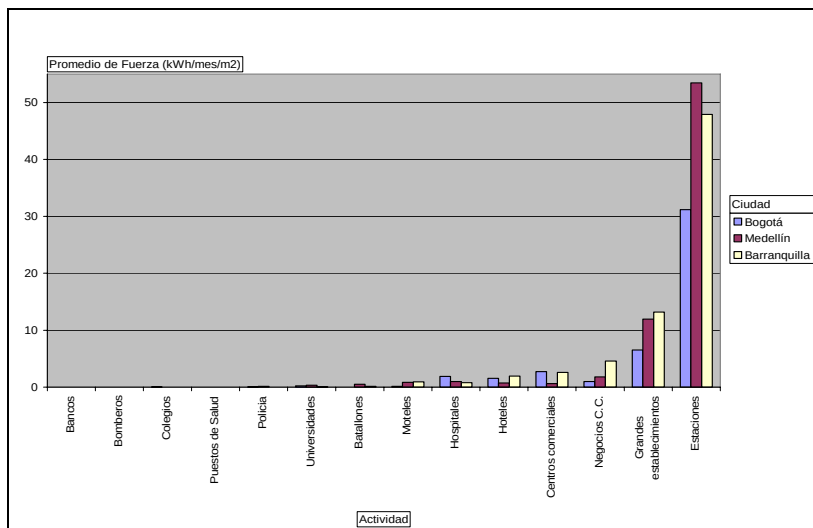
Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (2007)

Consumo por Fuerza

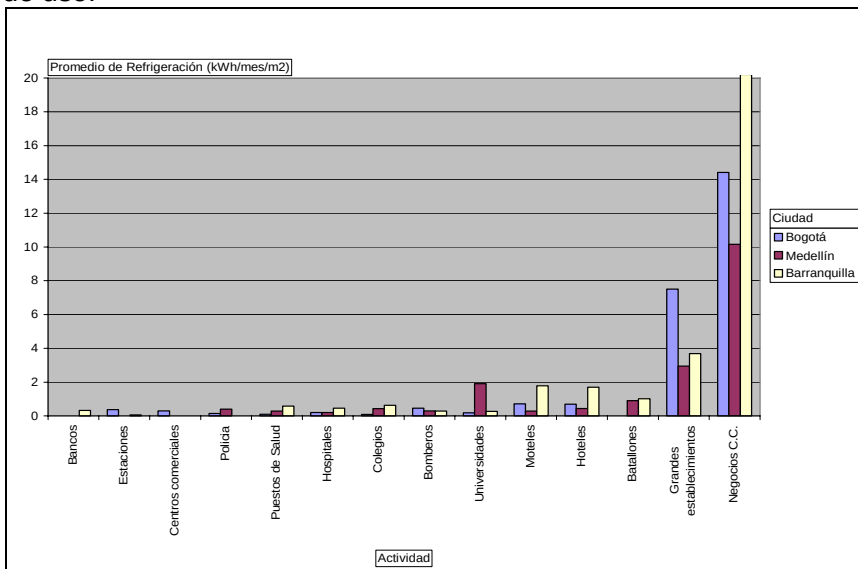
Los equipos de fuerza en el sector terciario, se encuentran en los hospitales, hoteles, centros comerciales y negocios dentro de los centros comerciales, pero sobre todo están concentrados en los grandes establecimientos en equipos como escaleras mecánicas, rampas ascensores etc. y en las estaciones de servicio que suministran GNV, en donde se encuentran los compresores del GNV. La figura muestra la densidad de consumo de energía por este concepto. Se observa que no existen diferencias apreciables entre ciudades o pisos térmicos. Las diferencias en la figura se deben más a diferencias en las áreas de cada estación que a la diferencia entre los compresores.

Consumo por Refrigeración

Los equipos de refrigeración en el sector terciario se encuentran en general en todos los subsectores en pequeñas cantidades. Los subsectores en donde la densidad de consumo de energía por este concepto es alta son las grandes superficies en donde existen racks de refrigeración y en los negocios de comida en los centros comerciales, en donde se usan cavas y congeladores para conservación de alimentos.



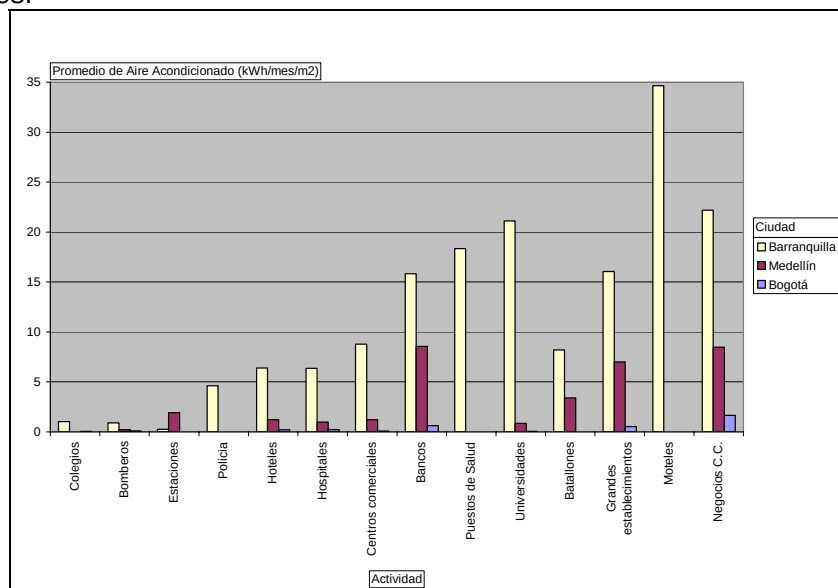
La figura siguiente muestra las densidades de consumo de energía mensual por este concepto en todos los subsectores y por ciudad. Se esperaría que el consumo de energía por este concepto fuera mayor en Barranquilla comparado con las otras ciudades, esto es cierto principalmente para los sistemas pequeños, neveras, congeladores y cavas de hospitales, moteles etc., pero en sistemas grandes como en el caso de grandes superficies la situación es diferente y va a depender del movimiento de productos en las vitrinas y en los cuartos fríos, es decir de las ventas. En Bogotá la capacidad instalada en compresores resultó más grande por metro cuadrado que en Barranquilla. En total si se mira el consumo de energía por refrigeración en las diferentes ciudades como se puede observar en la figura, el consumo de energía resulta mayor en Barranquilla en casi todos los establecimientos, aunque en algunos resulta mayor en Bogotá por el tamaño y la intensidad de uso.





Consumo por Aire Acondicionado

La comparación realizada de la densidad de consumo de energía por este concepto entre las tres ciudades y los diferentes subsectores muestra en forma clara y contundente que esta forma de uso de la energía eléctrica si presenta diferencias apreciables entre ciudades o pisos térmicos. En la ciudad de Bogotá el aire acondicionado se usa principalmente en los hospitales, bancos, en los grandes establecimientos y en algunos negocios dentro de los centros comerciales. Sin embargo su intensidad es muy pequeña comparada con la usada en Medellín y Barranquilla, en donde se usa en todos los subsectores. La Figura muestra la densidad de consumo de energía por concepto de aire acondicionado en todos los subsectores y por ciudad. Se observa la gran intensidad de consumo en todos los subsectores en la ciudad de Barranquilla, comparada con las otras dos ciudades.

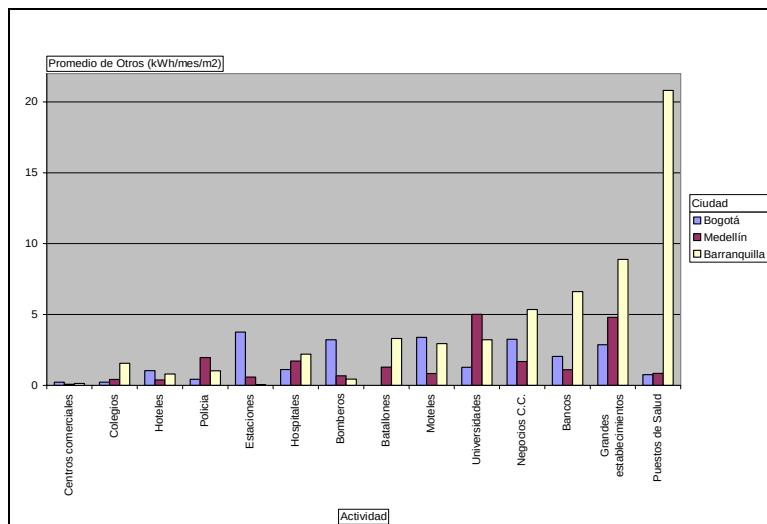


Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (2007)

Consumo por Otros Equipos

En otros equipos se consideran computadores y equipos de oficina en general, equipos médicos en los hospitales y puestos de salud y otros equipos de cocina en los demás establecimientos, tales como, hornos microondas, licuadoras etc.

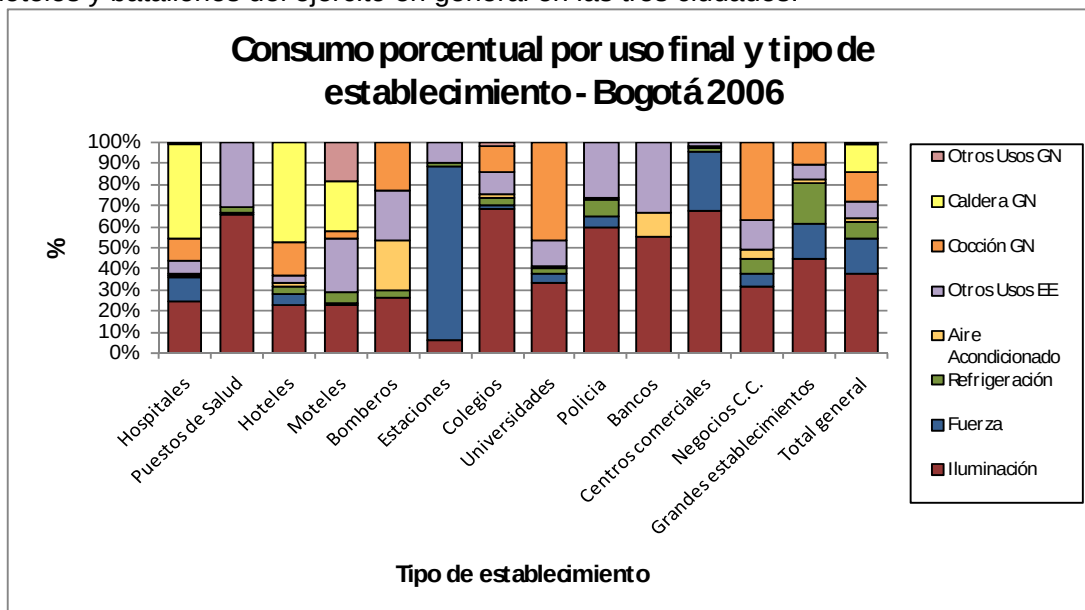
La figura compara la densidad de consumo mensual de energía por concepto de otros equipos por subsector y por ciudad. No existen tendencias o diferencias apreciables que permitan establecer influencia del piso térmico en estos consumos o influencia en el hábito de uso. Los valores de alta densidad de energía en el puesto de salud en Barranquilla se deben a que el establecimiento registrado no es exactamente un puesto de salud como el de Medellín o el de Bogotá sino que se trata más bien de un centro de diagnóstico especializado en imagenología y con una alta densidad de equipos médicos.



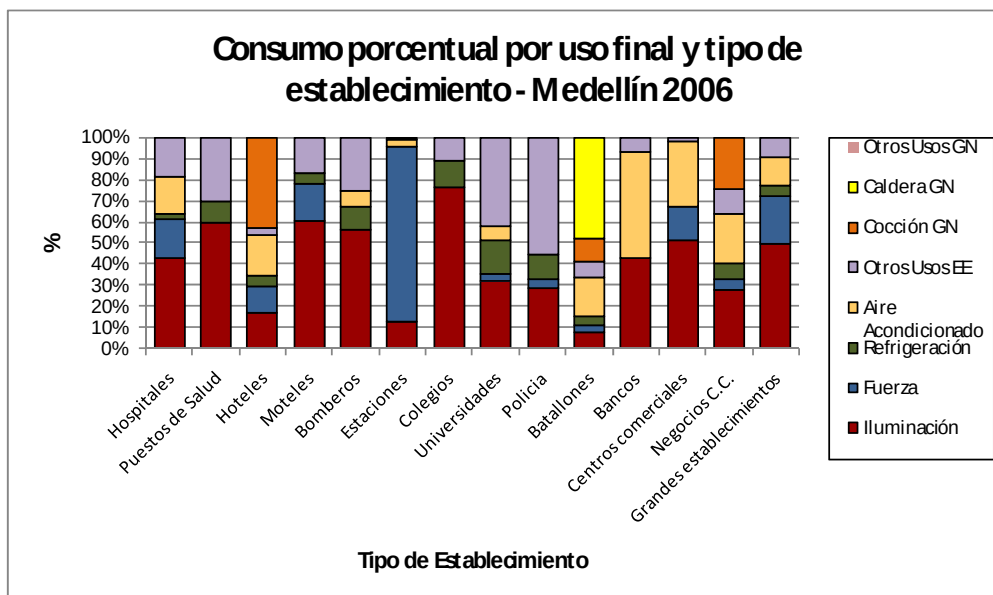
Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (20)

Distribución del consumo total de energía por uso final y tipo de establecimiento

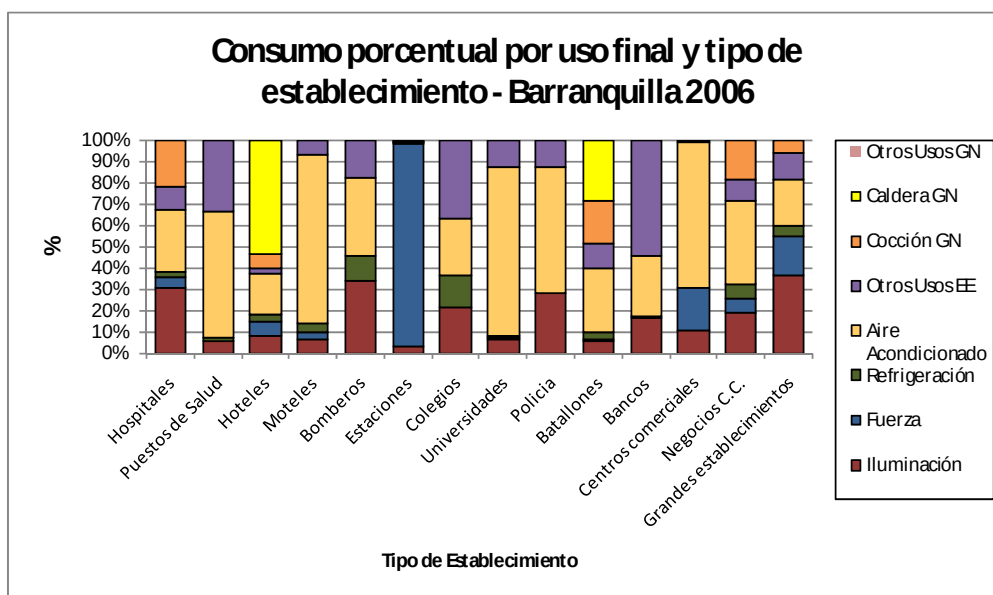
Las tres figuras a continuación resumen la participación en porcentaje de cada uno de los usos sobre el total de energía consumido incluyendo electricidad y gas en las tres ciudades estudiadas. Se observa que la iluminación es el uso mas importante de la energía en Bogotá y Medellín en todos los subsectores con excepción de las estaciones de servicio que proveen gas natural en donde el uso mas importante es el de fuerza para el compresor de GNV. El uso del gas natural para cocción y caldera (usada para lavandería, calentamiento de agua y esterilización) es importante en hospitales, hoteles, moteles y batallones del ejército en general en las tres ciudades.



Fuente: Caracterización del Consumo Energía Final Sector Terciario. UPME-UNAL (2007)



En la ciudad de Barranquilla el uso más importante es el aire acondicionado en todos los subsectores con excepción nuevamente de las estaciones de servicio. El consumo de energía por fuerza y refrigeración si bien se presenta en casi todos los subsectores ocupa una fracción pequeña del consumo total. El consumo de energía por otros usos de energía eléctrica es una fracción importante del total en bancos, colegios, universidades y policía, debido al consumo de energía por equipos de oficina, también es importante en hospitales y puestos de salud, en este caso por el consumo de energía de los equipos médicos y de oficina

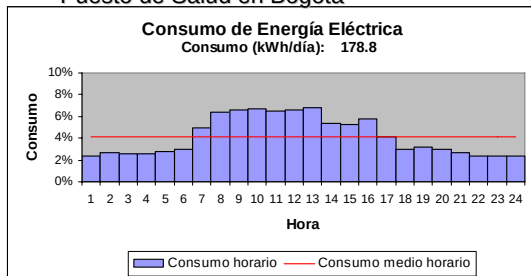




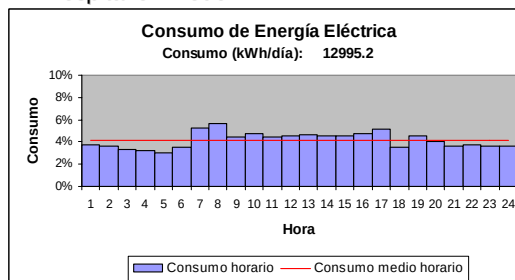
Curvas de carga

Las curvas de carga muestran la evolución horaria del consumo de energía diario en un establecimiento (energía (kWh) vs. tiempo (horas)). La aplicación de la metodología de mediciones al sector terciario permitió obtener la curva de carga para diferentes tipos de establecimientos, se presentan aquí a manera de ejemplo algunas de ellas.

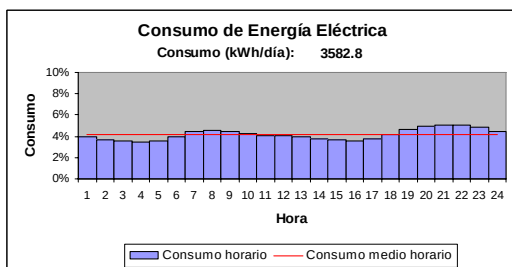
Puesto de Salud en Bogotá



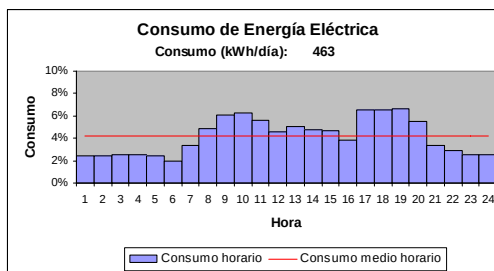
Hospital en Medellín



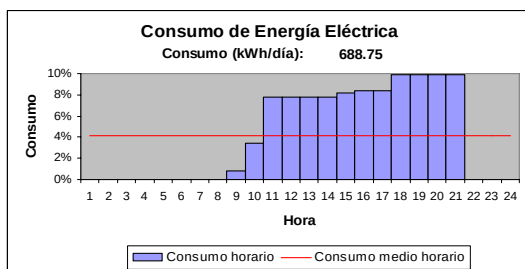
Hotel en Bogotá



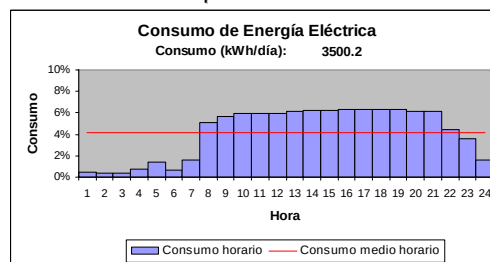
Universidad en Medellín



Negocio de ropa en Barranquilla



Cinema Barranquilla



Determinación de consumos de energía específicos de los equipos empleados en el sector terciario.

Se realizaron más de 900 mediciones de campo en 61 establecimientos del sector terciario.

Los ascensores encontrados en las tres ciudades son de varios fabricantes, se encuentran con frecuencia marcas como Mitsubishi, Otis, Schindler, Thiessen y otros. La



potencia de los motores de los ascensores es proporcional a la carga de diseño (montacargas) o al número de personas y estos satisfacen factores de diseño por ejemplo 6.2 W/kg para velocidades de 1 m/s, y cambia proporcionalmente con la velocidad de diseño, que está entre 0.3 y 1.7 m/s. En el trabajo de campo se encontraron ascensores con potencias promedio entre 1.9 y 15.8 kW, y su consumo de energía depende del patrón de uso. Las potencias promedio medidas están muy cerca de las potencias nominales y los tiempos reales de uso encontrados varían entre 2 y 14 horas/día y los consumos entre 6 y 110 kWh/día. El tipo de ascensor más encontrado es el ascensor de 6 kW de potencia promedio y en términos de capacidad el ascensor para 8 a 10 personas y velocidad alrededor de 1 m/s.

Las escaleras y los andenes mecánicos se diseñan para soportar diferentes cargas en términos de número de personas movilizadas por hora y para mantener diferentes velocidades. También la longitud y la pendiente de la escalera o rampa son importantes. La mayoría de las escaleras se instalan con pendientes de 30 y 35 grados y para longitudes que dependen de la altura de ascenso. En un centro comercial la longitud puede variar entre 10 y 16 metros dependiendo de alturas entre pisos de 5 a 8 metros. La velocidad es de alrededor de 0.5 m/s. Las rampas tienen pendientes entre 15 y 20 grados y sus longitudes entre 15 y 25 metros. La potencia de los motores también obedece factores de diseño en W/kg promedio de carga, el cual aumenta con la velocidad de diseño, normalmente 0.5 m/s.

En las visitas de campo se encontraron potencias promedio de motor entre 5.6 kW y 12.9 kW y los tiempos de operación entre 13 y 15 horas al día, con consumos entre 46 y 196 kWh/día.

Los motores de las calderas y las bombas de agua están diseñados con las capacidades adecuadas para satisfacer necesidades específicas. En las visitas de campo se encontraron potencias promedio de los motores de calderas entre 1 y 4 kW, con tiempos de uso entre 2 y 9 horas/día y consumos entre 5 y 30 kWh/día; el consumo de energía depende de las necesidades de bombeo, tales como cantidad de agua y altura de bombeo. En las visitas de campo se encontraron potencias promedio de motores de bombas entre 5 y 9 kW, tiempos de uso entre 5 y 12 horas/día y consumos entre 25 y 30 kWh/día.

En el trabajo de campo se encontraron especialmente en los negocios dentro de los centros comerciales muchos sistemas de aire acondicionado con unidades compactas tipo todo aire (tipo Split y Minisplit). En las grandes superficies y en los hoteles se encontraron sistemas centrales del tipo agua aire en Medellín y en Barranquilla. En Medellín la mayor parte de los sistemas tanto en los centros comerciales como en las grandes superficies son aire agua trabajando semiabiertos por evaporación en torres de enfriamiento o en las unidades compactas breezeair. En Barranquilla, en cambio, los sistemas son también agua aire centrales, pero en circuitos cerrados de agua helada y con unidades de enfriamiento de agua tipo chiller. Las potencias promedio de los sistemas con chiller están entre 40 y 140 kW y sus consumos de energía de 1000 a 1600 kWh/día. Los sistemas por evaporación están entre .8 kW a 50 kW y sus consumos de energía de 10 a 1000 kWh/día. Los sistemas compactos están entre 1 y 7 kW con consumos entre 30 y 100 kWh/día.



La refrigeración en los subsectores del sector terciario está concentrada en las grandes superficies y en los restaurantes, negocios de helados y similares de los centros comerciales. En los primeros se encuentran racks de refrigeración denominados de baja - 5 °C, media 0 °C y alta temperatura +5 °C y en los otros, sistemas simples de neveras, cavas y cuartos fríos.

La mayor parte de las medidas sobre consumo de energía eléctrica realizadas en neveras, cavas y congeladores, revela un problema señalado en estudios anteriores³, se refiere al hecho de que estos sistemas de refrigeración en operación normal deben presentar ciclos de encendido y apagado, es decir que el compresor opera solo cuando el sistema es exigido. De acuerdo con los resultados de las mediciones se observa que la mayor parte de las neveras, congeladores y cavas medidas trabajan en forma ininterrumpida por las 24 horas del día, lo cual corresponde a un comportamiento anómalo, pues por lo menos en la noche deberían ciclar. Esto quiere decir que en general en las rutinas de mantenimiento no se revisa el comportamiento de consumo de energía de estos dispositivos. En las visitas de campo se encontraron en las tres ciudades bancos de compresores en unidades de 5kW para los racks de frío y su consumo de energía depende básicamente del número de compresores.

Se midieron cinemas dentro de los centros comerciales en las tres ciudades. Estas mediciones son por sala unitaria y no se incluye el aire acondicionado en Medellín ni en Barranquilla, estos valores se refieren al sistema de iluminación y a las salas y equipos de proyección. En Bogotá se encontraron 12 salas en el centro comercial, en Medellín 8 y en Barranquilla 7. Las potencias promedio instaladas están entre 5 y 6 kW y el consumo diario de energía está entre 70 y 90 kWh . Los sistemas de aire acondicionado en Medellín registran un consumo de 900 kWh/día por 14 horas/día de operación de todo el conjunto Multiplex, en Barranquilla ese consumo asciende a 1990 kWh/día por 17 horas.

Utilizando luxómetros se realizaron algunas mediciones del nivel de iluminancia de diferentes áreas en centros comerciales, negocios dentro de centros comerciales, grandes almacenes, bancos, cinemas y algunos centros educativos en Bogotá, Medellín y Barranquilla. Estas mediciones junto con la evaluación de la potencia instalada en cada área muestra que la mayor parte de los valores de eficacia neta resultantes en las áreas de trabajo son bajos, alrededor de 20 a 30 lm/W, es decir aproximadamente la mitad o menos de la mitad de la eficacia de una lámpara eficiente. Quiere decir que la eficacia resultante sobre el área de trabajo disminuye debido al diseño del sistema de iluminación, los balastos y el diseño de la luminaria, la reflectividad de la luz tanto en la luminaria como en las superficies vecinas. Las mediciones revelan que si bien se están utilizando lámparas eficaces en casi todos los subsectores del sector terciario, es preciso entrar a revisar el diseño de las luminarias que se encuentran en el comercio, puesto que se está perdiendo lo ganado en eficiencia en las lámparas con el mal diseño de la luminaria.

³ Determinación del consumo final de energía en los sectores Residencial urbano y comercial y determinación de consumos para equipos domésticos de energía eléctrica y gas. UPME 2006 concurso 016, Bogotá



Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Los tableros de distribución que se encontraron en muchos de los establecimientos visitados violan en lo más fundamental el código RETIE, además los planos eléctricos no existen o están desactualizados. También existe desbalanceo de fases por sobrecargas adicionales, adicionadas con poco criterio técnico, la estructura actual tarifaría permite niveles altos de carga reactiva (hasta 50% de la activa) sin cargo a la factura lo que a su vez permite altos valores de energía reactiva que se traducen en pérdidas para el sistema (no para el consumidor).

El sector terciario visitado utiliza en su mayoría lámparas eficientes de todas las tecnologías, sin embargo todavía se usan lámparas incandescentes, sobre todo en el sector hotelero, en algunas universidades y en los moteles en las tres ciudades, entonces allí existe un potencial de ahorro de energía con la sustitución de esas lámparas por eficientes. También se encontró un alto porcentaje de lámparas fluorescentes T-12 sobre todo en el sector hospitalario, educativo y hotelero, allí existe también potencial; de ahorro al sustituir estas lámparas con balasto electromagnético por T-8 o T-5 con balasto electrónico.

Los niveles de iluminancia recomendados por el RETIE de acuerdo con las tareas a desarrollar no se cumplen, pues en los locales o negocios dentro de los centros comerciales, en las grandes superficies y en los bancos estos niveles están por encima del máximo recomendado y en los otros establecimientos, como colegios, universidades, puestos de salud y estaciones de policía estos niveles están por debajo del mínimo.

La potencia instalada en dispositivos de iluminación por metro cuadrado está por encima de los estándares internacionales (Norma mexicana) en los centros comerciales, negocios de los centros comerciales, almacenes de grandes superficies, hoteles y moteles.

Para hacer un uso eficiente de la energía en iluminación no basta con emplear lámparas eficientes sino que es necesario emplear dispositivos eléctricos (balastos) y ópticos (luminarias) igualmente eficientes, diseñar apropiadamente el sistema de iluminación, instalarlo convenientemente de acuerdo a un diseño de iluminación y operarlos apropiadamente.

Las grandes cargas térmicas y por ende demandas de electricidad para aire acondicionado en el sector terciario están en la ciudad de Barranquilla y Medellín, en donde se usa el AA en casi todos los subsectores. En Bogotá se encuentran algunos sistemas de AA en hospitales, bancos y en algunos negocios dentro de los centros comerciales que los requieren debido a la gran densidad de potencia instalada por iluminación.

Las unidades encontradas en las tres ciudades estudiadas para producir aire frío y acondicionar el ambiente son en la mayoría de los casos eficientes y de tecnología reciente, sin embargo, no es suficiente tener unidades eficientes sino que es muy



importante el diseño de todo el sistema, las unidades productoras de frío, el sistema de distribución, la regulación de la temperatura de confort y la operación de los mismos, también son importantes las medidas de uso racional, eficiente y de recuperación de calor y frío.

La tendencia actual en los grandes centros comerciales en Medellín y Barranquilla es tener aire acondicionado en las áreas comunes por medio de sistemas de aire acondicionado central, los cuales ofrecen la posibilidad de brindar este servicio a los locales dentro del centro comercial. En los centros comerciales tradicionales los locales disponen de sistemas de aire acondicionado independientes, normalmente sistemas compactos en unidades de hasta 7 kW, tipo solo aire.

En varios establecimientos se encontraron unidades compactas tipo ventana, instaladas a muy poca distancia del piso disminuyendo notablemente su eficiencia.

Los rendimientos encontrados en las unidades de producción de frío están entre 1.5 kW/ton para las unidades compactas tipo split 0.9 kW/ton para los sistemas centrales tipo aire agua y 0.6 kW/ton de refrigeración para los sistemas centrales con chiller tipo solo agua.

El uso de los sistemas de aire acondicionado marca la diferencia en la densidad de consumo de energía eléctrica mensual por unidad de área para todos los subsectores de acuerdo con el piso térmico, la densidad de consumo aumenta con la temperatura promedio.

Los equipos de fuerza encontrados en el Sector Terciario son principalmente: ascensores, elevadores y montacargas, rampas y escaleras mecánicas, compresores, motores para calderas y bombas. El uso de estos equipos está concentrado en unos pocos subsectores; centros comerciales, grandes superficies, hospitales, hoteles y estaciones de servicio. El consumo de energía por fuerza no es tan importante o significativo en el sector terciario comparado con los demás usos (iluminación y aire acondicionado).

Los equipos de refrigeración encontrados en el sector terciario son de dos clases los equipos simples y convencionales como neveras, congeladores, cavas, y cuartos fríos y los equipos más complejos e intensivos en el uso de energía eléctrica como racks de frío de baja, media y alta temperatura. Las unidades o compresores de los primeros están entre 0.3 y 2 HP, mientras que los racks son baterías de compresores de alrededor de 5 kW cada uno, encontrándose hasta 12 compresores trabajando en paralelo. Muchos de los equipos simples se encontraron operando anormalmente desde el punto de vista energético, es decir no presentan ciclos, sino que trabajan en forma ininterrumpida, por lo tanto es posible ahorrar energía en este subsector simplemente dando mantenimiento a estos equipos. Los racks de refrigeración se encuentran en los grandes establecimientos y por lo general tienen técnicos de refrigeración dando mantenimiento permanente a los mismos garantizando su óptima operación.



En cuanto a la influencia del piso térmico en la demanda de energía para estos sistemas no es muy visible puesto que la mayor parte de los sistemas simples medidos trabajan las 24 horas del día en las tres ciudades y de otro lado la demanda de energía para los racks de frío dependen mas del área total de neveras de exhibición de productos y del volumen de los cuartos fríos que es proporcional al movimiento de productos (ventas) que al piso térmico.

Dentro de otros usos aparece una gran variedad de equipos, a veces muy específicos del tipo de establecimiento. En cuanto a equipos de oficina, se encontraron computadores, impresoras y fotocopadoras. Estos equipos tienen un consumo propio de stand-by en el cual se ahorra energía en comparación con el consumo en funcionamiento y por consiguiente, las oportunidades de ahorro de energía son mínimas.

En los hospitales, en las áreas de laboratorio e imagenología existe una tendencia a renovar periódicamente los equipos médicos por equipos nuevos que ofrezcan mayores funciones de captura y procesamiento de información, equipos que a su vez son altamente eficientes energéticamente. La mayoría de estos equipos son importados y cumplen estándares internacionales de ahorro de energía por lo que las posibilidades de ahorro son limitadas a la operación de los mismos.

En hoteles, moteles y hospitales se encontraron lavadoras eléctricas, secadoras eléctricas y planchas de rodillo, equipos que entre mas nuevos, son comparativamente más eficientes que los similares antiguos. Las posibilidades de ahorro surgen principalmente de considerar la operación optima de los mismos.

Los usos encontrados para el gas natural o GLP son cocción de alimentos, caldera y otros (como calentadores de agua con calentadores de paso, secadoras a gas, etc.). Los equipos de cocción incluyen estufas, baños de maría, planchas, asadores, etc. El vapor de las calderas se emplea para calentamiento de agua, esterilización, lavandería y marmitas.

Las posibilidades de ahorro de gas natural están principalmente asociadas al mantenimiento periódico de las instalaciones y equipos, y a las buenas prácticas de operación de los mismos.

La masificación del uso del gas natural en la ciudad de Medellín no se está llevando a cabo por limitaciones de las redes de distribución y por los elevados costos de las acometidas.

Recomendaciones

La metodología empleada en esta investigación ha sido exitosa, pues logró representatividad en la muestra y permite hacer estimaciones con significancia estadística. Dado el rápido cambio tecnológico y la promoción de medidas de ahorro por parte del gobierno en el sector terciario y con el fin de poder evaluar el resultado de esas políticas, incentivos, normas y acciones encaminadas a estimular el uso racional y



eficiente de energía recomendamos hacer periódicamente este tipo de evaluaciones en el sector terciario, por lo menos cada 4 años, tal como se acostumbra en otros países.

Es aconsejable subsanar los vacíos de información secundaria en el sector terciario sugiriendo cambios en el formato de captura a los manejadores de información a nivel nacional, tales como el SUI de la superintendencia de servicios públicos y la CREG para que se incluya el código CIU en la identificación del cliente y de esa manera poder aislar los subsectores y hacer análisis específicos.

Dado que los establecimientos visitados son todos de carácter público, con personal propio y un elevado número de usuarios o visitantes, se recomienda la inspección periódica por parte de personal calificado para verificar la integridad de los sistemas de electricidad y gas natural (es de anotar que las instalaciones a gas si se inspeccionan periódicamente). En lo que a instalaciones eléctricas se refiere, es preciso hacer cumplir el RETIE.

Es valioso reconocer la importancia que tienen los niveles de luminancia con respecto a las actividades que se desarrollan en las áreas de trabajo y su impacto en la salud ocupacional por sobre-exposición o sub-exposición a niveles muy altos o muy bajos de luminancia por prolongadas horas de trabajo. En este sentido es importante velar y promover todas las acciones necesarias para que se de cumplimiento a los estándares de iluminación del RETIE.

Es importante incluir en la fase de diseño arquitectónico de las edificaciones el tema de los consumos de energía y su uso racional y eficiente. Mejorar el correspondiente diseño eléctrico que permita luego en la práctica una mayor flexibilidad en la operación del sistema de iluminación y con ello un uso más racional de la energía. Mejorar el diseño de las luminarias, combinando los aspectos estéticos con los energéticos y ambientales. Se debe trabajar conjuntamente con las facultades de arquitectura e ingeniería de las universidades y con el SENA en programas de actualización y capacitación técnica para el manejo de estos temas.

Un uso racional y eficiente de la energía en iluminación no solamente requiere de un apropiado diseño arquitectónico y eléctrico sino también de una ejecución fiel de los diseños eléctricos, lo cual implica una exigente interventoría de obra.

Debido a que el consumo de electricidad por iluminación es significativo en el sector terciario, se debe promover que cierto tipo de establecimientos renueven sus sistemas de iluminación con frecuencia (almacenes, centros comerciales, hoteles y otros de este tipo) y también se debe informar y difundir que las mejoras en los sistemas de iluminación son altamente costo eficientes (corto tiempo de repago de la inversión con los ahorros de energía). Debe promoverse la eficiencia energética en iluminación mediante diversos mecanismos: entrenamiento y capacitación de arquitectos e ingenieros, impulsar la ingeniería de la iluminación, difundir información técnica sobre las tecnologías y productos de iluminación entre el gremio de la construcción y demás interesados.



Es preciso impulsar el establecimiento de una norma en Colombia similar a la norma mexicana NOM 007 ENER, la cual establece niveles máximos de potencia instalada por unidad de área para iluminación. Este tipo de norma promovería el uso de sistemas de iluminación eficiente para dar cumplimiento a los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETIE.

En equipos en los cuales los motores tienen un elevado número de horas de funcionamiento debe considerarse la viabilidad de reemplazo de estos por motores eficientes situación que es más obvia de considerar cuando se hace necesario el reemplazo de un motor.

Se recomienda difundir la utilización de Unidades de Recuperación de Calor en los chillers de los sistemas de aire acondicionado que emplean el calor de condensación para calentar/precalentar agua caliente. Esos equipos son comerciales pero no están ampliamente difundidos.

Igualmente, difundir el uso de nuevas tecnologías para aire acondicionado, como por ejemplo, el sistema Breeze Air (enfriamiento evaporativo) como opción para climas templados y calido-secos. También para evitar la pérdida de aire frío en las puertas de los establecimientos con aire acondicionado se pueden emplear cortinas de aire.

Promover el uso de las buenas prácticas de uso y de operación y mantenimiento en los sistemas de aire acondicionado. La falta de mantenimiento reduce la eficiencia de estos sistemas y conlleva a un aumento de consumo de electricidad.

Promover el reemplazo de viejas unidades de aire acondicionado, principalmente tipo ventana, por más eficientes recientes y con refrigerantes amigables con el medio ambiente (recuperando el Freón 22).

Debido a que el consumo de electricidad por aire acondicionado es significativo en el sector terciario, se debe promover la eficiencia energética en los sistemas mediante diversos mecanismos: entrenamiento y capacitación de arquitectos e ingenieros, impulsar la ingeniería del aire acondicionado, difundir información técnica sobre las tecnologías y productos de aire acondicionado entre el gremio de la construcción y demás interesados.

Es importante promover la capacitación de técnicos de refrigeración y aire acondicionado incluyendo los aspectos energéticos por parte de instituciones como el SENA.

Difundir la importancia de adquirir equipos que cumplan estándares internacionales de ahorro de energía y de la operación apropiada de los mismos.

Para el ahorro de energía eléctrica y la sustitución de ACPM (y el cambio de sistemas de GLP principalmente en Medellín) es recomendable promover el uso del gas natural con mecanismos que permitan la conexión del mayor número de usuarios posible.