

Caracterización de la demanda de potencia y energía de estrato socioeconómico 2 y URE en propiedad horizontal

Murillo Diaz, Johanna Carolina., Portuguez, Jhon Freddy, Pérez Santos, Alexandra
johis302@hotmail.com, portuguez17@hotmail.com, asperezs@udistrital.edu.co
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica. Tecnología en Electricidad

Resumen

Se describen los resultados obtenidos al determinar la curva de demanda diaria de potencia y energía asociada al estrato socioeconómico dos en propiedad horizontal en la ciudad de Bogotá, D.C, Colombia, como insumo para el dimensionamiento de transformadores y redes de baja tensión. Identificando la potencia máxima diversificada, a partir del comportamiento de la carga residencial. Se confrontan los datos obtenidos, con respecto a las diferentes formas de dimensionamiento de transformadores y redes de baja tensión utilizados por las electrificadoras en los mercados más significativos en Colombia (Bogotá y Medellín).

En forma paralela se realiza en la propiedad horizontal el diagnóstico de las instalaciones eléctricas a la luz de la normatividad vigente y el levantamiento de planos unifilares, que en conjunto con estrategias de uso racional de energía propuestas para cada predio en particular, y que se presentan en forma de anexo, pretenden mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Bogotá, D.C.

Palabras clave: Demanda máxima diversificada, Dimensionamiento de transformadores, Normatividad en instalaciones eléctricas, Uso racional de energía.

Abstract

We describe the results obtained in determining the daily demand curve of power and energy associated to socioeconomic two condo in the city of Bogotá, DC, Colombia, as an input for the design of transformers and low voltage networks. Identifying the maximum power diversified from load behavior and residential areas over eight consecutive days of measurement. Obtained data were compared with respect to different ways of sizing transformers and low voltage networks used by power companies in most significant markets in Colombia.

In parallel, horizontal property held in the diagnosis of electrical installations in the light of current regulations and the surveying Unifilar, which together with strategies for rational use of energy proposals for each site, in

particular, submitted as an annex, will improve the quality of life of the habitants of the city of Bogotá, D.C

Keywords: Diversified maximum demand, sizing transformers, electrical installations norms, rational use of energy.

1. Introducción

En el área urbana de la ciudad de Bogotá, D.C. los servicios públicos domiciliarios tienen como clientes o suscriptores a personas naturales y jurídicas, para el caso del servicio de energía eléctrica domiciliaria este se presta bajo dos modalidades, residencial y no residencial. El servicio residencial es el que corresponde a los hogares o núcleos familiares, incluyendo las áreas comunes de los conjuntos habitacionales [1]. No existen estudios que describan el comportamiento de la demanda de potencia y energía eléctrica para usuarios residenciales, específicamente en propiedad horizontal de estrato socioeconómico dos, dado que la demanda de un sistema eléctrico se define como la carga que recibe un consumidor en promedio durante un intervalo de tiempo [2], si se quiere identificar la demanda máxima diversificada o modelar la demanda diaria de potencia y energía es necesario recurrir al uso de un equipo eléctrico con cualidades de registro, capaz de caracterizar el comportamiento de un circuito eléctrico y a su vez almacenar estos datos para un posterior análisis. Este modelamiento permite identificar estrategias de uso racional y eficiente de energía URE, con lo cual se pretende mejorar la calidad de vida de los usuarios, y crear conciencia del uso eficiente de la energía con un menor requerimiento de potencia, trayendo consigo

beneficios para sí mismos y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales, a través de un menor requerimiento de potencia instalada en el País, además se busca identificar la potencia nominal que debe tener un transformador en función del número de usuarios a atender, como insumo de diseño en un proyecto de

2. Propiedades horizontales objeto de estudio

El estudio se centra en propiedades de tipo horizontal ya que estas agrupan clientes de energía eléctrica del orden de centenas con características socioeconómicas similares, condición ideal para establecer la curva de demanda diaria de potencia, y la curva de demanda máxima diversificada.

El consumo de energía interno que presentó Colombia para el año 2009 ascendió a 46.356 [GWh/año]. Para este mismo año se contaron con 10.234.900 suscriptores al servicio de energía eléctrica de tipo residencial, que corresponden al 91,30% del total, y consumen el 41,15% de la energía.

La ciudad de Bogotá, D.C, consume el 15% del total de la energía del País, y el 21.02% de la energía de uso residencial del País. Cuenta con 2.138.821 suscriptores urbanos, de los cuales el 87,92% son residenciales y de estos el 34.9% son de estrato socioeconómico 2. Los suscriptores de estrato 2 presentan un consumo promedio de 162 [kWh/mes], son responsables de consumir el 35% de la energía de uso residencial en la ciudad [3].

En Colombia desde el año 2007 para ciudades que se encuentren por encima de 1.000 metros sobre el nivel del mar, se fijó el consumo de subsistencia en 130 [kWh/mes] [4], con el cual un cliente de energía eléctrica satisface sus necesidades básicas, y sobre el cual el Ministerio de Minas y Energía establece los correspondientes subsidios. Específicamente para el estrato socioeconómico dos el subsidio por consumo de subsistencia es de 50% [5].

En el año 2009 se contó con 1.034.430 predios en propiedad horizontal, donde el 14.96% equivalente a 154.751 corresponden al estrato socioeconómico dos, en Bogotá, D.C.

A partir de la base de datos de transformadores existentes en Bogotá, D.C., en la cual se identificaba la existencia de red de baja tensión asociada y la dirección, se procede a visitar y seleccionar las propiedades horizontales a intervenir.

vivienda de estrato socioeconómico 2, las tareas de campo relacionadas al estudio, tienen lugar en el mes de abril de 2010.

El estudio caracterizó tres propiedades horizontales pertenecientes al estrato dos, donde sus habitantes son clientes del servicio de gas natural domiciliario. En cada una de estas propiedades se intervino los centros de distribución asociados, caracterizando la demanda de potencia utilizando un equipo analizador de calidad y en forma paralela se realizó el diagnóstico técnico de las redes de baja tensión, caracterización de las cargas asociadas a zonas comunes y se plantearon estrategias URE, los resultados obtenidos para cada una de las propiedades se consignan en los informes anexos. Las principales características de cada una de las propiedades horizontales se presentan en la tabla I y II.

Conjunto Residencial	Número de clientes asociados al transformador	Centro de distribución	Potencia Nominal del Transformador [kVA]	Consumo promedio cliente [kWh/mes] (Muestra de 2 %)
Gaviotas 1 Primer Sector	96	CD 2073	225	153
Casalinda del Tunal Unidad 2 y 3	400	CD 16209	300	127
Casalinda del Tunal Unidad 4 y 5	400	CD 16180	300	150

Tabla : Conjuntos residenciales objeto de estudio.

Conjunto Residencial	Energía consumida Zonas Comunes [kWh/mes]	Bombas eléctricas # × [kW]	Neveras de uso comercial # × [kW]
Gaviotas 1 Primer Sector	66	3 × 3.72	--
Casalinda del Tunal Unidad 2 y 3	2.429	3 × 4.9	2 × 0,88
Casalinda del Tunal Unidad 4 y 5	6.976	3 × 4.9	2 × 0,88

Tabla : Cargas asociadas a zonas comunes.

3. Metodología empleada para determinar la curva de demanda diaria de potencia y el consumo de energía en usuarios residenciales.

La construcción de la curva de demanda de potencia exige la configuración e instalación de un equipo analizador de calidad capaz de realizar registro y almacenamiento de variables eléctricas constituyen el insumo para la construcción de base datos, y su interpretación.

La caracterización de la demanda de potencia de clientes actuando en grupos de centenas es primordial en el dimensionamiento de transformadores de distribución y diseño de redes de baja tensión para el sector residencial, en una ciudad como Bogotá, D.C., de alta densidad poblacional.

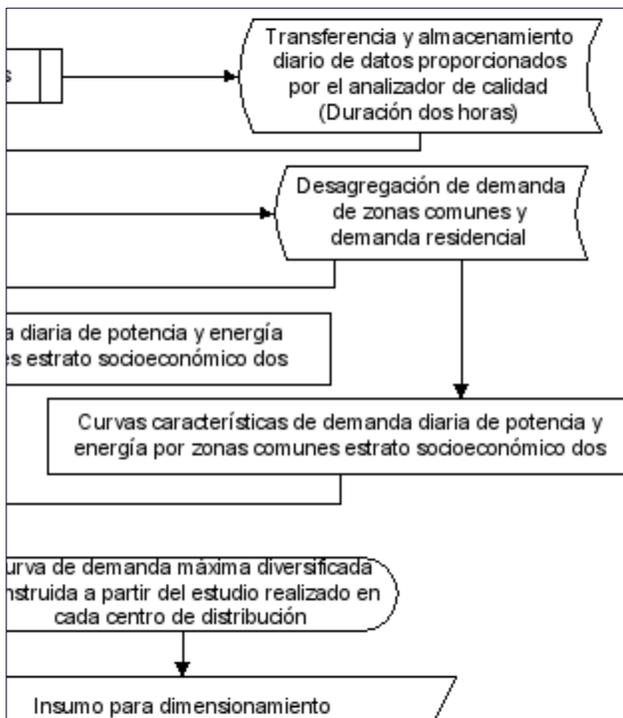


Figura : Metodología empleada.

3.1. Variables eléctricas a evaluar.

Las medidas de las variables eléctricas necesarias se obtienen utilizando un equipo analizador de calidad eléctrica instalado en uno de los barrajes del centro de

distribución en estudio de propiedad horizontal. El equipo es el analizador de calidad eléctrica Fluke 435. Dentro de sus características principales destaca la medición de los parámetros del sistema de alimentación eléctrica, como tensión y corriente de verdadero valor eficaz, frecuencia, alimentación, consumo eléctrico, desequilibrio y flicker [6]. Además cuenta con la opción de registro, donde se proporcionan lecturas de valores mínimos, máximos, y promedios de hasta 100 parámetros distintos tanto en las tres fases, como en el neutro, con un tiempo medio de medida ajustable hasta 0,5 segundos, dispone de memoria para registrar 400 parámetros con un minuto de resolución hasta un mes[6]. El tiempo de medida se ajusta en 10 segundos, de esta manera se garantiza que las medidas conformen una base de datos útil para este estudio, y para futuros estudios asociados a calidad de la potencia.

3.2. Medición de las variables eléctricas

Las medidas realizadas en los diferentes centros de distribución se realizan siguiendo la normatividad de trabajo en línea viva, y la posibilidad de instalación del equipo, es por eso que en las subestaciones los clientes caracterizados no son el total asociados al centro de distribución. Los parámetros que hacen parte de la base de datos construida empleando el analizador de calidad eléctrica requeridos para el estudio son: Potencia activa [W], Potencia reactiva [VAR], Potencia aparente [VA], Factor de potencia, de forma adicional se obtienen los parámetros de tensión [V] (rms y pico), Corriente [A] (rms y pico), Factor de cresta de tensión, Factor de cresta de corriente, Flicker, DPF, frecuencia [Hz], THD en tensión [%] y THD en corriente [%], con los que se puede realizar estudios sobre la calidad de la potencia en el sector residencial.

Los centros de distribución en los cuales se realizaron medidas se relacionan en la tabla III.

Conjunto Residencial	Centro de distribución CD	Usuarios asociados al CD	Cientes caracterizados	Zonas comunes caracterizadas [%]
Gaviotas 1 Primer Sector	2073	96	96	100
Casalinda del Tunal Unidad 2 y 3	16209	400	400	100
Casalinda del Tunal Unidad 4 y 5	16180	400	400	100

Tabla : Clientes y zonas comunes caracterizadas.

3.3. Demanda máxima diversificada y dimensionamiento de transformadores de distribución.

La curva de demanda diaria de potencia construida en el estudio para cada uno de los centros de distribución, es válida para un número determinado de clientes con disponibilidad de gas natural, en un estrato económico específico, en este caso el 2, y suministra un punto de la curva de demanda máxima diversificada (Potencia demandada por cliente, en función del número de clientes). El cociente entre la demanda máxima y el número de clientes, constituye la demanda máxima diversificada. Los puntos obtenidos responden a un comportamiento de tipo potencial decreciente.

Demanda Máxima Diversificada $DMD(c) = A * \text{clientes} - bkVA / \text{cliente}$

Ecuación

La NTC 2050, “permite calcular la capacidad de un transformador para edificaciones multifamiliares o grupo de viviendas, de acuerdo con las tablas o métodos establecidos por las empresas locales de suministro de energía.” [7]. Esto ha abierto la posibilidad a que cada Operador de Red (OR), utilice metodologías diferentes para la determinación de las demandas de los clientes, en función del número de clientes. Incluso algunos OR, se acogen a metodologías de OR que atienden mercados sustancialmente diferentes en densidad, existencia de energético sustituto, altura sobre el nivel del mar.

Es de resaltar que el operador de red Codensa S.A, establece criterios diferentes para seleccionar transformadores y para dimensionar redes de baja tensión. El resto de OR's utiliza el criterio de demanda máxima diversificada para las dos tareas anteriormente mencionadas, o carecen de metodologías de cálculo en su normatividad.

La curva de demanda máxima diversificada construida en el estudio, se confronta con lo establecido en norma de cada uno de los operadores de red: Codensa S.A. E.S.P. [8] y EPM E.S.P. [9] para el dimensionamiento de transformadores.

3.4 Metodología de tratamiento de datos

La base de datos correspondiente a cada uno de los días de registro, se compone de 8640 lecturas de cada

parámetro requerido por el estudio, los intervalos de agregación objeto de análisis corresponden a 10 minutos, de esta manera se crean 144 grupos de 60 datos cada uno, donde se identifica el valor máximo registrado en cada parámetro de potencia y el valor mínimo para el factor de potencia, de este modo se obtiene la demanda de potencia máxima registrada bajo las condiciones más adversas de trabajo para el transformador de distribución.

En las mediciones realizadas para caracterizar la demanda de potencia se encuentra inmersa la demanda residencial y la demanda de zonas comunes, estas se desagregan para cada uno de los siete días de la semana efectuando la diferencia entre la demanda diaria total y la demanda de zonas comunes.

Con el fin de obtener una curva de demanda diaria residencial más general, se combinan las curvas pertenecientes a días hábiles (lunes a viernes) y se combinan las curvas pertenecientes a días no hábiles (sábado y domingo), creando respectivamente una envolvente a partir de los valores máximos registrado en cada intervalo de agregación (10 minutos). Es de resaltar que esta curva es válida para el número de clientes residenciales objeto de medición.

Partiendo del valor máximo de potencia activa residencial en cada intervalo, se calcula la potencia activa por usuario, que es el resultado del cociente entre la potencia activa residencial y el número total de usuarios.

Para efectos de trasladar los datos obtenidos en abril al mes de más alta demanda de potencia, que en Colombia corresponde a diciembre, se utilizan los porcentajes de variación mes a mes propuestos en el Plan de Expansión 2009-2023, lo cual corresponde a un aumento del 6.53%.

De manera que se pueda obtener un mayor análisis de datos, se calcula la potencia en por unidad para cada intervalo realizando el cociente entre la potencia activa cada 10 minutos y el máximo valor de potencia registrada en el día.

Para obtener una sola curva característica del estrato socioeconómico dos se calcula un promedio entre los diferentes conjuntos residenciales para generar una representación hora – hora de la demanda de potencia expresada en por unidad figura 2.

Para la construcción de la curva de demanda máxima diversificada se halla un único valor de potencia máxima entre días hábiles y no hábiles, con un factor de potencia

representativo que es, para efectos de análisis, el que se encuentra presente en un 90% del tiempo, se calcula la potencia aparente realizando el cociente entre la potencia activa máxima y el factor de potencia representativo, empleando la metodología mencionada anteriormente se proyecta este valor al mes de Diciembre que es el mes de mayor demanda. Es de resaltar que este procedimiento se debe realizar para cada uno de los conjuntos residenciales evaluados.

Con el valor de la potencia aparente por usuario evaluada al mes de mayor demanda y el número total de usuarios (para cada conjunto residencial) se construye una curva de la que se obtiene una ecuación de forma potencial que representa la potencia demandada por el usuario en función del número de usuarios figura 5.

Para establecer el número de usuarios máximos asociados a un transformador de distribución se calcula el producto entre de usuarios y la potencia demandada por cada uno figura 6.

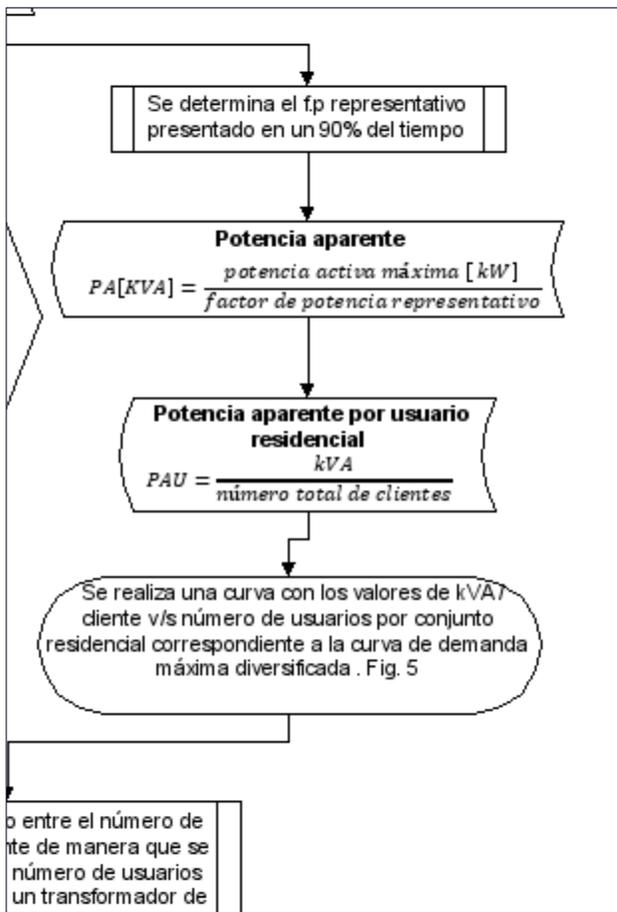


Figura 1.1 Metodología empleada para el tratamiento de los datos.

4. Resultados obtenidos

Los resultados permitieron establecer la energía promedio consumida al mes por usuario de estrato socioeconómico dos, la curva de demanda diaria en los centros de distribución, y la curva de demanda máxima diversificada.

4.1. Energía demanda promedio por usuario estrato socioeconómico dos.

El área bajo la curva de la demanda diaria establecida para cada uno de los días de la semana, permite establecer la energía promedio mensual para un usuario de estrato dos.



Ecuación

Donde:

i: Día correspondiente a la semana (1,2,3,...,7)

E: Energía diaria calculada a partir de método matemático Ec.3

n: n-ésima lectura registrada.

Para determinar el consumo diario de energía se utilizó la siguiente ecuación de tal manera que se puedan tener los 30 días del mes, utilizando datos cada 10 segundos para un total de 8640 datos, correspondientes a 1 día.

- Energía promedio

Energía kWh/día = $\sum_{i=1}^n a \Delta t \times P_i$

Ecuación 3

Pi: Lectura de potencia activa en punto i

i: Punto evaluado (1, 2,3,...,8640).

n: n-ésima lectura registrada.

Δt : Variación de tiempo (10 segundos)

El consumo promedio mensual de energía se consigna en la tabla IV.

Los registros de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios muestran que en el mes de abril un cliente de estrato socioeconómico dos requirió en promedio 130,0[kWh/mes], en comparación con el estudio se halla una diferencia de 5,84% por encima, con lo cual se establece coherencia en los resultados obtenidos.

Energía promedio mes medidos [kWh/mes]	Energía promedio mes (muestra 2%) [kWh/mes]
Energía promedio 138.07	Energía promedio 143.3

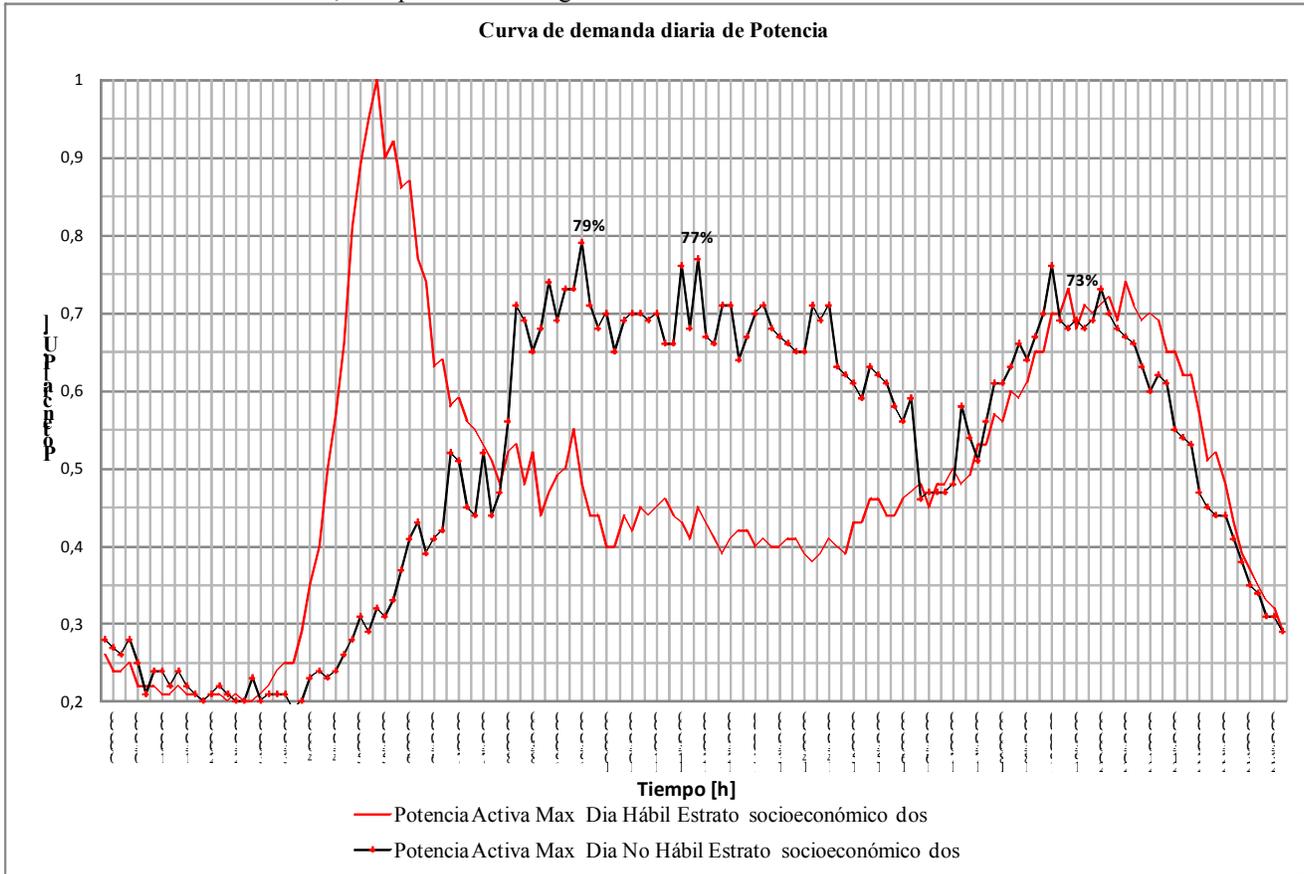
Tabla : Energía promedio mes [kWh/mes]

4.2. Curvas de demanda diaria y curva de duración de carga.

La curva de demanda diaria figura 2 es una representación hora – hora de la demanda de potencia expresada en por unidad, es posible representar también en [A], [kVA], [kW], [kVAr].

La curva representativa del día hábil, indica que la demanda máxima en el estrato socioeconómico 2 ocurre alrededor de las 05:30 horas, se presenta un segundo

aumento de la demanda a las 20:10 horas, con una magnitud de 73% de la demanda máxima.



La demanda mínima se presenta cerca de las 02:50 horas del día y corresponde al 20% sobre la demanda máxima.

Para días no hábiles la demanda máxima ocurre hacia las 09:40 y las 12:00 horas del día, con una magnitud del 79% y 77% respectivamente sobre la demanda máxima, la demanda mínima ocurre a las 04:00 horas del día y corresponde al 20% de la demanda máxima.

La curva de duración de carga figura 3, es una representación porcentual de la duración de la demanda

expresada en por unidad. Esta herramienta permite desagregar la demanda diaria en tres rangos diferenciables, la demanda considerada alta, la cual se encuentra entre el 70% y el 100% de la demanda máxima, la demanda media, que corresponde a demanda entre el 40% y el 70%, y la demanda inferior que corresponde a demandas por debajo del 40% de la demanda máxima.

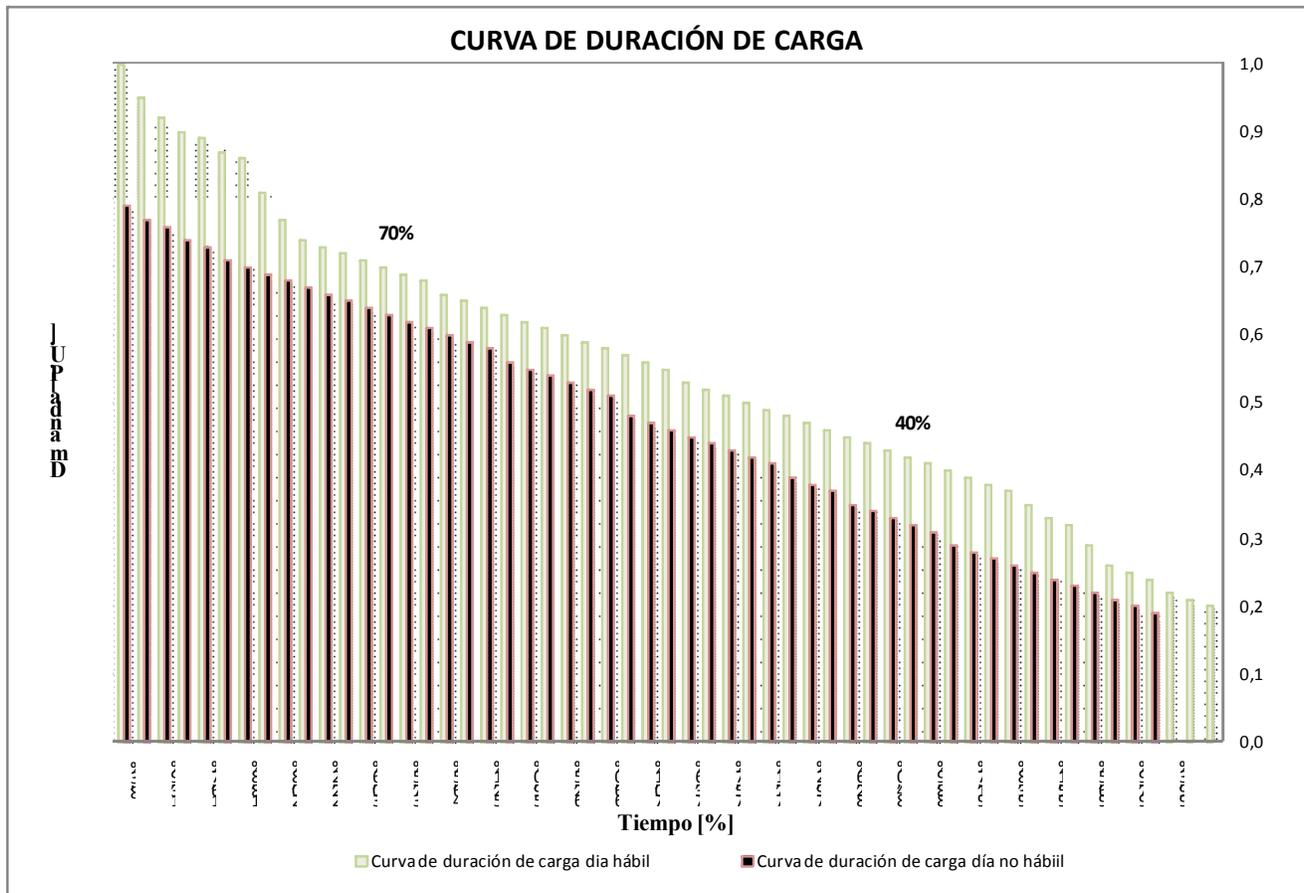


Figura : Curva de duración de para el estrato socioeconómico dos.

La curva de duración de carga representativa para el día hábil nos indica que el 30,6% del tiempo la demanda es alta, 58.3 % del tiempo la demanda es media y el 11.1% del tiempo la demanda es baja y para los días no hábiles los porcentajes de duración son 17,36%, 33,33%, 49,31% respectivamente.

4.3 Curva de duración de Factor de potencia

La curva de duración de factor de potencia representativo nos muestra la relación entre el factor de potencia en atraso (-) que se presenta en la demanda residencial y la frecuencia acumulada del mismo.

El factor de potencia que se debe mantener en la demanda residencial es de 0.9 (-) según la resolución CREG 108 de 1997 Art. 25.

Como se puede observar en la figura 4, el 37% del tiempo se tienen factores de potencia superiores o iguales a 0.9 (-). Se considera para efectos del estudio, que el factor de potencia representativo es 0.86 (-), pues el 90% del tiempo, se tiene un factor de potencia superior o igual.

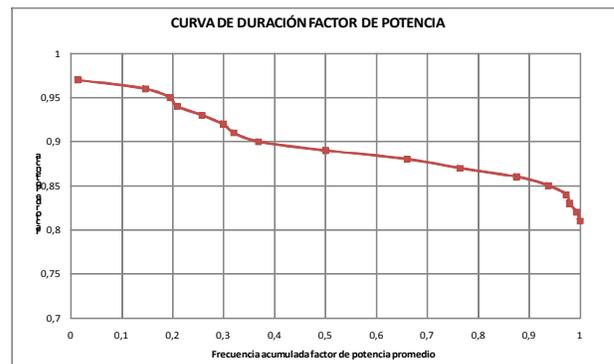


Figura 4: Curva de duración de factor de potencia.

4.4. Demanda máxima diversificada

La proyección de la demanda diaria de potencia del mes de abril al mes de diciembre, identifica la demanda máxima factible de ocurrir para un número determinado de usuarios, esto permite modelar la demanda máxima diversificada a través de una curva, la cual representa la demanda de potencia aparente por usuario, para un número determinado de usuarios, en el mes de mayor

demanda. La ecuación descriptiva se muestra a continuación.

Demanda máxima diversificada $DMd(c) = 3.452 c - 0,28$ [kVA/cliente]

c: Número de clientes

Ecuación 4

El OR Codensa S.A, maneja un criterio de diseño de redes de baja tensión (BT), asociada a la curva de demanda máxima diversificada descrita en la ecuación 5, mientras que para la selección de transformadores aplica el criterio de número máximo de usuarios con demandas diversificadas diferentes a los utilizados para el diseño de B.T Tabla V.

Demanda máxima diversificada $DMd(c) = 2,419 c - 0,22$ [kVA/cliente]

Ecuación 5

Potencia nominal del transformador [kVA]	Número de clientes asociados al transformador	Codensa S.A. E.S.P. [kVA/cliente]
15	41	0.37
30	82	0.37
45	122	0.37
75	200	0.38
112,5	295	0.38
150	390	0.38
225	563	0.4
300	650	0.46
400	1003	0.4

Tabla : Demanda máxima diversificada estrato 2 sin cargas comunes Codensa S.A. E.S.P.

EPM E.S.P. establece una demanda máxima diversificada tanto para el dimensionamiento de redes como para el dimensionamiento de transformadores de distribución.

De manera general se describen lo más significativo en la tabla VI.

Potencia nominal del transformador [kVA]	Número de clientes	EPM E.S.P. [kVA/cliente]
15	12	1.25
30	27	1.11
45	41	1.10

Tabla : Demanda máxima diversificada estrato 2 sin cargas comunes EPM E.S.P.

Para diseño de redes de baja tensión, la metodología propuesta por los operadores de red, como la propuesta en el estudio, se muestran en la figura 5

La curva de demanda máxima diversificada propuesta por el presente estudio, se muestra por encima de las curvas de demanda máxima diversificada de los operadores de red, lo cual indica que en el diseño de redes de baja tensión, se estaría realizando con demandas promedio por usuario inferiores.

Se puede presumir que la red de baja tensión, presentaría condiciones de sobrecarga en hora pico.

4.5. Selección de potencia nominal de transformador

La metodología empleada por cada uno de los operadores de red establece el número de usuarios máximos asociados a un transformador de distribución, cada una de las metodologías propuestas por los operadores de red, son evaluadas a partir de los resultados obtenidos por el estudio. Figura 6.

Como se puede observar en la figura 6 existe una notable diferencia en los transformadores de baja potencia para los diferentes Operadores de red, a un transformador de 15 [kVA] por ejemplo Codensa S.A. E.S.P asigna 41 clientes, EPM E.S.P. asigna 12 clientes y según el estudio realizado se encontró que este se satura con 8 clientes.

Según el estudio realizado a medida que la capacidad del transformador va aumentando, el número de usuarios crece y la demanda diversificada por usuarios disminuye considerablemente. Para un transformador de 15 [kVA] la demanda diversificada por usuario es de 1,88 [kVA/cliente], para transformadores entre 300 [kVA] y 750 [kVA] se presenta una demanda diversificada constante de 0,61 [kVA/cliente].

Según la metodología planteada por operador de red Codensa S.A. E.S.P la demanda diversificada aumenta a medida que aumenta la capacidad del transformador y el número de clientes, para transformadores entre 15 [kVA] y 225 [kVA] se presenta una demanda máxima diversificada en promedio de 0,37 [kVA/cliente], para transformadores de 400 [kVA] y 750 [kVA] se presenta una demanda diversificada constante de 0.4 [kVA/cliente].

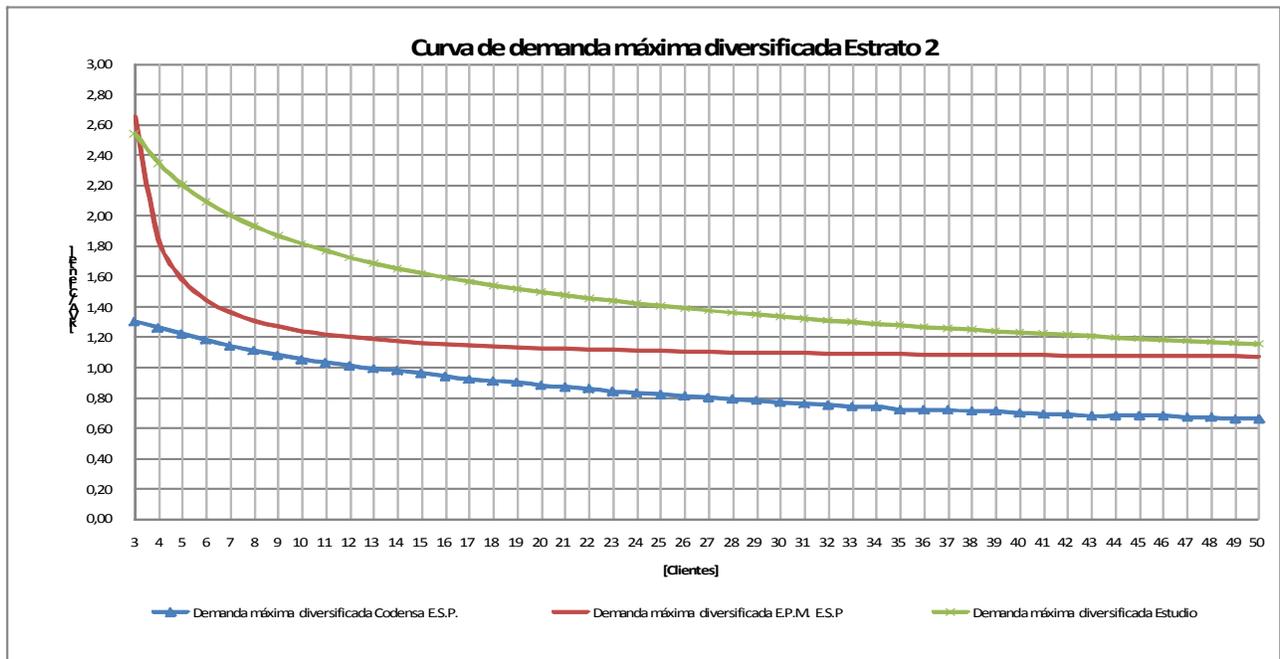


Figura 5: Demandas máximas diversificas para diseño de redes de baja tensión.

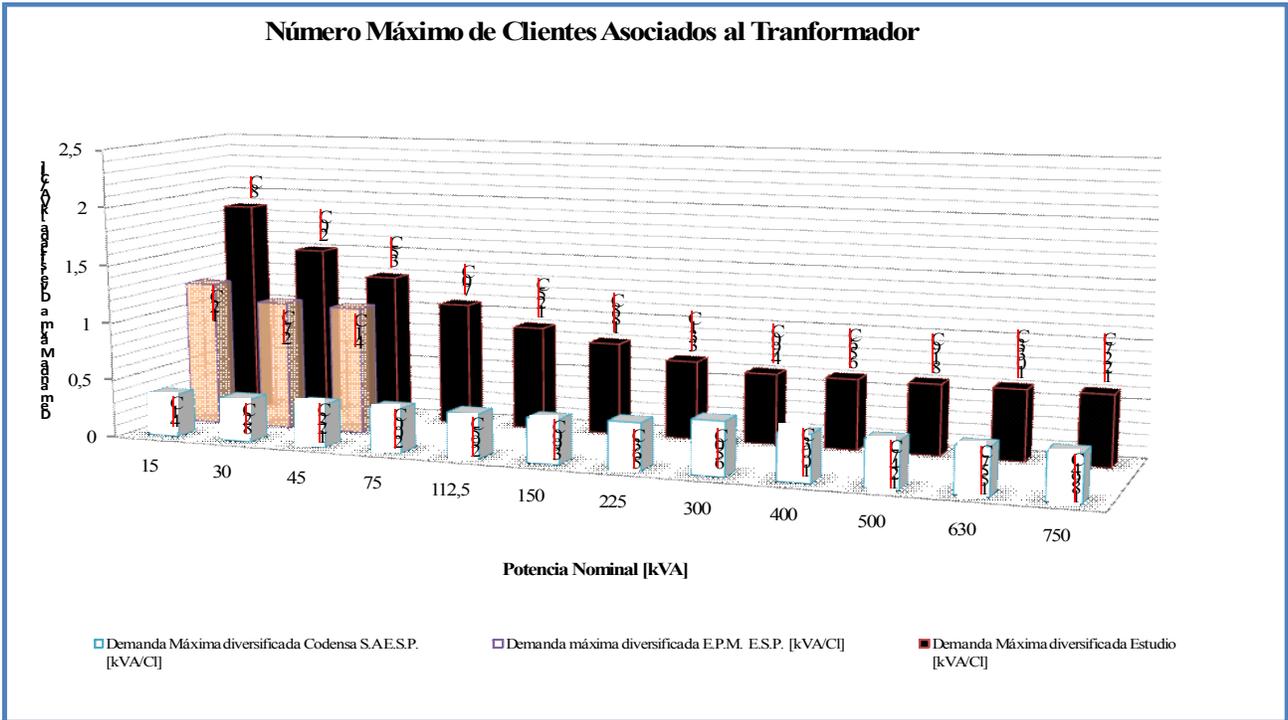


Figura 6: Clientes máximos por transformador de distribución.

Esto refleja que la estimación de la demanda máxima diversificada se realiza sin tener en cuenta la variación que esta presenta en función de la cantidad de clientes

actuando en conjunto, lo que afecta directamente la variación de la cargabilidad sobre el transformador, de igual manera no se prevé la proyección de la demanda a

varios años. Si se dimensiona un transformador con estas características, este puede llegar a operar bajo condición de sobrecarga, disminuyendo así su vida útil promedio además de afectar en la calidad del servicio a los clientes asociados a él.

En la metodología empleada por el operador de red Empresas Publicas de Medellín EPM S.A. E.S.P. Se encuentra publicada la demanda diversificada hasta 50 usuarios únicamente con los que únicamente se puede estimar con certeza los transformadores de 15 [kVA], 30 [kVA] y 45 [kVA], a medida que aumenta la capacidad del transformador aumenta el número de clientes y disminuye la demanda diversificada por usuario,

Para un transformador de 15 [kVA] según el Operador de red Empresas Públicas de Medellín EPM S.A. E.S.P. la demanda máxima diversificada es de 1,25 [kVA/cliente], ya que la norma esta publicada desde el año 2000, sugiere una actualización. Para un transformador de 30 [kVA] la demanda diversificada, es de 1,11 [kVA/cliente], Para un transformador de 45 [kVA] la demanda diversificada es de 1,10 [kVA/cliente]en este punto se sigue evidenciando la posible operación en sobrecarga para el transformador de distribución, presentándose así los mismos problemas de sobrecarga y menor vida útil.

Para dar un ejemplo en la tabla N°VII se muestra un comparativo entre los diferentes conjuntos objetos de estudio donde se relaciona la potencia pico de cada uno y los transformadores que según el operador de red Codensa S.A. aplicando su metodología actual.

Conjunto residencial	N° de usuarios	% de Sobrecarga	% Duración diaria de la Sobrecarga	Potencia pico registrada [kVA]	Transformador asignado según Codensa [kVA]	Transformador asignado según estudio [kVA]
Casalinda del tunal unidad 2-3	400	109,34	0,69	246,02	225	300
Casalinda del tunal unidad 4-5	400	100,15	4,17	225,34	225	300
Gaviotas 1er sector	96	210,6	0,69	94,77	45	112,5

Tabla N°VII. Asignación de transformadores Codensa S.A v/s Estudio

5. Uso racional y eficiente de energía URE

Con este concepto se pretende dar a conocer la mejor forma para utilizar la energía eléctrica, hacer un uso racional no significa dejar de usar la energía, es hacer un uso eficiente de la misma, aprovecharla al máximo optimizando todos sus procesos desde la generación, transformación, transmisión, distribución y uso final siempre buscando en cada una de estas etapas el desarrollo sostenible.

Cuando se hace un uso consciente y se utiliza lo estrictamente necesario se está haciendo uso racional de energía y se aprovecha al máximo todos los recursos naturales que se usan para su generación.

5.1. ¿Cómo hacer URE?

En las labores cotidianas por lo general se usa la energía eléctrica, entonces, cuando se apaga la luz de una zona que ya no se está utilizando se hace URE, si se usa la bicicleta en lugar del carro se hace URE, si al bañarse cierra la ducha mientras se enjabona estará haciendo URE y así existen muchas formas en las que se puede hacer un uso más benéfico de la energía eléctrica para todos. En la actualidad hay muchos elementos puestos al servicio para este fin, el uso de iluminación fluorescente en lugar de la incandescente y el uso de temporizadores y sensores para el ahorro de energía son sólo algunos ejemplos, se han puesto en marcha además nuevos proyectos en los cuales las energías renovables juegan un papel fundamental para cubrir la demanda, la generación eólica y el uso de paneles solares son buenos ejemplos de este tipo de energía y la más importante la generación de consciencia en los usuarios finales son los que llevan a hacer un buen URE.

5.2. URE en unidades habitacionales

Existen muchas formas de hacer URE en los hogares una de esas es el cambio de iluminación, se debe cambiar los bombillos incandescentes por bombillos fluorescentes, estos brinda una eficacia lumínica mayor [lm/W], lo que a futuro se convierte en ahorro de energía con el mismo nivel de iluminación.

Iluminar la casa no significa simplemente instalar bombillos para cuando falte la luz natural, se deben tener en cuenta factores como las tareas que se van a realizar en el área a iluminar, las personas que van a permanecer en el área, los niveles adecuados de iluminación y el confort que se quiera tener. Por ejemplo en una casa convencional se puede ver seis zonas de trabajo cada una de ellas requiere niveles de iluminación en luxes (lx) diferentes:

En la habitación lo aconsejable es tener un nivel general de iluminación de 150 lx, de ser posible una iluminación más tenue en la zona de descanso que se consigue con una lámpara de mesa o con apliques articulados a cada lado de la cama.

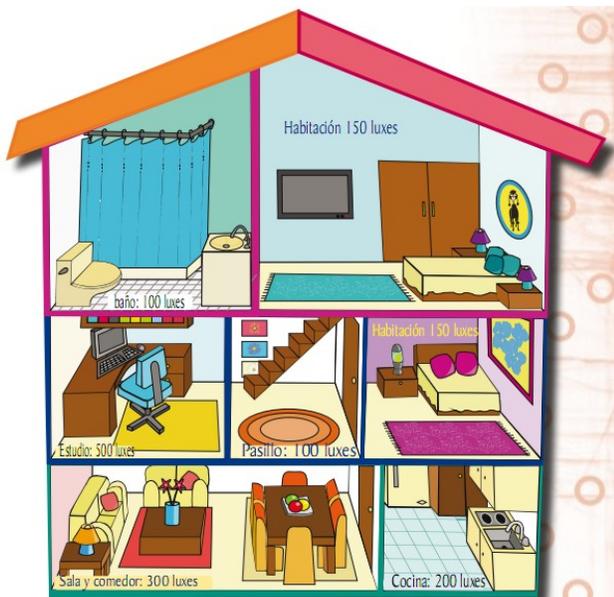


Figura 7. Niveles de iluminación en el hogar [12].

Lo aconsejable para la iluminación general en el baño es de 100 lx y se pueden instalar además lámparas de iluminación puntual a los lados del espejo para evitar sombras en el rostro.

En la cocina lo que se recomienda es un nivel de iluminación general de 200lx aunque se puede instalar iluminación puntual halógena en la zona de cocción, esto brindará una mejor reproducción del color de los alimentos.

La sala es el lugar que más se usa en la casa, ya sea para recibir visita, descansar, ver televisión o leer un libro, por eso lo recomendable es tener un nivel promedio de iluminación de 300 lx y de ser posible tener un control de iluminación por zonas seguramente no se va a utilizar el mismo nivel de iluminación para leer un libro que para ver televisión o jugar a las cartas.

Estos son sólo algunos ejemplos de lo que se necesita para iluminar la casa garantizando los niveles aconsejables de iluminación y el uso racional de energía.

Las prácticas que contribuyen con el uso racional y eficiente de la energía para una vivienda de estrato socioeconómico dos se presentan en los informes anexos al presente artículo. En ellas se identifica las zonas y se sugieren recomendaciones para las mismas con las cuales se contribuyan a una implementación adecuada de URE.

5.2.1 Indicadores económicos al usuario final

Para determinar el beneficio - costo que representa una lámpara fluorescente compacta frente a una incandescente se realizará un ejercicio en el cual se va a trabajar con una lámpara incandescente de 100W y su equivalente en fluorescente de 22W, cuyas características se pueden observar en la Tabla I.

Marca	Tipo	Precio bombilla \$	Potencia Nominal [W]	Flujo nominal (lm)	Vida Promedio (h)
OSRAM	Incandescente	1.131	100	1.340	1.000
Equivalente en fluorescente					
OSRAM	Fluorescente Compacta	10.075	22	1.360	20.000

Tabla : Tabla comparativa diferentes tecnologías de lámparas

La vida útil de las lámparas fluorescentes se ve reducida si son encendidas y apagadas de manera continua, puesto que su acción de encender les cuesta cierto trabajo, para ello en este ejercicio vamos a afectar la vida útil de estas lámparas con un factor de 0.5, es decir la vida útil que tendríamos sería de 10.000.

Para poder determinar las características de la lámpara que va a ser reemplazada es necesario tener en cuenta el flujo luminoso el cual se puede observar en el empaque, si se quiere adquirir otra lámpara más eficiente se debe tratar de mantener el mismo nivel de iluminación a una potencia menor, como se ve en la tabla , una lámpara incandescente de 100W posee un flujo luminoso de 1340 lm y una tipo fluorescente compacta posee 1360 lm, con una potencia de 22W.

En la tabla I se puede observar el tiempo de utilización y energía consumida de las bombillas.

Horas de uso anuales	
Nº de bombillas estrato socioeconómico 2	7
Semanas al año	52
Días a la semana	7
Horas de uso diarias	3
Total horas anuales	1.092
Energía anual lámparas incandescentes kW-h	764.4
Energía quinquenal lámparas incandescentes kW-h	3.822

Energía anual lámparas Fluorescentes kW-h	168.168
Energía quinquenal lámparas Fluorescentes kW-h	840.84

Tabla I: Tiempos de utilización y energía de las bombillas

$HU = \text{Semanas al año} * \text{Días a la semana} * \text{Hora de uso diaria} * \text{Tiempo}$

evaluado

HU=horas de utilización

Ecuación 6

Energía kW-h=Promedio bombillas*Potencia de la bombilla kW*HU

En la tabla y la tabla XI se puede observar los costos de energía en diferentes intervalos de tiempo y el costo inicial de las bombillas.

Costos del Consumo de energía eléctrica en 5 años kW-h	Incandescente		Fluorescentes compactas		
	Costo de la bombilla en 5 años	Costo total en 5 años	Costos del Consumo de energía eléctrica en 5 años kW-h	Costo de la bombilla en 5 años	Costo total en 5 años
\$ 1'238.148	\$ 42.989	\$ 1'281.137	\$ 272.392	\$ 70.525	\$ 342.917

Tabla X: Consumos de energía a 5 años

Costos del Consumo de energía eléctrica en 1 año kW-h	Incandescente		Fluorescentes compactas		
	Costo de la bombilla en 1 año	Costo total en 1 año	Costos del Consumo de energía eléctrica en 1 año kWh/1año	Costo de la bombilla en 1 año	Costo total en 1 año \$/1 año
\$ 247.630	\$ 8.550	\$ 256.180	\$ 54.478	70.525	\$ 125.003

Tabla XI: Consumos de energía a 1 año

$CE = \text{Valor } \$ \text{ kW-h} * \text{Energía kW-h}$

Ecuación 7

CE=Costos del consumo de energía eléctrica

El valor promedio de kW- h para estrato 2 es de \$323,9528

Según el levantamiento de iluminación realizado en conjuntos residenciales de estrato 2 se encontró que el promedio de salidas de iluminación es de 7 lámparas.

Debido a que la vida útil de las lámparas incandescentes es de 1000 horas, con un tiempo de utilización de 3 horas diarias, la fracción de años que serian satisfechos con un bombillo seria de 0.91.

$FA = \text{Vida util (h)} / \text{Horas de utilización diarias} * \text{días al año} / \text{tiempo}$

evaluado

Ecuación 8

FA=Fracción de años que son satisfechos

Por lo tanto el número de bombillas que deben ser reemplazadas en un año es de 1.08, y en 5 años seria de 5.43.

$CB = \text{Promedio bombillas} * \text{Precio de la bombilla} * N^{\circ} \text{ de veces que es}$

reemplazada

Ecuación 9

CB=Costos de las bombillas

Cabe resaltar que existe un fondo creado para administrar y distribuir los recursos asignados del presupuesto nacional (FSSRI)¹, destinados a cubrir los subsidios de energía y gas a diferentes usuarios, para el estrato dos el subsidio es del 50%.

Según un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia [11], el consumo de energía en iluminación corresponde al 21% del pago mensual en la factura, si se tiene en cuenta que el promedio del pago mensual en la energía eléctrica es aprox. \$45.142,67 el precio mensual por iluminación sería de \$9.480, si realizamos el cambio de tecnología incandescente a fluorescente compacta la tarifa se reduciría a \$2.086, el porcentaje de iluminación sería del 5%, y el valor en la tarifa bajaría de \$45.142,67 a \$37.920 una disminución del 16%.Tabla XII.

Pago actual mensual promedio de energía \$	Pago de energía mensual por iluminación	Porcentaje de iluminación %	Pago de energía mensual por iluminación \$	Porcentaje iluminación %
\$45.142,67	\$ 9480	21%	\$ 2086	5%

Tabla XII: Disminución en costos de tarificación

El ahorro que se tendría mensualmente sería de \$ 7.222, la inversión inicial para el cambio de tecnología es de \$70.525 y el tiempo en el que se recuperaría la inversión sería en 10 meses. Tabla XIII.

Pago mensual promedio de energía eléctrica	Nuevo valor de factura con LFC	Ahorro mensual	Inversión inicial	Meses de recuperación de inversión
\$45.142,67	\$ 37.920	\$ 7.222,83	\$ 70.525	10

Tabla XIII: Disminución en costos de tarificación

¹Fondo de solidaridad para subsidios y redistribución de ingresos. Administra y distribuye recursos asignados del presupuesto nacional destinados a cubrir subsidios de los servicios de energía y gas, combustible por red de usuarios de los estratos 1, 2 y 3.

El URE también se puede lograr optimizando el uso de los electrodomésticos, según EPM si una persona usara todos los electrodomésticos básicos destinados en el hogar gastaría aproximadamente 50 kW-h/mes.



Como normas básicas para hacer URE en los electrodomésticos se tienen:



El calentador entre los electrodomésticos se puede decir que es el rey del consumo, uno de 20 galones requiere de 2200 W de potencia, con un uso promedio diario de 1 hora, se tendría una energía mensual consumida de 66 kW-h/mes. lo ideal es tener calentador de gas.



La olla arrocera no requiere gran potencia solo 600W, con uso promedio diario de 1 hora, se tendría una energía mensual consumida de 18 (kW-h/mes), lo que incide en el gasto de energía es dejarla conectada luego de la cocción del arroz y apáguela inmediatamente termine de cocinar



La estufa eléctrica hace parte de los grandes consumidores, requiere 3300W de potencia y para un uso diario de 2 horas, el consumo es de 198 (kW-h/mes), lo ideal es en lo posible evitar su uso ó usar hornos más pequeños o microondas que consume menos.



La plancha requiere 1000W de potencia, con un uso promedio diario de 1 hora, se tendría una energía mensual consumida de 30 kW-h/mes, lo recomendable es no usar la plancha para pocas prendas y en lo posible planchar primero las prendas más livianas (prendas de algodón y otras fibras) y luego la ropa más pesada.



La lavadora necesita 750W de potencia, con un uso promedio diario de 1 hora, se tendría una energía mensual consumida de 22.5 kW-h/mes, se recomienda usarla a plena capacidad con toda la ropa que pueda lavar y en lo posible usarla máximo dos veces a la semana. No es necesario usar el agua caliente.

La nevera tiene una potencia nominal de 100 W, con un uso promedio diario de 24 horas, se tendría una energía mensual consumida de 72 kW-h/mes en neveras de uno o dos cuerpos, pero su consumo se eleva cuando se abre y se cierra de forma constante o se deja abierta inconscientemente por que impide la recarga de energía para la acumulación de frío.



El televisor posee una potencia nominal de 100W, con un uso diario de 4 horas, se tendría una energía mensual consumida de 12 kW-h/mes por hora, el problema es que es un acompañante en el hogar y hasta se utiliza como arrullador para conciliar el sueño.

5.3. URE en Zonas comunes

Las propuestas para la implementación del uso racional de energía en zonas comunes en propiedades horizontales, dependen de su infraestructura, el año de puesta en marcha y mantenimiento en equipos asociados a servicios comunes. Los puntos principales del estudio se centraron en iluminación y diferentes tipos de motores, ya que estos caracterizan principalmente las demandas en zonas comunes.

En general el cambio de tecnología en estas zonas y la reubicación de la iluminación es lo que prevalece a la hora de realizar el diseño de iluminación en zonas comunes además del mantenimiento preventivo y correctivo mensual que se debe realizar a las diferentes lámparas. El diseño de la iluminación y el respectivo cambio de tecnología se realizaron tomando en cuenta los datos arrojados por el software para iluminación DIALUX.

Algunos concejos para mejorar y alargar la vida útil de las lámparas de zonas comunes son:

- Aprovechar al máximo la luz natural.
- Usar colores claros en techos y paredes para reducir el nivel de iluminación artificial, en los puntos fijos.
- No dejar encendidas fuentes luminosas que no se estén utilizando.
- Limpiar periódicamente las bombillas esto permite aumentar la luminosidad sin aumentar la potencia.
- Instalar detectores de presencia o interruptores temporizados.

En los conjuntos objeto de estudio se recomienda reducir los consumos en las horas de baja circulación de personas y vehículos, mediante el uso de tecnologías de control y por supuesto la concientización de cada uno de los habitantes.

En los puntos fijos de los conjuntos residenciales objeto de estudio la iluminación que actualmente se está utilizando es incandescente de 100W, por lo tanto se recomienda realizar el cambio a bombillos fluorescentes compactos, de manera que se pueda reducir el consumo, de igual manera se recomienda el uso de sensores de presencia infrarrojos, los cuales proporcionan encendido y apagado automático de las cargas de iluminación para aumentar la seguridad y de generar ahorro de energía, de igual manera posee una fotocelda que previene el encendido de las luces cuando el espacio está iluminado adecuadamente por luz natural.

Según el estudio realizado en los diferentes conjuntos residenciales de estrato dos el cambio de tecnología a fluorescente compacta podría generar un ahorro promedio hasta del 50%, (Ver anexos).

Por otro lado se tienen las zonas comunes en las que se encuentra la iluminación en parqueaderos y la iluminación perimetral, en las que la mayor recomendación es programar mantenimientos periódicos, donde se evalué el estado de las lámparas y se realice un cambio si es necesario y se realice limpieza de las luminarias ya que esto permite aumentar la luminosidad sin aumentar la potencia.

En los motores (ver anexos) se optó por realizar mantenimientos preventivos y correctivos en algunos casos, ya que algunos de ellos se encuentran con un funcionamiento inadecuado.

6. Resultados obtenidos Uso racional de energía

De primera mano los resultados obtenidos por las estrategias propuestas se ven reflejados en el tiempo, estos dependen principalmente del porcentaje de ahorro que se desea obtener, y el costo de la inversión inicial. Actualmente lo que se realizó es presumir el impacto y los resultados que se pueden obtener en base a las diferentes propuestas (ver anexos), esto también con el objetivo de ilustrar a la propiedad horizontal acerca de la inversión inicial, y el beneficio brindado. Cada uno de las propuestas se basa estrictamente en los diagnósticos realizados en las tres propiedades horizontales, (ver anexos).

En los usuarios residenciales se puede generalizar el mismo resultado final, ya que las condiciones socioeconómicas que presentan son similares para cualquiera de estos.

- Según el diseño realizado para cada una de las propiedades horizontales el cambio de tecnología de iluminación incandescente por bombillos fluorescentes genera un ahorro de hasta el 70% del consumo además de obtener mejores resultados en los niveles de iluminación.
- En las zonas comunes es indispensable realizar mantenimiento preventivo a cada una de las lámparas al menos semestralmente, debido a que en las tres propiedades horizontales esta iluminación se encuentra expuesta a contaminación química y muchas veces física bajando considerablemente los niveles de iluminación.
- El mantenimiento en equipos electromecánicos residenciales, garantiza una operación eficiente de los mismos, equipos como neveras, lavadoras, secadoras, aspiradoras, deben tener un mantenimiento periódico.
- Durante el estudio se observó que los administradores de los conjuntos residenciales ignoran en muchos aspectos las tecnologías existentes para el uso racional de energía y por eso se debe enfatizar más en la generación de conciencia para el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, capacitaciones y entrega de folletos donde se mencionen las bondades del URE pueden ser de gran ayuda para ellos.

A partir de la socialización de los resultados en las diferentes propiedades horizontales se busca que se adopten iniciativas y se cree una conciencia de uso racional de energía, que traiga consigo un mejoramiento en el nivel de vida, como también en costos de facturación de energía eléctrica, factor que hace más fácil las labores de implementación de estrategias URE, ya que es el primer indicador en el cual los clientes confirman que es útil realizar este tipo de prácticas.

7. Conclusiones.

La demanda de potencia máxima para un conjunto residencial debe ser caracterizada para días hábiles y no hábiles, como se puede observar en las gráficas, presentan curvas totalmente diferentes. Con picos relevantes en diferentes horas del día.

En los días hábiles la mayor demanda de potencia se presenta hacia las horas de la mañana 5:30, y en las noches entre las 19:30 y 20:40, esto debido a que en las horas de la mañana hacia las 5:00 inician las actividades laborales y estudiantiles de la mayoría de hogares, por lo tanto existe un gran consumo de energía (por uso de duchas eléctricas, planchas), y luego en las horas de la noche culminan las actividades y vuelve a existir otro consumo considerable (Uso de planchas, televisores etc).

El estudio de la demanda diversificada para el estrato socioeconómico dos con el servicio de gas natural, empleada para el dimensionamiento de transformadores, en comparación con las tablas que actualmente están siendo utilizadas por Codensa S.A. E.S.P. o EPM S.A. E.S.P, muestran que los transformadores empleados por estos operadores de red utilizan mayor número de clientes por transformador, por tal razón, la demanda máxima diversificada asignada a cada usuario es mucho menor, y esto podría provocar una sobrecarga del transformador. Por tal razón se recomienda realizar una revisión a estos métodos y ajustarlos a las necesidades de cada estrato, teniendo en cuenta todos los aspectos que intervienen en la demanda de energía.

En la mayoría de hogares se están implementando estrategias de uso racional de energía como lo es el cambio de tecnología incandescente a fluorescente compacta, pero falta un poco más de información con respecto a los diferentes cambios en los comportamientos que conduzcan a un uso adecuado de la energía, como son: Hacer uso de electrodomésticos de baja potencia

8. Referencias

- [1]. **Resolución CREG 108.** Por la cual se señalan criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible por red física. Bogotá, D.C.; Colombia : Comisión Nacional de Energía y Gas, 1997.
- [2]. **Pérez Santos, Alexandra Sashenka.** Características de la carga. Notas de clase. Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005.
- [3]. **Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.** Sistema Único de Información de Servicios Públicos. *Energía Eléctrica*. [En línea] 01 de Junio de 2010. [Citado el: 01 de Junio de 2010.] <http://www.sui.gov.co>.
- [4]. **Resolución 0355.** Por la cual se modifica el consumo de subsistencia del servicio de energía eléctrica. Bogotá, D.C. : Unidad de Planeación Minero Energética, 2004.
- [5]. **Ley 142.** Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras

disposiciones. Bogotá, D.C. : Ministerio de Minas y Energía , 1994.

[6]. **Fluke Ibérica, S.L.** Fluke Ibérica. *Fluke Ibérica*. [En línea] 2006. [Citado el: 18 de Enero de 2010.] www.fluke.es.

[7]. **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC** .*Código eléctrico colombiano – NTC 2050 Primera Actualización*. Bogotá, D.C. : Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 2002.

[8]. **Departamento Normas Técnicas CODENSA S.A. E.S.P.***Carga Máxima para el sector Residencial*. Bogotá, D.C. : CODENSA S.A. E.S.P., 2010.

[9]. **Empresas Públicas de Medellín EPM E.S.P.***Zonas de demanda*. Medellín : Empresas Públicas de Medellín EPM S.A. E.S.P., 2000.

[10]. **Decreto 3450**.*Por el cual se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la energía*. Bogotá, D.C. : Ministerio de Minas y Energía , 2008

[11]. **Universidad Nacional de Colombia**. *Caracterización de las bombillas para uso interior Comercializadas en Colombia*. Bogotá, D.C. : Upme, 2008.

[12]. **Universidad Nacional de Colombia***Alumbrado interior de edificaciones residenciales. Guía didáctica para el buen uso de la energía*. Bogotá, DC. : Upme, 2007.