

**ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL FACTOR DE CARGA EN EL VALLE DE ABURRA
PARA USUARIOS RESIDENCIALES.**

HERMAN JOSE FOLIACO ROHENES

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

MEDELLÍN

2015

**ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL FACTOR DE CARGA EN EL VALLE DE ABURRA
PARA USUARIOS RESIDENCIALES.**

HERMAN JOSE FOLIACO ROHENES

**Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Ingeniería, Área
transmisión y distribución de Energía Eléctrica**

Director

Gabriel Suarez

Ingeniero Electricista, MSc

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

MEDELLÍN

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Medellín 7 de abril del 2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios, a mi esposa Jeanneth Toquica, a mis hijos Isabella y Juan Sebastián por el apoyo incondicional durante este tiempo de estudio y de trabajo.

Un agradecimiento muy especial a mis amigos y compañeros de estudio Mario Cifuentes y Daniel Díaz por el apoyo en todos los proyectos durante todo el tiempo de estudio.

Debo agradecer también a todos los grandes profesores de la Especialización T y D de la Universidad Pontificia Bolivariana por sus enseñanzas y aportes.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor por el apoyo brindado.

CONTENIDO

Resumen.....	11
Introducción.....	12
Desarrollo de los objetivos propuestos en el trabajo de grado.....	13
1. Investigación sobre el factor de carga, su utilidad y aplicación a nivel mundial.	14
A-Factor de carga en la ciudad de Quito	16
B-Factor de carga sector residencial en Costa rica	19
C-Factor de carga en las diferentes ciudades de Estados Unidos.....	19
D- Factor de carga Perú.....	20
E- Factor de carga Chile	21
F- Factor de carga Colombia.....	23
1.1. Nuevas tecnologías para mejorar el factor de carga.....	24
2. Analizar y presentar gráficamente la distribución del factor de carga en el Valle de Aburra con variables de estrato, municipio, barrio o comuna.	29
3. Con los resultados obtenidos de las curvas resultantes, observar cómo se distribuyen o agrupan los factores de carga geográficamente en el Valle de Aburra.	36
Aplicabilidad	41
Conclusiones.....	44
Bibliografía.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1. Metodología TYD para el presente trabajo de grado.....	13
Figura. 2. Grafica ilustrativa del factor de carga típica en una semana para clientes en el mes de Julio en Chile. (Gómez, 2007)	14
Figura. 3. Curva ejemplo factor de carga bajo.....	15
Figura. 4. Curva ejemplo factor de carga optimo.....	16
Figura. 5. Demanda del sistema EEQSA en el día de demanda máxima del 2005 (Herrera, 2007)	17
Figura. 6. Curva de carga de la subestación Cristianía (18), alimentación a 23 kV (Herrera, 2007)	18
Figura. 7. Curva de carga (Gomez, 2007).....	21
Figura. 8. Curva de carga resultante para los clientes BT1 (Gomez, 2007)	23
Figura. 9. Municipios pertenecientes al Valle de Aburra. (Metropol, 2015).....	29
Figura. 10. Comunas del municipio de Medellín (Metropol, 2015).....	30
Figura. 11. Distribución de transformadores del Valle de Aburra	31
Figura. 12. Distribución de transformadores en las comunas de Medellín.....	31
Figura. 13. Factos de carga vs comunas de Medellín	32
Figura. 14. Factor de carga vs municipios del Valle de Aburra.....	33
Figura. 15. Factor de carga vs estratos del Valle de Aburra.....	34
Figura. 16. Factor de carga vs estratos del municipio de Medellín.	35
Figura. 17. Norte Valle de Aburra	36
Figura. 18. Sur Valle de Aburra.....	37
Figura. 19. Municipio de Medellín	38
Figura. 20. Municipio de Bello.....	39
Figura. 21. Municipio de Envigado	39
Figura. 22. Distribución de clases del factor de carga en el Valle de Aburra	40
Figura. 23. Información del transformador según ubicación geográfica	41
Figura. 24. Ubicación real de un transformador en una localización especifica.....	42
Figura. 25. Distancia medida de un transformador a otro por georeferenciamiento.	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factor de carga del sector residencial por transformador (Jacome, 2008)	19
Tabla 2. Factor de carga en algunas ciudades de Estados Unidos (Gasolar.org, 2012) ..	20
Tabla 3. Muestreo realizado (Gomez, 2007)	22
Tabla 4. Comparativo del factor de carga de Ecuador, Costa rica, Perú, EE.UU con el Valle de Aburra	24

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

ANEXO 2: MANUAL DE USUARIO

ANEXO 3: DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DEL VALLE DE ABURRÁ

ANEXO 4: ARTICULO PUBLICABLE

GLOSARIO Y SIGLAS

2.1 Glosario

Carga. Según la definición clásica en el contexto de Distribución, es la parte del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía, como por ejemplo un motor eléctrico, el cual convierte la energía eléctrica en energía mecánica. No obstante, debe quedar claro que este concepto involucra a todos los artefactos que requieren de energía eléctrica para trabajar. (Espina J. , 2003)

DSM. *Demand side management* o Gestión de la demanda es una cartera de medidas para mejorar el sistema de energía en el lado del consumo. Va desde la mejora de la eficiencia energética mediante el uso de materiales de mejor calidad, sobre las tarifas de energía inteligentes con incentivos para ciertos patrones de consumo, hasta un sofisticado control en tiempo real de los recursos energéticos distribuidos

Usuarios residenciales. Personas que forman parte de los núcleos familiares que se benefician con la prestación de los servicios públicos.

Estrato socioeconómico. Nivel de clasificación de la población con características similares en cuanto a grado de riqueza y calidad de vida, determinada de manera indirecta mediante las condiciones físicas de las viviendas y su localización, utilizando las siguientes variables: características de la fachada, disponibilidad de garaje, existencia de zonas verdes y recreativas, disponibilidad de servicios públicos básicos, estado de las vías locales, existencia de medios de transporte público, y demás parámetros que establezca la autoridad competente.

Factor de carga. Relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese periodo de tiempo.

Factor de diversidad. Es la relación entre la suma de las demandas máximas individuales de un grupo de cargas y la demanda máxima coincidente.

Localización geográfica. Hace referencia a la ubicación con precisión de un punto de la superficie terrestre, lo que se logra mediante un sistema de coordenadas geográficas, siendo estas líneas imaginarias verticales (meridianos) u horizontales (paralelos), que están graduadas de acuerdo a la distancia a dos líneas llamadas de referencia. El paralelo 0° es el Ecuador, que divide al planeta en hemisferios norte y sur; y el meridiano 0° es el de Greenwich, que divide a la Tierra en hemisferios oriental y occidental.

Sistema eléctrico de distribución. Es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios

finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los operadores del sistema de distribución u operadores de red.

Vatio-hora. Simbolizado Wh es una unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia \times tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo. Así, un vatio-hora es la energía necesaria para mantener una potencia constante de un vatio (1 W) durante una hora.

Zona rural. Son áreas geográficas ubicadas a las afueras de las ciudades. Las zonas rurales se caracterizan por contar con una densidad poblacional bastante baja, a menudo con viviendas aisladas o asentamientos pequeños de gente.

2.2 Siglas

BT: Baja tensión.

CCE: Caracterización de la Carga Eléctrica.

NTC: Norma Técnica Colombiana

O.R: Operador de Red.

3. UNIDADES Y SÍMBOLOS

Unidad de medida de la intensidad o corriente, amperio.

Fc: Factor de carga.

Fd: Factor de diversidad.

kW: kilovatio o kilowatt, símbolo de la potencia real.

kV: kilovoltio, 1.000 voltios.

V: Voltio, unidad de medida del voltaje.

Vatio-hora: Wh

kVA: kilo Voltio Amperio.

VA: Voltio Amperios

Resumen

En el presente trabajo de grado se realizó una investigación sobre el factor de carga, los valores típicos en usuarios residenciales y su utilidad en diferentes países; buscando conocer los avances en cuanto a este tema para enriquecer la formulación de este documento de grado.

También se presenta el análisis geográfico de la distribución del factor de carga de usuarios residenciales en el Valle de Aburra con variables de agrupación como: estrato, municipio, comuna; por medio de datos suministrados por Empresas Públicas de Medellín – EPM .De igual forma con los resultados obtenidos, se proponen algunas conclusiones en cuanto al factor de carga, su distribución espacial y las características más relevantes que se encuentren.

Finalmente, se presentan las conclusiones y los anexos respectivos, donde se resalta el manual de usuario y la aplicación de la visualización geográfica para observar la posición específica de cada uno de los transformadores del Valle de Aburra y su respectivo valor del factor de carga. Este generará valor agregado al filtrar por zonas geográficas, por estratos o incluso por número de usuarios el respectivo factor de carga, y permitirá realizar análisis y mediciones sin recurrir necesariamente a una visita de campo.

Introducción

El factor de carga es la relación entre el consumo de potencia promedio durante un periodo de tiempo determinado y el consumo de potencia máxima, durante el mismo periodo de tiempo.

La importancia del presente trabajo de grado consiste en conocer la distribución del factor de carga en el Valle de Aburra teniendo como referencia los valores encontrados en países como EE.UU, Perú, Ecuador y Costa Rica,

Para este caso, el factor de carga sirve como referencia para determinar si las curvas de carga de los usuarios residenciales permiten instalar infraestructura óptima o si por su bajo factor de carga se debe incurrir en infraestructura que en gran parte del tiempo va a estar subutilizada.

Al analizar la distribución geográfica del factor de carga se puede obtener información relevante en el proceso de planeación de las empresas de Distribución, e igualmente conocer el asentamiento de usuarios, las posibilidades de expansión y los factores de carga de los conglomerados cercanos.

Así mismo, las aplicaciones que se realizaron permiten gestionar de manera ágil y rápida la información referente a los transformadores en el caso de la operación y mantenimiento de los sistemas de distribución.

El documento de igual forma incluye un referencias bibliográficas de diferentes países, buscando así que cuando se requiera un estudio o aplicación, este se pueda realizar de la mejor manera posible con base en el conocimiento de otros casos puntuales.

Otro punto importante que aporta este trabajo fue la realización de una división por clases para categorizar el factor de carga de manera geográfica, permitiendo observar de una manera espacial como se encuentra aglomerado dicho factor en los diferentes municipios, comunas y estratos sociales. Esta categorización permitió realizar análisis y obtener conclusiones de alta aplicabilidad para el Operador de Red, de cómo está distribuido y la tendencia del factor de carga en el Valle de Aburra.

Desarrollo de los objetivos propuestos en el trabajo de grado

Para desarrollar adecuadamente el presente trabajo de grado, primero se aplicó la metodología TYD de la Universidad Pontificia Bolivariana y así obtener los diferentes objetivos. El resumen de la metodología TYD se encuentra en la siguiente figura.

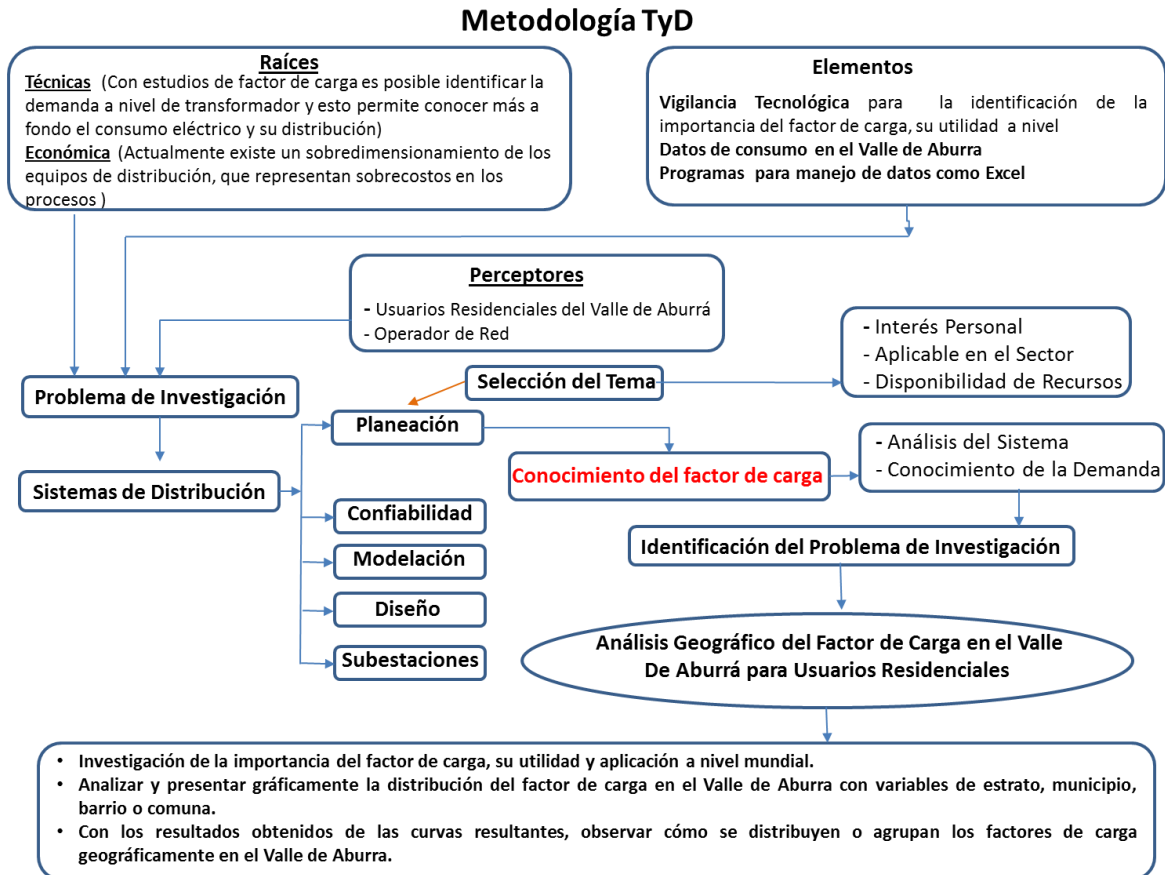


Figura. 1. Metodología TYD para el presente trabajo de grado.

Con base en la metodología TYD anterior primero se presenta una investigación relacionada con el factor de carga a nivel mundial, para poder realizar comparaciones directas con el Valle de Aburrá y así obtener valores de referencia.

De igual forma se analiza y se presenta gráficamente la distribución del factor de carga en el Valle de Aburra con variables de estrato, municipio y comuna.

Finalmente con los resultados obtenidos de las curvas resultantes, se observa la distribución o agrupación de los factores de carga geográficamente en el Valle de Aburra.

A continuación se desarrollan los objetivos del trabajo de grado, finalizando con las conclusiones y sus respectivos anexos.

1. Investigación sobre el factor de carga, su utilidad y aplicación a nivel mundial.

Para presentar la importancia del factor de carga a nivel mundial se va a partir de la presentación de los principales casos encontrados, la importancia y aplicabilidad.

Antes de comenzar el desarrollo de este capítulo es importante definir y entender el factor de carga, su comportamiento y aplicabilidad como se presenta a continuación:

El factor de carga es un término utilizado por las compañías eléctricas para expresar la cantidad de electricidad utilizada durante un período de tiempo en comparación con cuánta energía podría haber sido utilizada en el pico de demanda. En la siguiente figura se puede observar dicha relación donde en algunas horas del día solo es utilizado un pequeño porcentaje de la capacidad total del transformador, sin embargo este debe estar diseñado para abastecer los picos de demanda que se puedan presentar, aunque se encuentre sobredimensionado para la mayoría del tiempo de utilización y por lo tanto trabajando por debajo de su capacidad nominal

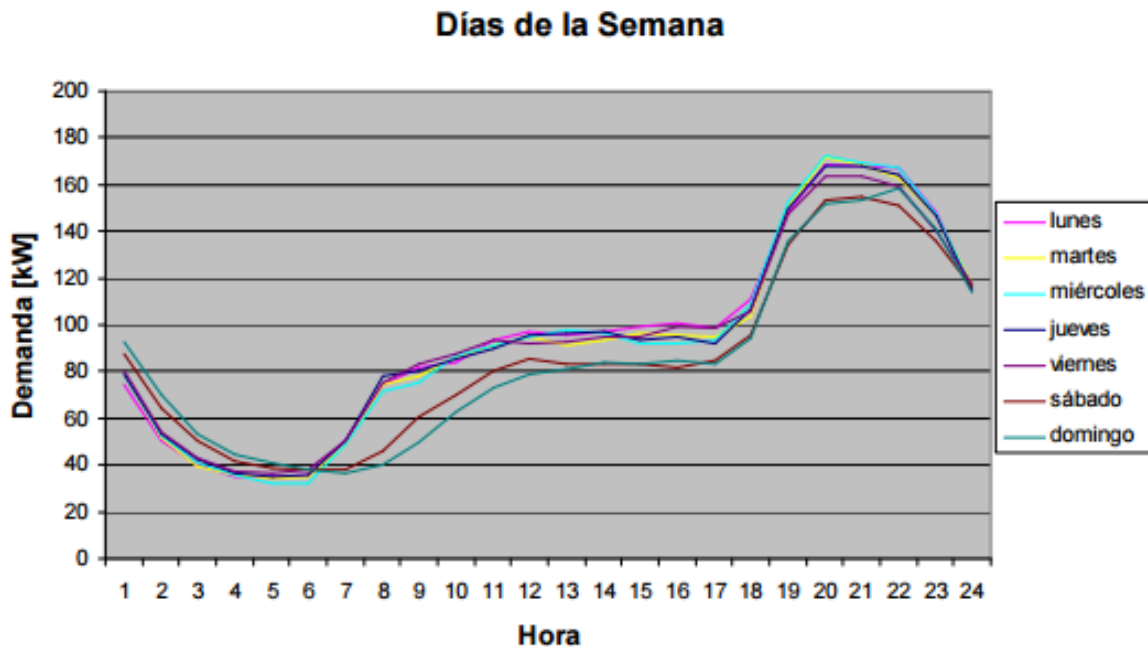


Figura. 2. Grafica ilustrativa del factor de carga típica en una semana para clientes en el mes de Julio en Chile. (Gómez, 2007)

Un ejemplo de cómo calcular el factor de carga con base en la definición anterior se presenta a continuación:

Para un edificio tipo residencial cuyo transformador es de 75 kVA, en el cual su demanda máxima es de 60 kW y su consumo promedio es de 28 kW, ambos valores registrados durante un mes particular. Para este caso su factor de carga sería de 0.46.

Una pregunta común relacionada con el factor de carga tiene que ver con su utilidad, ya que esta permite conocer que tan plana es la curva y como este valor afecta la infraestructura eléctrica que requiere dicho usuario.

En la siguiente figura se puede observar una curva de carga con un factor de carga bajo.



Figura. 3. Curva ejemplo factor de carga bajo.

Un factor de carga bajo, por ejemplo en la figura anterior, indica que es posible que se tenga una infraestructura muy robusta para el consumo promedio. Sin embargo, el comportamiento residencial se debe analizar con detenimiento (hábitos de consumo) ya que quizás la potencia sobredimensionada sea necesaria si se acostumbra conectar varios equipos de consumo eléctrico a la vez la como nevera, lavadora, horno eléctrico, televisor, aire acondicionado e iluminación. En este caso y aunque sea por periodos cortos resulta necesario sobredimensionar la potencia aunque su uso sea esporádico sin dejar de investigar alternativas para mitigar los efectos negativos en la infraestructura como almacenamiento de energía, DSM, otras fuentes de energía y tarifas horarias, entre otras.

En la siguiente figura se observa una curva de carga con factor de carga alto.

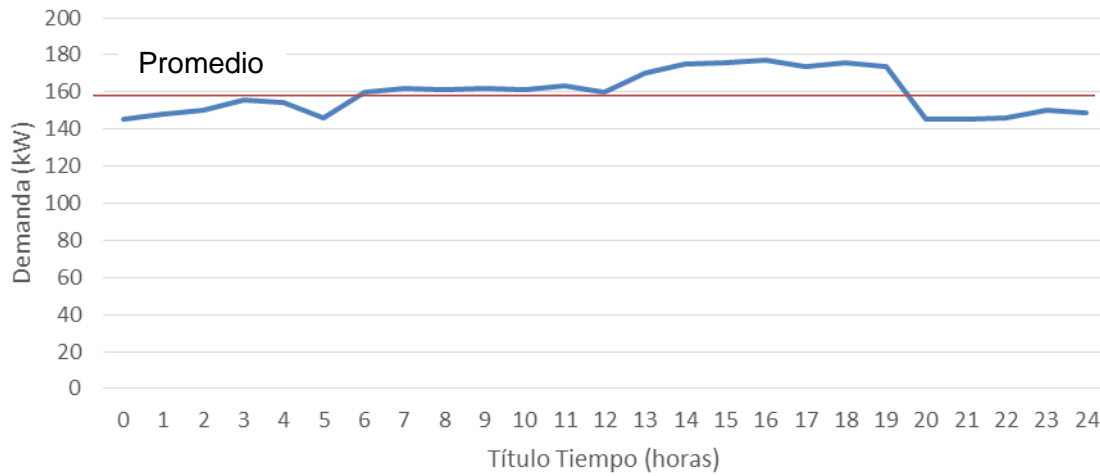


Figura. 4. Curva ejemplo factor de carga optimo

Por el contrario, con un factor de carga alto se puede decir que la infraestructura es adecuada para el consumo de los usuarios y se puede concluir que es óptima y ajustada a las necesidades de los mismo, y que de esta manera se garantiza un servicio con calidad a un costo adecuado.

Después de presentado el concepto del factor de carga se procede con la presentación de casos puntuales desarrollados en algunos países.

A-Factor de carga en la ciudad de Quito

En la mayoría de curvas de carga de las diferentes subestaciones de distribución dela empresa E.E.Q.S.A.(Empresa Eléctrica de Quito S.A) se advierte claramente una influencia en regímenes de consumo del tipo de abonados residenciales. Esto ratifica el peso de los 554.927 abonados residenciales que corresponden el 85.027 % de los usuarios totales, los que además absorben el 45.09 % del consumo de energía total.

En la siguiente figura que representa la curva de carga de E.E.Q.S.A. se ve que esta influencia es típica en regímenes de consumo abonados residenciales, cuyos hábitos de consumo inician entre las 06:00 y las 08:00 y especialmente son notorias en demanda máxima cuyo pico tiene una formación a partir de las 18:00 hasta las 21:00 horas, momento en que los usuarios residenciales inciden con su consumo simultáneo de equipos de iluminación y entretenimiento.

A continuación se puede apreciar el comportamiento de la demanda máxima entre las 19:00 y 21:00 horas, teniendo un consumo muy aproximado a los 550 MVA, también se observa las horas valle entre las 00:00 y las 06:00.

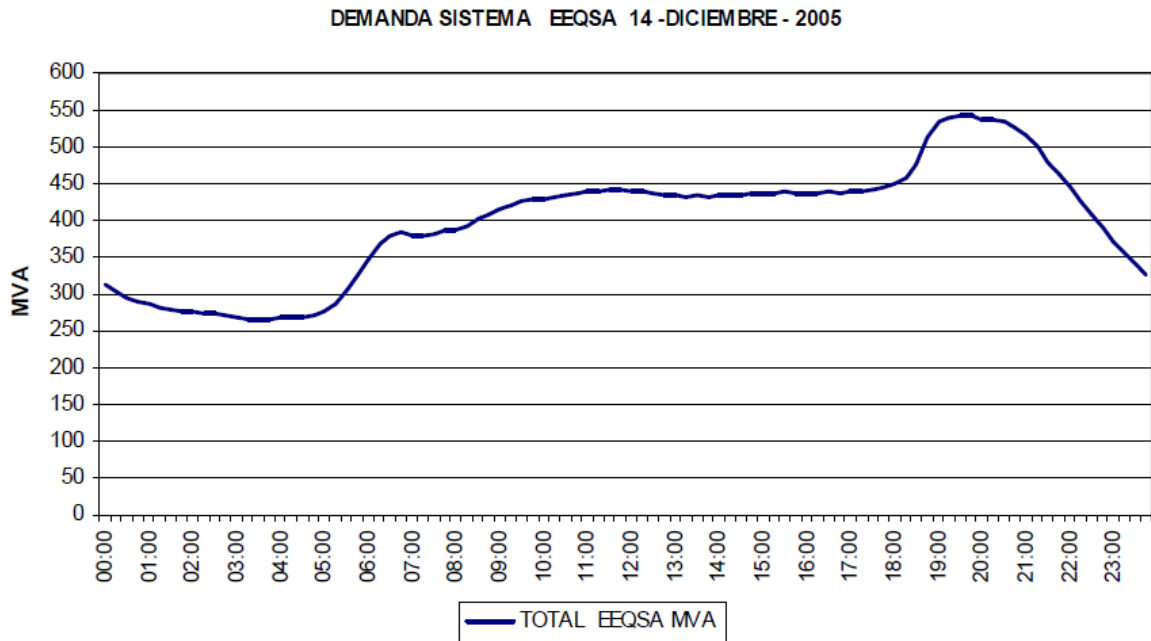


Figura. 5. Demanda del sistema EEQSA en el día de demanda máxima del 2005 (Herrera, 2007)

Los siguientes datos son los más representativos en la curva de carga del sistema E.E.Q.S.A. mostrada anteriormente:

$$D_{MAX_{EEQSA}} = 542.67 \text{ MVA}$$

$$F_{C_{EEQSA}} = 0.73$$

$$E_{S_{EEQSA}} = 9.3676 \text{ GWh}$$

Donde:

D_{MAX} = Demanda máxima

F_C = Factor de carga

E_S = Energía Suministrada

Contrastando la figura anterior, se dispone de la curva de carga de la subestación de distribución, la misma que determina los diferentes aportes de carga durante un periodo de 24 horas, realizado en el día de máxima demanda, es decir, el 14 de diciembre de 2006.

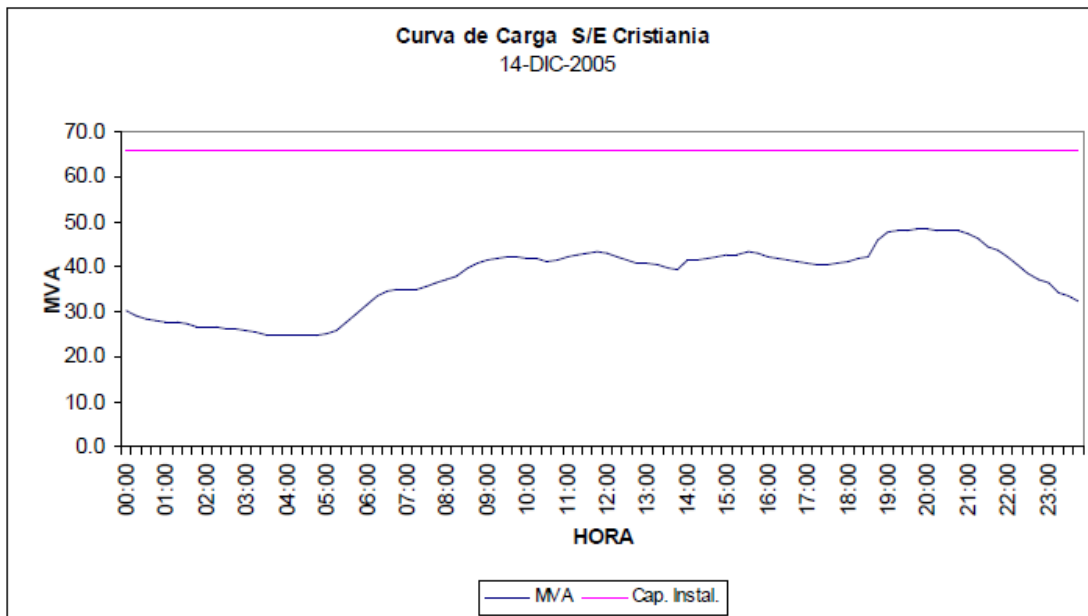


Figura. 6. Curva de carga de la subestación Cristianía (18), alimentación a 23 kV (Herrera, 2007)

En el caso de los usuarios comerciales, pese a que se trata de 79.084 usuarios que representan el 12.117% y constituyen el 23.69% del consumo de energía total de la E.E.Q.S.A., estos han sido considerados hasta el momento para una estratificación de diferentes sub-grupos; como se puede apreciar de las cifras citadas, constituyen un grupo reducido pero su densidad de consumo a simple vista es determinante.

Particularmente en el caso de las oficinas y locales comerciales, la característica fundamental del comportamiento de la carga es constante en un horario promedio que va desde las 08:00 hasta las 18:00 con reducidas excepciones que prolongan su atención hasta cerca de las 20:00, y de alguna manera es un componente adicional para la aparición del pico en la curva general de la E.E.Q.S.A.

B-Factor de carga sector residencial en Costa rica

Para determinar el factor de carga del sector residencial, el cual es bastante complicado, se realizó midiendo durante 30 días consecutivos transformadores de distribución. En otras palabras se colocó un medidor en la salida secundaria del transformador y se registró durante el tiempo indicado el consumo de los clientes que estaban conectados a este equipo.

La medición se efectuó a 50 transformadores ubicados en diferentes localidades de Costa Rica, tales como en: el centro del cantón de Escazú, Patarrá y Fátima en Desamparados, El Alto de Guadalupe y Purral en Goicoechea, Sabanilla y la Betania en Montes de Oca.

En la siguiente tabla se presenta el resultado final obtenido, en donde se determina que el factor de carga del sector residencial es 0,4608. En dicha tabla se presentan los datos para cada uno de los casos individuales y se puede apreciar que el factor de carga mínimo fue de 0,2452 y el máximo de 0,6639. Además que las demandas máximas obtenidas en algunos de los transformadores es superior a la potencia del transformador y por esto se da el caso de que el factor de carga del equipo sea de 1 o cercano de 1 y esto es debido a que estos valores solamente son obtenidos en periodos muy cortos de su operación diaria. (Jácome, 2008)

Tabla 1. Factor de carga del sector residencial por transformador (Jacome, 2008)

Potencia Trafo kVA	Factor de carga
25	0.39
37.5	0.51
50	0.47
75	0.49
100	0.43

De la tabla anterior se obtiene un valor promedio de factor de carga de 0.45.

C-Factor de carga en las diferentes ciudades de Estados Unidos

Para el análisis del factor de carga en Estados Unidos, se partió de la definición de dicho factor, teniendo presente que la demanda eléctrica es variable en el tiempo porque el consumo de electricidad puede variar de acuerdo a la hora del día. En efecto, en ciertas horas se consume más electricidad, por ejemplo en las noches (entre 6:00 p.m. y 11:00 p.m., a las que se denominan horas punta), mientras que en otras se consume menos electricidad, por la mañana y tarde (horas fuera de punta). Dentro de esa línea, el concepto

de máxima demanda hace referencia al registro de demanda de mayor consumo en un período determinado. Dicho de otra forma, si se dividiera un período en intervalos de tiempo idénticos, de una hora cada uno, la mayor potencia registrada en un determinado período sería la máxima demanda.

Partiendo de esta estandarización de la definición, se obtuvieron los diferentes valores de la *U.S Energy Information Administration* del factor de carga de las diferentes compañías prestadoras del servicio eléctrico de EEUU, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Factor de carga en algunas ciudades de Estados Unidos (Gasolar.org, 2012)

Estado	Factor de Carga
Florida 2008	46.6%
Florida 2011	38.2%
Georgia 2008	42.3 %
Georgia 2011	39.7 %
Alabama 2008	32.8 %
Alabama 2011	28.7 %
Tennessee 2008	56.9 %
Tennessee 2011	47.7 %
Virginia 2008	53.5 %
Virginia 2011	49.2 %
Mississippi 2008	34.2 %
Mississippi 2011	32.3 %
North Carolina 2008	53.6 %
North Carolina 2011	49.9 %
South Carolina 2007	50.1 %
South Carolina	49.5 %
Louisiana 2009	34.3 %
Louisiana 2011	31.9 %
US Average 2007	47.7 %
US Average 2010	45.3 %

D- Factor de carga Perú

El estudio de caracterización de carga, tiene por objetivo la determinación de los factores que caracterizan el comportamiento de los diagramas de cargas de clientes, grupos de clientes y del sistema eléctrico en su conjunto. Esta información es el soporte para la regulación tarifaria, dentro del proceso de fijación de las tarifas de distribución eléctrica realizado por OSINERG para el periodo Noviembre 2005 – Octubre 2009. La metodología empleada en el estudio involucra las siguientes actividades: análisis de muestreo estadístico, desarrollo de una campaña de medición, procesos de control de calidad de la

información y finalmente el cálculo de los factores de coincidencia y contribución a la máxima demanda de los grupos de clientes de la ciudad de Huancayo.

Para el diseño de la muestra se consideró como universo del estudio a clientes libres y regulados de todas las opciones tarifarias (Media Tensión y Baja Tensión). en la siguiente figura se puede observar la curva de carga de Huancayo con un factor de carga de 0.48

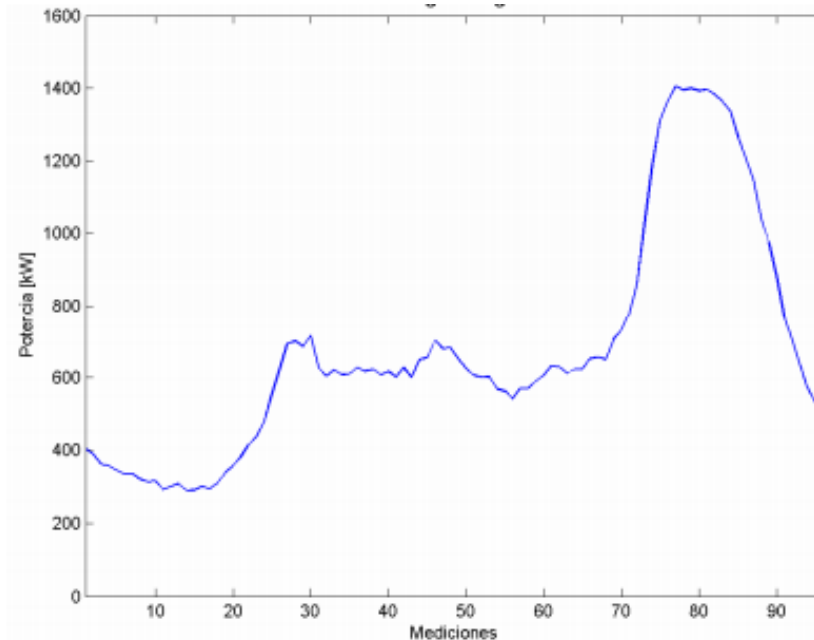


Figura. 7. Curva de carga (Gomez, 2007).

E- Factor de carga Chile

Durante el año 1999 la empresa Chilectra realizó una campaña de medición con el fin de determinar el parámetro horas de uso de los clientes BT-1, el cual permite la recuperación de la potencia demandada por ellos, por intermedio del consumo de energía. Un aspecto fundamental para la determinación de las “Horas de Uso” consiste en determinar la contribución de la potencia demandada por el conjunto de los clientes, que realizan estos al sistema de distribución, como también a las compras de potencia.

Para lograr el objetivo, Chilectra realizó un completo plan de mediciones a una muestra estadísticamente representativa de 1.050 clientes pertenecientes a la tarifa BT-1. Estas mediciones se efectuaron continuamente durante el transcurso de un año (período abril 1999 a marzo de 2000). A cada cliente perteneciente a la muestra, se le instaló un medidor digital con memoria suficiente para 70 días, que registró variables eléctricas, relacionadas a la potencia, tanto activa como reactiva, al voltaje suministrado, a la energía consumida y a los cortes de suministro, segregando estos últimos en cortes mayores a tres minutos y menores que ese tiempo.

Diseño de la muestra

En el diseño de la muestra se definieron cuatro categorías de consumidores, denominadas residenciales, comerciales, industriales y otros. En la categoría otros se agruparon los clientes clasificados como municipales, fiscales, agrícolas y de utilidad pública. Por otra parte se definieron cuatro rangos de consumo para cada una de las categorías señaladas anteriormente. Los rangos escogidos fueron 0 a 110 kWh; 111 a 150 kWh; 151 a 300 kWh y mayor a 300 kWh. Con estos criterios de clasificación se generaron 16 estratos de clientes a los cuales se les estudió su demanda durante el período de muestreo. Dada esta estratificación se diseñó una muestra, en que el tamaño de cada estrato se hizo de carácter proporcional a la población. El número total de clientes muestreados se determinó arbitrariamente en 1.050. En la siguiente tabla se muestra el resultado que se obtuvo.

Tabla 3. Muestreo realizado (Gomez, 2007)

Estrato	Porción [%]	Tamaño de la Muestra
Com1	2.18	23
Com2	0.6	6
Com3	1.35	14
Com4	2.56	27
Ind1	0.07	1
Ind2	0.02	0
Ind3	0.06	1
Ind4	0.19	2
Otr1	0.07	1
Otr2	0.02	0
Otr3	0.07	1
Otr4	0.29	3
Res1	33.96	356
Res2	18.88	198
Res3	29.12	306
Res4	10.54	111
TOTAL	100	1050

De las mediciones efectuadas a los clientes de la muestra, se estimó la potencia demandada por la totalidad de los clientes BT-1. En particular se determinó la potencia de los clientes BT-1 para el día 30 de agosto de 1999, fecha en la cual se registró la máxima demanda de potencia en horas de punta, tanto en el sistema de distribución de Chilectra como en el Sistema Interconectado Central (SIC).

La metodología empleada para efectuar esta estimación consistió en extrapolar los resultados de cada estrato de consumo definido para este estudio. En cada uno de los 16 estratos se obtuvo un valor promedio de curva de demanda para el día elegido, valores que fueron multiplicados por el número total de clientes que pertenecen a cada estrato. Luego estos valores fueron sumados y se obtuvo la curva de carga estimada, como se presenta en la siguiente figura.

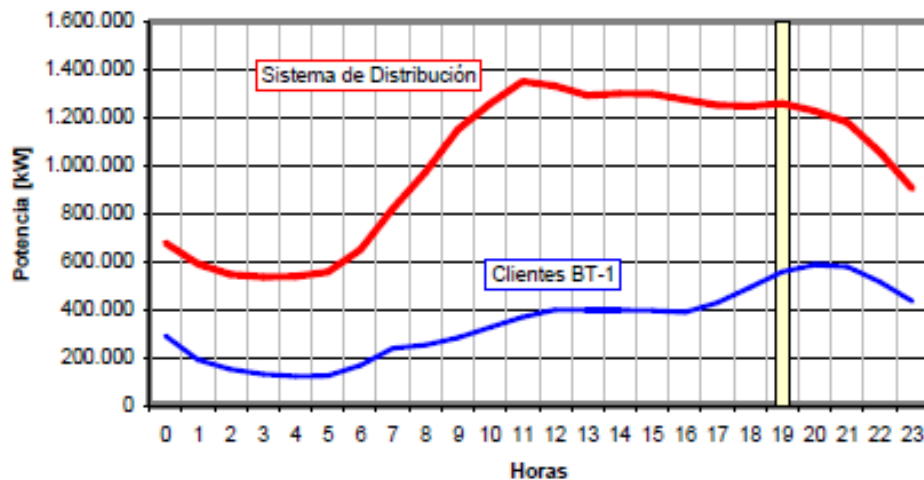


Figura. 8. Curva de carga resultante para los clientes BT1 (Gomez, 2007)

Para el día 30 de agosto a las 19 horas la demanda máxima del sistema de distribución alcanzaba a 1.258,246 MW, en tanto que la contribución de demanda de los clientes BT-1 alcanzaba a esa misma hora a 574,301 MW.

A partir de estos resultados y de la base de consumo de energía se determinaron las horas de uso para esta tarifa, arrojando como resultado 380,5 horas. La grafica permitió obtener un factor de carga de 0.43 para el caso de los clientes BT1.

F- Factor de carga Colombia

Para el caso de Colombia, específicamente en el Valle de Aburra y con los datos suministrados por el operador de red de 7500 transformadores en el sector residencial, el factor de carga mínimo es de 0.51 en el municipio de La Estrella y el factor de carga máximo de 0.53 en Sabaneta y Bello.

Tabla 4. Comparativo del factor de carga de Ecuador, Costa rica, Perú, EE.UU con el Valle de Aburra

País	Factor de carga promedio
Ecuador	0.73
Costa rica	0.45
Perú	0.48
Chile	0.43
EE.UU	0.45
Colombia (Valle de Aburra)	0.52

En la tabla anterior se pueden observar los diferentes factores de carga y realizar comparativos. Se puede apreciar que el Valle de Aburra, cuenta con un factor de carga promedio mejor que Costa rica, Perú, EE.UU y Chile, solamente con excepción de Ecuador (Quito) que tiene un valor de 0.73, considerando que los datos presentados para Quito se encuentran agregados por subestación lo que influye en alto factor de carga, existiendo una estrecha relación entre la potencia contratada y la potencia consumida en el mismo periodo de tiempo.

Chile cuenta con un bajo factor de carga promedio de 0.43 lo cual presenta en su sistema un sobredimensionamiento que indica que debe cubrir un consumo en horas pico importante.

1.1 Nuevas tecnologías para mejorar el factor de carga

En relación con las nuevas tecnologías para mejorar el factor de carga se encuentran nuevos servicios como eficiencia energética, almacenamiento de energía, respaldo, medición bidireccional, gestión de alumbrado público, tráfico, seguridad ciudadana, etc. y opciones para el cliente como energía prepago, control directo de carga y ciber seguridad, apoyados en infraestructura de medición avanzada (medidores inteligentes).

Otros sistemas de trascendencia para el negocio de energía son los sistemas de información geográfica - GIS, sistemas de gestión de la distribución de energía - DMS y las interrupciones - OMS/FDIR, sistemas de información de los clientes - CIS, sistemas de gestión de los datos de medida, automatización de los circuitos alimentadores de distribución y condensadores (control de pérdidas, tensión y reactiva, sensores y procesadores embebidos en líneas y transformadores).

Profundizando en la definición de un *Smart Meter* o Medidor Inteligente, este se define como un medidor de gas, agua o electricidad el cual es capaz de tener una comunicación de dos

vías (transmite y recibe información). El *Smart Meter* mide el consumo de energía de la misma manera como un contador tradicional, pero tiene capacidad de comunicación permitiendo que los datos sean leídos remotamente y mostrados en un dispositivo dentro de la casa o sean transmitidos al exterior de forma segura.

El medidor también puede recibir información de forma remota, por ejemplo, para actualizar información sobre las tarifas o cambiar el tipo de consumo a modo de prepago.

Este dispositivo brinda información actualizada sobre el volumen de gas o agua y de energía eléctrica que se ha utilizado en la unidad que corresponda. La información enviada al medidor por parte del usuario o la empresa que brinda el servicio puede incluir: información sobre precios, instrucciones de conexión o desconexión, alarmas e instrucciones cuando exista un malgasto de carga, actualización de software del contador, fecha y hora. (CIDEI, 2013)

Un *Smart Meter* es capaz de comunicarse con otros dispositivos del hogar, utilizando una red de área local. Puede comunicarse con: una pantalla de visualización, termostatos, calentadores de agua, otros *Smart Meters*, entre otros.

De esta forma el *Smart Meter* tiene conocimiento de los electrodomésticos y cargas del hogar, puede gestionarlos y realizar ahorros dependiendo las configuraciones propias del usuario.

Los *Smart Meters* son elementos de alta importancia para las redes inteligentes, que pueden aportar fuertemente al conocimiento y caracterización del factor de carga y el operador de red va a poder conocer en tiempo real el consumo del usuario, incluso le puede presentar incentivos para que reduzca su consumo en horas determinadas, lo que va a permitir que el operador de red haga una correcta planeación de los sistemas, evitando el sobredimensionamiento de equipos como los transformadores y las líneas primarias y secundarias de la red de distribución para alimentar los usuarios.

La caracterización de la carga es un factor que con la utilización de los medidores inteligentes dejará de ser tedioso de medir y enfocar en cada región, debido a que el operador de red con los datos del usuario puede realizar medidas estadísticas muy aproximadas a las condiciones reales del sistema.

Existen diferentes tipos de tecnologías para el almacenamiento de energía, algunas tradicionales y otras que se encuentran en desarrollo, las cuales son muy prometedoras con respecto a los beneficios que incorporan. Entre dichas soluciones se tienen las baterías convencionales, la Hidroelectricidad Bombeada (*Pumped Hydropower*), el almacenamiento de energía con aire comprimido (CAES), los Magnetos con Superconductores (SMES), las Masas rodantes o volantes de inercia (Flywheels), y el almacenamiento de energía térmica (TES); los cuales se describen a continuación:

La Hidroelectricidad Bombeada.

Este sistema de almacenamiento de electricidad consiste en bombear agua hasta un depósito o un contenedor ubicado a cierta altura, de manera que funciona almacenando el agua en forma de energía potencial que puede ser descargado lentamente hacia una turbina acoplada a un generador para la generación de electricidad como en una planta hidroeléctrica convencional, el bombeo de agua hacia el tanque de almacenamiento se realiza en las horas valle cuando existe electricidad en exceso y es utilizada para abastecer los picos en la demanda que se presenten durante el día. (UNIVERSIDAD DE CHILE, 2010)

Este sistema de almacenamiento de energía se caracteriza por tener una eficiencia mayor al 75%¹⁸, y es una forma muy rentable de almacenamiento de energía, pero requiere una gran inversión económica. Actualmente existen muchas centrales de este tipo en países como Australia, Bélgica, Bulgaria, Filipinas, Rusia, Portugal y Alemania, entre otros. (EPM, 2010)

Almacenamiento de aire comprimido CAES.

El almacenamiento de aire comprimido funciona en forma de grandes baterías dispuestas a utilizarse cuando se les necesite, el almacenamiento de aire se logra comprimiendo el aire en minas o cavidades naturales en la tierra durante las horas valle cuando el consumo energético es menor y hay electricidad en exceso, para producir potencia al expandirlo en una turbina de gas durante las horas pico cuando se necesita más energía. Se caracteriza porque en el proceso se logra una eficiencia mayor al 60%, pero presenta algunas dificultades de montaje. En este proceso se requiere de combustión de gas natural u otros combustibles fósiles para hacer funcionar las turbinas pero el proceso es más eficiente. Este método utiliza hasta un 50% menos de gas natural que el sistema de producción normal de electricidad. (UNIVERSIDAD DE CHILE, 2010)

Flywheel (Volante de Inercia).

La inercia mecánica es la base de este método del almacenaje. Un disco pesado que rota es acelerado por un motor eléctrico que actúa como generador en reversa, retrasando el disco y produciendo electricidad. La electricidad se almacena como energía cinética, la fricción se debe mantener al mínimo para prolongar el tiempo de almacenamiento. Esto se logra colocando la rueda volante en el vacío y usando cojinetes magnéticos, lo cual hace que el método sea costoso. Velocidades más grandes de la rueda permiten mayor almacenamiento pero requieren materiales fuertes como acero o materiales compuestos para resistir la fuerza centrífuga. (UNIVERSIDAD DE CHILE, 2010)

Es un método de almacenamiento costoso en la actualidad, pero se ha logrado tener volantes de inercia girando a 30000 rpm durante días, siendo un muy buen método de almacenamiento de energía cinética, además el límite de almacenaje depende de cuánta

velocidad soporta sin desintegrarse, siendo un método de almacenamiento que posee una eficiencia mayor al 70%. (EPM, 2010)

Baterías.

En las baterías la energía eléctrica es almacenada mediante reacciones electroquímicas que transportan electrones a los electrodos (cátodo y ánodo), conectados por un electrolito.

Las baterías se caracterizan por tener una vida útil limitada menor a 15 años, además necesitan de mucho mantenimiento, en éstas se logra una eficiencia de hasta el 70 %,este tipo de medio de almacenaje de energía casi no posee problemas de instalación en el lugar que se le necesite.

Actualmente existen muchos desarrollos e innovaciones respecto a las baterías en búsqueda de mejorar su vida útil, mayor número de recargas y eliminar completamente problemas como el efecto de memoria en las mismas. Esta investigación se ha acrecentado por el deseo de la masificación de los vehículos eléctricos en el mundo, donde en la actualidad las baterías de iones de litio, presentan el doble de capacidad y la mitad del tamaño en comparación con otras baterías, ofreciendo una mejor aceleración y capacidad de recarga, permitiendo así, obtener mejor rendimiento en los vehículos. (NISSAN, 2011)

SMES (Almacenamiento de Energía en Superconductores Magnéticos).

El almacenamiento de energía en superconductores magnéticos se logra mediante la circulación de corriente continua a través de bobinas superconductoras, enfriadas criogénicamente en las horas valle de poca demanda de electricidad, para abastecer las horas pico en las cuales la demanda crece rápidamente.

La energía almacenada puede ser entregada de nuevo a la red descargando la bobina. Este tipo de tecnología de almacenamiento se caracteriza porque tiene bajas pérdidas en el proceso; pero se ve muy limitada su implementación por altos costos iniciales, no representa grandes problemas en el sitio de instalación, aunque actualmente su mayor aplicación es para almacenamiento de energía de corta duración, utilizándose para mejorar la calidad de la onda de tensión en las redes de distribución. (UNIVERSIDAD DE CHILE, 2010)

Supercondensadores.

Los supercondensadores o ultracondensadores, son capacitores electroquímicos que tienen una densidad de energía mucho más alta en comparación con los condensadores. Los supercondensadores almacenan energía eléctrica en forma de cargas electroestáticas en pequeños dispositivos formados por placas conductoras separadas por un medio dieléctrico. Este tipo de almacenamiento de energía es de bastante utilidad para responder

ante interrupciones de la red de corta duración, además se caracterizan por su rápida operación cuando se les necesite. (UNIVERSIDAD DE CHILE, 2010)

Estos casos de tecnologías analizados serán un insumo para buscar una aplicabilidad en el Valle de Aburra, en futuros proyectos, ya que estos mismos sirvieron para calcular parámetros de regulación de tarifas a través de curvas típicas de cada estrato, así como estudiar y parametrizar los factores de carga por diferentes métodos. Debido a que se debe resaltar que existen diferentes métodos de estimación de consumo por cada zona residencial ya sea extrapolando los resultados obtenidos mediante mediciones, encuestas y estudios.

2. Analizar y presentar gráficamente la distribución del factor de carga en el Valle de Aburra con variables de estrato, municipio, barrio o comuna.

El Valle de Aburra está conformado por 10 municipios iniciando Sur-Norte desde Caldas hasta Barbosa como se observa en la siguiente figura.



Figura. 9. Municipios pertenecientes al Valle de Aburra. (Metropol, 2015)

Al igual que el Valle de Aburra, Medellín se encuentra dividido por 16 comunas, las cuales están separadas por el río Medellín como se observa a continuación.



Figura. 10. Comunas del municipio de Medellín (Metropol, 2015)

En este capítulo se presenta el análisis de los datos para cada uno de los transformadores del operador de red ubicados en el Valle de Aburra. Las gráficas presentadas a continuación reflejan el factor de carga ante diferentes variables relacionadas con los estratos, los municipios y las comunas.

Con los datos obtenidos del operador de red se realizó una clasificación de los factores de carga de los transformadores organizándolos por clases, donde se tuvo en cuenta el mínimo valor de 0.124 y el máximo valor de 0.733 para la obtención de dichas clases 1 y 2.

La clase 1 quedó asignada en el rango (0.1 ; 0.429] mientras que la clase 2 (0.429 ; 0.733]

Es importante resaltar que la mayor cantidad de los transformadores del Valle de Aburra se concentran en el municipio de Medellín como se observa en la siguiente figura.

Análisis geográfico del factor de carga en el Valle de Aburra para usuarios residenciales

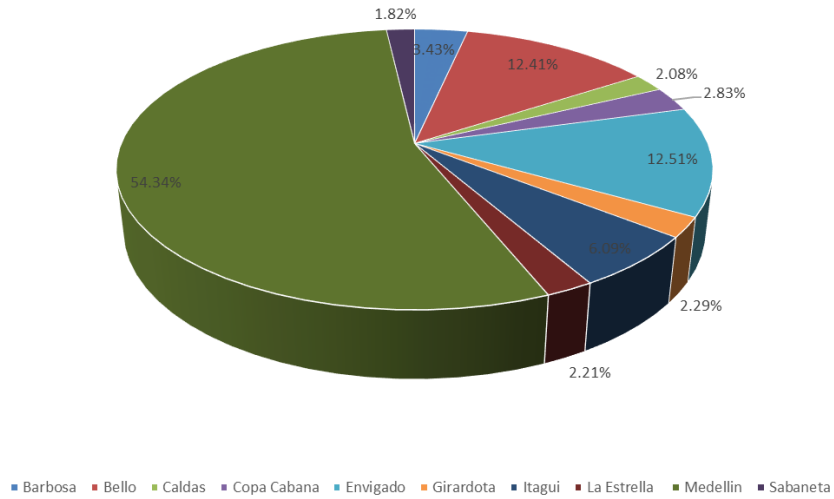


Figura. 11. Distribución de transformadores del Valle de Aburra

Realizando un acercamiento solo para el municipio de Medellín y la distribución de los transformadores por comunas, se obtuvo la siguiente gráfica.

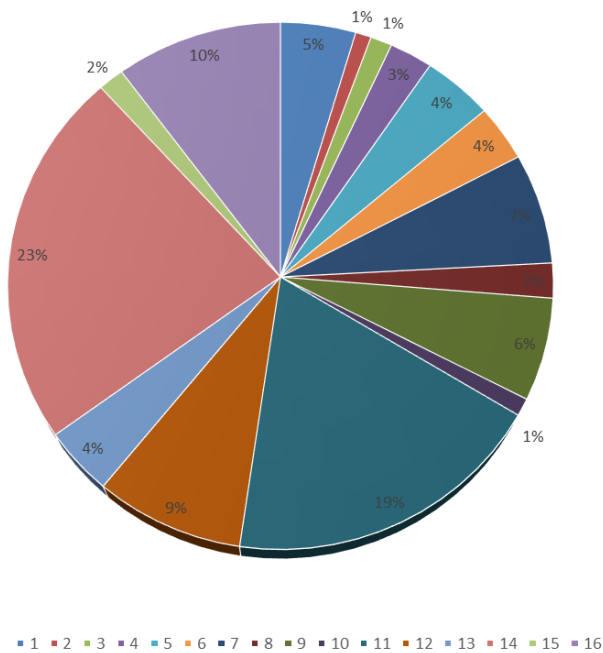


Figura. 12. Distribución de transformadores en las comunas de Medellín.

En la gráfica anterior se observa que las comunas con mayor cantidad de transformadores son El Poblado, Laureles Estadio y Belén respectivamente.

Otro tipo de análisis se puede observar en la siguiente figura donde se presenta el factor de carga en las diferentes comunas pertenecientes al municipio de Medellín.

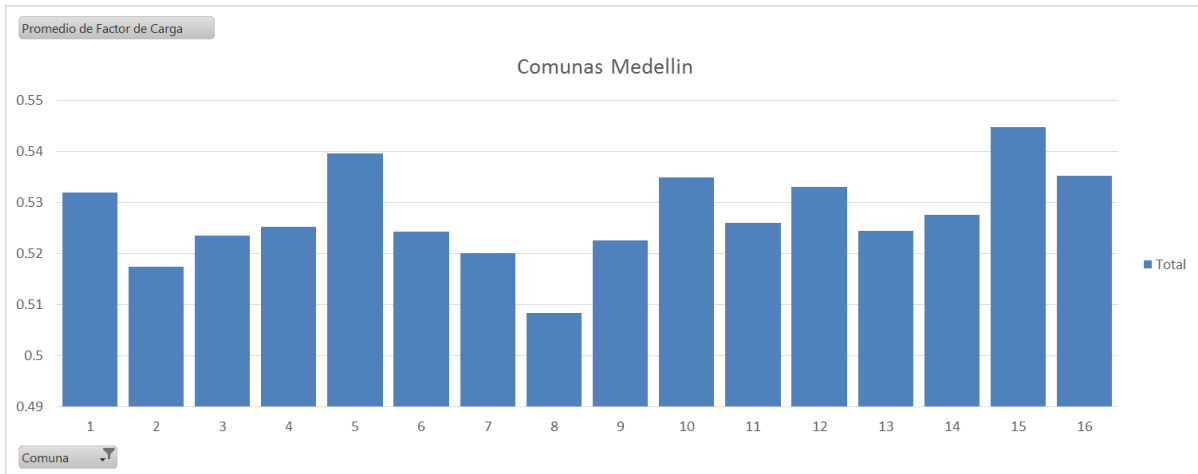


Figura. 13. Factos de carga vs comunas de Medellín

Medellín en comparación de otros municipios del Valle de Aburra se encuentra sectorizada en 16 comunas. Al realizar el promedio del factor de carga de cada una de ellas se encontró que la comuna con el mejor factor de utilización o factor de carga es la 15 que corresponde a la zona de Guayabal, en comparación con la comuna 8 (Villa Hermosa) que posee el menor valor, que se encuentra entre 0.5 y 0.51.

Sin embargo, es de tener en cuenta que el factor de carga entre las diferentes comunas de Medellín oscila entre 0.5 y 0.55, demostrando que la infraestructura actual está prácticamente utilizada en un 50%.

En relación con la disposición geográfica, la comuna 1 se encuentra contigua a la 2,3 y 4; dichas comunas presentan un factor de carga más bajo en comparación con la comuna 1. Por tal motivo en el futuro se podría evaluar la posibilidad de buscar igualar dichos factores o transferencia de carga según distancia y accesibilidad técnica, esto con el objetivo importante de hacer mayor uso de los activos.

Un análisis similar al anterior se puede aplicar para las comunas 5 y 6, las cuales tienen una ubicación geográfica cercana con la particularidad que una tiene mejor factor de carga que la otra tal como se observa en la figura anterior.

De igual forma las comunas 3, 9 y 10 se encuentran cercanas a la comuna 8 la cual presenta el menor factor de carga de todas las dieciséis. Generando una posibilidad de transferencia de carga o la incorporación de nuevos proyectos sin requerir la instalación de nuevos transformadores.

La siguiente figura presenta el factor de carga en los diferentes Municipios pertenecientes al Valle de Aburra.

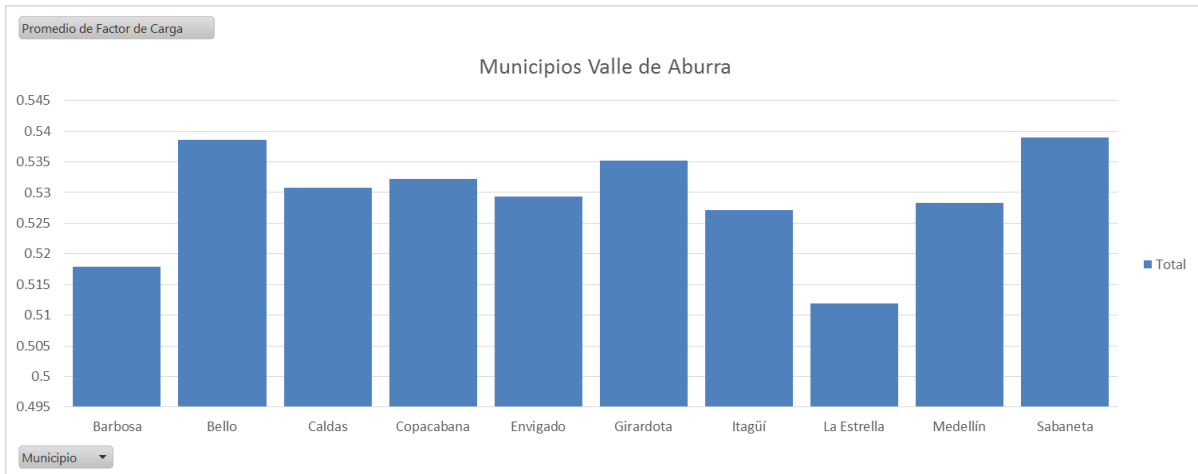


Figura. 14. Factor de carga vs municipios del Valle de Aburra.

En la gráfica anterior se puede observar que el municipio de Sabaneta y Bello presentan el mayor factor de carga (0.538), en comparación con La Estrella y Barbosa que presentan los valores más bajos con 0.517 y 0.511 respectivamente.

Es de resaltar que aunque en la gráfica anterior se observa un rango de desigualdad entre los diferentes factores de carga por cada municipio considerado, la diferencia es muy poca y los transformadores se encuentran con una tendencia similar o aproximada a 0.5

La siguiente figura presenta el factor de carga en los diferentes estratos pertenecientes al Valle de Aburra.

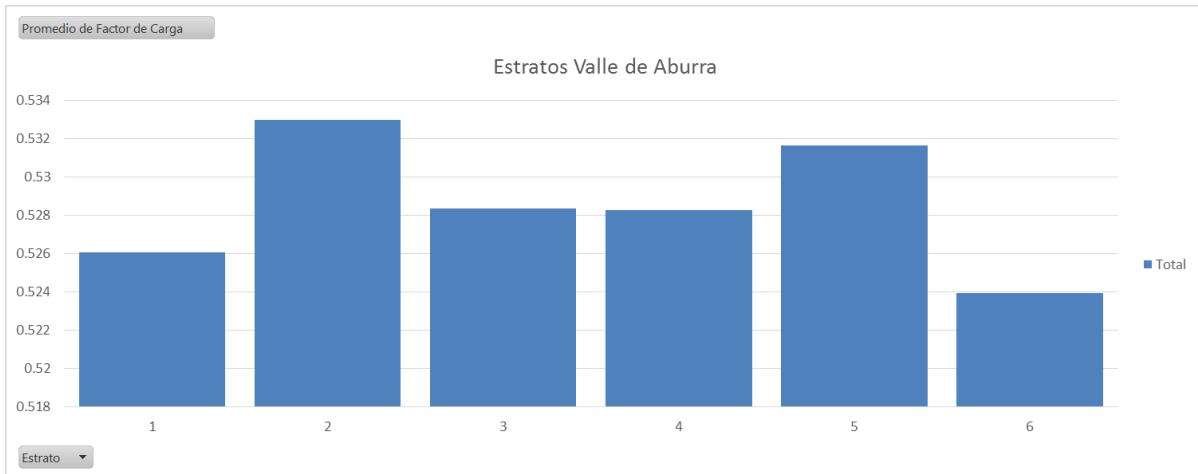


Figura. 15. Factor de carga vs estratos del Valle de Aburra

En la figura anterior se puede observar una diferencia marcada de los diferentes estratos, por ejemplo el estrato 6 que tiene una cantidad de transformadores aproximado de 1000 y un factor de carga de 0.52, se encuentra ubicado en su mayoría en la zona del Poblado lo cual presenta una característica de construcción vertical y no por casas como sucede en otras zonas del Valle de Aburra. Esta diferencia significativa en dicho estrato se puede deber a que muchos de los transformadores de esta zona son de gran capacidad para hacer frente al crecimiento potencial de nuevas edificaciones.

El estrato 2 presenta el mayor factor de carga con un valor de 0.53 y a su vez es uno de los de mayor cantidad de transformadores del Valle de Aburra, con un aproximado de 1700, solo superado por el estrato 3 con un aproximado de 2000 transformadores y un factor de carga de 0.528.

Realizando un acercamiento del factor de carga vs el estrato solamente del municipio de Medellín, se obtuvo la siguiente figura

Análisis geográfico del factor de carga en el Valle de Aburra para usuarios residenciales

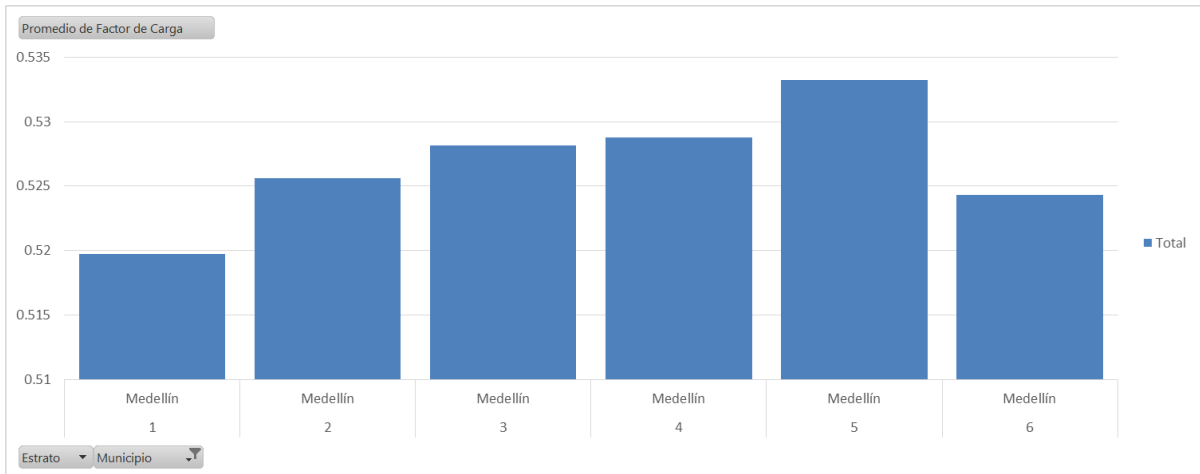


Figura. 16. Factor de carga vs estratos del municipio de Medellín.

Analizando la figura anterior se observa una tendencia similar al comportamiento de estratos del Valle de Aburra, con una variación del estrato 2 el cual disminuye el factor de carga a 0.52.

3. Con los resultados obtenidos de las curvas resultantes, observar cómo se distribuyen o agrupan los factores de carga geográficamente en el Valle de Aburra.

A continuación se presentan algunas gráficas y sus respectivas conclusiones del análisis geográfico de los transformadores y su respectivo factor de carga en el Valle de Aburra distribuido por clases.

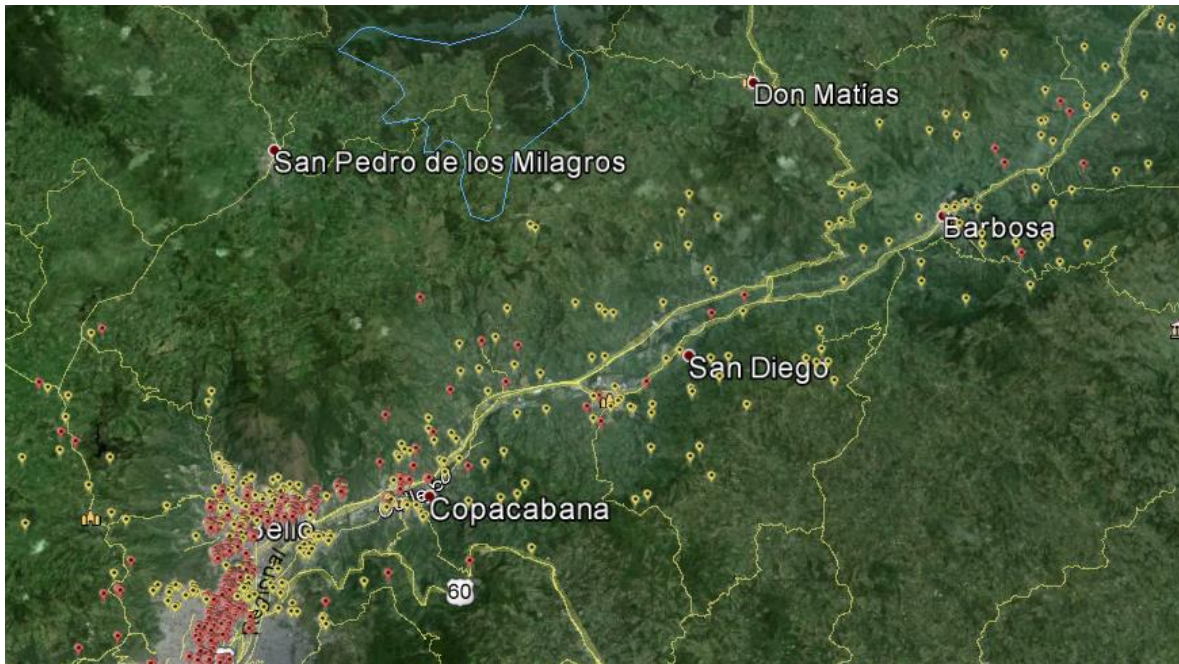


Figura. 17. Norte Valle de Aburra

Para el norte del Valle de Aburra se observa una mayor cantidad de transformadores clase 1, lo cual indica poco aprovechamiento de la infraestructura.

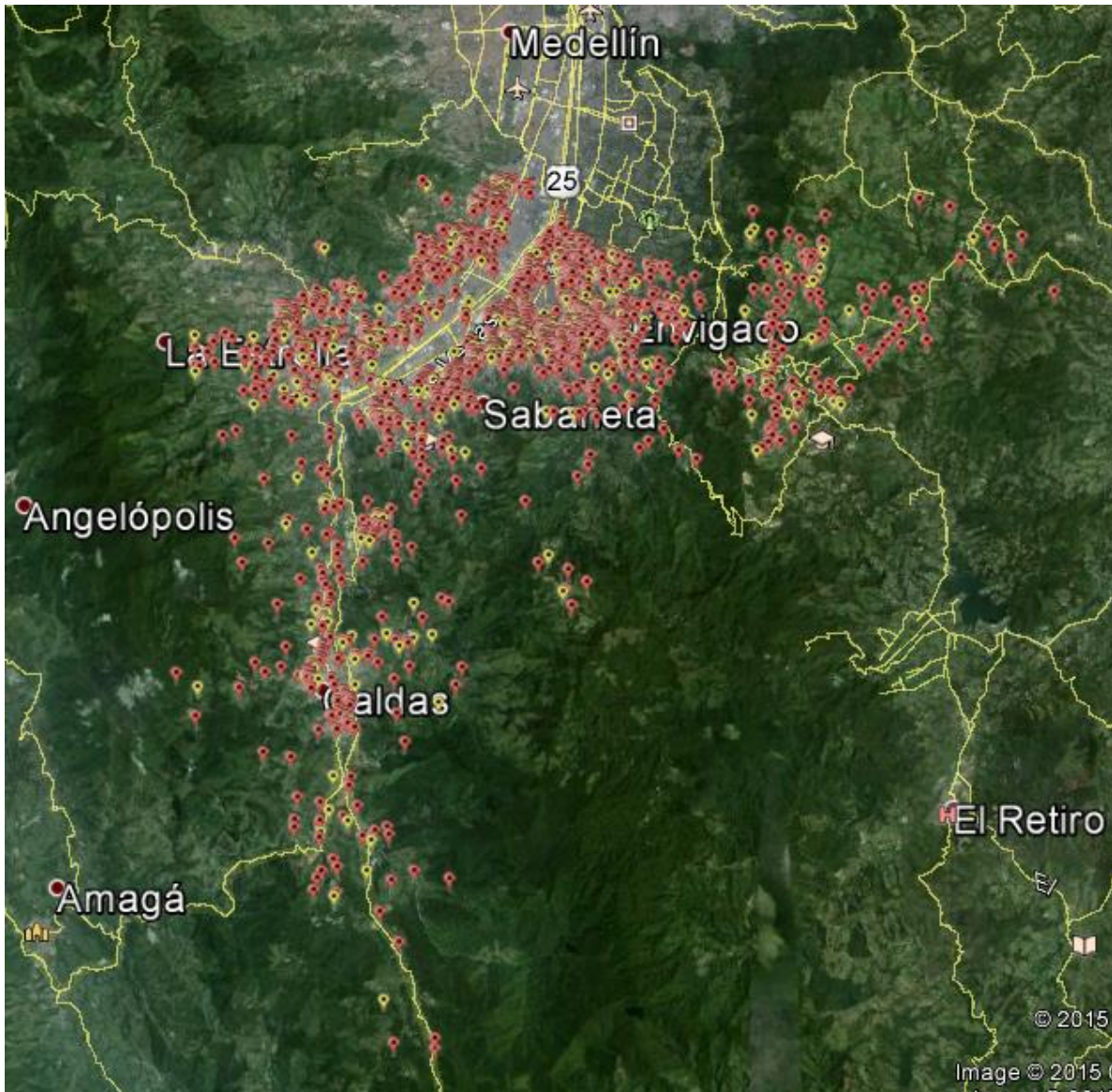


Figura. 18. Sur Valle de Aburra

En la figura anterior se observa el sur del Valle de Aburra y su distribución del factor de carga, donde se evidencia una mayor cantidad de transformadores clase 2 y por tal motivo un mejor aprovechamiento de la infraestructura actual.

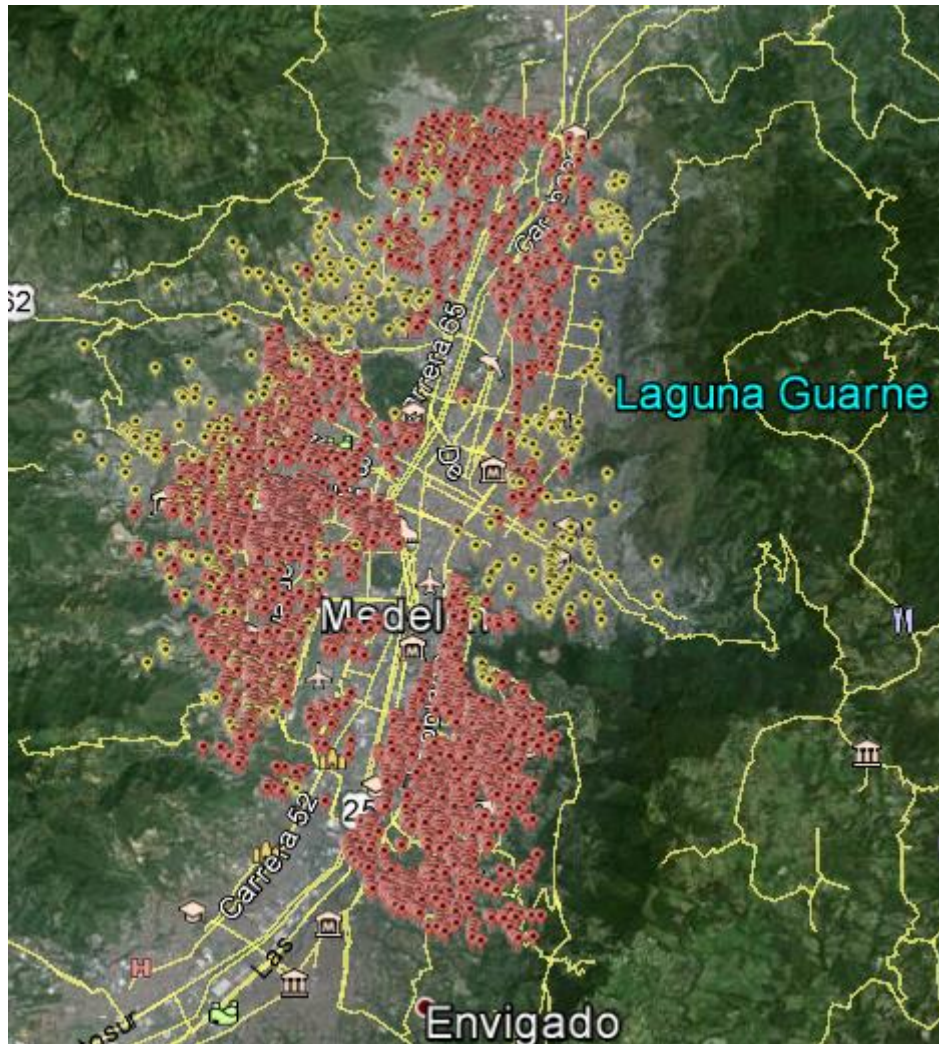


Figura. 19. Municipio de Medellín

De acuerdo a la gráfica anterior en Medellín se encuentran 3111 transformadores clase 2 y 946 transformadores clase 1, obteniendo una relación de 3.2 a 1 la cual presenta el factor de carga con un mejor aprovechamiento de los activos, con la salvedad de la franja del río donde existe ausencia de usuarios residenciales dadas las condiciones del plan de ordenamiento territorial (POT), la clase 1 tiende hacia la periferia occidental del Valle de Aburra.

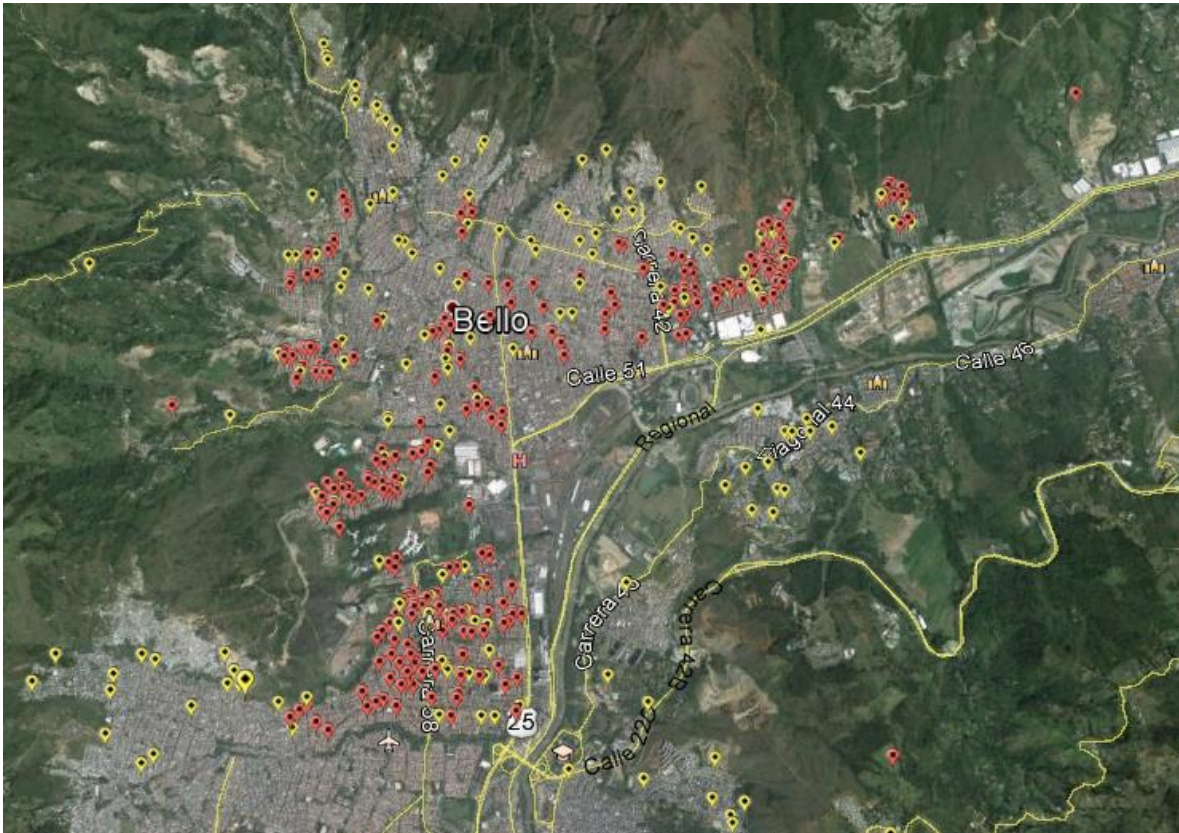


Figura. 20. Municipio de Bello

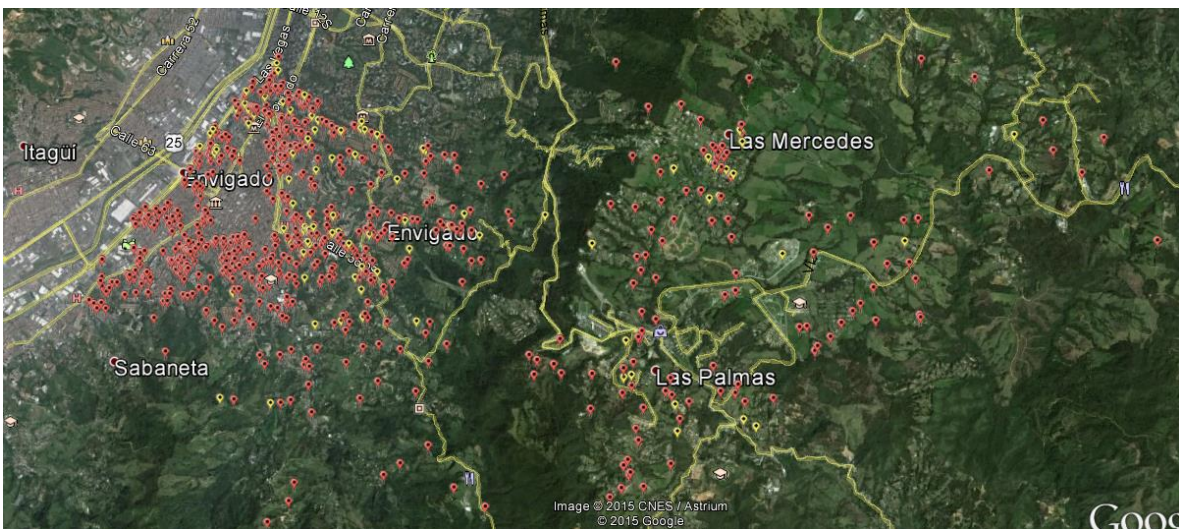


Figura. 21. Municipio de Envigado

Comparando los municipios de Bello y Envigado, teniendo ambos buen factor de carga se observa mayor presencia de la clase 1 en el municipio de Bello a diferencia del municipio

de Envigado donde el factor de carga clase 2 es notorio, teniendo este un mejor aprovechamiento de la energía a la hora de consumo.

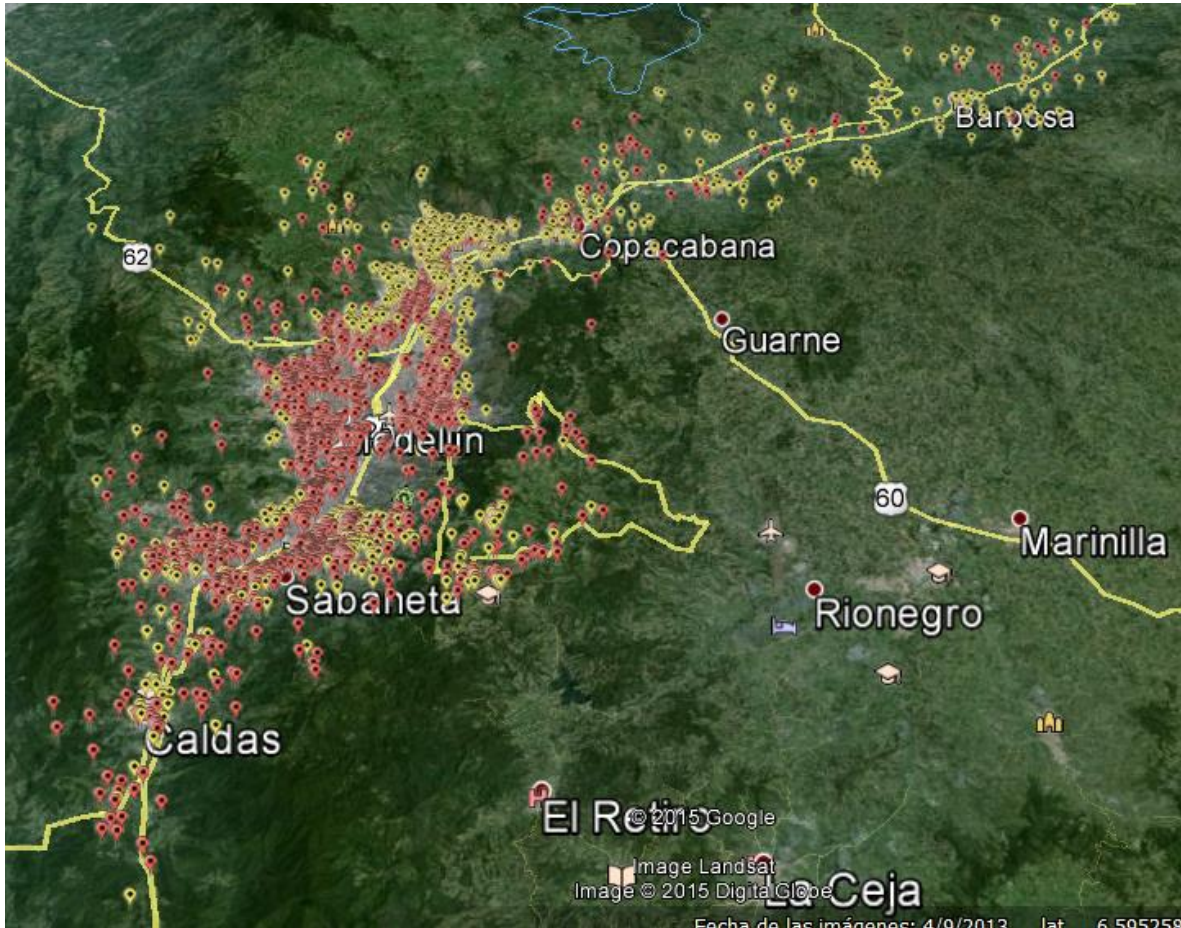


Figura. 22. Distribución de clases del factor de carga en el Valle de Aburra

En la figura anterior se resalta que el factor de carga más bajo (clase 1), se encuentra ubicado en la periferia del Valle de Aburra con tendencia al Occidente como son la comuna. 13 (San Javier) y el municipio de Belén y hacia el norte los municipios de Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa. Caso contrario se presenta en el sur del Valle de Aburra donde se observa mejor factor de carga indicando un aprovechamiento de los activos lo cual es favorable. También se refleja la ubicación geográfica del factor de carga en el Valle de Aburra por clases; Se observa una mayor cantidad de transformadores clase 2, correspondientes a 5788, a diferencia de la clase 1 con 1680 por tanto existe una relación de 3.5 a 1.

Aplicabilidad

Una aplicabilidad del georeferenciamiento de los transformadores en el Valle de Aburra se puede apreciar en la siguiente figura donde se toma un punto al azar a modo de ejemplificar la información de cada transformador.

Otra aplicabilidad está relacionada con poder observar geográficamente la ubicación de determinados transformadores, y así lograr analizar el requerimiento de reemplazo del mismo ante nuevos proyectos a futuro. Esta tiene como beneficio evitar el traslado de cuadrillas para realizar levantamientos en campo ya que desde el programa se tiene una visión clara, tanto en ubicación como en distancia y poder realizar un estimado en materiales de manera precisa.

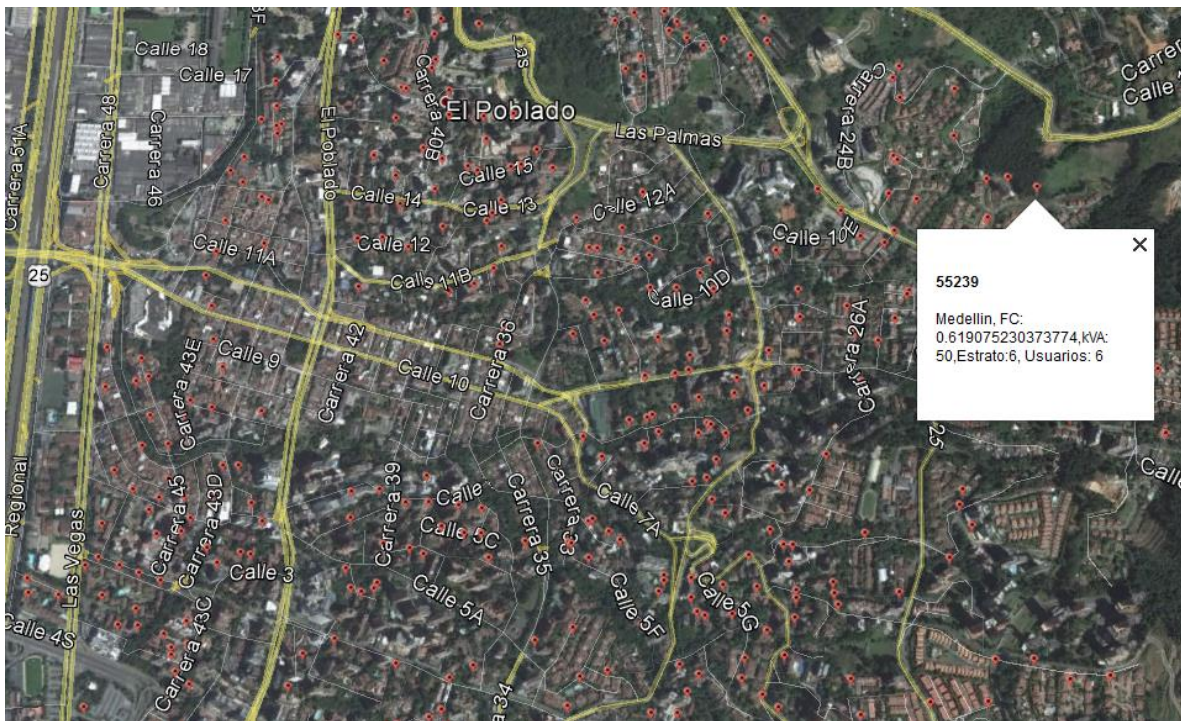


Figura. 23. Información del transformador según ubicación geográfica

En la figura anterior se observan todas las características técnicas del transformador elegido a manera de ejemplo, estos datos son de alta utilidad ya que permite en tiempo real observar y ubicar un punto de interés de manera fácil e inmediata



Figura. 24. Ubicación real de un transformador en una localización específica.

Es de resaltar que con las coordenadas geográficas de cada transformador se puede ubicar este en tiempo real, obteniendo también información como factor de carga, Municipio, Usuarios, Número de transformador, comuna etc. Esta utilidad puede ser muy beneficiosa para el operador de red ya que no tendría la necesidad de trasladarse al sitio para realizar un levantamiento técnico inicial.

Las coordenadas geográficas también ayudan a conocer la distancia de un transformador a otro. Contar con esta información puede ayudar a evitar desplazamientos iniciales para realizar levantamientos técnicos así como estimar si un transformador existente puede alcanzar y soportar la instalación de nuevas cargas.

La planeación también se vería beneficiada con esta aplicación ya que permite estimar con anterioridad y de manera muy precisa los materiales necesarios para el proyecto a realizarse como se observa a continuación.

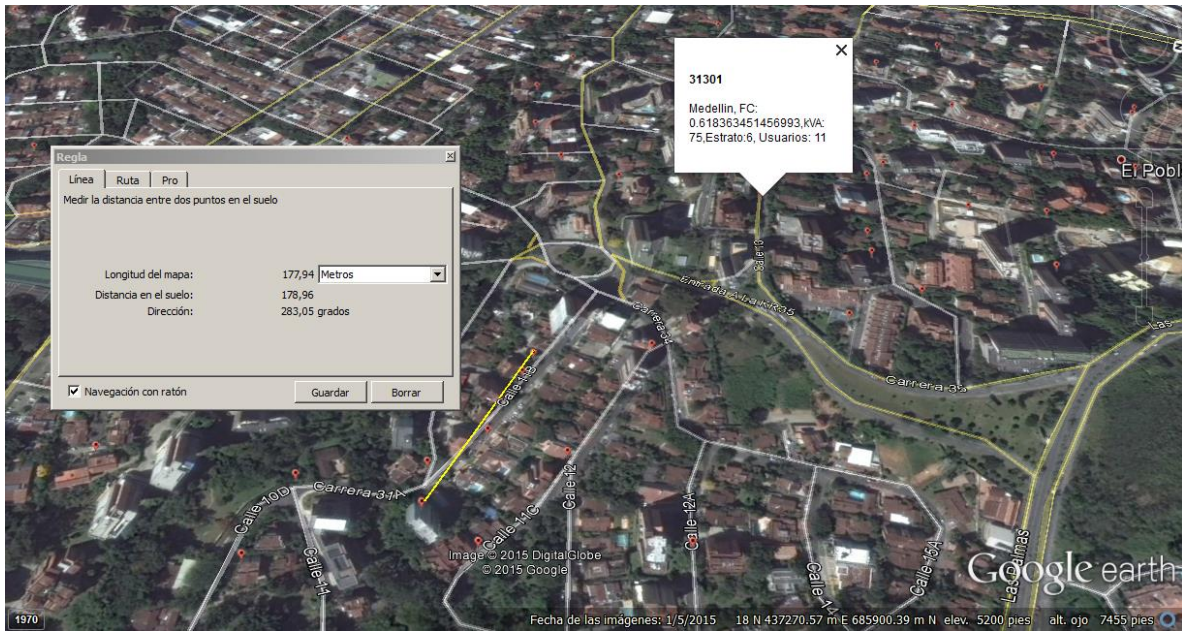


Figura. 25. Distancia medida de un transformador a otro por georeferenciamiento.

Conclusiones

Conociendo la distribución de las clases 1 y 2 del factor de carga en el Valle de Aburra se pueden observar las tendencias de expansión las cuales se presentan hacia el occidente como Pajarito, la comuna 13 y el Rodeo teniendo como indicador la clase 1 a diferencia de otras zonas con clase 2 las cuales indican menor índice de expansión.

Por medio de los datos trabajados en este trabajo de grado se conoce el factor de carga promedio en el Valle de Aburra el cual tiene una tendencia a 0.5; este indicador nos permite identificar que existe un ligero sobredimensionamiento de la carga contratada versus el consumo en un periodo de tiempo.

En el Valle de Aburra la tipología de consumo de los usuarios residenciales se asemeja a la de otros países como en Ecuador, Costa Rica, Perú, Chile y EE.UU los cuales generan un consumo importante durante las horas pico de la noche.

Una posible solución por parte del operador de red específicamente en el área de planeación teniendo como objetivo aplanar la curva del factor de carga es el uso de sistemas de almacenamiento o DSM, a la hora de demanda máxima y no tener que sobredimensionar equipos, permitiendo generar beneficios económicos y una mayor gestión de sus activos

Gracias a herramientas de georreferenciación se hizo posible la ubicación de transformadores de uso residencial con sus respectivos valores, lo que permitió conocer de manera exacta el número de usuarios de una zona determinada y su factor de carga.

El trabajo permitió identificar algunas soluciones claves que podrán tener alto valor agregado para mejorar el factor de carga en las instalaciones por ejemplo incentivar a los clientes residenciales a que consuman energía en horas valle, generando premios como porcentajes de descuento para los usuarios con servicio prepago o inteligente.

Otra solución específica para zonas que se encuentren con altos índices de consumo, sería incentivar la eficiencia energética y el reemplazo de artefactos de alto consumo tales como refrigeradores, hornos etc., donde se vea beneficiado el operador de red y los clientes residenciales. Así como teniendo en cuenta el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) y la ubicación geográfica de los transformadores se podrían crear estrategias para aliviar zonas de mayor consumo o el comportamiento de las áreas vecinas.

La determinación del factor de carga, del factor de diversidad y del factor de pérdidas es muy importante porque entre más preciso sea cada uno, más exacto será el cálculo de la demanda de potencia de un sistema de distribución. La determinación con la mayor exactitud permitirá tener mayor certeza y seguridad en las inversiones futuras, de nuevos alimentadores y subestaciones.

Bibliografía

- ASOCODIS. (2012). *ASOCODIS*. Obtenido de <http://www.asocodis.org.co/cms/docs/asocodis-correcciones-marzo-6.pdf>
- CIDEI. (2013). *CIDEI*. Obtenido de <http://cidei.net/smart-meters-tecnologia-avanzada-para-la-medicion-del-consumo-energetico-en-los-hogares/>
- cidel2010. (2010). *cidel2010*. Obtenido de <http://www.cidel2010.com/papers/PAPER-93-18022010.PDF>
- corpoelec. (2012). Obtenido de <http://www.corpoelec.gob.ve/distribuci%C3%B3n>
- Dickert, J. (13 de 11 de 2013). *meps10*. Obtenido de <http://meps10.pwr.wroc.pl/submission/data/papers/04.1.pdf>
- EMSA. (2012). *EMSA*. Obtenido de http://www.electrificadoradelfmeta.com.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=28:clientes-no-regulados&Itemid=207
- EPM. (2010). *EPM.COM.CO*. Obtenido de <http://www.epm.com.co/epm/institucional/EnergiaJornadas/Sesi%C3%B3n%2002/04%20Integraci%C3%B3n%20a%20la%20red.ppt>
- Espina, J. (2003). *CARACTERIZACION DE LA CARGA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION*.
- Gasolar.org. (2012). *Gasolar.org*. Obtenido de http://c.yimcdn.com/sites/www.gasolar.org/resource/resmgr/improving_system_load_factor.pdf
- Gomez, D. (2007). Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/gomez_da/sources/gomez_da.pdf
- Gonzalez, C. (2001). *Repositorio.edu*. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1043/1/T-SENESCYT-0228.pdf>
- Herrera, A. (2007). Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/402/1/CD-0822.pdf>
- Jacome. (2008).
- Jácome, L. F. (2008). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de <http://www.ucr.ac.cr/>

- Metropol. (8 de 3 de 2015). *Metropol*. Obtenido de <http://www.metropol.gov.co/AreaEducada/Paginas/galeriaimagenes.aspx>
- NISSAN. (2011). Obtenido de <http://www.nissan.es/ES/es/inside-nissan/innovation-and-technology/ev-range.html>
- OSINERGMIN. (2008). *Caracterizacion de la Carga de los Sistemas de Distribucion*.
- SNIP. (1 de Junio de 2011). Obtenido de <https://www.mef.gob.pe>
- UNIVERSIDAD DE CHILE. (17 de Noviembre de 2010). Obtenido de http://web.ing.puc.cl/~power/mercados/almacena/Almacenamiento_Energia_archivos/Almacenamiento_Energia.pdf
- UPME. (12 de 12 de 2013). *UPME*. Obtenido de http://www.upme.gov.co/Docs/Energia/PROYECC_DEMANDA_ENERGIA_OCTUBRE_2010.pdf



ANEXO1 : ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

ANEXO 2: MANUAL DE USUARIO

ANEXO 3: DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DEL VALLE DE ABURRÁ

ANEXO 4: ARTICULO PUBLICABLE