

Determinación de la Cantidad Adecuada de Usuarios por Transformador de Potencia en Zonas de Santa Elena a Nivel de Baja Tensión Considerando Eficiencia Energética

Max Ramírez, Luis Bernal, Douglas Aguirre
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mjramire@espol.edu.ec, luis.bernal.2013@gmail.com

Resumen

Se analiza las condiciones de operación de 3 transformadores de distribución instalados en las ciudades de Libertad, Salinas y Santa Elena. Se estudia el comportamiento del transformador durante una semana en los meses de Octubre y Diciembre y se analizan las curvas de cargas registradas cada 15 minutos en el medidor totalizador, para luego determinar las condiciones deben presentarse para que su dimensionamiento sea el adecuado. Se determina el grado de potencia que entrega un transformador de distribución para identificar si funciona bajo condiciones de sobrecarga o de manera breve mencionar si se encuentra sobredimensionado considerando además las pérdidas que se originan en la red de distribución. Los registros de los transformadores que se van a estudiar se los obtiene de medidores totalizadores instalados en la península de Santa Elena puntualmente en los cantones de Libertad, Salinas y Santa Elena. En base a los resultados obtenidos determinamos que el transformador 1 no funciona en sobrecarga, pero si está sobredimensionado. Que el transformador 2 y 3 no se encuentra sobrecargado, pero el transformador 3 se encuentra sobredimensionado.

Palabras claves: Eficiencia Energética, transformador sobredimensionado, sobrecarga.

Abstract

It analyzed the operating conditions of 3 distribution transformers installed in the cities of Libertad, Salinas and Santa Elena. We study the behavior of the transformer during a week in the months of October and December and analyzed the load curves recorded every 15 minutes with a totalizer meter, after that determinate the conditions to be submit for discussed the dimensioning appropriate. Determined the degree of power that delivers a distribution transformer to identify whether operating under overload conditions or whether this on oversize considering the losses that arise from the distribution network. The records of transformers to be studied are obtained from totalizers meters installed in the peninsula of Santa Elena promptly in the cantons of Libertad, Salinas and Santa Elena. Based on the results obtained determined that the transformer 1 is not operating in overload, but if this oversized. The transformer 2 and 3 is not overloaded, but the transformer 3 is oversized.

Keywords: Energy efficiency, oversized transformer, overload.

1. Introducción

Esta tesina de graduación tiene como objetivo determinar si la cantidad de abonados o usuarios conectados al transformador de distribución es la adecuada, es decir que el transformador no se encuentre sobrecargado o sobredimensionado con el fin de tener una red de distribución eficiente.

Es estudio se lo realiza en los cantones de Libertad, Salinas y Santa Elena en base a lecturas registradas en medidores totalizadores durante los meses de Octubre y Diciembre. Tener un dimensionamiento incorrecto genera grandes pérdidas económicas a las empresas distribuidoras y sistemas eléctricos ineficientes.

2. Fundamento Teórico

La eficiencia energética consiste en minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda diaria, es decir consumimos menos manteniendo el mismo nivel de confort; consiste en la sustitución de un equipo por otro, que con las mismas características consume menos electricidad.

Si hablamos de ahorro energético hablamos de un cambio en los hábitos de consumo, es decir consiste en reducir el consumo de energía mediante cambios concretos.

3. Datos Estadísticos

3.1 Panorama Santa Elena.

La provincia de Santa Elena fue creada el 7 de noviembre de 2007 en el mandato del gobierno del Ec. Rafael Correa Delgado. Santa Elena es una provincia de la costa de Ecuador, su capital es la ciudad de Santa Elena.

Entre sus poblaciones más destacadas constan: La Libertad, Salinas, Santa Elena, Manglaralto, Montañita, Olon, Ancón, Anconcito, Atahualpa, Colonche, José Luis Tamayo, Chanduy, Simón Bolívar, entre otros.

Según el censo poblacional del 2010 el número de habitantes por cantón lo vemos en la siguiente tabla

Tabla 1. Número de habitantes

Cantón	Población (2010)	Área (km ²)
La Libertad	95.942	26
Salinas	68.675	97
Santa Elena	144.076	3.880

3.2 Levantamiento Eléctrico.

La empresa eléctrica que se encarga de la distribución de la energía en la provincia de Santa Elena es la corporación nacional de electricidad (CNEL) Santa Elena.

Su división política está conformada por los cantones de La Libertad, Salinas, y Santa Elena

teniendo el 89.68% de cobertura del suministro eléctrico según datos del CONELEC.

Adicionalmente Santa Elena está conformada por tres centrales térmicas cuyas capacidades las vemos en la siguiente tabla.

Tabla 2. Centrales Térmicas

Centrales Térmicas	Capacidad(MW)
Santa Elena I	0.47
Santa Elena II	90.1
Santa Elena III	41.7

3.3 Infraestructura eléctrica de distribución.

CNEL- Santa Elena como empresa distribuidora tiene un área de concesión de 6.630 km². Su alimentación principal o transmisión es proveniente de la subestación pascuales a través de una línea de 138 KV a la subestación de transmisión de Santa Elena de 66.7 MVA.



Figura 1. Infraestructura Eléctrica

3.4 Evolución y comportamiento de la carga.

CNEL-Santa Elena, nos da que el número de abonados residenciales es de 106374 en toda la provincia. Hay muchos factores que inciden directamente en la economía de los ciudadanos tienen una tendencia positiva es decir tiende a aumentar, logrando así un incremento en la energía eléctrica, ligado conjuntamente con una demanda masiva de nuevos equipos electrónicos que principalmente los acoge el sector residencial.

La demanda de energía eléctrica proyectados al 2022 según datos del CONELEC la mostramos en la siguiente tabla.

Tabla 3. Proyección de la Demanda

Años	Demanda (GWH)
2013	515
2017	765
2022	959

3.5 Distribución del consumo de energía eléctrica santa Elena.

La distribución de la energía eléctrica en la provincia de Santa Elena se divide principalmente en los sectores Residencial, Comercial, e Industrial. De la misma forma hay que destacar que dentro de toda la distribución de energía existen lo que son las pérdidas técnicas y pérdidas totales así como el alumbrado público.

Tabla 4. Número de Abonados por Sector

Grupo de consumo	Nivel de tensión	Número de abonados
Residencial	Baja	106374
Comercial	Baja	8034
Industrial	Baja	116
Otros	Baja	1370

3.6 Proyección de la Demanda

Debemos tener en cuenta que el consumo eléctrico y las proyecciones poblacionales de los abonados van siempre de la mano, por ende un sistema eficiente de energía debe ser un factor determinante para disminuir el consumo de las proyecciones dadas.

4. Perspectiva metodológica.

Se recopilación información de tres medidores totalizadores que se encuentran al pie de los transformadores de distribución, esta información de consumo energético estará dentro de la zona urbana residencial de la ciudad de Santa Elena.

Obtendremos los valores de potencia, para luego calcular las pérdidas de energía que ocurren en la red secundaria de un sistema eléctrico de distribución.

El registro del consumo total de energía de los consumidores conectados al transformador de distribución, lo realizaremos las 24 horas del día con un margen de intervalo de 15 minutos.

Esto será por 5 días normales que son de lunes a viernes y fin de semana sábado y domingo del mes de diciembre.

Realizaremos las curvas de carga diaria y obtendremos los resultados finales, y así de esta manera encontrar los puntos de conflicto de pérdidas energéticas, consumo real en la red de baja tensión y finalmente establecer las condiciones de operación del transformador con datos reales de campo.

4.1 Selección de las zonas en estudio.

Este proceso se lo realiza por medio de labores de campo en los cantones principales como son Salinas, Libertad y Santa Elena.

Los requerimientos más importantes para nuestro proyecto son:

- Datos de placa del transformador de distribución.
- Lectura del Medidor totalizador conectado al transformador de distribución.
- Red aérea visible.
- Número de abonados conectados a la red de baja tensión.

4.1.1 Zona 1. El primer transformador de distribución está ubicado en el cantón la Libertad entre las calles 20 y 21 de la av. 13. Los datos de alimentador, potencia y calibres de conductor lo vemos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Zona 1.

MEDIDOR	4S206595
UBICACIÓN	Av. 13 calle 20 y 21 La Libertad
S/E	CAROLINA
ALIMENTADOR	MUNICIPIO
FASE	A
FP	0.99
CALIBRE DE CONDUCTOR BT	2
CALIBRE DE CONDUCTOR MT	3/0
Nº USUARIO	35
TRAFO KVA	37.5

4.1.2 Zona 2. El transformador de distribución está ubicado en el cantón Santa Elena entre las calles 3 y 5 de la av. 28. Los datos de alimentador, potencia y calibres de conductor lo vemos en la siguiente tabla.

Tabla 6. Zona 2.

MEDIDOR	4S206506
UBICACIÓN	Av. 28 calle 3 y 5 Santa Elena
S/E	SAN VICENTE
ALIMENTADOR	SUBURBIO
FASE	B
FP	0.98
CALIBRE DE CONDUCTOR BT	2
CALIBRE DE CONDUCTOR MT	3/0
Nº USUARIO	49
TRAFO KVA	37.5

4.1.3 Zona 3. El transformador de distribución está ubicado en el cantón Salinas. Los datos de alimentador, potencia y calibres de conductor lo vemos en la siguiente tabla.

Tabla 7. Zona 3.

MEDIDOR	4S206508
UBICACIÓN	Salinas
S/E	SAN VICENTE
ALIMENTADOR	SUBURBIO
FASE	B
FP	0.98
CALIBRE DE CONDUCTOR BT	2
CALIBRE DE CONDUCTOR MT	2/0
Nº USUARIO	24
TRAFO KVA	25

4.2 Característica del transformador de distribución.

En el trabajo de campo realizado en las diferentes zonas de estudios se pudo observar el valor de las potencias y marca de cada transformador. En la siguiente tabla se presenta los valores nominales del transformador según la zona de estudio.

Tabla 8. Valores Nominales de Transformadores.

LUGAR	TRANSFORMADOR (KVA)
ZONA 1	37.5
ZONA 2	37.5
ZONA 3	25

Los transformadores de distribución para las tres zonas de estudio son del tipo monofásico, sus características técnicas las describimos en la siguiente tabla.

Tabla 9. Características Técnicas del Transformador

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES / NORMAS
Transformador clase	Distribución
Transformador tipo	Monofásico – Autoprotegido
Norma de fabricación	ANSI c.57.12
Servicio	Exterior – continuo
Montaje	Poste
Tipo de refrigeración	ONAN
Altura sobre el nivel del mar	3000
Temperatura ambiente mínima (°c)	4
Temperatura ambiente máxima (°c)	40
Temperatura ambiente promedio (°c)	30
Humedad relativa del medio ambiente	80%

4.3 Característica del conductor secundario y acometida.

Las redes eléctricas de todas nuestras zonas de estudio son de bajo consumo energético, es decir son redes monofásicas cuyas salidas en el secundario tienen una toma central para proporcionar el neutro de la red, teniendo tres hilos, dos fases y un neutro.

El valor del calibre del conductor de la red en baja tensión y acometida se lo pudo obtener mediante el levantamiento de campo, es decir, de manera visual y estimando el diámetro, pero para una mayor certeza estos datos los obtuvimos del departamento de planimetría de la empresa eléctrica CNEL Santa Elena.

Las luminarias encontradas en nuestras zonas de estudio son de tipo cobra sus características las describimos a continuación:

- Protector plástico ovalado (difusor)
- Célula fotoeléctrica
- Tornillo de seguridad para fijación anti robo en poste
- Pieza para fijación vertical

Tabla 10. Calibre del Cable

LUGAR	Calibre Conductor MT	Calibre Conductor Acometida
ZONA 1	3/0	4
ZONA 2	3/0	4
ZONA 3	2/0	6

4.4 Características y tipos de alumbrado público.

La empresa eléctrica CNEL Santa Elena en su departamento correspondiente maneja una amplia gama de luminarias para el sistema de alumbrado público, Su diseño y utilización van acorde a la necesidad del análisis de campo.

A continuación presentamos en la siguiente tabla los tipos de luminarias que utiliza la empresa eléctrica CNEL Santa Elena.

Tabla 11. Potencia de luminarias

LUMINARIAS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Na-70W	0	0	0
Na-100W	1	1	6
Hg-125W	0	0	0
Na-150W	4	3	0
Hg-175W	0	0	0
Na-250W	0	2	0
TOTAL	5	6	6

5. Curvas de carga.

A continuación realizaremos los diagramas de curvas de carga de la energía obtenida de los transformadores de distribución ubicados en cada una de las zonas de estudio. Los valores obtenidos de los diagramas de curvas de carga son del mes de diciembre y serán diarios, para de esta forma llegar a un mejor análisis.

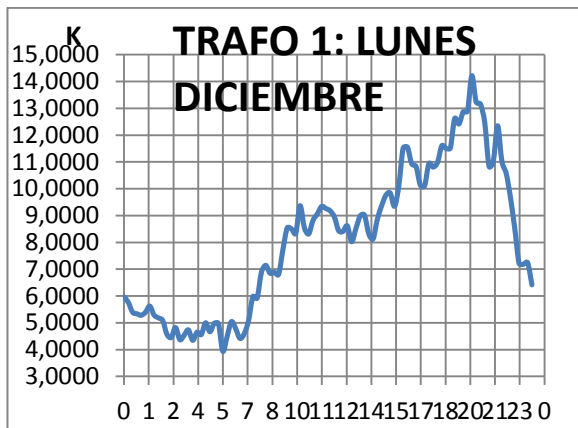


Figura 2. Curva de carga del transformador 1.

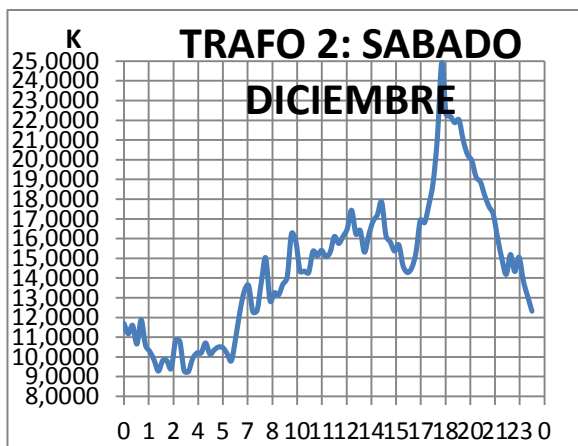


Figura 3. Curva de carga del transformador 2.

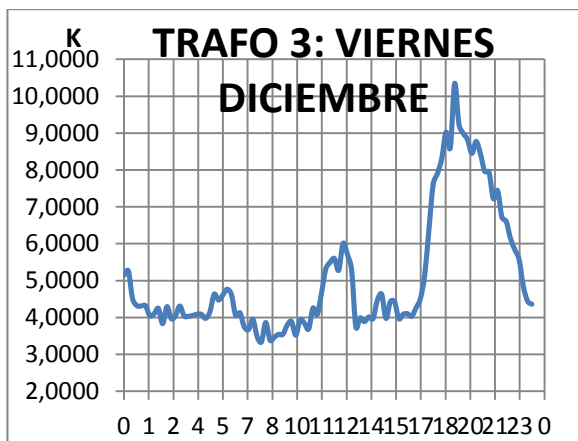


Figura 4. Curva de carga del transformador 3.

Los datos de nuestro interés de consumo máximo de potencia en una sola tabla según las curvas de carga tenemos los siguientes valores en KVA:

Tabla 12. Potencias Máximas

	Trafo 1 (KVA)	Trafo 2 (KVA)	Trafo 3 (KVA)
Potencia Máxima (KVA)	14.07384	24.66288	10.13712

6. Análisis de resultados

Es necesario determinar si un transformador está o no sobrecargado debido a que si está funcionando por encima de los valores establecidos por el fabricante puede llevar a la saturación del núcleo por el incremento de corrientes parásitas lo que genera sobrecalentamiento y en casos extremos la ruptura del aislamiento teniendo finalmente el fallo total del transformador.

En los registros obtenidos en la zona 1 tenemos que el transformador 1 está entregando en las horas picos una potencia de 15.3KVA, se encuentra a un 40% del valor nominal que es 37.5KVA, en este caso se puede apreciar que bajo éstas condiciones se tiene un transformador sobredimensionado, pero el objetivo de ésta tesis es determinar si en las horas picos el transformador trabaja en los límites permitidos, podemos establecer que no hay riesgo de que el transformador trabaje bajo condiciones de sobrecarga.

En los registros obtenidos en la zona 2 tenemos que el transformador 2 está entregando en las horas picos una potencia de 26.4KVA, se encuentra a un 70.45% del valor nominal que es 37.5KVA, en este caso se puede apreciar que bajo éstas condiciones se tiene un transformador funcionando bajo condiciones óptimas, con un margen posible de incremento de carga de 29.55%, podemos establecer que no hay riesgo de que el transformador trabaje bajo condiciones de sobrecarga.

En los registros obtenidos en la zona 3 tenemos que el transformador 3 está entregando en las horas picos una potencia de 11.03KVA, se encuentra a un 44.12% del valor nominal que es 25KVA, en este caso se puede apreciar que bajo éstas condiciones se tiene un transformador sobredimensionado, pero el objetivo de ésta tesis es determinar si en las horas picos el transformador trabaja en los límites permitidos, podemos establecer que no hay riesgo de que el transformador trabaje bajo condiciones de sobrecarga.

7. Conclusiones

Se cumple lo aprendido en clase sobre las características de las curvas de carga para el sector residencial y los picos de carga que suceden entre las 19h00 pm y las 20h00 pm.

En base a los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis se demuestra que el transformador 1 no está funcionando en sobrecarga y que el tiempo de consumo máximo en todos los perfiles de carga ocurren en un período de tiempo máximo de 30 minutos

Para que el transformador 1 se encuentre funcionando en condiciones de sobrecarga tendría que existir un incremento de carga o de consumo del 60% del consumo máximo existente.

En base a los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis se demuestra que el transformador 2 no está funcionando en sobrecarga y que el tiempo de consumo máximo de potencia en todos los perfiles de carga ocurre en un período de tiempo máximo de 30 minutos.

Para que el transformador 2 se encuentre funcionando en condiciones de sobrecarga tendría que existir un incremento de carga o de consumo del 30% del consumo máximo existente.

En base a los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis se demuestra que el transformador 3 no está funcionando en sobrecarga y que el tiempo de consumo máximo de potencia en todos los perfiles de carga ocurre en un período de tiempo máximo de 30 minutos.

Para que el transformador 3 se encuentre funcionando en condiciones de sobrecarga tendría que existir un incremento de carga o de consumo del 60% del consumo máximo existente.

8. Agradecimiento

El presente artículo no hubiera sido posible sin el apoyo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la ESPOL, así como el aporte valioso de trabajadores de CNEL Santa Elena y el director de esta tesina.

9. Referencias

- [1] Normas de Acometida Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para Sistemas de Electricidad "NATSIM", 2012. <http://www.electricaguayaquil.gob.ec>, fecha de Consulta Octubre 2014.
- [2] Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1107&l=1>, fecha de Consulta noviembre 2014.
- [3] Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad – CNEL EP, <http://www.cnel.gob.ec/quienes-somos.html>, fecha de Consulta Diciembre 2014.
- [4] CENACE, Informe Anual 2014, SEPTIEMBRE 2014. http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=6:phocatin_fanuales&Itemid=1, fecha de Consulta noviembre 2014.
- [5] Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022. Volumen 2: estudio y gestión de la demanda eléctrica, <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol2.pdf>, fecha de Consulta noviembre 2014.
- [6] CENACE, Informe Anual 2011, Diciembre 2011.
- [7] CONELEC, Cargos Tarifarios, 2012.
- [8] Banco Central del Ecuador, Estadísticas Macroeconómicas, www.bce.fin.ec, fecha de consulta abril 2011.
- [9] MINISTERIO DE ELÉCTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, Plan maestro de electrificación 2012-2021, año 2012.
- [10] CONELEC, Regulación 004/01, Calidad del servicio eléctrico de distribución, aprobado el 23 de mayo de 2001.
- [11] CONELEC, Regulación 003/99, Reducción anual de pérdidas no técnicas en las empresas de distribución, aprobado el 30 de marzo de 1999.