



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA
EN LOS TRANSFORMADORES DEL ALIMENTADOR IV
CENTENARIO, POR LA ENTRADA DE NUEVAS CARGAS
RESIDENCIALES**

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR
POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

AUTOR:

LUIS GABRIEL ROJAS VIVANCO

DIRECTOR:

ING. CARLOS RAÚL BARRETO CALLE, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2014-2015

CERTIFICACIÓN

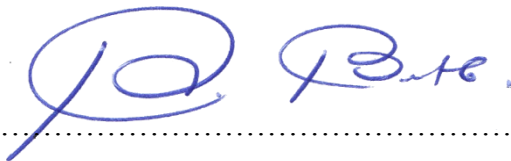
Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO, POR LA ENTRADA DE NUEVAS CARGAS RESIDENCIALES”**, previa a la obtención del título de Ingeniero electromecánico, realizado por el señor egresado: **Luis Gabriel Rojas Vivanco**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja 04 de marzo del 2015



Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

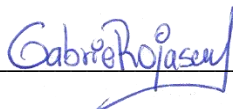
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo **LUIS GABRIEL ROJAS VIVANCO** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Luis Gabriel Rojas Vivanco

Firma:  _____

Cédula: 1105196412

Fecha: 14-04-2015

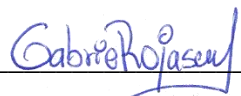
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **LUIS GABRIEL ROJAS VIVANCO**, declaro ser autor de la tesis titulada **EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO, POR LA ENTRADA DE NUEVAS CARGAS RESIDENCIALES**, como requisito para optar el grado de: **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de abril del dos mil quince.

Firma: 

Autor: Luis Gabriel Rojas Vivanco

Cédula: 1105196412

Dirección: San Pedro de la Bendita, (Av. Reina del Cisne entre Ramón Ojeda)

Correo electrónico: gabrieluis.1991@gmail.com

Teléfono: 072569033 **Celular:** 0992612330

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizñay, Mg. Sc.

Ing. Franco Edy Pineda Ochoa, Mg. Sc.

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

PENSAMIENTO

“Hemos averiguado que vivimos en un insignificante planeta de una triste estrella perdida en una galaxia metida en una esquina olvidada de un universo en el que hay muchas más galaxias que personas”

-Carl Edward Sagan

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

- Albert Einstein

“El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo. Su objetivo final es el dominio completo de la mente sobre el mundo material y el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza a favor de las necesidades humanas”

- Nikola Tesla

“La educación es el arma más poderosa para cambiar el mundo.”

-Nelson Mandela

"Cuando yo tenía 5 años, mi madre me decía que la felicidad era la clave de la vida. Cuando fui a la escuela, me preguntaron qué quería ser cuando yo fuera grande. Yo respondí "Feliz". Me dijeron que yo no entendía la pregunta, y yo les respondí, que ustedes no entendían la vida".

-John Lennon

DEDICATORIA

A mis padres Wilson y Nery por haberme dado la vida y cuidar siempre de mí, por haberme dado su confianza y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, nunca los defraudaré, mami, tú eres mi razón de vivir, nunca me alcanzaré la vida para pagar lo que has hecho por mí.

A mis hermanos Wilson Miguel y Jorge Eduardo, ustedes fueron mis amigos desde el día que nací, cada gesto, cada anécdota, cada día no lo cambiaría por nada en la vida, gracias muchachos por estar cuando los necesito, gracias mano Wilson por haberme apoyado en toda mi carrera universitaria, por todo lo que aprendí de ti, por ser mi ejemplo de vida, Jorge aunque siempre nos peleamos gracias por apoyarme aun cuando no lo merecía, por demostrarme que la vida es muy dura pero que siempre me apoyarás, gracias ñaños por mis sobrinas que son lo más bonito que he visto en ésta vida, ustedes siempre podrán contar conmigo y les dedico éste trabajo.

AGRADECIMIENTO

A todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible que ésta, una de las metas de vida se cumpla, de manera especial a mi director de tesis el ingeniero Carlos Raúl Barreto Calle que me ha orientado en éste trabajo, me ha ayudado a ver mis errores y me ha dado su apoyo a lo largo de ésta tesis, gracias ingeniero por enseñarme a afrontar cada reto con responsabilidad y valentía, le quedo completamente agradecido.

Al ingeniero Jorge Enrique Carrión Gonzáles por haberme apoyado en la selección del tema, por haberme explicado el funcionamiento del software, por haber despejado mis inquietudes gracias ingeniero por todo el apoyo.

A todo el personal de la EERSSA que permitió que éste trabajo se desarrolle y de manera especial a los ingenieros Jorge Paute y Estalín Granda por haber despejado mis dudas de novato y facilitado el desarrollo de ésta tesis.

Por último pero no menos importante quiero agradecer a todos los docentes que influyeron en formación profesional, gracias con todos, y a todos mis compañeros de aula con los que compartí tantos buenos y malos momentos, gracias muchachos por todo.

¡Gracias a todos!

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR.....	IV
PENSAMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
SIMBOLOGÍA	X
A.-TÍTULO	1
B. RESUMEN.....	2
B. ABSTRACT	4
C.- INTRODUCCIÓN	6
D. OBJETIVOS.....	7
D.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
D.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
D.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
CAPÍTULO I: “FUNDAMENTOS TEÓRICOS”	8
1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	8
1.1. SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	8
1.1.1. GENERACIÓN	9
1.1.2. TRANSMISIÓN.....	9
1.1.3. DISTRIBUCIÓN.....	10
1.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN.....	10
1.1.5. PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	11
1.1.6. FACTORES QUE CARACTERIZAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	13
1.1.7. CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA DEMANDA.....	16
1.2. LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.	17
1.3. EL ALIMENTADOR PRIMARIO IV CENTENARIO	17

CAPÍTULO II “EL SOFTWARE EDIS”	19
2. ESTUDIOS DE ALIMENTADORES PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN	19
2.1. LA NECESIDAD DE ESTUDIAR LAS REDES	19
2.2. FLUJOS DE POTENCIA.....	19
2.3. EL SOFTWARE EDIS.....	19
2.4. CAÍDAS DE VOLTAJE Y PÉRDIDAS EN ALIMENTADORES PRIMARIOS.....	20
2.4.1. VALOR DE LAS CONSTANTES PARA CADA TIPO DE TRAMO	21
2.5. ANÁLISIS DE FLUJO DE POTENCIA.....	22
CAPÍTULO III “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO”	32
3. ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO.....	32
3.1. ESTUDIO DEL ALIMENTADOR PRIMARIO IV CENTENARIO.....	32
3.1.1. MAPA DEL ALIMENTADOR PRIMARIO IV CENTENARIO.....	32
3.1.2. OBTENCIÓN DE LA CURVA CRONOLÓGICA DE CARGA DIARIA DEL ALIMENTADOR.....	34
3.1.3. CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA DEMANDA	35
3.1.4. SOBRECARGA ADMISIBLE DE LOS TRANSFORMADORES.....	36
E.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
F.- RESULTADOS.....	42
G.- DISCUSIÓN.....	61
H.- CONCLUSIONES.....	63
I.- RECOMENDACIONES	65
J.- BIBLIOGRAFÍA.....	66
K. ANEXOS.....	68

SIMBOLOGÍA

S	Potencia Aparente [kVA]
S_{rec}	Potencia aparente de recibo [kVA]
S_{env}	Potencia aparente de envío [kVA]
S_n	Demanda nominal [kVA]
P	Potencia Activa [kW]
P_{rec}	Potencia activa de recibo [kW]
P_{env}	Potencia activa de envío [kW]
Q	Potencia Reactiva [kVAR]
Q_{rec}	Potencia reactiva de recibo [kVAR]
Q_{env}	Potencia reactiva de envío [kVAR]
F_p	Factor de potencia
Dem	Demanda [kVA]
DM	Demanda máxima [kVA]
UL	Voltaje de línea [kV]
U_n	Voltaje nominal [kV]
U_r	Voltaje real [kV]
U_i	Voltaje de envío [kV]
U_j	Voltaje de recibo [kV]
ΔU_{ij}	Caída de tensión desde el nodo de envío al nodo de recibo [kV]
T_e	Tiempo equivalente [h]

f	Frecuencia [Hz]
F_c	Factor de carga
F_{cap}	Factor de capacidad
F_{cR}	Factor de carga reactivo
$R_{(i)}$	Resistencia del conductor [Ω /km]
$X_{(i)}$	Reactancia del conductor [Ω /km]
$L_{(i)}$	Longitud del tramo al nodo i [km]
ΔP	Pérdidas de potencia activa [kW]
ΔQ	Pérdidas de potencia reactiva [kVAR]
$K_{p,q}$	Constante para el cálculo de pérdidas de potencia activa y reactiva
K_u	Constante para el cálculo de caídas de tensión.
$\sqrt{}$	Raíz cuadrada
C_{api}	Capacidad instalada [kVA]
C_i	Carga instalada [kVA]
r_v	Crecimiento vegetativo
n	Número de años
W_0	Demanda inicial [kVA]
W_2	Demanda final [kVA]

A.-TÍTULO

Evaluación del incremento de la demanda de energía en los transformadores del alimentador IV Centenario, por la entrada de nuevas cargas residenciales

B. RESUMEN

El presente trabajo expone el estudio del ingreso de cocinas de inducción en el alimentador primario IV Centenario perteneciente a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. EERSSA en la ciudad de Loja.

Para el análisis del incremento de la demanda se utiliza el software Edis (estudios de distribución) que fue editado en la Universidad Nacional de Loja con el fin de poder analizar la entrada de cocinas de inducción electromagnéticas en los circuitos de distribución. Se presenta el estudio en tres escenarios, el primero en base a la disposición del MEER en el oficio Nro. MEER-SDCE-2014-0203-OF, en el cual se detallan la cantidad de cocinas a ingresar por empresa distribuidora en el país, y que determina que en la ciudad de Loja ingresarán 143,765 cocinas en tres años, considerando la cantidad de cocinas por año se estima que la entrada de cocinas por transformador es dependiente del número de usuarios residenciales, repartiéndose las cocinas en tres años con un 12%, 55% y 33% respectivamente.

Para el segundo escenario se plantea como hipótesis que la entrada de las cocinas de inducción se realiza en dos años para lo cual se adopta el 12% de cocinas para el primer año y el 88% para el segundo año.

Para los escenarios 1 y 2 se usa la demanda de 1.6 kVA coincidente por cocina de inducción que viene por defecto en el software Edis, para el análisis del tercer escenario se adopta la demanda de 0.448 kVA correspondiente a la demanda máxima diversificada de la curva de Westinghouse para cocinas de inducción y se considera que la entrada de cocinas de inducción es similar al escenario 1.

Del análisis del alimentador IV Centenario se obtiene que en los escenarios 1 y 2 se sobrecargan el 73,39% de los transformadores instalados en éste momento, la demanda máxima proyectada para el 2024 en ambos escenarios incrementa en 5 veces la demanda actual, en el escenario 3 se sobrecargan el 59,63% de los centros de transformación instalados y la demanda máxima para el 2024 es 2.43 veces mayor que la demanda actual.

El cronograma de la entrada de cocinas de inducción para los tres escenarios se muestra en la tabla 1, estos porcentajes son dependientes del número de usuarios residenciales que contenga cada centro de transformación.

Tabla 1. Porcentaje de usuarios residenciales que ingresan al plan de cocción eficiente por año

	usuarios residenciales que ingresan al plan de cocción eficiente			
	año 1	año 2	año 3	Total
escenario 1	12%	55%	33%	100%
escenario 2	12%	88%	0%	100%
escenario 3	12%	55%	33%	100%

Fuente: MEER-SDCE-2014-0203-OF, El Autor

B. ABSTRACT

This presents work shows the study of induction stoves income South Regional Utility primary feeder IV Centenario SA EERSSA in Loja city.

For analysis of the increase in demand, we use software (distribution studies) that was published in the National University of Loja in order to analyze the input electromagnetic induction cookers distribution channels used.

The study was presented in three stages, the first based on the provision of MEER in office no. MEER-SDCE-2014-0203-OF, in which the number of stoves are detailed input by distributor in the country, and determines that the city of Loja enter 143.765 stoves in three years, considering the number of stoves per year is estimated to stoves input transformer is dependent on the number of residential users, sharing stoves in three years with 12% , 55% and 33% respectively.

For the second scenario is hypothesized that the entry of induction cooking is done in two years for which 12% of stoves for the first year and 88% for the second year.

For scenarios 1 and 2 it is used 1.6 kVA demand for induction stoves that comes standard in the Edis software for the analysis of the third stage is used 0.448 kVA demand corresponding to the maximum diversified demand curve is adopted Westinghouse for induction cookers and considers the input induction stoves is similar to scenario 1.

An analysis of the feeder IV Centenario is obtained in scenarios 1 and 2, the 73.39% of the installed at this time overloaded transformers, the maximum projected for 2024 in both scenarios demand increases by 5 times the current demand in the Scenario 3 overload the 59.63% of installed processing centers and high demand for 2024 is 2.43 times greater than current demand.

The input schedule induction cookers for the three scenarios shown in Table 1, the percentages are dependent on the number of residential users each containing processing center.

C.- INTRODUCCIÓN

El estado ecuatoriano a través del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER lleva a cabo el programa de Cocción Eficiente que consiste en el cambio de cocinas a GAS por cocinas de inducción, el uso masivo de las cocinas de inducción aumentará la demanda de energía en toda la red eléctrica.

El incremento de la demanda eléctrica debe ser analizado para determinar si los componentes de la red soportarán las condiciones futuras, en el presente trabajo se analiza el impacto del incremento de demanda en los transformadores de distribución, y en el alimentador.

Las empresas eléctricas, en base al consumo a través de los años de sus usuarios, proyectan las demandas para los años venideros, de ésta manera las empresas se encuentran preparadas para soportar las demandas futuras, la manera más práctica de conocer el estado futuro de un alimentador es realizar un flujo de carga para determinar las demandas en cada punto y luego con una tasa de crecimiento determinar la demanda futura, éstos cálculos son desarrollados por programas informáticos especializados.

D. OBJETIVOS

d.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el estudio de la carga actual y proyectada en los transformadores del alimentador IV centenario por la entrada de las cocinas de inducción. (plan de cocción eficiente)

d.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y tabular los datos de interés de la base de datos SIG del alimentador IV centenario
- Encontrar la curva de carga característica del alimentador primario IV centenario
- Evaluar el escenario actual y futuro del alimentador IV centenario debido a la implementación del plan nacional de cocción eficiente

D.- REVISIÓN DE LITERATURA

CAPÍTULO I: “FUNDAMENTOS TEÓRICOS”

1. Conceptos básicos

1.1. Sistemas Eléctricos de Potencia

Los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) son los encargados de llevar la energía desde los centros de producción hasta los centros de consumo, los SEP se dividen en generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica.

En la figura 1 se puede observar el diagrama básico de un sistema eléctrico de potencia, siendo los subsistemas de generación, transmisión y distribución los más importantes.

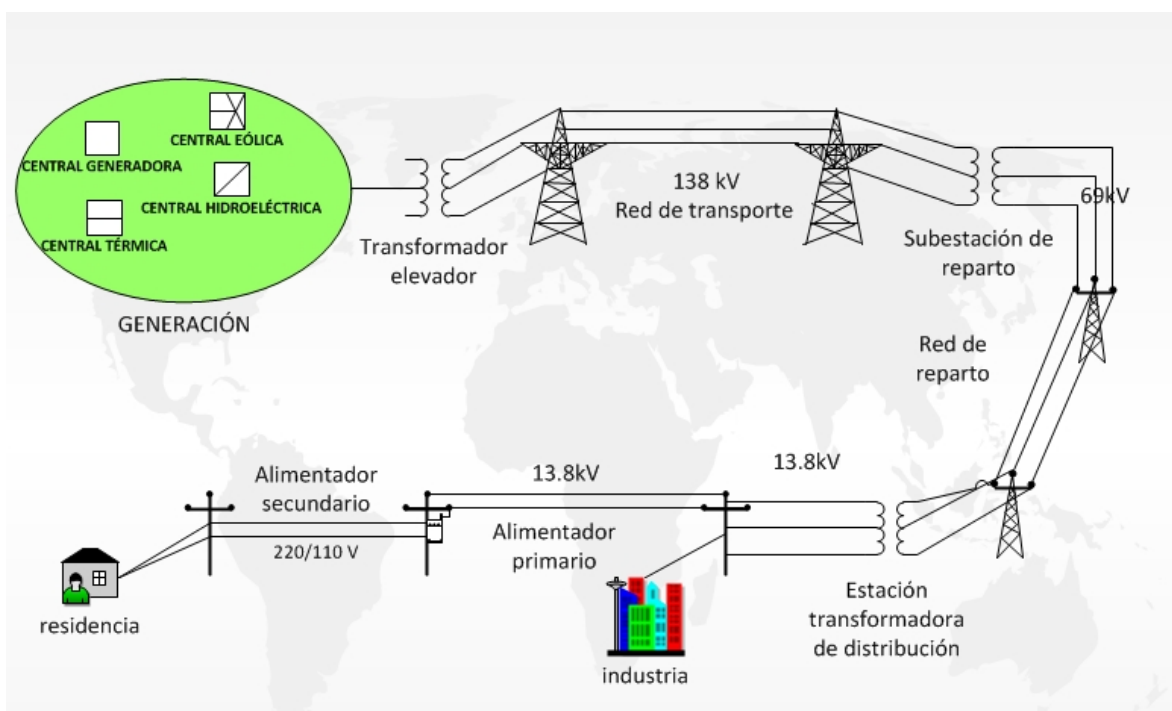


Figura 1 Esquema del sistema eléctrico de potencia, Fuente: elaboración el Autor

1.1.1. Generación

Es la parte SEP en donde se produce la energía eléctrica, por medio de las centrales generadoras, normalmente apartadas de los grandes centros de consumo de energía, dependiendo de la fuente primaria de energía, las centrales de generación pueden ser, hidroeléctricas, termoeléctricas, geotérmicas, nucleares, de ciclo combinado, de turbo gas, eólicas, entre otras.

En régimen normal, todas las unidades generadoras del sistema se encuentran en "sincronismo", es decir, mantienen ángulos de cargas constantes. En éste régimen, la frecuencia debe ser nominal (60 Hz) o muy cercana a ésta. Los voltajes de generación varían de 2.4 a 24 kV, dependiendo del tipo de central. (VASQUEZ GRANDA, 2013)

En (CONELEC, 2013) se menciona que el parque hidrotérmico disponible para producción de energía eléctrica en el Ecuador consta de 16 centrales hidroeléctricas estatales de pequeña, mediana y gran capacidad (1-1.100 MW) y 39 centrales pequeñas pertenecientes a las empresas de distribución eléctrica, a municipios y a empresas privadas; más de un centenar de centrales térmicas con diferentes combustibles y pertenecientes a diferentes empresas, entre generadoras, distribuidoras, industria privada y petroleras en general.

1.1.2. Transmisión

Es la parte del SEP encargada de transmitir la energía desde los centros de producción hasta los grandes centros de consumo, ésta transmisión se la realiza a elevados niveles de tensión, por lo que se necesita primeramente elevar la tensión en los centros de producción para poder transmitir la energía y luego bajar el nivel de tensión en una subestación.

El sistema de transmisión en el Ecuador está constituido por el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) que trabaja a dos niveles de tensión 230 y 138 kV, ambos a una frecuencia de 60 Hz.

A nivel de 230 kV existen 1.285 km de líneas en doble circuito y 556 km en simple circuito gran parte de ellas formando un anillo entre las subestaciones Molino, Zhoray, Milagro, Dos Cerritos, Pascuales (Guayaquil), Quevedo, Santo Domingo, Santa Rosa (Quito), Totoras

(Ambato) y Riobamba, vinculando de forma directa a los principales centros de generación con los grandes centros de consumo del país.

A nivel de 138 kV se cuenta con 625 km de líneas en doble circuito y 1.093 km en simple circuito, que fundamentalmente parten de manera radial desde el anillo de 230 kV. (CONELEC, 2013)

1.1.3. Distribución

La distribución la realizan las empresas distribuidoras que son las encargadas de comercializar la energía en toda su área de concesión, distribuir es llevar a los usuarios finales la energía cumpliendo con ciertas normativas.

Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de distribución, lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño, construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja pero de gran trascendencia. (CASTAÑO, 20004)

Según (CASTAÑO, 20004) la distribución de energía eléctrica es una actividad cuyas técnicas están en un proceso constante de evolución reflejada en el tipo de equipos y herramientas utilizadas, en los tipos de estructuras, en los materiales con los que se construyen las redes de distribución y en los métodos de trabajo de las cuadrillas de construcción y mantenimiento, reflejada también en la metodología de diseño y operación empleando computadores (programas de gerencia de redes, software gráfico, etc.).

1.1.4. Clasificación de los sistemas de distribución según su construcción

1.1.4.1. Redes de distribución subterránea

Una red de distribución subterránea está construida con cables aislados, transformadores de interior o sumergibles, cajas de conexión y equipos de protección adecuados para ambientes subterráneos, un sistema subterráneo es más confiable que un sistema aéreo y además presenta una ventaja estética, normalmente son construidos en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento.

Naturalmente, este aumento de la confiabilidad y de la estética representa un incremento en el costo de las instalaciones, además es necesaria la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de sistema.

1.1.4.2.Redes de distribución aéreas

Es el tipo de redes más común en nuestro entorno, en éste caso los conductores son soportados por postes a lo largo de las calles, el costo de su instalación es menor que un sistema subterráneo además es más fácil construirlo y una vez en operación facilita las labores de mantenimiento y de búsqueda de fallas.

Las redes aéreas representan un efecto visual negativo en las construcciones y debido a que están expuestas a la intemperie no son tan confiables como las redes subterráneas, el alimentador primario IV Centenario perteneciente a la EERSSA corresponde a éste tipo de redes.

1.1.4.3.Redes de distribución mixtas

Según (VASQUEZ GRANDA, 2013) una red de distribución mixta es una red de distribución aérea que en algún nodo se instala una acometida con cables aislados que bajan desde lo alto del poste hasta una caja de revisión o pozo, para desde aquí conectarse al servicio requerido, dando una mejora estética ya que se eliminan una gran cantidad de conductores y una mejora técnica al aumentar la confiabilidad.

1.1.5. Principales componentes de los sistemas de distribución

Entre los principales componentes de un sistema de distribución se tiene:

1.1.5.1. Alimentador primario de distribución

El alimentador primario empieza en la estación de distribución luego de que se bajó el nivel de tensión de transporte y es adecuado para los transformadores de distribución, éstos sistemas trabajan con rangos de voltaje de 2.4 kV a 22 kV, aunque los valores más comunes para distribución primaria son 13.2 kV con tres y cuatro hilos, valores menores de voltaje no

son recomendados debido a los costos por pérdidas de energía (NAVAL FACILITIES ENGINEERING COMMAND, 1990)

1.1.5.2. Alimentador secundario de distribución

El alimentador secundario es el cableado entre postes con el nivel de tensión adecuado para la comercialización, el nivel de tensión del primario es bajado al secundario mediante transformadores de distribución, los niveles de tensión standart para las redes de distribución secundarias de la EERSSA están definidos en (EERSSA, 2012) por lo tanto los niveles normalizados para redes monofásicas de distribución son 240/120 V, para redes trifásicas de distribución 220/127 V, también pueden suministrarse otros niveles de tensión para sistemas eléctricos industriales o comerciales desde el secundario del transformador a instalarse.

1.1.5.3. Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de transformar el nivel de tensión del primario en un nivel más bajo para que los usuarios finales la puedan ocupar sin la necesidad de instalar equipos costosos y peligrosos, en sí un transformador de distribución es el equipo que conecta el alimentador primario con el secundario.

La capacidad del transformador se selecciona dependiendo la carga a alimentar, teniendo en cuenta algunos factores que influyen en la carga, tales como factor de demanda y factor de coincidencia, normalmente la capacidad es igual o inferior a 500 KVA con tensiones iguales o inferiores a 67 kV, la mayoría de los transformadores están diseñados para ser instalados en los postes. (VASQUEZ GRANDA, 2013)

En el mercado es posible encontrar distintos tipos de transformadores que según sus características de trabajo son empleados para dar servicio a diferentes tipos de cargas, entre ellos se tiene transformadores encapsulados en aceite, transformadores secos encapsulados con resina epoxi, transformadores herméticos de llenado integral, transformadores rurales, transformadores subterráneos, transformadores autoprotegidos, autotransformadores.

1.1.5.4. Acometidas

Las acometidas son los conductores que unen el sistema de distribución con las instalaciones del usuario, se pueden proporcionar en media tensión o baja tensión dependiendo de la carga a alimentar, la acometida termina con la instalación del medidor y hasta éste punto las instalaciones son responsabilidad de las empresas distribuidoras.

1.1.5.5. Medidores

Los medidores son equipos electromecánicos o electrónicos que básicamente registran el consumo de energía del abonado, las mediciones se las puede hacer igualmente en media o baja tensión.

1.1.6. Factores que caracterizan el comportamiento de las redes de distribución

A pesar de que un sistema de distribución es variable en el tiempo se puede considerar algunos factores como determinantes del comportamiento del alimentador, entre los factores más importantes se tiene.

1.1.6.1. Demanda *Dem*

Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento (variable en el tiempo). Dicho de otra forma: la demanda de una instalación eléctrica en los terminales receptores, tomada como un valor medio en un intervalo determinado. (CASTAÑO, 20004)

El período de tiempo para determinar la demanda puede ser 15 min, 30 min o más, siempre se debe especificar bajo qué tiempo se determinó la demanda, la representación de la variación de la demanda con respecto al tiempo origina la curva de carga.

1.1.6.2. Curva de Carga

La curva de Carga es la representación de la demanda con respecto al tiempo, se pueden dibujar curvas de caga para una hora, para un día, un mes, un año o el lapso de tiempo que se desee analizar, la gráfica de la curva de carga nos muestra el consumo de la carga conectada que se está analizando, al graficar las curvas se puede encontrar similitud entre las gráficas para distintas cargas por lo que se establecen curvas de carga típicas para el sector

residencial, comercial, industrial, se puede presentar el caso de que una carga tenga la misma curva de carga para todos los días, esto sucede cuando son cargas que trabajan siempre igual, entre ellas se puede mencionar el alumbrado público o una fábrica de producción continua.

1.1.6.3. Demanda máxima DM

Es la mayor demanda que se presenta en un sistema en un lapso de tiempo determinado y es de gran interés ya que todo el sistema eléctrico se dimensiona teniendo en cuenta la máxima demanda que va a soportar.

La máxima demanda se la puede expresar en kVA o kW y se la puede tomar para cualquier período de tiempo aunque es más común tomarla para un día o un año.

1.1.6.4. Factor de Carga F_c

El factor de carga es el indicador que muestra el comportamiento de la curva de carga en el período analizado, si se tiene un factor de carga unitario la demanda se mantiene constante, con un F_c bajo la curva tiene muchas variaciones de demanda, el factor de carga es la relación entre la demanda promedio en el período a analizar y la demanda máxima en ese mismo período, la expresión matemática es la siguiente:

$$F_c = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda Máxima}} \quad (1)$$

1.1.6.5. Factor de potencia F_p

El factor de potencia también conocido como $\cos\phi$ es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, La EERSSA exige a sus clientes que el factor de potencia promedio mensual sea mayor o igual a 0.92 (EERSSA, 2012) la fórmula para el cálculo del factor de potencia se la obtiene del triángulo de potencias.

$$\cos\phi = \frac{P}{S} \quad (2)$$

Donde P es la potencia activa y S la potencia aparente.

1.1.6.6. Factor de demanda

El factor de demanda es variable con el tiempo y muestra la relación entre la demanda máxima y la carga total instalada, generalmente el factor de demanda es menor a la unidad ya que es prácticamente imposible que todas las cargas estén trabajando a su potencia nominal al mismo tiempo, mientras más grande sea la red de distribución es más improbable encontrar un factor de demanda unitario, la fórmula es:

$$F_D = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} \leq 1 \quad (3)$$

1.1.6.7. Capacidad instalada C_{api}

La capacidad instalada de un transformador es la potencia nominal de éste, en una red de distribución la capacidad instalada es la suma de las potencias nominales de todos sus transformadores.

1.1.6.8. Carga instalada C_i

Es la suma de todas las potencias nominales de los equipos conectados a una red, normalmente dada en kVA y siempre es mayor a la demanda máxima del alimentador.

1.1.6.9. Nivel de tensión hasta el peor nodo

Es el voltaje medido o calculado en el punto del alimentador en el que se produce la mayor caída de tensión, generalmente se encuentra en los extremos más alejados del alimentador, el valor de la caída de tensión debe encontrarse dentro de los límites permitidos de caída de tensión de cada empresa distribuidor.

En la EERSSA las caídas máximas de tensión hasta el peor nodo no deben ser mayores del 3.5% para el área urbana y el 7% para el área rural. (EERSSA, 2012)

1.1.6.10. Nivel de pérdidas de potencia

El nivel de pérdidas en una red de distribución indica su nivel de eficiencia, una red de distribución con elevadas pérdidas de potencia representa pérdidas económicas para la empresa distribuidora.

1.1.6.11. Horas equivalentes

Es el número de horas que necesitaría la carga máxima para consumir la misma energía que la curva de carga con todas sus variaciones en un periodo de tiempo establecido,

1.1.7. Crecimiento vegetativo de la demanda

La demanda de energía de una red tiende a aumentar con el pasar de los años, en parte se debe al aumento de la población y a mejoras en el nivel de vida, existen muchos parámetros que pueden influir en el consumo futuro de energía por lo cual se debe encontrar una tasa de crecimiento que se adapte mejor a cada estudio evitando subdimensionar o sobredimensionar la red, una buena manera de encontrar el crecimiento vegetativo es mediante el análisis de las demandas anteriores para lo cual es ampliamente usada la fórmula del crecimiento geométrico.

$$r_v = \sqrt[n]{\frac{W_2}{W_0}} - 1 \quad (4)$$

Donde:

r_v : Es el crecimiento vegetativo

n : Es el número de años entre W_2 y W_0

W_2 y W_0 : Son la demanda final y la demanda inicial respectivamente

1.2. La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

La EERSSA es la encargada de Generar, Distribuir y Comercializar la Energía Eléctrica a las provincias de Loja y Zamora Chinchipe además el cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago, su representante legal es la Ing. Alicia María Jaramillo Febres en calidad de Presidenta Ejecutiva, la EERSSA es una empresa pública controlada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER.

El área de Concesión es de 27721 km², según **(EERSSA,, 2012)** el sistema de distribución está conformado por 62 alimentadores primarios con 5.340 km. de líneas de media tensión, 9.780 transformadores de distribución con una potencia instalada de 133 MW, 1.873 km. de redes de baja tensión y 32.240 luminarias para alumbrado público.

El sistema de Subtransmisión está constituido por las líneas de subtransmisión, que tienen una longitud total de 501,78 km. y 21 subestaciones de distribución que contienen 27 transformadores con una potencia instalada de 98.54 MW. Además cuenta con dos centrales de generación.

La Central térmica Catamayo, está conformada por motores de combustión interna que utilizan combustible diésel que impulsan generadores que suministran energía a voltajes de 13.8 y 4.16 kV. Y la central Hidroeléctrica “Ing. Carlos Mora Carrión”, es de 2.400 kW; está conformada por 3 grupos turbina – generador (dos turbinas tipo Pelton de 600 kW cada una y una tipo Francis de 1.200 kW). La producción de energía media anual es de 17.5GWh. **(EERSSA,, 2012)**

1.3. El alimentador primario IV Centenario

El alimentador primario IV Centenario pertenece a la subestación Obrapía que se encuentra ubicada en el sector occidental de la ciudad de Loja, en el barrio Obrapía, con una potencia instalada es de 15 MVA mediante dos transformadores uno de 10 MVA y uno de 5 MVA. **(CARRIÓN GONZÁLEZ, 2011)** La figura 2 corresponde a una fotografía desde la parte posterior de la subestación Obrapía.



Figura 2 Subestación Obrapía, fuente EERSSA

En el Alimentador Primario IV Centenario la mayoría de las cargas alimentadas son de carácter residencial urbano, actualmente tiene una capacidad instalada de 3062.5 kVA de los cuales 850 kVA están conectados en la fase A, 897,5 kVA en la fase B, 530 kVA en la fase C y 785 kVA son trifásicos, El alimentador presta sus servicios desde la calle Huancavilcas hasta la Lauro Guerrero y desde las aproximaciones de la calle Quinara hasta la altura de la calle Venezuela en la ciudad de Loja.

CAPÍTULO II “EL SOFTWARE EDIS”

2. Estudios de alimentadores primarios de distribución

2.1. La necesidad de estudiar las redes

Las redes de distribución primarias son las encargadas de llevar energía hasta la carga, debido al crecimiento de la carga es necesario que éstas redes puedan abastecer a las cargas actuales y a las posibles cargas futuras, por lo tanto normalmente son dimensionadas para la carga actual y el crecimiento de la red.

El cálculo del flujo de potencia es la base para conocer el estado actual del alimentador y la evaluación de mejoras, tener resultados confiables es muy importante para la toma de decisiones, sin embargo otro aspecto importante es poder realizar los cálculos con rapidez, para lo cual existen varios software que además de analizar el estado actual permiten suponer cargas futuras. (BURGARDT , y otros, 2005) (CARVAJAL PÉREZ, y otros, 2013)

2.2. Flujos de potencia

Los estudios de flujos de potencia son muy importantes para el diseño actual y futuro de un sistema eléctrico de potencia, los flujos de potencia son utilizados por las empresas eléctricas para el planeamiento de las operaciones y expansión del sistema, también son usados para el control en tiempo real del sistema.

Básicamente al correr un flujo de potencia se obtienen los valores de la magnitud del voltaje en cada barra y la potencia real y reactiva que fluyen por cada línea, aunque se puede obtener gran cantidad de información que es valiosa para las empresas eléctricas.

2.3. El software Edis

El software Edis (estudios de distribución) fue desarrollado en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría por el Dr. Raúl Nicolás Carvajal Pérez conjuntamente con el Dr. Héctor Silvio Llamo Laborí, la versión usada en la presente tesis corresponde al 7 de junio del 2014 editada por el Dr. Raúl Carvajal en la Universidad Nacional de Loja para el análisis de cocinas de inducción electromagnéticas, el software permite evaluar el estado actual y futuro de los alimentadores, hacer balance de cargas, redistribución de transformadores entre alimentadores vecinos, optimizar los conductores, optimizar el Factor

de potencia, ubicación de condensadores además permite evaluar la entrada de nuevas cargas ya sean residenciales, mixtas, comerciales, industriales o el caso especial de cocinas de inducción electromagnéticas y duchas eléctricas.

Para asignar la carga en cada nodo el software se basa en el método de Ardvinson partiendo de las mediciones de la subestación el método toma 5 suposiciones:

- Factor de potencia uniforme para todo el circuito.
- Factor de capacidad uniforme para todos los transformadores.
- Factor de diversidad unitario para todas las cargas.
- Las cargas se encuentran balanceadas.
- Crecimiento Vegetativo uniforme.

El software Edis para el análisis del uso de cocinas de inducción electromagnética asigna una demanda aparente coincidente de 1.6 kVA por cocina en la hora pico, para las horas restantes del día el software cuenta con la curva característica de las cocinas de inducción, los cálculos para demanda y curva de carga de cocinas de inducción están basados en (SALAZAR MASSON, 2010)

2.4. Caídas de voltaje y pérdidas en alimentadores primarios

Las fórmulas con las que trabaja el Edis fueron tomadas de (LEIVA CHÉRREZ, 2014) las pérdidas de potencia y las caídas de voltaje de la red de alimentación primaria se calculan utilizando las siguientes expresiones generales:

$$\Delta P = K_{pq} \cdot \left(\frac{R_{(i)} \cdot L_{(i)} \cdot 0.001}{U_L^2} \right) (P_{(i)}^2 + Q_{(i)}^2) \quad (5)$$

$$\Delta P = K_{pq} \cdot \left(\frac{X_{(i)} \cdot L_{(i)} \cdot 0.001}{U_L^2} \right) (P_{(i)}^2 + (Q_{(i)} - Q_{c(i)})^2) \quad (6)$$

$$\Delta U_r = K_{u(i)} \cdot \left(\frac{L_{(i)} \cdot 0.001}{U_L} \right) \cdot (P_{(i)} \cdot r_{(i)} + Q_{(i)} \cdot x_{(i)}) \quad (7)$$

$$\Delta U_x = K_{u(i)} \cdot \left(\frac{L_{(i)} \cdot 0.001}{U_L} \right) \cdot (P_{(i)} \cdot x_{(i)} - Q_{(i)} \cdot r_{(i)}) \quad (8)$$

Donde:

$R_{(i)}$ y $X_{(i)}$ Son las resistencia y reactancia de los conductores en Ω/km

$L_{(i)}$: Longitud del tramo al nodo i en km

UL : Voltaje de línea del circuito en kV

ΔPQ : Pérdidas de potencia (kW-kVAR)

P: Potencia Activa kW

Q: Potencia reactiva kVAR

K_{pq} y K_u : Constante de cálculo para cada tramo del circuito

Las ecuaciones suponen que el neutro es del mismo calibre que las fases, no se tienen en cuenta en ellas la resistencia de puesta a tierra ni las correcciones de Carson.

2.4.1. Valor de las constantes para cada tipo de tramo

Los valores de las constantes para pérdidas de potencia y caídas de tensión dependen del tipo de tramo que se estudie, en la tabla 2 se presentan los coeficientes K_{pq} y K_u para los 6 tipos de ramales diferentes que presentan las redes de distribución primaria tomados de (LEIVA CHÉRREZ, 2014), éstas constantes son usadas en las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 dependiendo el caso de estudio.

Tabla 2: coeficientes K_{pq} y K_u para los tramos de distribución

Tipo de circuito	K_{pq}	K_u
Trifásico	1	1
Monofásico línea	2	Sqrt(3)
Monofásico Neutro	6	3
Monofásico Tierra	3	Sqrt(3)
Dos fases Neutro (1f)	9/4	3/2
Dos fases Neutro (3f)	1	1

Fuente: (LEIVA CHÉRREZ, 2014)

2.5. Análisis de flujo de potencia

El software Edis realiza dos iteraciones para encontrar en cada nodo las caídas de voltaje y las pérdidas de potencia activa y reactiva, utilizando la matriz topológica del alimentador el software puede determinar las potencias en cada nodo considerando las pérdidas de potencia en el conductor.

Para demostrar el método usado por el software se procede a desarrollar el siguiente ejemplo

Hallar el flujo de potencia para el circuito de la figura 3 cuando la máxima demanda del alimentador en la subestación es:

Tabla 3: Demanda máxima para el ejemplo de flujo de potencia

P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)
600	420	732.39

Fuente: El Autor

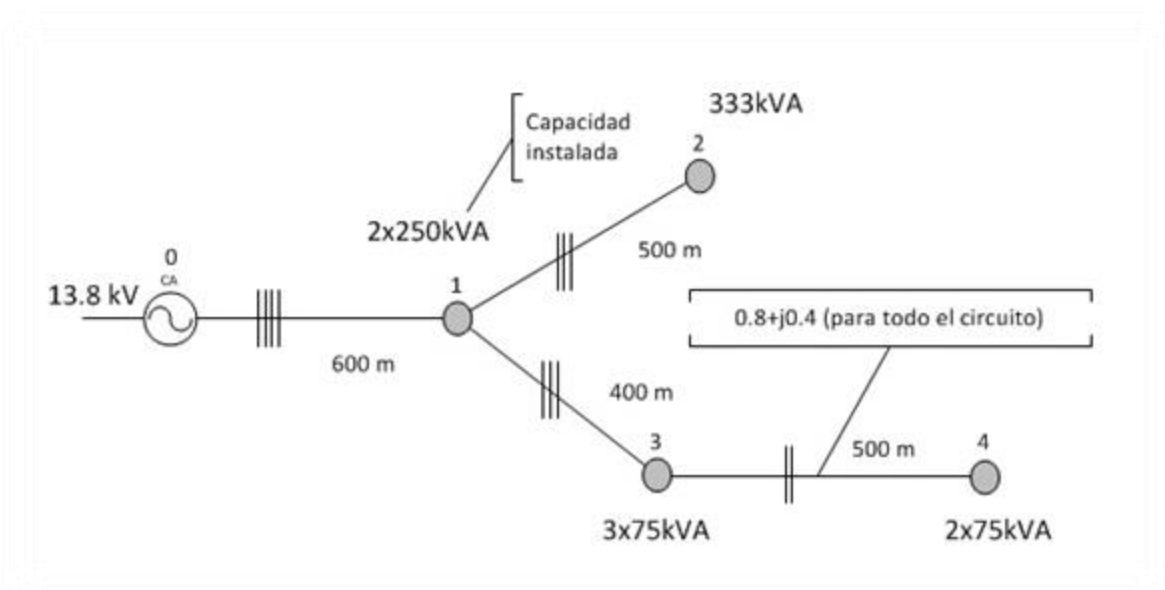


Figura 3 diagrama unifilar para 4 nodos, El Autor

Del alimentador se conoce el voltaje nominal $U_n = 13.8 \text{ kV}$, la resistencia de todos los conductores $(0.8 + j0.4)$ así como la capacidad instalada en los nodos, para asignar la demanda se usa el método de Arvidsson que considera una distribución uniforme de la demanda por nodos de acuerdo a la capacidad instalada, un factor de potencia en los nodos igual al de la subestación y un factor de carga uniforme.

Primeramente se procede a asignar las demandas en cada nodo, para ello se aplican las siguientes formulas:

$$S_{(i)} = F_{cap} \times C_{api} \quad (9)$$

$$P_{(i)} = S_{(i)} \times F_p \quad (10)$$

$$Q_{(i)} = S_{(i)} \times \text{sen } \varphi \quad (11)$$

Donde:

$$F_{cap} = \frac{Dem}{C_{api}}$$

$$F_p = \frac{P}{S}$$

$$\text{sen } \varphi = \sqrt{1 - F_p^2} \quad (\text{en la subestación})$$

El factor de capacidad en la subestación es:

$$F_{cap} = \frac{Dem}{C_{api}} = \frac{732.39}{1208} = 0.606$$

El factor de potencia en la subestación es:

$$F_p = \frac{P}{S} = \frac{600}{732.39} = 0.82$$

El $\text{sen } \varphi$ en la subestación es:

$$\text{sen } \varphi = \sqrt{1 - F_p^2} = \sqrt{1 - 0.82^2} = 0.57$$

Las potencias aparente, activa y reactiva demandadas en cada nodo se estiman con las ecuaciones (9), (10) y (11) de donde se obtiene:

Tabla 4: Cálculo de potencias

nodo	Tipo	L (km)	K_{pq}	K_u	cap_{ins}	S_{env}	P_{env}	Q_{env}
1	Trifásico	0.6	1	1	500	303	248.46	172.71
2	2FN1F	0.5	9/4	3/2	333	201.8	165.48	115.03
3	2FN1F	0.4	9/4	3/2	225	136.35	111.81	77.72
4	1FN	0.5	6	3	150	90.9	74.54	51.81

Fuente: El Autor

Se hace una distribución aproximada de potencia por línea, cada línea lleva el número del nodo al que sirve, en ésta primera iteración se calculan las potencias de envío y de recibo de cada nodo, para ello se calcula las pérdidas de potencia en los conductores, también se calculan las caídas de voltaje en cada nodo.

Las expresiones de cálculo usadas son (5) y (6) que se pueden expresarse de la siguiente manera

$$\Delta P = K_{pq} \left(\frac{R_{(i)} * L_{(i)} * 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

$$\Delta Q = K_{pq} \left(\frac{X_{(i)} * L_{(i)} * 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

Para encontrar las potencias de recibo en los nodos, es decir la potencia que pasa por cada nodo se debe crear una matriz topológica del alimentador, a ésta matriz se la debe multiplicar

por las potencias asignadas de cada nodo, llamadas también potencias de envío, la matriz topológica del ejemplo es la siguiente.

Tabla 5: Matriz topológica del ejemplo

NODO	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	0	1	0	0
3	0	0	1	1
4	0	0	0	1

Fuente: El Autor

La potencia activa de recibo es:

Tabla 6: potencia activa de recibo 1

$$\begin{array}{c|c|c|c}
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 1
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \mathbf{P} \\
 248.46 \\
 165.48 \\
 111.81 \\
 74.54
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \mathbf{P}_{rec} \\
 600.29 \\
 165.48 \\
 186.35 \\
 74.54
 \end{array}$$

Fuente: El Autor

La potencia reactiva de recibo es:

Tabla 7: potencia reactiva de recibo 1

$$\begin{array}{c|c|c|c}
 1 & 1 & 1 & 1 \\
 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 1
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \mathbf{Q} \\
 172.71 \\
 115.03 \\
 77.72 \\
 51.81
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \mathbf{Q}_{rec} \\
 417.27 \\
 115.03 \\
 129.53 \\
 51.81
 \end{array}$$

Fuente: El Autor

La potencia aparente para cada nodo se la puede calcular mediante el teorema de Pitágoras, siendo la formula $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$, de lo cual se obtiene:

Tabla 8: potencia aparente 1

NODO	P_{rec}	Q_{rec}	S_{rec}
1	600.29	417.27	731.06
2	165.48	115.03	201.53
3	186.35	129.53	226.95
4	74.54	51.81	90.78

Fuente: El Autor

En este punto se conoce la primera aproximación de las potencias de recibo en cada nodo, para conocer las potencias de envío con la primera aproximación P_{env} , Q_{env} y S_{env} se calculan las pérdidas en el conductor y se suman a las potencias de recibo, en la figura 4 se observa un tramo con la nomenclatura usada.

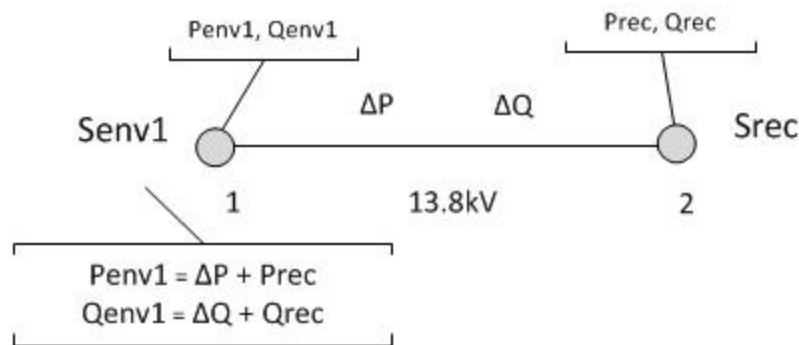


Figura 4 Diagrama para potencias de envío y recibo, El Autor

Pérdidas de potencia en el primer tramo

En la primera iteración las pérdidas de potencia activa en el primer tramo son:

$$\Delta P = K_{pq} \left(\frac{R_{(i)} \times L_{(i)} \times 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

$$\Delta P = 1 \times \left(\frac{0.8 \times 0.6 \times 0.001}{13.8^2} \right) 731.06^2 = 1.35 \text{ kW}$$

Las pérdidas de potencia reactiva son:

$$\Delta Q = K_{pq} \left(\frac{X_{(i)} \times L_{(i)} \times 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

$$\Delta Q = 1 \times \left(\frac{0.4 \times 0.6 \times 0.001}{13.8^2} \right) 731.06^2 = 0.675 \text{ kVAR}$$

De igual manera se procede a encontrar las pérdidas de potencia en los demás nodos, de lo que se obtiene:

Tabla 9: pérdidas de potencia 1

Nodo	ΔP	ΔQ	P_{env}	Q_{env}	S_{env}
1	1.35	0.675	601.64	417.95	732.57
2	0.192	0.096	165.67	115.13	201.75
3	0.195	0.097	186.55	129.63	227.17
4	0.104	0.052	74.64	51.86	90.89

Fuente: El Autor

Cálculo de la caída de tensión

Para determinar las caídas de voltaje en la primera iteración se supone en el tramo 0 el voltaje nominal del alimentador y para los demás tramos el voltaje que resulte del cálculo anterior, las potencias usadas para el cálculo son las potencias de envío calculadas anteriormente. En éste caso se desprecia la componente transversal de la caída de voltaje, la ecuación de cálculo es:

$$\Delta U_{ij} = K_u \cdot (P \cdot R + Q \cdot X) \cdot \frac{L \times 0.001}{U_i}$$

Donde:

ΔU_{ij} : Es la caída de tensión desde el nodo de envío hasta el nodo de recibo

U_i : Es el voltaje en el nodo de envío

El voltaje en el nodo de recibo U_j se lo calcula restando la caída de voltaje entre el nodo de envío hasta el nodo recibo, de el voltaje en el nodo de envío.

$$U_j = U_i - \Delta U_{ij} \quad (12)$$

Para el nodo 1 la caída de voltaje es:

$$\Delta U_{ij} = 1 \times (601.64 \times 0.8 + 417.94 \times 0.4) \cdot \frac{0.6 \times 0.001}{13.8}$$

$$\Delta U_{ij} = 0.028 \text{ kV}$$

$$U_j = 13.8 - 0.028 = 13.772 \text{ kV}$$

Las caídas de tensión por nodo se ven detalladas en la tabla 10

Tabla 10: caídas de tensión 1

Nodo i (envío)	Nodo j (recibo)	K_u	$U_i(\text{kV})$	$\Delta U_{ij}(\text{kV})$	$U_j(\text{kV})$
0	1	1	13.8	0.028	13.772
1	2	3/2	13.772	0.0097	13.762
1	3	3/2	13.772	0.0087	13.763
3	4	3	13.763	0.0087	13.754

Fuente: El Autor

Para la segunda iteración el software usa las potencias de envío calculada en la primera iteración, también usa los voltajes por nodo calculados, a diferencia de la primera iteración en éste caso el flujo es hacia atrás.

En la segunda iteración las pérdidas de potencia activa en el tramo cuatro son:

$$\Delta P = K_{pq} \left(\frac{R_{(i)} \times L_{(i)} \times 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

$$\Delta P = 6 \times \left(\frac{0.8 \times 0.5 \times 0.001}{13.754^2} \right) 90.89^2 = 0.1048 \text{ kW}$$

Las pérdidas de potencia reactiva son:

$$\Delta Q = K_{pq} \left(\frac{X_{(i)} \times L_{(i)} \times 0.001}{U_L^2} \right) S_{(i)}^2$$

$$\Delta Q = 6 \times \left(\frac{0.4 \times 0.5 \times 0.001}{13.754^2} \right) 90.89^2 = 0.052 \text{ kVAR}$$

Las potencias luego de la segunda iteración para el tramo 4 vienen dadas por la suma de la potencia de envío 1 más las pérdidas en la segunda iteración menos las pérdidas en la primera iteración.

$$P_{env2} = P_{env1} + \Delta P_2 - \Delta P_1$$

$$P_{env2} = 74.64 + 0.1048 - 0.104 = 74.64 \text{ kW}$$

$$Q_{env2} = Q_{env1} + \Delta Q_2 - \Delta Q_1$$

$$Q_{env2} = 51.86 + 0.052 - 0.052 = 51.86 \text{ kW}$$

Las pérdidas en cada nodo son las detalladas en la tabla 11.

Tabla 11: pérdidas de potencia 2

Nodo	ΔP_2	ΔQ_2	P_{env}	Q_{env}	S_{env}
4	0.1048	0.052	74.64	51.86	90.89
3	0.196	0.098	186.55	129.63	227.17
2	0.193	0.097	165.67	115.13	201.75
1	1.36	0.679	601.65	417.95	732.57

Fuente: El Autor

Las caídas de tensión en la segunda iteración las realiza desde el nodo 0 utilizando las potencias calculadas en la segunda iteración, de esta manera la caída de tensión para el nodo uno viene dada por:

$$\Delta U_{ij} = K_u \cdot (P \cdot R + Q \cdot X) \cdot \frac{L \times 0.001}{U_i}$$

$$\Delta U_{ij} = 1 \times (601.65 \times 0.8 + 417.15 \times 0.4) \times \frac{0.6 \times 0.001}{13.8}$$

$$\Delta U_{ij} = 0.028$$

El voltaje en el nodo de recibo viene dado por:

$$U_j = U_i - \Delta U_{ij} = 13.772$$

Las caídas de tensión en la segunda iteración son:

Tabla 12: caídas de tensión del ejemplo 2

Nodo i (envío)	Nodo j (recibo)	K_u	U_i (kV)	ΔU_{ij} (kV)	U_j (kV)
0	1	1	13.8	0.028	13.772
1	2	3/2	13.772	0.0097	13.762
1	3	3/2	13.772	0.0088	13.763
3	4	3	13.763	0.0087	13.754

Fuente: El Autor

Hasta éste punto el software conoce las demandas de cada nodo y la tensión, para proyectar la demanda el software usa el método del crecimiento vegetativo con saltos en la demanda de carga, supone un crecimiento vegetativo constante para todos los años, el software Edis proyecta la nueva carga año por año con la ecuación de la tasa de crecimiento geométrico 13, en el caso de la entrada de nuevas cargas éstas se suman en potencia activa y reactiva para luego calcular la potencia aparente y proyectarla para el siguiente año.

$$W_2 = W_1 * (1 + R_v)^n \quad (13)$$

CAPÍTULO III “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO”

3. Análisis del alimentador IV Centenario

3.1. Estudio del alimentador primario IV Centenario

Para la evaluación del incremento de la demanda de energía en los transformadores del alimentador IV Centenario debido a la instalación masiva de cocinas de inducción se decidió usar el software Edis ya que usa una metodología diferente a la usada por la EERSSA, para poder analizar un circuito en el software se necesita.

- Mapa del alimentador en el que consten las capacidades instaladas, las distancias entre nodos, y el tipo de calibre.
- Curva Cronológica de Carga Diaria del alimentador CCCD perteneciente al día de mayor demanda registrado.
- Crecimiento vegetativo de la demanda.
- La sobrecarga admisible de los transformadores

Además para el análisis de la entrada de cocinas de inducción es necesario conocer el número de usuarios residenciales de cada transformador.

3.1.1. Mapa del alimentador primario IV Centenario

A partir de los archivos dados por el Sistema de Información Geográfica SIG de la EERSSA se creó el mapa del circuito, en el software Edis no es necesario dibujar el mapa con coordenadas geográficas precisas ni dibujarlo a escala, con el dibujo del mapa el software comprende el camino que tiene que seguir el flujo de energía para llegar a cada destino, las distancias entre nodo y nodo se la puede modificar en la ventana “editor del circuito” en ésta misma ventana edita el tipo de tramo y los conductores que lo conforman, en la figura 5 se observa el editor del circuito en la pestaña “Tramos”, para acceder a ella se debe dar click sobre la sección que se desea editar.

Los nodos son enumerados en secuencia partiendo desde el nodo 0 que es la subestación, en cada nodo se registra la capacidad instalada por fase y el número de poste, si se conoce la

demanda leída del poste se la puede registrar en caso de no conocerla el software la asigna, la figura 6 muestra la pestaña del editor de nodos.

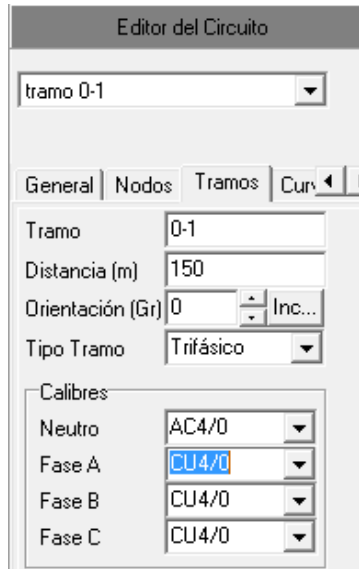


Figura 5 Ventana editor de tramos del Edis, El Autor



Figura 6 Ventana editor de nodos del Edis, El Autor

Para crear un nuevo tramo se debe ubicar sobre el nodo del que parte el tramo y presionar “instalar tramo” o “F1” luego en la ventana de dibujo se da click para darle dirección al tramo, no es necesario que cada poste sea representado por un nodo, el nodo es el poste en el que hay un transformador, existe una bifurcación o un cambio del conductor.

Es recomendable seguir el camino de la bifurcación más pequeña para evitar olvidar tramos en el dibujo del alimentador, en la figura 7 se muestra el mapa del alimentador primario IV Centenario, en él constan los tipos y longitudes de los tramos, las capacidades instaladas y el números de postes, la cantidad de usuarios por transformador se puede ver en el anexo 1.

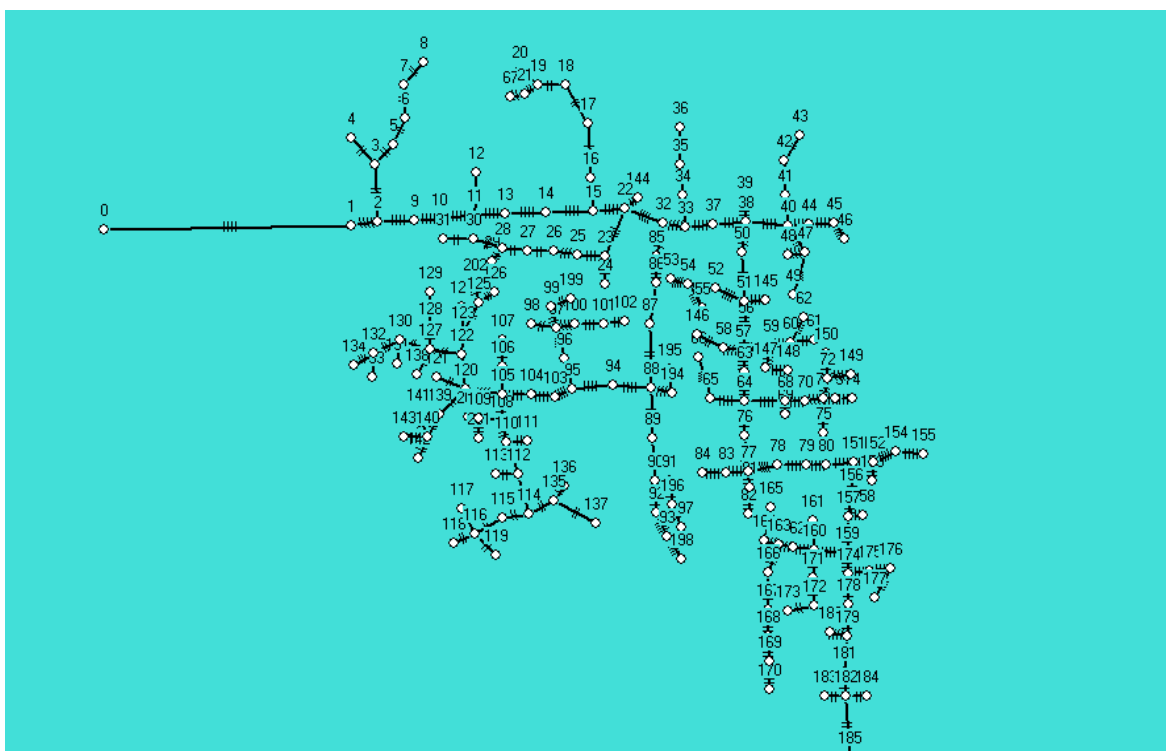


Figura 7 Alimentador IV Centenario en Edis, El Autor

3.1.2. Obtención de la curva cronológica de carga diaria del alimentador

Para conocer el comportamiento del alimentador el software requiere las mediciones reales a la salida de la subestación para el día de máxima demanda, la empresa eléctrica cuenta con mediciones cada 15 minutos de la corriente que circula por las tres fases del alimentador así también de la potencia activa y reactiva, dentro de los datos obtenidos en la EERSSA constan

las mediciones del alimentador primario IV Centenario desde julio del 2009 hasta octubre del 2014, del análisis de los datos se determinó que el 9 de octubre del 2014 es el día con mayor demanda para el alimentador considerando las condiciones actuales en las que opera, la curva de carga para el 9 de octubre es la presentada en la figura 8, los datos de las mediciones de éste día son presentados en el anexo 2.

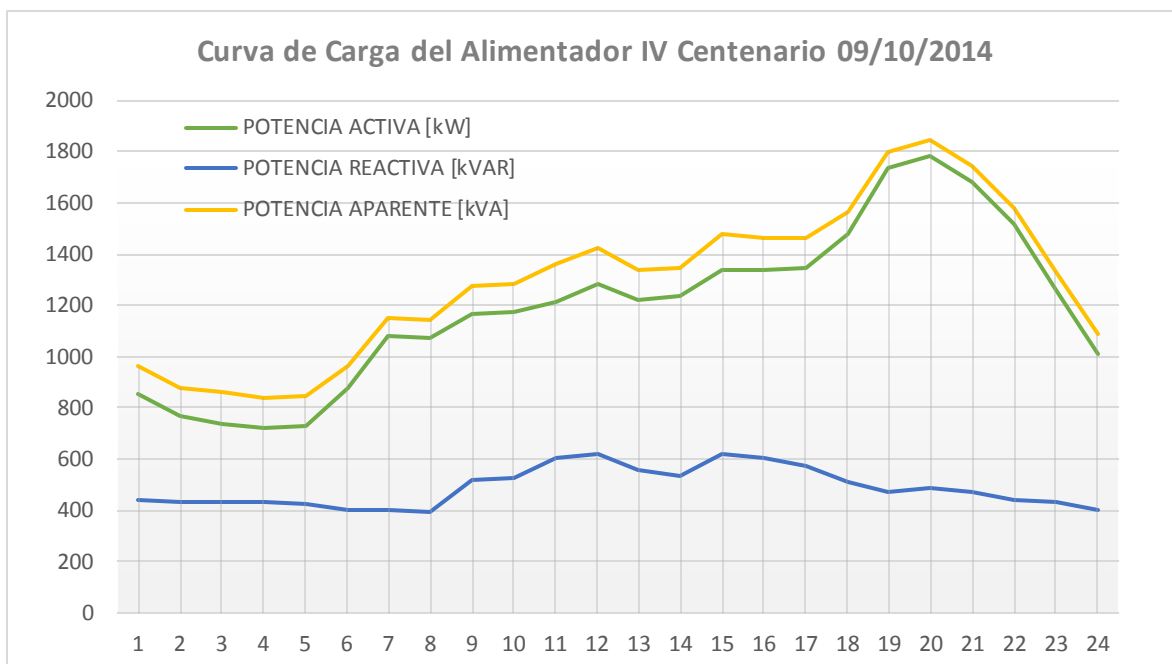


Figura 8 Curva de Carga del Alimentador IV Centenario, datos de la EERSSA.

3.1.3. Crecimiento vegetativo de la demanda

Para el cálculo del crecimiento vegetativo de la demanda el software requiere los históricos de las máximas demandas, para lo cual se usa el método de regresión lineal, los datos ingresados al Edis se muestran en la Tabla 13, en el anexo 3 se muestra la proyección de la demanda por el método de regresión lineal.

Tabla 13: Históricos de máxima demanda

Datos históricos	
año	S máx. en kVA
0	1382,40
1	1432,64
2	1484,70
3	1538,66
4	1594,58
5	1652,53
6	1712,59
7	1774,83
8	1839,34
9	1906,18
10	1975,46
11	2047,25
12	2121,66
13	2198,76
14	2278,67
15	2361,49
16	2447,31

Fuente: Datos de la EERSSA

3.1.4. Sobrecarga admisible de los transformadores

Los transformadores de distribución admiten un rango de sobrecarga sin afectar la vida útil del transformador, entre los parámetros más importantes para calcular el porcentaje de sobrecarga en los transformadores tenemos:

- La duración del pico eléctrico
- La temperatura ambiente
- La carga efectiva en porcentaje de la nominal

Para el análisis en el alimentador primario IV Centenario la duración del pico eléctrico es de 4 horas desde las 18H00 hasta las 22H00, la temperatura ambiente seleccionada es de 30°C mientras que la carga efectiva debe ser calculada para el estado actual y para el estado futuro, la tabla para el cálculo de la sobrecarga admisible se muestra en el anexo 4.

3.1.4.1. Carga efectiva en el escenario actual

Para calcular la carga efectiva en porcentaje de la nominal, hay que determinar los kVA constantes que durante 12 h antes del pico eléctrico calientan el transformador hasta una temperatura igual a la que se alcanzaría con la curva real con todas sus variaciones. (LLAMO LABORÍ, 2010)

El cálculo de los kVA constantes se los realiza con la ecuación 14

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{\sum S^2 * \Delta t}{12}} \quad (14)$$

De la curva de demanda actual del alimentador se seleccionan las demandas aparentes correspondientes a 12 horas antes del pico eléctrico, el pico se presenta a las 20H00, las demandas aparentes para el cálculo de la demanda efectiva se muestran en la tabla 14

Tabla 14: demanda aparente actual

fecha/hora	HORA	S_0 kVA
9-OCT-2014 07:59:59.983	1	1143,33
9-OCT-2014 09:00:00.017	2	1274,59
9-OCT-2014 09:59:59.983	3	1286,30
9-OCT-2014 11:00:00.000	4	1358,75
9-OCT-2014 11:59:59.967	5	1424,84
9-OCT-2014 13:00:00.017	6	1340,68
9-OCT-2014 14:00:00.017	7	1345,29
9-OCT-2014 14:59:59.983	8	1476,05
9-OCT-2014 15:59:59.967	9	1465,76
9-OCT-2014 16:59:59.983	10	1464,53
9-OCT-2014 18:00:00.017	11	1564,71
9-OCT-2014 19:00:00.017	12	1799,49
9-OCT-2014 20:00:00.000	-----	1847,22

Fuente: mediciones de la EERSSA

De la ecuación 14 se obtiene.

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{24228455.23}{12}} = 1420.92 \text{ kVA}$$

A ésta demanda efectiva se la divide para la capacidad instalada para conocer el porcentaje de la carga efectiva, la carga efectiva en porcentaje de la nominal debe ser dada en 50, 70 o 90 %.

$$S_{ef} = \frac{1420.92 \text{ kVA}}{3062.5 \text{ kVA}} = 0.46$$

La carga efectiva en porcentaje de la capacidad instalada es del 46%, por lo que se adopta el 50%, del anexo 4 se obtiene que el porcentaje de sobrecarga admisible para el escenario actual es del 19%.

3.1.4.2. Carga efectiva para los escenario 1 y 2

Para el cálculo de la carga equivalente en porcentaje a la nominal en el estado futuro del escenario 1 y 2 se usan las demandas proyectadas y la capacidad que estará instalada en el estado futuro del escenario 2, una vez proyectadas las demandas incluyendo el ingreso de las cocinas de inducción electromagnéticas se determinaron las demandas mostradas en la tabla 15, la capacidad instalada propuesta para el año 10 es de 10025 kVA, ver anexo 5 y tabla 28.

Tabla 15: Demanda aparente para el año 10

fecha/hora	HORA	S_10 kVA
9-OCT-2024 08:00:00	1	6970,53
9-OCT-2024 09:00:00	2	4125,50
9-OCT-2024 10:00:00	3	4139,94
9-OCT-2024 11:00:00	4	4229,77
9-OCT-2024 12:00:00	5	7905,75
9-OCT-2024 13:00:00	6	7787,51
9-OCT-2024 14:00:00	7	7793,98
9-OCT-2024 15:00:00	8	3238,80
9-OCT-2024 16:00:00	9	3224,14
9-OCT-2024 17:00:00	10	3222,39
9-OCT-2024 18:00:00	11	3365,19
9-OCT-2024 19:00:00	12	9275,81
9-OCT-2024 20:00:00	-----	9342,99

Fuente: Proyección de las demandas actuales, El autor

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{\sum S^2 * \Delta t}{12}}$$

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{413164271,9}{12}} = 5867.738 \text{ kVA}$$

$$S_{ef} = \frac{5867.738 \text{ kVA}}{10025 \text{ kVA}} = 0.58$$

La carga efectiva en porcentaje de la capacidad instalada es del 58% por lo que se adopta el 70%, del anexo 4 se tiene que el porcentaje de sobrecarga admisible para el escenario futuro es del 17%.

3.1.4.3. Carga efectiva para el escenario 3

Usando las demandas proyectadas para el escenario 3 se calcula el porcentaje de demanda efectiva con relación a la capacidad instalada en el escenario 3, las demandas fueron calculadas a partir de la proyección incluyendo la demanda de cocinas de inducción con relación a la curva de Westinghouse Electric Corporation brindada por la EERSSA, la capacidad instalada para el escenario 3 es de 4725 kVA ver tabla 32 y anexo 6

fecha/hora	HORA	S_10 kVA
9-OCT-2024 08:00:00	1	3116,92
9-OCT-2024 09:00:00	2	2388,39
9-OCT-2024 10:00:00	3	2404,70
9-OCT-2024 11:00:00	4	2505,73
9-OCT-2024 12:00:00	5	3667,29
9-OCT-2024 13:00:00	6	3547,59
9-OCT-2024 14:00:00	7	3554,15
9-OCT-2024 15:00:00	8	2424,20
9-OCT-2024 16:00:00	9	2409,50
9-OCT-2024 17:00:00	10	2407,75
9-OCT-2024 18:00:00	11	2550,86
9-OCT-2024 19:00:00	12	4434,70
9-OCT-2024 20:00:00	-----	4502,64

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{\sum S^2 * \Delta t}{12}}$$

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{109800401.8}{12}} = 3024.902 \text{ kVA}$$

$$S_{ef} = \frac{3024.90 \text{ kVA}}{4725 \text{ kVA}} = 0.64$$

La carga efectiva en relación a la capacidad instalada corresponde al 64% por lo que se adopta el 70%, del anexo 4 se tiene que el porcentaje de sobrecarga que soportan los transformadores sin sufrir daños en su vida útil es del 17%.

E.- MATERIALES Y MÉTODOS

e.1 Materiales

- De escritorio.
- Softwares de cálculos.
- Catálogos técnicos.
- Libros.
- Base de datos proporcionados por la EERSSA.
- Internet.

e.2 Métodos

El método de Observación permite determinar los equipos conectados a la red, sus especificaciones, uso, etc.

El método Científico permite conocer el funcionamiento del sistema eléctrico para de esa manera comprender los cambios que se darán en la red, además permite al finalizar responder el problema de investigación.

Método deductivo el cual permite ir de los objetivos inicialmente planteados para poder obtener conclusiones y recomendaciones durante desarrollo de la tesis.

Método analítico es el que permite distinguir las partes de la investigación para analizarlas independientemente, en el caso de esta investigación permite estudiar los efectos primeramente sobre los transformadores y luego en el alimentador.

Método sintético es el método que nos permite analizar la información, en el presente estudio permite analizar la base de datos del SIG.

F.- RESULTADOS

Luego de haber cargado todos los datos al Edis se simuló el estado actual del circuito para conocer los parámetros de operación y funcionamiento actuales del alimentador primario IV Centenario, una vez corrido el flujo de potencia en mínima y máxima demanda se obtienen los resultados mostrados en la tabla 16, de lo cual se puede decir que el alimentador trabaja en condiciones aceptables ya que su caída de voltaje en el peor nodo es de 0.63% y de acuerdo las normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales (EERSSA, 2012) la caída de tensión admisible para zonas urbanas es del 3.5%.

Tabla 16 Parámetros generales del alimentador primario

Parámetros generales del alimentador primario	
Carga total instalada	3062,5 kVA
Voltaje nominal U_l	13,8 kV
Voltaje real U_r	13,8 kV
Tiempo equivalente T_e	4309.09 h
Frecuencia de operación f	60 Hz
Factor de potencia F_p	0.96
Pérdidas de potencia Activa total	10.67 kW
Pérdidas de potencia reactiva total	4.35 kvar
Peor nodo	133
Voltaje en el peor nodo	13.713 kV

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En la tabla 16 se observan los parámetros generales del alimentador, los indicadores de los transformadores se presentan en la tabla 17

Tabla 17 indicadores

Indicadores	
Factor de Carga F_c	0,67
Factor de potencia F_p	0,96
Factor de capacidad F_{cap}	0,60

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Los resultados del flujo de potencia en mínima demanda para el estado actual se ven detallados en la Tabla 18

Tabla 18 Condición en mínima demanda

Condición de mínima demanda	
kVA	869,79
F_p	0,83

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

El software Edis presenta una ventana llamada “pronóstico de crecimiento de la demanda eléctrica del circuito” (anexo 7) en la cual se detallan las demandas proyectadas para 10 años vista de cada nodo, la tabla 19 se muestran 10 nodos tomados del anexo 7, en la cual S(0) es la demanda aparente actual y S(10) la demanda aparente en el año 10.

Tabla 19, Ejemplo del pronóstico de crecimiento de la demanda eléctrica del circuito

nodo	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	4,32	6,07	6,29	6,52	6,76	7,01	7,26	7,52	7,80
4	7,58	19,06	69,35	102,27	105,99	109,84	113,83	117,97	122,25	126,70	131,30
5	7,58	14,26	40,37	57,84	59,94	62,12	64,38	66,72	69,14	71,66	74,26
6	7,58	17,46	61,29	89,12	92,36	95,71	99,19	102,80	106,53	110,40	114,42
8	5,05	8,43	24,74	35,24	36,52	37,85	39,22	40,65	42,13	43,66	45,24
9	7,58	15,86	50,03	72,65	75,29	78,03	80,86	83,80	86,85	90,00	93,27
12	12,64	21,10	57,07	81,54	84,50	87,57	90,76	94,06	97,47	101,02	104,69
13	12,57	19,43	45,73	61,79	64,04	66,37	68,78	71,28	73,87	76,55	79,34
14	15,16	23,71	61,37	86,00	89,13	92,37	95,72	99,20	102,81	106,55	110,42
16	5,05	10,03	32,80	48,39	50,15	51,97	53,86	55,82	57,85	59,95	62,13

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En el entorno de evaluación de transformadores del software Edis se presentan las condiciones de cada transformador, en el anexo 7 se puede observar una captura de pantalla de dicho entorno, en la tabla 20 se muestra una parte de la evaluación de los transformadores, el listado completo con los transformadores que presentan problemas en el escenario actual se encuentra en el anexo 7.

Tabla 20: estado futuro de los transformadores sin cocinas de inducción

nodo	cap. Instada actual	cap. sobrecarga	Crecimiento de la demanda										
			S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	5	6	2,53	2,62	2,72	2,82	2,92	3,02	3,13	3,25	3,37	3,49	3,62
4	15	18	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
5	15	18	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
6	15	18	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
8	10	12	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22
9	15	18	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
12	25	30	12,6	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
13	25	30	12,6	13,03	13,50	13,99	14,50	15,03	15,57	16,14	16,72	17,33	17,96
14	30	36	15,2	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
16	10	12	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En el escenario actual se encuentran sobrecargados 2 transformadores representando un 1,83% de todos los transformadores instalados en el circuito, además se tiene 21 transformadores que luego de la proyección a 10 años vista tienen una demanda menor a la capacidad instalada por lo que podrían ser reemplazados con transformadores de menor capacidad, éstos transformadores representan un 19,27%, de no implementarse el plan de cocción eficiente, 7 transformadores se sobrecargan en los años de estudio representando un 6,42%. Es decir que el 72,48% de los transformadores pueden seguir en funcionamiento luego del tiempo de estudio.

Las pérdidas de potencia actuales del circuito en media tensión ascienden a 11.52 kVA lo que representa unas pérdidas de potencia del 0.62% con respecto a la demanda máxima, en cuanto a caídas de tensión, el peor nodo del alimentador es el 133 correspondiente al poste

N 134025 en el cual el nivel de tensión es de 13,713 kV lo que representa una caída de tensión del 0.63% es decir el Alimentador primario IV Centenario cumple con la norma técnica de diseño de redes urbanas y rurales de la EERSSA.

Escenario 1

A partir de la condición actual del circuito se simula la entrada de cocinas de inducción electromagnéticas de acuerdo al cronograma establecido en el oficio Nro. MEER-SDCE-2014-0203-OF, el cronograma de la entrada de cocinas para el escenario 1 se ve detallado en el anexo 10.

En la ventana de pronóstico de crecimiento de la demanda eléctrica del circuito se detallan al igual que en el escenario actual las demandas proyectadas para los 10 años, ésta vez considerando la entrada de cocinas de inducción, en la tabla 21 se muestra el pronóstico de crecimiento para los primeros nodos del alimentador, el detalle completo del pronóstico de demanda se encuentra en el anexo 11, en la tabla 22 se observa el estado futuro de los primeros transformadores del alimentador, el color rojo indica el momento desde el cual el transformador se sobrecarga.

Tabla 21: pronóstico de carga escenario 1

nodo	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	4,32	6,07	6,29	6,52	6,76	7,01	7,26	7,52	7,80
4	7,58	19,06	69,35	102,27	105,99	109,84	113,83	117,97	122,25	126,70	131,30
5	7,58	14,26	40,37	57,84	59,94	62,12	64,38	66,72	69,14	71,66	74,26
6	7,58	17,46	61,29	89,12	92,36	95,71	99,19	102,80	106,53	110,40	114,42
8	5,05	8,43	24,74	35,24	36,52	37,85	39,22	40,65	42,13	43,66	45,24
9	7,58	15,86	50,03	72,65	75,29	78,03	80,86	83,80	86,85	90,00	93,27
12	12,64	21,10	57,07	81,54	84,50	87,57	90,76	94,06	97,47	101,02	104,69
13	12,57	19,43	45,73	61,79	64,04	66,37	68,78	71,28	73,87	76,55	79,34
14	15,16	23,71	61,37	86,00	89,13	92,37	95,72	99,20	102,81	106,55	110,42
16	5,05	10,03	32,80	48,39	50,15	51,97	53,86	55,82	57,85	59,95	62,13

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Tabla 22: estado futuro de los transformadores, escenario 1

Nodo	cap. Instalada actual	cap. sobrecarga	Crecimiento de la demanda en el escenario 1								
			S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(8)	S(9)	S(10)
1	5	5,85	2,53	2,62	4,32	6,07	6,29	6,52	7,26	7,52	7,80
4	15	17,6	7,58	19,06	69,35	102,27	105,99	109,84	122,25	126,70	131,30
5	15	17,6	7,58	14,26	40,37	57,84	59,94	62,12	69,14	71,66	74,26
6	15	17,6	7,58	17,46	61,29	89,12	92,36	95,71	106,53	110,40	114,42
8	10	11,7	5,05	8,43	24,74	35,24	36,52	37,85	42,13	43,66	45,24
9	15	17,6	7,58	15,86	50,03	72,65	75,29	78,03	86,85	90,00	93,27
12	25	29,3	12,64	21,10	57,07	81,54	84,50	87,57	97,47	101,02	104,69
13	25	29,3	12,57	19,43	45,73	61,79	64,04	66,37	73,87	76,55	79,34
14	30	35,1	15,16	23,71	61,37	86,00	89,13	92,37	102,81	106,55	110,42
16	10	11,7	5,05	10,03	32,80	48,39	50,15	51,97	57,85	59,95	62,13

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En el escenario 1 se sobrecargan el 73,39% de los transformadores instalados, un 6,42% de los transformadores podrían ser reemplazados por otros de menor capacidad y solamente el 20,18% de los centros de transformación pueden seguir operando con normalidad, la corriente en la hora pico para 2024 llega a 390 A por lo que se debe analizar la creación de un nuevo alimentador ya que la capacidad máxima del conductor ACSR 4/0 es de 275 A y no es recomendable trabajar al límite de su capacidad, en la figura 9 se aprecian los niveles de corriente en los 10 años de estudio.

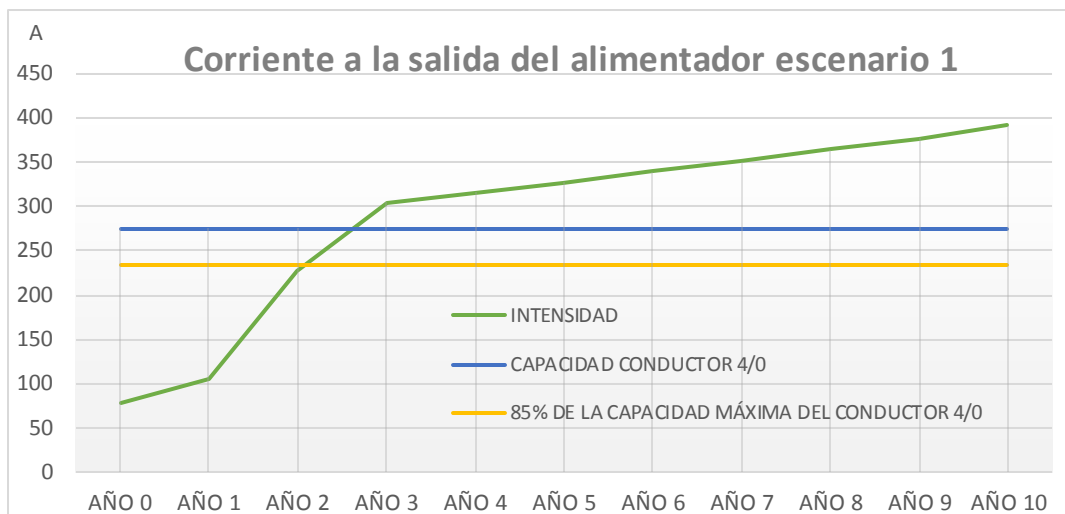


Figura 9 corrientes a la salida del alimentador IV Centenario escenario 1, Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Las caídas de voltaje en el escenario 1 se muestran en la tabla 23, según (EERSSA, 2012) las caídas de tensión en el área urbana de la EERSSA no deben ser mayores a 3.5% hasta el peor nodo, en el escenario 1 se cumple con la norma hasta el año 9, el mayor limitante se encuentra en cuanto a la capacidad de corriente que se puede transportar en el alimentador, por lo que se deberá crear un nuevo alimentador antes del año 3 para poder alimentar todas las cargas que actualmente le corresponden al alimentador IV Centenario, para el cálculo de las demandas futuras e instalación de nuevos centros de transformación no se consideró que el alimentador no puede soportar tales cargas.

Tabla 23: caídas de voltaje en el escenario 1

año	nodo	# de poste	kV	%
actual	133	134025	13713	0,63
año 1	133	134025	13672	0,93
año 2	133	134025	13517	2,05
año 3	133	134025	13418	2,77
año 4	133	134025	13401	2,89
año 5	133	134025	13388	2,99
año 6	133	134025	13373	3,09
año 7	133	134025	13358	3,20
año 8	133	134025	13343	3,31
año 9	133	134025	13327	3,43
año 10	133	134025	13309	3,56

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

La demanda para el 2024 es calculada a partir de la curva de demanda actual, se proyecta la nueva demanda con el crecimiento vegetativo del 3.63% (anexo 3) y se suma la demanda por cocinas de inducción considerando una demanda coincidente de 1.6 kVA por cocina, utilizando la curva de carga típica de las cocinas de inducción del software Edis (anexo 12) y la curva de carga del alimentador IV Centenario se grafica la curva de carga proyectada para cada año, la demanda para el 2024 alcanza los 9.343 kVA en la hora pico es decir un incremento de 3,54 veces la demanda proyectada sin cocinas y en 5,06 veces la demanda máxima actual, las pérdidas de potencia en el año 10 alcanzan los 356 kVA lo que representa un 3.82% de la potencia entregada en máxima demanda la curva de demanda proyectada para el año 2024 en el escenario 1 se observa en la figura 10.

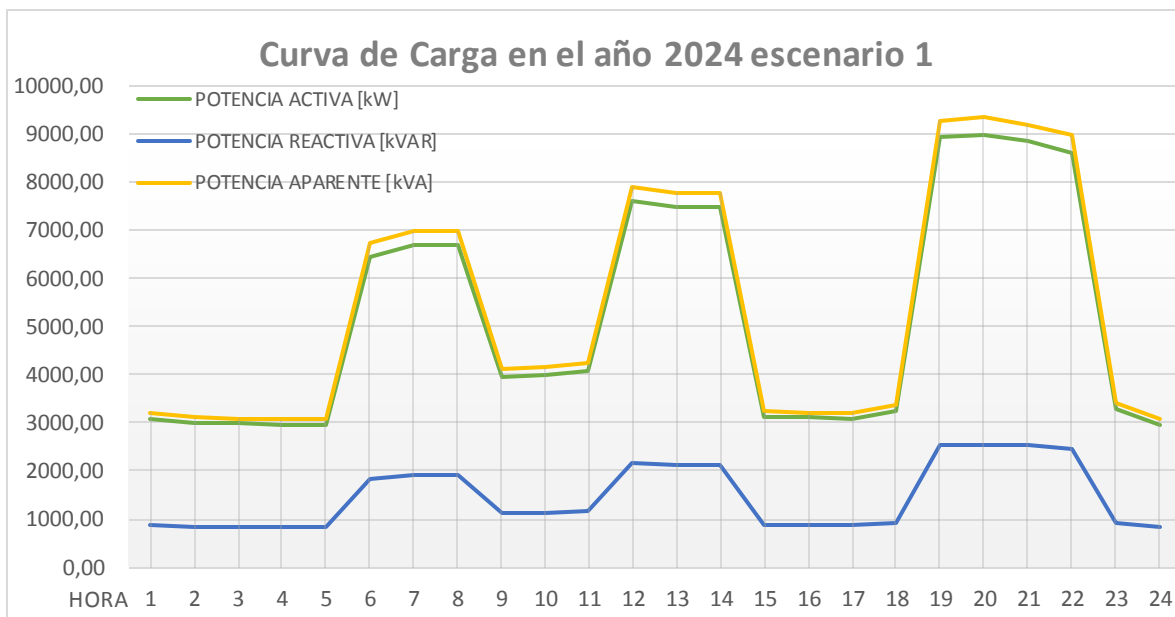


Figura 10 curva de carga en el 2024 escenario 1, Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Para que el circuito pueda alimentar la demanda al 2024 es necesaria la instalación de nuevos centros de transformación, los transformadores inferiores a 25 kVA deberán cambiarse y en su lugar instalar transformadores de mayor capacidad, sin considerar que el circuito sobrepasa su máxima corriente se deberán instalar 8,195 kVA y desmontar 1,317.5 kVA detallados en la siguiente tabla.

Tabla 24: capacidades a instalar y desmontar en el escenario 1

	INSTALAR					8195 kVA					DESMONTAR					1318 kVA		
	MONOFÁSICOS					TRIFÁSICOS					MONOFÁSICOS					TRIFÁSICOS		
	5	10	15	25	37,5	50	75	30	50	5	10	15	25	37,5	30	45		
año 0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
año 1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0		
año 2	0	0	0	1	2	54	4	3	35	1	7	19	21	1	1	2		
año 3	0	1	0	1	10	23	0	7	13	0	1	2	1	2	0	0		
año 4	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0		
año 5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0		
año 6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fuente: El Autor

Los costos de instalación y desmontaje para cada año del escenario 1 se ven detallados en la figura 11, la inversión total es de 673.169,99 USD los costos unitarios por centro de transformación se presentan en el anexo 13.

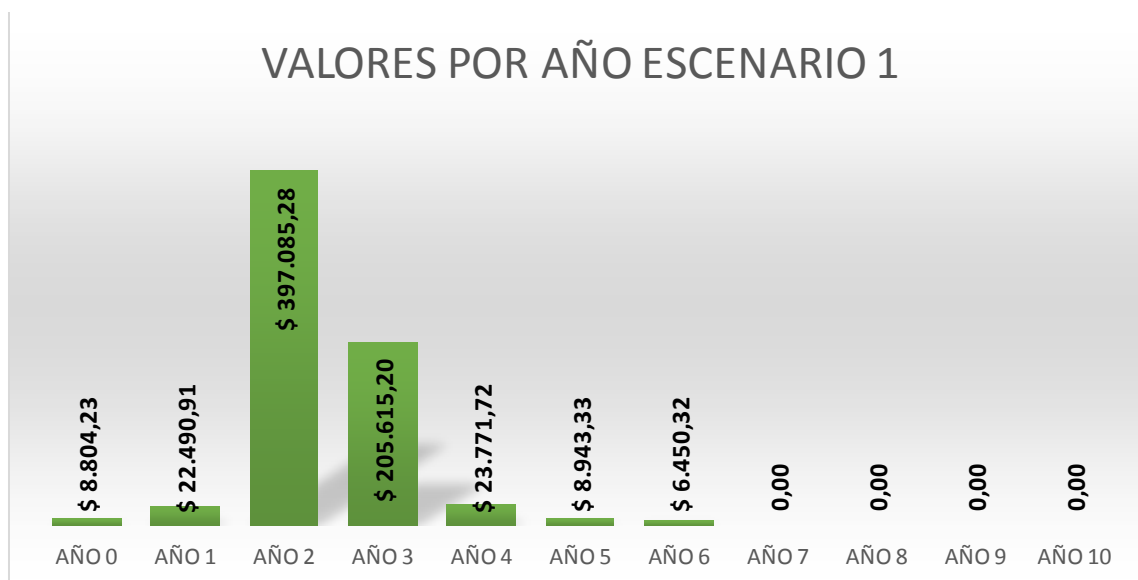


Figura 11 Costos por instalación y desmontaje de transformadores escenario 1, Fuente: El Autor

Escenario 2

A partir de las condiciones actuales se simula la entrada del 100% de los usuarios residenciales al plan de cocción eficiente, a diferencia del escenario 1 las cocinas entran en dos años, en el año 1 el 12% y al siguiente año el 88%, el cronograma detallado de la entrada de cocinas de inducción se puede ver en el anexo 14.

Al igual que en el escenario 1 en éste escenario entran el mismo número de cocinas pero en períodos diferentes, aumenta un 33% la entrada de cocinas en el año 2 pero no se registran cocinas para el año 3, una mayor entrada de cocinas en el año 2 provoca que más centros de transformación queden sobrecargados en dicho año, en las tablas 25 y 26 se pueden ver el pronóstico de crecimiento de la demanda eléctrica del circuito y el estado futuro de los transformadores, el detalle completo del pronóstico de demanda y transformadores sobrecargados se aprecia en el anexo 15.

Tabla 25: pronóstico de carga escenario 2

nodo	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	5,92	6,13	6,36	6,59	6,83	7,07	7,33	7,60	7,87
4	7,58	19,06	99,75	103,37	107,13	111,02	115,06	119,24	123,57	128,06	132,72
5	7,58	14,26	56,37	58,42	60,55	62,75	65,03	67,39	69,84	72,38	75,01
6	7,58	20,66	90,21	93,48	96,88	100,40	104,05	107,83	111,75	115,81	120,02
8	5,05	8,43	34,34	35,59	36,88	38,22	39,61	41,05	42,54	44,09	45,69
9	7,58	15,86	70,83	73,41	76,07	78,84	81,70	84,67	87,75	90,94	94,24
12	12,64	21,10	79,47	82,35	85,35	88,45	91,66	94,99	98,45	102,02	105,73
13	12,57	17,83	60,07	62,26	64,52	66,87	69,30	71,81	74,42	77,13	79,93
14	15,16	23,71	83,77	86,82	89,97	93,24	96,63	100,14	103,78	107,55	111,46
16	5,05	10,03	47,20	48,91	50,69	52,53	54,44	56,42	58,47	60,60	62,80

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Tabla 26: estado futuro de los transformadores, escenario 2

nodo	cap. Insta	cap. sobrecarga	Crecimiento de la demanda en el escenario 2								
			S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(8)	S(9)	S(10)
1	5	5,65	2,53	2,62	5,92	6,13	6,36	6,59	7,33	7,60	7,87
4	15	16,95	7,58	19,06	99,75	103,37	107,13	111,02	123,57	128,06	132,72
5	15	16,95	7,58	14,26	56,37	58,42	60,55	62,75	69,84	72,38	75,01
6	15	16,95	7,58	20,66	90,21	93,48	96,88	100,40	111,75	115,81	120,02
8	10	11,3	5,05	8,43	34,34	35,59	36,88	38,22	42,54	44,09	45,69
9	15	16,95	7,58	15,86	70,83	73,41	76,07	78,84	87,75	90,94	94,24
12	25	28,25	12,64	21,10	79,47	82,35	85,35	88,45	98,45	102,02	105,73
13	25	28,25	12,57	17,83	60,07	62,26	64,52	66,87	74,42	77,13	79,93
14	30	33,9	15,16	23,71	83,77	86,82	89,97	93,24	103,78	107,55	111,46
16	10	11,3	5,05	10,03	47,20	48,91	50,69	52,53	54,44	56,42	58,47

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En el escenario 2 al igual que el escenario 1 se sobrecargan el 73,39% de los transformadores instalados, un 6,42% de los transformadores podrían ser reemplazados por otros de menor capacidad y el 20,18% de los centros de transformación pueden seguir operando con normalidad, la corriente en la hora pico para 2024 llega a 396 A de igual manera se sobrepasa la capacidad máxima del conductor 4/0, las pérdidas de potencia en el año 10 alcanzan los 367 kVA lo que representa un 3,88% de la potencia entrega en máxima demanda, en la figura 12 se observan los niveles de corriente en los 10 años de proyección.

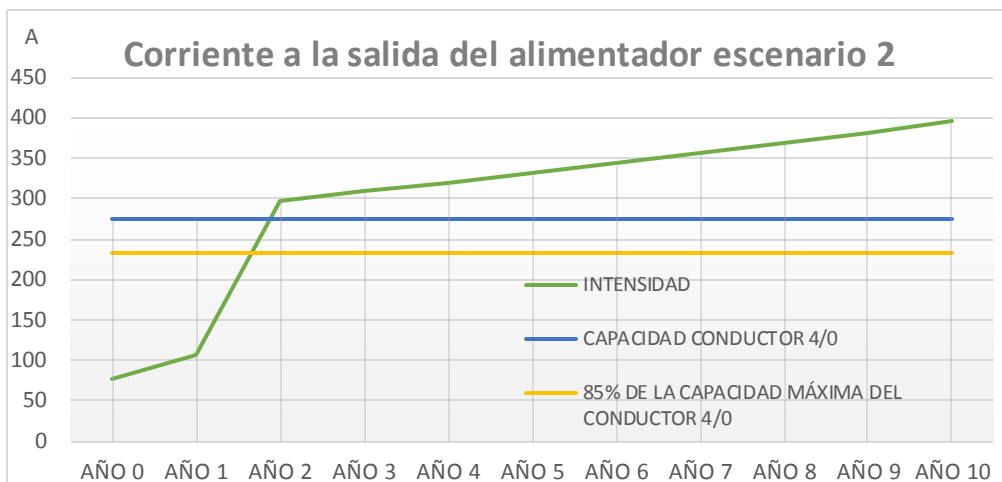


Figura 12 corrientes a la salida del alimentador escenario 2, Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Las caídas de voltaje en el escenario 2 se muestran en la tabla 27, en éste escenario al igual que el escenario 1 se cumple con la normas de la EERSSA hasta el año 9, igualmente el mayor limitante se encuentra en cuanto a la capacidad de corriente que se puede transportar en el alimentador por lo que se deberá crear un nuevo alimentador antes del año 2 para poder alimentar todas las cargas que actualmente le corresponden al alimentador IV Centenario.

Tabla 27: caídas de tensión en el escenario 2

año	nodo	# de poste	kV	%
actual	133	134025	13713	0,63
año 1	133	134025	13672	0,93
año 2	133	134025	13414	2,80
año 3	133	134025	13409	2,83
año 4	133	134025	13395	2,93
año 5	133	134025	13380	3,04
año 6	133	134025	13366	3,14
año 7	133	134025	13350	3,26
año 8	133	134025	13334	3,38
año 9	133	134025	13318	3,49
año 10	133	134025	13301	3,62

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

La demanda para el 2024 en el escenario 2 alcanza los 9.468 kVA aumentando en 3,59 veces la demanda proyectada sin cocinas y en 5,13 veces la demanda máxima actual, la curva de demanda proyectada para el año 2024 en el escenario 2 es similar a la curva proyectada para el escenario 1, la diferencia se encuentra en la demanda por años, en la figura 13 se presenta la curva de carga de ambos escenarios y en la figura 14 la demandad de potencia aparente de ambos escenarios, con las figuras 13 y 14 se observa que la influencia de conectar un mayor número de cocinas en el año 2 radica en la capacidad necesaria para suplir las demandas del año 2 ya que en el año 3 vuelven a operar en condiciones similares.

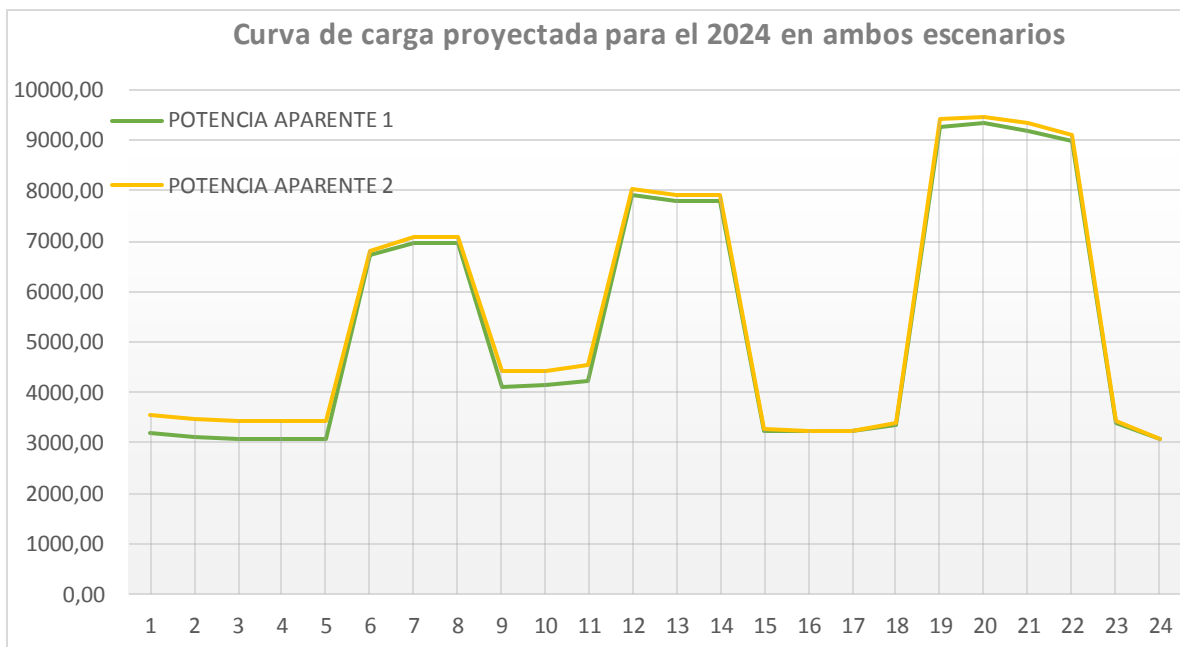


Figura 13 Curva de carga proyectada para ambos escenarios, Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

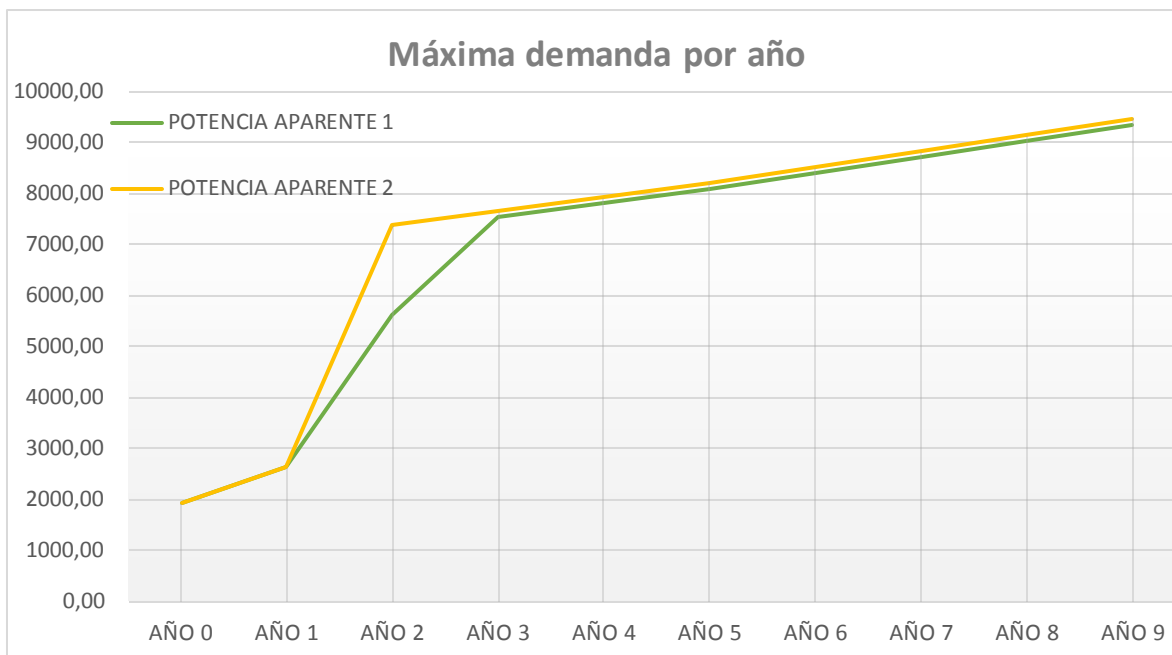


Figura 14 Demanda máxima aparente para ambos escenarios Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

De igual manera una mayor demanda en el año 2 provoca que más centros de transformación queden sobrecargados en éste año, para que la red pueda asumir las nuevas demandas se deben montar 8,255 kVA y desmontar 1,292.5 kVA, en la tabla 28 se detallan las capacidades a instalar y desmontar.

Tabla 28: capacidades a instalar y desmontar en el escenario 2

	INSTALAR					8255 kVA				DESMONTAR				1292,5 kVA		
	MONOFÁSICOS					TRIFÁSICOS				MONOFÁSICOS				TRIFÁSICOS		
	5	10	15	25	37,5	50	75	30	50	5	10	15	25	37,5	30	45
año 0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
año 1	0	0	0	0	0	7	0	0	1	0	4	5	1	0	0	0
año 2	0	1	0	1	5	79	4	4	44	1	6	19	21	3	1	2
año 3	0	0	0	1	7	0	0	5	3	0	0	1	0	0	0	0
año 4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
año 5	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
año 6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
año 7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: El Autor

Los costos de instalación y desmontaje para el escenario 2 llegan a 673,522.75 USD en la figura 15 se observan los costos anuales para ambos escenarios la diferencia radica en el año 2 y 3, la sumatoria total de los gastos para ambos casos es similar.

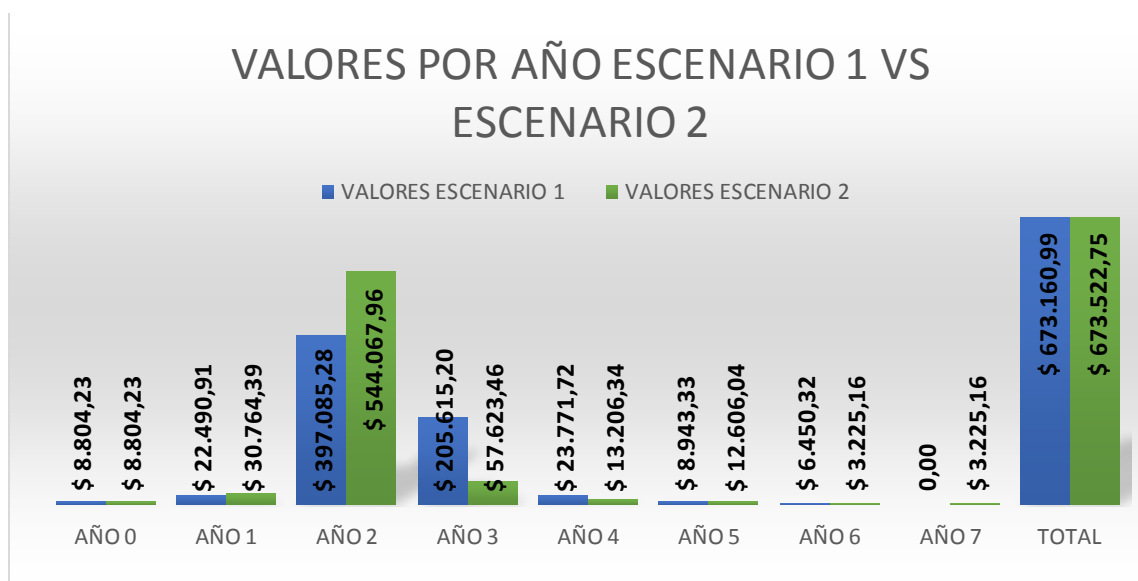


Figura 15 Costos anuales de montaje y desmontaje ambos escenarios Fuente: El Autor

Escenario 3

A partir del escenario actual se simula la entrada del 100% de los usuarios residenciales del alimentador IV Centenario al plan de cocción eficiente, al igual que en el escenario 1 se simula la entrada de cocinas de inducción de acuerdo al cronograma establecido en el oficio Nro. MEER-SDCE-2014-0203-OF, para el caso del escenario 3 se adopta la demanda diversificada obtenida por la EERSSA a partir de la curva de demanda de la Westinghouse Electric Corporation, la cual asigna una demanda de 0.448 kVA por cocina de inducción anexo 16.

La demanda máxima por año para cada nodo es menor en comparación al escenario 1, la curva de carga de la Westinghouse para cocinas de inducción electromagnéticas usa una demanda diversificada menor a la asignada normalmente por el software Edis, en la tabla 29 se muestra el pronóstico de demanda para los primeros nodos del alimentador, el detalle completo se presenta en el anexo 17

, en la tabla 30 se observa el estado futuro de los primeros transformadores, el color rojo indica el momento desde el cual el transformador se sobrecarga.

Tabla 29: pronóstico de carga escenario 3

nodo	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	3,17	3,73	3,86	4,00	4,15	4,30	4,46	4,62	4,79
4	6,62	10,00	24,25	33,64	34,86	36,13	37,44	38,80	40,21	41,68	43,19
5	6,62	8,65	16,14	21,20	21,97	22,77	23,60	24,46	25,34	26,27	27,22
6	6,62	9,55	21,99	29,96	31,05	32,18	33,35	34,56	35,81	37,11	38,46
8	4,41	5,47	10,14	13,20	13,68	14,18	14,69	15,23	15,78	16,35	16,95
9	6,62	9,10	18,84	25,35	26,27	27,22	28,21	29,24	30,30	31,40	32,54
12	12,64	15,34	25,75	32,96	34,16	35,40	36,69	38,02	39,40	40,83	42,32
13	12,57	14,82	22,53	27,82	28,84	29,88	30,97	32,09	33,26	34,47	35,72
14	15,16	17,95	28,91	36,23	37,55	38,91	40,33	41,79	43,31	44,88	46,51
16	5,05	6,58	13,09	17,60	18,24	18,90	19,59	20,30	21,03	21,80	22,59

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Tabla 30: Estado futuro de los transformadores, escenario 3

nodo	cap. Insta	Cap. sobrecarga	Crecimiento de la demanda en el escenario 3								
			S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(8)	S(9)	S(10)
1	5	5,85	2,53	2,62	3,17	3,73	3,86	4,00	4,46	4,62	4,79
4	15	17,55	6,62	10,00	24,25	33,64	34,86	36,13	40,21	41,68	43,19
5	15	17,55	6,62	8,65	16,14	21,20	21,97	22,77	25,34	26,27	27,22
6	15	17,55	6,62	9,55	21,99	29,96	31,05	32,18	35,81	37,11	38,46
8	10	11,7	4,41	5,47	10,14	13,20	13,68	14,18	15,78	16,35	16,95
9	15	17,55	6,62	9,10	18,84	25,35	26,27	27,22	30,30	31,40	32,54
12	25	29,25	12,64	15,34	25,75	32,96	34,16	35,40	39,40	40,83	42,32
13	25	29,25	12,57	14,82	22,53	27,82	28,84	29,88	33,26	34,47	35,72
14	30	35,1	15,16	17,95	28,91	36,23	37,55	38,91	43,31	44,88	46,51
16	10	11,7	5,05	6,58	13,09	17,60	18,24	18,90	21,03	21,80	22,59

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

En el escenario 3 se sobrecargan el 59,63% de los transformadores instalados, un 11,9% de los transformadores podrían ser reemplazados por otros de menor capacidad y el 28,4% de los centros de transformación pueden seguir operando con normalidad, la corriente en la hora pico para el 2024 llega a 188 A, en el escenario 3 no se sobrepasa la capacidad máxima del conductor ACSR 4/0 por lo que no es necesario crear un nuevo alimentador, las pérdidas para el año 10 son de 76.77 kVA lo que representa el 1.70% de la potencia entregada en máxima demanda, en la figura 16 se presentan los niveles de corriente para los 10 años de proyección.

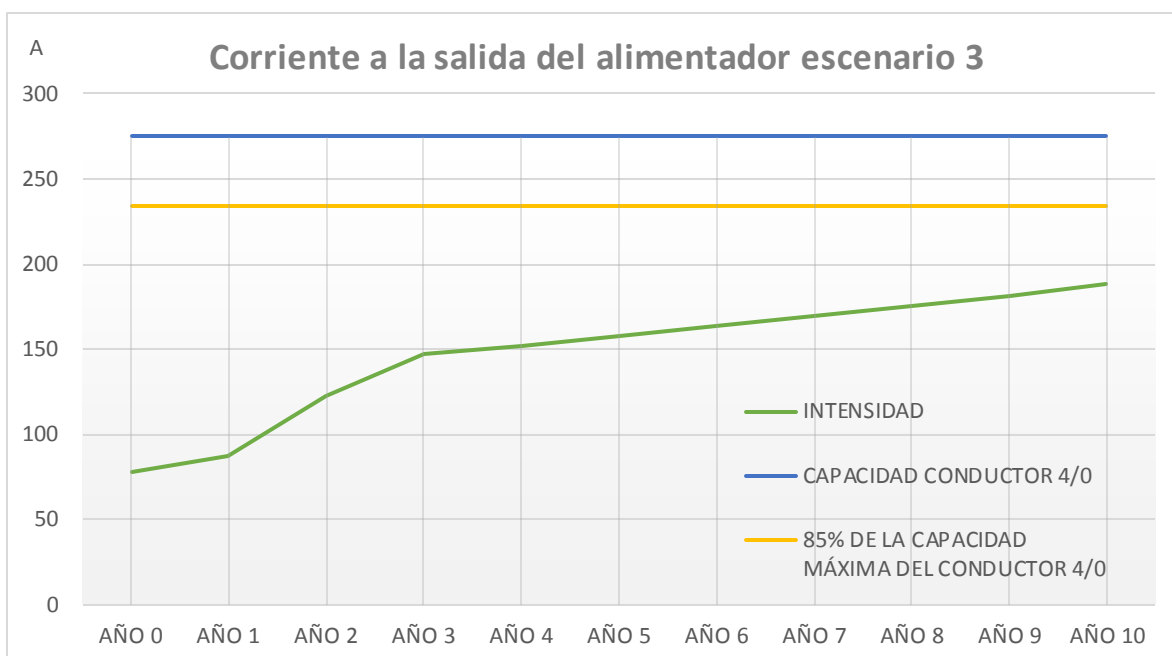


Figura 16 corrientes a la salida del alimentador escenario 3, Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Las caídas de tensión en el escenario 3 a diferencia de los escenarios 1 y 2 si cumplen con las normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas de la EERSSA ya que en el año 10 representan un 1,64% del voltaje nominal del alimentador, las caídas de tensión en el escenario 3 se presentan en la tabla 31.

Tabla 31: Caídas de voltaje en el escenario 3

año	nodo	# de poste	kV	%
actual	133	134025	13713	0,63
año 1	133	134025	13710	0,65
año 2	133	134025	13654	1,06
año 3	133	134025	13621	1,30
año 4	133	134025	13614	1,35
año 5	133	134025	13608	1,39
año 6	133	134025	13602	1,43
año 7	133	134025	13595	1,49
año 8	133	134025	13588	1,54
año 9	133	134025	13580	1,59
año 10	133	134025	13573	1,64

Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

A partir de la demanda actual se proyecta la demanda para el 2024 en el escenario 3, considerando un crecimiento vegetativo del 3.63% anual y se suma la demanda por cocinas de inducción considerando la demanda diversificada de 0.448 kVA por cocina de inducción, para graficar la curva del 2024 se usa la curva de carga del alimentador IV Centenario y la curva de carga típica de las cocinas de inducción del software Edis, la demanda para el 2024 en el escenario 3 llega a 4.502 kVA en la hora pico lo que representa un incremento de 1,7 veces la demanda proyectada sin cocinas de inducción y 2,43 veces la demanda actual.

La curva de carga para el 2024 en el escenario 3 se muestra en la figura 17, al igual que en el escenario 1 y 2 la curva de carga queda predominada por la curva de carga típica de las cocinas de inducción del software Edis, en el escenario 3 a diferencia de los dos escenarios anteriores el impacto del uso de cocinas de inducción es menor ya que la demanda aparente máxima del escenario 3 es aproximadamente la mitad de la demanda aparente máxima del escenario 2, y las demandas aparentes máximas de los escenarios 2 y 1 son similares.

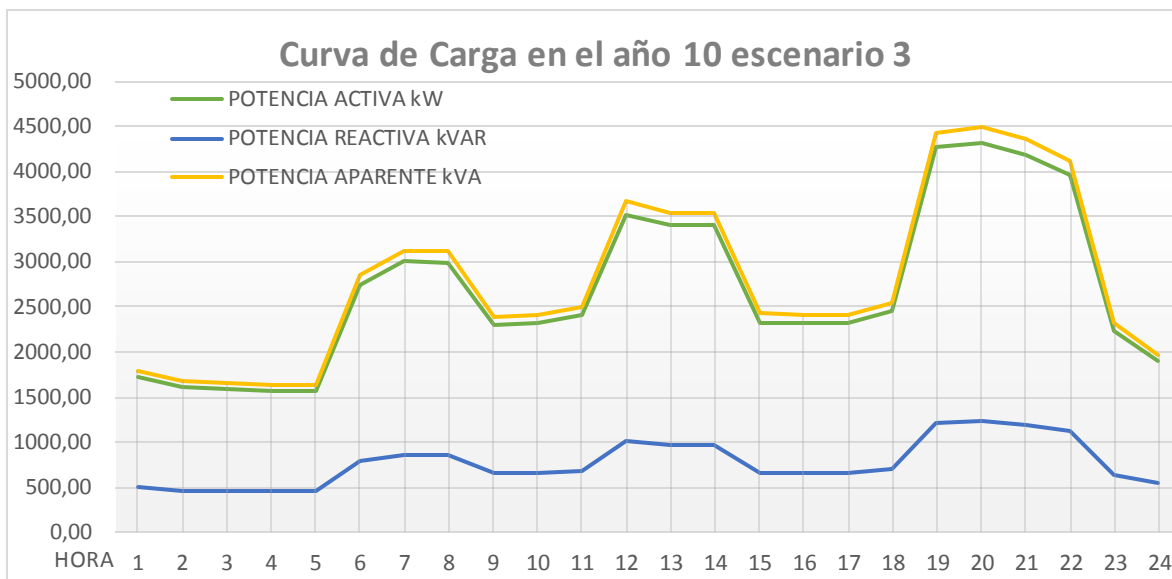


Figura 17 Curva de carga proyectada escenario 3, Fuente: Resultados del flujo de potencia en el Edis, El Autor

Para que el alimentador primario IV Centenario pueda soportar la demanda del 2024 en el escenario 3 es necesaria la instalación de nuevos centros de transformación, instalando preferiblemente transformadores trifásicos y monofásicos mayores a 25 kVA, para esto se deben instalar 2.773 kVA y desmontar 1110 kVA, el detalle de los transformadores a instalar se presenta en la tabla 32.

Tabla 32: capacidades a instalar y desmontar en el escenario 3

	INSTALAR									DESMONTAR						
	MONOFÁSICOS							TRIFÁSICOS		MONOFÁSICOS					TRIFÁSICOS	
	5	10	15	25	37,5	50	75	30	50	5	10	15	25	37,5	30	45
año 0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
año 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
año 2	0	0	0	6	10	15	0	4	10	0	10	17	9	1	3	0
año 3	0	0	0	5	4	6	0	3	1	0	6	2	10	1	0	0
año 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
año 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
año 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
año 7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: El Autor

Los costos necesarios para la instalación de los nuevos centros de transformación y el desmontaje de los centros de transformación sobrecargados llegan a 244.751,27 USD, es decir 428.771,48 USD menos que el escenario 1, la comparación entre los costos por instalación y desmontaje de centros de transformación entre el escenario 1 y el 3 se presenta en la figura 18

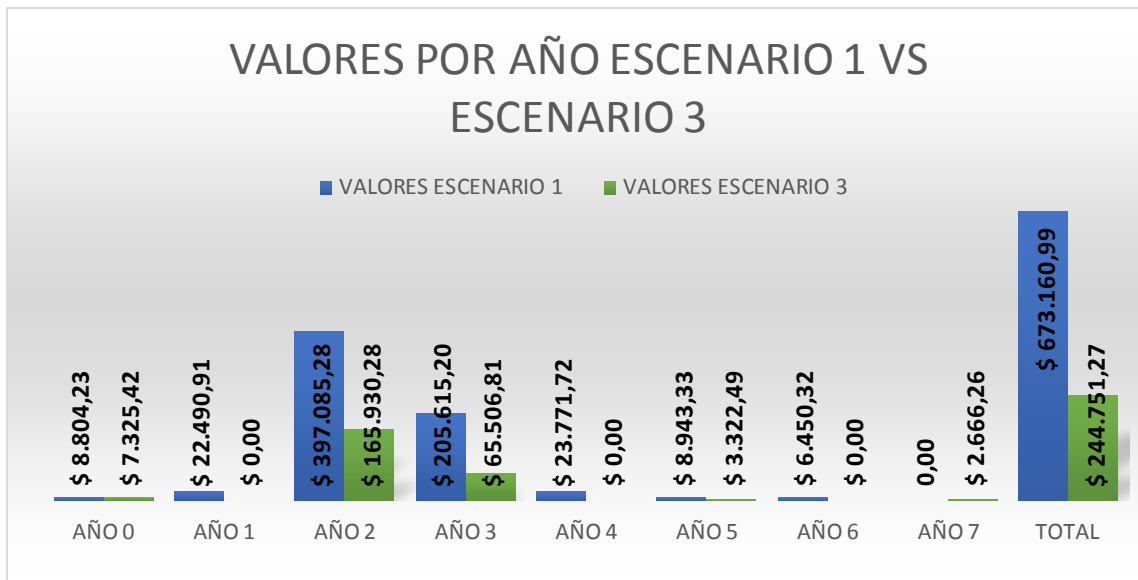


Figura 18 costos por instalación y desmontaje de transformadores en los escenarios 1 y 3, El Autor

G.- DISCUSIÓN

Es importante que al diseñar redes de distribución se busque las mejores alternativas evitando tener exceso de componentes y garantizando la operatividad de la red para 15 años, tener un alto número de transformadores con un bajo factor de carga representa pérdidas técnicas para la empresa por lo que se debe encontrar el transformador más económico para cada caso.

El número de usuarios que se incorporen al plan de cocción eficiente es muy difícil de estimar ya que depende de la decisión de cada persona de cambiar o no su cocina de GLP por una de inducción, para el caso de ésta investigación se plantearon 3 escenarios teniendo en cuenta las disposiciones del MEER y considerando que el 100% de los usuarios residenciales se incorporen al plan.

El software Edis usa el método de Ardivinson para poder asignar la carga de cada nodo del alimentador primario, para ello requiere las mediciones reales de un día a la salida de la subestación, es preferible usar el día de máxima demanda para proyecciones de demanda, el software establece cinco suposiciones: el factor de potencia es uniforme para todo el circuito, el factor de capacidad es uniforme para todos los transformadores del alimentador analizado, el factor de diversidad es unitario para todas las cargas del circuito, las cargas están perfectamente balanceadas y el crecimiento vegetativo es uniforme.

Para el análisis de la entrada de cocinas de inducción el software cuenta con una curva de demanda unitaria de las cocinas de inducción electromagnéticas basada en tesis del señor Juan Fernando Salazar de la Escuela Politécnica Nacional, para los escenarios 1 y 2 se utilizó la demanda de 1,6 kVA coincidentes por cada cocina en el pico de demanda asignada por defecto por el software Edis, para el escenario 3 se utilizó la demanda diversificada de 0,448 kVA de acuerdo a la curva de Westinghouse brindada por la EERSSA.

El crecimiento vegetativo se refiere al crecimiento de la demanda y es considerado uniforme para todos los años de estudio, para obtener el crecimiento vegetativo el software pide los datos de las demandas de los 16 años anteriores al año de estudio, en el presente caso se proyectaron las demandas con el método de los mínimos cuadrados utilizando la ecuación de la recta se determinó un crecimiento del 3,63%.

Con todos los datos cargados en el software se hace un flujo de potencia en mínima y en máxima demanda para conocer las demandas en cada nodo, luego se realiza un pronóstico de la demanda futura y una evaluación de estado futuro de los transformadores, el balanceo del circuito y el cambio de calibres también se puede evaluar con el software Edis en la parte de mejoras, en ésta investigación no se analizan las mejoras al estado actual del alimentador.

H.- CONCLUSIONES

- ✓ Con los archivos brindados por la EERSSA se levantó una base de datos en el software Edis, la cual contiene las capacidades instaladas del alimentador primario IV Centenario, las longitudes de cada tramo con el tipo de cable instalado y el número de usuarios residenciales que se prevé entren en el plan de cocción eficiente por transformador.
- ✓ Con el procesamiento de la base de datos de los históricos de consumo del alimentador primario se determinó que el 9 de octubre del 2014 fue el día en que se presentó la mayor demanda, la curva de consumo de éste día es utilizada por el software Edis para simular el comportamiento de la red.
- ✓ Con el uso del software Edis fue posible realizar la simulación del estado actual y futuro del circuito con la cual se determinaron las demandas en cada nodo, las caídas de tensión y las pérdidas de potencia totales del alimentador.
- ✓ Con la simulación de la entrada de cocinas de inducción se determinó que en los escenarios 1 y 2 el 74.3% de los transformadores se sobrecargan, por lo que es necesaria una repotencialización del alimentador, necesitándose instalar una capacidad de 8.195 kVA para el escenario 1 con un valor de 673.160 USD y 8.255 kVA para el escenario 2 con un valor de 673.522 USD, en el escenario 3 se sobrecargan el 59,63% de los transformadores por lo que es necesario instalar 2772,5 kVA con un valor de 244.751 USD.
- ✓ Con una proyección a 10 años se determinó que la demanda en la hora pico para el año 2024 llega a 9.343 kVA en el escenario 1 y 9.468 kVA para el 2, lo cual representa 3.5 veces la demanda de una proyección sin cocinas y 5 veces la demanda actual, dichos niveles de carga no son posibles alimentar con un alimentador primario por lo que se deberá crear un nuevo alimentador y compartir cargas, en el caso del escenario 3 la demanda para el 2024 llega a 4.502 kVA lo que representa un incremento en 1.7

veces la demanda proyectada sin cocinas de inducción y 2.43 veces la demanda actual, es decir en los escenarios 1 y 2 la demanda futura es el doble que la demanda en el escenario 3.

- ✓ La corriente en la salida del alimentador para el escenario 1 llega a 390 A en el año 10, y a 396 A en el escenario 2, el alimentador presenta problemas en ambos casos a partir del año 2 ya que la capacidad del conductor 4/0 tipo ACSR es de 275 A por lo que se deberá reducir el número de usuarios del alimentador primario IV Centenario, en el escenario 3 la corriente llega a 188 A por lo que el alimentador puede ser repotencializado y cubrir la demanda futura.
- ✓ Para los escenarios 1 y 2 la caída de tensión en el año 10 supera los límites permitidos por la EERSSA, por lo que es necesario una distribución de cargas con un nuevo alimentador para que se garantice que a 15 años vista las caídas de tensión en el peor nodo no superen el 3.5%, en el escenario 3 las caídas de tensión se encuentran bajo los límites permitidos.

I.- RECOMENDACIONES

- Realizar un levantamiento de todos los alimentadores de la subestación Obrapía en el software Edis para poder evaluar el estado de la subestación, evaluar la transferencia de carga entre circuitos vecinos y el pase de transformadores entre alimentadores.
- Con la curva de demanda calculada para el 2024 simular el comportamiento del alimentador considerando que se han cambiado los conductores y se ha aumentado la capacidad instalada, para poder determinar las pérdidas de potencia en tales condiciones.
- Realizar el cambio de transformadores en el alimentador primario IV Centenario instalando preferiblemente transformadores trifásicos en donde la red lo permita, y en los casos que no, evaluar la posibilidad cambiar la red de media tensión monofásica por una trifásica.
- Evaluar el comportamiento del alimentador en otros escenarios, los escenarios evaluados en la presente tesis corresponden al caso en que el 100% de los usuarios residenciales entren en el plan de cocción eficiente, el autor del software Edis Dr. Raúl Carvajal basado en la experiencia del uso de cocinas de inducción en Cuba propone evaluar la entrada del 60% considerando que el 40% de los usuarios residenciales sigan usando el GLP como energía para la cocción de alimentos.
- Evaluar la creación de nuevos alimentadores ya que con el actual diseño en los escenarios 1 y 2 se supera la corriente máxima que se puede transportar de acuerdo a las normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales de la EERSSA
- Evaluar los efectos de los armónicos debido al uso masivo de cocinas de inducción en la red

J.- BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR CHIRIBOGA, ROMEL PATRICIO y CEPEDA CAMPAÑA, JAIME CRISTOBAL. 2005. *análisis técnico comercial del colapso nacional del 1 de marzo del 2003*. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2005.

ANDERSSON, GÖRAN. 2012. *Power System Analysis*. Zúrich, Suiza : Escuela Politécnica Federal de Zúrich, 2012.

BURGARDT, MARTÍN, CARBALLO, GONZALO y MUINELO, GUSTAVO. 2005. *Optimización de la red de distribución en baja y media tensión*. Montevideo : Universidad de la República, 2005.

CARRIÓN GONZÁLEZ, JORGE ENRIQUE. 2011. *Estudio técnico tconómico del régimen de operación de las redes de distribución eléctrica de la ciudad de Loja-Ecuador*. la habana, Cuba : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2011.

CARVAJAL PÉREZ, RAÚL NICOLÁS y LLAMO LABORÍ, HÉCTOR SILVIO. 2013. *Efectividad del método de flujo con recurrencia en estudios de circuitos de distribución primaria*. La Habana : Ingeniería energética, 2013. págs. 78-87. Vol. XXXIV. 1815-5901.

CASTAÑO, SAMUEL RAMÍREZ. 20004. *Redes de Distribución de energía*. Manizales : centro de publicaciones Universidad nacional de Colombia, 20004. 958-9322-86-7.

CONELC. 2013. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*. Quito : Advantlogic Ecuador S.A., 2013.

EERSSA. 2012. *normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*. Loja : EERSSA, 2012.

EERSSA,. 2012. *Informe de auditoría EERSSA 2012*. Loja : EERSSA, 2012.

GÖGEN, TURAN. 2008. *Electric power distribution system engineering*. California : Califrnia State University, 2008. 13:978-1-4200-6200-7.

GONZÁLEZ HIDALGO, WILSON DAVID. 2014. *Impacto de la implementación del sistema de cocción de inducción electromagnética en las redes de distribución de la empresa eléctrica regional del sur s.a. en la ciudad de Loja*. Cuenca : Universidad de Cuenca, 2014.

HINOJOSA MATEUS, VÍCTOR HUGO y MORENO DÍAZ, ADRIÁN. 2009. *Flujo óptimo de potencia utilizando algoritmos evolutivos programación en dighilent*. Quito : cedia, 2009.

LEIVA CHÉRREZ, ALEXANDER DE JESUS . 2014. *Análisis técnico económico del factor de capacidad de los transformadores de la red de distribución primaria de la ciudad de el Coca*. Loja : Universidad Nacional De Loja, 2014.

LLAMO LABORÍ, HÉCTOR SILVIO. 2010. *Sistemas Electricos II*. La Habana, Cuba : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2010.

NAVAL FACILITIES ENGINEERING COMMAND. 1990. *Electric Power Distribution Systems Operations.* Alexandria, Virginia : s.n., 1990. 22332-2300.

PALMA VALENCIA, JOSÉ RAMÓN. 2012. *Estudio, levantamiento y diseño de un sistema de georeferenciamiento con coordenadas UTM a través de un equipo satelital tipo GPS modelo GARMIN OREGON 550 para proyectos eléctricos.* Manta, Ecuador : Universidad laica "Eloy Alfaro" de Manabí, 2012.

SALAZAR MASSON, Juan Fernando. 2010. *Estudio técnico-comparativo para la introducción de cocinas eléctricas de inducción magnética en el Ecuador.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2010.

UNIVERSIDAD DON BOSCO. Análisis de flujo de carga con el método de Newton Raphson. *análisis de sisteas de pontencia II, Guía # 2.* Soyapango, San Salvador : Universidad don Bosco.

VASQUEZ GRANDA, PAUL MARCELO. 2013. *Parametrización, control, determinación, y reducción de pérdidas de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la provincia de Morona Santiago.* Cuenca : Univerdida de Cuenca, 2013.

K. ANEXOS

ANEXO 1: BANCO DE DATOS DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO

BANCO DE DATOS DEL IV CENTENARIO					
NODO EN EL EDIS	NÚMERO DE POSTE	CAPACIDAD INSTALADA	TIPO DE TRANSFORMADOR	NÚMERO DE ABONADOS	ABONADOS RESIDENCIALES
1	132276	5	Monofásico	2	2
4	132283	15	Monofásico	60	57
5	132288	15	Monofásico	30	30
6	132299	15	Monofásico	54	49
8	132313	10	Monofásico	18	18
9	132319	15	Monofásico	42	39
12	132335	25	Monofásico	50	41
13	132347	25	Monofásico	36	29
14	132352	30	Banco Trifásico	47	42
16	132360	10	Monofásico	26	26
17	132363	15	Monofásico	1	0
18	132366	15	Monofásico	32	29
20	132372	37,5	Monofásico	0	0
67	132375	15	Monofásico	1	0
144	132430	15	Monofásico	5	2
24	132423	50	Monofásico	92	88
25	132409	15	Monofásico	36	32
26	132408	30	Banco 2 D	3	1
27	132405	25	Monofásico	57	54
29	132395	25	Monofásico	60	54
30	132383	25	Monofásico	54	48
31	132379	25	Monofásico	75	66
36	132448	25	Monofásico	69	60
37	132437	30	Banco Trifásico	43	40
39	132487	45	Banco Trifásico	1	0
48	C144384	50	Trifásico	7	3
49	C144387	50	Trifásico	2	0
41	133524	25	Monofásico	46	29
42	133525	25	Monofásico	1	0
43	133525	37,5	Monofásico	43	17
44	132441	37,5	Monofásico	47	30

45	132442	25	Monofásico	6	3
46	C145045	25	Monofásico	2	0
50	132489	60	Trifásico	138	51
51	132490	10	Monofásico	0	0
145	132464	15	Monofásico	6	6
52	132462	25	Monofásico	33	20
55	C144983	45	Trifásico	13	10
53	132460	25	Monofásico	54	44
56	132493	45	Trifásico	99	54
58	132470	10	Monofásico	19	17
146	132472	15	Monofásico	12	4
148	C67094	45	Trifásico	2	0
60	132468	50	Monofásico	100	57
61	132247	15	Monofásico	0	0
62	132468	100	Trifásico	1	0
63	132497	30	Trifásico	1	0
65	133569	30	Banco Trifásico	89	75
66	C145016	75	Trifásico	30	29
69	133512	50	Monofásico	1	0
70	133564	30	Banco Trifásico	78	68
75	133545	25	Monofásico	0	0
73	133563	30	Banco Trifásico	6	3
74	133562	30	Banco 2 D	2	1
149	C145010	75	Trifásico	10	10
150	133548	25	Monofásico	1	0
76	132499	25	Monofásico	63	58
83	133577	75	Trifásico	89	88
82	133503	15	Monofásico	38	36
78	133579	45	Banco Trifásico	86	77
79	133580	37,5	Monofásico	65	60
80	133581	75	Banco 2 D	32	13
85	133783	15	Monofásico	36	30
86	133790	30	Trifásico	1	0
87	133791	10	Monofásico	9	6
195	134069	15	Monofásico	12	7
89	134046	15	Monofásico	15	12
196	134065	25	Monofásico	0	0
197	134063	25	Monofásico	21	15
92	134050	25	Monofásico	34	27
93	134051	15	Monofásico	0	0

198	134054	30	Trifásico	1	0
94	133797	25	Monofásico	64	54
96	133804	25	Monofásico	117	107
98	133820	25	Monofásico	77	72
99	133828	25	Monofásico	55	51
199	1338281	10	Monofásico	0	0
100	133816	15	Monofásico	48	38
101	133815	50	Banco 2 D	5	2
102	133813	15	Monofásico	7	7
103	133833	150	Trifásico	2	0
104	133837	25	Monofásico	67	60
106	133840	15	Monofásico	34	33
107	133849	10	Monofásico	46	44
200	62825	15	Monofásico	7	7
201	133856	10	Monofásico	39	37
111	133867	25	Monofásico	39	36
113	133872	25	Monofásico	43	40
136	133887	37,5	Monofásico	57	49
137	133894	10	Monofásico	26	20
115	133907	25	Monofásico	47	45
117	133934	25	Monofásico	67	58
118	133913	15	Monofásico	41	39
119	133922	25	Monofásico	71	69
120	133982	25	Monofásico	84	81
121	133983	10	Monofásico	20	19
139	133988	15	Monofásico	24	23
141	133999	15	Monofásico	29	29
142	133997	15	Monofásico	46	45
143	134010	25	Monofásico	37	36
124	136948	25	Monofásico	78	74
126	133942	10	Monofásico	18	16
202	1133942	15	Monofásico	0	0
138	133976	25	Monofásico	48	45
128	133974	25	Monofásico	49	47
129	133968	25	Monofásico	34	34
131	134004	25	Monofásico	66	62
133	134025	10	Monofásico	40	36
134	6258	25	Monofásico	70	63
TOTAL			3062,5	3847	3245

ANEXO 2: MEDICIONES DEL 9 DE OCTUBRE DEL 2014

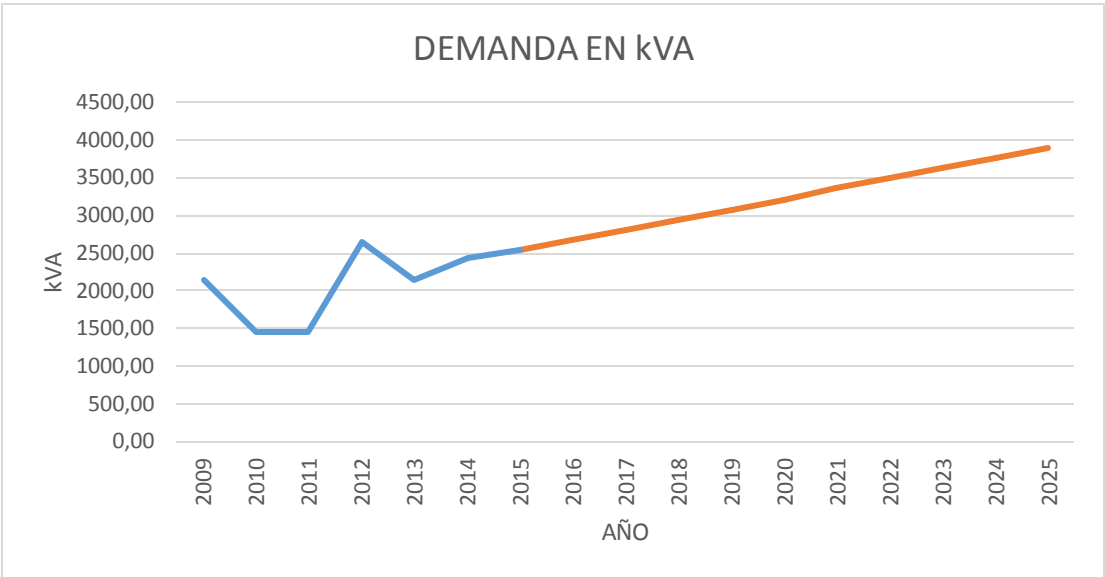
CURVA ACTUAL IV CENTENARIO					
fecha/hora	HORA	P	Q	S	FP
9-OCT-2014 01:00:00.000	1	857	437,75	962,33	0,89
9-OCT-2014 02:00:00.017	2	768,5	429,5	880,38	0,87
9-OCT-2014 03:00:00.017	3	739,75	436	858,68	0,86
9-OCT-2014 04:00:00.000	4	721	433	841,03	0,86
9-OCT-2014 05:00:00.000	5	728	424,5	842,72	0,86
9-OCT-2014 06:00:00.017	6	875,25	404,25	964,10	0,91
9-OCT-2014 07:00:00.000	7	1078,5	398,5	1149,77	0,94
9-OCT-2014 07:59:59.983	8	1072,75	395,5	1143,33	0,94
9-OCT-2014 09:00:00.017	9	1163,25	521	1274,59	0,91
9-OCT-2014 09:59:59.983	10	1173,5	526,75	1286,30	0,91
9-OCT-2014 11:00:00.000	11	1215,25	607,75	1358,75	0,89
9-OCT-2014 11:59:59.967	12	1282,75	620,25	1424,84	0,90
9-OCT-2014 13:00:00.017	13	1219,5	557	1340,68	0,91
9-OCT-2014 14:00:00.017	14	1233,25	537,5	1345,29	0,92
9-OCT-2014 14:59:59.983	15	1339,75	619,5	1476,05	0,91
9-OCT-2014 15:59:59.967	16	1335,75	603,5	1465,76	0,91
9-OCT-2014 16:59:59.983	17	1347,25	574,25	1464,53	0,92
9-OCT-2014 18:00:00.017	18	1479	510,75	1564,71	0,95
9-OCT-2014 19:00:00.017	19	1737,5	468,25	1799,49	0,97
9-OCT-2014 20:00:00.000	20	1782	486,5	1847,22	0,96
9-OCT-2014 21:00:00.017	21	1678,5	474	1744,14	0,96
9-OCT-2014 22:00:00.017	22	1519,5	437,5	1581,23	0,96
9-OCT-2014 23:00:00.000	23	1260	433,5	1332,49	0,95
10-OCT-2014 00:00:00.000	24	1006,75	403,75	1084,69	0,93

ANEXO 3: PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL						
Xi	Yi	Xi-Xm	Yi-Ym	(Xi-Xm)^2	(Xi-Xm)*(Yi-Ym)	(Yi-Ym)^2
0	2139,33	-2,5	85,30	6,25	-213,2509593	7276,15547
1	1464,05	-1,5	-589,97	2,25	884,96	348069,513
2	1465,91	-0,5	-588,12	0,25	294,06	345885,385
3	2658,41	0,5	604,38	0,25	302,19	365273,608
4	2149,16	1,5	95,13	2,25	142,70	9050,50609
5	2447,31	2,5	393,28	6,25	983,20	154670,062
2,5	2054,03	0	0,00	17,5	2393,86	1230225,23
Xm	Ym	A	B	C	D	E

LA PENDIENTE M ES D/C	M	136,792219
la ecuación de la recta $y=Ym+m*(x-xm)$	Y	$2054,03+(136,79)(x-2,5)$

REGRESIÓN LINEAL		
0	2009	2139,33
1	2010	1464,05
2	2011	1465,91
3	2012	2658,41
4	2013	2149,16
5	2014	2447,31
6	2015	2532,80
7	2016	2669,59
8	2017	2806,38
9	2018	2943,18
10	2019	3079,97
11	2020	3216,76
12	2021	3353,55
13	2022	3490,35
14	2023	3627,14
15	2024	3763,93
16	2025	3900,72
rv		0,0363429



ANEXO 4: SOBRECARGA ADMISIBLE DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

carga máxima del transformador por unidad de los kvas nominales sin alterar su vida útil																		
carga máxima tiempo en horas	REFRIGERACIÓN-AUTOREFRIGERADO O REFRIGERADO POR AGUA (OA o OW) CARGA DEL TRANSFORMADOR EN PORCENTAJE DE LOS KVA _s NOMINALES- ANTERIOR AL PERIODO DE CARGA MÁXIMA																	
	50% temperatura ambiente en °C						70% temperatura ambiente en °C						90% temperatura ambiente en °C					
	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
0,50	2	2	2	1,89	1,7	1,52	2	2	1,95	1,78	1,6	1,41	2	1,99	1,82	1,64	1,46	1,24
1	2	1,88	1,73	1,58	1,41	1,23	1,95	1,8	1,65	1,49	1,32	1,14	1,86	1,7	1,55	1,39	1,2	0,99
2	1,76	1,64	1,51	1,37	1,22	1,06	1,72	1,59	1,46	1,32	1,16	0,99	1,66	1,53	1,39	1,24	1,08	0,9
4	1,54	1,43	1,33	1,19	1,06	0,92	1,52	1,41	1,29	1,17	1,04	0,89	1,5	1,39	1,26	1,13	1	*
8	1,41	1,3	1,19	1,08	0,96	0,84	1,4	1,3	1,19	1,07	0,95	0,83	1,39	1,29	1,18	1,06	0,94	*
24	1,33	1,22	1,11	1	0,89	0,78	1,33	1,22	1,11	1	0,89	0,78	1,33	1,22	1,11	1	*	*

ANEXO 5: CAPACIDAD INSTALADA EN EL ESCENARIO 2 ESTADO FUTURO

CAPACIDAD INSTALADA FUTURA	
capacidad instalada actual	3062,5 kVA
capacidad a instalar	8255 kVA
capacidad a desmontar	1292,5 kVA
capacidad instalada futura	10025 kVA

ANEXO 6: CAPACIDAD INSTALADA EN EL ESCENARIO 3 ESTADO FUTURO

CAPACIDAD INSTALADA FUTURA	
capacidad instalada actual	3062,5 kVA
capacidad a instalar	2772,5 kVA
capacidad a desmontar	1110 kVA
capacidad instalada futura	4725 kVA

ANEXO 7: PRONÓSTICO DE CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CIRCUITO

Protonóstico de crecimiento de la demanda eléctrica del circuito

Método del crecimiento vegetativo con saltos en la demanda de carga

Continuar

	Actual	Demanda Pronosticada a 10 años vista								
Nod	SNodo(0)	SNodo(1)	SNodo(2)	SNodo(3)	SNodo(4)	SNodo(5)	SNodo(6)	SNodo(7)	SNodo(8)	SNodc
1	2.53	2.62	5.92	6.13	6.36	6.59	6.83	7.07	7.33	7.60
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	7.58	19.06	99.75	103.37	107.13	111.02	115.06	119.24	123.57	128.06
5	7.58	14.26	56.37	58.42	60.55	62.75	65.03	67.39	69.84	72.38
6	7.58	20.66	90.21	93.48	96.88	100.40	104.05	107.83	111.75	115.81
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	5.05	8.43	34.34	35.59	36.88	38.22	39.61	41.05	42.54	44.09
9	7.58	15.86	70.83	73.41	76.07	78.84	81.70	84.67	87.75	90.94
10	12.64	13.10	13.58	14.07	14.58	15.11	15.66	16.23	16.82	17.43
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	12.64	21.10	79.47	82.35	85.35	88.45	91.66	94.99	98.45	102.02
13	12.57	17.83	60.07	62.26	64.52	66.87	69.30	71.81	74.42	77.13
14	15.16	23.71	83.77	86.82	89.97	93.24	96.63	100.14	103.78	107.56
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	5.05	10.03	47.20	48.91	50.69	52.53	54.44	56.42	58.47	60.60
17	7.58	7.86	8.14	8.44	8.74	9.06	9.39	9.73	10.09	10.45

ANEXO 8: ENTORNO DE EVALUACIÓN DE TRANSFORMADORES

Longitud	DPAc	DQAc	DUAc	TipoCarga	FaCa	Leído	PosteNr	SmaxAño10	DemEl	EstdoTrafo	AñoSbr
-											
376	0.00	0.00	0.00	Reside	0.66	No	132276	3.62	3.29	CapTrafoBie	
297	3333.	1395.	25.17	Reside	0.66		132279	0.00	0.00	SinTrafo	
16	2634.	1102.	19.88	Reside	0.66		132285	0.00	0.00	SinTrafo	
79	0.26	0.07	0.04	Reside	0.66		132283	10.83	9.85	CapTrafoBie	
115	0.20	0.05	0.07	Reside	0.66		132288	10.83	9.85	CapTrafoBie	
317	1.19	0.34	0.22	Reside	0.66		132299	10.83	9.85	CapTrafoBie	
117	1.45	0.41	0.40	Reside	0.66		132307	0.00	0.00	SinTrafo	
35	0.08	0.02	0.05	Reside	0.66		132313	7.22	6.56	CapTrafoBie	
104	0.04	0.01	0.02	Reside	0.66		132319	10.83	9.85	CapTrafoBie	
1	900.9	377.1	6.88	Reside	0.66		132331	18.06	16.42	SinTrafo	
54	8.62	3.61	0.07	Reside	0.66		132332	0.00	0.00	SinTrafo	
105	457.8	191.6	3.53	Reside	0.66		132335	18.06	16.42	CapTrafoBie	
34	0.39	0.16	0.10	Reside	0.66		132347	17.96	16.33	CapTrafoBie	
198	285.5	119.5	2.21	Reside	0.66		132352	21.66	19.70	Banco	
70	1642.	687.5	12.82	Reside	0.66		132354	0.00	0.00	SinTrafo	
170	570.4	238.7	4.49	Reside	0.66		132360	7.22	6.56	CapTrafoBie	
80	14.22	4.70	0.69	Reside	0.66		132363	10.83	9.85	CapTrafoBie	
43	5.87	1.94	0.31	Reside	0.66		132366	10.67	9.71	CapTrafoBie	
74	2.46	0.81	0.15	Reside	0.66		132371	27.09	24.63	SinTrafo	
47	3.64	1.20	0.23	Reside	0.66		132426	26.71	24.28	SinTrafo	
78	357.8	149.7	2.92	Reside	0.66		132419	10.83	9.85	SinTrafo	
147	4.41	0.42	0.50	Reside	0.66		132423	35.08	31.90	Subcargado	
41	3.19	0.90	0.41	Reside	0.66		132409	10.56	9.60	CapTrafoBie	
39	1.29	0.12	0.19	Reside	0.66		132408	36.11	32.83	Banco	
40	1.16	0.11	0.18	Reside	0.66		132405	18.06	16.42	CapTrafoBie	
69	3.40	0.96	0.22	Reside	0.66		132393	21.66	19.70	SinTrafo	
74	3.88	1.10	0.31	Reside	0.66		132395	18.06	16.42	CapTrafoBie	

ANEXO 9: ESTADO ACTUAL DE LOS TRANSFORMADORES

nodo	DEMANDA MÁXIMA POR AÑO										
	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
24	24,55	25,44	26,37	27,33	28,32	29,35	30,41	31,52	32,66	33,85	35,08
26	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
31	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
39	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
41	22,75	23,58	24,43	25,32	26,24	27,20	28,18	29,21	30,27	31,37	32,51
48	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
50	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
56	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
60	23,57	24,43	25,31	26,23	27,19	28,18	29,20	30,26	31,36	32,50	33,68
62	29,70	30,78	31,90	33,06	34,26	35,50	36,79	38,13	39,52	40,95	42,44
63	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
65	50,55	52,39	54,29	56,26	58,31	60,43	62,62	64,90	67,26	69,70	72,24
66	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
69	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
70	37,91	39,29	40,72	42,20	43,73	45,32	46,97	48,67	50,44	52,27	54,17
73	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
78	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
80	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
83	18,96	19,65	20,36	21,10	21,87	22,66	23,49	24,34	25,23	26,14	27,09
100	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
101	18,50	19,17	19,87	20,59	21,34	22,12	22,92	23,75	24,61	25,51	26,44
102	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
103	17,69	18,33	19,00	19,69	20,41	21,15	21,92	22,71	23,54	24,39	25,28
104	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
111	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22
113	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22
142	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
143	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
53	7,40	7,67	7,95	8,24	8,54	8,85	9,17	9,50	9,85	10,20	10,57
149	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66

ANEXO 10: ENTRADA DE COCINAS DE INDUCCIÓN ESCENARIO 1 Y 3

NODO	ENTRADA DE COCINAS DE INDUCCIÓN		
	año 1	año 2	año 3
1	0	1	1
4	7	31	19
5	4	16	10
6	6	27	16
8	2	10	6
9	5	21	13
12	5	22	14
13	4	16	9
14	5	23	14
16	3	14	9
18	4	16	9
24	11	48	29
25	4	17	11
26	0	1	0
27	7	29	18
29	7	29	18
30	6	26	16
31	8	36	22
36	7	33	20
37	5	22	13
39	0	0	0
41	3	16	10
43	2	9	6
44	4	16	10
46	0	0	0
50	6	28	17
52	2	11	7
55	1	6	3
56	7	29	18
58	2	9	6
60	7	31	19
62	0	0	0
63	0	0	0

65	9	41	25
66	4	16	9
69	0	0	0
70	9	37	22
73	0	2	1
76	7	32	19
78	10	42	25
79	7	33	20
80	2	7	4
82	4	20	12
83	11	48	29
85	4	16	10
87	1	3	2
89	1	7	4
92	3	15	9
94	7	29	18
96	13	59	35
98	9	39	24
99	6	28	17
100	5	21	12
102	1	4	2
103	0	0	0
104	7	33	20
106	4	18	11
107	5	24	15
111	4	20	12
113	5	22	13
115	6	24	15
117	7	32	19
118	5	21	13
119	8	37	23
120	10	44	27
121	2	11	6
124	9	41	24
126	2	9	5
128	6	26	15
129	4	19	11
131	8	34	20
133	4	20	12
134	8	34	21

136	6	27	16
137	2	11	7
138	6	24	15
139	3	12	8
141	4	16	9
142	6	24	15
143	4	20	12
145	1	3	2
53	5	24	15
146	1	2	1
195	1	4	2
197	2	8	5
200	1	4	2
201	5	20	12

ANEXO 11: PRONOSTICO DE LA DEMANDA ESCENARIO 1

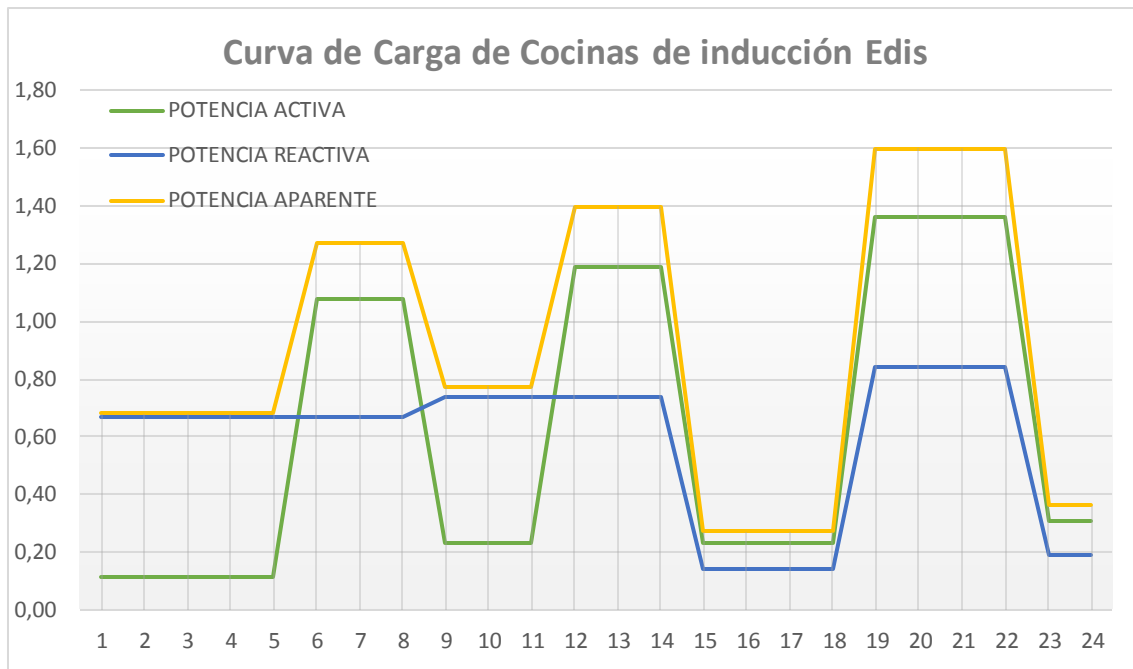
NODO	DEMANDA MÁXIMA POR AÑO										
	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	4,32	6,07	6,29	6,52	6,76	7,01	7,26	7,52	7,80
4	7,58	19,06	69,35	102,27	105,99	109,84	113,83	117,97	122,25	126,70	131,30
5	7,58	14,26	40,37	57,84	59,94	62,12	64,38	66,72	69,14	71,66	74,26
6	7,58	17,46	61,29	89,12	92,36	95,71	99,19	102,80	106,53	110,40	114,42
8	5,05	8,43	24,74	35,24	36,52	37,85	39,22	40,65	42,13	43,66	45,24
9	7,58	15,86	50,03	72,65	75,29	78,03	80,86	83,80	86,85	90,00	93,27
12	12,64	21,10	57,07	81,54	84,50	87,57	90,76	94,06	97,47	101,02	104,69
13	12,57	19,43	45,73	61,79	64,04	66,37	68,78	71,28	73,87	76,55	79,34
14	15,16	23,71	61,37	86,00	89,13	92,37	95,72	99,20	102,81	106,55	110,42
16	5,05	10,03	32,80	48,39	50,15	51,97	53,86	55,82	57,85	59,95	62,13
18	7,47	14,14	40,26	56,12	58,16	60,27	62,46	64,73	67,08	69,52	72,05
24	24,55	43,04	121,41	172,22	178,48	184,96	191,69	198,65	205,87	213,35	221,11
25	7,39	14,06	41,77	60,89	63,10	65,39	67,77	70,23	72,79	75,43	78,17
26	25,27	26,19	28,74	29,78	30,87	31,99	33,15	34,36	35,60	36,90	38,24
27	12,64	24,30	71,58	102,98	106,73	110,61	114,63	118,79	123,11	127,58	132,22
29	12,64	24,30	71,58	102,98	106,73	110,61	114,63	118,79	123,11	127,58	132,22
30	12,32	22,37	64,78	92,73	96,11	99,60	103,22	106,97	110,86	114,89	119,06
31	7,58	20,66	79,01	117,08	121,33	125,74	130,31	135,05	139,96	145,04	150,31
36	13,04	24,71	78,41	113,26	117,38	121,64	126,06	130,65	135,39	140,31	145,41
37	14,68	23,21	59,26	82,21	85,20	88,29	91,50	94,83	98,28	101,85	105,55
39	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
41	22,75	28,38	55,01	73,01	75,66	78,41	81,26	84,21	87,27	90,45	93,73
43	19,55	23,46	38,71	49,72	51,53	53,40	55,34	57,35	59,44	61,60	63,83
44	12,64	19,50	45,81	63,47	65,78	68,17	70,65	73,22	75,88	78,63	81,49
46	18,96	19,65	20,36	21,10	21,87	22,66	23,49	24,34	25,23	26,14	27,09
50	25,27	35,79	81,89	112,07	116,14	120,36	124,73	129,27	133,96	138,83	143,88
52	12,64	16,30	34,49	46,95	48,65	50,42	52,25	54,15	56,12	58,16	60,27
55	23,46	25,91	36,45	42,58	44,13	45,73	47,39	49,11	50,90	52,75	54,67
56	7,58	19,06	66,15	97,35	100,89	104,56	108,36	112,29	116,38	120,61	124,99
58	5,05	8,43	23,14	33,58	34,80	36,07	37,38	38,74	40,14	41,60	43,11
60	23,57	35,63	86,52	120,07	124,43	128,95	133,64	138,49	143,53	148,74	154,15
62	29,70	30,78	31,90	33,06	34,26	35,50	36,79	38,13	39,52	40,95	42,44
63	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
65	50,55	66,79	134,81	179,71	186,25	193,01	200,03	207,30	214,83	222,64	230,73
66	15,16	22,11	48,51	64,68	67,03	69,46	71,99	74,61	77,32	80,13	83,04

69	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
70	37,91	53,69	114,84	154,21	159,82	165,63	171,64	177,88	184,35	191,05	197,99
73	25,27	26,19	30,34	33,04	34,24	35,49	36,78	38,11	39,50	40,94	42,42
76	12,64	24,30	76,38	109,56	113,54	117,67	121,94	126,37	130,97	135,73	140,66
78	15,16	31,71	100,06	143,70	148,92	154,33	159,94	165,76	171,78	178,02	184,49
79	12,64	24,30	77,98	112,82	116,92	121,17	125,57	130,13	134,86	139,76	144,84
80	12,64	16,30	28,09	35,51	36,80	38,14	39,53	40,96	42,45	44,00	45,59
82	7,58	14,26	46,77	67,67	70,13	72,68	75,32	78,06	80,90	83,84	86,88
83	18,96	37,25	115,40	166,00	172,03	178,28	184,76	191,48	198,43	205,65	213,12
85	5,55	12,15	38,19	55,58	57,60	59,69	61,86	64,11	66,44	68,86	71,36
87	5,05	6,83	11,88	15,51	16,08	16,66	17,27	17,89	18,55	19,22	19,92
89	7,58	9,46	21,00	28,16	29,19	30,25	31,35	32,48	33,67	34,89	36,16
92	9,25	14,39	38,91	54,72	56,71	58,77	60,91	63,12	65,42	67,79	70,26
94	9,25	20,79	67,94	99,21	102,82	106,55	110,43	114,44	118,60	122,91	127,37
96	12,64	33,90	129,53	190,24	197,15	204,32	211,74	219,44	227,41	235,68	244,24
98	12,64	27,50	90,90	132,60	137,42	142,42	147,59	152,96	158,51	164,28	170,25
99	9,25	19,19	64,68	94,23	97,66	101,21	104,89	108,70	112,65	116,74	120,99
100	12,64	21,10	55,47	76,68	79,47	82,36	85,35	88,45	91,67	95,00	98,45
102	12,64	14,70	21,63	25,62	26,55	27,52	28,52	29,55	30,63	31,74	32,89
103	17,69	18,3	18,99	19,69	20,41	21,15	21,92	22,71	23,54	24,39	25,28
104	7,58	19,06	72,55	107,18	111,08	115,12	119,30	123,64	128,13	132,79	137,61
106	7,58	14,26	43,57	62,76	65,04	67,40	69,85	72,39	75,02	77,75	80,57
107	5,05	13,23	52,11	78,01	80,84	83,78	86,83	89,98	93,25	96,64	100,15
111	5,05	11,63	44,06	64,86	67,21	69,66	72,19	74,81	77,53	80,35	83,27
113	5,05	13,23	48,91	71,49	74,09	76,78	79,57	82,47	85,46	88,57	91,79
115	12,64	22,70	61,92	88,17	91,38	94,70	98,14	101,71	105,41	109,24	113,21
117	12,64	24,30	76,38	109,56	113,54	117,67	121,94	126,37	130,97	135,73	140,66
118	5,55	13,75	47,85	70,39	72,95	75,60	78,35	81,19	84,15	87,20	90,37
119	12,64	25,90	86,04	125,97	130,55	135,29	140,21	145,30	150,58	156,06	161,73
120	9,41	25,75	97,09	143,82	149,04	154,46	160,07	165,89	171,92	178,17	184,64
121	5,05	8,43	26,34	36,90	38,24	39,63	41,07	42,56	44,11	45,71	47,37
124	12,64	27,50	94,10	135,92	140,86	145,98	151,28	156,78	162,48	168,38	174,50
126	3,76	7,10	21,75	30,55	31,66	32,81	34,00	35,23	36,51	37,84	39,22
128	12,64	22,70	65,12	91,49	94,82	98,26	101,83	105,53	109,37	113,34	117,46
129	7,58	14,26	45,17	64,42	66,76	69,18	71,70	74,30	77,00	79,80	82,70
131	9,41	22,55	77,77	112,60	116,69	120,93	125,33	129,88	134,60	139,49	144,56
133	5,05	11,63	44,06	64,86	67,21	69,66	72,19	74,81	77,53	80,35	83,27
134	9,41	22,55	77,77	114,20	118,35	122,65	127,11	131,73	136,51	141,47	146,62
136	13,87	23,97	68,05	96,12	99,61	103,23	106,98	110,87	114,90	119,08	123,40
137	5,05	8,43	26,34	38,50	39,90	41,35	42,85	44,41	46,02	47,69	49,43

138	12,64	22,70	61,92	88,17	91,38	94,70	98,14	101,71	105,41	109,24	113,21
139	5,65	10,66	30,24	44,14	45,75	47,41	49,13	50,92	52,77	54,69	56,67
141	5,05	11,63	37,66	53,42	55,37	57,38	59,46	61,63	63,86	66,19	68,59
142	12,64	22,70	61,92	88,17	91,38	94,70	98,14	101,71	105,41	109,24	113,21
143	7,58	14,26	46,77	67,67	70,13	72,68	75,32	78,06	80,90	83,84	86,88
145	7,58	9,46	14,60	18,33	19,00	19,69	20,40	21,14	21,91	22,71	23,53
53	7,4	15,67	54,64	80,62	83,55	86,59	89,74	93,00	96,38	99,88	103,51
146	7,07	8,93	12,45	14,50	15,03	15,58	16,14	16,73	17,34	17,97	18,62
195	5,55	7,35	14,02	17,73	18,37	19,04	19,73	20,45	21,19	21,96	22,76
197	9,25	12,79	26,05	35,00	36,27	37,59	38,95	40,37	41,84	43,36	44,93
200	7,58	9,46	16,20	19,99	20,71	21,47	22,25	23,06	23,89	24,76	25,66
201	5,05	13,23	45,71	66,58	69,00	71,50	74,10	76,79	79,59	82,48	85,48

ANEXO 12: CURVA DE CARGA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

HORA	P	Q	S
1	0,12	0,67	0,68
2	0,12	0,67	0,68
3	0,12	0,67	0,68
4	0,12	0,67	0,68
5	0,12	0,67	0,68
6	1,08	0,67	1,27
7	1,08	0,67	1,27
8	1,08	0,67	1,27
9	0,23	0,74	0,77
10	0,23	0,74	0,77
11	0,23	0,74	0,77
12	1,19	0,74	1,40
13	1,19	0,74	1,40
14	1,19	0,74	1,40
15	0,23	0,14	0,27
16	0,23	0,14	0,27
17	0,23	0,14	0,27
18	0,23	0,14	0,27
19	1,36	0,84	1,60
20	1,36	0,84	1,60
21	1,36	0,84	1,60
22	1,36	0,84	1,60
23	0,31	0,19	0,36
24	0,31	0,19	0,36



ANEXO 13: COSTOS DE INSTALACIÓN Y DESMONTAJE

COSTOS PARA LA INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES							
ITEM	TIPO	POTENCIA (KVA)	ESTUDIOS Y DISEÑOS	MATERIALES EN SITIO	MANO DE OBRA	GASTOS ADMIN.	TOTAL USD
INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES EN LA CIUDAD DE LOJA	monofásicos	10	34,70	1686,20	80,35	373,00	2174,25
		25	34,70	2089,40	105,16	437,00	2666,26
		37,5	34,70	2604,60	105,16	480,70	3225,16
		50	34,70	2985,40	113,84	528,77	3662,71
		75	34,70	3143,32	113,84	581,64	3873,50
	trifásicos	30	34,70	3024,76	280,87	480,70	3821,04
		50	34,70	3506,36	332,28	528,77	4402,11

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO SIN IVA	COSTO CON IVA
Desmontaje de transformador monofásico autoprotegido hasta 15kVA	u	62,1	69,55
Desmontaje de transformador monofásico autoprotegido de 25 a 37,5 kVA	u	86,9	97,33
Desmontaje de transformador monofásico autoprotegido de 50 a 75 kVA	u	95,59	107,06

ANEXO 14: ENTRADA DE COCINAS DE INDUCCIÓN ESCENARIO 2

NODO	ENTRADA DE COCINAS DE INDUCCIÓN		
	año 1	año 2	año 3
1	0	2	0
4	7	50	0
5	4	26	0
6	8	43	0
8	2	16	0
9	5	34	0
12	5	36	0
13	3	26	0
14	5	37	0
16	3	23	0
18	3	26	0
24	11	77	0
25	4	28	0
26	0	1	0
27	6	48	0
29	6	48	0
30	6	42	0
31	9	58	0
36	7	53	0
37	5	35	0
39	0	0	0
41	4	26	0
43	2	15	0
44	4	26	0
46	0	0	0
50	6	45	0

52	2	18	0
55	1	9	0
56	6	48	0
58	2	15	0
60	7	50	0
62	0	0	0
63	0	0	0
65	9	66	0
66	3	26	0
69	0	0	0
70	8	60	0
73	0	3	0
76	7	51	0
78	9	68	0
79	7	53	0
80	2	11	0
82	4	32	0
83	11	77	0
85	4	26	0
87	1	5	0
89	1	11	0
92	3	24	0
94	6	48	0
96	13	94	0
98	9	63	0
99	6	45	0
100	5	33	0
102	1	6	0
103	0	0	0
104	7	53	0
106	4	29	0
107	5	39	0
111	4	32	0
113	5	35	0
115	5	40	0
117	7	51	0
118	5	34	0
119	8	61	0
120	10	71	0
121	2	17	0

124	9	65	0
126	2	14	0
128	6	41	0
129	4	30	0
131	7	55	0
133	4	32	0
134	8	55	0
136	6	43	0
137	2	18	0
138	5	40	0
139	3	20	0
141	3	26	0
142	5	40	0
143	4	32	0
145	1	5	0
53	5	39	0
146	0	4	0
195	1	6	0
197	2	13	0
200	1	6	0
201	4	33	0

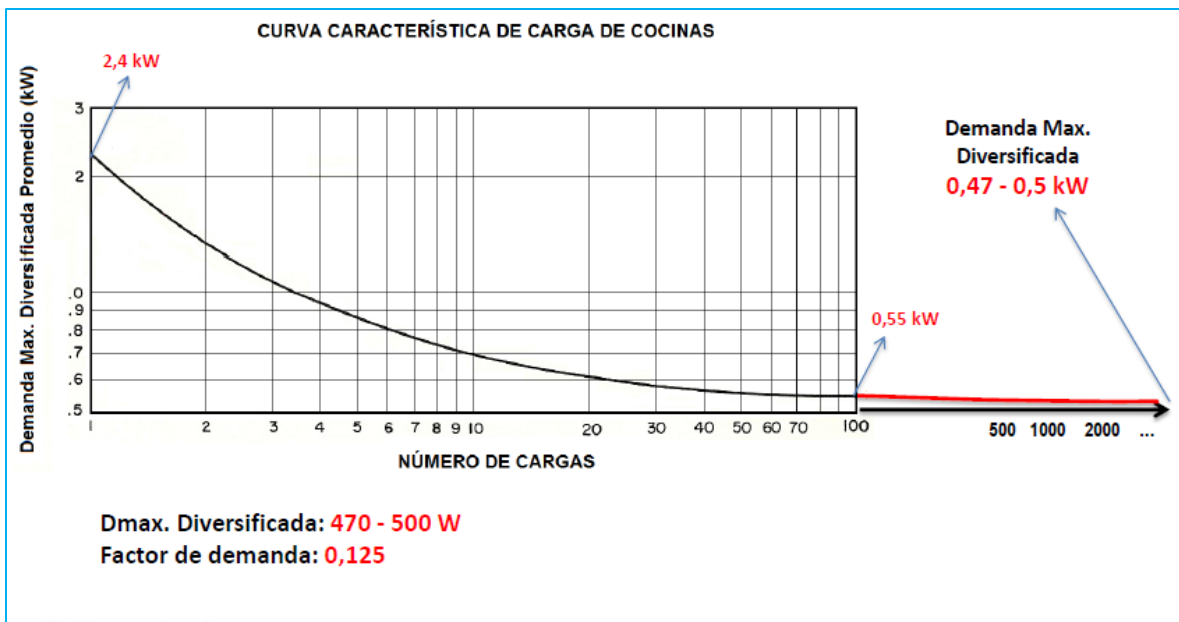
ANEXO 15: PRONÓSTICO DE DEMANDA ESCENARIO 2

NODO	DEMANDA MÁXIMA POR AÑO ESCENARIO 2										
	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	5,92	6,13	6,36	6,59	6,83	7,07	7,33	7,60	7,87
4	7,58	19,06	99,75	103,37	107,13	111,02	115,06	119,24	123,57	128,06	132,72
5	7,58	14,26	56,37	58,42	60,55	62,75	65,03	67,39	69,84	72,38	75,01
6	7,58	20,66	90,21	93,48	96,88	100,40	104,05	107,83	111,75	115,81	120,02
8	5,05	8,43	34,34	35,59	36,88	38,22	39,61	41,05	42,54	44,09	45,69
9	7,58	15,86	70,83	73,41	76,07	78,84	81,70	84,67	87,75	90,94	94,24
12	12,64	21,10	79,47	82,35	85,35	88,45	91,66	94,99	98,45	102,02	105,73
13	12,57	17,83	60,07	62,26	64,52	66,87	69,30	71,81	74,42	77,13	79,93
14	15,16	23,71	83,77	86,82	89,97	93,24	96,63	100,14	103,78	107,55	111,46
16	5,05	10,03	47,20	48,91	50,69	52,53	54,44	56,42	58,47	60,60	62,80
18	7,47	12,54	54,60	56,58	58,64	60,77	62,98	65,27	67,64	70,10	72,64
24	24,55	43,04	167,81	173,91	180,23	186,78	193,56	200,60	207,89	215,44	223,27
25	7,39	14,06	59,37	61,53	63,76	66,08	68,48	70,97	73,55	76,22	78,99
26	25,27	26,19	28,74	29,78	30,87	31,99	33,15	34,36	35,60	36,90	38,24
27	12,64	22,70	100,32	103,97	107,75	111,66	115,72	119,93	124,29	128,80	133,49
29	12,64	22,70	100,32	103,97	107,75	111,66	115,72	119,93	124,29	128,80	133,49
30	12,32	22,37	90,38	93,67	97,07	100,60	104,25	108,04	111,97	116,04	120,25
31	7,58	22,26	115,86	120,08	124,44	128,96	133,65	138,51	143,54	148,76	154,16
36	13,04	24,71	110,41	114,42	118,58	122,89	127,36	131,99	136,78	141,76	146,91
37	14,68	23,21	80,06	82,97	85,98	89,11	92,35	95,70	99,18	102,78	106,52
39	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
41	22,75	29,98	72,67	75,31	78,04	80,88	83,82	86,87	90,02	93,29	96,69
43	19,55	23,46	48,31	50,07	51,89	53,77	55,73	57,75	59,85	62,03	64,28
44	12,64	19,50	61,81	64,05	66,38	68,79	71,29	73,89	76,57	79,35	82,24
46	18,96	19,65	20,36	21,10	21,87	22,66	23,49	24,34	25,23	26,14	27,09
50	25,27	35,79	109,09	113,05	117,16	121,42	125,83	130,41	135,15	140,06	145,15
52	12,64	16,30	45,69	47,35	49,07	50,86	52,70	54,62	56,61	58,66	60,79
55	23,46	25,91	41,25	42,75	44,31	45,92	47,59	49,32	51,11	52,97	54,89
56	7,58	17,46	94,89	98,34	101,91	105,62	109,45	113,43	117,55	121,83	126,25
58	5,05	8,43	32,74	33,93	35,16	36,44	37,77	39,14	40,56	42,03	43,56
60	23,57	35,63	116,92	121,17	125,57	130,14	134,87	139,77	144,85	150,11	155,57
62	29,70	30,78	31,90	33,06	34,26	35,50	36,79	38,13	39,52	40,95	42,44
63	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
65	50,55	66,79	174,81	181,17	187,75	194,58	201,65	208,97	216,57	224,44	232,60
66	15,16	20,51	62,86	65,14	67,51	69,96	72,50	75,14	77,87	80,70	83,63

69	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
70	37,91	52,09	149,98	155,43	161,08	166,93	173,00	179,29	185,80	192,56	199,56
73	25,27	26,19	31,94	33,10	34,30	35,55	36,84	38,18	39,57	41,01	42,50
76	12,64	24,30	106,78	110,66	114,69	118,85	123,17	127,65	132,29	137,10	142,08
78	15,16	30,11	140,01	145,09	150,37	155,83	161,49	167,36	173,45	179,75	186,28
79	12,64	24,30	109,98	113,98	118,12	122,41	126,86	131,47	136,25	141,20	146,34
80	12,64	16,30	34,49	35,75	37,04	38,39	39,79	41,23	42,73	44,28	45,89
82	7,58	14,26	65,97	68,37	70,86	73,43	76,10	78,87	81,73	84,70	87,78
83	18,96	37,25	161,80	167,68	173,78	180,09	186,64	193,42	200,45	207,74	215,28
85	5,55	12,15	54,19	56,16	58,20	60,32	62,51	64,78	67,14	69,58	72,11
87	5,05	6,83	15,08	15,63	16,20	16,79	17,40	18,03	18,68	19,36	20,07
89	7,58	9,46	27,40	28,39	29,43	30,50	31,60	32,75	33,94	35,18	36,46
92	9,25	14,39	53,31	55,25	57,25	59,33	61,49	63,73	66,04	68,44	70,93
94	9,25	19,19	96,68	100,20	103,84	107,61	111,52	115,58	119,78	124,13	128,64
96	12,64	33,90	185,53	192,27	199,26	206,50	214,01	221,79	229,85	238,20	246,86
98	12,64	27,50	129,30	134,00	138,87	143,91	149,14	154,57	160,18	166,00	172,04
99	9,25	19,19	91,88	95,22	98,68	102,27	105,99	109,84	113,83	117,97	122,25
100	12,64	21,10	74,67	77,38	80,19	83,11	86,13	89,26	92,50	95,86	99,35
102	12,64	14,70	24,83	25,74	26,67	27,64	28,65	29,69	30,77	31,88	33,04
103	17,69	18,3	19	19,69	20,41	21,15	21,92	22,71	23,54	24,39	25,28
104	7,58	19,06	104,55	108,35	112,29	116,37	120,60	124,98	129,52	134,23	139,11
106	7,58	14,26	61,17	63,40	65,70	68,09	70,56	73,13	75,79	78,54	81,39
107	5,05	13,23	76,11	78,88	81,75	84,72	87,80	90,99	94,29	97,72	101,27
111	5,05	11,63	63,26	65,56	67,94	70,41	72,97	75,62	78,37	81,21	84,16
113	5,05	13,23	69,71	72,25	74,87	77,59	80,41	83,34	86,37	89,50	92,76
115	12,64	21,10	85,87	88,99	92,22	95,57	99,05	102,65	106,38	110,24	114,25
117	12,64	24,30	106,78	110,66	114,69	118,85	123,17	127,65	132,29	137,10	142,08
118	5,55	13,75	68,65	71,15	73,73	76,41	79,19	82,07	85,05	88,14	91,34
119	12,64	25,90	124,44	128,96	133,65	138,51	143,54	148,76	154,16	159,77	165,57
120	9,41	25,75	140,29	145,39	150,67	156,15	161,82	167,70	173,80	180,11	186,66
121	5,05	8,43	35,94	37,25	38,60	40,00	41,46	42,96	44,52	46,14	47,82
124	12,64	27,50	132,50	137,31	142,30	147,48	152,84	158,39	164,15	170,11	176,29
126	3,76	7,10	29,75	30,84	31,96	33,12	34,32	35,57	36,86	38,20	39,59
128	12,64	22,70	89,12	92,36	95,72	99,20	102,80	106,54	110,41	114,42	118,58
129	7,58	14,26	62,77	65,05	67,42	69,87	72,41	75,04	77,77	80,59	83,52
131	9,41	20,95	109,71	113,70	117,83	122,12	126,55	131,15	135,92	140,86	145,98
133	5,05	11,63	63,26	65,56	67,94	70,41	72,97	75,62	78,37	81,21	84,16
134	9,41	22,55	111,37	115,42	119,61	123,96	128,47	133,13	137,97	142,99	148,18
136	13,87	23,97	93,65	97,05	100,58	104,23	108,02	111,94	116,01	120,23	124,60
137	5,05	8,43	37,54	38,90	40,32	41,78	43,30	44,88	46,51	48,20	49,95

138	12,64	21,10	85,87	88,99	92,22	95,57	99,05	102,65	106,38	110,24	114,25
139	5,65	10,66	43,04	44,61	46,23	47,91	49,65	51,45	53,32	55,26	57,27
141	5,05	10,03	52,00	53,89	55,85	57,88	59,98	62,16	64,42	66,76	69,19
142	12,64	21,10	85,87	88,99	92,22	95,57	99,05	102,65	106,38	110,24	114,25
143	7,58	14,26	65,97	68,37	70,86	73,43	76,10	78,87	81,73	84,70	87,78
145	7,58	9,46	17,80	18,45	19,12	19,81	20,53	21,28	22,05	22,85	23,68
53	7,4	15,67	78,64	81,50	84,46	87,53	90,71	94,01	97,42	100,96	104,63
146	7,07	7,33	13,99	14,50	15,03	15,58	16,14	16,73	17,34	17,97	18,62
195	5,55	7,35	17,22	17,84	18,49	19,17	19,86	20,58	21,33	22,11	22,91
197	9,25	12,79	34,05	35,29	36,57	37,90	39,28	40,70	42,18	43,72	45,31
200	7,58	9,46	19,40	20,10	20,83	21,59	22,38	23,19	24,03	24,91	25,81
201	5,05	11,63	64,86	67,21	69,66	72,19	74,81	77,53	80,35	83,27	86,29

ANEXO 16: DEMANDA DIVERSIFICADA DE COCINAS DE INDUCCIÓN WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION



DEMANDA DE COCINAS DE INDUCCIÓN		
Clientes	Potencia	
1	2,4	2,4
2	1,85974211	3,71948423
3	1,53277505	4,59832515
4	1,30078823	5,20315291
5	1,12084527	5,60422634
6	1,02314792	6,13888752
7	0,96487896	6,75415275
8	0,9144041	7,31523278
.....
.....
.....
3242	0,4485516	1454,20427
3243	0,44854208	1454,62195
3244	0,44853256	1455,03962
3245	0,44852304	1455,45728
3246	0,44851353	1455,87493
3247	0,44850402	1456,29256
3248	0,44849452	1456,71019

ANEXO 17: PRONÓSTICO DE DEMANDA ESCENARIO 3

NODO	DEMANDA MÁXIMA POR AÑO ESCENARIO 3										
	S(0)	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)
1	2,53	2,62	3,17	3,73	3,86	4,00	4,15	4,30	4,46	4,62	4,79
4	6,62	10,00	24,25	33,64	34,86	36,13	37,44	38,80	40,21	41,68	43,19
5	6,62	8,65	16,14	21,20	21,97	22,77	23,60	24,46	25,34	26,27	27,22
6	6,62	9,55	21,99	29,96	31,05	32,18	33,35	34,56	35,81	37,11	38,46
8	4,41	5,47	10,14	13,20	13,68	14,18	14,69	15,23	15,78	16,35	16,95
9	6,62	9,10	18,84	25,35	26,27	27,22	28,21	29,24	30,30	31,40	32,54
12	12,64	15,34	25,75	32,96	34,16	35,40	36,69	38,02	39,40	40,83	42,32
13	12,57	14,82	22,53	27,82	28,84	29,88	30,97	32,09	33,26	34,47	35,72
14	15,16	17,95	28,91	36,23	37,55	38,91	40,33	41,79	43,31	44,88	46,51
16	5,05	6,58	13,09	17,60	18,24	18,90	19,59	20,30	21,03	21,80	22,59
17	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
18	7,47	9,53	17,05	22,15	22,95	23,79	24,65	25,55	26,48	27,44	28,43

20	13,97	14,48	15,00	15,55	16,11	16,70	17,31	17,94	18,59	19,26	19,96
67	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
144	7,46	7,73	8,46	9,22	9,55	9,90	10,26	10,63	11,02	11,42	11,83
24	24,55	30,37	52,98	67,90	70,36	72,92	75,57	78,32	81,16	84,11	87,17
25	7,39	9,45	17,41	22,97	23,81	24,67	25,57	26,50	27,46	28,46	29,49
26	25,27	26,19	27,59	28,59	29,63	30,71	31,82	32,98	34,18	35,42	36,71
27	12,64	16,24	29,82	38,97	40,38	41,85	43,37	44,95	46,58	48,27	50,03
29	12,64	16,24	29,82	38,97	40,38	41,85	43,37	44,95	46,58	48,27	50,03
30	12,32	15,46	27,67	35,84	37,14	38,49	39,89	41,34	42,84	44,40	46,01
31	7,58	11,44	27,98	38,86	40,27	41,73	43,25	44,82	46,45	48,14	49,89
36	13,04	16,65	32,04	42,16	43,70	45,28	46,93	48,64	50,40	52,23	54,13
37	14,68	17,45	27,94	34,78	36,05	37,36	38,72	40,12	41,58	43,09	44,66
39	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
48	12,64	13,10	14,47	15,45	16,01	16,59	17,19	17,82	18,46	19,13	19,83
49	26,07	27,02	28,00	29,02	30,07	31,16	32,30	33,47	34,69	35,95	37,25
41	22,75	25,37	33,46	39,15	40,58	42,05	43,58	45,16	46,81	48,51	50,27
42	13,04	13,51	14,01	14,51	15,04	15,59	16,15	16,74	17,35	17,98	18,63
43	19,55	21,16	25,96	29,59	30,66	31,78	32,93	34,13	35,37	36,66	37,99
44	12,64	14,89	22,60	27,90	28,92	29,97	31,06	32,18	33,35	34,57	35,82
45	12,64	13,10	14,47	15,45	16,01	16,59	17,19	17,82	18,46	19,13	19,83
46	18,96	19,65	20,36	21,10	21,87	22,66	23,49	24,34	25,23	26,14	27,09
50	25,27	28,88	42,47	51,63	53,51	55,45	57,47	59,55	61,72	63,96	66,29
51	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22
145	7,58	8,30	9,95	11,21	11,61	12,04	12,47	12,93	13,40	13,88	14,39
52	12,64	14,00	19,43	23,27	24,12	25,00	25,91	26,85	27,82	28,83	29,88
55	23,46	24,76	27,90	30,26	31,36	32,50	33,68	34,90	36,17	37,49	38,85
53	7,40	9,91	21,02	28,06	29,08	30,13	31,23	32,36	33,54	34,76	36,02
56	7,58	10,99	24,38	33,33	34,54	35,80	37,10	38,45	39,85	41,29	42,80
58	5,05	6,13	10,38	13,45	13,94	14,45	14,97	15,51	16,08	16,66	17,27
146	7,07	7,33	8,49	9,25	9,58	9,93	10,29	10,66	11,05	11,45	11,87
148	29,09	30,15	31,24	32,38	33,56	34,77	36,04	37,35	38,71	40,11	41,57
60	23,57	27,56	42,45	52,51	54,42	56,39	58,44	60,57	62,77	65,05	67,41
61	5,05	5,23	5,42	5,62	5,83	6,04	6,26	6,48	6,72	6,96	7,22
62	29,70	30,78	31,90	33,06	34,26	35,50	36,79	38,13	39,52	40,95	42,44
63	25,27	26,19	27,14	28,13	29,15	30,21	31,31	32,44	33,62	34,84	36,11
65	50,50	56,37	76,78	90,77	94,07	97,49	101,04	104,71	108,51	112,46	116,54
66	15,16	17,50	25,31	30,71	31,82	32,98	34,18	35,42	36,71	38,04	39,42
69	15,16	15,71	16,28	16,87	17,49	18,12	18,78	19,46	20,17	20,90	21,66
70	37,91	42,87	61,01	73,08	75,73	78,49	81,34	84,30	87,36	90,53	93,82
75	9,31	9,65	10,00	10,36	10,74	11,13	11,53	11,95	12,39	12,84	13,30

73	25,27	26,19	28,04	29,50	30,58	31,69	32,84	34,03	35,27	36,55	37,88
74	15,16	15,71	16,73	17,34	17,97	18,62	19,30	20,00	20,73	21,48	22,26
149	15,16	16,16	18,99	21,02	21,78	22,58	23,40	24,25	25,13	26,04	26,99
150	12,64	13,10	13,58	14,07	14,58	15,11	15,66	16,23	16,82	17,43	18,06
76	12,64	16,24	31,16	40,81	42,29	43,83	45,42	47,07	48,78	50,55	52,39
83	18,96	24,58	46,97	61,67	63,91	66,24	68,64	71,14	73,73	76,40	79,18
82	7,58	9,65	18,96	25,02	25,93	26,87	27,85	28,86	29,91	31,00	32,13
78	15,16	20,19	39,74	52,39	54,29	56,26	58,31	60,43	62,62	64,90	67,26
79	12,64	16,24	31,61	41,72	43,23	44,81	46,43	48,12	49,87	51,68	53,56
80	12,64	14,00	17,64	20,07	20,80	21,56	22,34	23,15	24,00	24,87	25,77
85	5,55	7,54	14,99	20,01	20,74	21,49	22,27	23,08	23,92	24,79	25,69
86	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
87	5,05	5,68	7,23	8,39	8,70	9,01	9,34	9,68	10,03	10,40	10,77
195	5,55	6,20	8,22	9,41	9,75	10,11	10,48	10,86	11,25	11,66	12,08
89	7,58	8,30	11,74	13,96	14,47	14,99	15,54	16,10	16,69	17,29	17,92
196	9,25	9,59	9,93	10,30	10,67	11,06	11,46	11,88	12,31	12,75	13,22
197	9,25	10,48	14,45	17,21	17,84	18,49	19,16	19,85	20,58	21,32	22,10
92	9,25	10,93	18,05	22,74	23,56	24,42	25,31	26,22	27,18	28,17	29,19
93	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
198	11,10	11,50	11,92	12,35	12,80	13,27	13,75	14,25	14,77	15,31	15,86
94	9,25	12,72	26,18	35,19	36,47	37,80	39,17	40,59	42,07	43,60	45,18
96	12,64	18,92	45,60	62,93	65,22	67,59	70,05	72,59	75,23	77,96	80,80
98	12,64	17,13	35,23	47,26	48,98	50,76	52,60	54,51	56,49	58,55	60,67
99	9,25	12,27	25,26	33,80	35,03	36,30	37,62	38,99	40,40	41,87	43,39
199	3,70	3,83	3,97	4,12	4,27	4,42	4,58	4,75	4,92	5,10	5,29
100	12,64	15,34	25,30	32,05	33,21	34,42	35,67	36,97	38,31	39,70	41,15
101	18,50	19,17	20,32	21,50	22,28	23,09	23,93	24,80	25,71	26,64	27,61
102	12,64	13,55	15,83	17,30	17,93	18,58	19,26	19,96	20,68	21,44	22,22
103	7,58	7,86	8,14	8,44	8,74	9,06	9,39	9,73	10,09	10,45	10,83
104	25,27	29,32	45,17	55,78	57,80	59,90	62,08	64,34	66,68	69,10	71,61
106	7,58	9,65	18,06	23,65	24,51	25,40	26,32	27,28	28,27	29,29	30,36
107	5,05	7,47	18,50	25,44	26,37	27,32	28,32	29,35	30,41	31,52	32,66
200	7,58	8,30	10,40	11,67	12,10	12,53	12,99	13,46	13,95	14,46	14,98
201	5,05	7,47	16,71	22,69	23,51	24,37	25,25	26,17	27,12	28,11	29,13
111	5,05	7,03	16,24	22,21	23,01	23,85	24,72	25,62	26,55	27,51	28,51
113	5,05	7,47	17,60	24,06	24,94	25,85	26,79	27,76	28,77	29,81	30,90
136	13,87	17,06	29,78	38,03	39,41	40,84	42,33	43,87	45,46	47,11	48,82
137	5,05	6,13	11,28	14,83	15,37	15,92	16,50	17,10	17,72	18,37	19,04
115	12,64	15,79	27,56	35,28	36,57	37,89	39,27	40,70	42,18	43,71	45,30
117	12,64	16,24	31,16	40,81	42,29	43,83	45,42	47,07	48,78	50,55	52,39

118	5,55	7,99	17,69	24,16	25,03	25,94	26,89	27,86	28,88	29,93	31,01
119	12,64	17,13	34,78	46,35	48,03	49,78	51,58	53,46	55,40	57,42	59,50
120	9,41	14,23	34,46	47,81	49,55	51,35	53,21	55,15	57,15	59,23	61,38
121	5,05	6,13	10,83	13,91	14,42	14,94	15,49	16,05	16,63	17,24	17,86
139	5,65	7,20	13,28	17,35	17,98	18,64	19,31	20,02	20,74	21,50	22,28
141	5,05	7,03	14,45	19,45	20,16	20,89	21,65	22,44	23,26	24,10	24,98
142	12,64	15,79	27,56	35,28	36,57	37,89	39,27	40,70	42,18	43,71	45,30
143	7,58	9,65	18,96	25,02	25,93	26,87	27,85	28,86	29,91	31,00	32,13
124	12,64	17,13	35,67	47,72	49,46	51,25	53,12	55,05	57,05	59,12	61,27
126	3,76	4,79	9,00	11,57	11,99	12,42	12,87	13,34	13,83	14,33	14,85
202	7,84	8,12	8,42	8,73	9,04	9,37	9,71	10,07	10,43	10,81	11,20
138	12,64	15,79	27,56	35,28	36,57	37,89	39,27	40,70	42,18	43,71	45,30
128	12,64	15,79	28,01	35,75	37,05	38,39	39,79	41,23	42,73	44,29	45,89
129	7,58	9,65	18,51	24,11	24,99	25,90	26,84	27,81	28,82	29,87	30,96
131	9,41	13,34	29,05	39,07	40,49	41,96	43,48	45,07	46,70	48,40	50,16
133	5,05	7,03	16,24	22,21	23,01	23,85	24,72	25,62	26,55	27,51	28,51
134	9,41	13,34	29,05	39,52	40,95	42,44	43,98	45,58	47,24	48,96	50,73

CERTIFICACIÓN

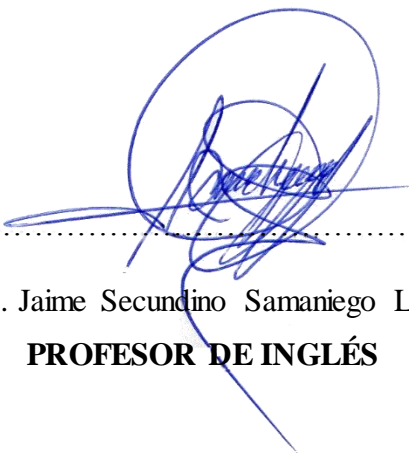
Lcdo. Jaime Secundino Samaniego López

PROFESOR DE INGLÉS

CERTIFICA:

Haber traducido el resumen del presente trabajo de tesis de grado denominado **“EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LOS TRANSFORMADORES DEL ALIMENTADOR IV CENTENARIO, POR LA ENTRADA DE NUEVAS CARGAS RESIDENCIALES”**, previa a la obtención del título de Ingeniero electromecánico, realizado por el señor egresado: **Luis Gabriel Rojas Vivanco**, dicho resumen fue traducido al inglés bajo mi responsabilidad, por lo que autorizo su presentación.

Loja 04 de marzo del 2015



Lcdo. Jaime Secundino Samaniego López
PROFESOR DE INGLÉS