



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA
PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS
EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS**

AUTORA: MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO

DIRECTORA: ING. IBETH DELGADO

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS**” realizado por la señorita **MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 29 de octubre del 2015

Atentamente,

Ing. Ibeth Delgado

Directora



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO**, con cédula de identidad N° 172354792-1, declaro que este trabajo de titulación “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las referencias bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 29 de octubre del 2015

MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO

C.C.: 172354792-1



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 29 de octubre del 2015

MAYRA DEL ROCÍO GUASHCO RUBIO

C.C.: 172354792-1

DEDICATORIA

Principalmente dedico este trabajo a mi pequeña hija Isabel quien es la razón de superarme cada día, a mi abuelita por ser una segunda mamá, a mi querida mamá por ser una mujer tan luchadora y a mi tío Ramiro por ser un amigo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida y ser el gestor de todos los logros que hasta ahora he alcanzado.

A mi mamá por estar siempre pendiente de mí y animarme constantemente a culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mi abuelita por todo su inmenso amor hacia mí, sus consejos, su preocupación por mi bienestar.

A mi tío Ramiro por la confianza y el apoyo en mis decisiones, por estar presente en aquellos momentos de alegría y de tristeza.

A toda mi familia, por acompañarme a lo largo de este camino, gracias por su cariño y ayuda.

A mis amigos y amigas en especial Jessica y Lis por haber compartido conmigo entrañables momentos, por su paciencia y su amistad.

A los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga, quienes han compartido su amistad, sabiduría y conocimientos en todos estos años de formación profesional, en especial a la Ing. Ibeth Delgado por su acertada dirección.

Al Ing. Rolando Sinchiguano ingeniero de Planificación de ELEPCO S.A por sus enseñanzas y la ayuda diligente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Sistema Eléctrico Ecuatoriano	4
1.5.1 Pérdidas de Energía en el País.....	8

CAPÍTULO II

2. PRINCIPIOS TEÓRICOS	11
2.1 Definiciones.....	11
2.1.1 Alimentador Primario.....	11
2.1.2 Transformadores de Distribución	11
2.1.3 Demanda.....	12
2.1.4 Demanda Máxima	12
2.1.5 Demanda Promedio	12

2.1.6	Carga	12
2.1.7	Carga Instalada.....	12
2.1.8	Curva de Carga.....	12
2.1.9	Capacidad Instalada.....	13
2.1.10	Factor de Carga	13
2.1.11	Factor de Demanda.....	13
2.1.12	Factor de Utilización.....	13
2.1.13	Factor de Pérdidas	14
2.1.14	Factor de Diversidad	14
2.1.15	Factor de Coincidencia.....	14
2.2	Pérdidas de Eléctricas.....	14
2.2.1	El Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV).....	15
2.3	Clasificación de Pérdidas en Sistemas Eléctricos.....	15
2.4	Pérdidas Técnicas.....	16
2.5	Pérdidas no Técnicas.....	17
2.6	Pérdidas en Alimentadores Primarios	17
2.6.1	Pérdidas de Potencia en los Conductores de Alimentadores Primarios.....	18
2.6.2	Pérdidas de Energía en Alimentadores Primarios.....	19
2.7	Pérdidas en Transformadores de Distribución	20
2.7.1	Pérdidas de Potencia y Energía en el Núcleo de los Transformadores	20
2.7.2	Pérdidas de Potencia y Energía en el Cobre de los Transformadores	21
2.8	Metodología para el Cálculo de Pérdidas.....	24
2.9	Herramientas para el Desarrollo de una Aplicación de Escritorio ...	28
2.10	Paradigma de la Programación Modular	29
2.11	Visual Basic Express 2010.....	30
2.12	Bases de Datos.....	31
2.12.1	Microsoft Access 2013	31
2.13	Ciclos de Vida de los Sistemas Informáticos.....	32

CAPÍTULO III

3.	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA EN VISUAL BASIC PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS	34
3.1	Análisis de Requerimientos.....	34
3.1.1	Requerimientos Funcionales.....	34
3.2	Diseño	35
3.3	Implementación de la Aplicación para Calcular Pérdidas Técnicas en Potencia y Energía en Alimentadores Primarios.....	37
3.3.1	Formulario para Calcular las Pérdidas en Potencia y Energía en Alimentadores Primarios	38
3.3.2	Formulario para Calcular Pérdidas en Potencia y Energía en el Núcleo del Transformador.....	45
3.3.3	Formulario para Calcular Pérdidas en Potencia y Energía en los Devanados del Transformador.....	55
3.4	Validación del Software.....	56
3.5	Distribución	59

CAPÍTULO IV

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
4.1	Conclusiones.....	60
4.2	Recomendaciones.....	61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
---	-----------

ANEXOS.....	64
--------------------	-----------

**ANEXO 1: REPORTE DE ELEPCO S.A PARA ARCONEL DE LA S/E
LASSO MES DE MAYO 2015**

**ANEXO 2: PANTALLAS DE LA APLICACIÓN CON RESULTADOS
PÉRDIDAS TÉCNICAS LASSO**

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1 Área de servicio CNEL EP por Unidad de Negocio 8

Tabla 1. 2 Pérdidas de Energía por empresa Distribuidora 9

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Tabla base de datos Access para pérdidas de vacío..... 35

Tabla 3. 2 Tabla de Access para los registro del alimentador 36

Tabla 3. 3. Descripción de los íconos de la aplicación..... 38

Tabla 3. 4. Descripción íconos de la barra de navegación 48

Tabla 3. 5 Pérdidas máximas obtenidas del reporte de Cymdist 56

Tabla 3. 6 Tabla de comparación de resultados 57

Tabla 3. 7 Promedio de errores por parámetro 58

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1.	Estructura Sistema Eléctrico Ecuatoriano.....	5
Figura 1. 2.	Organigrama MEER	6
Figura 1. 3.	Conformación Unidades de Negocio CELEC EP.....	7
Figura 1. 4.	Metas de Pérdidas de Energía. Periodo 2013 – 2022	10

CAPÍTULO II

Figura 2. 1.	Clasificación de pérdidas.....	16
Figura 2. 2.	Ejemplo curva de Carga	26

CAPÍTULO III

Figura 3. 1.	Pantalla principal aplicación.....	37
Figura 3. 2.	Ingreso de registros del medidor	39
Figura 3. 3.	Opciones del origen de datos	39
Figura 3. 4.	Cuadro de diálogo para abrir un nuevo archivo .csv.....	40
Figura 3. 5.	Registros importados a la aplicación	40
Figura 3. 6.	Visualización perfiles de voltaje	41
Figura 3. 7.	Zoom aplicado a los perfiles de voltaje	41
Figura 3. 8.	Selección de fecha/hora de inicio y final	42
Figura 3. 9.	Cálculo de parámetros eléctricos.....	42
Figura 3. 10.	Visualización de parámetros eléctricos en hoja de Excel	43
Figura 3. 11.	Cuadro de diálogo para abrir archivo de una base de datos ..	44
Figura 3. 12.	Ingreso del nombre de la Tabla de Access.....	44
Figura 3. 13.	Mensaje cuando los datos fueron almacenados correctamente.....	45
Figura 3. 14.	Mensaje de error.....	45
Figura 3. 15.	Ventana de pérdidas en el núcleo del transformador	46
Figura 3. 16.	Ventana para calcular la muestra de transformadores.	46
Figura 3. 17.	Ventana para seleccionar características de los transformadores.....	47

Figura 3. 18. Barra de navegación.....	47
Figura 3. 19. Ordenar transformadores según capacidad (MVA) ascendentemente	49
Figura 3. 20. Ordenar transformadores según capacidad (MVA) descendentemente	49
Figura 3. 21. Ordenar transformadores según marca.....	50
Figura 3. 22. Cuadro de diálogo para insertar número de transformadores.....	50
Figura 3. 23. Ventana para calcular pérdidas en el núcleo del transformador	51
Figura 3. 24. Operación botón eliminar.....	52
Figura 3. 25. Operación botón calcular	52
Figura 3. 26. Gráfica Po nominal vs Po norma	54
Figura 3. 27. Resultados pérdidas en el núcleo.....	54
Figura 3. 28. Visualización resultados en hoja Excel.....	54
Figura 3. 29. Cálculo pérdidas en el cobre del transformador	55
Figura 3. 30. Mensaje de error.....	56

RESUMEN

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica tienen que presentar mensualmente reportes con el detalle de pérdidas técnicas que se producen a nivel de media tensión. Cada distribuidora cuenta con su propia información para desarrollar algoritmos matemáticos y computacionales con la finalidad de calcular las pérdidas técnicas. El proyecto consistió en elaborar una aplicación que refleje una común metodología para las empresas de distribución eléctricas. La metodología es la que presenta Mentor Poveda en el paper “A New Method to Calculate Power Distribution Losses in an Environment of High Unregistered Loads”. La aplicación busca facilitar y unificar el cálculo de las pérdidas técnicas respecto a alimentadores primarios y transformadores de distribución. La aplicación fue desarrollada en Visual Basic Express 2010, plataforma que permite generar una aplicación independiente de otro programa. Los resultados que se entregan son los parámetros eléctricos requeridos por la Agencia Reguladora de Electricidad, ARCONEL, como son energía consumida en MWh, demanda máxima en MW, factor de carga en p.u, factor de pérdidas p.u, pérdidas de energía en el alimentador primario en MWh y finalmente pérdidas de energía en el cobre y en el hierro de los transformadores de distribución en MWh. La validación de la aplicación se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos con la aplicación versus los que presenta mensualmente la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A (ELEPCO S.A), al ARCONEL, en los cálculos realizados se obtuvo un error promedio de 0,96% lo que demuestra que la aplicación es confiable y valedera para determinar pérdidas técnicas en media tensión.

PALABRAS CLAVE:

- **ELECTROMECAÁNICA**
- **TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS**
- **PÉRDIDAS DE ENERGÍA**
- **ENERGÍA – PÉRDIDAS TÉCNICAS**

ABSTRACT

The electricity distribution companies have to submit monthly reports with the detail of technical losses that occur at a level of medium voltage. Each distributor has its own information to develop Mathematical and Computational Algorithms in order to calculate technical losses. The project consisted in developing an application that reflects a common methodology for electricity distribution companies. The methodology is that Mentor Poveda presents in the paper "A new method for estimating power distribution losses in an environment of high loads unregistered". The application seeks to facilitate and standardize the calculation of technical losses on feeder primary and distribution transformers. The application was developed using in Visual Basic Express 2010 platform that enables to generate a standalone application from another program. The results that are delivered are the electrical parameters required by the Electricity Regulatory Agency, ARCONEL such as energy consumed in MWh, maximum demand in MW, load factor in p.u, the loss factor in p.u, losses of energy in the primary feeder in MWh and finally losses of energy in copper and iron in distribution transformers in MWh. The validation of the application was made by comparing the results obtained with the application with the monthly report that the electrical company "ELEPCO S.A" presents to ARCONEL. In the calculations was obtained an average error of 0.96% showing that the software is reliable and adequate to calculate technical losses in medium voltage.

KEYWORDS:

- **ELECTROMECHANICAL**
- **ELECTRICAL TRANSFORMERS**
- **ENERGY LOSSES**
- **POWER - TECHNICAL LOSSES**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica realizan el cálculo de pérdidas de energía eléctrica en alimentadores primarios por diversas razones, la principal es para generar planes y programas para la reducción de pérdidas técnicas que permite disminuir tanto la energía que se requiere generar como reducir el pico de demanda máxima. Éstos índices máximos de pérdidas son establecidos y regulados por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables del Ecuador y por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL, antes llamado CONELEC.

Este es un proceso lento ya que se manejan grandes volúmenes de información; motivo por el que cada empresa distribuidora se ha visto en la obligación de generar sus propios algoritmos computacionales para optimizar recursos. Sin embargo, sería recomendable contar con una aplicación informática que consolide las diferentes metodologías de cálculo existentes, permitiendo ventajas como disminuir el tiempo empleado en el cálculo y que se puedan realizar comparaciones de los resultados entre empresas gracias a la unificación.

La metodología de cálculo de pérdidas aplicada en este proyecto es la descrita en la tesis “Propuesta de Estandarización en el cálculo de pérdidas técnicas en potencia y energía en las empresas eléctricas de distribución del país” de Carlos Castellanos y que ya fue aplicada en la tesis “Aplicación de Metodología Uniforme de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Empresas de Distribución” de Diego Álvarez, en forma manual, por lo que en este trabajo se desarrollará una aplicación informática.

El cálculo de pérdidas técnicas del presente estudio se aplicará a conductores de alimentadores primarios y a los transformadores de distribución.

1.2 ANTECEDENTES

Las pérdidas en potencia y energía están presentes en todos los alimentadores primarios de las empresas distribuidoras por lo que; con la finalidad de optimizar la operación y la planificación del sistema eléctrico de distribución se realizan análisis a los alimentadores primarios mediante programas informáticos de análisis técnico. En donde, cada empresa aplica una metodología diferente, sin embargo éste proceso es repetido y común para todas las empresas.

Las investigaciones para tesis “Propuesta de Estandarización en el cálculo de pérdidas técnicas en potencia y energía en las empresas eléctricas de distribución del país” de Carlos Castellanos y “Aplicación de Metodología Uniforme de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Empresas de Distribución” de Diego Álvarez, que se desarrollaron paralelamente describen la importancia de la estandarización y unificación de los cálculos de pérdidas técnicas alimentadores primarios.

El presente proyecto pretende elaborar una aplicación usando algoritmos computacionales que reflejen la aplicación de la metodología de las empresas de distribución eléctricas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Desarrollar una aplicación informática para determinar pérdidas técnicas en potencia y energía en alimentadores primarios.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Establecer una metodología para el cálculo de pérdidas técnicas en los conductores de alimentadores primarios y transformadores de distribución.
- Diseñar e implementar el software.
- Determinar pérdidas tanto en potencia como de energía en los conductores de los alimentadores.
- Determinar pérdidas tanto en potencia como de energía en los transformadores de distribución.
- Validar el programa mediante la comparación de los resultados obtenidos con los de un software comercial.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas más graves del sector eléctrico ecuatoriano, es el relacionado con las altas pérdidas de energía eléctrica que presentan la mayor parte de empresas distribuidoras de electricidad. La necesidad de ser más eficientes en el sector eléctrico han llevado a las empresas a realizar estudios encaminados a disminuir pérdidas en energía.

Se requiere aplicar metodologías que mediante el procesamiento de información permitan identificar las pérdidas técnicas en un alimentador primario, para a continuación establecer alternativas de reducción de pérdidas. Además las empresas distribuidoras continuamente están ampliando e instalando nuevas redes para abastecer a nuevos consumidores, esto implica el aumento de pérdidas de energía en el alimentador primario del cual se realizan estas derivaciones. Para analizar los sistemas de distribución las empresas distribuidoras usan programas computacionales comerciales como CYMDIST, NEPLAN, ETAP, etc., que necesitan del pago de licencias para instalarlos, y gastos en capacitación del personal.

Existen herramientas computacionales que permiten crear aplicaciones de tipo libre y evitan realizar las mencionadas inversiones; obteniendo los mismos resultados rápidos y confiables.

1.5 SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO

El sector eléctrico ecuatoriano es considerado uno de los sectores estratégicos del estado; sin embargo sido vulnerable en el manejo político y administrativos de gobiernos pasados por lo que ha sufrido significativos cambios en los últimos años en procura de mejorar su gestión. [1]

Después de un período que marca el cambio estructural en el sector eléctrico ecuatoriano iniciado en el 2008, el 16 de enero de 2015 se publicó el tercer suplemento del Registro Oficial No. 418, el cual contiene la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica donde se establecen que el sector eléctrico nacional está estructurado en el ámbito institucional de la siguiente manera:

- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL
- Operador Nacional de Electricidad, CENACE
- Institutos especializados

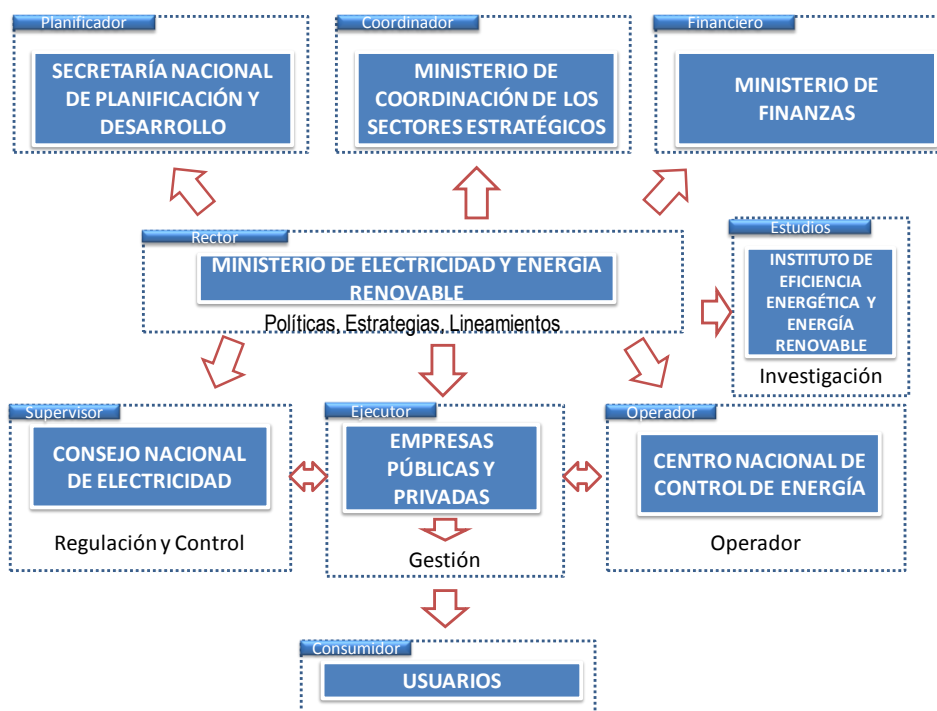


Figura 1. 1. Estructura Sistema Eléctrico Ecuatoriano.

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, “El Nuevo Sector Eléctrico Ecuatoriano”, <http://www.energia.gob.ec>.

La estructura obedece a una nueva forma de gestión estatal, dentro del proceso de desconcentración de la Función Ejecutiva, donde el ente rector es el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, MEER. La planificación del sector eléctrico está en base a la formulación de políticas y lineamientos, siendo el referente el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 elaborado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo articulado a las políticas intersectoriales elaboradas por el Ministerio de Coordinación de los Sectores Estratégicos. Y todos los instrumentos de planificación, se cumplen sobre la base de lo indicado en el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. [2]

El MEER es el órgano rector y planificador del sector eléctrico. Le corresponde definir y aplicar las políticas; evaluar que la regulación y control se cumplan para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; la identificación y seguimiento de la ejecución de proyectos; otorgar

títulos habilitantes; evaluar la gestión del sector eléctrico; la promoción y ejecución de planes y programas de energías renovables; los mecanismos para conseguir la eficiencia energética, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución y la ley.

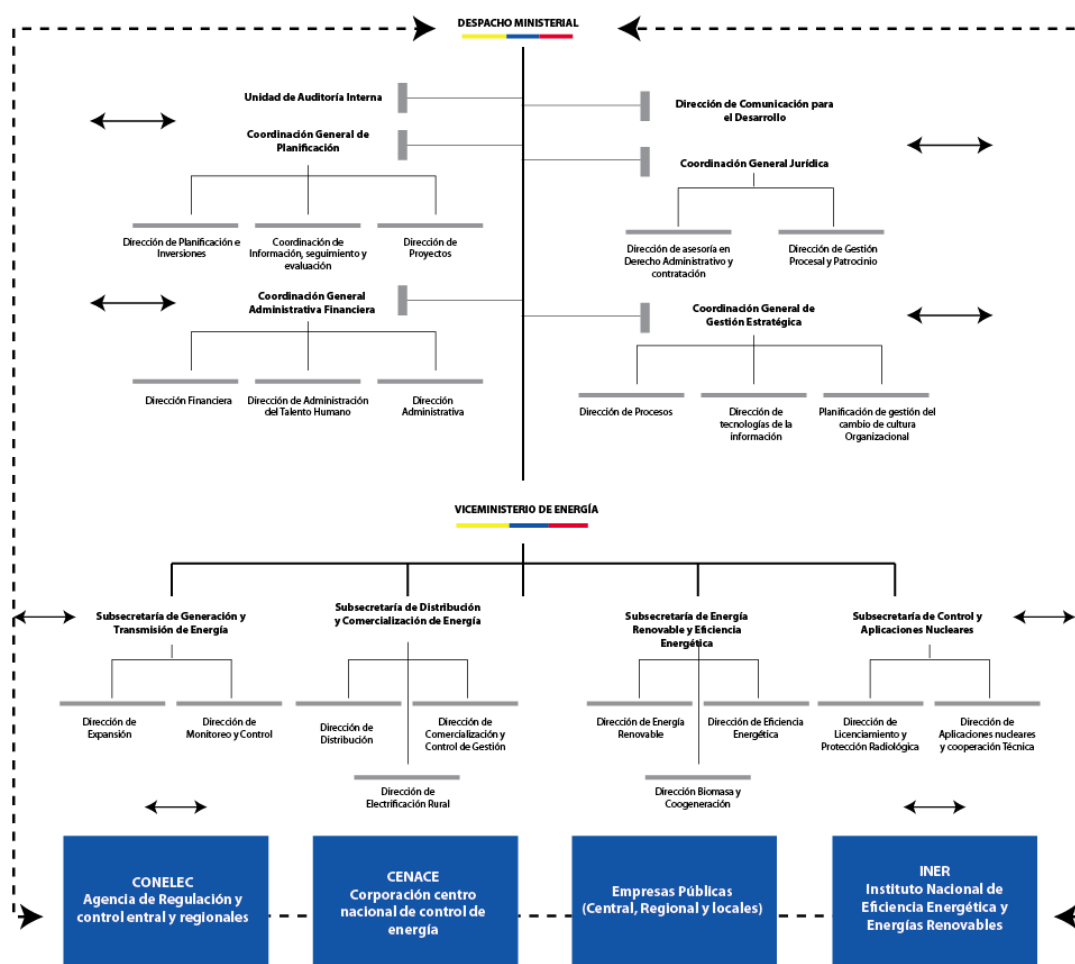


Figura 1. 2. Organigrama MEER

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, "Organigrama del Ministerio", <http://www.energia.gob.ec>

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL fue creada el 16 de enero de 2015, y es el organismo técnico administrativo encargado del ejercicio de la potestad estatal de regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el

servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses del consumidor o usuario final.

El Operador Nacional de Electricidad, CENACE actúa como operador técnico del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) y administrador comercial de las transacciones de bloques energéticos, responsable del abastecimiento continuo de energía eléctrica al mínimo costo posible, preservando la eficiencia global del sector.

La Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, se creó mediante Decreto Ejecutivo No. 220, expedido el 14 de enero del 2010, resultado de la fusión de las empresas Corporación Eléctrica Nacional, CELEC S.A (HIDROPAUTE S.A., HIDROAGOYAN S.A., ELECTROGUAYAS S.A., TERMOESMERALDAS S.A., TERMOPICHINCHA S.A. y TRANSELECTRIC S.A) , e HIDRONACION S.A. Agrupando de esta manera a transmisión y generación.

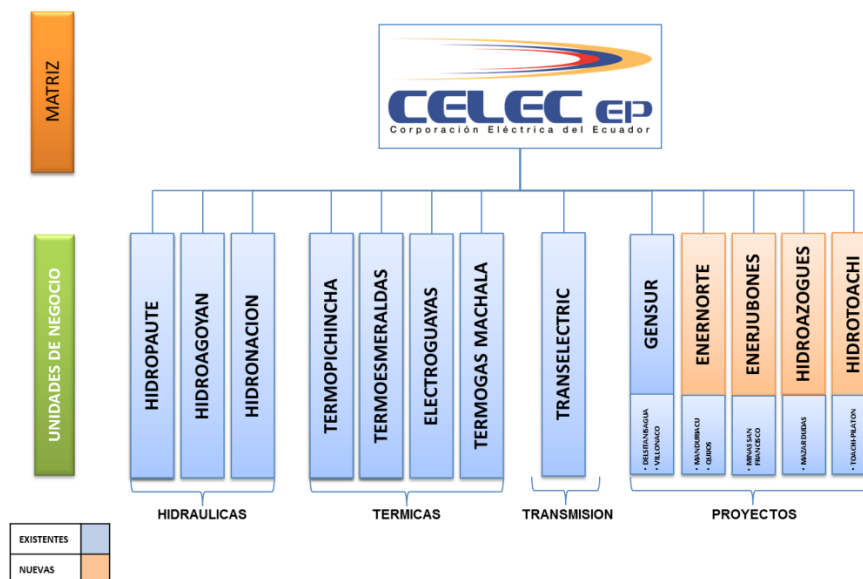


Figura 1. 3. Conformación Unidades de Negocio CELEC EP

Fuente: CELEC EP, "Estructura Organizacional", <https://www.celec.gob.ec>

Finalmente la Corporación Nacional de Electricidad, CNEL EP, que es la agrupación de algunas empresas de distribución, se creó con la finalidad de

ayudar a éstas a mejorar su sistema eléctrico debido a que presentaban altos índices de pérdidas. El área de servicio de la Corporación Nacional de Electricidad abarca una superficie de 114.194,60 km², equivalente al 45% del territorio ecuatoriano, donde se encuentran localizados el 50% de los clientes a nivel nacional, a continuación se detalla el área de concesión absorbida por la CNEL:

Tabla 1. 1

Área de servicio CNEL EP por Unidad de Negocio

UNIDAD DE NEGOCIO	Km²
Bolívar	4.042,40
El Oro	6.637,21
Esmeraldas	15.226,07
Guayas - Los Ríos	10.206,00
Los Ríos	4.103,11
Manabí	16.760,78
Milagro	4.818,83
Santo Domingo	6.658,62
Santa Elena	6.629,69
Sucumbíos	38.007,89
Guayaquil	1.104,00
Total	114.194,60

Fuente: CNEL EP, "Plan Estratégico 2015 - 2017", p.9

1.5.1 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL PAÍS

Como se menciona en el Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022, las mayor parte de las pérdidas que se presentan en el sector eléctrico ecuatoriano están en las empresas de Distribución debido a que aquí se encuentran gran cantidad de equipos eléctricos como transformadores, redes, medidores, luminarias, etc.

Desde el punto de vista económico, se presentan pérdidas por la baja recaudación por el consumo de energía debido al hurto de electricidad, mal funcionamiento de los equipos de medición, y a los sistemas de facturación. Estas pérdidas no solo afectan a la distribuidora sino que también afecta los demás agentes del sistema, al no pagarles oportunamente y por completo por concepto de generación y transmisión de la electricidad.

Tabla 1. 2

Pérdidas de Energía por empresa Distribuidora

DISTRIBUIDORA	DICIEMBRE 2013 (%)	FEBRERO 2014 (%)
CNEL	19,18	19,01
E.E Ambato	6,20	6,19
E.E Azogues	4,85	4,74
E.E Centro Sur	6,75	6,64
E.E Cotopaxi	5,77	5,90
E.E Galápagos	7,57	8,76
E.E Norte	11,16	10,48
E.E Quito	6,06	6,09
E.E Riobamba	10,20	10,09
E.E Sur	11,26	11,05
E.E.P De Guayaquil	12,14	12,41
NACIONAL	12,64	12,65

Fuente: MEER, "Plan Estratégico Institucional 2014 - 2017", p.34

El MEER y ARCONEL proporcionan los instrumentos legales y económicos para que las empresas distribuidoras impulsen proyectos dirigidos a desarrollar el sector eléctrico y en particular en la reducción de pérdidas de energía, mejorar la calidad de servicio y ampliar la cobertura; es

así que se han diseñado programas de inversión tales como el PLANREP relacionados con la Reducción de Pérdidas de Energía, que está planificado y financiado desde el Presupuesto General del Estado y administrado por el MEER.

El PLANREP es un conjunto de proyectos que se ejecutan en todas las empresas eléctricas de distribución del país, con el objetivo de reducir las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución, a niveles técnicamente aceptables, (considerando que el nivel óptimo de pérdidas de energía oscila entre 6 y 8%).

Las metas propuestas toman en cuenta el comportamiento en la gestión de las empresas tomando como objetivo alcanzar un nivel de pérdidas de 7,6% al final del periodo en el año 2022.

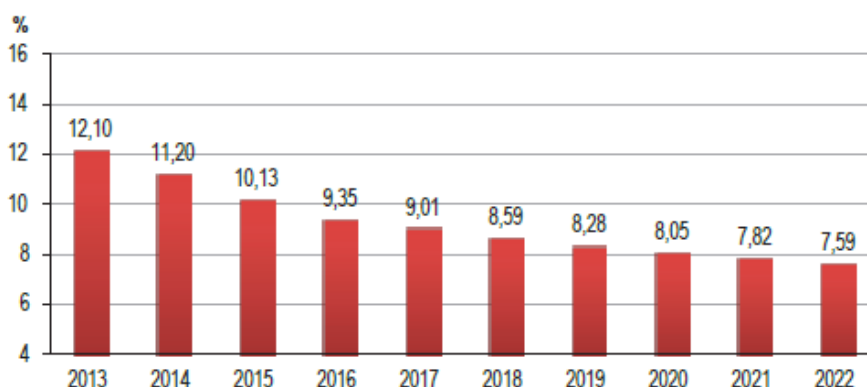


Figura 1. 4. Metas de Pérdidas de Energía. Periodo 2013 – 2022

Fuente: CONELEC, “Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022”, p.56

CAPÍTULO II

2. PRINCIPIOS TEÓRICOS

2.1 DEFINICIONES

2.1.1 ALIMENTADOR PRIMARIO

Un alimentador primario es el primer componente que se encuentra a la salida de la subestación y es a la vez el inicio de un circuito que va desde la subestación hasta los primarios de los transformadores de distribución, es decir, son los cables encargados de conducir la energía desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución.

Los alimentadores primarios están conformados por los circuitos principales y sus ramales laterales y sublaterales. Los circuitos principales de la red son los cables con mayor capacidad de transmisión de la energía; están formados por conductores de gruesos calibres siendo común emplear cables de 4/0 AWG, 336 KCM y hasta 795 KCM en cables de aluminio. Los ramales son de menor calibre, empleándose calibres de 1/0, N°2, N°4, N°6 AWG de acuerdo a la densidad de la carga. Generalmente los circuitos principales están conformados en todo su recorrido por las tres fases mientras que los ramales laterales y sublaterales son bifásicos y monofásicos. [3]

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial; en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador se semeja de la de un árbol en el que el grueso de la energía se transmite a lo largo del circuito principal derivándose la energía a la carga lo largo de los ramales.

2.1.2 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Son los transformadores usados para transferir energía eléctrica desde un circuito primario de distribución a un circuito secundario de distribución. Normalmente los transformadores de distribución van hasta 500 kVA y hasta 34 500V. [4]

2.1.3 DEMANDA

Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo previamente establecido. Los intervalos de demanda usualmente empleados son 15, 30 y 60 minutos. La más usual es de 15 minutos. [5]

$$Demanda = \frac{Energía\ Suministrada}{Intervalo\ de\ Demanda} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

2.1.4 DEMANDA MÁXIMA

Es la mayor demanda ocurrida en un sistema durante un periodo específico de tiempo; presenta la máxima caída de voltaje en el sistema por lo tanto también se producen las mayores pérdidas de energía y potencia. [5]

2.1.5 DEMANDA PROMEDIO

Es la demanda constante sobre un periodo de tiempo establecido.

$$Demanda\ prom = \frac{Energía\ Suministrada}{Tiempo\ del\ periodo} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

2.1.6 CARGA

Es la potencia eléctrica activa o aparente consumida por los equipos de los usuarios en forma instantánea. [5]

2.1.7 CARGA INSTALADA

Es la suma de todas las potencias nominales de los equipos conectados a la red. [5]

2.1.8 CURVA DE CARGA

Es la curva que representa la variación de las demandas en un periodo de tiempo determinado. Las curvas de carga pueden ser diarias, semanales, mensuales o anuales. Las anuales se forman por los picos obtenidos en intervalos de una hora para cada hora del día, las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema, sean estas predominantemente residenciales, comerciales o industriales y de la forma en que se combinen para producir el pico.

Las curvas de carga anual están formadas por los valores de la demanda a la hora pico en cada mes, permiten una visualización de los crecimientos y variaciones de los picos mensuales.

2.1.9 CAPACIDAD INSTALADA

Es la suma de todas las potencias nominales de los equipos que suministran potencia eléctrica a la red de distribución para abastecer a las cargas. [5]

2.1.10 FACTOR DE CARGA

Es la relación entre la demanda promedio con respecto a la demanda máxima en un periodo de tiempo establecido. [5]

Representa las variaciones de la curva de carga, si es un factor alto, la curva de carga tiene pocas variaciones mientras que si el factor es bajo la curva tiene variaciones bruscas.

$$Factor\ carga = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

2.1.11 FACTOR DE DEMANDA

Es la relación entre la demanda máxima en el intervalo considerado y la carga total instalada; y representa el porcentaje de potencia instalada que está siendo alimentada. Generalmente los valores que toma son menores que uno, ya que si fuera uno representaría que todos los equipos conectados al sistema están absorbiendo sus potencias nominales.

$$Factor\ demanda = \frac{Demanda\ máxima}{Carga\ total\ instalada} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

La carga total instalada es la suma de todas las potencias de placas de los equipos instalados.

2.1.12 FACTOR DE UTILIZACIÓN

Es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema de distribución; y establece el porcentaje de la capacidad del sistema de distribución que está siendo utilizado durante el pico de carga. [5]

$$Factor\ utilización = \frac{Demanda\ máxima}{Capacidad\ instalada} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

La capacidad instalada es la potencia nominal del equipo de suministro o del sistema eléctrico que energiza la carga.

2.1.13 FACTOR DE PÉRDIDAS

Es la relación entre la pérdida de potencia promedio y la pérdida de potencia a demanda máxima, durante un periodo de tiempo específico. El factor de pérdidas es el porcentaje de tiempo que requiere el valor pico de una carga para producir las mismas pérdidas que las producidas por la carga real en un periodo dado. [5]

$$Factor\ pér = \frac{Pérdidas\ resistivas\ de\ potencia\ promedio}{Pérdidas\ resistivas\ a\ demanda\ máxima} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

2.1.14 FACTOR DE DIVERSIDAD

Es la relación entre la suma de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto. Generalmente, la demanda máxima es menor que el conjunto de cargas individuales, por lo tanto el factor de diversidad es mayor que la unidad.

$$Factor\ diversidad = \frac{Demanda\ individual\ del\ conjunto\ de\ cargas}{Demanda\ máxima\ del\ conjunto\ de\ cargas} \quad \text{Ec. (2.7)}$$

2.1.15 FACTOR DE COINCIDENCIA

Es la relación de la demanda máxima coincidente y la suma de las demandas máximas individuales; y trata de reflejar la coincidencia de las cargas. Si el conjunto de cargas es más grande entonces debería ser más coincidente.

$$Factor\ coincidencia = \frac{Demanda\ máxima}{Demanda\ máxima\ individual} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

2.2 PÉRDIDAS DE ELÉCTRICAS

El total de pérdidas de energía es el resultado de la diferencia entre la energía entregada por el sistema de distribución en un periodo de tiempo y la registrada en los equipos de medición de los consumidores finales durante ese mismo periodo.

El mejoramiento del manejo de la energía en las empresas distribuidoras conlleva a realizar análisis de reducción y control de pérdidas; y ejecución de proyectos tendientes a la reducción de pérdidas para que estén en niveles aceptables técnica y económicamente.

2.2.1 EL PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR (PNBV)

Establece como uno de sus objetivos reducir las pérdidas de energía eléctrica en los sistemas de distribución a nivel de país; para alcanzar este objetivo, se ha previsto la ejecución del PLANREP. Los proyectos a ejecutar se consideran de carácter estratégico y de alto impacto. Considerando la reducción de las pérdidas de energía obtenida en los últimos años, se determinó que a diciembre de 2012 las pérdidas totales en los sistemas de distribución fueron del 13,63% a nivel nacional.

Para el periodo de planificación 2013 - 2022, la meta propuesta es alcanzar un nivel de pérdidas de 7,6% al final el periodo, es decir en el 2022, como producto de un ajuste a las metas establecidas en el plan anterior. [3]

2.3 CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Las pérdidas de energía en las empresas distribuidoras se refieren específicamente a dos causas:

- La primera de carácter técnico se debe a fenómenos físicos, propios de los materiales y equipos eléctricos (conductores, transformadores, luminarias, medidores, entre otros) en los cuales el paso de la corriente eléctrica produce calentamiento y, por tanto, disipación de energía al exterior.
 - La segunda de carácter comercial que se produce por la inexistencia de la información en los procesos de recaudo de la venta de energía.
- [6]

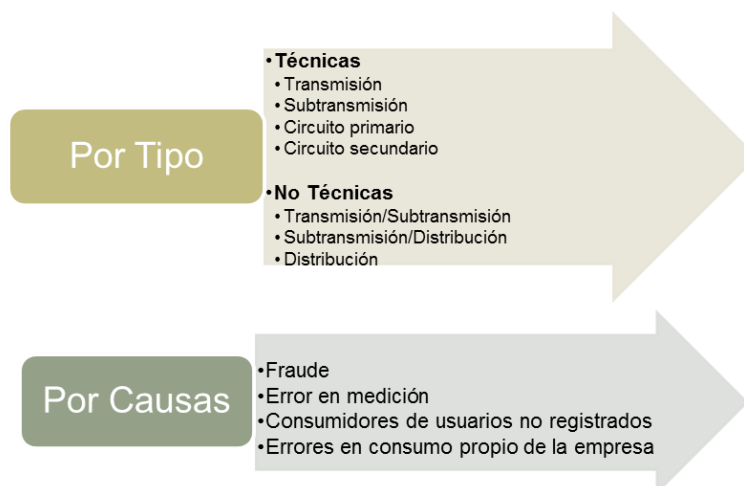


Figura 2. 1. Clasificación de pérdidas

Fuente: [6]

2.4 PÉRDIDAS TÉCNICAS

Las pérdidas técnicas constituyen energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera; se presenta en los componentes propios del sistema eléctrico, relacionados con la conducción y transformación de la electricidad. Por esta razón deben ser el objetivo primordial de cualquier programa de reducción de pérdidas.

Estas pérdidas pueden clasificarse por la causa que las origina en:

- fijas, como las debidas al efecto corona, a corrientes parásitas y a histéresis.
- variables que son debidas al efecto Joule que se produce por la resistencia que presentan los conductores al paso de la corriente eléctrica manifestándose en forma de calor y por tanto la disipación de energía al exterior, especialmente se presentan únicamente en los transformadores.

Las pérdidas técnicas a su vez se pueden clasificar en función:

- a la causa que las origina y
- del componente

2.5 PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Las pérdidas no técnicas se calculan como la diferencia entre las pérdidas totales y las pérdidas técnicas. Se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios como:

- clasificación de la causa que los produce
 - según su relación con las actividades administrativas de la empresa.
- [7]

2.6 PÉRDIDAS EN ALIMENTADORES PRIMARIOS

Las pérdidas en los alimentadores primarios de debe principalmente a la resistencia física de los conductores al paso de la corriente (efecto Joule). Debido a que los voltajes están por debajo de los 115kV las pérdidas producidas por el efecto corona son muy pequeñas y se pueden despreciar.

[8]

Las pérdidas en potencia en los alimentadores primarios vienen dadas por la fórmula:

$$P_{pot} = I^2 R \quad \text{Ec. (2.9)}$$

Dónde:

P_{pot} = Pérdidas resistivas en potencia (W).

I = Corriente que circula por el conductor (A).

R = Resistencia del conductor (Ω).

2.6.1 PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LOS CONDUCTORES DE ALIMENTADORES PRIMARIOS

La Ecuación (2.9) sirve de base para calcular las pérdidas en potencia de los alimentadores primarios y se debe considerar las características del mismo: la topología de la red, la forma de instalación, el número y tipo de usuarios a los que suministra energía, el material del conductor y la corriente circulante; haciendo que el cálculo se complique a medida que las redes se hacen más extensas. [8]

La base de datos para determinar la pérdida de potencia a demanda máxima está formada por los registros que se toman a la salida de cada subestación. Estos registros contienen la información de voltajes, corrientes, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva y fecha y hora a las que se midieron. El registro mínimo es de una semana, con fecha y hora.

Posteriormente se determina las pérdidas resistivas en cualquier intervalo de tiempo en base a la Ecuación (1.9) que se obtienen del flujo de potencia a demanda máxima, haciendo uso de la siguiente expresión: [8]

$$D_{pér\ i} = \left(\frac{D_{p\ i} f_{p_{p\ mx}}}{D_{p\ mx} f_{p_{p\ i}}} \right)^2 \cdot D_{pér\ mx} \quad \text{Ec. (2.10)}$$

Dónde:

$D_{pér\ i}$ = Pérdidas de potencia resistiva de potencia en el instante i [kW]

$D_{p\ i}$ = Demanda en el instante i [kW]

$D_{p\ mx}$ = Demanda máxima [kW]

$f_{p_{p\ mx}}$ = Factor de potencia en demanda máxima

$f_{p_{p\ i}}$ = Factor de potencia en el intervalo i .

$D_{pér\ mx}$ = Pérdidas resistivas de potencia a demanda máxima [kW]

El dato de pérdidas resistivas a demanda máxima es necesario tomarlo de los flujos de potencia obtenidos en el software eléctrico.

Para determinar las pérdidas de un conjunto de alimentadores es necesario sumar las pérdidas individuales afectadas por un factor que considere la coincidencia de la demanda de cada uno de los alimentadores. Aplicando la Ecuación (2.11) se puede determinar la potencia total de todos los alimentadores.

$$P_{pot_{prim}} = \sum_{i=1}^n (P_{pot_{Dmaxi}} * FR_{primi}) \quad \text{Ec. (2.11)}$$

Dónde:

$P_{pot_{prim}}$ = Pérdida en potencia del conjunto de todos los alimentadores primarios [kW]

FR_{primi} = Factor de Responsabilidad del primario i.

$P_{pot_{Dmaxi}}$ = Pérdida en potencia del primario i [kW].

Para aplicar ésta fórmula es necesario previamente calcular el factor de responsabilidad que es quien relaciona la demanda del primario i en el día de demanda máxima del sistema con la demanda máxima del primario. [8]

$$FR_{primi} = \frac{D_{coin\ primi}}{D_{mx\ primi}} \quad \text{Ec. (2.12)}$$

Dónde:

FR_{primi} = Factor de Responsabilidad del primario i.

$D_{coin\ primi}$ = Demanda del primario i en el día y hora de la demanda máxima del sistema de la empresa.

$D_{mx\ primi}$ = Demanda máxima del primario i.

2.6.2 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS

En un alimentador primario las pérdidas de energía no son estandarizadas, sino que dependen de varios factores como la topología, si son urbanos o rurales, la categoría de usuarios que se encuentran, etc. Una vez calculadas las pérdidas de potencia resistiva se puede obtener las pérdidas de energía correspondiente. [7]

$$E_{pér} = \sum_{i=1}^n D_{pér i} \Delta t \quad \text{Ec. (2.13)}$$

Dónde:

$E_{pér}$ = Energía de pérdidas [kWh]

$D_{pér i}$ = Pérdidas resistivas en el instante i [kW]

Δt = Intervalo de demanda [horas]

2.7 PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

El transformador es una máquina muy eficiente, es decir, que las pérdidas son mínimas, sin embargo las causas por las que se originan pueden ser dos:

- la primera denominada pérdidas en vacío se debe a que en el núcleo se presentan corrientes parásitas o de Foucault y también por el efecto de histéresis;
- la segunda denominada pérdidas con carga se produce en el cobre y se debe a la circulación de corriente por los devanados provocando que se calienten, estas pérdidas son proporcionales a la resistencia de cada devanado.

2.7.1 PÉRDIDAS DE POTENCIA Y ENERGÍA EN EL NÚCLEO DE LOS TRANSFORMADORES

Solo dependen del nivel de voltaje y se consideran como constantes. Las pérdidas resistivas en el núcleo son despreciables debido a que no existe corriente en el bobinado secundario y la corriente del primario es demasiado pequeña. Por consiguiente el total de potencia absorbida por un transformador funcionando al vacío a voltaje nominal, representa el valor de pérdida de potencia en el hierro del núcleo. Los valores de las pérdidas resistivas y a plena carga son datos proporcionados por los fabricantes de transformadores. [8]

$$P_{pot_n} = \sum_{i=1}^n P_{pot_i} \quad \text{Ec. (2.14)}$$

Dónde:

P_{pot_n} = Pérdidas en potencia en el núcleo de todos los transformadores del alimentador i [kW]

P_{pot_i} = Pérdidas en vacío en el núcleo del transformador i [kW]

Al no depender de las variaciones de carga, las pérdidas de energía en el núcleo del transformador se obtienen al multiplicar las pérdidas de potencia en vacío por el intervalo de tiempo.

$$P_{en_n} = \sum_{i=1}^n P_{pot_i} * t \quad \text{Ec. (2.15)}$$

Dónde:

P_{en_n} = Pérdidas de energía en el núcleo de todos los transformadores del alimentador i [kWh]

P_{pot_i} = Pérdidas en vacío en el núcleo del transformador i [kW]

t = horas del intervalo de estudio.

2.7.2 PÉRDIDAS DE POTENCIA Y ENERGÍA EN EL COBRE DE LOS TRANSFORMADORES

Las pérdidas en los devanados del transformador, se producen únicamente por el efecto Joule siendo directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente y a la resistencia del conductor de los devanados. Para los cálculos se utiliza la información de los catálogos de los fabricantes.

$$Pcu_{pc} = P_{pc} - P_o \quad \text{Ec. (2.16)}$$

Dónde:

Pcu_{pc} = Pérdidas en el cobre del transformador a plena carga [kW]

P_{pc} = Pérdidas totales a plena carga [kW]

P_o = Pérdidas en vacío [kW]

Para determinar las pérdidas resistivas en el cobre a demanda máxima se calcula haciendo uso de la Ecuación (2.17):

$$Pcu_{Dmx} = Pcu_{pc} * (F_{util})^2 \quad \text{Ec. (2.17)}$$

Dónde

Pcu_{Dmx} = Pérdidas en el cobre del transformador a demanda máxima [kW]

Pcu_{pc} = Pérdidas en el cobre del transformador a plena carga [kW]

F_{util} = Factor de utilización del transformador.

El factor de utilización ayuda a definir la relación de dependencia entre la potencia aparente de operación y la potencia nominal, importante para la determinación de las pérdidas resistivas en el cobre. [7]

$$F_{util} = \frac{Dmx * fp_{Dmx}}{kVA_{inst}} \quad \text{Ec. (2.18)}$$

Dónde

F_{util} = Factor de utilización del transformador

Dmx = Demanda máxima en los bornes del transformador [kW]

fp_{Dmx} = Factor de potencia a demanda máxima

Debido a que las demanda máximas entre los transformadores servidos por el alimentador no son coincidentes, las pérdidas totales en potencia en los devanados de los transformadores se le afecta por el factor de coincidencia.

$$PTcu_{Dmx} = Fcoin_{trans} * \sum_{i=1}^n Pcu_{Dmx_trans\ i} \quad \text{Ec. (2.19)}$$

Dónde

$PTcu_{Dmx}$ = Pérdidas en el cobre de todos los transformadores de distribución del alimentador primario [kW]

$Fcoin_{trans}$ = Factor de coincidencia entre transformadores de distribución

$Pcu_{Dmx_trans\ i}$ = Pérdidas en potencia en el cobre del transformador i, a demanda máxima [kW]

n = Número de transformadores del alimentador primario.

El factor de coincidencia entre los transformadores de distribución de un alimentador primario se puede estimar con la expresión matemática:

$$Fcoin_{trans} = \frac{Fcoin_{prim}}{Fcoin_{ind}} \quad \text{Ec. (2.20)}$$

Dónde

$Fcoin_{trans}$ = Factor de coincidencia del transformador.

$Fcoin_{prim}$ = Factor de coincidencia para en número de clientes totales del alimentador primario.

$Fcoin_{ind}$ = Factor de coincidencia para el número de clientes promedios por cada transformador de distribución.

Las pérdidas en energía en el cobre de los transformadores, se rigen por las variaciones de corriente producidas por la carga, volviéndose indispensable contar con los registros de carga medidos en bornes del transformador, para que los cálculos sean lo más reales posibles.

Haciendo uso del registro de carga se aplica la Ecuación (2.9), donde las pérdidas en potencia a demanda máxima son las calculas con la expresión (1.17); de ésta manera se obtiene la curva de carga de demanda de pérdidas resistivas. El sumatorio de las demandas multiplicado por el intervalo de tiempo de las demandas es la energía de pérdidas en el cobre.

$$Pen_{cu} = \Delta t * \sum_{i=1}^n Pcu_{D i} \quad \text{Ec. (2.21)}$$

Dónde

Pen_{cu} = Pérdidas de energía [kWh]

Δt = Duración del intervalo de demanda [horas]

$Pcu_{D i}$ = Pérdida de potencia en el intervalo i

n = número de intervalos del periodo considerado

Éstas son las pérdidas obtenidas por transformador, mientras que para el total de transformadores pertenecientes a un alimentador primario se aplica:

$$PTen_{cu_{anual}} = \sum_{i=1}^n Pen_{cu i} \quad \text{Ec. (2.22)}$$

Dónde

$PTen_{cu_{anual}}$ = Pérdidas de energía en el cobre de todos los transformadores de distribución del alimentador primario [kWh]

$Pen_{cu i}$ = Pérdidas de energía anuales en el cobre del transformador i [kWh]

n = Número de transformador del alimentador primario.

2.8 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS

La metodología de cálculo de pérdidas aplicada en este proyecto es la descrita por las tesis “Propuesta de Estandarización en el cálculo de pérdidas técnicas en potencia y energía en las empresas eléctricas de distribución del país” de Carlos Castellanos y “Aplicación de Metodología Uniforme de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Empresas de Distribución” de Diego Álvarez. En el primer trabajo se describe la metodología como tal mientras que en segundo proyecto es la aplicación de esa metodología en dos empresas eléctricas.

El método tradicional desarrollado por Buller Woodrow determina el factor de pérdidas a partir del factor de carga, tomando en cuenta la curva de carga de cada subsistema. Las pérdidas resistivas se concentran en los picos al ser función del cuadrado de la corriente lo que no permite conocer la verdadera relación de la demanda de potencia con la energía de pérdidas. [9]

$$F_{pér} = C F_C + (1 - C)F_C^2 \quad \text{Ec. (2.23)}$$

Dónde:

$F_{pér}$ = Factor de pérdidas

C = Coeficiente que depende de las aproximaciones estadísticas

F_C = Factor de carga

El nuevo método se basa en el registro de carga en el punto donde se quieren determinar las pérdidas resistivas de potencia y energía, ya que dependen de la variación de carga o demanda. Para ello es necesario modelar las redes a demanda máxima y construir la curva de pérdidas con la cual se puede calcular la energía de pérdidas y el factor de pérdidas. La Ecuación (2.10) descrita anteriormente permite trazar la curva de demanda de pérdidas.

Para modelar los alimentadores primarios se debe contar con la siguiente información:

- Longitud de cada tramo del alimentador
- Calibre del conductor, donde intrínsecamente está su resistencia
- Registro de carga en la cabecera del alimentador
- Cantidad de transformadores y su capacidad instalada
- Tipos y dimensiones de la disposición de los conductores en las estructuras

En el caso de no disponer de toda la información es necesario escoger una muestra de los alimentadores mediante alguna técnica de muestreo de preferencia probabilística ya que buena muestra proporciona representatividad de la población.

En un programa de flujo de potencia de sistemas de distribución se asigna las cargas automáticamente descontando las pérdidas; de ésta manera se obtiene la demanda de pérdidas máximas en alimentadores primarios. Usando los registros de carga se puede trazar la curva de carga semanal, mensual o del periodo que se haya escogido, donde para cada uno de los intervalos de demanda (i) del registro de obtienen los respectivos valores de demandas de pérdidas.

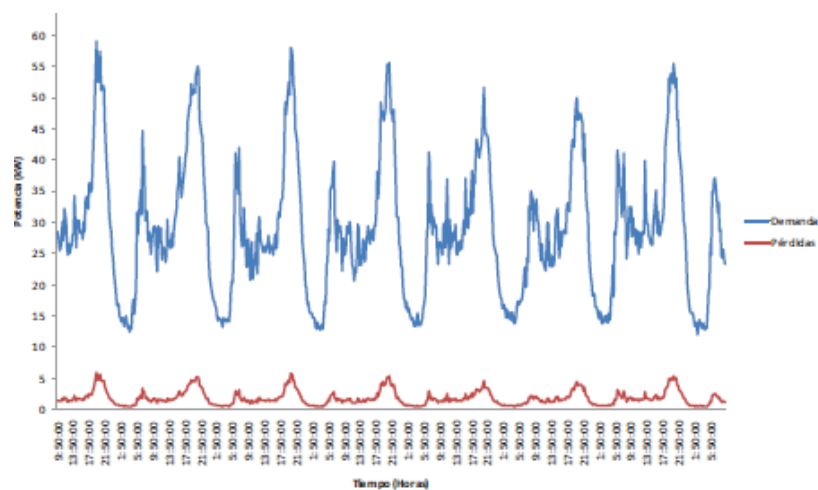


Figura 2. 2. Ejemplo curva de Carga

Fuente: CNEL EP, “Plan Estratégico 2015 - 2017”, p.9

Para obtener la energía de pérdidas se realiza la suma de todas las pérdidas calculadas anteriormente multiplicada por el intervalo de tiempo, como lo establece la Ecuación (2.13).

Las pérdidas en los transformadores se deben calcular por separado las pérdidas en el hierro y las pérdidas en el cobre. Si no se cuenta con la información de todos los transformadores pertenecientes al alimentador se debe establecer una muestra de transformadores, utilizando bases de probabilidad y estadística.

El muestreo aleatorio simple es un método de selección de n unidades sacadas de una población, de tal manera que cada una de las muestras tiene la misma probabilidad de ser elegida. La fórmula es:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{NE^2 + Z^2 pq} \quad \text{Ec. (2.24)}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

Z = nivel de confianza [%]

p = variabilidad positiva, generalmente 0,5

q = variabilidad negativa

E = precisión o error [%]

N = tamaño de la población

Para las pérdidas en el hierro se utilizará los catálogos de los fabricantes de transformadores en donde se encuentran detalladas las pérdidas nominales en vacío, también se hará uso de los protocolos de pruebas de laboratorio de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A y a la vez estos datos serán validados según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2114:2004 para transformadores monofásicos y 2115:2004 para transformadores trifásicos. Entonces la demanda de pérdidas máxima de todos los

transformadores de distribución pertenecientes al alimentador se encuentra con la Ecuación (2.22).

La pérdida de energía se calcula al multiplicar la potencia de pérdidas en el núcleo por el tiempo del intervalo establecido, como se indica en la Ecuación (2.15). Generalmente se utiliza un mes, es decir que se multiplica por 720 horas. Para conocer el valor de demanda máxima de pérdidas en el cobre, se utiliza la Ecuación (2.17).

Para determinar la pérdida de energía del cobre del transformador se debe sumar las pérdidas en cada intervalo y dicha suma multiplicada por el intervalo de tiempo (este intervalo suele ser de 15 minutos) de demanda de registro como se muestra en la Ecuación (2.22). Si se trabaja con una muestra de transformadores se debe proceder a calcular proporcionalmente las pérdidas con el total de transformadores, si se realiza el cálculo con todos los transformadores esto se omitiría. Para determinar la demanda de pérdida a nivel de alimentador primario se hace uso del factor de coincidencia como se indica en la Ecuación (2.10).

La determinación de la energía de pérdidas resistivas a nivel de alimentador primario de todos los transformadores es simplemente la suma de energía de pérdidas de cada uno, indicado en la Ecuación (2.22).

2.9 HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE ESCRITORIO

El desarrollo de escritorio es un término amplio que se refiere al proceso de escribir software que se ejecutará en equipos estándar, como los equipos de escritorio, portátiles o de uso general. El software de aplicación está diseñado para realizar una tarea única o un conjunto relacionado de tareas e incluye, entre otros, los juegos, los procesadores de texto y las aplicaciones personalizadas para empresas. Al hablar de las herramientas para el desarrollo de una aplicación se hace referencia a los programas que nos

permiten crear un nuevo programa o aplicación, y existen muchas alternativas, cada una de ellas con sus propias ventajas, desventajas y curva de aprendizaje. Algunas de estas herramientas pueden ser:

- **Microsoft Visual Studio.NET:** Con Visual Studio se pueden desarrollar múltiples proyectos, incluyendo aplicaciones de escritorio y aplicaciones y servicios web, y asimismo permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web para distintas versiones de Windows. [10]
- **Java:** La principal característica de Java es que fue diseñado para tener la menor cantidad de dependencias posibles, lo que favorece que los desarrolladores, ya que sólo tendrán que escribir el programa una sola vez, sin necesidad de tener que recompilarlo para otras plataformas o sistemas operativos. [10]
- **NetBeans:** Es un entorno de desarrollo integrado libre con el cual el desarrollador podrá diseñar sus aplicaciones de escritorio usando el lenguaje Java a partir de un conjunto de componentes llamados Módulos.[10]
- **Delphi:** Los usos más comunes es el desarrollo de bases de datos cliente-servidor y multicapas, aplicaciones de consola, aplicaciones y servicios web y servicios de sistema operativo. [10]
- **Velneo:** Es un entorno de desarrollo para aplicaciones de negocios. Se trata de un entorno de programación totalmente visual y muy potente. Además, la curva de aprendizaje es bastante suave, lo que permite que se pueda desarrollar aplicación en poco tiempo. [10]

2.10 PARADIGMA DE LA PROGRAMACIÓN MODULAR

Históricamente éste paradigma se presenta como una evolución de la programación estructurada para solucionar problemas de programación más grandes y complejos de lo que programación estructurada podía resolver.

El paradigma de la programación modular básicamente busca dividir un programa en programas más pequeños y simples llamados módulos para hacerlo más manejable. Un módulo es cada una de las partes de un programa que resuelve uno de los su problemas en que se divide el problema complejo original. Cada uno de estos módulos tiene una tarea bien definida y algunos necesitan de otros para poder operar.

2.11 VISUAL BASIC EXPRESS 2010

Visual Basic Express es una versión de Visual Basic que es fácil de aprender y está disponible como descarga gratuita en el sitio web de **M S D N** (del inglés: Microsoft Developer Network). Es una herramienta de desarrollo totalmente funcional para programadores que no necesitan la versión completa de Visual Basic, que se puede utilizar para desarrollar aplicaciones de escritorio. Microsoft Visual Studio Express 2010 Edition viene con Intellisense que simplificará la experiencia de codificación. La función de navegación también está bastante mejorada y se puede navegar a través de códigos, archivos y variables de manera más eficiente. A continuación se presentan algunas de las características notables. [11]

- Puede ser utilizado para el desarrollo de aplicaciones de escritorio.
- Se puede utilizar para el diseño de controladores de hardware.
- Se puede utilizar para el diseño de programas de estilo Metro.
- Ayuda integral proporcionada.
- Variedad de plantillas proporcionadas por M S D N.
- Característica Intellisense para simplificar la experiencia de codificación.
- Función de navegación mejorada.

2.12 BASES DE DATOS

Una base de datos es un sistema informatizado cuyo propósito principal es mantener información y hacer que esté disponible en el momento requerido. Esta información es persistente dentro del sistema, es decir, una vez introducida en él, se mantiene hasta que el usuario decida eliminarla. Un archivo de una base de datos también puede ser pensado como una tabla en la que tenemos renglones y columnas, cada renglón correspondiendo a un registro del archivo y cada columna correspondiendo a un campo. Por ejemplo para llevar el control de los teléfonos de personas podría ser útil una base de datos. [12]

Los sistemas manejadores de bases de datos conocidos también como bases de datos electrónicas, se usan para: organizar y manipular grandes volúmenes de datos de las empresas. Un sistema manejador de base de datos no es más que un sistema computarizado para llevar registros. Algunas de las facilidades que proporciona el sistema a los usuarios son:

- Agregar Nuevos Archivos a la Base de Datos.
- Agregar Nuevos Registros a los Archivos existentes.
- Recuperación de Datos.
- Actualización de Datos.
- Borrar registros.
- Borrar Archivos.
- Proporcionar los mecanismos para el control del acceso concurrente a los datos.

2.12.1 MICROSOFT ACCESS 2013

Microsoft Access es un Sistema de gestión de base de datos Relacional creado y modificado por Microsoft (DBMS) para uso personal de pequeñas organizaciones. Es un componente de la suite Microsoft Office aunque no se incluye en el paquete "básico". Permite crear

ficheros de bases de datos relacionales que pueden ser fácilmente gestionadas por una interfaz gráfica simple.

Las bases de datos de Access 2013 tienen la extensión .accdb. Casi todos los sistemas de gestión de base de datos modernos almacenan y tratan la información utilizando el modelo de gestión de bases de datos relacional. En un sistema de base de datos relacional, los datos se organizan en Tablas. Las tablas almacenan información sobre un tema como pueden ser los clientes de una empresa, o los pedidos realizados por cada uno de ellos; las tablas se relacionan de forma que a partir de los datos de la tabla de clientes podamos obtener información sobre los pedidos de éstos. [13]

2.13 CICLOS DE VIDA DE LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS

El ciclo de vida es el período de tiempo que "vive" un sistema informático desde que es pensado hasta que es desechado. Un ciclo de vida comprende una serie de etapas entre las que se encuentran las siguientes: [14]

- **Planificación:** Es el periodo en donde se identifica el sistema de información y los cambios deseados, pueden ser cambios grandes como desarrollar un nuevo sistema o cambios pequeños como añadir un reporte al programa ya desarrollado. Para esto se requiere de una investigación preliminar donde se identifique claramente la naturaleza y el alcance del problema.
- **Análisis:** Después de realizar la investigación preliminar, se debe plantear los requerimientos del usuario para el nuevo sistema; es decir, las necesidades y características que deberá cubrir el nuevo sistema. Para identificar los requerimientos de información se utilizan varias técnicas o herramientas como los son documentos, la entrevista, los cuestionarios, etcétera.

- **Diseño:** En esta etapa se desarrolla un diseño del sistema de información que cumpla con los requerimientos. Se determinan las entradas, salidas, archivos, programas, procedimientos y controles del sistema.
- **Implementación:** Consiste en escribir los programas necesarios para el sistema. Los programadores son los responsables de la documentación de los programas y también de explicar el funcionamiento de los mismos.
- **Pruebas o validación:** Cada uno de los programas es desarrollado de manera que funcione correctamente. Durante esta fase el sistema es usado en forma experimental para asegurarse que el sistema no tenga fallas y examinar los resultados obtenidos. Luego, si es necesario se realizan cambios al software para hacer mantenimiento o mejoras.
- **Implantación:** Es el proceso de verificar e instalar el nuevo equipo, entrenar a los usuarios, instalar la aplicación y construir todos los archivos de datos necesarios. El resultado final de esta fase es un sistema listo para usarse.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA EN VISUAL BASIC PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS

3.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Antes de iniciar la aplicación son necesarios algunos requisitos de hardware y software tales como:

- Procesador: Pentium III o compatible, 500 MHz.
- Sistema Operativo: Windows XP o superior
- Memoria RAM: mínimo 256 MB

Así mismo es importante que el usuario cuente con la siguiente información previa:

- Registros de los analizadores de la subestación.
- Conocer el valor de las Potencia de Pérdidas Máximas en los transformadores de distribución.
- Conocimiento de la Potencia de Pérdidas Máximas del alimentador primario.

3.1.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

El sistema informático debe tener la opción para gestionar las pérdidas técnicas que se producen en alimentadores primarios.

El sistema informático debe tener la opción para gestionar las pérdidas técnicas que se producen en transformadores de distribución tanto en el cobre como en el hierro.

3.2 DISEÑO

En esta etapa se describen las tablas creadas en Access 2013 para que la aplicación pueda ejecutarse. La primera tabla hace referencia a la base de datos creada para obtener las pérdidas en vacío de los transformadores de distribución datos proporcionados en los catálogos de fabricantes y en las pruebas de laboratorio de ELEPCO S.A

Tabla 3. 1

Tabla base de datos Access para pérdidas de vacío

NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO DE CAMPO	REQUERIDO
TIPO	Texto corto	15	SI
MARCA	Texto coro	15	SI
CAPACIDAD	Numérico	Decimal	SI
PO (PÉRDIDAS VACÍO)	Numérico	Decimal	SI

La segunda tabla almacena los datos que son descargados de los analizadores de la subestación.

Tabla 3. 2

Tabla de Access 2013 para los registro del alimentador

NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO DE CAMPO	REQUERIDO
DATA/TIME	Fecha/Hora	Fecha General	SI
VLN A	Numérico	Double	NO
VLN B	Numérico	Double	NO
VLN C	Numérico	Double	NO
I A	Numérico	Double	NO
I B	Numérico	Double	NO
I C	Numérico	Double	NO
PF SIGN A	Numérico	Double	NO
PF SIGN B	Numérico	Double	NO
PF SIGN C	Numérico	Double	NO
KW TOT	Numérico	Double	SI
KVAR TOT	Numérico	Double	SI
KWH DEL INT	Numérico	Double	SI
KVARH DEL INT	Numérico	Double	NO
KWH REC INT	Numérico	Double	NO
KVAR REC INT	Numérico	Double	NO
FREQ	Numérico	Double	NO

3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN PARA CALCULAR PÉRDIDAS TÉCNICAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS

La aplicación permite calcular pérdidas técnicas en potencia y energía de las líneas de media tensión de los alimentadores primarios y en los transformadores. La pantalla principal cuenta con las opciones para calcular las pérdidas en los diferentes elementos.

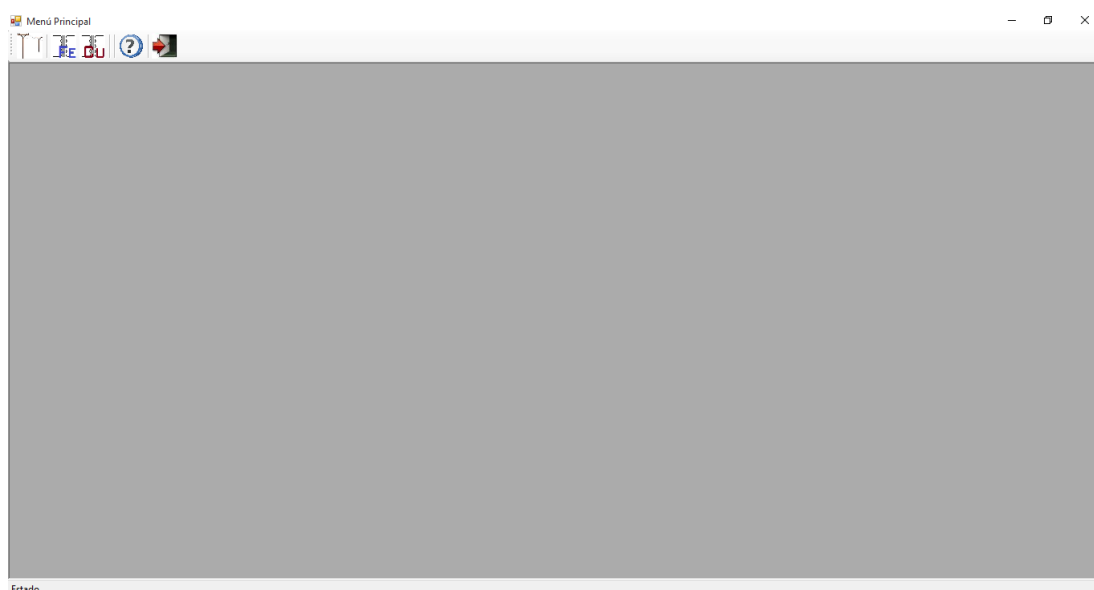







Figura 3. 1. Pantalla principal aplicación.

La tabla presenta el detalle de lo que representa cada ícono de la pantalla principal de la aplicación.

Tabla 3. 3

Descripción de los íconos de la aplicación

Ícono	Función
	Pérdidas en alimentadores primarios
	Pérdidas en el núcleo (hierro) del transformador
	Pérdidas en los devanados (cobre) del transformador
	Ayuda
	Salir

3.3.1 FORMULARIO PARA CALCULAR LAS PÉRDIDAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS

Los registros descargados de los analizadores deben ser configurados para que la información pueda mostrarse en el siguiente orden: fecha y hora en un mismo campo, voltajes, corrientes y factores de potencia de cada fase; potencia activa, potencia reactiva y energía (kWh); dentro de los datos más importantes para realizar los cálculos. También hay que considerar que estos registros deben estar guardados en formatos csv.

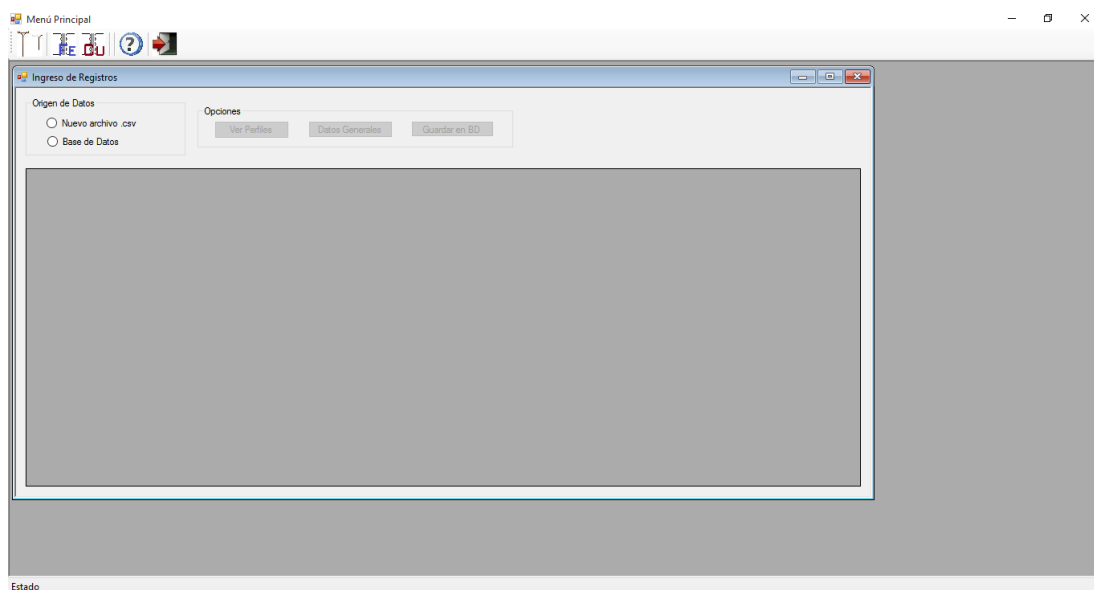


Figura 3. 2. Ingreso de registros del medidor

La pantalla cuenta con dos opciones para extraer los registros desde un nuevo archivo csv o desde una base de datos. La base de datos debe estar hecha en Access y guardar el mismo orden con respecto a los parámetros descritos en el párrafo anterior.

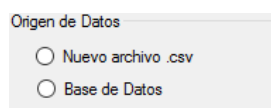


Figura 3. 3. Opciones del origen de datos

Al seleccionar la primera opción se muestra un cuadro de diálogo en el que es necesario seleccionar el archivo csv.

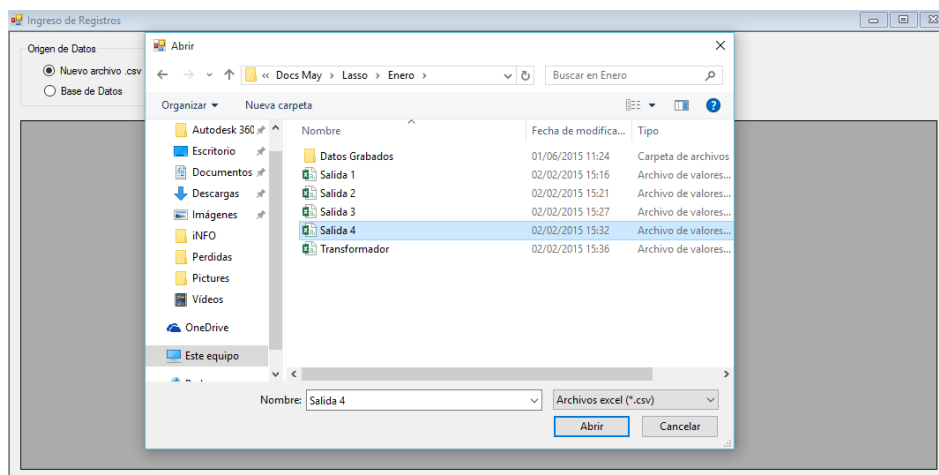


Figura 3. 4. Cuadro de diálogo para abrir un nuevo archivo .csv

Cuando se elige el archivo se muestra en el formulario una tabla con toda la información que éste contiene, y a la vez se habilita las opciones de Ver perfiles, Datos Generales y Guardar en Base de Datos.

Fecha/Hora	Vn a	Vn b	Vn c	Ia	Ib	Ic	FP a	FP b	FP c	Pot Act (kW)	Pot Reac (kVar)	kWh ent int	kVARh ent int	kWh rec int
01/02/2015 0:00:00000	8031.819824	8013.870117	7957.677734	20.161148	16.814693	17.305256	-92.734436	-93.793388	-92.114502	403.403412	160.239731	68.241821	28.102646	0.000000
01/02/2015 0:10:00000	8041.835449	8024.010254	7965.769043	20.833174	16.952984	18.194391	-91.614075	-93.024002	-92.398941	413.944763	171.874115	65.465424	26.633467	0.000000
01/02/2015 0:20:00000	8047.528320	8026.775391	7969.465820	19.428896	15.367073	17.220554	-90.482872	-93.236801	-92.788063	383.820923	161.730118	65.113655	27.703531	0.000000
01/02/2015 0:30:00000	8054.748047	8042.746582	7981.908203	22.343254	18.409260	19.779885	-89.872421	-91.565300	-91.601822	441.938049	201.198853	64.475876	27.523891	0.000000
01/02/2015 0:40:00000	8033.803711	8015.533203	7961.209961	20.176401	16.183796	17.237974	-91.281296	-92.452843	-92.399200	394.696411	167.530991	68.220779	28.796738	0.000000
01/02/2015 0:50:00000	8043.023926	8022.034668	7966.437500	19.544361	16.914898	17.818317	-91.531502	-93.889992	-91.228264	400.781952	167.519501	64.818230	27.217531	0.000000
01/02/2015 1:00:00000	8054.868164	8038.833496	7979.858887	19.655344	15.875628	16.887817	-91.593971	-93.370705	-92.943596	389.426819	158.321716	64.692909	27.218336	0.000000
01/02/2015 1:10:00000	8036.392578	8017.853516	7961.710449	20.454550	16.574938	19.279760	-91.582001	-93.626656	-93.309410	418.198547	167.281067	65.273422	27.584299	0.000000
01/02/2015 1:20:00000	8022.446777	8003.892578	7947.074707	19.609137	16.915108	18.291677	-91.869286	-94.169037	-92.684227	406.745636	161.726089	66.355408	28.304276	0.000000
01/02/2015 1:30:00000	8025.909180	8006.919434	7955.740234	20.546595	17.198723	18.262350	-91.430222	-93.283524	-92.473419	413.587799	171.232895	67.355637	27.825323	0.000000
01/02/2015 1:40:00000	8022.815430	8006.658203	7950.958496	20.329224	17.007124	18.180994	-90.553291	-92.878349	-92.064644	407.248169	175.632431	66.211868	28.446154	0.000000
01/02/2015 1:50:00000	8025.550293	8007.045410	7951.577637	20.431614	17.322416	18.360430	-91.513969	-93.487328	-91.677330	413.571899	173.141937	66.665253	29.184155	0.000000
01/02/2015 2:00:00000	8011.609375	7996.150879	7943.582031	20.425650	16.713633	18.218931	-90.653763	-92.699600	-92.587540	406.232056	173.359360	67.828239	29.311937	0.000000
01/02/2015 2:10:00000	8005.904785	7988.455078	7934.808594	19.798563	16.366325	16.861826	-90.642853	-92.307930	-91.690437	387.036285	170.148087	66.131271	27.929668	0.000000
01/02/2015 2:20:00000	8038.208984	8026.460449	7969.710449	20.572144	16.971678	19.677406	-91.091599	-95.820282	-94.399506	429.201111	158.427353	67.236252	28.445690	0.000000

Figura 3. 5. Registros importados a la aplicación

Al seleccionar **Ver Perfiles** se despliega otro formulario en que se muestran las opciones de gráficas que se pueden visualizar como: voltajes, corrientes, factor de potencia y potencia.

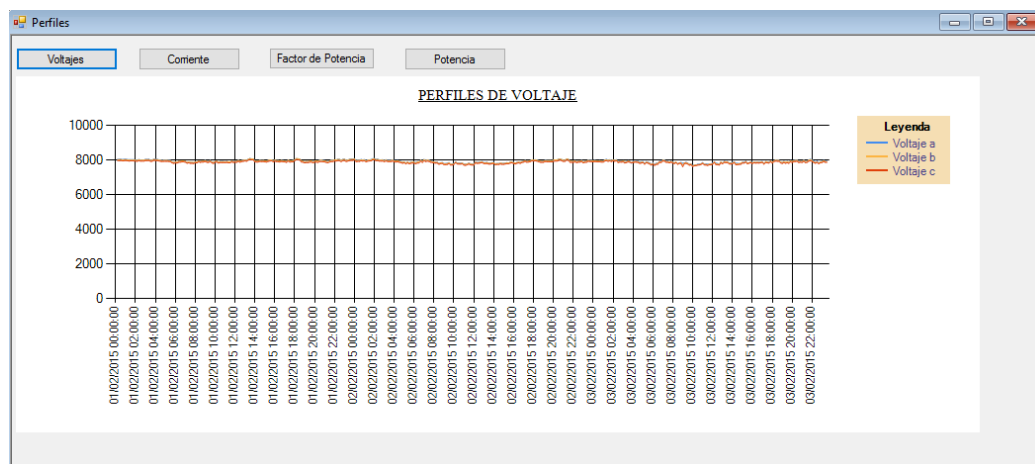


Figura 3. 6. Visualización perfiles de voltaje

Se puede obtener más detalle de la curva al seleccionar la parte que se desea mejorar, además se puede posicionar sobre un punto de cualquier curva y ésta mostrara el detalle de los valores de fecha y hora en la que ocurrió ese valor.

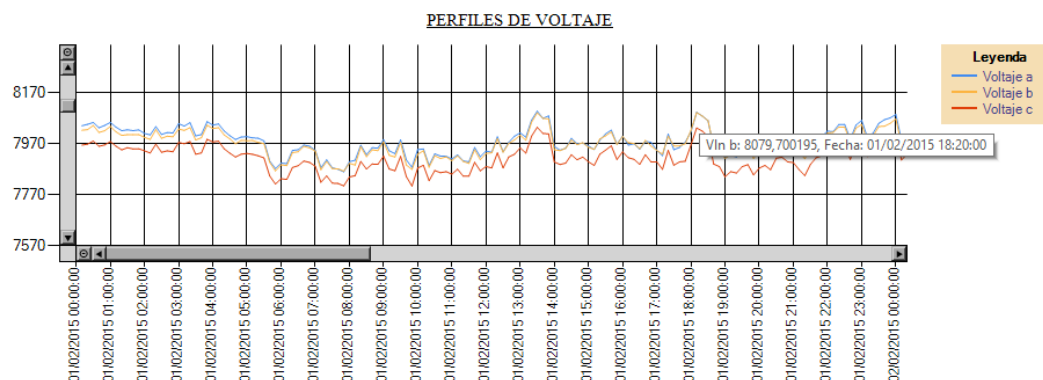


Figura 3. 7. Zoom aplicado a los perfiles de voltaje

Al seleccionar **Datos Generales** se abre una ventana en la que se debe ingresar el valor de pérdidas resistivas a demanda máxima en kW (éste valor se obtiene del flujo realizado en cualquier programa siendo el estandarizado por el MEER el Cymdist). La fecha y la hora de inicio pueden ser seleccionadas por el usuario según la necesidad, de la misma manera con la fecha y hora finales; lo más común es usar como fecha inicial el primer día

de cada mes con hora 0:00 mientras que para la fecha final es el último día del mes con hora 23:50.

Figura 3. 8. Selección de fecha/hora de inicio y final

Posteriormente al dar clic en calcular se muestran los datos más importantes.

Figura 3. 9. Cálculo de parámetros eléctricos

El campo de energía se obtiene al sumar la columna N° 13 de energía recibida en kWh. El campo factor de carga se determina al aplicar la Ecuación (2.3). La demanda promedio se calcula sumando los datos de la columna 13 y se divide para el número de horas que hay entre la fecha/hora

inicial y la fecha/hora final. La demanda máxima es el valor mayor de la demanda (columna 11).

Previo a determinar las pérdidas en el conductor se almacena en un vector los valores de pérdidas prorrateados al aplicar la Ecuación (2.2). Se suman todos los valores del vector y se multiplica por el intervalo de tiempo en horas y éstas son las pérdidas en el conductor. El factor de pérdidas se obtiene a partir de la Ecuación (2.6).

Para encontrar las pérdidas resistivas a demanda máxima se aplica la Ecuación (2.10). En el punto máximo se cumple que $D_{p i} = D_{p m x}$ y $f_{p p i} = f_{p p m x}$ quedando de la siguiente manera:

$$D_{pér i} = \left(\frac{D_{p m x} f_{p p m x}}{D_{p m x} f_{p p m x}} \right)^2 \cdot D_{pér m x} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Al simplificar

$$D_{pér i} = D_{pér m x} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Para calcular las pérdidas resistivas de potencia promedio la aplicación divide las pérdidas en el conductor para en número de horas existentes entre la fecha/hora inicial y la fecha/hora final. Los cálculos también pueden ser visualizados en una hoja de Excel al dar clic sobre el botón **Ver en Excel**.

Energía (MWh)	Factor de Carga (pu)	Factor de Pérdidas (pu)	Pérdidas en Energía en Conductor (MWh)
47,09	0,548	0,341	2,97
Demanda Máxima	Demanda Media	Demanda Mínima	
1210,7	663,17	350,63	
02/02/2015		02/02/2015	
15:00:00000		3:10:00000	

Figura 3. 10. Visualización de parámetros eléctricos en hoja de Excel

El botón **Guardar en BD** ésta activado solo cuando se selecciona la opción desde un archivo csv. El beneficio de guardar los registros en una base de datos es que se pueden realizar el análisis en el intervalo de tiempo deseado puede ser un mes, tres meses o un año según el criterio del usuario.

Al seleccionar **Guardar en BD** los archivos visualizados en la tabla pueden ser almacenados en una base de datos de Access; para ello la aplicación pide que se muestre la ubicación de la base de datos.

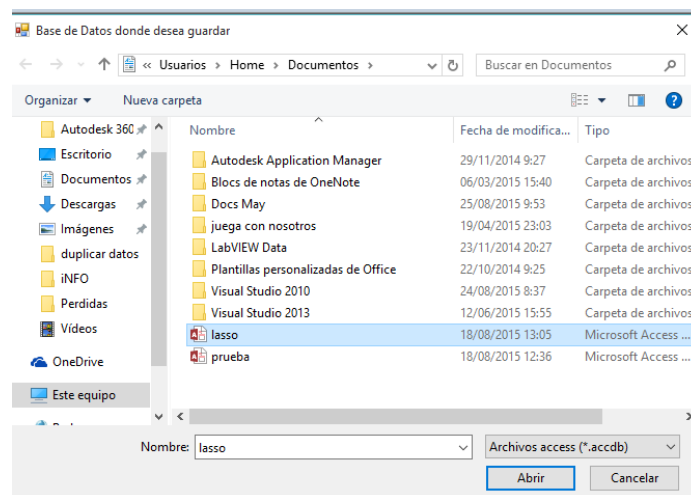


Figura 3. 11. Cuadro de diálogo para abrir archivo de una base de datos

A continuación se pide que se ingrese el nombre de la tabla en donde se desean guardar los registros. El nombre debe ser exactamente igual al de la tabla creada previamente en Access, hay que respetar el uso de mayúsculas, minúsculas y espacios.

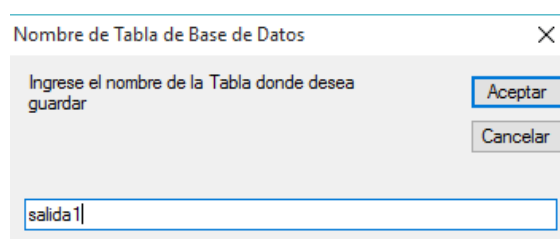


Figura 3. 12. Ingreso del nombre de la Tabla de Access

Si los datos fueron guardados correctamente se mostrará el siguiente mensaje.

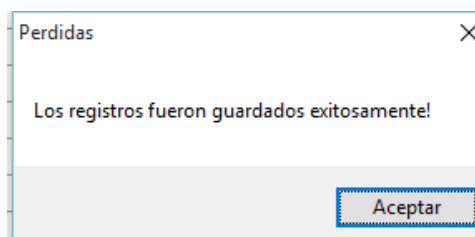


Figura 3. 13. Mensaje cuando los datos fueron almacenados correctamente.

Caso contrario un mensaje de error debido a que el nombre de la tabla no existe.

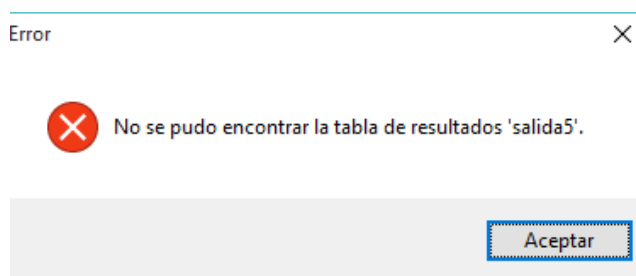


Figura 3. 14. Mensaje de error

3.3.2 FORMULARIO PARA CALCULAR PÉRDIDAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN EL NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR

El formulario presenta dos opciones para trabajar con los datos de todos los transformadores o con una muestra.

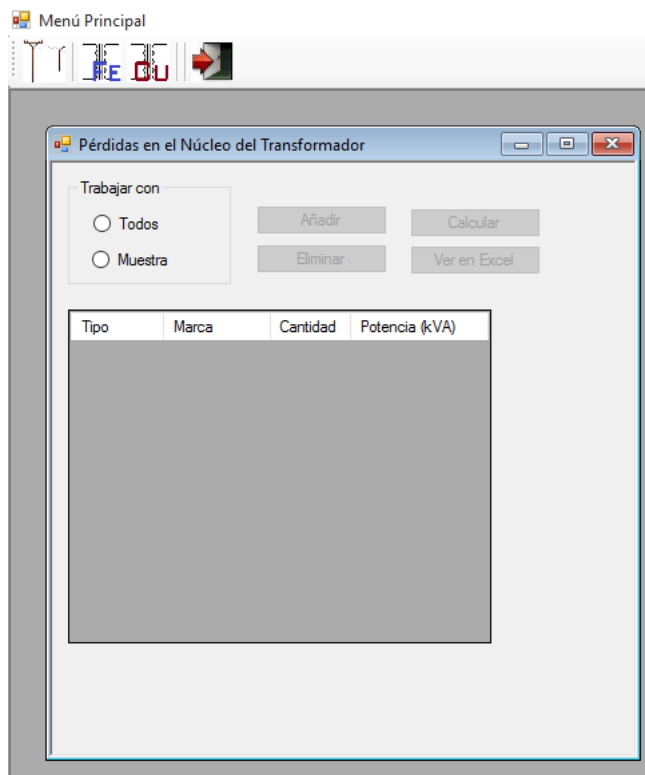


Figura 3. 15. Ventana de pérdidas en el núcleo del transformador

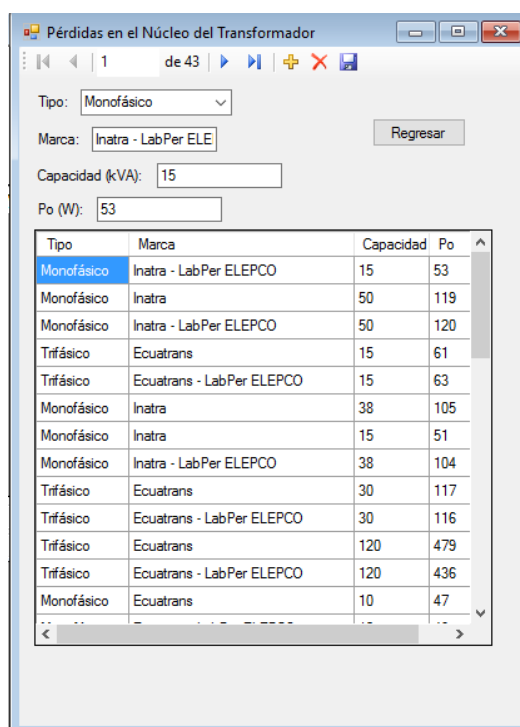
Cuando se selecciona la opción muestra se despliega una ventana en la que se deben ingresar variables estadísticas para realizar un muestreo aleatorio.

Figura 3. 16. Ventana para calcular la muestra de transformadores.

Al dar clic en el botón **Calcular** se muestra el número de transformadores de los cuales se debe obtener la información de pérdidas nominales en el núcleo del transformador ya sea usando los catálogos del fabricante o las pruebas realizadas en los laboratorios de la empresa

distribuidora de energía eléctrica. Al dar clic en **Regresar** se aceptan los valores mostrados y con los cuales se realizarán los cálculos posteriores.

Una vez seleccionada cualquiera de las dos opciones se activan los botones **Añadir** y **Calcular**. Al dar clic sobre el botón **Añadir** se muestra un nuevo formulario que contiene una tabla que contiene el tipo, marca, capacidad (kVA) y la Potencia de pérdidas nominales (kW).



Tipo	Marca	Capacidad	Po
Monofásico	Inatra - LabPer ELEPCO	15	53
Monofásico	Inatra	50	119
Monofásico	Inatra - LabPer ELEPCO	50	120
Trifásico	Ecuatrans	15	61
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	15	63
Monofásico	Inatra	38	105
Monofásico	Inatra	15	51
Monofásico	Inatra - LabPer ELEPCO	38	104
Trifásico	Ecuatrans	30	117
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	30	116
Trifásico	Ecuatrans	120	479
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	120	436
Monofásico	Ecuatrans	10	47

Figura 3. 17. Ventana para seleccionar características de los transformadores

El formulario cuenta con una barra de navegación que permite desplazarse por la tabla, añadir, eliminar y guardar más registros.

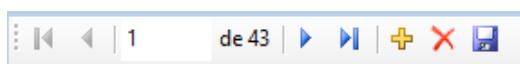









Figura 3. 18. Barra de navegación

A continuación se presenta una tabla con la descripción de los botones de la barra de navegación.

Tabla 3. 4.

Descripción íconos de la barra de navegación

ÍCONO	DESCRIPCIÓN
	Ir al primer registro
	Mover al anterior registro
	Mover al siguiente registro
	Ir al último registro
	Añadir registro
	Eliminar registro
	Guardar registro

Siempre que se realicen las operaciones de añadir o eliminar registros es necesario dar clic en guardar para que se guarden los cambios. El modo de seleccionar el transformador es haciendo uso de la barra de navegación o dando clic en el nombre que se encuentra en la tabla.

Para facilitar la búsqueda de las características de los transformadores se puede ordenar según el tipo, marca o capacidad al dar clic sobre los encabezados de la tabla. Al dar clic sobre Capacidad se ordena ascendentemente.

Tipo	Marca	Capacidad	Po
Monofási...	Ecuatrans	10	47
Monofási...	Ecuatras - LabPer ELEPCO	10	48
Monofási...	Magnetron	10	46
Monofási...	Magnetron - LabPer ELEPCO	10	43
Monofási...	Moretran	10	45
Monofási...	Moretran - LabPer ELEPCO	10	46
Monofási...	Inatra	10	42
Monofási...	Inatra - LabPer ELEPCO	10	31
Monofási...	Inatra - LabPer ELEPCO	15	53
Trifásico	Ecuatrans	15	61
Trifásico	Ecuatras - LabPer ELEPCO	15	63
Monofási...	Inatra	15	51
Monofási...	Moretran	15	59

Figura 3. 19. Ordenar transformadores según capacidad (MVA) ascendentemente

Dando clic nuevamente sobre Capacidad, los datos se ordenan descendentemente.

Tipo	Marca	Capacidad	Po
Trifásico	Ecuatrans	800	1088
Trifásico	Ecuatrans	300	750
Trifásico	Ecuatrans	125	355
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	125	336
Trifásico	Ecuatrans	120	479
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	120	436
Monofási...	Ecuatrans PADMOUNTED	75	189
Trifásico	Ecuatrans	75	224
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	75	223
Trifásico	RYMEL	75	255
Trifásico	RYMEL - LabPer ELEPCO	75	247
Monofási...	Inatra	50	119
Monofási...	Inatra - LabPer ELEPCO	50	120

Figura 3. 20. Ordenar transformadores según capacidad (MVA) descendentemente

Lo mismo sucede al dar clic sobre Marca, los registros se ordenan alfabéticamente.

Tipo	Marca	Capacidad	Po
Trifásico	ABB	50	40
Trifásico	Ecuatrans	15	61
Trifásico	Ecuatrans	30	117
Trifásico	Ecuatrans	120	479
Monofási...	Ecuatrans	10	47
Monofási...	Ecuatrans	25	80
Monofási...	Ecuatrans	38	120
Trifásico	Ecuatrans	75	224
Trifásico	Ecuatrans	300	750
Trifásico	Ecuatrans	125	355
Trifásico	Ecuatrans	800	1088
Trifásico	Ecuatrans	45	160
Trifásico	Ecuatrans - LabPer ELEPCO	15	63

Figura 3. 21. Ordenar transformadores según marca

Al dar clic en el botón **Regresar** se abre un cuadro de diálogo que pide el ingreso del número de transformadores que cumplen con tales características. En el ejemplo se indica que hay 5 transformadores trifásicos ABB de 50 kVA.

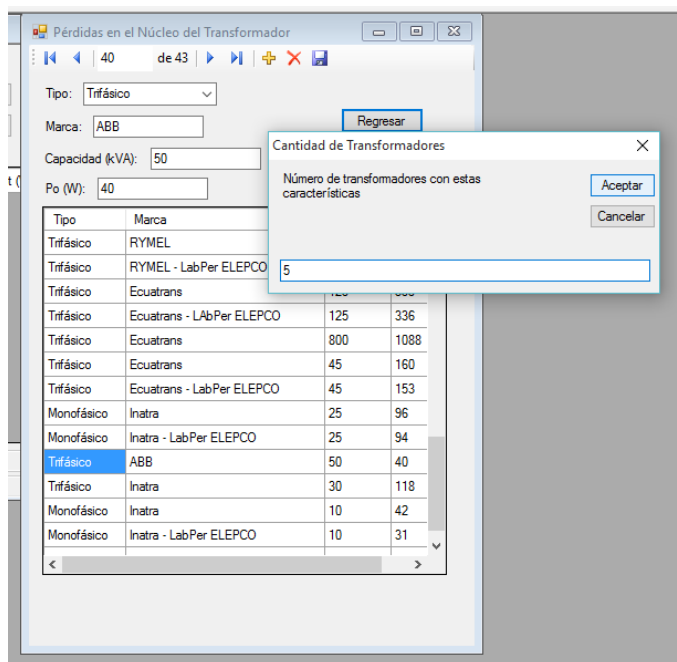
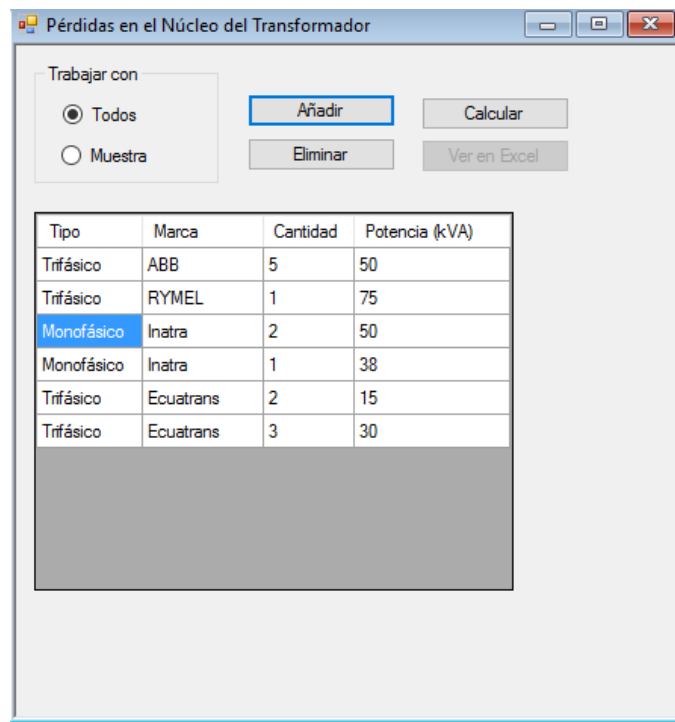


Figura 3. 22. Cuadro de diálogo para insertar número de transformadores

El botón **Eliminar** permite eliminar toda la fila que esta seleccionada. Por ejemplo tenemos la siguiente lista de transformadores



Tipo	Marca	Cantidad	Potencia (kVA)
Trifásico	ABB	5	50
Trifásico	RYMEL	1	75
Monofásico	Inatra	2	50
Monofásico	Inatra	1	38
Trifásico	Ecuatrans	2	15
Trifásico	Ecuatrans	3	30

Figura 3. 23. Ventana para calcular pérdidas en el núcleo del transformador

Y se desea eliminar la fila de 2 transformadores monofásicos Inatra de 50kVA, seleccionar cualquier dato que se encuentre en esa fila y posteriormente dar clic en el botón **Eliminar**.

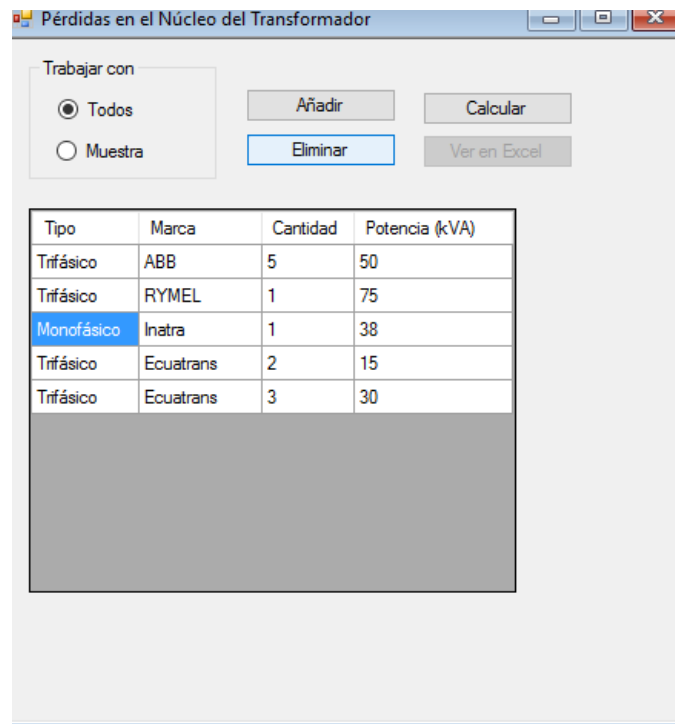


Figura 3. 24. Operación botón eliminar

Al seleccionar el botón **Calcular** se muestra la suma de todas las potencias de pérdidas producidas en el núcleo.

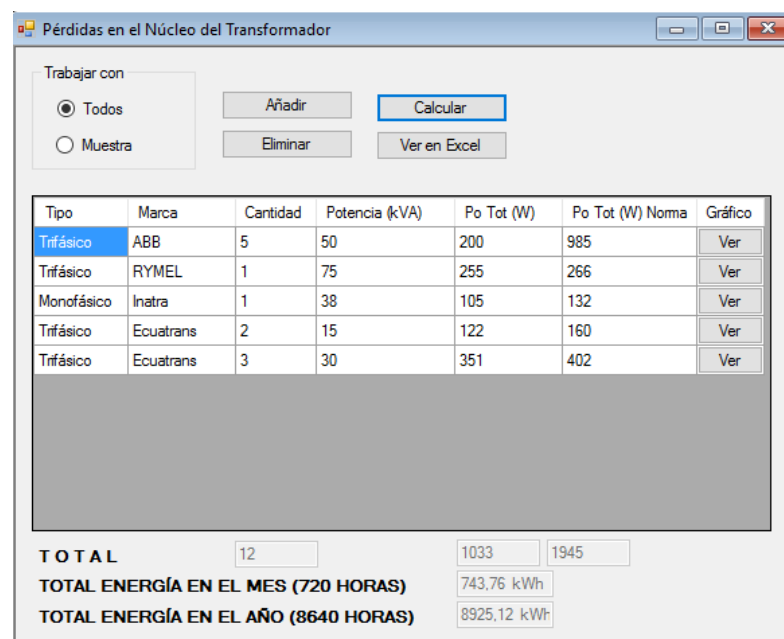


Figura 3. 25. Operación botón calcular

En la tabla se aumentan 3 columnas de $Po Tot (W)$ que son las pérdidas en el núcleo de transformador según el catálogo del fabricante, $Po Tot (W) Norma$ que son las pérdidas en núcleo del transformador según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2114:2004 para transformadores monofásicos y 2115:2004 para transformadores trifásicos. Las fórmulas varían de acuerdo a la capacidad, y se describen a continuación. [4]

Para las siguientes ecuaciones:

$Pn =$ Potencia Nominal [kV]

$Po =$ Potencia de vacío [kV]

- Para transformadores monofásicos de 3 a 167kVA.

$$Po = 9,8033(Pn)^{0,7141} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

- Para transformadores monofásicos de 15 a 333kVA.

$$Po = 33,2967 (Pn)^{0,532} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

- Para transformadores trifásicos de 15 a 150kVA.

$$Po = 10,514 (Pn)^{0,7486} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

- Para transformadores trifásicos de 150 a 800kVA.

$$Po = 13,27(Pn)^{0,7093} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

- Para transformadores trifásicos de 800 a 2 000kVA.

$$Po = 1,227 x Pn + 554,59 \quad \text{Ec. (3.7)}$$

En la columna Gráfico se puede dar clic sobre el botón **Ver** para observar una gráfica comparativa entre las pérdidas entre los valores de la columna $Po Tot (W)$ y $Po Tot (W) Norma$.

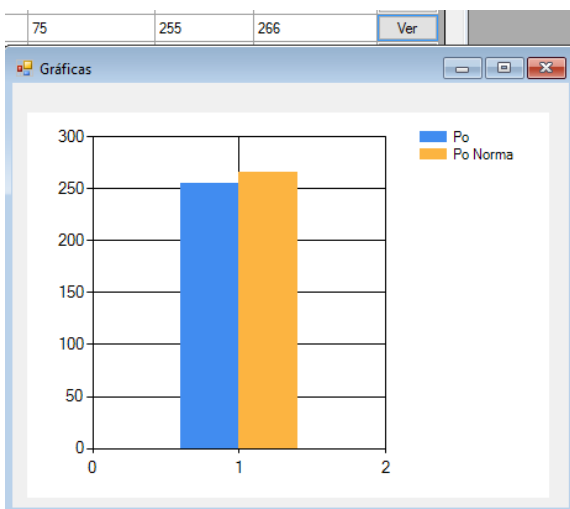


Figura 3. 26. Gráfica Po nominal vs Po norma

En la parte inferior de la tabla se muestran las pérdidas en energía que se producen en un mes y un año.

TOTAL	12	1033	1945
TOTAL ENERGÍA EN EL MES (720 HORAS)		743,76 kWh	
TOTAL ENERGÍA EN EL AÑO (8640 HORAS)		8925,12 kWh	

Figura 3. 27. Resultados pérdidas en el núcleo

Al seleccionar el botón **Ver en Excel** se muestra la tabla con todos los valores antes descritos.

Tipo	Marca	Cantidad	Potencia (kVA)	Po Tot (W)	Po Tot (W) Norma	Gráfico
Trifásico	ABB	5	50	200	985	Ver
Trifásico	RYMEL	1	75	255	266	Ver
Monofásico	Inatra	1	38	105	132	Ver
Trifásico	Ecuatrans	2	15	122	160	Ver
Trifásico	Ecuatrans	3	30	351	402	Ver
TOTAL		12		1033	1945	
TOTAL ENERGÍA EN EL MES (720 HORAS)				8925,12 kWh		
TOTAL ENERGÍA EN EL AÑO (8640 HORAS)				743,76 kWh		

Figura 3. 28. Visualización resultados en hoja Excel

3.3.3 FORMULARIO PARA CALCULAR PÉRDIDAS EN POTENCIA Y ENERGÍA EN LOS DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR

La metodología para calcular éstas pérdidas es la misma usada para determinar las pérdidas en el alimentador, es decir, se usa la Ecuación (2.2) con la particularidad de la las pérdidas a demanda máxima son la suma de todas las pérdidas parciales de cada transformador; el dato se puede obtener al realizar el flujo a demanda máxima mediante el uso de cualquier software eléctrico (el software estandarizado por el MEER es el Cymdist). Este valor se ingresa en la ventana de pérdidas en el cobre y se posteriormente se da clic sobre el botón **Calcular** para que se muestren las pérdidas en MWh que se producen. Es necesario aclarar que para realizar este cálculo se deben realizar previamente el cálculo en el alimentador primario.

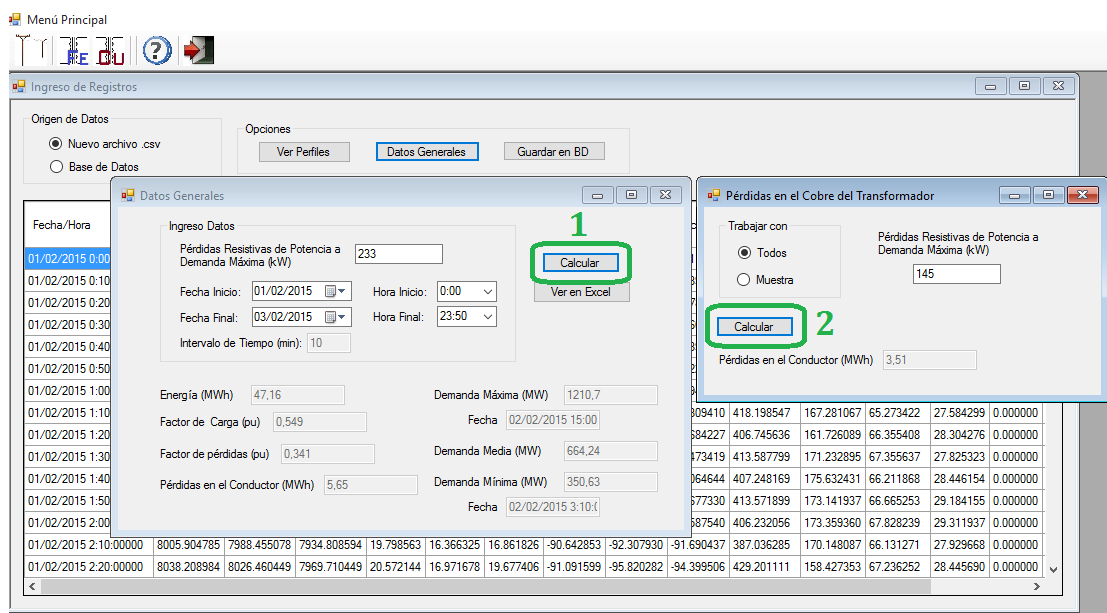


Figura 3. 29. Cálculo pérdidas en el cobre del transformador

Caso contrario no se podrán realizar los procesos necesarios y se mostrará un mensaje que pide que se realice lo antes mencionado.

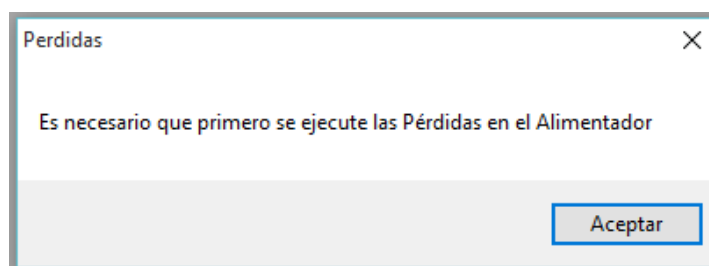


Figura 3. 30. Mensaje de error

3.4 VALIDACIÓN DEL SOFTWARE

La validación de la aplicación se realizó mediante la comparación entre las pérdidas de media tensión presentadas por la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A, ELEPCO S.A, en el mes de mayo 2015 de la subestación Lasso (ver Anexo 1), la cual cuenta con cuatro alimentadores. Como información se necesita: los reportes descargados del mes de mayo de la subestación y el dato de pérdidas máximas que entrega el reporte de Cymdist tanto del alimentador como de todos los transformadores.

Tabla 3. 5

Pérdidas máximas obtenidas del reporte de Cymdist

Alimentador	Pérdidas Máximas en el Alimentador (kW)	Pérdidas Máximas Totales en los Transformadores (kW)
SALIDA 1	27,974	15,591
SALIDA 2	17,109	2,63
SALIDA 3	6,317	4,146
SALIDA 4	3,035	1,21

Fuente: Departamento de Planificación, ELEPCO S.A

La fórmula usada para determinar el porcentaje de error es:

$$\% \text{ Error} = \frac{|Pérdidas \text{ ELEPCO S.A} - Pérdidas \text{ Aplicación}|}{Pérdidas \text{ ELEPCO S.A}} \cdot 100 \quad \text{Ec. (3.8)}$$

A continuación se muestra la Tabla 3.6 de comparación y el porcentaje de error entre los resultados (en el Anexo 2 se muestran las pantallas con los resultados de la aplicación).

Tabla 3. 6

Tabla de comparación de resultados

		SALIDA 1	SALIDA 2	SALIDA 3	SALIDA 4
ENERGÍA (MWH)	ELEPCO S.A	999,97	816,90	446,45	559,17
	Aplicación	999,97	817,02	446,50	559,17
	Error (%)	0,00	0,02	0,01	0,00
DEMANDA MÁXIMA (MW)	ELEPCO S.A	2,33	1,71	1,36	1,32
	Aplicación	2,33	1,71	1,36	1,32
	Error (%)	0,00	0,00	0,00	0,00
FACTOR CARGA PU	ELEPCO S.A	0,58	0,64	0,44	0,57
	Aplicación	0,58	0,65	0,44	0,57
	Error (%)	0,01	0,14	0,02	0,11
FACTOR PÉRDIDAS PU	ELEPCO S.A	0,40	0,45	0,23	0,38
	Aplicación	0,39	0,46	0,21	0,36
	Error (%)	2,95	0,92	5,34	6,35
ENERGÍA PÉRDIDAS ALIMENTADOR (MWH)	ELEPCO S.A	8,02	5,81	0,96	0,78
	Aplicación	8,02	5,81	0,93	0,78
	Error (%)	0,06	0,02	3,06	0,49
ENERGÍA PÉRDIDAS COBRE TRAFÓ (MWH)	ELEPCO S.A	4,47	0,89	0,63	0,31
	Aplicación	4,47	0,89	0,63	0,31
	Error (%)	0,10	0,63	0,35	0,59

Los porcentajes de error máximo y mínimo entre la aplicación y los valores obtenidos por ELEPCO S.A se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3. 7

Promedio de errores por parámetro

	ERROR MÍNIMO (%)	ERROR MÁXIMO (%)	ERROR (%)
ENERGÍA (MWH)	0,00	0,02	0,01
DEMANDA MÁXIMA (MW)	0,00	0,00	0,00
FACTOR CARGA PU	0,01	0,14	0,07
FACTOR PÉRDIDAS PU	0,92	6,35	4,38
ENERGÍA PÉRDIDAS ALIMENTADOR (MWH)	0,02	3,06	0,91
ENERGÍA PÉRDIDAS COBRE TRAF0 (MWH)	0,10	0,63	0,42
PROMEDIO TOTAL			0,96

Según las Tablas 3.6 y 3.7 se obtiene un error del 0% con respecto a la Demanda Máxima (MW) ya que solo son una búsqueda del valor mayor de un conjunto, de la misma manera ocurre con los valores de Energía (MWh) ya que es una suma. Considerando los demás parámetros eléctricos si se presentan variaciones de error.

Con el porcentaje de error promedio total de 0,96%, los valores máximos y mínimos menores al 6%, se concluye que la aplicación para cálculo de pérdidas técnicas en alimentadores primarios es una herramienta confiable, donde se puede hacer estudios de pérdidas técnicas en medio voltaje.

3.5 DISTRIBUCIÓN

La aplicación cuenta con un botón **Ayuda** que permite visualizar un archivo en formato pdf que contiene la siguiente información:

- Una breve introducción con las características de la aplicación.
- Los requerimientos previos antes de usar la aplicación
- El modo correcto de utilizar la aplicación, la utilidad de cada botón y los posibles resultados que se pueden presentar, con imágenes que permitan al usuario entender claramente la forma de interactuar con la aplicación.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La metodología seleccionada para el cálculo de pérdidas técnicas en los conductores de alimentadores primarios y transformadores de distribución es la descrita en el paper “A New Method to Calculate Power Distribution Losses in an Environment of High Unregistered Loads” elaborada por Mentor Poveda y su posterior demostración y aplicación en las tesis de la EPN “Propuesta de estandarización en el cálculo de pérdidas técnicas de potencia y energía en las empresas de distribución del país” de Carlos Castellanos y “Aplicación de Metodología Uniforme de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Empresas de Distribución” de Diego Álvarez.
- Se realizó el diseño y la implementación de la aplicación usando los ciclos de vida de los sistemas informáticos con la herramienta Visual Basic Express 2010 debido a que permite desarrollar una aplicación independiente de otro programa; y a las facilidades que brinda para trabajar con grandes cantidades de información, con los recursos gráficos y finalmente con bases de datos en Access 2013; se decidió almacenar los registros en Access 2013 para que los estudios de pérdidas se puedan realizar para periodos mayores a un mes.
- Se generó una base de datos con respecto a las pérdidas en vacío de los transformadores de distribución teniendo en cuenta los catálogos del fabricante y también las pruebas de laboratorio realizadas por ELEPCO S.A; a la vez esta base puede ser modificada según el criterio del usuario ya que se debe ir adaptando a las mejoras que los fabricantes de transformadores pueden hacer; conllevando a una disminución en las pérdidas de vacío.

- Se logró determinar las pérdidas tanto en potencia como de energía en los conductores de los alimentadores primarios y en los transformadores de distribución mediante la correcta aplicación de la metodología antes descrita.
- La validación de la aplicación se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos con la aplicación con los que presenta mensualmente la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A (ELEPCO S.A), a la Agencia Reguladora de Energía (ARCONEL), ya que éstos valores representan la veracidad de las pérdidas en medio voltaje que tiene la distribuidora.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es importante que el personal encargado del cálculo de pérdidas técnicas de cualquier empresa distribuidora haga uso de la aplicación desarrollada en este proyecto de manera que se optimiza los recursos computacionales, haciendo uso del tiempo en planificar propuestas que permitan la reducción y el control de las pérdidas en los diferentes componentes del sistema.
- Se recomienda revisar los registros de carga de los alimentadores para corregir errores en las lecturas que suelen ser producidas por falla en la comunicación; y completar todos los registros para tener cálculos más realistas.
- Previo a la utilización del software es necesario que se realice la corrida de flujos a demanda máxima para determinar las pérdidas de potencia máxima que se producen en el alimentador primario como en los transformadores, dato que es indispensable para realizar los posteriores cálculos en la aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Registro Oficial N°418, «Tercer Suplemento a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica,» 16 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/normativa/Ley%20Org%C3%A1nica%20del%20Servicio%20P%C3%BAblico%20de%20Energ%C3%ADa%20El%C3%A9ctrica.pdf>. [Último acceso: Mayo 2015].
- [2] MEER, «Plan Estratégico Institucional 2014 - 2017,» Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/PLAN-ESTRAT%C3%89GICO-2.pdf>. [Último acceso: 4 Abril 2015].
- [3] ARCONEL, «Plan Maestro de Electrificación 2013-2022,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol1.pdf>. [Último acceso: 4 Abril 2015].
- [4] Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, «Transformadores. Definiciones,» Marzo 1998. [En línea]. Available: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2110.1998.pdf>. [Último acceso: Abril 2015].
- [5] M. Poveda, Planificación de Sistemas de Distribución, Quito: EPN, 1987.
- [6] OLADE, «Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Eléctricas,» 1990. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9603>. [Último acceso: 23 Marzo 2015].
- [7] C. Castellanos, «Propuesta de estandarización en el cálculo de pérdidas técnicas de potencia y energía en las empresas de distribución del país,» Abril 2011. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4059/1/CD-3810.pdf>. [Último acceso: Junio 2015].
- [8] C. Aillón, «Desarrollo de la metodología EEQ S.A, para el cálculo de pérdidas técnicas en alimentadores primarios, y aplicación al primario 04D de la subestación Chimbacalle,» Febrero 2010. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2069/1/CD-2868.pdf>. [Último acceso: Junio 2015].

- [9] D. Álvarez, «Aplicación de Metodología Uniforme de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Empresas de Distribución,» Abril 2011. [En línea]. Available:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3757/1/CD-3558.pdf>.
[Último acceso: Junio 2015].
- [10] Informática hoy, «Programas para crear programas,» [En línea]. Available:
<http://www.informatica-hoy.com.ar/aprender-informatica/Programas-para-crear-programas.php>. [Último acceso: 4 Octubre 2015].
- [11] M S D N, «M S D N microsoft.com,» 2008. [En línea]. Available:
[https://msdn.microsoft.com/es-es/library/we1f72fb\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/we1f72fb(v=vs.90).aspx).
[Último acceso: 7 octubre 2015].
- [12] M. Cruz, Conceptos básicos de bases de datos, 2006.
- [13] Fundación Educativa Obrera FUNEDO, «Conceptos básicos de Access 2013,» 2013. [En línea]. Available:
<https://clasesmarthaleon.files.wordpress.com/2013/05/introduccion-access-2013.pdf>. [Último acceso: 4 Septiembre 2015].
- [14] K. Kendall y K. Julie, «Análisis y Diseño de Sistemas,» 2011. [En línea]. Available:
https://www.academia.edu/7102592/Analisis_y_Diseño_de_Sistemas_8_ed_Kendall_PDF. [Último acceso: Agosto 2015].

ANEXOS

**ANEXO 1: REPORTE DE ELEPCO
S.A PARA ARCONEL DE LA S/E
LASSO MES DE MAYO 2015**

**ANEXO 2: PANTALLAS DE LA
APLICACIÓN CON RESULTADOS
PÉRDIDAS TÉCNICAS LASSO**

Menú Principal

Ingreso de Registros

Datos Generales

Ingreso Datos

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Fecha Inicio: 01/05/2015 Hora Inicio: 0:00

Fecha Final: 31/05/2015 Hora Final: 23:50

Intervalo de Tiempo (min): 10

Energía (MWh) Demanda Máxima (MW)

Factor de Carga (pu) Fecha

Factor de pérdidas (pu) Demanda Media (MW)

Pérdidas en el Conductor (MWh) Demanda Mínima (MW)

Fecha

Pérdidas en el Cobre del Transf...

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Pérdidas en el Conductor (MWh)

ent	kVARh	ent	kWh	rec	int
1384	84.756371	0.000			
7894	81.837396	0.000			
-93.435966	-94.947670	1445.377563	482.114380	248.719955	79.057228
-93.723419	-94.841815	1478.752686	493.841797	237.020691	78.660370
-93.600555	-94.503738	1373.129517	455.453125	244.279663	82.673691
-93.637688	-94.479187	1437.036377	489.197601	223.509613	76.155495
-93.231499	-94.661720	1268.700806	428.813965	224.240280	76.653664
-93.478966	-94.345612	1371.046997	475.388916	217.866180	75.399689
-92.853546	-94.428749	1235.677002	432.265167	216.501526	76.211281
-92.918663	-94.197968	1262.790039	451.945770	204.672607	72.520981
-91.783577	-93.928207	1201.452637	442.448341	207.069534	76.399666
-92.230820	-93.676796	1221.478516	458.603149	201.621216	72.943489
-91.114893	-93.505707	1258.245361	481.122966	204.585220	76.952629
-90.762955	-93.254478	1204.236816	485.890900	199.988037	76.766479
-91.493057	-93.646042	1188.621216	451.361115	197.579437	75.502573
-84.119620	-93.748781	1186.653476	457.617710	196.407771	76.774941

Estado

ESP 17:09
LAA 27/09/2015

Menú Principal

Ingreso de Registros

Datos Generales

Ingreso Datos

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Fecha Inicio: 01/05/2015 Hora Inicio: 0:00

Fecha Final: 31/05/2015 Hora Final: 23:50

Intervalo de Tiempo (min): 10

Energía (MWh) Demanda Máxima (MW)

Factor de Carga (pu) Fecha

Factor de pérdidas (pu) Demanda Media (MW)

Pérdidas en el Conductor (MWh) Demanda Mínima (MW)

Fecha

Pérdidas en el Cobre del Transf...

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Pérdidas en el Conductor (MWh)

ent	kVARh	ent	kWh	rec	int
223400	0.0000				
768227	0.0000				
336868	0.0000				
312195	0.0000				
984	96.499232	947.716919	186.881210	162.770477	35.863608
581	-95.716011	927.281860	214.646545	159.750092	35.755707
910	-96.178680	915.737915	209.278879	152.407669	34.531021
490	-96.625275	873.037537	200.515396	150.599884	34.235123
452	-95.331978	888.712646	219.057602	148.856003	34.880978
570	-95.376030	846.238464	209.364471	145.126572	35.038883
261	-94.864326	854.075623	215.491455	140.006836	34.939037
328	-94.867969	853.056274	229.742874	142.312515	37.148720
-94.498993	808.862976	219.436296	137.601961	35.040031	0.0000
-97.668053	46.796688	-97.802307	-95.752084	-94.110451	808.919556
-94.110451	808.919556	229.448746	133.365962	34.810696	0.0000
-94.771629	795.457092	212.278326	132.139908	36.579300	0.0000
-148.279474	748.914576	1168.444548	178.880706	171.011067	0.0000

Estado

ESP 17:19
LAA 27/09/2015

Menú Principal

Datos Generales

Ingreso Datos

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Fecha Inicio: 01/05/2015 Hora Inicio: 0:00

Fecha Final: 31/05/2015 Hora Final: 23:50

Intervalo de Tiempo (min): 10

Calcular Ver en Excel

Energía (MWh) Demanda Máxima (MW)

Factor de Carga (pu) Fecha

Factor de pérdidas (pu) Demanda Media (MW)

Pérdidas en el Conductor (MWh) Demanda Mínima (MW)

Fecha

Pérdidas en el Cobre del Transm...

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Calcular

Pérdidas en el Conductor (MWh)

	kVARh	est	kWh
	int	rec	int
	25.463783		0.000000
	25.596388		0.000000
	25.728993		0.000000
	25.861598		0.000000
	25.994203		0.000000
	26.126808		0.000000
	26.259413		0.000000
	26.392018		0.000000
	26.524623		0.000000
	26.657228		0.000000
	26.789833		0.000000
	26.922438		0.000000
	27.055043		0.000000
	27.187648		0.000000
	27.320253		0.000000
	27.452858		0.000000
	27.585463		0.000000
	27.718068		0.000000
	27.850673		0.000000
	27.983278		0.000000
	28.115883		0.000000
	28.248488		0.000000
	28.381093		0.000000
	28.513698		0.000000
	28.646303		0.000000
	28.778908		0.000000
	28.911513		0.000000
	29.044118		0.000000
	29.176723		0.000000
	29.309328		0.000000
	29.441933		0.000000
	29.574538		0.000000
	29.707143		0.000000
	29.839748		0.000000
	29.972353		0.000000
	30.104958		0.000000
	30.237563		0.000000
	30.370168		0.000000
	30.502773		0.000000
	30.635378		0.000000
	30.767983		0.000000
	30.900588		0.000000
	31.033193		0.000000
	31.165798		0.000000
	31.298403		0.000000
	31.431008		0.000000
	31.563613		0.000000
	31.696218		0.000000
	31.828823		0.000000
	31.961428		0.000000
	32.094033		0.000000
	32.226638		0.000000
	32.359243		0.000000
	32.491848		0.000000
	32.624453		0.000000
	32.757058		0.000000
	32.889663		0.000000
	33.022268		0.000000
	33.154873		0.000000
	33.287478		0.000000
	33.420083		0.000000
	33.552688		0.000000
	33.685293		0.000000
	33.817898		0.000000
	33.950503		0.000000
	34.083108		0.000000
	34.215713		0.000000
	34.348318		0.000000
	34.480923		0.000000
	34.613528		0.000000
	34.746133		0.000000
	34.878738		0.000000
	35.011343		0.000000
	35.143948		0.000000
	35.276553		0.000000
	35.409158		0.000000
	35.541763		0.000000
	35.674368		0.000000
	35.806973		0.000000
	35.939578		0.000000
	36.072183		0.000000
	36.204788		0.000000
	36.337393		0.000000
	36.470000		0.000000
	36.602605		0.000000
	36.735210		0.000000
	36.867815		0.000000
	37.000420		0.000000
	37.133025		0.000000
	37.265630		0.000000
	37.398235		0.000000
	37.530840		0.000000
	37.663445		0.000000
	37.796050		0.000000
	37.928655		0.000000
	38.061260		0.000000
	38.193865		0.000000
	38.326470		0.000000
	38.459075		0.000000
	38.591680		0.000000
	38.724285		0.000000
	38.856890		0.000000
	38.989495		0.000000
	39.122100		0.000000
	39.254705		0.000000
	39.387310		0.000000
	39.520000		0.000000

Estado

17:48 27/09/2015

Menú Principal

Ingreso de Registros

Datos Generales

Ingreso Datos

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Fecha Inicio: 01/05/2015 Hora Inicio: 0:00

Fecha Final: 31/05/2015 Hora Final: 23:50

Intervalo de Tiempo (min): 10

Calcular Ver en Excel

Energía (MWh) Demanda Máxima (MW)

Factor de Carga (pu) Fecha

Factor de pérdidas (pu) Demanda Media (MW)

Pérdidas en el Conductor (MWh) Demanda Mínima (MW)

Fecha

Pérdidas en el Cobre del Transm...

Pérdidas Resistivas de Potencia a Demanda Máxima (kW)

Calcular

Pérdidas en el Conductor (MWh)

	VARh	kWh
	int	rec int
	3.650494	0.000000
	3.815884	0.000000
	3.981274	0.000000
	4.146664	0.000000
	4.312054	0.000000
	4.477444	0.000000
	4.642834	0.000000
	4.808224	0.000000
	4.973614	0.000000
	5.139004	0.000000
	5.304394	0.000000
	5.469784	0.000000
	5.635174	0.000000
	5.800564	0.000000
	5.965954	0.000000
	6.131344	0.000000
	6.296734	0.000000
	6.462124	0.000000
	6.627514	0.000000
	6.792904	0.000000
	6.958294	0.000000
	7.123684	0.000000
	7.289074	0.000000
	7.454464	0.000000
	7.619854	0.000000
	7.785244	0.000000
	7.950634	0.000000
	8.116024	0.000000
	8.281414	0.000000
	8.446804	0.000000
	8.612194	0.000000
	8.777584	0.000000
	8.942974	0.000000
	9.108364	0.000000
	9.273754	0.000000
	9.439144	0.000000
	9.604534	0.000000
	9.769924	0.000000
	9.935314	0.000000
	10.100704	0.000000
	10.266094	0.000000
	10.431484	0.000000
	10.596874	0.000000
	10.762264	0.000000
	10.927654	0.000000
	11.093044	0.000000
	11.258434	0.000000
	11.423824	0.000000
	11.589214	0.000000
	11.754604	0.000000
	11.920000	0.000000

Estado

17:43 27/09/2015



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Mayra del Rocío Guashco Rubio.

En la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de octubre del 2015.

Ing. Ibeth Delgado

DIRECTORA

Ing. Xavier Montaluisa

**DOCENTE DESIGNADO
POR EL DEPARTAMENTO**

Ing. Katya Torres

DIRECTORA DE LA CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO