



ESTUDIO DE CONFIABILIDAD Y AUTOMATIZACION DE LA DISTRIBUCION EN LAS REDES DE
NIVEL DE TENSION II

JHON JAIRO BARBOSA SANTOS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2011



ESTUDIO DE CONFIABILIDAD Y AUTOMATIZACION DE LA DISTRIBUCION EN LAS REDES DE
NIVEL DE TENSION II

JHON JAIRO BARBOSA SANTOS

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Director
SERGIO GUZMAN BENAVIDES
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2011

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, febrero de 2.011

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi querida hermana y a Dios a quien todo le debo.
A mis padres, Nelly y Blas que me apoyaron incondicionalmente en todo este camino
recorrido, supieron comprenderme y estar siempre allí para cuando
yo los necesité. Este es el fruto a todos sus esfuerzos, pues siempre serán mi
ejemplo a seguir, gracias por enseñarme a ser quien soy.
A mi hija Valentina , quien es mi motor moral para lograrlo todo, a la roca de mi hogar Johana mi
futura esposa que con su paciencia y amor incondicional a creído en mi siempre.
A mis hermanos Camilo Ernesto, Diego Armando y Lucia Cristina
que desde el cielo nos cuidan y nos recuerda que debemos estar unidos,
ellos son el patrimonio invaluable de mi vida,
por ellos lucho día a día para poder proporcionarles el futuro que se merecen.
A toda mi familia y en especial a mis amigos que me acompañaron
incondicionalmente en este largo camino que hoy termina.

Jhon Jairo

AGRADECIMIENTOS

Al Señor Todopoderoso que me permitió culminar este gran reto personal.

A mis padres Nelly y Blas Eugenio, a mis hermanos Camilo Ernesto, Diego Armando y Lucia Cristina, a mi hija Valentina y a mi esposa Johana, quienes son mi fuente de inspiración y siempre me apoyaron y animaron en este duro desafío.

Al Ingeniero Sergio Guzmán quien creyó en mis conocimientos, capacidades, cualidades y actitudes; y por ello fue el principal pilar para mi vinculación en E.C.S como investigador universitario.

Al Ingeniero Diego Galvis Correa quien me guió en todo mi transcurso en E.C.S, y más que mi guía me demostró una vez mas ser un gran amigo.

A mis amigos Jesús Andrés Soto por el apoyo en la vinculación a la universidad , Miguel Urrea, Marlon Rodriguez y Diego Rodríguez quienes me acompañaron durante mi bachillerato y universidad y día a día compartieron mis éxitos así como mis problemas e inconvenientes. Siempre estuvieron allí incondicionalmente cuando los necesité.

A mis tías Gloria Torres, Narda Santos, Susana Santos, Luisa Santos, Cristian Santos por su cariño y aporte de mil formas para que llegar tan lejos como fuera posible.

A mis amigos incondicionales de estudio, Diana Aguilar, Oscar Medina y Jorge Camargo quienes siempre estuvieron ahí para apoyarme y afrontar las dificultades de realizar una carrera universitaria

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	6
1.1. DESCRIPCION DEL AREA ESPECIFICA DE TRABAJO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. OBJETIVO GENERAL	8
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO	9
4. RECOPIACION DE LA INFORMACION	11
4.1. PROBABILIDADES UNITARIAS DE FALLA	15
4.2. VALORES CARACTERISTICOS DE LA FUNCION DE PROBABILIDADES HALLADAS	17
4.3. ANALISIS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD HALLADAS	17
4.4. CONVERSION DE BASE DE DATOS SPARD A SPARD POWER	20
4.5. PARAMETRIZACION DE CIRCUITOS	21
4.6 REALIZACION DE LA PRUEBA DE OPERACIÓN DE PROTECCIONES	31
5. SIMULACIONES DES Y FES ANUALES PROBABILISTICOS SIN RECONECTADORES DEMAS EQUIPOS DE CORTE	32
5.1. SIMULACION PROBABILISTICA CON RECONECTADORES Y CORTACIRCUITOS	34
5.2. COMPARACION DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PROBABILISTICAS	35
6. ALGORITMO GENETICO PARA REUBICACION OPTIMA DE RECONECTADORES	36
6.1 UBICACION DE RECONECTORES	38
6.2 UBICACIÓN DE CORTA CIRCUITOS	40

7. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS RECONECTADORES, DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES	43
8. PRESUPUESTO DE LA INVERSION	44
9. LA COMISION REGULADORA DE ENERGIA Y GAS (CREG)	45
10. GLOSARIO	49
11.CONCLUSIONES	51
12. BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estadística de fallas y suspensión del servicio E. PD norte	17
Figura 2. Estadística de fallas y suspensión del servicio E. PD SUR	18
Figura 3. Código para estadística de falla y suspensión del servicio	19
Figura 4. Función de densidad de probabilidad de interrupción	20
Figura 5. Función de densidad de probabilidad de duración de interrupción	21
Figura 6. Tabla de valores característicos de la función de probabilidades halladas	22
Figura 7. Imágenes de la inspección de fallas por vegetación	23
Figura 8. Imágenes de la inspección de fallas por vegetación	24
Figura 9. Ubicación de las imágenes de las fallas por vegetación	24
Figura 10. Topología ya convertida a Spard Power	25
Figura 11. Ubicación del nodo flotante y reporte Excel	27
Figura 12. Circuito completo con flujo de carga BOTE 2	28
Figura 13. Ubicación del nodo flotante en el reporte en Excel	28
Figura 14. Ubicación del nodo flotante por medio de barras y nombre de nodo	29
Figura 15. Señalización del nodo flotante	30
Figura 16. Como dibujar un generador por el menú o por medio de barras inferiores	31
Figura 17. Elementos utilizados por el software	32
Figura 18. Datos para transformador de corriente	33
Figura 19. Datos para relés de protección	33
Figura 20. Datos para generadores	34
Figura 21. Datos para interruptores	34
Figura 22. Datos para nodos	35
Figura 23. Datos para líneas de transmisión	35
Figura 24. Ejemplo de operación de protecciones	36

Figura 25. Tabla de datos del DES Y FES sin reconectores 38

Pag.

Figura 26. Tabla de datos del DES Y FES con reconectores 39

Figura 27. Grafica del proceso de cruce genético y mutación de cromosomas 42

Figura 28. Tabla de ubicación de reconectores 44

Figura 29. Tabla de ubicación de corto circuitos 47

Figura 30. Diseño de sistema de comunicación 48

Figura 31. Tabla de presupuesto de la inversión 49

Figura 32. Tablas para hallar el incentivo trimestral de calidad 53

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTUDIO DE CONFIABILIDAD Y AUTOMATIZACION DE LA
DISTRIBUCION EN LAS REDES DE NIVEL DE TENSION DOS

AUTOR: JHON JAIRO BARBOSA SANTOS

FACULTAD: Ing. ELECTRÓNICA

DIRECTOR: SERGIO GUZMAN BENAVIDES

RESUMEN:

Los planteamientos establecidos inicialmente para el desarrollo de este proyecto de investigación "Estudio de confiabilidad y automatización de las redes de nivel de tensión de dos" fueron:

La recopilación de la información de interrupciones: fue efectuada en dos etapas. En la primera, se tomaron fotos de las planillas de subestación o Reporte Diario de Operación (Esto debido a que la información necesaria para dicho estudio no se encontraba en medio electrónico), y en la segunda, se filtró y ordeno la información electrónica suministrada por la empresa modelo. Probabilidades unitarias de falla: Para la determinación de las funciones de probabilidad necesarias para la simulación de eventos de falla y con ello la evaluación del comportamiento futuro del sistemas bien sea con o sin equipos de corte adicionales, se determinaron inicialmente, y en forma minuciosa, de la información recopilada, las duraciones y número de interrupciones clasificadas por tipo de falla durante el periodo comprendido. Simulación probabilística sin equipos de corte en la red: Una vez obtenida la topología de la base de datos de Spard, estos circuitos fueron simulados en el Spard Power, el cual, utilizando la funciones de probabilidad y los valores característicos procedió a calcular (utilizando el método de Montecarlo) los DES y FES más cercanos de cada nodo de cada circuito. Simulación con equipos de corte y seccionamiento: la ubicación óptima de equipos de corte y seccionamiento se realizara con el fin único de disminuir las fallas en las redes. Nuevamente se obtendrán los promedios del FES y DES, para poder compararlos directamente con las simulaciones sin equipos de corte y seccionamiento mencionadas anteriormente. Acople con resolución CREG 097 de 2008: Es necesario que el proyecto se rija por la normatividad vigente. Se incluirán los nuevos indicadores de calidad, permitiendo conocer el /TAO, IRAD, NTT, !1Dtn,m ,EPU, NTG, ITG y demás indicadores, además de la energía no suministrada al usuario. Viabilidad Económica: Son indiscutibles los beneficios que un equipo de corte y seccionamiento puede llegar a prestar desde el punto de vista de calidad del servicio a una red eléctrica. Sin embargo, será necesario estudiar los indicadores de calidad y analizar siestos sobrepasan las metas propuestas o síla instalación de un equipo de corte y seccionamiento en la red no es necesaria.

PALABRAS CLAVE:

- Calidad del servicio, DES (Duración Equivalente de Servicio), FES (Frecuencia Equivalente de Servicio), Spard® mp Power, Reconectores, Cortocircuito, Curva de Carga, CREG, Subestación, Transmisión de energía eléctrica, Confiabilidad, Falla.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: STUDY OF RELIABILITY AND AUTOMATION OF DISTRIBUTION
NETWORK VOLTAGE LEVEL TWO
AUTHOR: JHON JAIRO BARBOSA SANTOS
FACULTY : ELECTRONIC ENGINEERING
DIRECTOR: SERGIO GUZMAN BENAVIDES

ABSTRACT

The approach initially established for the development of research project "Study of reliability and automation of voltage level networks of two" were:

The collection of information gaps: it was conducted in two stages. In the first, took pictures of the forms of substation Daily Report of Operations (This is because the information necessary to this study did not address was in the middle), and in the second, filter and sort the electronic information provided by the company model. Unit probability of failure: For the determination of the functions likely needed for the simulation of fault events and thus future performance evaluation systems either with or without equipment additional cutting, were initially determined, and thoroughly, in the information collected, the duration and number of interruptions classified by type of failure during the period. Simulation probability without cutting equipment in the network: Once the topology data base of Sparda, these circuits were simulated in the Sparda Power, which, using the probability functions and values characteristic proceeded to calculate (using the Monte Carlo method) the DES and FES nearest each node of each circuit. Simulation equipment cutting and sectioning: the optimal location and cutting equipment switching is done with the sole purpose of reducing failures networks. Will again FES averages and DES, to compared directly with simulations without cutting equipment sections mentioned above. Attach resolution CREG 097, 2008: It is necessary that the project is governed by existing regulations. It include new indicators of quality, allowing to know the ITAD, IRAD, NTT, .IIDtn, m, EPU, NTG, ITG and other indicators, in addition to energy provided to the user. Economic viability: the benefits are undeniable cutting equipment and isolation can become delivered from the standpoint of quality a grid service. However, it is necessary to study quality indicators and analyze whether these exceed the targets set or if the installation of equipment and breaking into the network is not necessary.

KEYWORDS:

u Quality of service, DES (Equivalent Length of Service), FES (Frequency Equivalent Service), mp Sparda ® Power, reclosers, Short Circuit, Load Curve, CREG, substation, power transmission, Reliability, Fault.

INTRODUCCION

La necesidad de un proceso de automatización del sistema eléctrico y mejora de la calidad del servicio prestado en las redes eléctricas del país requirió la realización del estudio de confiabilidad cuyo objetivo principal fue el análisis y posibles soluciones a las interrupciones en los circuitos de nivel II ($1 \text{ Kv} \leq V_n \leq 30 \text{ Kv}$).

La problemática de la suspensión del servicio eléctrico en ciertas zonas del país y el sobre costo en los precios del servicio nos obligaron a analizar, mejorar y aplicar soluciones a dichos problemas, garantizando la continuidad del servicio a costos más bajos para el usuario y mayores ganancias para las empresas prestadoras del servicio.

El otro lado de la moneda lo vive el crecimiento diario que tiene nuestra tecnología. En la actualidad, ésta ha avanzado a tal punto que los procesos mecánicos o manuales están a punto de desaparecer para darle paso a una era totalmente automatizada y digital.

Hoy en día, no es suficiente implementar un proceso industrial que realice una tarea específica si no se tienen en cuenta tres herramientas necesarias en este tipo de procesos: Control, Automatización y Protección.

Es por ello que decido realizar este estudio de mejoramiento de la infraestructura eléctrica de una zona del país, por medio de la utilización de un software (Spard Power) que ha sido creado y desarrollado por la empresa E.C.S, que me dio la oportunidad de realizar esta investigación que se llevo a cabo en una serie de pasos.

Realice la recolección de información de las salidas de servicio de algunos circuitos al azar, los cuales representan cualquier circuito del país. Partiendo de esta información, se simuló los circuitos para comparar las pérdidas y ganancias con las nuevas mejoras, de manera que fue posible conocer dónde realizar los cambios en puntos estratégicos y exactos de la infraestructura eléctrica del circuito, evitando pérdidas y cortes de servicio por parte de la empresa que tendrá que realizar una gran inversión en estos equipos que mejoraran la calidad del servicio. La empresa recuperará esta inversión en poco tiempo prestando un mejor servicio, más estable, más económico, más rentable y generando ganancias a la vez que se moderniza su infraestructura eléctrica como tal, evitando multas y suspensiones por incumplimiento en indicadores.

La prioridad del operador de red es el consumidor final, el cual se ve afectado por los cortes inesperados, pero con la realización de estas mejoras se garantizara una mejor calidad de vida y un ahorro en los gastos del núcleo familiar y empresarial.

Problemas como éste se presentan a diario en nuestro país, pero vale la pena tener todas las herramientas necesarias para así poder prevenir y remediar éste tipo de inconvenientes de la forma más adecuada posible.

GLOSARIO

❖ Calidad del servicio

La calidad de servicio es el conjunto de características técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los órganos competentes de la administración.

La calidad de servicio viene configurada por el siguiente contenido:

- continuidad del suministro, relativa al número y duración de las interrupciones del suministro.
- calidad del producto, relativa a las características de la onda de tensión.
- calidad en la atención y relación con el cliente, relativa al conjunto de actuaciones de información asesoramiento, contratación, comunicación y reclamación.

- ❖ DES Duración Equivalente de Servicio
- ❖ FES Frecuencia Equivalente de Servicio

La regulación definió los indicadores de duración equivalente del servicio (DES) y frecuencia equivalente del servicio (FES). Por medio de estos, se definieron metas de confiabilidad que se utilizan para verificar el cumplimiento de los niveles mínimos de calidad del servicio al cual tienen derecho los clientes.

Esos indicadores deben reportarse cada mes por parte del operador de red al ente regulador (CREG) de acuerdo con un cálculo realizado trimestre corrido.

Si en un momento determinado un operador de red no cumple con los valores mínimos de calidad de servicio, el cliente tiene derecho a que en la próxima facturación el operador de red lo compense, reajustando el valor de su cuenta.

Los operadores de red deben informar a sus clientes los indicadores meta y los indicadores reales.

❖ **Spard® *mp* Power**

Simulador de sistemas de potencia para efectos de visualizar fenómenos de cortocircuito, sobrecarga, Simulación de Fallas y Restauración del Servicio, Predicción de la Tasa de Fallas (DES y FES) para una topología dada con un modelo de Simulación Probabilístico, Análisis de Armónicos y Reconfiguración Óptima de Redes Radiales, Ubicación Óptima de Nuevas Subestaciones entre otras.

❖ **Reconectores**

Dispositivo de interrupción (interruptor) de carga eléctrica, con posibilidad de recierre automático ajustable, monitoreo y operación telecontrolada.

❖ **Cortocircuito**

El cortocircuito, térmico conocido comúnmente como fusible, es un elemento de seguridad que se inserta en un circuito eléctrico como medida preventiva de protección.

❖ **Curva de Carga**

Curva diaria con muestras horarias representativas de la demanda de energía de un circuito eléctrico

❖ **CREG**

La **Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)** por sus siglas) es la entidad colombiana encargada de regular los servicios de electricidad y gas según se establece en la ley 142 y 143

de 1994. Fue creada por el Gobierno Nacional de Colombia con el fin de regular las actividades de los servicios públicos.

❖ Clasificación de acuerdo con los niveles de tensión :

En sistemas de distribución según resolución CREG 022 de 2.002

Nivel IV $\rightarrow 57.5 \text{ Kv} \leq V_n \leq 220 \text{ Kv}$

Nivel III $\rightarrow 30 \text{ Kv} \leq V_n \leq 57.5 \text{ Kv}$

Nivel II $\rightarrow 1 \text{ Kv} \leq V_n \leq 30 \text{ Kv}$

Nivel I $\rightarrow \leq V_n \leq 1 \text{ Kv}$

❖ Interrupción

Ausencia de tensión y corriente al presentarse un evento programado o no programado.

❖ Interruptor de uso general

Dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente, cumple funciones de control y no de protección.

❖ Línea de transmisión

Un sistema de conductores y sus accesorios, para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación. Un circuito teórico equivalente que representa una línea de energía o de comunicaciones.

❖ Nodo

Parte de un circuito en el cual dos o más elementos tienen una conexión común.

❖ Sobrecarga

Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

❖ Sobretensión

Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

❖ Subestación

Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

❖ Transmisión de energía eléctrica

Transferencia de grandes bloques de energía eléctrica, desde las centrales de generación hasta las áreas de consumo.

❖ Usuario

Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público.

❖ Carga

La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

❖ Capacidad de corriente

Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

❖ Confiabilidad

Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

❖ Circuito eléctrico

Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos.

❖ Daño

Consecuencia material de un accidente.

❖ Desastre

Situación catastrófica súbita que afecta a gran número de personas.

❖ Electricidad

El conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio. El suministro de electricidad al usuario debe entenderse como un servicio de transporte de energía, con una componente técnica y otra comercial.

❖ Empresa

Unidad económica que se representa como un sistema integral con recursos humanos, de información, financieros y técnicos que produce bienes o servicios y genera utilidad.

❖ Error

Acción o estado desacertado o equivocado, susceptible de provocar avería o accidente.

❖ Falla

Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

❖ Fase

Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

❖ Generador

Persona natural o jurídica que produce energía eléctrica, que tiene por lo menos una central o unidad generadora. También significa equipo de generación de energía eléctrica incluyendo los grupos electrógenos.

❖ **Instalación eléctrica**

Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica.

❖ **Inspección**

Conjunto de actividades tales como medir, examinar ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.

❖ **Nodo Flotante**

El nodo flotante se identifica por encontrarse en el mismo punto de generación del circuito, el cual nos permite ubicarnos rápidamente donde inicia la topología del circuito para poder ubicar de forma óptima los reconectores y demás elementos para el respectiva análisis.

Es de gran ayuda para poder manipular el circuito ya que ahí circuitos de gran tamaño que no permiten a simple vista ver el inicio de su topología.

❖ **ITAD_{n,p}**

El índice Trimestral Agrupado de la Discontinuidad (ITAD_{n,p}) es el índice medio de la calidad del servicio prestado por un OR y es calculado por el OR a partir de los registros de las interrupciones consignadas en la base de datos de calidad del SUI ocurridas en su sistema de distribución durante el trimestre de evaluación.

❖ **ITG_{n,q,p}**

Es el índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad.

❖ **NTG_{n,q,p}**

Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad, medido en KWh, que considera las interrupciones en cada grupo de calidad q, del Nivel de Tensión n, durante el trimestre p.

❖ **$VT_{n,q,p}$**

Ventas de energía asociadas al grupo de calidad q , en el nivel de Tensión n y para el trimestre p , en KWh, según información reportada en la base de datos comercial del SUI.

❖ **$NTT_{n,t,q,p}$** :

Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador, medido en KWh, de cada transformador t , que pertenece al grupo de calidad q y al nivel de tensión n , para el trimestre p .

❖ **$DTT_{n,t,q,p}$**

Duración Trimestral, calculada como la sumatoria en horas de las interrupciones del transformador T , perteneciente al grupo de calidad q , y al Nivel de Tensión n , durante el año K .

❖ **$EPUn,q,p$**

Energía promedio consumida en KWh/hora por los usuarios del nivel de tensión n y del grupo de calidad q durante el trimestre p , según información reportada por el OR en la base de datos comercial SUI.

❖ **$NU_{n,t,q,p}$** :

Número promedio de usuarios del transformador t , del grupo de calidad q , durante el trimestre p .

❖ **$\Delta D_{tn,m}$** :

Incentivo por Variación Trimestral de la calidad para el OR durante el mes m , aplicable al cargo por uso del nivel de tensión n , en \$ / KWh.

❖ **IRAD_{n,p}:**

Índice de Referencia Agrupado de la Discontinuidad.

❖ **ITAD_{n,p} m-4:**

Índice de Trimestral Agrupado de la Discontinuidad, estimado con base en la información de calidad del trimestre p al cual pertenece el mes m-4.

❖ **CRO_{m-1}:**

Costo de racionamiento CRO1 calculado por la UPME para el mes de m-1.

1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Energy Computer System Ltda es una compañía colombiana especializada en el desarrollo y comercialización de software para sistemas de distribución y transmisión eléctrica. Desde su fundación en 1.992, ECS suministra sus productos a Suramérica, Centro América, USA e India.

Sus fundadores el Ingeniero Alemán Thomas Mach y el ingeniero colombiano Sergio Benavidez

El nombre de ECS es sinónimo de innovación tecnológica y de crecimiento económico y sostenido.

En la ciudad de Bogotá, su principal centro de operaciones en el país y cabeza de la Región Andina, la empresa basa su economía, productos y servicios en la fabricación de software .

1.1. Descripción del área específica de trabajo

ECS posee una amplia experiencia en procesos de análisis de la red eléctrica, así como optimización de la red.

El departamento o área en el cual se realizó el proyecto de investigación es simulación de sistemas de potencia avanzado SPARD POWER.

SPARD® mp Power es un software gráfico que permite simular, analizar y optimizar un sistema eléctrico de potencia de un sistema de transmisión o distribución eléctrica o de una planta industrial. Es el programa de más fácil e intuitivo uso en el mercado. Mediante un simple clic en cualquier elemento de la red, se muestran voltajes, corrientes, sobrecargas, maniobras operación de elementos de protección, etc.

Energy Computer Systems Ltda. aporta el software necesario para la ejecución el presente estudio y a su vez, colabora de forma voluntaria en la consultoría y asesoría del estudiante.

Este departamento ofrece los siguientes servicios y soluciones:

❖ Estabilidad transitoria

Análisis detallado y gráfico de la estabilidad del sistema de potencia y de sus elementos como motores y máquinas sincrónicas ante fallas o ante cualquier evento que afecte transitoriamente el estado normal del sistema. Puede simular secuencias completas de eventos.

❖ **Análisis del sistema de potencia**

Contiene funciones de análisis básicos de flujos de carga, análisis de fallas, maniobras de elementos de protección y control con el fin de simular diferentes condiciones del sistema de potencia.

❖ **Funciones de optimización**

Contiene aplicaciones especializadas para la optimización de sistemas de potencia como flujo de energía óptimo, reconfiguración óptima de redes radiales, ubicación óptima de nuevas subestaciones, localización óptima de condensadores y otras.

❖ **Ajuste y operación gráfica de los elementos de protección**

Manipulación gráfica de curvas de operación de relés y simulación real de la operación de los mismos. Herramienta de coordinación óptima de protecciones.

❖ **Coordinación automática de protecciones**

Ajuste automático de los parámetros de los relés (tap, time dial y tipo de curva) para lograr una coordinación óptima de protecciones del sistema de potencia, mediante un algoritmo genético. Con esta opción se ahorran horas o semanas de trabajo de ingeniero de protecciones.

❖ **Análisis de armónicos**

Obtiene los valores de distorsión de voltaje, THD, en cada nodo del sistema, el espectrograma de frecuencia y el modelo de onda distorsionada de voltaje.

❖ **Conexión con sistemas SCADA**

ECS desarrolla interfaces con sistemas SCADA para automatización de subestaciones y/o centros de control con el fin de realizar simulaciones en tiempo real, a través de la conexión en línea entre dos programas.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Análisis, diagnóstico y posibles soluciones de los problemas de interrupción en los circuitos de nivel dos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Recopilar la información de interrupciones de los circuitos de nivel de tensión II y clasificarla de acuerdo al cuadro de Códigos para Estadística de falla y Suspensiones de Servicio estipuladas.
- ❖ Simulación de eventos probabilísticos de interrupciones en cada uno de los circuitos sin equipos de corte.
- ❖ Ubicación óptima de equipos de corte y seccionamiento (basados en los resultados de las simulaciones probabilísticas) en la troncal de cada uno de los circuitos así como en los ramales importantes del sistema.

3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

Los planteamientos establecidos inicialmente para el desarrollo de este proyecto de investigación “Estudio de confiabilidad y automatización de las redes de nivel de tensión de dos” fueron:

- La recopilación de la información de interrupciones: fue efectuada en dos etapas. En la primera, se tomaron fotos de las planillas de subestación o Reporte Diario de Operación (Esto debido a que la información necesaria para dicho estudio no se encontraba en medio electrónico), y en la segunda, se filtró y ordenó la información electrónica suministrada por la empresa modelo.
- Probabilidades unitarias de falla: Para la determinación de las funciones de probabilidad necesarias para la simulación de eventos de falla y con ello la evaluación del comportamiento futuro del sistemas bien sea con o sin equipos de corte adicionales, se determinaron inicialmente, y en forma minuciosa, de la información recopilada, las duraciones y número de interrupciones clasificadas por tipo de falla durante el periodo comprendido.
- Simulación probabilística sin equipos de corte en la red: Una vez obtenida la topología de la base de datos de Spard, estos circuitos fueron simulados en el Spard Power, el cual, utilizando la funciones de probabilidad y los valores característicos, procedió a calcular (utilizando el método de Montecarlo) los DES (Duración Equivalente de Servicio) y FES(Frecuencia Equivalente de Servicio) más cercanos de cada nodo de cada circuito.
- Simulación con equipos de corte y seccionamiento: la ubicación óptima de equipos de corte y seccionamiento se realizo con el fin único de disminuir las fallas en las redes. Nuevamente se obtuvieron los promedios del FES y DES, para poder compararlos directamente con las simulaciones sin equipos de corte y seccionamiento mencionadas anteriormente.
- Acople con resolución CREG 097 de 2008: Es necesario que el proyecto se rija por la normatividad vigente. Se incluirán los nuevos indicadores de calidad, permitiendo conocer el ITAD, IRAD, NTG, NTT, EPU, ITG, $\Delta Dt_{n,m}$ y demás indicadores, además de la energía no suministrada al usuario.

- Viabilidad Económica: Son indiscutibles los beneficios que un equipo de corte y seccionamiento puede llegar a prestar desde el punto de vista de calidad del servicio a una red eléctrica. Sin embargo, fue necesario estudiar los indicadores de calidad y analizar si estos sobrepasan las metas propuestas o si la instalación de un equipo de corte y seccionamiento en la red no es necesaria.

La metodología a desarrollar como se puede observar en la anterior relación de metas previstas a cumplir, es una introducción, después se procedió a la generación de documentos para posteriormente finalizar con la configuración de la base de datos y pruebas a realizar.

4. RECOPIACION DE LA INFORMACION

La recopilación de la información fue efectuada en dos etapas. En la primera, se tomaron fotos de las planillas de subestación o Reporte Diario de Operación (Esto debido a que la información necesaria para dicho estudio no se encontraba en medio electrónico) y en la segunda, se filtro y ordeno la información electrónica suministrada por la electrificadora.

La información obtenida en fotos fue convertida mediante un proceso manual, a información digital y compaginada con la información electrónica recibida.

La información topológica de los circuitos de nivel de tensión dos de la ciudad de Neiva fue obtenida de la base de datos de sistema de distribución directamente del contratista de levantamiento

Se tuvieron en cuenta las fotos tomadas que permitieron obtener importantes conclusiones sobre el problema. Otro punto adicional que vale la pena mencionar es el resultado de una inspección visual que realizaron los Ingenieros de ECS en las redes de la empresa modelo.

ESTADÍSTICA DE FALLAS Y SUSPENSIÓN DE SERVICIO

INCER S.A.

MES: Diciembre AÑO: 2004

HOJA: 04 DE: 05

ORD	TIEMPO					APERTURAS			SUSPENSIÓN O MANIOBRAS			ENSAYO	CARGA (KW)	OBSERVACIONES	
	APERTURA		CIERRE		TOTAL	F	FM	OE	RELE	CAUSA	OPERACION				
	DIA	HORA	DIA	HORA							Horas				MP
P	01	07:54	01	07:54	00:01	X				SIN	FLSO			1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380 y el interruptor del transformador 1380.
P	01	07:54	01	07:54	00:01	X				SIN	FLSO			4620	Se desconecta el interruptor del transformador principal 1380.
P	01	07:54	01	07:54	00:01	X								1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	01	07:54	01	07:54	00:01	X								1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	01	07:54	01	07:54	00:01	X								1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	01	13:17	01	13:19	00:02	X				SI				1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	03	12:10	03	12:12	00:02	X				BOCIN				1590	Falla en la planta de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	03	13:01	03	13:02	00:01	X				BOCIN				1590	Se desconecta el circuito de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	05	10:58	05	10:59	00:01	X				SI	FLSO			590	Cero el mundo.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X				SIN				2670	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								2670	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								590	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								4620	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								4620	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								1190	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								1190	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	06	08:48	06	08:51	00:03	X								1190	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	09	14:48	09	14:50	00:02	X								490	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	10	15:51	10	15:58	00:07	X								500	Cero el mundo.
P	10	16:16	10	17:17	01:01	X								670	Cero el mundo.
P	13	01:58	13	01:59	00:01	X				SIN				280	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	13	02:06	13	02:07	00:01	X				BOCIN				1190	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.
P	13	02:07	13	02:12	00:05	X				SI				270	Se desconecta el interruptor de la planta y se desconecta el interruptor principal 1380.

FIG 1. ESTADÍSTICA DE FALLAS Y SUSPENSIÓN DEL SERVICIO E .PD NORTE

CÓDIGOS PARA ESTADÍSTICA DE FALLA Y SUSPENSIÓN DE SERVICIO

(F) FALLA EN SUBESTACIÓN	(FL) FALLA EN LÍNEAS	(FL) CÓDIGOS DE RELÉS
FB Falso Barraje	FL 20 Vegetación	R 21 Protección Distancia
FP Falso Pararrayos	FL 21 Línea Rota	R 25 Relé de Sincronismo
FCT Falso CT	FL 22 Falso Aislamiento Asadores	R 26 Protección Térmica
FPT Falso PT	FL 23 Falso Pararrayos	R 27 Bajo Voltaje
FSE Falso Seccionador	FL 24 Bucle Abierto	R 46 Protección de Secuencia Negativa
FCD Falso Conectores	FL 25 Descarga Atmosférica	R 49 Protección de Inyección Térmica
FSA Falso Servicios Auxiliares	FL 26 Falso Cable de Guardia	R 50 Sobrecorriente Fase Instantánea
FI Falso Interruptor	FL 27 Tensileto Roto	R 51 Sobrecorriente Fase Temporizada
FI 1 Baja Presión SF6	FL 28 Transformador Distribución Quemado	R 50N Sobrecorriente Tierra Instantánea
FI 2 Baja Presión Hidráulica	FL 29 Fusión o Reparación Fusible	R 51N Sobrecorriente Tierra Temporizada
FI 3 Baja Nivel de Aceite Interruptor	FL 30 Objetos Extraños Sobre la Línea	R 59 Protección de Sobrevoltaje
FI 4 Baja Presión Aire Comprimido	FL 31 Poste Partido (Falla Estructural)	R 63 Protección de Presión y Nivel
FI 5 Falso Circuito Despar	FL 32 Dilatación de Líneas (Acortamiento)	R 64 Relé Falla a Tierra para Equipo/Máquina
FI 6 Falso Mecánica	FL 33 Falso de Conectores	R 67 Sobrecorriente Direccional
FT Falso en Transformador	FL 34 Cruzetaria y/o Herrajes en mal estado	R 67N Sobrecorriente Direccional a Tierra
FT 1 Bajo Nivel Aceite Transformador	FL 35 Sobrecarga en Circuito	R 79 Recierre
FT 2 Fuga (x) de Aceite	FL 36 Falso E.T. Transformador	R 81 Protección de Frecuencia
FT 3 Falso de Aislamiento	FL 37 Falso Terminal Premoxidado	R 85 Onda Portadora
FT 4 Sobretemperatura de Aceite	FL 38 Falso en Cable de Potencia	R 86 Protección Acorral Despar y Bloqueo
FT 5 Sobretemperatura Devanado	FL 39 Líneas Empechidas	R 87 Protección Diferencial
FT 6 Dafe Interno	FL 40 Desconexión por Falso en Otro Circuito	R 97 Protección Buchholz
FT 7 Corto en Bornes	FL 50 Causa no Conocida	R 98 Válvula de Sobrepresión
FT 8 Falso en Cable de Potencia		
FT 9 Sobrecarga	TN Topología Normal	FM Fuerza Mayor
	MP Mantenimiento Programado	OE Otras Exclusiones
	ANP Apertura No Programada	

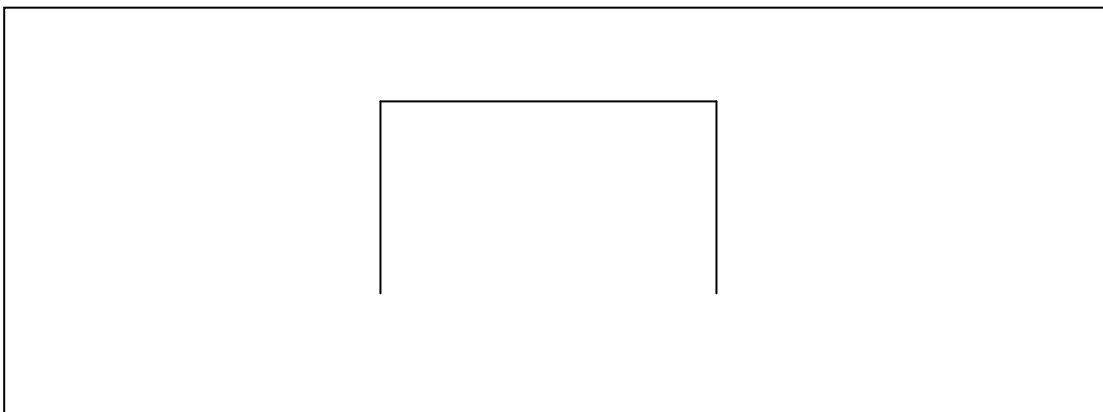
FIG 3. CODIGOS PARA ESTADISTICA DE FALLA Y SUSPENSIÓN DE SERVICIO

4.1 PROBABILIDADES UNITARIAS DE FALLA

Para la determinación de las funciones de probabilidad necesarias para la simulación de eventos de falla y con ello la evaluación del comportamiento futuro del sistema, bien sea con o sin equipos de corte adicionales, inicialmente se tomo de la información recopilada, las duraciones y número de interrupciones clasificadas por tipo de falla durante el periodo comprendido.

El procedimiento para determinar las probabilidades de interrupción fueron:

- Se sumaron para tipo de falla y por cada mes las interrupciones. Esto quiere decir que se sumaron para un tipo de falla las interrupciones de todos los circuitos en el mes. Luego se sumaron todos los resultados mensuales para obtener un número anual.
- El proceso anterior se efectuó para todos los años del análisis (2.003 a 2.007). Posteriormente se obtuvieron, para cada tipo de falla el máximo, el mínimo y el promedio de estas interrupciones. Los valores máximos y mínimos obtenidos se dividieron por el promedio para obtener así un p.u. de interrupción con respecto a la media. Estos valores unitarios de máximo y mínimos fueron divididos por la longitud total de las redes de nivel dos de la ciudad, obteniéndose un límite inferior y otro superior de ocurrencias de falla por kilómetro por unidad.
- Con los límites anteriores se estableció para cada tipo de falla una densidad de probabilidad tipo uniforme.



Límite inferior

Limit superior

FIG 4. Función de densidad de probabilidad de interrupciones

- Para la duración de las interrupciones DES (Duración Equivalente de Servicio) se efectuó un proceso similar, pero en lugar de establecer una función de densidad de probabilidad uniforme se logró obtener una función normal con una media y una desviación estándar para cada tipo de falla.

Es de aclarar que a diferencia con la distribución de duraciones, está considerada en horas que son características de cada tipo de falla y no tiene nada que ver con la longitud de los circuitos.

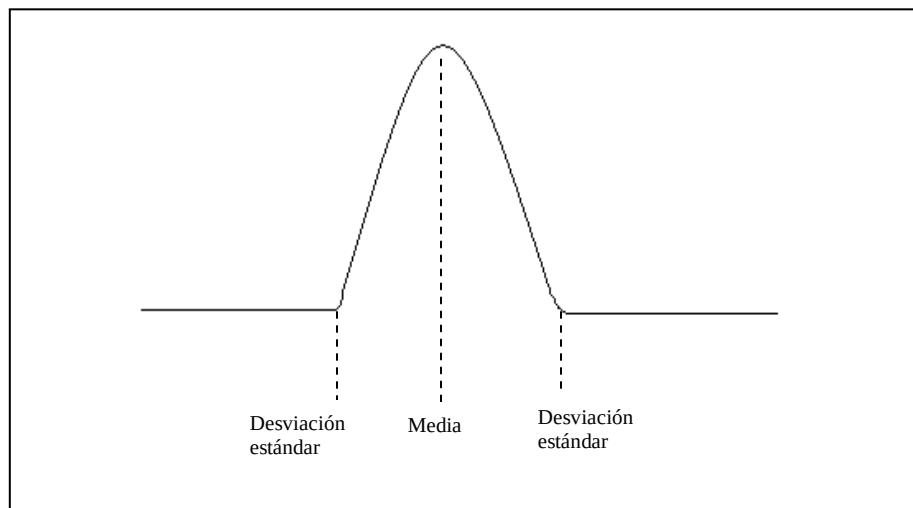


FIG 5. Función de densidad de probabilidad de duración de interrupciones

Podemos observar un ejemplo en las siguientes figuras de Excel de cómo hallar las probabilidades unitarias de fallas.

Sumatoria de todos los meses de los datos de todos los eventos presentados para el DES.

estadística electrohuila.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel														
Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista														
Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Autosuma Rellenar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar														
B5 Vegetación														
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1														
2														
3														
4	Tipo de evento	Codigo del evento	Enero 2003	Febrero	Marzo 2003	Abril 2003	Mayo 2003	Junio 2003	Julio 2003	Agosto 2003	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
5	Vegetación	FL20	0,41666667	11,2	75	35,5	0,48333333	8,11666667	23,6	26,63333333	26,53333333	19,71666667	44,93333333	
6	Línea Rota	FL21	CERO	9,53333333	CERO	5,3	0,1	0,31666667	0,36666667	0,73333333	CERO	CERO	CERO	0,03333333
7	Descarga Atmosferica	FL25	2,28333333	7,3	91,65	1,31666667	CERO	0,1	CERO	CERO	3,38333333	14,6	1,41666667	19,4
8	Objetos Extraños Sobre la Línea	FL30	0,15	0,23333333	0,53333333	2,05	3,16666667	0,1	0,03333333	3,96666667	0,73333333	19,58333333	9,33333333	
9	Manipulacion Terceros	MPT	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	0,5	5,96666667	CERO	0,75	CERO	CERO
10	Apertura no Programada	ANP	1,78333333	0,51666667	0,41666667	3,4	0,65	0,06666667	0,86666667	CERO	1,15	CERO	0,25	0,66666667
11	Falla Aislamiento Aisladores	FL22	0,33333333	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	
12	Falla Paramrayos	FL23	0,16666667	0,01666667	0,56666667	0,03333333	CERO	CERO	0,48333333	0,15	6,28333333	0,11666667	CERO	CERO
13	Bucle Abierto	FL24	0,43333333	6,8	17,55	0,41666667	0,03333333	1,61666667	4,6	16,38333333	3,48333333	0,43333333	3,23333333	2,33333333
14	Transformador Distribuidor Quemado	FL28	0,33333333	CERO	0,13333333	CERO	0,6	0,16666667	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO
15	Desconexion por Falla en otro Circuito	FL40	3,85	12,73333333	37,61666667	2,53333333	15,1	8,11666667	4	3,81666667	47,71666667	11,4	28,36666667	11,9
16	Crucetaria y/o Herrajes en mal Estado	FL34	CERO	0,51666667	0,08333333	CERO	0,45	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	0,11666667	CERO
17	Falla en Cable de Potencia	FL38	CERO	CERO	0,18333333	2,4	CERO	2,5	CERO	CERO	CERO	CERO	8,85	CERO
18	Poste Partido (Falla estructural)	FL31	CERO	CERO	CERO	0,06666667	CERO	0,01666667	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	0,01666667
19	Proteccion de Sobre voltaje	R59	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	0,7	1,16666667	CERO	0,78333333	0,01666667	CERO	CERO
20	Sobrecorriente Fase Instantanea	R50	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	CERO	3,9	0,53333333	0,05	1,08333333	CERO
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														

FIG 5. Ejemplo de cómo hallar la probabilidad unitaria de fallas

Calculo y sumatoria de máximos y mínimos junto con el promedio.

estadística electrohuila.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

BA3 DES TOTAL

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO
1															
2															
3	DES TOTAL	PROMEDIO		MAX 03	MIN 03	MAX 05	MIN 05	MAX 06	MIN 06	MAX 07	MIN 07	MAX			MIN
4															
5	785,5782333	196,394558		75	0,41666667	131,1166	0,3	38,7	0,0666	5	0,2	249,8166	1,27201386	0,98326667	0,00500659
6	68,09963333	17,0249083		9,53333333	0,03333333	29,25	0,1333	0	0	0	0	38,7833333	2,27803478	0,16663333	0,00978762
7	1364,931093	341,232773		91,65	0,1	189,9833	0,1166	23,95	0,6666	318,0666	1,6	623,6499	1,82763776	2,4832	0,00727714
8	215,2250133	53,8062533		19,5833333	0,03333333	14,95	0,1	17,5666	0,01666	16,9666	0,2	69,0665333	1,28361536	0,34999333	0,0065047
9	343,2648227	85,8162057		5,96666667	0,5	146,0166	0,533	10,2666	0,2666	4,7333	0,016666	166,983167	1,94582323	1,316266	0,0153382
10	9,76666667	2,44166667		3,4	0,06666667	0	0	0	0	0	0	3,4	1,39249147	0,06666667	0,02730375
11	0,383333333	0,09583333		0,33333333	0,05	0	0	0	0	0	0	0,33333333	3,47826087	0,05	0,52173913
12	7,81666667	1,95416667		6,28333333	0,01666667	0	0	0	0	0	0	6,28333333	3,21535181	0,01666667	0,00852878
13	57,31666667	14,3291667		17,55	0,03333333	0	0	0	0	0	0	17,55	1,22477464	0,03333333	0,00232626
14	1,233333333	0,30833333		0,6	0,13333333	0	0	0	0	0	0	0,6	1,94594595	0,13333333	0,43243243
15	187,8833333	46,9708333		47,7166667	2,53333333	0	0	0	0	0	0	47,7166667	1,01587865	2,53333333	0,05393418
16	1,166666667	0,29166667		0,51666667	0,08333333	0	0	0	0	0	0	0,51666667	1,77142857	0,08333333	0,28571429
17	13,93333333	3,48333333		8,85	0,18333333	0	0	0	0	0	0	8,85	2,54066986	0,18333333	0,05263158
18	0,1	0,025		0,06666667	0,01666667	0	0	0	0	0	0	0,06666667	2,66666667	0,01666667	0,66666667
19	2,666666667	0,66666667		1,16666667	0,01666667	0	0	0	0	0	0	1,16666667	1,75	0,01666667	0,025
20	5,566666667	1,39166667		3,9	0,05	0	0	0	0	0	0	3,9	2,80239521	0,05	0,03592814
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															

DES FES LONGITUDES RESUMEN FINAL

Listo

libro final complet c... electrohuila Dibujo - Paint - [CENTRO1.spw] Microsoft Excel - est...

FIG 5.1 Ejemplo de cómo hallar la probabilidad unitaria de fallas
Sumatoria de todos los meses de los datos de todos los eventos presentados para el FES.

estadística electrohuila.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas

BA3 FES TOTAL

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO
1															
2															
3	FES TOTAL	PROMEDIO		MAX 03	MIN 03	MAX 05	MIN 05	MAX 06	MIN 06	MAX 07	MIN 07				
4															
5	1252	313		126	3	224	1	13	1	17	1	380	1,21405751	6	0,01916933
6	264	66		11	1	215	1	0	0	0	0	226	3,42424242	2	0,03030303
7	1745	436,25		148	6	646	1	57	1	249	3	1100	2,52148997	11	0,0252149
8	477	119,25		36	1	50	2	16	1	23	1	125	1,04821803	5	0,04192872
9	276	69		17	1	22	3	26	1	6	1	71	1,02898551	6	0,08695652
10	42	10,5		12	1	0	0	0	0	0	0	12	1,14285714	1	0,0952381
11	2	0,5		1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2
12	26	6,5		10	1	0	0	0	0	0	0	10	1,53846154	1	0,15384615
13	142	35,5		43	2	0	0	0	0	0	0	43	1,21126761	2	0,05633803
14	6	1,5		2	1	0	0	0	0	0	0	2	1,33333333	1	0,66666667
15	694	173,5		174	18	0	0	0	0	0	0	174	1,00288184	18	0,1037464
16	4	1		1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
17	19	4,75		9	1	0	0	0	0	0	0	9	1,89473684	1	0,21052632
18	6	1,5		4	1	0	0	0	0	0	0	4	2,66666667	1	0,66666667
19	16	4		7	1	0	0	0	0	0	0	7	1,75	1	0,25
20	30	7,5		15	2	0	0	0	0	0	0	15	2	2	0,26666667
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															

DES FES LONGITUDES RESUMEN FINAL

Libro final complet c... electrohuila Dibujo - Paint [CENTRO1.spw] Microsoft Excel - est...

FIG 5.2 Ejemplo de cómo hallar la probabilidad unitaria de fallas

TABLA DE DATOS DE LAS LONGITUDES DE LOS CIRCUITOS PARA LA DIVISION DE LOS MAXIMOS Y MINIMOS.

estadística electrohuila.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas

A1 CIRCUITO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CIRCUITO	cod circuito	LONGITUD(m)	sin recorres	con recorres	TRANSFER							
2	Centro 1	1000048	5889,7	4	4	1							
3	Centro 2	1000049	9850,1	4	4	2							
4	Centro 3	1000050	8136,5	1	1	3							
5	Norte Granjas	1000028	9760,9	2	2	1							
6	Norte Ferias	1000027	15397,8	1	1								
7	Norte Terpel	1000031	51450,2	4	4								
8	Norte Industrial	1000029	19155,8										
9	Norte Villa Olímpica	1000030	10231			4							
10	Oriente Ipanema	1000044	17702,4	2	2	1							
11	Oriente Rioja	1000045	21059,7	3	4								
12	Oriente Vergel	1000043	21154,1	2	5	2							
13	Planta Diesel Centro	1000041	3073,9	2	1	3							
14	Planta Diesel Norte	1000039	7132,6	3	3	1							
15	Planta Diesel Rural	1000040	7066,7	3	1	2							
16	Planta Diesel Sur	1000038	10406,3	3	4	4							
17	Sur Andalucía	1000056	16645,8	4	4	4							
18	Sur Bavaria	1000052	40709,3	2	2								
19	Sur Canaima	1000201	11391	3	3								
20	Sur San Pedro	1000051	5686,7	1	1								
21	Sur Timanco	1000053	14220	5	5								
22	Bote 1	1000023	11178,9										
23	Bote 2	1000024	28048,4	1	1								
24	Bote 3	1000025	7895,1	2	3	3							
25	Lago 1	1000026	8855,1	3	3	1							
26		LONGITUD (m)	362098										
27		LONGITUD (km)	362,098										
28													
29													
30													
31													
32													

DES FES LONGITUDES RESUMEN FINAL

Listo

libro final complet c... electrohuila Dibujo - Paint - (CENTRO1.spw) Microsoft Excel - est...

ES 100% 23:53

FIG 5.3 Ejemplo de cómo hallar la probabilidad unitaria de fallas

DATOS FINALES PARA EL DES Y FES

estadistica electrohuila.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas

B5 Vegetación

DES												
Tipo de evento	Codigo del evento	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	DESV MAX	DESV MIN			
Vegetación	FL20	2,41223785	0,00957328	1,48475642	249,8166	0,98326667	196,394558	0,30916047	0,491727714	0,30916047	27,2013859	0,50065881
Linea Rota	FL21	0,10710728	0,00046019	0,04701741	38,7833333	0,16663333	17,0249083	0,02002996	0,015519072	0,01551907	127,803478	0,978762
Objetos Extraños Sobre la Linea	FL30	0,19073989	0,00096657	0,14859583	69,0665333	0,34999333	53,8062533	0,01404802	0,049209754	0,01404802	28,3615362	0,65046962
Manipulacion Terceros	MPT	0,46115462	0,00363511	0,23699718	166,983167	1,316266	85,8162057	0,074719147	0,077787357	0,07471915	94,5823232	1,53381985
Apertura no Programada	ANP	0,00938972	0,00018411	0,00674311	3,4	0,06666667	2,44166667	0,000882204	0,002186333	0,0008822	39,2491468	2,73037543
Falla Aislamiento Aisladores	FL22	0,00092056	0,00013808	0,00026466	0,33333333	0,05	0,09583333	0,000218633	4,21924E-05	4,2192E-05	247,826087	52,173913
Falla Pararrayos	FL23	0,01735258	4,6028E-05	0,00539679	6,28333333	0,01666667	1,95416667	0,003985262	0,001783587	0,00178359	221,535181	0,85287846
Bucle Abierto	FL24	0,04846754	9,2056E-05	0,03957262	17,55	0,03333333	14,3291667	0,002964974	0,013160188	0,00296497	22,4774644	0,23262576
Transformador Distribuidor Quemado	FL28	0,00165701	0,00036822	0,00085152	0,6	0,13333333	0,30833333	0,000268497	0,000161098	0,0001611	94,5945946	43,2432432
Desconexion por Falla en otro Circuito	FL40	0,13177832	0,00699626	0,12971857	47,7166667	2,53333333	46,9708333	0,000686585	0,040907434	0,00068659	1,58786481	5,3934179
Cruceteria y/o Herrajes en mal Estado	FL34	0,00142687	0,00023014	0,00080549	0,51666667	0,08333333	0,29166667	0,000207126	0,000191784	0,00019178	77,1428571	28,5714286
Falla en Cable de Potencia	FL38	0,0244409	0,00050631	0,00961986	8,85	0,18333333	3,48333333	0,004940345	0,003037852	0,00303785	154,066986	5,26315789
Poste Partido (Falla estructura)	FL31	0,00018411	4,6028E-05	6,9042E-05	0,06666667	0,01666667	0,025	3,83567E-05	7,67134E-06	7,6713E-06	166,666667	66,6666667
Proteccion de Sobrevoltaje	R59	0,00322196	4,6028E-05	0,00184112	1,16666667	0,01666667	0,66666667	0,000460281	0,000598365	0,00046028	75	2,5
Sobrecorriente Fase Instantanea	R50	0,01077056	0,00013808	0,00384334	3,9	0,05	1,39166667	0,002309074	0,001235086	0,00123509	180,239521	3,59281437
FES												
Tipo de evento	Codigo del evento	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO					
Vegetación	FL20	4,08729129	0,04694862	2,06919121	380	6	313					
Linea Rota	FL21	0,62414043	0,00552337	0,1822711	226	2	66					
Objetos Extraños Sobre la Linea	FL30	0,34521041	0,01380842	0,32933073	125	5	119,25					
Manipulacion Terceros	MPT	0,19607951	0,0165701	0,19055615	71	6	69					
Apertura no Programada	ANP	0,0331402	0,00276168	0,02899767	12	1	10,5					
Falla Aislamiento Aisladores	FL22	0,00276168	0,00276168	0,00276168	1	1	1					
Falla Pararrayos	FL23	0,02761683	0,00276168	0,01795094	10	1	6,5					

DES FES LONGITUDES RESUMEN FINAL

Libro final complet c... electrohuila Dibujo - Paint [CENTRO1.spw] Microsoft Excel - est... 23:45

4.2 VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA FUNCION DE PROBABILIDAD HALLADAS

DES Duración Equivalente de Servicio
FES Frecuencia Equivalente de Servicio

		FES		DES	
		Linf	Lsup	Med	Desv
1	Vegetación	0,046948616	4,087291286	1,484756424	0,309160474
2	Linea Rota	0,005523367	0,624140426	0,047017405	0,015519072
3	Objetos Extraños Sobre la Linea	0,013808417	0,345210413	0,148595831	0,01404802
4	Manipulacion Terceros	0,0165701	0,196079514	0,236997182	0,074719147
5	Apertura no Programada	0,002761683	0,0331402	0,00674311	0,000882204
6	Falla Aislamiento Aisladores	0,002761683	0,002761683	0,000264661	4,21924E-05
7	Falla Pararrayos	0,002761683	0,027616833	0,005396789	0,001783587
8	Bucle Abierto	0,005523367	0,118752382	0,03957262	0,002964974
9	Transformador Distribuidor Quemado	0,002761683	0,005523367	0,000851519	0,000161098
10	Desconexion por Falla en otro Circuito	0,049710299	0,480532894	0,129718566	0,000686585
11	Cruceteria y/o Herrajes en mal Estado	0,002761683	0,002761683	0,000805491	0,000191784
12	Falla en Cable de Potencia	0,002761683	0,02485515	0,009619863	0,003037852
13	Poste Partido (Falla estructura)	0,002761683	0,011046733	6,90421E-05	7,67134E-06
14	Proteccion de Sobrevoltaje	0,002761683	0,019331783	0,001841122	0,000460281
15	Sobrecorriente Fase Instantanea	0,005523367	0,04142525	0,003843343	0,001235086

FIG 6. TABLA DE VALORES CARACTERISTICOS DE LA FUNCION DE PROBABILIDAD HALLADAS.

4.3 ANALISIS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD HALLADAS

En el cuadro anterior, el tipo de falla predominante es la vegetación. Esto no presenta mayor novedad ya que realizar una simple inspección de los informes operativos diarios de las bitácoras de la subestación y demás información suministrada por la electrificadora. Es muy notable la predominancia de dicho evento. Adicionalmente en la inspección visual (fotos), es totalmente visible la vecindad de la arborización con las redes de nivel de tensión dos de la ciudad.

Este problema de confiabilidad podría solucionarse con la designación de un mayor número de cuadrillas para la poda de toda la vegetación que pretenda obstaculizar la red eléctrica. Aunque con la poda de los árboles se pueda mejorar el índice de confiabilidad de la red eléctrica de la ciudad, es recomendable el

seccionamiento de los circuitos para evitar el colapso total en caso tal de presentarse diversos factores climatológicos (viento, lluvias, etc.) y puedan llegar a producirse descargas entre el conductor y el árbol circundante.

Las otras fallas representan valores aparentemente normales o por lo menos parecidos en su magnitud a los utilizados por la CREG en la circular 037 de 2006. Su influencia se encuentra dentro de los valores estándar en la operación de este tipo de redes.

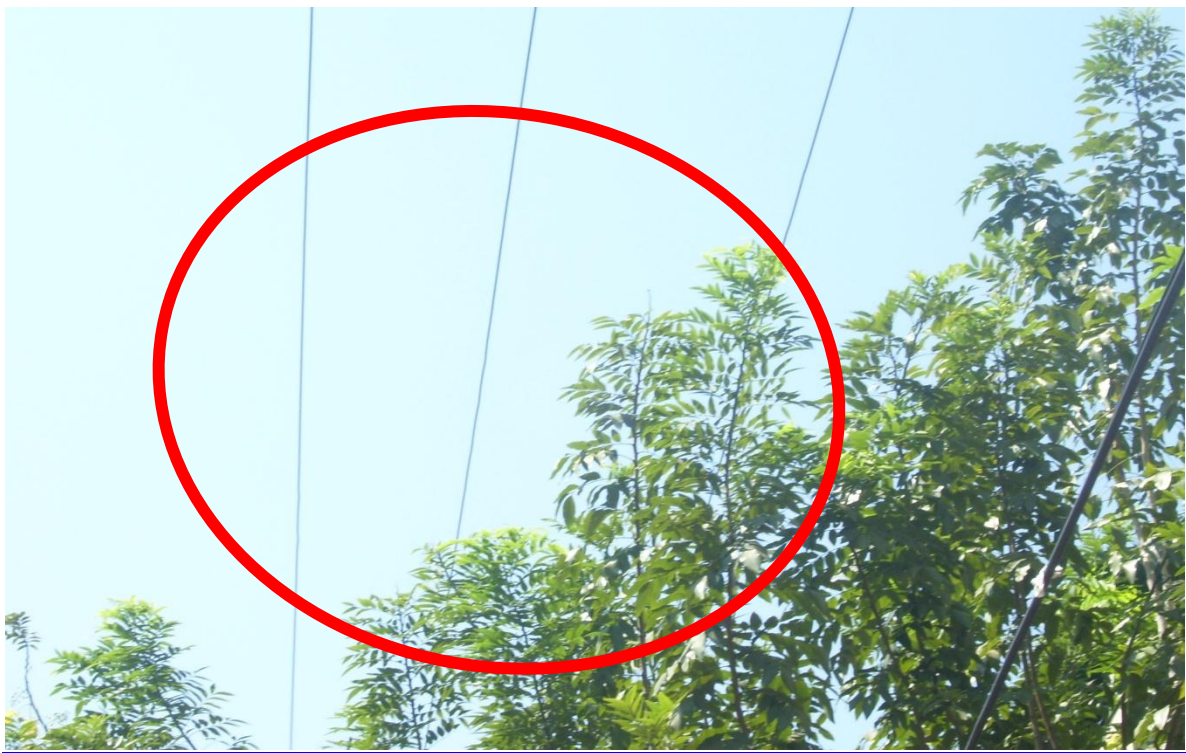


FIGURA 7. IMAGINES DE LA INSPECCION DE FALLAS POR VEGETACION

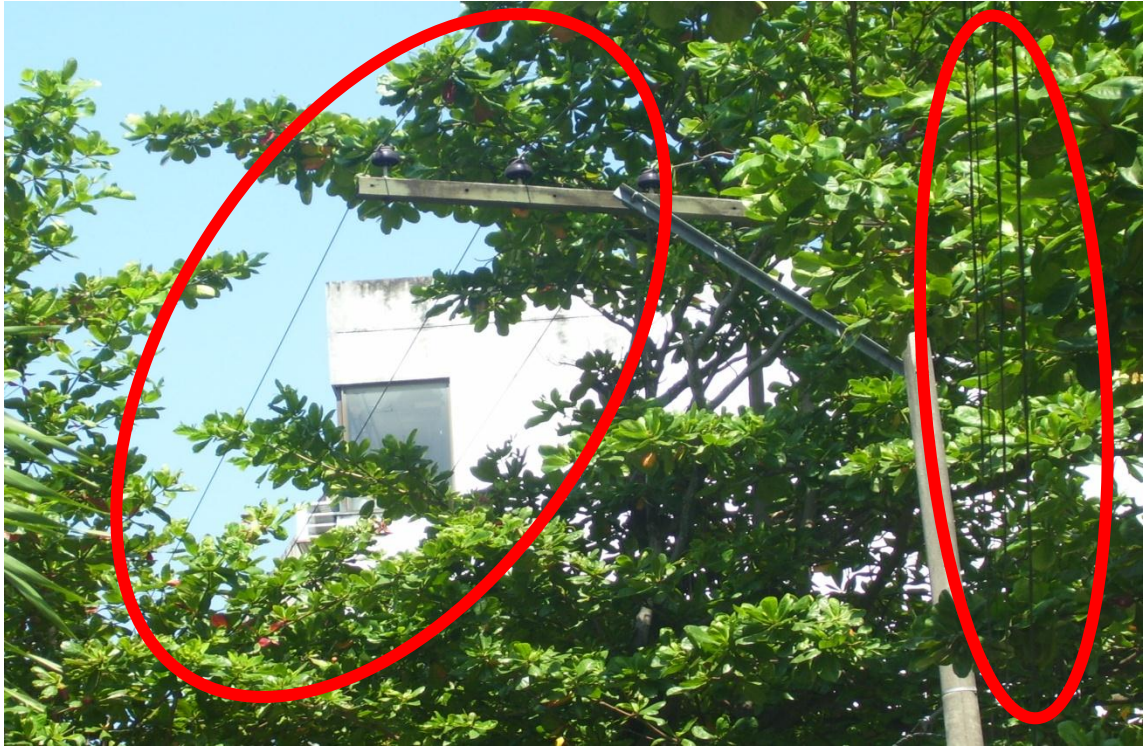


FIGURA 8. IMAGINES DE LA INSPECCION DE FALLAS POR VEGETACION

UBICACION



FIGURA 9. UBICACIÓN DE LAS IMAGINES DE LA INSPECCION DE FALLAS POR VEGETACION

4.4 CONVERSIÓN DE BASE DE DATOS SPARD A SPARD POWER

La información topológica de la base de datos de distribución SPARD de los circuitos de nivel de tensión dos de la empresa modelo fue convertida a la base de datos del simulador de eventos probabilísticos (modulo de simulador de potencia del Spard Power) mediante el módulo de lectura directa de base de datos que posee el simulador de potencia Spard Power.

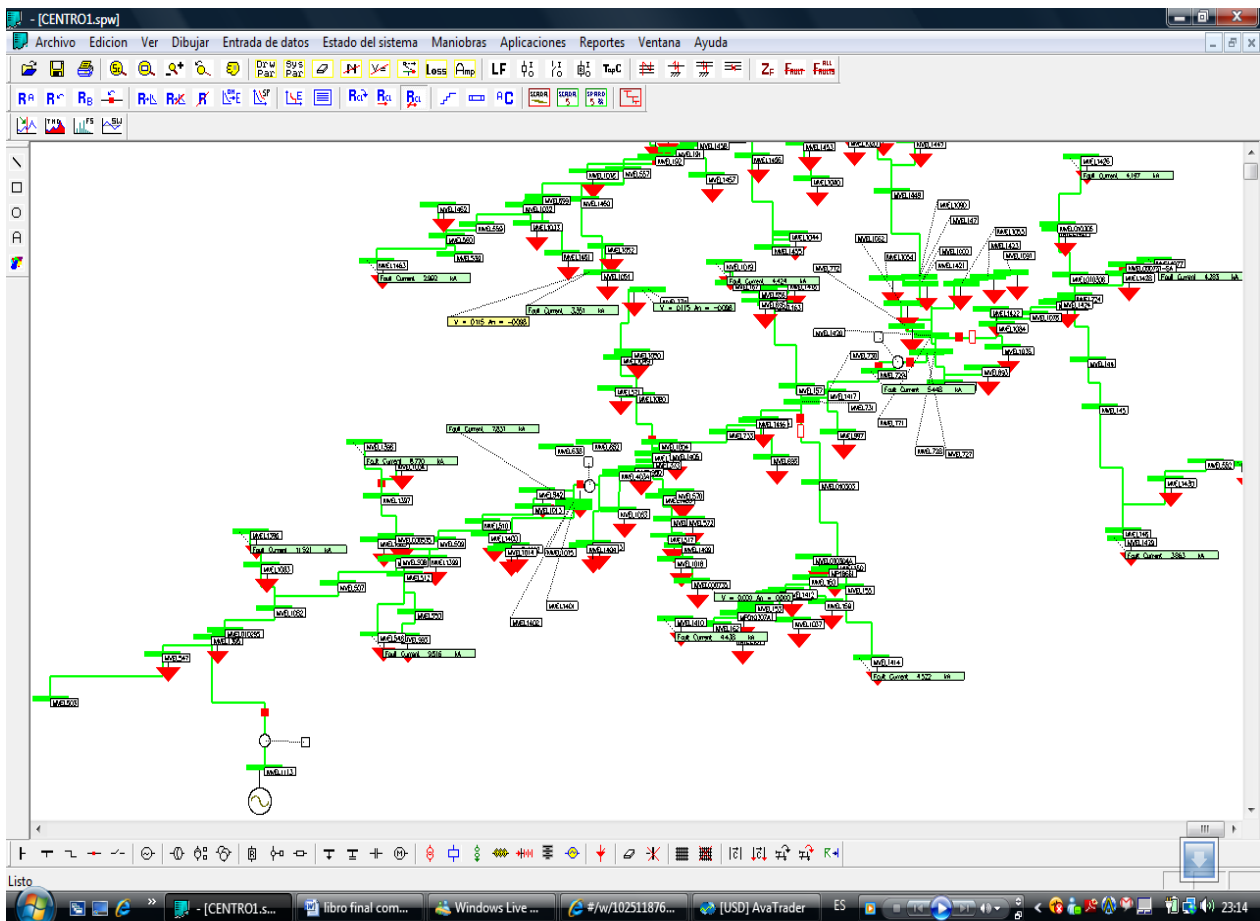
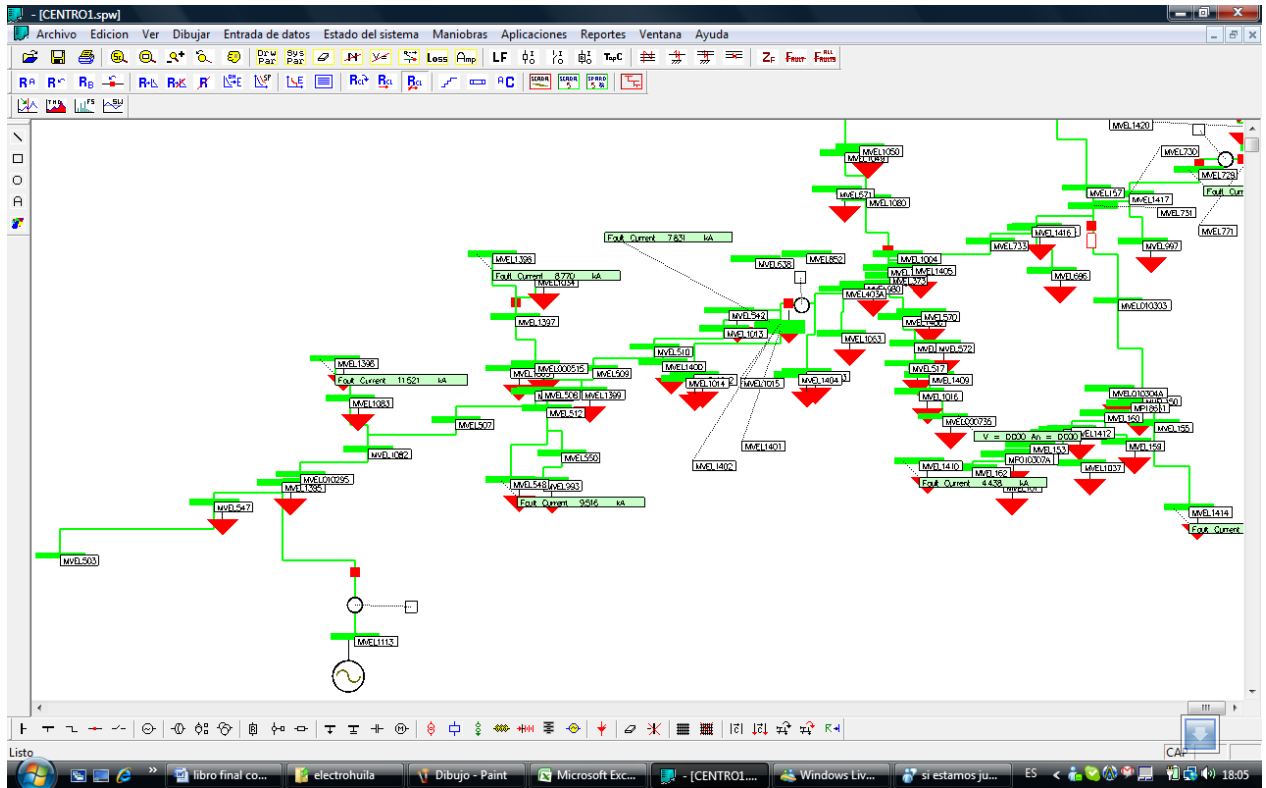
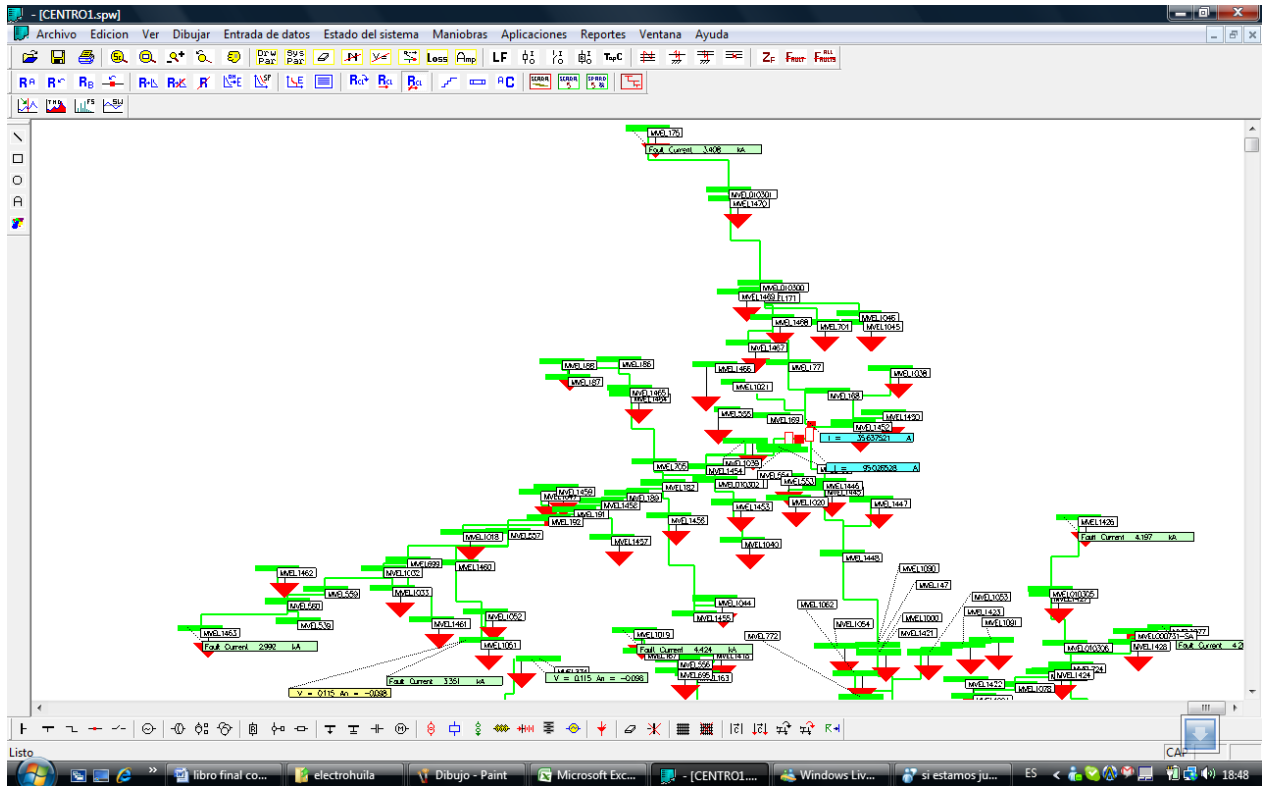
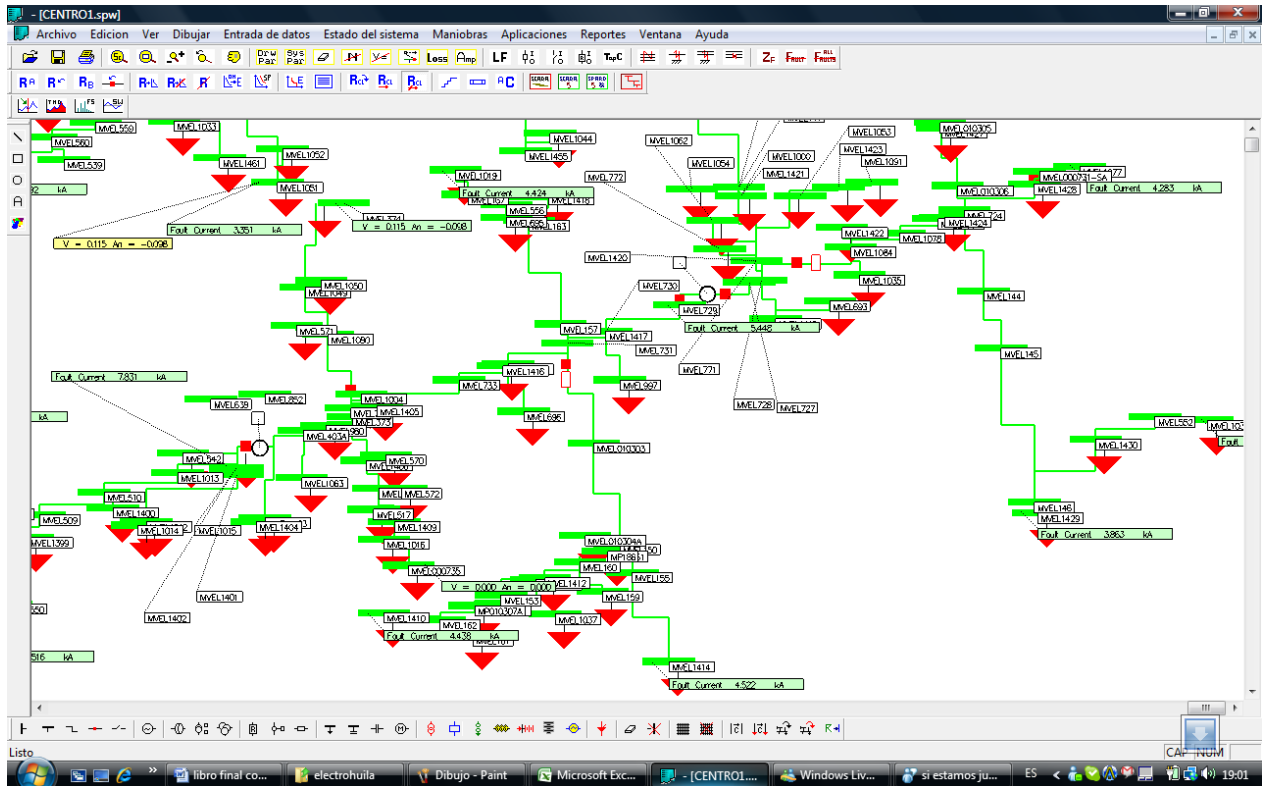


FIG. 10 TOPOLOGIA YA CONVERTIDA A SPARD POWER







4.5 PARAMETRIZACIÓN DE CIRCUITOS

Para la realización de las simulaciones es prioritario y obligatorio ubicar el nodo flotante para disponer de la protección principal de la subestación; esta protección consta de los siguientes elementos:

- Transformador de corriente (CT)
- Relé de protección
- Interruptor
- Generador
- Nodo flotante
- Nodo tipo PQ
- Línea de Transmisión
- Fusible
- Cargas con un número determinado de usuarios
- Indicadores de nombres de nodo, corrientes y voltajes

Para iniciar o abrir el programa Spard mp Power seguimos la siguiente ruta:

MI PC/ SPARDPOT/spard.exe

Otra manera es simplemente entrar por el acceso directo que se encuentra en el escritorio.

Este programa se caracteriza por tener un entorno y ambiente muy sencillo, de fácil manejo que permite que el usuario interactúe de la manera optima y a medida que más se usa mas se quiere profundizar porque su GUI es realmente interactiva y amigable al usuario.

Es posible diseñar una infraestructura eléctrica, inicializando el proceso con nodos, generadores, líneas, relés, transformadores y equipos adicionales que se necesiten en dicha simulación.

Los circuitos ya habían sido levantados digitalmente con anterioridad por parte de la empresa modelo con el sistema spard.

Extrayendo directamente los circuitos de la base de datos de Spard para pasarlos al formato de spard mp Power para poder manipularlos y llegar a la realización de este proyecto.

Seleccionando cualquiera de los circuitos de nivel de tensión dos a mejorar de la empresa modelo, se ubica el nodo flotante de la siguiente forma:

1. Realizar el flujo de carga del circuito LF (Load Flow).
2. Abrir Microsoft Excel
3. Ir a Reportes/Reporte de Flujo de carga en Excel.



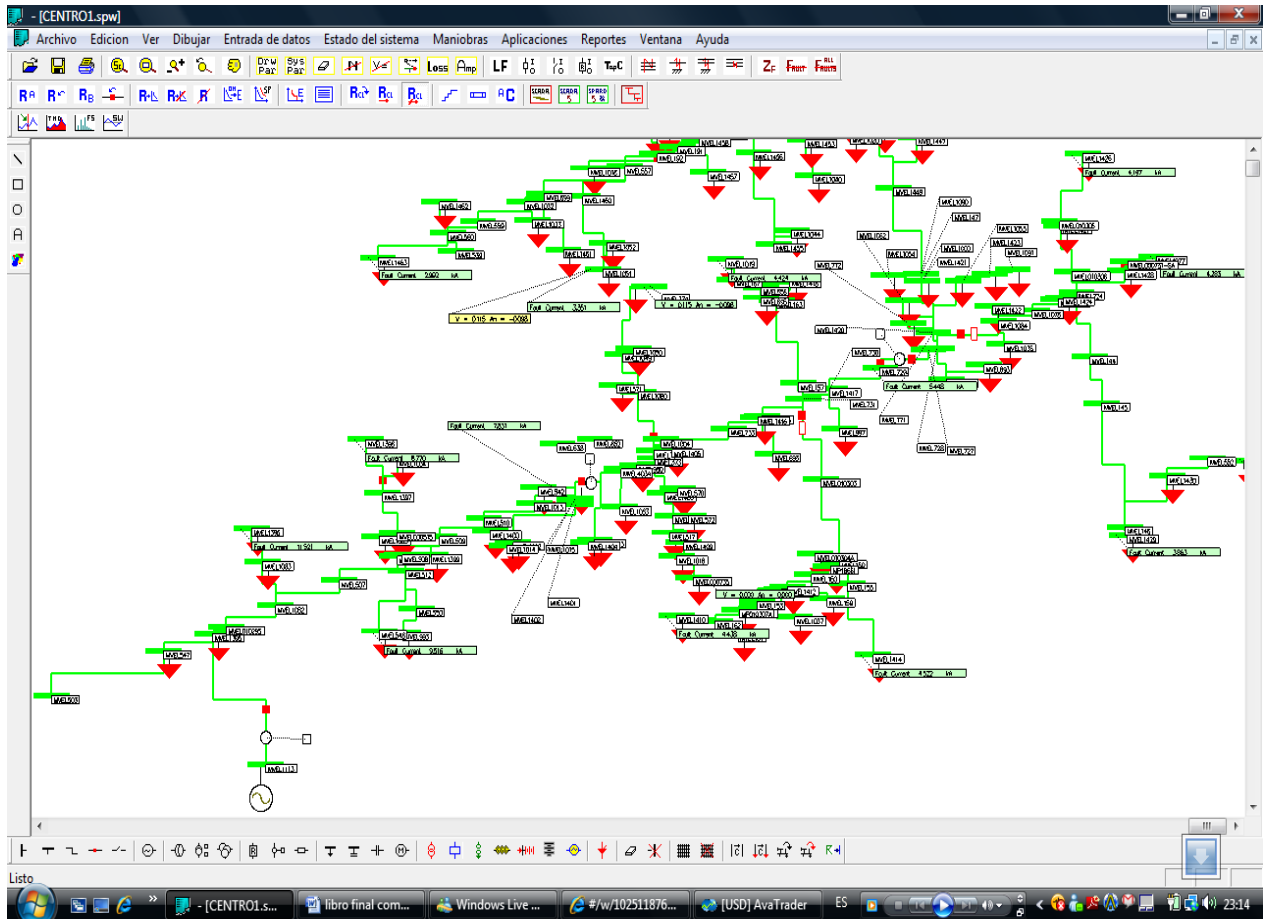


FIGURA 11. UBICACIÓN DEL NODO FLOTANTE Y REPORTES

Cuando el reporte en la hoja de Excel ha finalizado, se podrá identificar el nodo flotante con el voltaje por unidad (p.u).

El nodo que tenga un valor (pu) de 1.0 se identificara como el nodo flotante, se observará que dicho nodo flotante se encontrara en el mismo punto de generación.

El nodo flotante se identifica por encontrarse en el mismo punto de generación del circuito, el cual nos permite ubicarnos rápidamente donde inicia la topología del circuito para poder ubicar de forma optima los reconectores y demás elementos para el respectiva análisis.

Es de gran ayuda para poder manipular el circuito ya que ahí circuitos de gran tamaño que no permiten a simple vista ver el inicio de su topología.

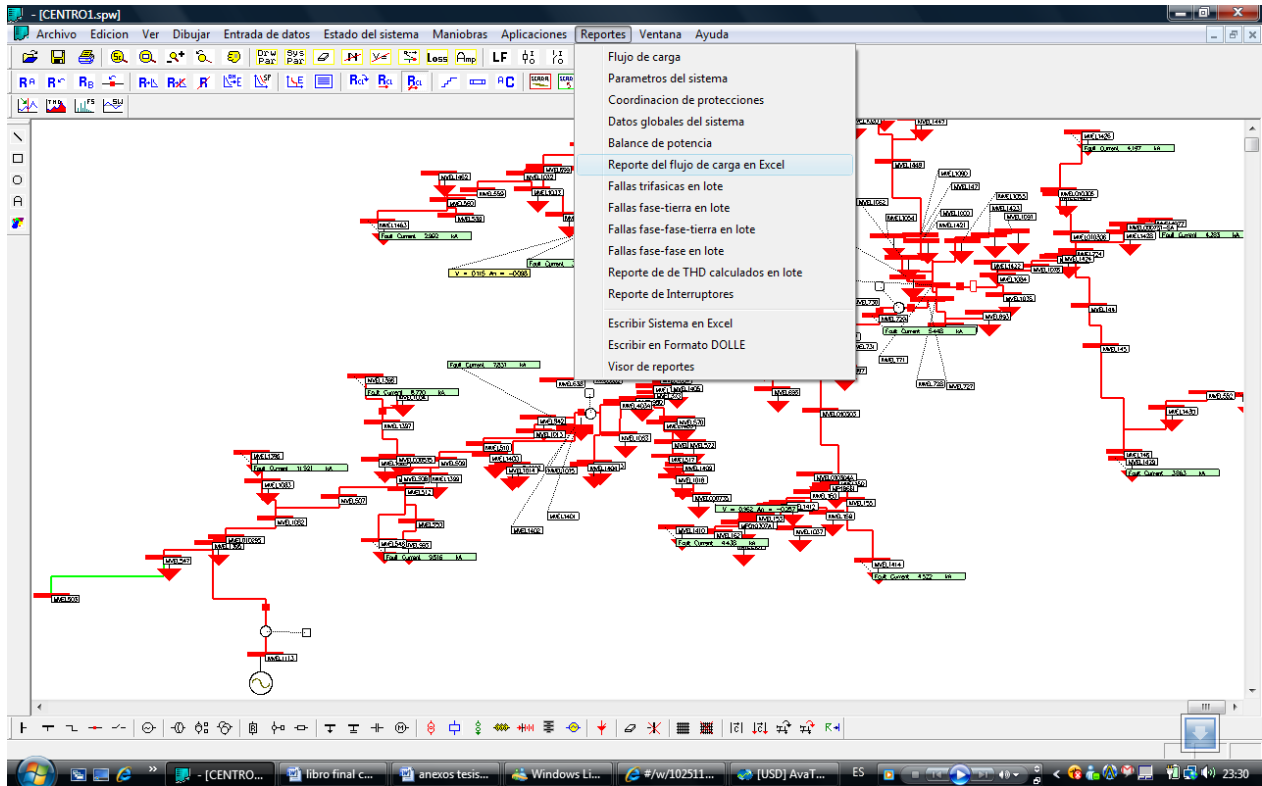


FIG. 12 CIRCUITO COMPLETO CON FLUJO DE CARGA CENTRO 1

Libro1 - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Portapapeles Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

C11 0,999999999751016

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Bus Name	Nominal Voltage	Voltage (pu)	Angle (deg)					
2	MVEL000515	13,8	0,987750808	-0,076654905					
3	MVEL000735	13,8	0,977404557	-0,161848935					
4	MVEL000731-SA	13,8	0,968961722	-0,258210849					
5	MVEL010304A	13,8	0,972588802	-0,22323677					
6	MVEL1077	13,8	0,968961722	-0,258210849					
7	MP010307A	13,8	0,972457567	-0,224847102					
8	MVEL1018	13,8	0,962962759	-0,255291638					
9	MVEL175	13,8	0,964164016	-0,254683836					
10	MVEL1469	13,8	0,964283928	-0,25566057					
11	MVEL1113	13,8	1	-3,3159E-08					
12	MVEL010305	13,8	0,968868668	-0,259414011					
13	MVEL159	13,8	0,972490029	-0,224024303					
14	MVEL1063	13,8	0,978674454	-0,147142593					
15	MVEL542	13,8	0,980332757	-0,127051825					
16	MVEL548	13,8	0,987916204	-0,077407797					
17	MVEL1034	13,8	0,987736456	-0,076815925					
18	MVEL1470	13,8	0,964238771	-0,255312292					
19	MVEL701	13,8	0,964303279	-0,255334529					
20	MVEL1468	13,8	0,964372914	-0,255164756					
21	MVEL1467	13,8	0,964324366	-0,255430118					
22	MVEL1466	13,8	0,964685691	-0,255054927					
23	MVEL1464	13,8	0,963578403	-0,256261965					
24	MVEL1463	13,8	0,962860928	-0,257009627					
25	MVEL1462	13,8	0,962865674	-0,257008787					
26	MVEL1461	13,8	0,962855586	-0,256353589					
27	MVEL1052	13,8	0,962836677	-0,257223517					

Hoja1

100%

23:41

FIG. 13 UBICACIÓN DEL NODO FLOTANTE EN EL REPORTE EN EXCEL

- En cuanto a la ubicación del nodo flotante del circuito se deben realizar los siguientes pasos: Edición/Buscar /Barras e insertar el código del nodo.

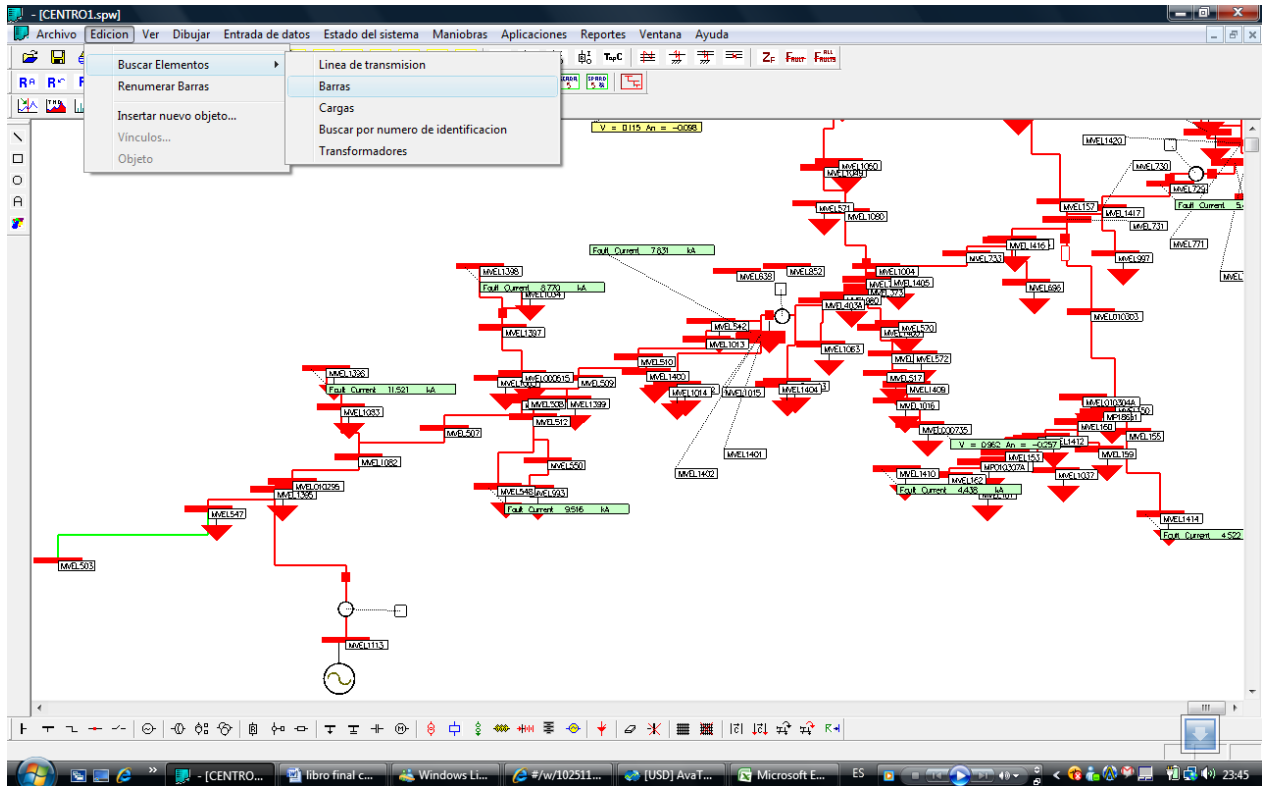
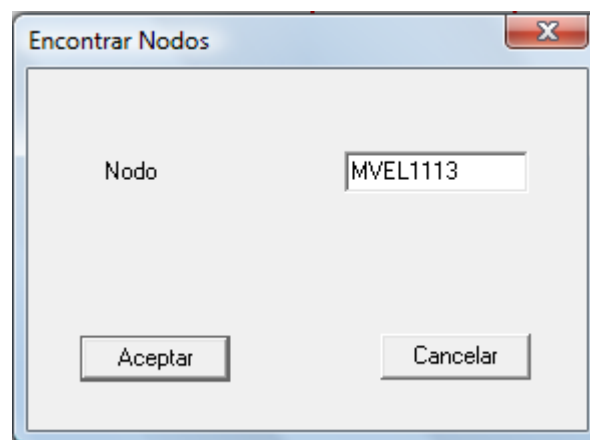


FIG. 14 Ubicación del nodo flotante por medio de barras y nombre de nodo

Automáticamente el programa ubicará el nodo y lo encerrará con un círculo de color azul.



- Para comprobar la información del nodo podemos darle doble click sobre él y conocer toda la información sobre él y sus características.

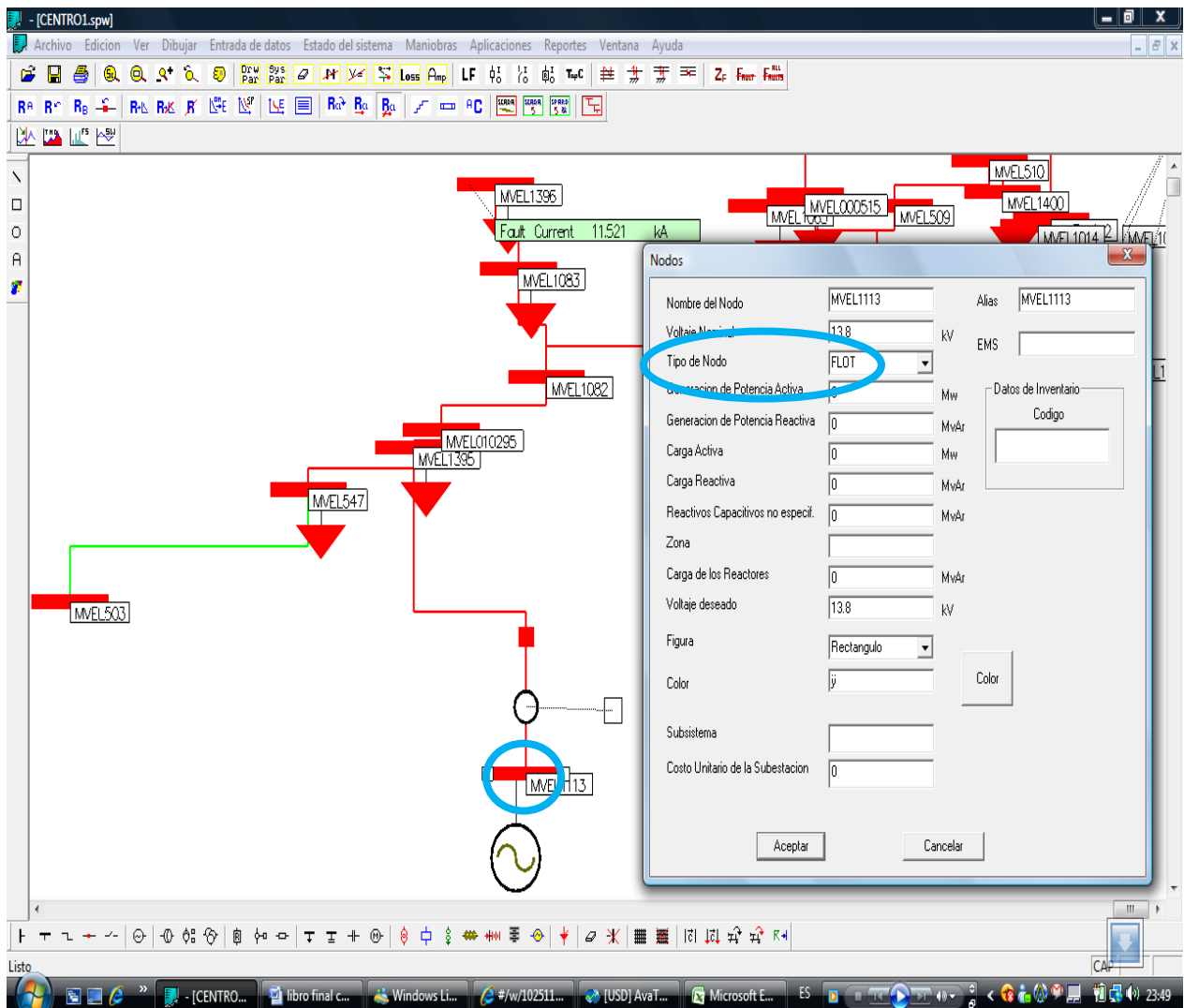


FIG. 15 SEÑALIZACION DEL NODO FLOTANTE

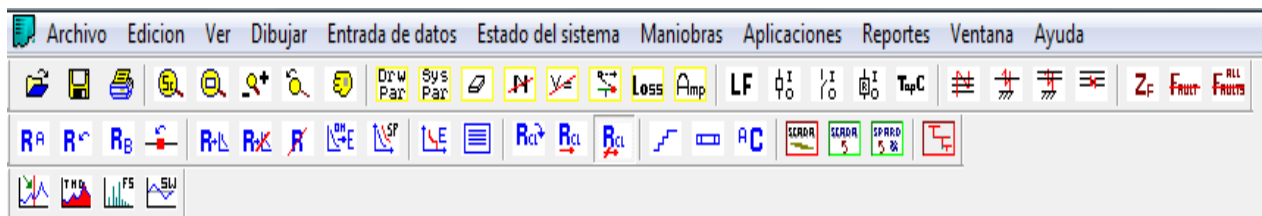
Conociendo la ubicación del nodo flotante, se debe adicionar un generador en este punto con características :

Capacidad: 100 MVA X_d' : 0,27 como se muestra en la tabla de datos de generadores en la descripción de elementos a continuación.

Podemos encontrar el generador en la barra inferior de dibujo o también en menú

Dibujar/Generador

MENU



BARRAS INFERIORES DE ELEMENTOS DE DIBUJO



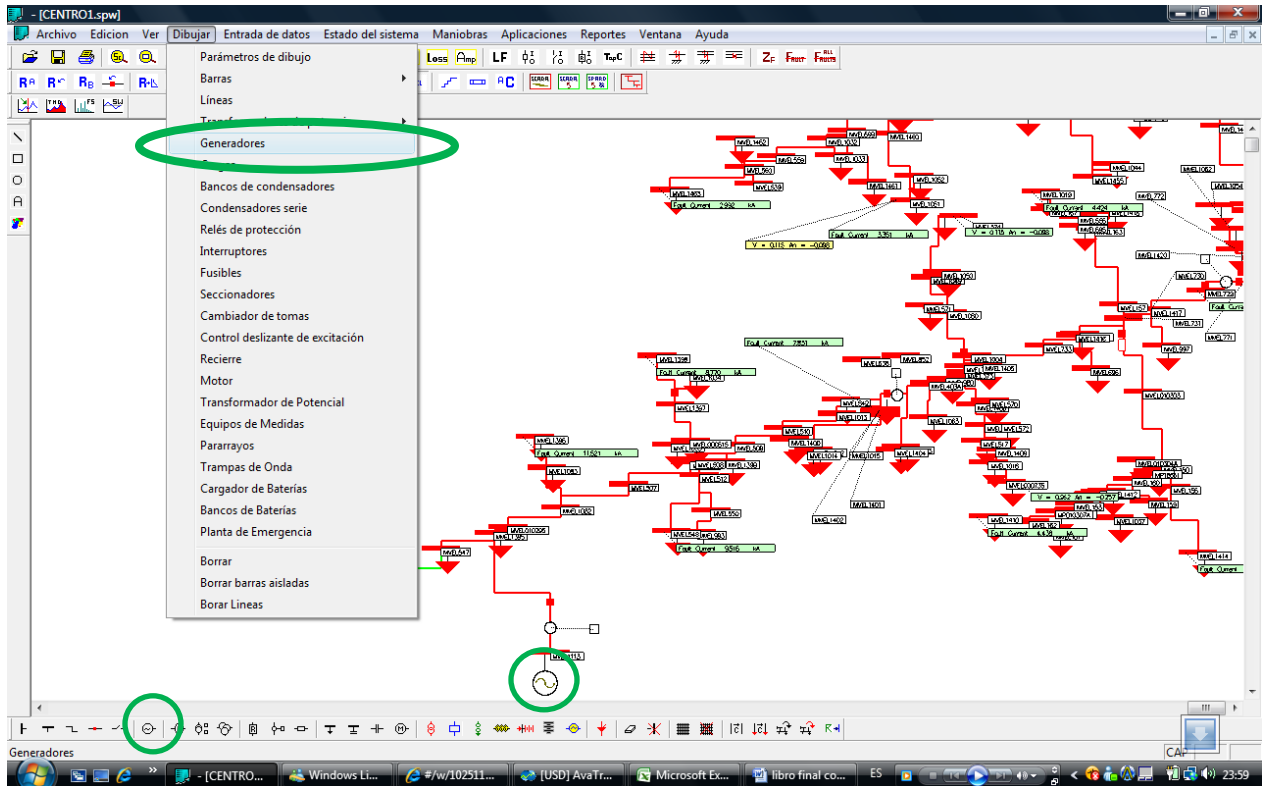


FIG. 16 COMO DIBUJAR UN GENERADOR POR EL MENU O POR MEDIO DE LAS BARRAS INFERIORES

Al seleccionarlo, se da un click en el nodo flotante y otro click en donde se desee que quede ubicado el generador.

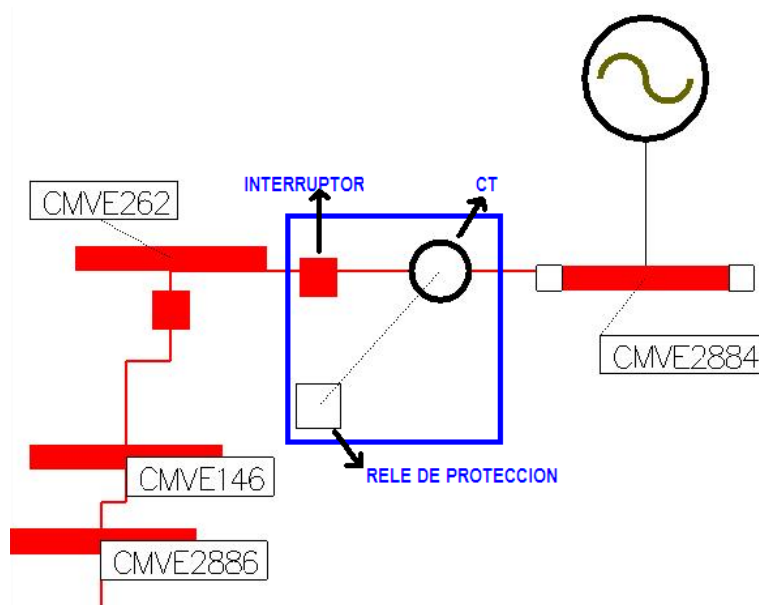
De igual forma, en la primera línea de la red de distribución se ubicarán el interruptor, el CT y el relé de protección.

Éste (relé de protección y CT) se considera un conjunto, una unidad, por lo que los dos se encuentran dentro de un mismo icono.

Es posible ubicar estos elementos en la barra de dibujo inferior o en: [Dibujar/Interruptor](#) o [Dibujar/Relé de Protección](#).

El interruptor, una vez seleccionado, se ubica en la línea que pertenece con un click.

Al seleccionar el relé de protección, se da un click en la línea para ubicar el CT sobre ésta y luego un click donde se desea que quede ubicado el relé de protección.



Es necesario direccionar el relé de protección al interruptor que disparará.

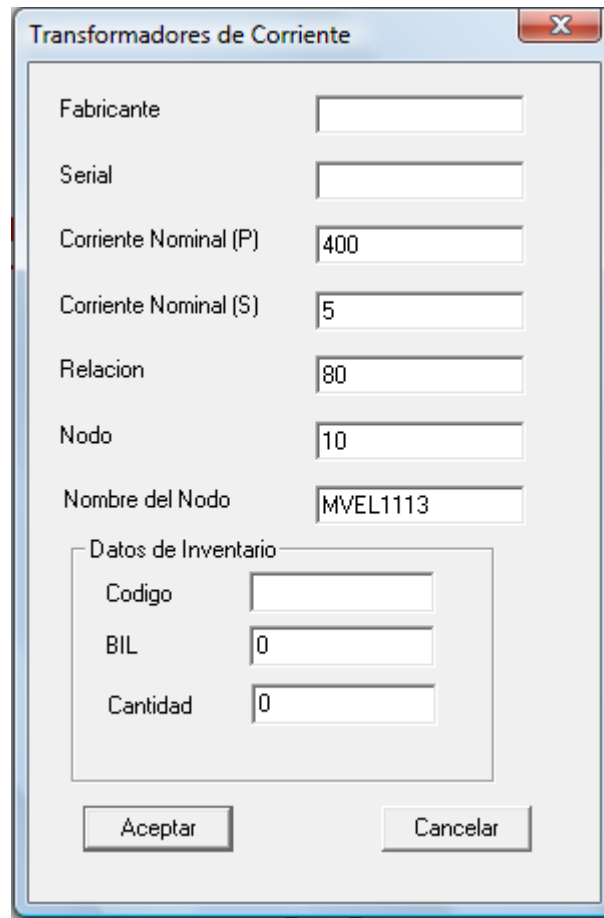
Para ello, se selecciona el icono RB  y luego se da click sobre el relé y arrastrándolo se debe desplazar hasta el interruptor ubicado en la misma línea.

Para verificar el direccionamiento, se selecciona el icono , el cual  mostrará el direccionamiento de todos los relés de protección existentes en el software.

Al adicionar los elementos de corte y seccionamiento, se procede a parametrizarlos.

El CT solo requiere la corriente primaria, secundaria y la relación de transformación.

Para insertar estos valores, se debe dar doble click sobre el CT y digitar los valores que se deseen.



Transformadores de Corriente	
Fabricante	
Serial	
Corriente Nominal (P)	400
Corriente Nominal (S)	5
Relacion	80
Nodo	10
Nombre del Nodo	MVEL1113
Datos de Inventario	
Codigo	
BIL	0
Cantidad	0
Aceptar Cancelar	

El relé de protección es la herramienta principal y la cuál se parametrizará con mucho más detalle.

La parametrización final del relé de protección se muestra en la siguiente ventana:

Reles de Proteccion

Datos Nominales

Subestacion: MVEL1113

ID: MVEL1113

Fabricante: ABB

Serial: MVEL1113

Tipo: SPAJ-140C

Corriente Nominal: 5

Funciones:

Nodo: MVEL1113 10

Ajustes Rele de Distancia

R1: 0 (ohm/km) 21P ☐

X1: 0 (ohm/km) 21N ☐

R0: 0 (ohm/km) Mas

X0: 0 (ohm/km)

Alcance Zona 1: 0 (%)

Alcance Zona 2: 0 (%)

Ajustes

Curva Fase: Extremely Inverse

Curva Neutro: Extremely Inverse

Instantaneo Fase: 96 ☐ x Tap

Instantaneo Neutro: 1 ☒ Amp (sec) ☐ Tap (Amp Sec)

Curva Instantaneo F (Amp): 99999.99

Curva Instantaneo Neutro (Amp): 99999.99

Rct: 80

50P Time: 0.8 (s) ☐ Multiples Interruptores

50N Time: 0.02 (s)

Funciones Activas

51P ☒	67 ☐	27P ☐
50P ☒	67N ☐	27P-N ☐
51N ☒	59P ☐	49 ☐
50N ☒	59P-N ☐	87 ☐

Operacion

Corriente Fase: 0 Corriente Neutro: 0

Tiempo Virtual F: 999999 (ms) Tiempo Virtual N: 999999 (ms)

Disparado: ☐ por Tiempo: 999999 (ms) Reponer ☐ Corr.Dif: 0 (A)

Aceptar Cancelar

- **Datos Nominales**

El fabricante (ABB) y tipo (SPAJ-140C) de relé de protección fue seleccionado de manera aleatoria. El sistema Spard mp Power cuenta con una amplia base de datos. Sin embargo, estos dos parámetros no resultan trascendentes en el momento de simular.

La corriente nominal del relé tampoco representa importancia para el proyecto. Solo basta que el valor sea diferente de cero para esperar un resultado satisfactorio.

- Ajustes

La curva de fase y neutro de igual forma a los ítems anteriores se escogió de forma aleatoria (extremadamente inversa”).

El instantáneo de fase debe ser diferente de 0. Esto con el fin que el relé de protección pueda identificar una falla. En un contexto más detallado, es la corriente de cortocircuito mínima o corriente de puesta en trabajo del relé en la zona protegida.

El tap es la corriente de puesta en marcha. Esta funciona con múltiplos del tap.

Solo se tendrá en cuenta la protección de sobrecorriente y a su vez, esta solo comprenderá su fase instantánea (50) de fase.

50P Time es el tiempo de respuesta del relé. Cuando la red eléctrica no comprende equipos de corte y seccionamiento en la red, este tiempo debe ser demasiado pequeño para que pueda visualizar y despejar la falla.

Al incluir equipos de corte y seccionamiento se debe realizar una coordinación cronométrica, de manera que los relés “esperen” que los relés aguas abajo despejen la falla.

- Ajustes relés de distancia

Al presionar el botón “Mas”, se habilita la función 79 (recierre), con el fin de que el equipo de corte y seccionamiento realice la función de recierre y despeje la falla.

Elementos utilizados por el Spard Power para el seccionamiento y mejoramiento de la red eléctrica de los circuitos de nivel dos :

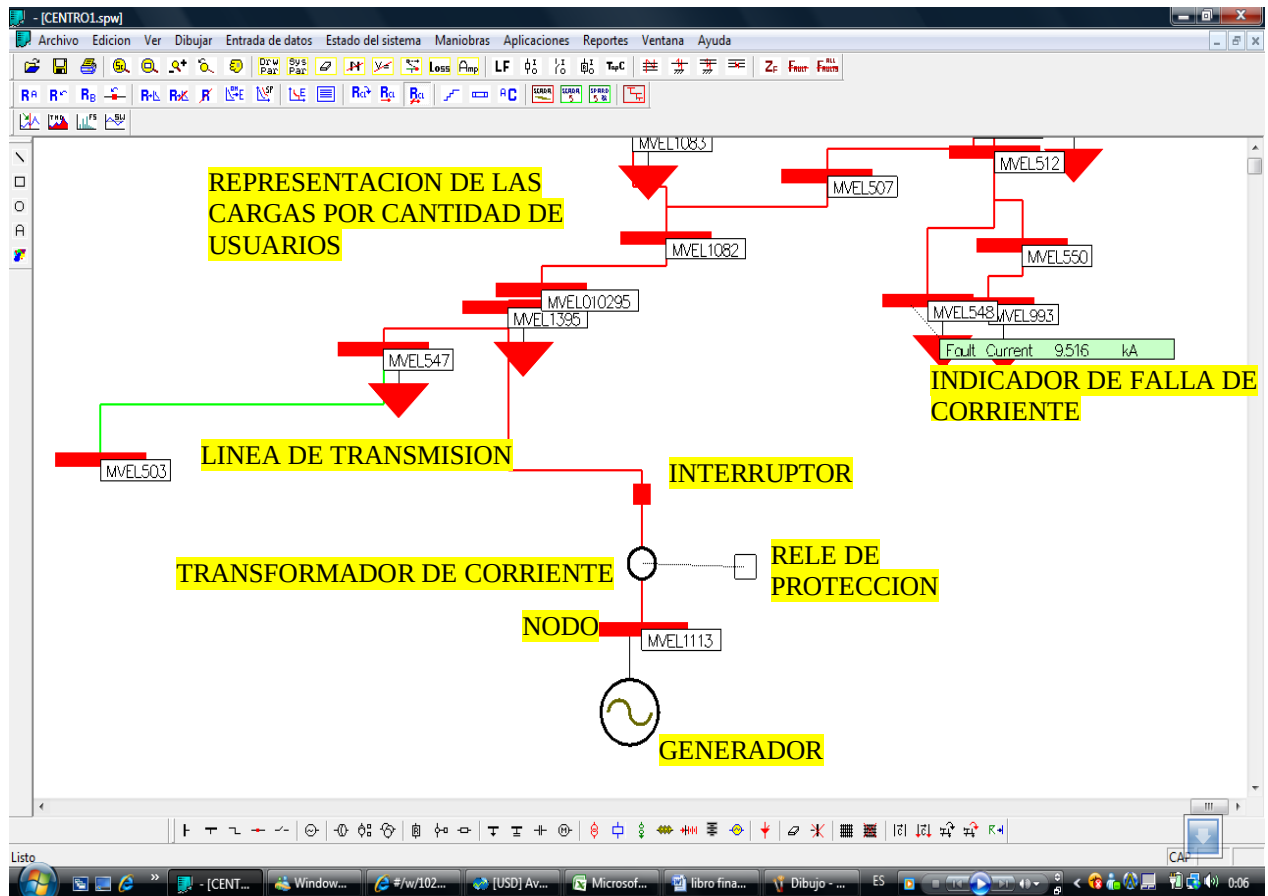


FIG 17. ELEMENTOS UTILIZADOS POR EL SOFTWARE PARA REALIZAR LAS SIMULACIONES



GENERADOR

Generadores

Datos Nominales		Parametros	
Generador No.	0	Velocidad Angular	0 (rad/s)
Unid No.	0	Reactancia de Eje Directo X_d	0 (pu)
Nodo	MVEI 11	Reactancia de Eje de Cuadratura X_q	0 (pu)
Capacidad Nominal	100 (MVA)	Reactancia Transitoria de E. directo X_d'	0.27 (pu)
Grupo de Conexion	y	Reactancia SubTransit de E. Directo X_d''	0 (pu)
Factor de Potencia	0.8	Reactancia de Secuencia Negativa X_2	0 (pu)
Constante de Inercia	0 MW-s	Reactancia de Secuencia Cero X_0	0 (pu)
Numero de Polos	2		
wk^2	0 (lb-ft ²)	Operacion	
Voltaje	1 (kV)	Reactancia del Neutro	0 (ohm)
		Potencia Activa Generada	0 (MW)
		Potencia Reactiva Generada	0 (MVAr)
		Voltaje detras de reactancia	0 (pu)
		Corriente de Excitacion (rotor)	0 (A)
		Pgen Max	0
		Pgen Min	0
		Qgen Max	0
		Qgen Min	0
		Gobernador y AVR	
		Costos de Generacion	
Resistencias		Parametros de Control	
Resistencia de Neutro	0 (ohm)	Constante de Regulacion R	0.05 pu
Resistencia del Estator	0 (ohm)	Ganancia del Integrador	0
Resistencia de Secuencia Cero	0 (pu)		
Resistencia del Rotor	0 (ohm)		
Inductancias del Rotor		Ems	
Inductancia Maxima Estator-Rotor	0	EMS	
Autoinductancia del Rotor	0	EMS2	
Tipo de Generador		Datos de Inventario	
Tipo	Normal	Codigo	
		Marca	
		Fabricante	
Porcentaje de disminucion de carga			
0			
☐ Impedancias de Equivalente			

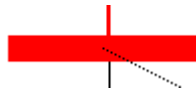
FIG 20. DATOS PARA GENERADORES



Nodos

Nombre del Nodo	MVEL1113	Alias	MVEL1113
Voltaje Nominal	13.8	kV	
Tipo de Nodo	FLOT	EMS	
Generacion de Potencia Activa	0	Mw	Datos de Inventario Codigo
Generacion de Potencia Reactiva	0	MvAr	
Carga Activa	0	Mw	
Carga Reactiva	0	MvAr	
Reactivos Capacitivos no especific.	0	MvAr	
Zona			
Carga de los Reactores	0	MvAr	
Voltaje deseado	13.8	kV	
Figura	Rectangulo		
Color	y		Color
Subsistema			
Costo Unitario de la Subestacion	0		

FIG 22. DATOS PARA NODOS

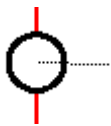


NODO TIPO PQ

Nodos [X]

Nombre del Nodo	MVEL503	Alias	MVEL503
Voltaje Nominal	13.8	kV	
Tipo de Nodo	PQ	EMS	
Generacion de Potencia Activa	0	Mw	Datos de Inventario Codigo
Generacion de Potencia Reactiva	0	MvAr	
Carga Activa	0	Mw	
Carga Reactiva	0	MvAr	
Reactivos Capacitivos no especific.	0	MvAr	
Zona			
Carga de los Reactores	0	MvAr	
Voltaje deseado	13.8	kV	
Figura	Rectangulo		
Color	j	Color	
Subsistema			
Costo Unitario de la Subestacion	0		

FIG 22. DATOS PARA NODOS



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Transformadores de Corriente

Fabricante

Serial

Corriente Nominal (P)

Corriente Nominal (S)

Relacion

Nodo

Nombre del Nodo

Datos de Inventario

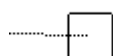
Codigo

BIL

Cantidad

Aceptar Cancelar

FIG 18. DATOS PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



RELE DE PROTECCION

Reles de Proteccion

Datos Nominales

Subestacion: MVEL1113

ID: MVEL1113

Fabricante: ABB

Serial: MVEL1113

Tipo: SPAJ-140C

Corriente Nominal: 5

Funciones:

Nodo: MVEL1113 10

Ajustes Rele de Distancia

R1: 0 (ohm/km) 21P ☐

X1: 0 (ohm/km) 21N ☐

R0: 0 (ohm/km) Mas

X0: 0 (ohm/km)

Alcance Zona 1: 0 (%)

Alcance Zona 2: 0 (%)

Ajustes

Curva Fase: Extremely Inverse

Curva Neutro: Extremely Inverse

Instantaneo Fase: 96 ☐ x Tap

Instantaneo Neutro: 1 ☒ Amp (sec)

☐ Tap (Amp Sec)

Curva Instantaneo F (Amp): 99999.99

Curva Instantaneo Neutro (Amp): 99999.99

Rct: 80

50P Time: 0.8 (s)

50N Time: 0.02 (s)

☐ Multiples Interruptores

Funciones Activas

51P ☒	67 ☐	27P ☐
50P ☒	67N ☐	27P-N ☐
51N ☒	59P ☐	49 ☐
50N ☒	59P-N ☐	87 ☐

Operacion

Corriente Fase: 0

Corriente Neutro: 0

Tiempo Virtual F: 999999 (ms)

Tiempo Virtual N: 999999 (ms)

Disparado: ☐ por Tiempo: 999999 (ms) Reponer ☐ Corr.Dif: 0 (A)

Aceptar Cancelar

FIG 19. DATOS PARA RELES DE PROTECCION



INTERRUPTOR

Interruptores

Datos Nominales

Fabricante ☐ Inhabilitar Dibujo

Numero de ID Codigo

Nodo Marca

Nodo 1 No. Nro Serie

Nodo 2 No.

Voltaje Nominal Medio Extincion

Corriente Interrup. Mecanismo

Corriente Nominal Ciclos

BIL Proteccion Incluida ☐

Operacion

Estado ☐ Seccionador

Bloqueo ☐

Disparado ☐ Tiempo desde Falla

Datos Externos

Nombre Scada

Tipos

TermoMagnetico ☐

Curva Fase

Curva Neutro

Industrial ☐

Curva Fase

Curva Neutro

Aceptar Cancelar

FIG 21. DATOS PARA INTERRUPTORES



LINEA DE TRANSMISION

Linea de Transmision

Datos Nominales

Linea No Voltaje Nominal kV Codigo

Nodo 1 Corriente Nominal A

Nodo 2 Longitud km Propietario

Configuracion de la Linea

Tipo de Torre No. of subcond./F.

Cond. de Fase No. de C. Guarda

Conductor de C. Guarda EMS

EMS2

Parametros Unitarios

Resistencia (ohm/km) Suceptancia (mho/km)

Reactancia (ohm/km) Conductancia (mho/km)

Ro (ohm/km) Go (mho/km)

Xo (ohm/km) Bo (mho/km)

RO (ohm-m)

Tipo Cable ☐ ☐ Datos en pu ☐ Datos de Frontera

☐ FRONTERA Nodo Frontera

☐ Impedancias de Equivalente

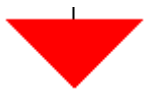
FIG 23. DATOS PARA LINEAS DE TRANSMISION



FUSIBLE

Fusibles [X]

Nodo 1	MVEL726
Nodo 2	MVEL728
Fabricante	
Corriente Nominal	1 A
Voltaje Nominal	1 kV
Curva de Operación	
Disparado	☐
Tiempo de Operación	9999 ms
Reponer	☒
Tipo	☒ Línea ☐ Transformador



REPRESENTACION DE CARGA POR UN NUMERO DETERMIANDO

DE USUARIOS CADA NODO

Cargas

Datos Generales

Carga No.

22

Nodo

MVEL1395

Fase

Potencia Activa

0.089

MW

Potencia Reactiva

0.0379

MVAr

Factor de Potencia

1

Voltaje Nominal

1

kV

Nombre

Factor Armonico

0

Curva de carga

Multiplicador de Carga

1

Numero de Usuarios

10

Tasa de Proyeccion

0

Inyeccion Corrientes Armonicas

Armonico

0

Fase Armonico

0

Inyeccion Voltajes Armonicos

Armonico

0

Fase Armonico

0

Datos de Fuente Externa

EMS

MVA instalados

0

Nombre Pa Scada

Nombre Q Scada

Nombre Spard

Carga en Falla

Fase-Tierra

☐

Fase-Fase

☐

Trifasica

☐

Remover Falla

☐

Usar Tasa

☐

Filtro

☐

Datos de Armonicos

Datos de Armonicos

☐ Carga Independiente de la Frecuencia

Aceptar

Cancelar

MVEL1113

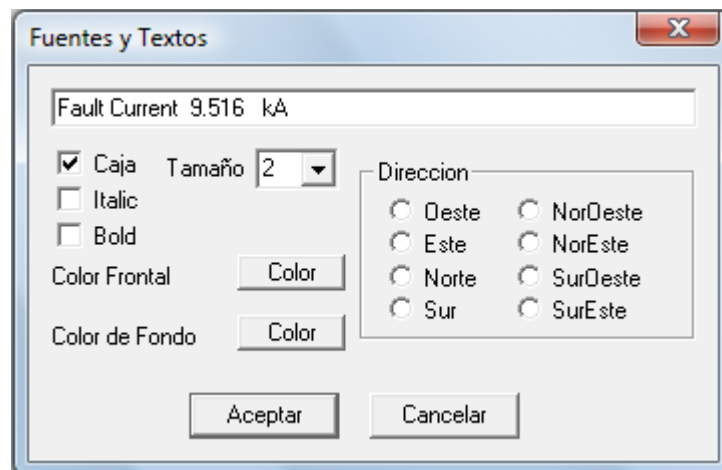
INDICADOR DE NOMBRE DE NODO



The dialog box 'Fuentes y Textos' is shown with the text 'MVEL1113' in the input field. The 'Caja' checkbox is checked, and the 'Tamaño' is set to 1. The 'Direccion' section contains eight radio buttons: Oeste, Este, Norte, Sur, NorOeste, NorEste, SurOeste, and SurEste, all of which are unselected. There are 'Color Frontal' and 'Color de Fondo' buttons, both labeled 'Color'. At the bottom are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.

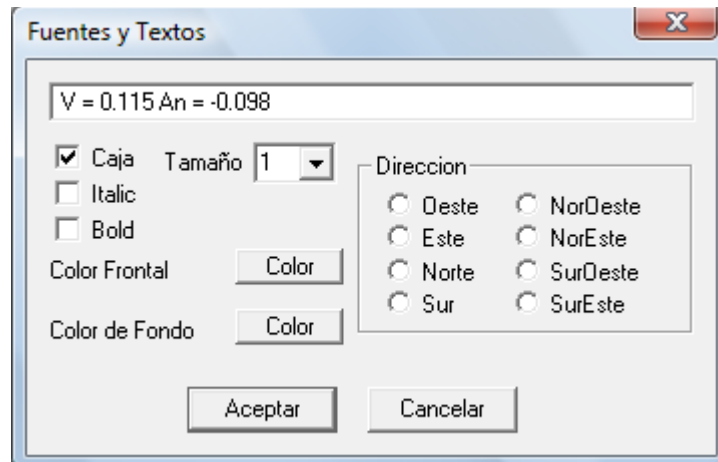
Fault Current 9.516 kA

INDICADOR DE FALLO DE CORRIENTE

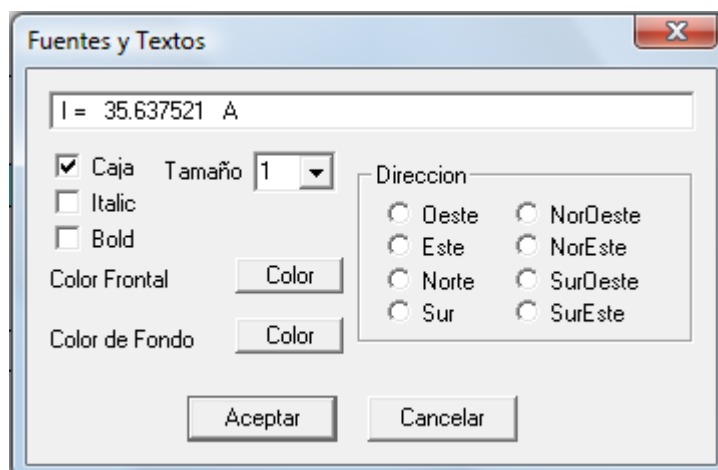


The dialog box 'Fuentes y Textos' is shown with the text 'Fault Current 9.516 kA' in the input field. The 'Caja' checkbox is checked, and the 'Tamaño' is set to 2. The 'Direccion' section contains eight radio buttons: Oeste, Este, Norte, Sur, NorOeste, NorEste, SurOeste, and SurEste, all of which are unselected. There are 'Color Frontal' and 'Color de Fondo' buttons, both labeled 'Color'. At the bottom are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.

$V = 0.115 \text{ An} = -0.098$ INDICADOR DE VOLTAJE DE NODO



$I = 35.637521 \text{ A}$ INDICADOR DE CORRIENTE DE NODO



4.6 REALIZACION DE LA PRUEBA DE OPERACIÓN DE PROTECCIONES

Con la ubicación de los parámetros, los 3 implementos requeridos para la protección del feeder, se debe verificar el correcto funcionamiento de la protección y por supuesto, la detección y despeje de la falla.

Para ello:

1. Activar el botón o icono  , el cual hará que las protecciones operen ante una falla en el sistema.
2. Activar el botón o ícono  , el cuál mostrará un rayo de color negro en lugar de la flecha del cursor, signo que notificará que es posible realizar una falla trifásica.
3. Realizar una falla en el nodo más lejano al nodo flotante. Esto garantizará que la protección puede ver cualquier falla en cualquier punto de la red eléctrica.
Para ello, se da doble click en el nodo (CIRCULO AZUL) e inmediatamente, la red quedará desenergizada y la protección operará.

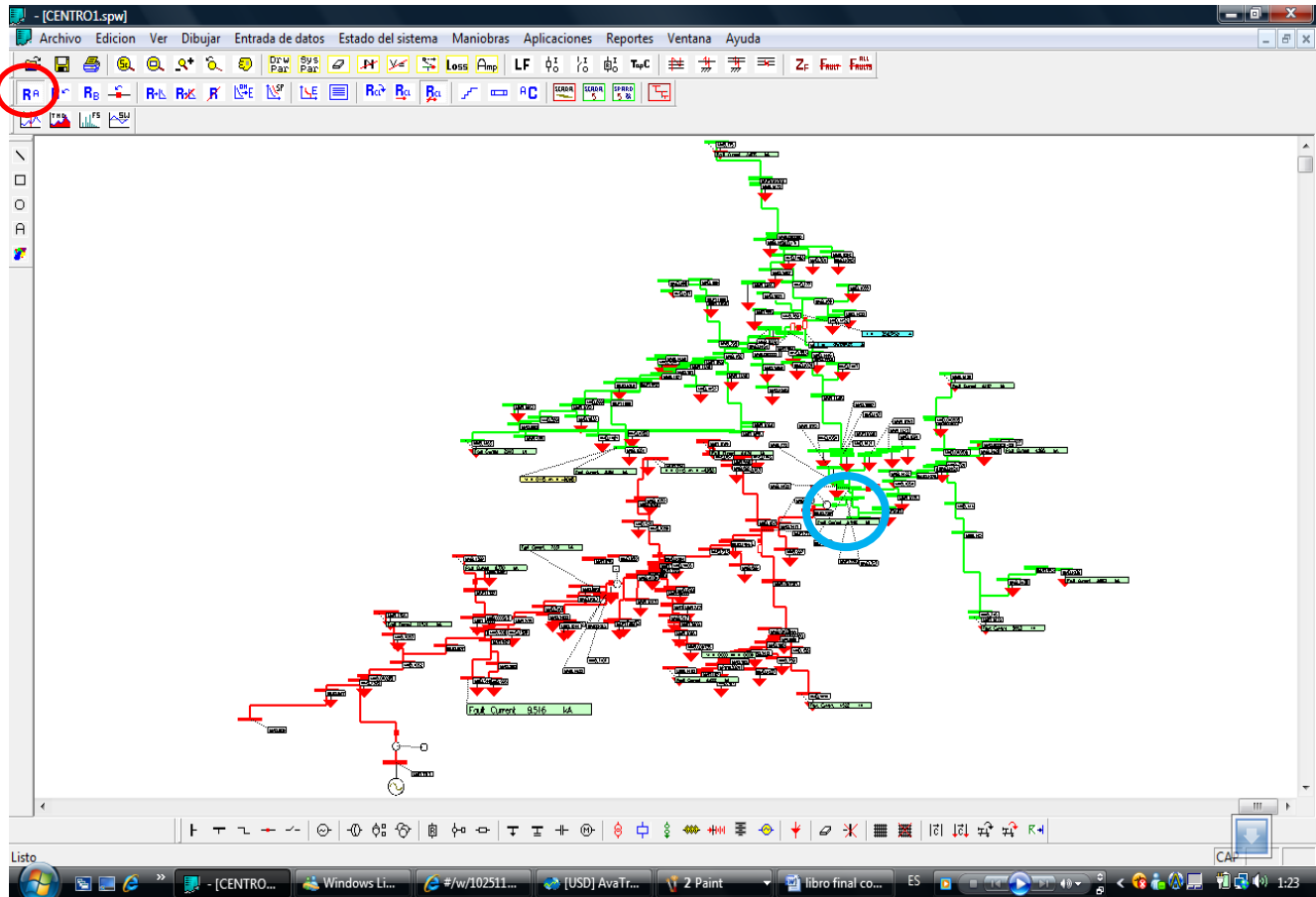


FIG 24. OPERACIÓN DE PROTECCIONES.

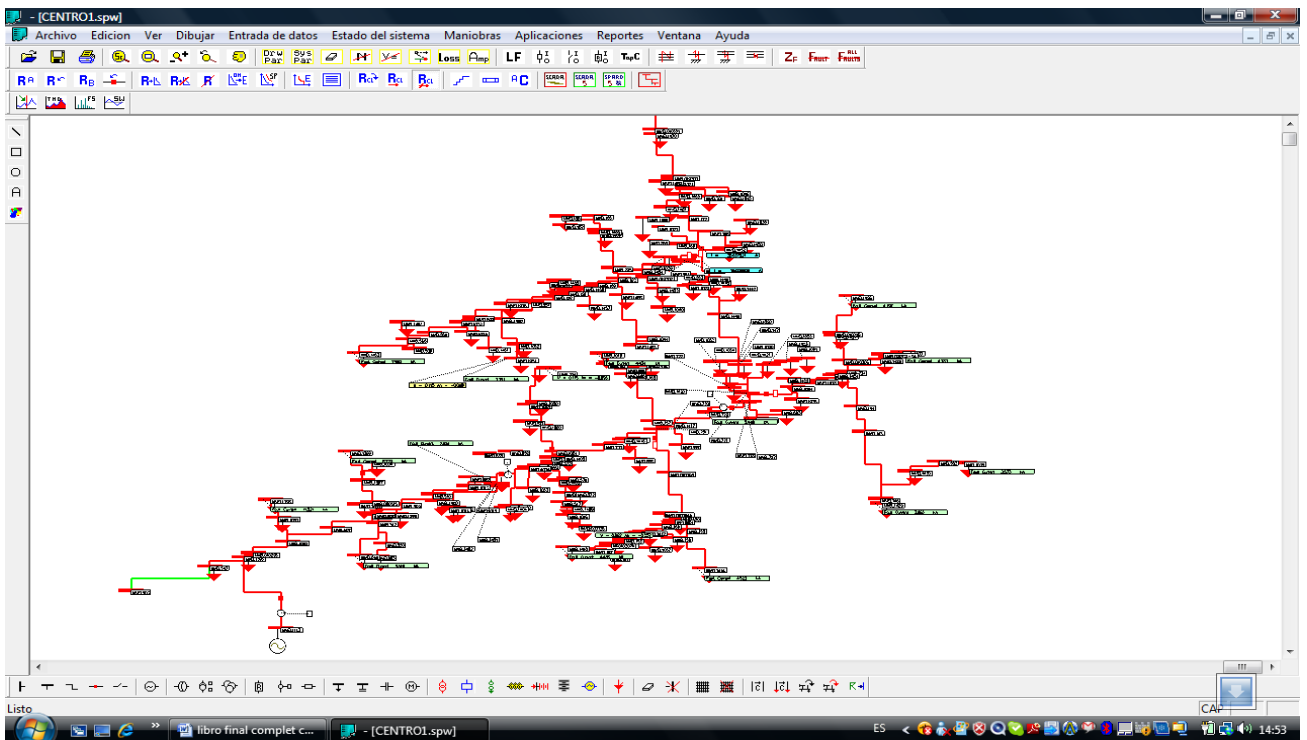
SIMULACION Y REPORTES DE DES Y FES EN EXCEL PARA EL ANALISIS DEL MEJORAMIENTO DE LA CONTINUIDAD DEL FLUJO ELECTRICO

Para la realización de los reportes en Excel se deben realizar los siguientes pasos

1. Se selecciona uno de los circuitos que se desea analizar.
2. Respectivamente se le da flujo de carga.
3. Abrimos una hoja en Excel en la cual se introducirá la tabla correspondiente a pruebas unitarias de falla halladas anteriormente para cada circuito.
4. Se debe ubicar en la casilla número 11 en la hoja de Excel la primera falla, por configuración del software para un buen enlace y lectura de la información por parte del Spard Power.
5. Luego nos ubicamos en el menú del Spard Power y seleccionamos:

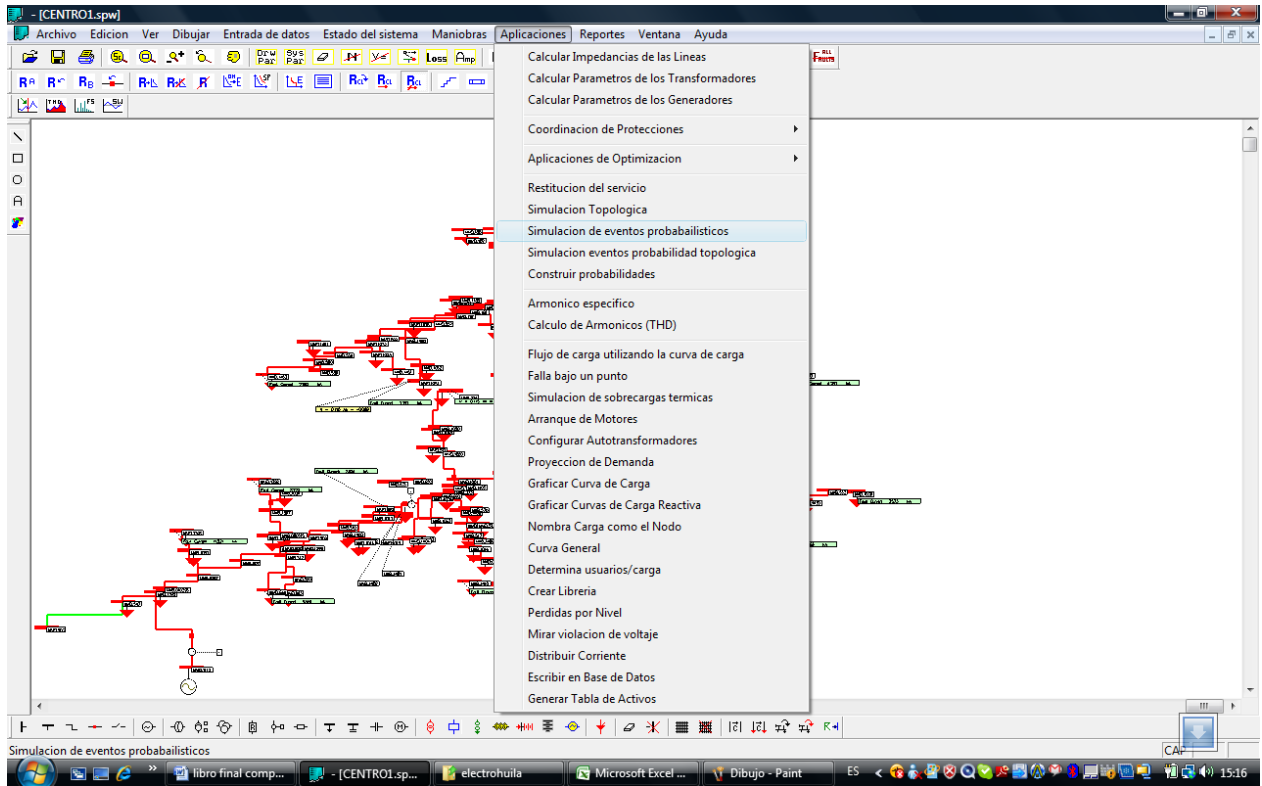
APLICACIONES \ SIMULACION DE EVENTOS PROBABILISTICOS

6. Se debe esperar que el Spard Power cargue la información y empiece a simular la cantidad de años que se introduce antes de empezar dicha simulación, saldrá en la parte inferior del cuadro de enlace de datos la cantidad de años que se desea simular en este caso las simulaciones se realizaron para 100 años.
7. Para el caso de simulación con reconectores se debe realizar el procedimiento anterior pero activar la opción llamada **USAR RELES DE RECIERRE**.



DES-FES_EH_SRC.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4		CIRCUITO CENTRO 1											
5													
6													
7			FES		DES								
8													
9			Linf	Lsup	Med	Desv							
10													
11	1	Vegetación	0.04694862	4.08729129	1.48475642	0.30916047							
12	2	Enfermedades	0.00552337	0.62414043	0.04701741	0.01551907							
13	3	Objetos Extraños Sobre la Línea	0.01380842	0.34521041	0.14859583	0.01404802							
14	4	Manipulación Terceros	0.0165701	0.19607951	0.23699718	0.07471915							
15	5	Apertura no Programada	0.00276168	0.0331402	0.00674311	0.0008822							
16	6	Falla Aislamiento Aisladores	0.00276168	0.00276168	0.00026466	4.2192E-05							
17	7	Falla Pararrayos	0.00276168	0.02761683	0.00539679	0.00178359							
18	8	Bucle Abierto	0.00552337	0.11875238	0.03957262	0.00296497							
19	9	Transformador Distribuidor Quemado	0.00276168	0.00552337	0.00085152	0.0001611							
20	10	Desconexión por Falla en otro Circuito	0.0497103	0.48053289	0.12971857	0.00068659							
21	11	Crucetería y/o Herrajes en mal Estado	0.00276168	0.00276168	0.00080549	0.00019178							
22	12	Falla en Cable de Potencia	0.00276168	0.02485515	0.00961986	0.00303785							
23	13	Poste Partido (Falla estructura)	0.00276168	0.01104673	6.9042E-05	7.6713E-06							
24	14	Protección de Sobrevoltaje	0.00276168	0.01933178	0.00184112	0.00046028							
25	15	Sobrecorriente Fase Instantánea	0.00552337	0.04142525	0.00384334	0.00123509							
26	16	OTRO1	0	0	0	0							
27	17	OTRO2	0	0	0	0		0		0		0	



Probabilidades de Fallas

	Limite Inferior	Limite Superior		Limite Inferior	Limite Superior
Aisladores	0.046948616	4.087291286	Particulares	0.049710299	0.480532894
Cortacircuitos	0.005523367	0.624140426	Crucetas	0.002761683	0.002761683
Fusible	0.013808417	0.345210413	Ruptura Conductor	0.002761683	0.02485515
Pararayos	0.0165701	0.196079514	Poste	0.002761683	0.011046733
Puentes	0.002761683	0.0331402	Transformador	0.002761683	0.019331783
Retenida	0.002761683	0.002761683	Rayo	0.005523367	0.04142525
Seccionador	0.002761683	0.027616833	Contaminacion	0	0
Vientos	0.005523367	0.118752382	Acercamientos	0	0
Objetos	0.002761683	0.005523367	Niveles Superiores	0	0

Numer of Periodos Unidad de Tiempo

☒ Usar Fusibles en la Simulacion
 ☒ Usar Reles de Recierre
 ☐ Inhabilitar Dibujo

Probabilidad de Recierre Exitoso

Libro1 - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Calibri 11 A A

Pegar Fuente Alineación Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas Autosuma Rellenar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

B11 Vegetación

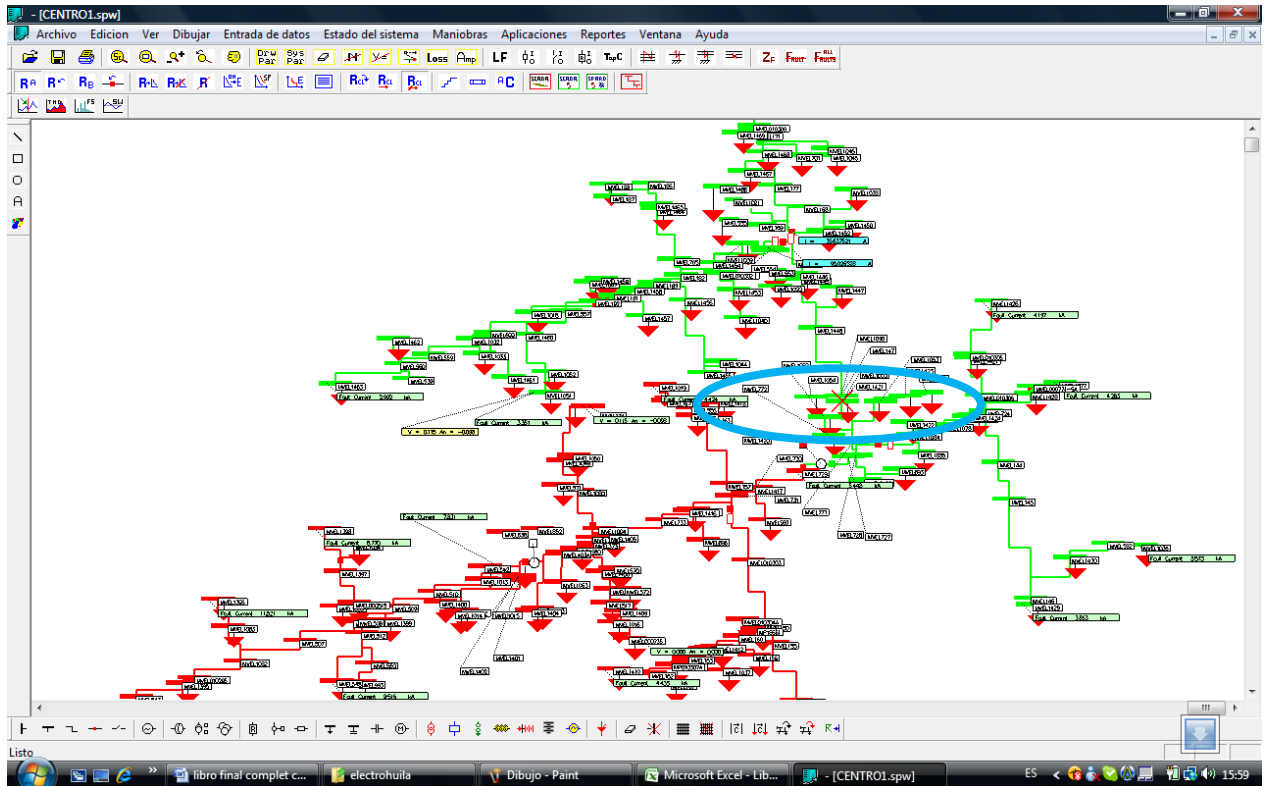
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
19	9	Transformador Distribuidor Quemado	0,00276168	0,00552337	0,00085152	0,0001611						
20	10	Desconexion por Falla en otro Circuito	0,0497103	0,48053289	0,12971857	0,00068659						
21	11	Cruceteria y/o Herrajes en mal Estado	0,00276168	0,00276168	0,00080549	0,00019178						
22	12	Falla en Cable de Potencia	0,00276168	0,02485515	0,00961986	0,00303785						
23	13	Poste Partido (Falla estructura)	0,00276168	0,01104673	6,90E-05	7,67E-06						
24	14	Proteccion de Sobre voltaje	0,00276168	0,01933178	0,00184112	0,00046028						
25	15	Sobre corriente Fase Instantanea	0,00552337	0,04142525	0,00384334	0,00123509						
26	16	OTRO1	0	0	0	0						
27	17	OTRO2	0	0	0	0						
28												
29												
30												
31												
32												
33		DES	FES									
34												
35	MVEL000515		12	6								
36	MVEL000735		15	8								
37	MVEL000731		35	20								
38	MVEL010304		15	8								
39	MVEL1077		35	20								
40	MP010307A		15	8								
41	MVEL1018		35	20								
42	MVEL175		35	20								
43	MVEL1469		35	20								
44	MVEL1113		0	0								
45	MVEL010305		35	20								

Hoja1

Libro1 - Microsoft Excel

libro final complet c... [CENTRO1.spw] electrohuila Dibujo - Paint Microsoft Excel - Lib...

ES 15:29



COMPORTAMIENTO DEL PROCESO INTERNO DE EL SPARD POWER

En todos los circuitos eléctricos debe existir una protección contra los cortocircuitos, para poder determinar los componentes que soportaran y a su vez cortaran el flujo eléctrico, una de las maneras de hacerlo es hallar la corriente de cortocircuito.

Este principio es aplicado por el software SPARD POWER de potencia que se encarga de hallar la corriente de falla que determina el valor que deberán soportar los componentes en caso de presentarse una falla por cualquiera de las circunstancias establecidas en las anteriores tablas de fallas.

Existen dos valores de corrientes que se deben hallar, la corriente máxima de cortocircuito que se caracteriza por determinar el poder de corte de los interruptores automáticos, el poder de cierre de los dispositivos presentes en el circuito y la estructura y características internas de los componentes y conductores.

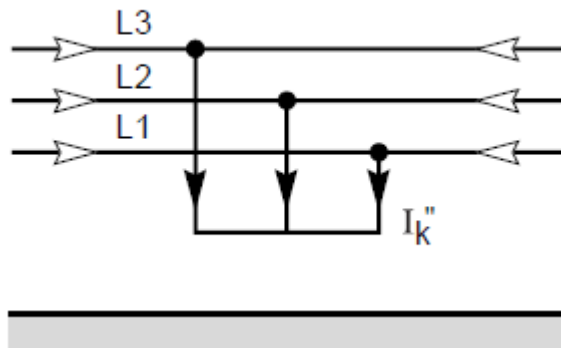
La otra es la corriente mínima de corto circuito que se caracteriza por que permite elegir la curva de disparo de los interruptores automáticos y fusibles. Cuando estamos hallando esta corriente se debe tener en cuenta la longitud de los cables o que la fuente de generación es de alta impedancia, ya que el voltaje para los circuitos de nivel de tensión II, son de valores altos y están presentes fuertes ondulaciones de corriente.

Cabe notar que sin importar el valor de las corrientes máxima o mínima halladas es prioridad que se supere un tiempo (t_c) para sobrepasar la característica térmica que puede soportar el cable que se desea proteger.

Las características que se tienen en cuenta a la hora de simular la información por parte del SPARD POWER para la presencia de futuros cortocircuitos son:

1. La ubicación de los reconectores que se adicionan por medio de varias simulaciones de prueba y error; adicionalmente a los criterios del diseñador para obtener un mejor resultado basado en los valores de reporte del DES.
2. La duración de la falla si es permanente o transitoria.
3. Su origen por las diferentes causas de falla establecidas en las tablas de fallas, que son registradas en las bitácoras de la base de datos de el operador de red que permiten la sumatoria y el cálculo de que tan constantes se están presentando y poder hallar una estadística que permite que el sistema desarrolle que ocurrirá en un determina espacio de tiempo.
4. La realización de la simulación de los circuitos con respecto de la presencia de fallas se realizo con cortocircuitos trifásicos como lo muestra la figura:

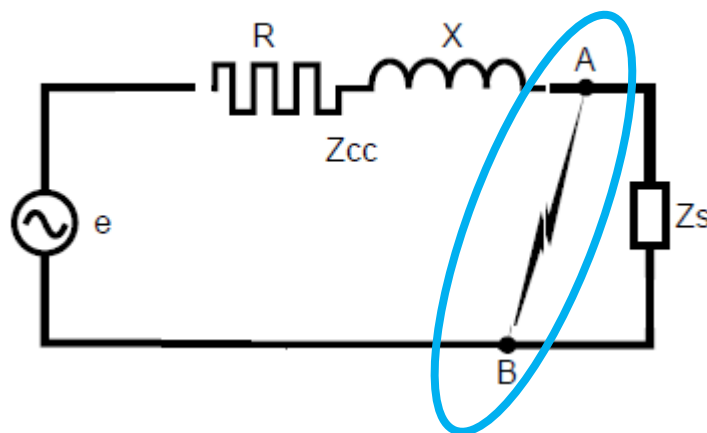
a) cortocircuito trifásico simétrico



Las consecuencias de las interrupciones están basadas en el lugar del defecto, el circuito afectado, sobrecalentamientos presentes anteriormente que desgastar los elementos presentes en el circuito y daños colaterales para circuitos cercanos o dependientes del circuito afectado por cualquier causa de daño.

El establecimiento de la intensidad de la falla:

Se puede observar en un circuito simple con los componentes básicos, una fuente, un interruptor, una impedancia Z_{cc} (que representa todas las impedancias) y la impedancia Z_s de la carga.



Se observa una interrupción en el circuito, cuando se produce un fallo de impedancia se presenta una intensidad de cortocircuito I_{CC3} (intensidad de corriente de cortocircuito permanente) muy alta y solo es limitada por la impedancia Z_{cc} .

Teniendo en cuenta que el establecimiento de una corriente de cortocircuito depende normalmente de la distancia de el punto de falla a los generadores, esta no es una distancia de medida sino que las impedancias de los generadores son inferiores a las conexiones entre ellos y el punto del fallo.

El SPARD POWER cuando detecta la presencia de una falla lejos del generador que alimenta el circuito afectado provoca una resultante de la aplicación de un circuito auto inductivo de una tensión con las siguientes características:

La intensidad i es la suma de dos componentes:

$$i = i_a + i_c .$$

$$i_a = I . \text{sen} (w.t + a),$$

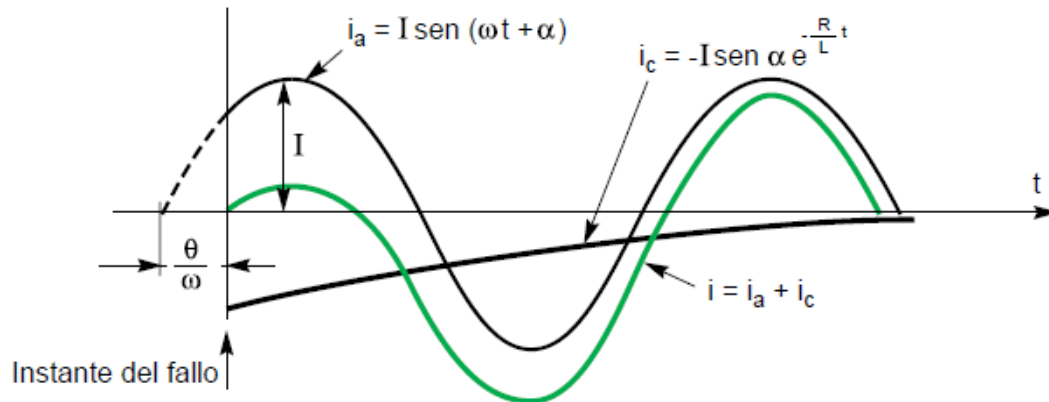
$$I = \text{intensidad máxima} = \frac{E}{Z_{cc}}$$

$$I_c = -I . \text{sen} \alpha . e^{-\frac{R}{L}t}$$

Si la relación R sobre L se torna mayor, su amortiguamiento será más rápido y su valor inicial depende de su ángulo α .

Por el contrario si la falla se presenta cerca del generador será la variación de la impedancia del generador quien se encargara de producir la amortiguación de la corriente de corto circuito.

Representación grafica y descomposición la corriente de un corto circuito alejado de un alternador:



El SPARD POWER utiliza tres métodos de cálculo de corrientes de cortocircuito que son seleccionados por el diseñador según el caso que se presente o análisis a realizar cuando se realiza el flujo de carga.

1. El primero es el método de **impedancias** que se caracteriza por permitir calcular las corrientes de defecto, se basa en la sumatoria por aparte de las resistencias y reactancias del bucle del defecto y se añade después los generadores; calculando así la impedancia correspondiente. La I_{cc} se obtiene aplicando la ley de ohm $I_{cc} = U_n / \Sigma(z)$, para la aplicación de este método se debe conocer todas las características de los elementos del bucle donde se presenta la falla.
2. El segundo método es llamado **simplificado** y se basa en unas tablas con varias hipótesis simplificadas nos permite observar por sección del conductor la corriente asignada del dispositivo, que asegura la protección contra las sobrecargas, las longitudes máximas de conductores protegidos contra contactos indirectos, las longitudes admisibles, teniendo en cuenta las caídas de tensión.
3. La tercera está basada en el **teorema de Thevenin y Norton** el cual consiste en calcular una fuente de tensión en el punto de cortocircuito para luego hallar la corriente en este punto. Todas

las alimentaciones de la red se sustituyen por sus impedancias, se desprecian entonces todas las capacidades de línea y las admitancias de las cargas en paralelo.

CORTOCIRCUITO TRIFASICO

El fallo que se presenta por la unión de las tres fases,

$$I_{cc_3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc}},$$

donde U es la tensión compuesta entre fases y que indica la tensión de vacío del transformador.

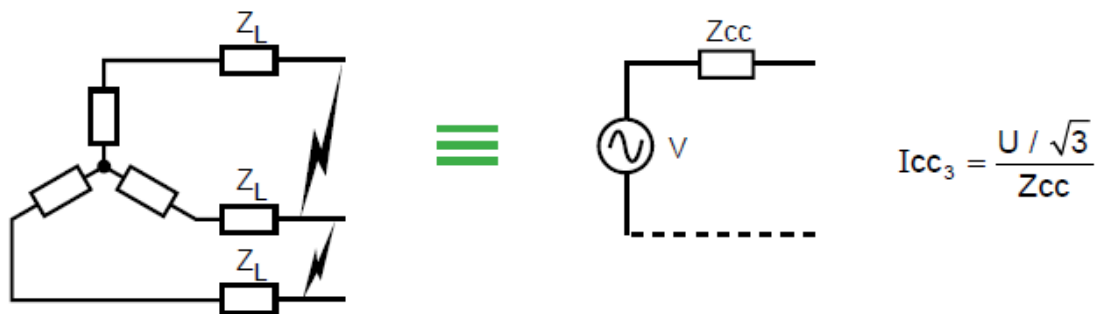


Fig. 25 Defecto trifásico

En resumen el cálculo de la intensidad de corta circuito se resume al cálculo de la impedancia Z_{cc} , la cual es la equivalente a todas las impedancias que recorre I_{cc} desde el generador hasta el punto de la falla, donde

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

ΣR = suma de todas las resistencias en serie

ΣX = suma de todas las reactancias en serie

El cálculo de I_{cc3} es indispensable para elegir los materiales que se deben utilizar, que puedan soportar las intensidades de la red.

5. SIMULACIONES DES Y FES ANUALES PROBABILISTICOS SIN RECONECTADORES Y DEMAS EQUIPOS DE CORTE

BOTE 1	Des	Fes	TERPEL	Des	Fes	IPANEMA	Des	Fes
Promedio	61,6	33,33056911	Promedio	296,58	160,49986	Promedio	97,58	53,10978846
Desviacion	10,78064109	5,413267794	Desviacion	23,766193	12,114756	Desviacion	15,09242903	7,924985117
Coef Var	17,50104072	16,24115021	Coef Var	8,0134172	7,5481412	Coef Var	15,46672375	14,9218917
Mediana	61,5	33,01355014	Mediana	295	160,51908	Mediana	96	53,01057692
Moda	59	34,00813008	Moda	284	165,01908	Moda	95	53,00769231

BOTE 2	Des	Fes	VOI1	Des	Fes	RIOJA	Des	Fes
Promedio	156,83	85,13059557	Promedio	53,86	29,2425	Promedio	118,95	64,75887165
Desviacion	18,30827764	9,10724782	Desviacion	9,6011573	4,8862023	Desviacion	15,34411676	8,189322069
Coef Var	11,67396394	10,69797264	Coef Var	17,826137	16,70925	Coef Var	12,89963578	12,64586899
Mediana	158	85,01246537	Mediana	53,5	29,020089	Mediana	119,5	65,01198872
Moda	153	78,01246537	Moda	46	33,017857	Moda	125	69,00705219

BOTE 3	Des	Fes	VOI2	Des	Fes	VERGEL	Des	Fes
Promedio	47,38	25,62737968	Promedio	106,96	58,020299	Promedio	119,91	64,9489078
Desviacion	11,56866195	5,748770046	Desviacion	14,698945	7,6328046	Desviacion	16,6830798	8,606466884
Coef Var	24,41676225	22,4321414	Coef Var	13,742469	13,155404	Coef Var	13,91300125	13,25113412
Mediana	47	25,51336898	Mediana	109	58,014085	Mediana	120	64,00921986
Moda	56	22,00534759	Moda	115	63,008803	Moda	123	63,0070922

LAGO 1	Des	Fes	CENTRO 1	Des	Fes	SAN PEDRO	Des	Fes
Promedio	51,38	28,31038585	Promedio	43,44	23,622896	Promedio	41,73	22,70528302
Desviacion	12,43145245	6,056899334	Desviacion	9,0980295	4,8020499	Desviacion	9,681655047	4,953131099
Coef Var	24,19511961	21,39461951	Coef Var	20,943899	20,327948	Coef Var	23,20070704	21,81488376
Mediana	49,5	27,01446945	Mediana	40,5	22,513514	Mediana	41,5	23,00943396
Moda	45	24,0096463	Moda	38	22,011583	Moda	41	21,02358491

FERIAS	Des	Fes	CENTRO 2	Des	Fes	BAVARIA	Des	Fes
Promedio	85,05	46,09693356	Promedio	57,71	30,888465	Promedio	234,36	126,1466765
Desviacion	11,55869955	5,506539377	Desviacion	11,059339	5,7146916	Desviacion	21,02068246	10,53850097
Coef Var	13,59047566	11,94556547	Coef Var	19,163645	18,501054	Coef Var	8,969398556	8,354164588
Mediana	86	47,00596252	Mediana	58	31,002475	Mediana	233	126,0139706
Moda	90	50,00340716	Moda	62	31,002475	Moda	233	129,0191176

GRANJAS	Des	Fes	CENTRO 3	Des	Fes	CANAIMA	Des	Fes
Promedio	57,14	30,79977337	Promedio	48,65	26,370526	Promedio	63,42	33,97852151
Desviacion	10,4929221	5,597163992	Desviacion	10,530739	5,5259666	Desviacion	12,01024815	5,785437252
Coef Var	18,36353185	18,17274408	Coef Var	21,645918	20,955086	Coef Var	18,93763505	17,02674806
Mediana	57	31,00849858	Mediana	48	26,008224	Mediana	65	34,01075269
Moda	58	31,00849858	Moda	46	25,006579	Moda	71	31,01075269

TIMANCO	Des	Fes	TRANSMISORES	Des	Fes	ANDALUCIA	Des	Fes
Promedio	79,71	43,55767717	Promedio	39,67	21,6217857	Promedio	80,41	43,4485376
Desviacion	12,96950191	7,068152321	Desviacion	9,03646373	4,52566775	Desviacion	12,1348442	6,26406897
Coef Var	16,27085925	16,22711031	Coef Var	22,7790868	20,9310545	Coef Var	15,0912128	14,4172147
Mediana	79	43,00984252	Mediana	40	21,0535714	Mediana	81	43,0096774
Moda	74	49,00590551	Moda	42	17,0535714	Moda	85	48,0107527

PD_RURAL	Des	Fes	PD_CENTRO	Des	Fes	PD_NORTE	Des	Fes
Promedio	46,48	25,36295276	Promedio	37,03	20,3071053	Promedio	47,07	25,363682
Desviacion	10,431576	5,334376686	Desviacion	7,85018175	4,1298473	Desviacion	11,9588985	5,84055364
Coef Var	22,44314974	21,03215953	Coef Var	21,1995186	20,3369572	Coef Var	25,4066252	23,027231
Mediana	47	25,50984252	Mediana	37	21,0219298	Mediana	44,5	24,5167364
Moda	47	27,01181102	Moda	39	21,0175439	Moda	38	24,0125523

PD_SUR	Des	Fes
Promedio	59,95	32,30062857
Desviacion	11,47361928	5,695875011
Coef Var	19,13864767	17,6339448
Mediana	59	33,00571429
Moda	59	33,01142857

FIG 25. TABLAS DE DATOS DEL DES Y FES SIN RECONECTADORES

Estas tablas son los promedios de los resultados de los reportes en Excel de las simulaciones realizadas por el Spard Power de los circuitos analizados con y sin reconectadores, con las tablas de los valores característicos de la función de probabilidades halladas por unidad de falla halladas anteriormente.

Las variables estadísticas mostradas son el resultado de 876000 simulaciones. En consecuencia representan la proyección anual de una simulación de 100 años.

5.1 SIMULACION PROBABILISTICA CON RECONECTADORES Y CORTACIRCUITOS

Una vez ubicados los reconectadores de acuerdo a un algoritmo, el cual se explicará detalladamente más adelante, se realizaron para cada circuito 876000 simulaciones probabilísticas que arrojaron los siguientes resultados anuales esperados:

CIRCUITO	DES ESPERADO
Bote 1	4,494423819
Bote 2	4,693054734
Bote 3	15,96647421
Lago 1	4,93776982
Ferias	24,39250479
Granjas	7
Terpel	6,82510854
Vo1	23,82575461
Vo2	47,31531217
Centro 1	8,461238244
Centro 2	13,74976325
Centro 3	6,54444882
Ipanema	12,45763224
Rioja	7,023576056
Vergel	10,35394071
S.Pedro	4,991770943
Bavaria	4,756791343
Canaima	15,28852313
Timanco	8,665216172
Andalucia	7,71417991
PD_Rural	4,715168974
PD_Centro	5,322033565
PD_Norte	9,62672251
PD_Sur	5,148150149

FIG 26. TABLA DE DATOS DEL DES Y FES CON RECONECTADORES

Debe mencionarse que las simulaciones con reconectadores se realizaron con premisa de utilización de la función 79 (recierre) de los reconectadores y que la probabilidad de recierre exitoso con la que se trabajó fue 0.6.

5.2 COMPARACION DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PROBABILISTICAS

Al realizar un análisis de los cuadros mostrados en los numerales anteriores, se observa que el uso de los reconectadores presenta una mejora sustancial en la calidad del servicio.

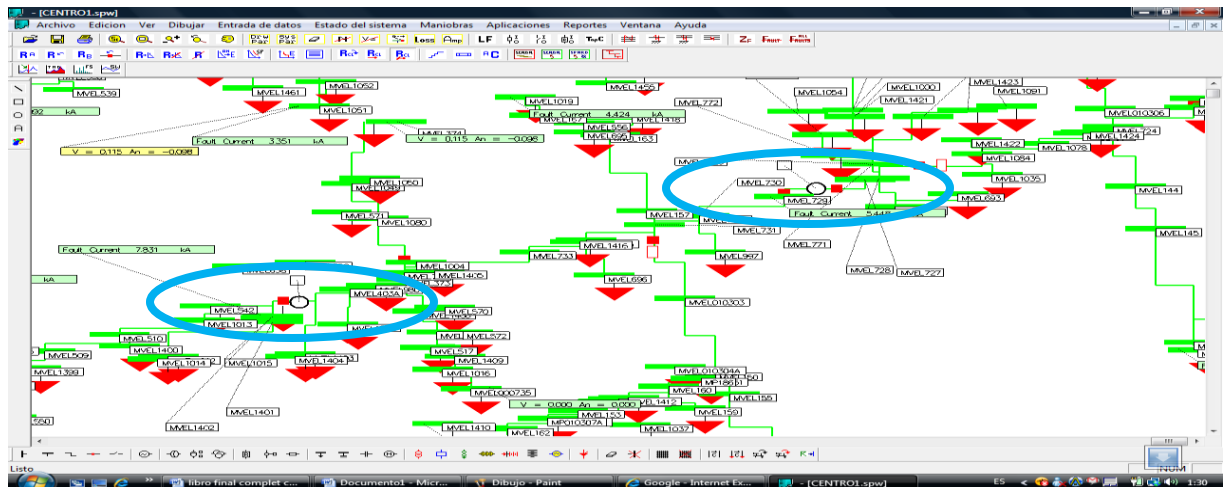
Se pudo observar una mejora muy alta por medio de las simulaciones de los circuitos con reconectadores que se realizó, comparado con las simulaciones de los circuitos sin reconectadores de tal forma que algunos circuitos como Pd_Sr (Planta Diesel Sur), la presencia de mejora en promedio para los nodos cercanos a la subestación fue del orden de diez veces, pues de un valor de DES (duración equivalente de servicio) de 59,95 horas de duración de interrupciones y fallas se pasa a un valor probable (para los nodos de mejor calidad es decir los circuitos con la mejor ubicación de reconectadores), de 5,14 horas de duración de interrupciones, una disminución notoria del valor de DES en uno de los mejores casos.

En general, la mejora en calidad es notable y llega a ser de un 80%.

6. ALGORITMO GENETICO PARA UBICACION ÓPTIMA DE RECONECTADORES

Para la ubicación de los reconectadores y cortacircuitos que optimizaran la confiabilidad del sistema se utilizó un algoritmo genético cuyo fundamento es el siguiente:

1. Se supuso que en cada circuito habrían dos reconectadores (adicional a la protección de cabecera de circuito que se considera fija). La ubicación inicial de estos reconectadores es aleatoria.



2. Aleatoriamente se tienen varias versiones del mismo circuito con distintas ubicaciones de los dos reconectadores mencionados, es decir varias combinaciones de ubicaciones aleatorias.
3. Para cada circuito y sus reconectadores aleatoriamente ubicados se corren las simulaciones probabilísticas de interrupciones.
4. Como consecuencia de la simulación anterior se evalúa un índice de comportamiento para cada par de reconectadores, comparando con el valor promedio hallado de DES de las simulaciones de interrupciones de las otras versiones.
5. Los índices de comportamiento calculados anteriormente permiten la aplicación de una genética de supervivencia a las parejas de reconectadores. Sólo sobreviven el 20% de menor índice de comportamiento.

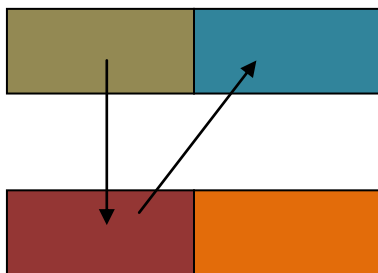
6. El índice de comportamiento refleja la duración promedio de interrupciones del circuito, de suerte que la pareja con el menor índice de comportamiento es una pareja ideal para su ubicación.
7. La diferencia entre las distintas parejas la dictamina su ubicación.
8. En consecuencia, el algoritmo genético se basa en cromosomas de dos genes, donde el primer gen representa la ubicación del primer reconector y la siguiente la otra ubicación.
9. Una vez determinada la pareja de reconectores sobrevivientes, dichos reconectores son sometidos a un cruce entre ellos y mutaciones en los genes.
10. El proceso se repite durante varias generaciones hasta lograr y encontrar la pareja de genes sobrevivientes con el mejor índice de comportamiento.

A continuación se muestra en forma gráfica el proceso de cruce genético y mutación de cromosomas.



CROMOSOMA

L1= Línea a ubicar el reconnector 1
L2= Línea a ubicar el reconnector 2



Cruce (Intercambio de genes)





FIG 27. Grafica del proceso de cruce genético y mutación de cromosomas.

6.1 UBICACIÓN DE RECONECTADORES

La ubicación de los reconectores la tenemos discriminada en la siguiente tabla:

CIRCUITO	CANTIDAD	NODO 1	NODO 2
BOTE 2	2	MVEL6244	MVEL6243
		MVEL6408	MVEL6409
Ferias	2	MVEL5163	MVEL5776
		MVEL7431	MVEL5816
Centro 3	3	MVEL380	MVEL385
		MVEL384	MVEL393
		MVEL402	MVEL403
San Pedro	2	MVEL2135	MVEL2020
		MVEL1765	MVEL2152
PD_Rural	2	MVEL276	MVEL277
		MVEL357	MVEL356
PD_Centro	1	MVEL839	MVEL717
Granjas	2	MVEL5184	MVEL5185
		MVEL5291	MVEL5293
Ipanema	2	MVEL4219	MVEL4972
		MVEL3555	MVEL3552
Bavaria	3	MVEL1738	MVEL1739
		MVEL012137	MVEL012138
		MVEL013206	MVEL013207
PD_Norte	2	MVEL782	MVEL783
		MVEL795	MVEL797
Lago 1	2	MVEL6829	MVEL5414

		MVEL6852	MVEL6858
Canaima	2	MVEL011597	MVEL011598-600
		MVEL011628	MVEL011629
Centro 1	2	MVEL1015	MVEL638
		MVEL729	MVEL727
Centro 2	2	MVEL1964	MVEL1857
		MVEL1793	MVEL1792
Terpel	2	MVEL010596A	MVEL010597
		MVEL011228	MVEL011231
PD_Sur	2	MVEL203	MVEL204
		MVEL231	MVEL237
Vergel	4	MVEL4094	MVEL4095
		MVEL013582	MVEL013583
		MVEL4083	MVEL3385

Timanco	2	MVEL2189	MVEL2190
		MVEL1608	MVEL1610
Rioja	4	MVEL4421	MVEL4330
		MVEL3805	MVEL3674
		MVEL3686	MVEL3690
		MVEL3590	MVEL3598
Andalucia	2	MVEL2517	MVEL2518
		MVEL2076	MVEL1584
Villa Olimpica	2	MVEL6040	MVEL6045
		MVEL6102	MVEL6103
INDUSTRIAL	4	MVEL7519	MVEL6010
		MVEL013261	MVEL013260
		MVEL6795	MVEL6318
		MVEL6092	MVEL6093
BOTE 3	1	MVEL5537	MVEL5597
BOTE 1	3	MVEL5464	MVEL5466
		MVEL5491	MVEL6637
		MVEL5515	MVEL6953

TOTAL	55
--------------	-----------

FIG 28. TABLA DE UBICACIÓN DE RECONECTADORES

En esta tabla se observa la ubicación óptima de cada reconectador en cada nodo para todos los circuitos simulados de la manera ideal, para una mejora sustancial de la continuidad del servicio y una mínima presencia de interrupciones en todos los circuitos analizados.

6.2 UBICACIÓN DE CORTACIRCUITOS

La ubicación de los cortacircuitos la tenemos discriminada en la siguiente tabla:

CIRCUITO	CANTIDAD	NODO 1	NODO 2
Bote2	6	MVEL5759	MVEL6215
		MVEL6875	MVEL7557
		MVEL6941	MVEL6942
		MVEL6382	MVEL6381
		MVEL6976	MVEL010987
		MVEL010967-A	MVEL6254
Ferias	9	MVEL5106	MVEL5107
		MVEL5678	MVEL5677
		MVEL5174	MVEL5173
		MVEL5982	MVEL7494
		MVEL5160	MVEL011792
		MVEL7455	MVEL5812
		MVEL7432	MVEL7430
		MVEL7175	MVEL7429
		MVEL7196	MVEL7173
Centro 3	4	MVEL495	MVEL493
		MVEL474	MVEL473

		MVEL401	MVEL400
		MVEL432	MVEL401
PD_Rural	4	MVEL286	MVEL287
		MVEL943	MVEL317
		MVEL284	MVEL283
		MVEL360	MVEL358
PD_Centro	2	MVEL123	MVEL120
		MVEL717	MVEL133
Granjas	3	MVEL5356	MVEL5283
		MVEL8041	MVEL5321
		MVEL5344	MVEL8086
Ipanema	3	MVEL3549	MVEL4198
		MVEL4270	MVEL4140
		MVEL4199	MVEL4153
Bavaria	2	MVEL013127	MVEL013126
		MVEL013210	MVEL013212
PD_Norte	1	MVEL564	MVEL956
Lago 1	2	MVEL5535	MVEL6803
		MVEL7020	MVEL5391
Canaima	2	MVEL3222	MVEL2450
		MVEL011624A	MVEL011655-65
Centro 1	4	MVEL731	MVEL010303
		MVEL726	MVEL728
		MVEL168	MVEL169
		MVEL180	MVEL168
Centro 2	3	MVEL1862	MVEL1860
		MVEL1787	MVEL2167
		MVEL1787	MVEL1781
Terpel	2	MVEL6949	MVEL6341
		MVEL010592A	MVEL011188
PD_Sur	3	MVEL864	MVEL7
		MVEL908	MVEL232
		MVEL255	MVEL011862-863
Vergel	6	MVEL4567	MVEL4569
		MVEL3983	MVEL3986
		MVEL013595	MVEL013596
		MVEL3371	MVEL3402

		MVEL4251	MVEL4249
		MVEL4248	MVEL3487
Timanco	3	MVEL1645	MVEL1644
		MVEL1880	MVEL1612
		MVEL2305	MVEL1565

Rioja	2	MVEL3792	MVEL3795
		MVEL3592	MVEL011919
Andalucia	2	MVEL1832	MVEL1821
		MVEL2271	MVEL1589
Villa Olimpica	9	MVEL7152	MVEL6022
		MVEL8255	MVEL8258
		MVEL6706	MVEL6707
		MVEL5233	MVEL6790
		MVEL6155	MVEL004713-71
		MVEL6720	MVEL6718
		MVEL5084	MVEL5083
		MVEL012110	MVEL6787
INDUSTRIAL	13	MVEL5375	MVEL6363
		MVEL6281	MVEL6282
		MVEL5694	MVEL5695
		MVEL012318	MVEL012317
		MVEL011819	MVEL5240
		MVEL6305	MVEL5730
		MVEL6083	MVEL5736
		MVEL5220	MVEL5222
		MVEL7125	MVEL7124
		MVEL8305	MVEL8307
		MVEL7095	MVEL8493
		MVEL8313	MVEL8314
		MVEL6096	MVEL6098
		MVEL8440	MVEL8441
BOTE 3	4	MVEL6519	MVEL5596
		MVEL5595	MVEL010441
		MVEL7242	MVEL7239

		MVEL5409	MVEL7276
		MVEL6931	MVEL6142
		MVEL5616	MVEL6951
BOTE 1	5	MVEL5510	MVEL010079
		MVEL5492	MVEL6120
		MVEL5391	MVEL7020
TOTAL	94		

FIG 29. TABLA DE UBICACIÓN DE CORTO CIRCUITOS

En esta tabla se observa la ubicación óptima de cada corta circuitos en cada nodo para todos los circuitos simulados de la manera ideal, para una mejora sustancial de la continuidad del servicio y una mínima presencia de interrupciones en todos los circuitos analizados.

7. ESPECIFICACION GENERAL DE LOS RECONECTADORES – DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

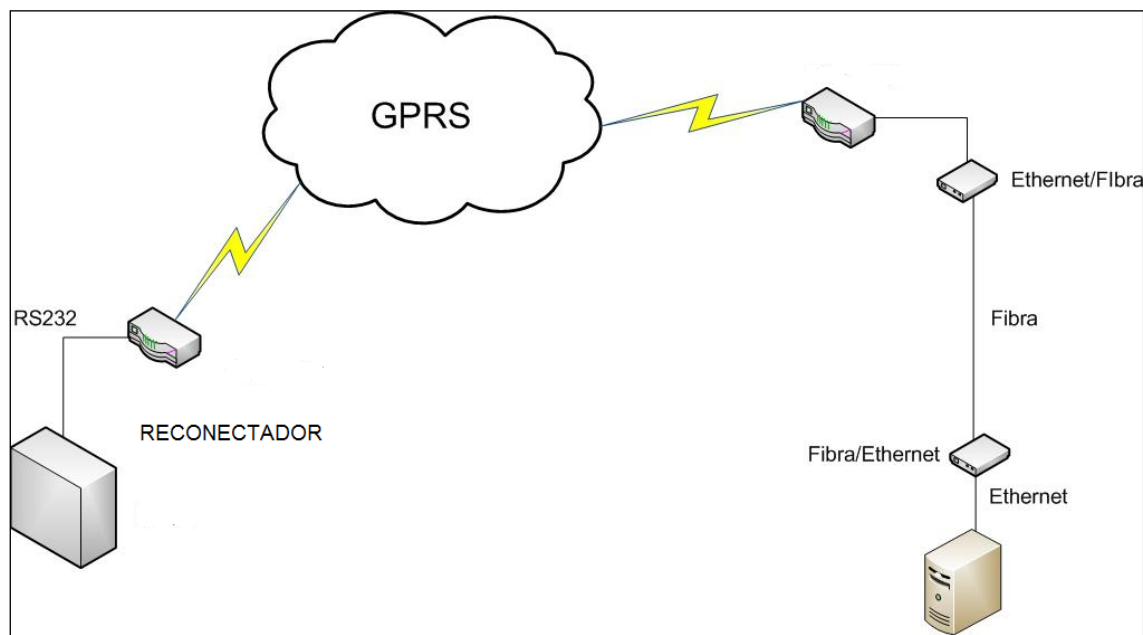


FIG 30. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LOS RECONECTADORES

Cada uno de los reconvertidores automatizados contará con una RTU y puertos tipo y Terminal para enviar y recibir información, estados y controles a y desde la subestación más cercana.

El protocolo a utilizar será DNP-3, llegando la información (a cualquiera de los dos terminales) vía GPRS. Allí se comunicará a la RTU de la subestación, tal como se indica en la figura.

General Packet Radio Service (GPRS) o servicio general de paquetes vía radio es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications o GSM) para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes). Existe un servicio similar para los teléfonos móviles que del sistema IS-136. Permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kbps.

Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre del punto de acceso (APN).

Con GPRS pueden utilizar los servicios tales como Wireless Application Protocol (WAP) , servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web (WWW). Para fijar una conexión de GPRS para un módem inalámbrico, un usuario debe especificar un APN, opcionalmente un nombre y contraseña de usuario, y muy raramente una dirección IP, todo proporcionado por el operador de red. La transferencia

de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes), mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de tiempo de conexión, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad. Por este motivo, se considera más adecuada la conexión conmutada para servicios como la voz que requieren un ancho de banda constante durante la transmisión, mientras que los servicios de paquetes como GPRS se orientan al tráfico de datos. La tecnología GPRS, es un servicio (Service) orientado a radio enlaces (Radio) que da mejor rendimiento a la conmutación de paquetes (Packet) en dichos radio enlaces.

TECNOLOGÍA UTILIZADA

El acceso al canal utilizado en GPRS se basa en divisiones de frecuencia sobre un dúplex y TDMA. Durante la conexión, al usuario se le asigna un canal físico, formado por un bloque temporal en una portadora concreta. Ese canal será de subida o bajada dependiendo de si el usuario va a recibir o enviar datos. Esto se combina con la multiplexación estadística en el dominio del tiempo, permitiendo a varios usuarios compartir el mismo canal físico, ya sea de subida o de bajada. Los paquetes tienen longitud constante, correspondiente a la ranura de tiempo del GSM. El canal de bajada utiliza una cola FIFO para los paquetes en espera, mientras que el canal de subida utiliza un esquema similar al de ALOHA con reserva. En resumen, se utiliza un sistema similar al ALOHA ranurado durante la fase de contención, y TDMA con una cola FIFO durante la fase de transmisión de datos.

Que la conmutación sea por paquetes permite fundamentalmente la compartición de los recursos radio. Un usuario GPRS sólo usará la red cuando envíe o reciba un paquete de información. Todo el tiempo que esté inactivo podrá ser utilizado por otros usuarios para enviar y recibir información. Esto permite a los operadores dotar de más de un canal de comunicación sin miedo a saturar la red, de forma que mientras que en GSM sólo se ocupa un canal de recepción de datos del terminal a la red y otro canal de transmisión de datos desde la red al terminal, en GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión.

Permite velocidades de transferencia moderadas mediante el uso de canales libres con multiplexación por división de tiempo, como por ejemplo el sistema GSM. En un principio se pensaba extender el GPRS de forma que cubriera otros estándares, pero en lugar de eso se están reconvirtiendo las redes de forma que utilicen el estándar del GSM. De esta manera, las únicas redes en las que el GPRS se utiliza actualmente son las redes GSM. El primer estándar de GPRS se debe al European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

En la teoría, el GPRS original soportaba los protocolos IP y P2P, así como las conexiones del X25, aunque este último se eliminó del estándar. En la práctica se utiliza IPv4, puesto que IPv6 aún no tiene implantación suficiente y en muchos casos los operadores no lo ofrecen. Para asignar la dirección IP se utiliza DHCP, por lo que las direcciones IP de los equipos móviles son casi siempre dinámicas.

Desde el punto de vista del operador de telefonía móvil, es una forma sencilla de migrar la red desde GSM a una red UMTS puesto que las antenas (la parte más cara de una red de Telecomunicaciones móviles) sufren sólo ligeros cambios y los elementos nuevos de red necesarios para GPRS serán compartidos en el futuro con la red UMTS.

Los sistemas móviles de segunda generación (2G), combinados con la tecnología GPRS reciben a menudo el nombre de **2.5G**, o de segunda generación y media. Esta nomenclatura se refiere al hecho de que es una tecnología intermedia entre la segunda (2G) y tercera (3G) generación de telefonía móvil.

SERVICIOS OFRECIDOS

La tecnología GPRS mejora y actualiza a GSM con los servicios siguientes:

- Servicio de mensajes multimedia (MMS)
- Mensajería instantánea
- Aplicaciones en red para dispositivos a través del protocolo WAP
- Servicios P2P utilizando el protocolo IP
- Servicio de mensajes cortos (SMS)
- Posibilidad de utilizar el dispositivo como módem USB

La tecnología GPRS se puede utilizar para servicios como el acceso mediante el Protocolo de Aplicaciones Inalámbrico (WAP), el servicio de mensajes cortos (SMS) y multimedia (MMS), acceso a Internet y correo electrónico.

El método de cobro típico para transferencias de datos usando GPRS es el pago por megabytes de transferencia, mientras que el pago de la comunicación tradicional mediante conmutación de circuitos se cobra por tiempo de conexión, independientemente de si el usuario está utilizando el canal o este se encuentra inactivo. Este último método es poco eficiente debido a que mantiene la conexión incluso cuando no se están transmitiendo datos, por lo que impide el acceso al canal a otros usuarios. El método utilizado por GPRS hace posible la existencia de aplicaciones en las que un dispositivo móvil se conecta a la red y permanece conectado durante un periodo prolongado de tiempo sin que ello afecte en gran medida a la cantidad facturada por el operador.

NOTA: INFORMACION SUMINISTRADA POR WIKIPEDIA (GPRS), NO REDACTADO POR EL AUTOR DE ESTE LIBRO. http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_v%C3%ADA_radio

8. PRESUPUESTO DE LA INVERSION

RECONECTADORES

ELEMENTO	VALOR UNITARIO	MONEDA	CANTIDAD	VALOR	MONEDA
RECONECTADOR DE 13.2kV	23,000,000	PESOS	55	1,265,000,000	PESOS
TRANSFORMADOR AUXILIAR	1,200,000	PESOS	55	66,000,000	PESOS
COMUNICACIONES					
MODEM	1,000,000	PESOS	55	55,000,000	PESOS
METRO DE FIBRA MULTIMODO	12,000	PESOS	300	3,600,000	PESOS
VALOR TOTAL				1,389,600,000	PESOS

CORTACIRCUITOS

ELEMENTO	VALOR UNITARIO	MONEDA	CANTIDAD	VALOR	MONEDA
CORTACIRCUITOS	85,000	PESOS	94	7,990,000	PESOS

TOTAL

CONCEPTO	VALOR	MONEDA
CORTACIRCUITOS	7,990,000	PESOS
RECONECTADORES	1,389,600,000	PESOS
VALOR DE LA INVERSION	1,397,590,000	PESOS

FIG 31. TABLA DE PRESUPUESTO DE LA INVERSION

9. CREG

(La Comisión de Regulación de Energía y Gas)

SITUACION CON LA NUEVA REGULACION

La resolución N° 097 de 2008 hoja 12 / 162 por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los sistemas de transmisión regional y distribución local.

Calidad del Índice Trimestral Agrupado de la Discontinuidad :

El índice Trimestral Agrupado de la Discontinuidad (ITADn,p) es el índice medio de la calidad del servicio prestado por un OR y es calculado por el OR a partir de los registros de las interrupciones consignadas en la base de datos de calidad del SUI ocurridas en su sistema de distribución durante el trimestre de evaluación.

El **ITADn,p** se calcula trimestralmente, para cada OR, como sigue:

$$ITADn,p = \frac{1}{G} \sum_{q=1}^G ITG\ n, q, p \ ,$$

Donde ITG n,q,p, es el índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad, que se obtiene de la siguiente manera:

$$ITGn, q, p = (NTGn, q, p) / (VTn, q, p)$$

Donde:

NTGn,q,p: Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad, medido en KWh, que considera las interrupciones en cada grupo de calidad q, del Nivel de Tensión n, durante el trimestre p.

VTn,q,p= Ventas de energía asociadas al grupo de calidad q, en el nivel de Tension n y para el trimestre p, en KWh, según información reportada en la base de datos comercial del SUI.

$$VTn, q, p = \Sigma KWh$$

El Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad (NTGn,q,p) mediante la siguiente expresión:

$$NTGn, q, p = \sum_{nt=1}^{\Sigma Nn,q} NTTn, t, q, p$$

Donde:

NTTn,t,q,p : Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador, medido en KWh, de cada transformador t, que pertenece al grupo de calidad q y al nivel de tensión n, para el trimestre p.

Nn,q= Número total de transformadores del nivel de tensión N y del grupo de calidad q del respectivo OR.

El Nivel de Trimestral de las interrupciones por Transformador (NTTn,t,q,p) se calcula como se muestra a continuación:

$$NTTn, t, q, p = DTTn, t, q, p * NUn, t, q, p$$

APLICADO AL CONCEPTO DE NODO

Donde :

DTT_{n,t,q,p}: Duración Trimestral, calculada como la sumatoria en horas de las interrupciones del transformador T, perteneciente al grupo de calidad q, y al Nivel de Tensión n, durante el año K.

EPUn,q,p: Energía promedio consumida en KWh/hora por los usuarios del nivel de tensión n y del grupo de calidad q durante el trimestre p, según información reportada por el OR en la base de datos comercial SUI.

NUn,t,q,p: Numero promedio de usuarios del transformador t, del grupo de calidad q, durante el trimestre p.

Calculo del Incentivo por Variación Trimestral de la Calidad

La estimación del incentivo por Variación Trimestral de la Calidad, $\Delta Dt_{n,m}$, (\$ / KWh) que tendrá un OR por la gestión de la calidad promedio de su sistema de distribución, se establecerá para cada nivel de tensión n aplicando la siguiente expresión:

$$\Delta Dt_{n,m} = (IRAD_{n,p} - ITAD_{n,p,m-4}) * CROm_{-1}$$

Donde,

$\Delta Dt_{n,m}$: Incentivo por Variación Trimestral de la calidad para el OR durante el mes m, aplicable al cargo por uso del nivel de tensión n, en \$ / KWh.

IRAD_{n,p}: Índice de Referencia Agrupado de la Discontinuidad.

ITAD_{n,p} m-4: Índice de Trimestral Agrupado de la Discontinuidad, estimado con base en la información de calidad del trimestre p al cual pertenece el mes m-4.

CROm-1: costo de racionamiento CRO1 calculado por la UPME para el mes de m-1.

TABLA DE VALORES DE LOS INDICADORES SIN RECONECTADORES

EPU		NTT		NTG		ITG
				suma NTT		
0,3578299		151,620688		2842073,75		0,01275498
0,3578299		151,620688				
0,3578299		203,366464				

ITAD
0,01275498

11 .CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Dentro del estudio de confiabilidad realizado por E.C.S se determinó el número y ubicación de los nuevos reconectores a instalar y sus funcionalidades mínimas requeridas.
- La disminución del DES con la ubicación de los reconectores es a simple vista obvia y esperada analizando los datos de las tablas de resultados de las simulaciones.
- La inversión de los reconectores aunque es más alta que el consumo trimestral de los usuarios excediendo solo el 30 % de lo brindado, es la opción más viable para mejorar la infraestructura eléctrica del sistema analizado, además esta inversión se recuperara muy rápidamente ya que a su vez se garantizara el servicio por mas horas y esto permite mas facturación por parte de los usuarios.
- Se comprueba que la implementación de los nuevos equipos garantizará un servicio más eficiente y constante, en cuanto a su inversión es mínima para el beneficio que brindara a largo plazo a los habitantes de la zona.

- El estudio de confiabilidad nos permite dejar a futuro la puerta abierta para la reubicación de nuevos reconectores en caso que la red eléctrica sea ampliada, con tan sólo realizar nuevamente nuevas simulaciones con el software SPARD POWER.
- El software SPARDmp POWER demostró una vez más su eficiencia y especialidad en mejorar los circuitos de nivel de tensión dos de cualquier infraestructura eléctrica del país ya que garantiza con sus resultados demostrados los altos porcentajes de reducción de la discontinuidad del servicio de energía de una zona específica a analizar.
- La mejora se realizó de tal forma que algunos circuitos como Pd_Sr (Planta Diesel Sur), la mejora en promedio para los nodos cercanos a la subestación fue del orden de diez veces, pues de un valor de 59,95 horas de duración de interrupciones se pasa a un valor probable (para los nodos de mejor calidad), de 5,14 horas de duración de interrupciones.
En general, la mejora en calidad es notable y llega a ser de un 80%.
- Se recomienda la implementación integral de este proyecto utilizando reconectores telecontrolados pues esto permitirá mejorar la confiabilidad de la red, mejorar la prestación del servicio, responder ágilmente a cualquier eventualidad y adicionalmente, permitir por acción desde el centro control reconfigurar la red para disminuir pérdidas.
- Se recomienda a empresa modelo la implementación lo más rápido posible de estos equipos ya que garantizan el mejoramiento de la red eléctrica de la zona y a su vez incrementan el patrimonio y la facturación más alta por parte de los usuarios.

12. BIBLIOGRAFIA

- MANUALES DEL SPARmp POWER
- RETIE /NTC 2050 Reglamento Técnico Colombiano.
- IEEE Std. 141. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- ANSI/IEEE C37. Circuit Breakers, Switchgear, Relays, Substations and Fuses.

- ANSI/IEEE CS7. Distribution, Power and Regulating Transformers.
- NEMA IC57. Industrial, Control and systems-Adjustable Speed Drives.
- NFPA 70 (NEC 2002). National Electric Code.

Anexos

ESPECIFICACIONES TECNICAS RECONECTADORES AUTOMATICOS TRIFASICOS

JUSTIFICACION

La empresa modelo dentro de su proyecto de automatización de la distribución de su red eléctrica con miras a mejorar su confiabilidad, se recomienda la adquisición de estos equipos lo más pronto posible ,

para el nivel de tensión dos (13.8 kV), un conjunto de 56 reconectadores destinados a los propósitos mencionados.

Dentro del estudio de confiabilidad realizado por la electrificadora se determinó el número y ubicación de los nuevos reconectadores a instalar y sus funcionalidades mínimas requeridas.

Adicional a su labor de interrupción de fallas y reconexiones correspondientes, los reconectadores deben ser telecontrolados e intercambiar información en doble vía con el SCADA del centro de control de la electrificadora. Para el efecto deben incluirse en el suministro y montaje los equipos de comunicación necesarios para enviar y recibir la información a la subestación más cercana y adicionalmente (según diagrama de comunicación que figura en la especificación) utilizar los protocolos de comunicación que figuran en dicho diagrama y en los cuadros de características técnicas garantizadas.

Las siguientes especificaciones se refieren al suministro de Reconectadores automáticos trifásicos para 13.8 KV con destino al sistema de distribución de la empresa modelo incluyendo el diseño, fabricación y pruebas en fábrica.

CONDICIONES DE SERVICIO

Características del sitio de instalación

Altura sobre el nivel de mar	500 msnm
Temperatura ambiente	
- Mínima	10°C
- Máxima	38°C

-	Promedio	29 °C
Humedad relativa		
-	Mínima	70%
-	Máxima	90%
-	Promedio	80%
-	Grado de contaminación (IEC)	medio

NORMAS DE FABRICACION Y PRUEBAS

- ANSI/IEEE C37.60
- ANSI/IEEE C37.61
- IEC 56
- ANSI C76.1
- ANSI C76.2

CARACTERISTICAS TECNICAS GARANTIZADAS

ITEM	DESCRIPCION	UND	REQUERIDO	OFRECIDO
1	Fabricante			
2	País			
3	Referencia			
4	Norma		IEC 62271-100 ANSI C37.60-61	
5	Medio de extincion		Vacío	
6	Medio de aislamiento		Dieléctrico sólido (libre de mantenimiento)	
7	Nivel básico de aislamiento (BIL)	Kv	110	
8	Bujes		Polímero estable UV cubierto de caucho silicona	
8.1	Nivel básico de aislamiento BIL del buje	Kv	110	
9	Apertura manual, actuando directamente sobre el Reconnectador		Sí	
10	Señal Visible desde el piso de posición de contactos		"I" verde – cerrado "O" rojo - abierto	
11	Tipo de operación		Bidireccional	
12	Número de operaciones rápidas		0-4 Programable	
13	Número de operaciones retardadas		0-4 Programable	
14	Número de polos		3	
15	Número de cámaras por polo		1	

16	Tipo de montaje		En poste	
17	Frecuencia asignada (fr)	Hz	60	
18	Clase de conexión		Estrella puesta a tierra	
19	Tensión asignada (Ur)	kV	15.5	
20	Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60Hz) fase-tierra y a través del interruptor	kV	50	
21	Corriente asignada en servicio continuo (In)	A	630	
22	Corriente de corto circuito RMS	kA	12	
23	Duración del cortocircuito asignada	s	4	
24	Corriente de pico de corto circuito	kA	30	
25	Ciclo de trabajo estándar : O-0.1s-CO-1s-CO-1s-CO-60s	s	Si	
26	Número de operaciones mecánicas		20.000	
27	Numero de operaciones eléctricas a In		20.000	
28	Operaciones Eléctricas a Corriente de Corto Circuito		200	
29	Contador de operaciones		Si	
30	Mecanismo de operación			
30a	Actuador magnetic		Si	
31	Tiempo de apertura incluyendo tiempo de arco	ms	< 40	
32	Maniobra de aperture			
32a	Tiempo de aperture	ms	< 30	
33	Maniobra de cierre	ms		
33a	Tiempo de establecimiento	ms	Según ANSI	

			C37.60	
34	Sensores de Corriente		3	

35	Sensores de tension		3	
35	Distancia de fuga,	mm	según norma IEC 60815	
35a	A través del polo	mm	1.052	
35b	Entre partes vivas y tierra	mm		
35c	Para nivel de contaminación ligero o medio	mm	350	
35d	Para nivel de contaminación pesado	mm	437,5	
36	Disparo libre		Sí	
37	Bloqueo para evitar recierre		Sí	
38	Grados de protección del tanque		IP65	
EQUIPO DE CONTROL Y PROTECCION				
39	Sistemas de Control			
39a	Tipo de Control		Microprocesador	
39b	Fuente interna de alimentación		Sí	
39c	Facilidades de supervisión y control local		Sí	
39d	Facilidades de supervisión y control remoto		Sí	
40	Medio de comunicación remote			
41	Radio MODEM celular		Sí	
42	Fibra óptica		Sí	
43	Línea telefónica		Sí	
44	Protocolo de comunicación remota		MODBUS, DNP 3.0, IEC870-5-101/104	

45	Medición real de la corriente neutro	Si		
----	--------------------------------------	----	--	--

46	Capacidad de almacenamiento de registros históricos de las variables Eléctricas (amperios, tensión, kW, kwh.)		Potencias Trifásicas: kVA, kW, kVA. Potencias Monofásicas: A kVA, A kW, A kVA, B kVA, B kW, B kVA, C kVA, C kW, C kVA. Resoluciones: 5,10,15,30,60 minutos. Capacidad: 10 días(5 min.) hasta 150 días (60 min.)	
47	Password para modificar los ajustes del relé de protección y control		Sí	
48	Función (67/67N, 27, 50/51, 50N/51N, 79, 81L, 86))		Sí	
49	Suministro de software propietario para acceso local		Sí	
50	Suministro de software propietario para acceso remoto		Sí	
51	Tiempo de autonomía de las baterías de respaldo del equipo de control y protección.	horas	48	
52	Selección de curvas de disparo		Sí, IEC y ANSI y definidas por el USUARIO	

53	Rangos de sobrecorriente entre fases 10% a 200% de I_n , con incrementos de 1% de I_n		Sí	
54	A tierra de 10% a 200% de I_n con incrementos de 1% de I_n		Sí	

55	Sensibles a tierra de 1% a 12% de I_n , con incrementos de 1% de I_n		Sí	
56	Telecomando desde SCADA		Sí	
57	Contactos auxiliares de reserva NA, NC		4,4	
58	Grados de protección del gabinete de control		IP65	
59	Algoritmos para automatización de sistemas de distribución (DSA) incluidos en el software		Sí	

INFORMACION TECNICA A SUMINISTRAR POR EL OFERENTE

Literatura Técnica y diagramas en idioma español que muestren en detalle las características de los equipos.

La información técnica debe ser sometida a aprobación de la empresa modelo e incluirá, como mínimo lo siguiente:

Planos que muestren las dimensiones de los equipos, con detalles del ensamble, estructuras y accesorios para montaje en subestación y poste.

Manuales de montaje

Instrucciones de mantenimiento, supervisión y puesta en servicio

Direcciones de centros de servicio y reparación de estos equipos y procedimientos para efectuar estas reparaciones

El contratista estará obligado a garantizar las características solicitadas en estas especificaciones y suministrar un listado de las pruebas de rutina realizadas a los reconectadores.

PLANOS

Se deberá suministrar con la propuesta planos de los reconectadores donde se muestren las dimensiones típicas de los mismos, así como el tipo de unidades del control utilizados y cableado de contactos a regleta con indicación clara de la posición de los mismos cuando el reconectador este en posición abierta, materiales y demás datos que el fabricante considere necesarios.

Así mismo el equipo a entregar se sobreentiende que viene equipado con todos sus aditamentos y accesorios necesarios para ser montado y conectado, y que todo aditamento externo que requiera el reconectador hace parte del suministro en especial los elementos para comunicaciones efectivas con las subestaciones y por consiguiente con el centro de control

Un objetivo primario de esta especificación es que el equipo debe ser modular y debe tener un nivel máximo intercambio e integración con un sistema de SCADA central para comunicarse con protocolos, DNP3 ó IEC 870-5-104, pudiendo intercambiar el protocolo a través del software sin necesidad de adicionar o cambiar tarjetas del controlador del reconectador, además debe incluir un puerto para MODEM el cual podrá ser para teléfono fijo, teléfono celular o radio.

PRUEBAS ELECTRICAS

La empresa modelo exigirá que se cumpla con todo el protocolo de pruebas establecido en las Normas ANSI, NEMA, IEC, IEEE, INCONTEC o cualquier otra aplicable a esto equipos. Las pruebas mínimas que se deben realizar son:

- Resistencia de Aislamiento
- Resistencia de Contactos
- Tiempo de cierre y apertura de los contactos
- Pruebas al relé de protección
- Tensión aplicada
- Prueba de circulación de corriente
- Tensión Nominal
- Software para telecontrol y comunicaciones

Adicionalmente el Contratista deberá realizar a cada uno de los equipos y suministrar los reportes de las pruebas de rutina en fábrica.

- Ensayo de tensión no disruptiva a frecuencia industrial.
- Ensayo de medida de descargas parciales
- Ensayo dieléctrico sobre los circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de operación mecánica.
- Ensayo de los equipos auxiliares eléctricos.

- Verificación del correcto cableado

FUENTE AUXILIAR

Deberá contar con un transformador Monofásico de 1 KVA, 13200/240-120 voltios o según criterio de fabricante de los equipos de control y comunicaciones.

CORTACIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta especificación establece las características que deben reunir los cortacircuitos de distribución tipo expulsión para servicio a la intemperie con tensiones nominales hasta de 13.2 kv. de un polo y corrientes de 100 y 200 A.

REQUISITOS GENERALES

CONDICIONES DE SERVICIO

Los cortacircuitos de que trata esta Especificación serán instalados en el sistema de distribución de la empresa modelo, bajo las siguientes condiciones:

Los parámetros ambientales y meteorológicos aplicables a los cortacircuitos, son los correspondientes al sistema eléctrico de distribución de energía en baja tensión de la ciudad de Neiva, los cuales son los siguientes:

a). Altura sobre el nivel del mar: 500 m

b). Temperatura ambiente °C

- Máxima 38
- Media 29
- Mínima 10

1.1.1.1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL SISTEMA PRIMARIO DE DISTRIBUCIÓN.

- a) Tensión nominal (Kv.): 13.8
- b) Tensión máxima (Kv.) 15
- c) Clase de aislamiento (Kv.) 17.5
- d) Número de fases trifásico
- e) Frecuencia Nominal (Hz) 60
- f) Puesta a tierra del sistema Sólida.

Condiciones de instalación.

Los cortacircuitos serán instalados a la intemperie en montaje vertical para protección de transformadores de distribución y redes aéreas. La operación será por falla o manualmente mediante la utilización de pértiga con equipo rompecarga.

NORMAS DE FABRICACIÓN Y PRUEBAS

Los cortacircuitos deberán ser diseñados y fabricados de acuerdo con lo establecido en las Normas NTC 2133-1 (ANSI C37.42).

De acuerdo a diseños de fabricantes, pueden emplearse otras Normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en el presente pliego. En este caso, se deben enviar con la propuesta una copia en español de las Normas utilizadas.

Las normas técnicas aplicables son las siguientes:

NORMA	DESCRIPCION
NTC 2132 (ANSI C37.41)	Ensayo de diseño para fusibles de alta tensión. Interruptores para distribución monopolares en aire encapsulados. Interruptores desconectadores con fusibles y accesorios
NTC 2133 (ANSI C37.42)	Especificaciones para cortacircuitos de distribución y fusibles.
NTC 2076 (ASTM A 153)	Galvanizado por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero.
NTC 3285 (IEC 282.1, 282.2)	Cortacircuitos y fusibles de alta tensión

REQUISITOS TÉCNICOS

Los requerimientos más importantes que deberán cumplir como mínimo los cortacircuitos son los siguientes:

DESCRIPCION	UNIDADES	CARACTERISTICAS
Tensión máxima nominal	Kv. Eficaz	15
Corriente nominal permanente	A	100/200
Corriente nominal de interrupción asimétrica	kA	12 a 20
Tensión de ensayo no disrruptivo a 60 Hz (*) 1. En seco 1 minuto kv. rms 2. En húmedo 10 seg. Entre Terminal y Terminal. 3. En seco 1 minuto kv	Kv. rms Kv. rms Kv. rms	38.5 33.0 38.5
Nivel básico de aislamiento a. Entre Terminal y tierra b. Entre Terminal y Terminal	Kv. Pico Kv. Pico	110 110
Distancia de fuga mínimo	mm	216
Distancia de arco mínimo	mm	200

CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN

TIPO

Los cortacircuitos deberán ser del tipo abierto (de expulsión), de caída automática (dropout) equipados con elementos que permitan operar bajo carga por medio de pértiga con dispositivo de apertura con carga (load buster).

AISLADORES

El aislador del cortocircuito deberá ser de porcelana densa, homogénea procesada en húmedo libre de defectos que alteren sus características eléctricas y mecánicas. Se aceptarán aisladores fabricados en otros materiales de iguales o superiores características (como oferta alternativa para estudio).

La parte activa deberá fijarse al cortocircuito por medio de cemento, abrazaderas metálicas o tornillos pasadores de muy alta resistencia a la corrosión (bronce o acero inoxidable), en forma tal que proporcionen un ensamble seguro entre las diferentes partes.

El aislador no deberá sufrir deterioro por efecto de la humedad, lluvia, viento y arena, contaminación, o por la concentración de esfuerzos mecánicos en las abrazaderas o tornillos del cortocircuito en su apertura manual.

Las dimensiones así como pruebas y características mecánicas y eléctricas del aislador deberán cumplir con la norma NTC 1285 (ANSI C29.1 y 29.9).

CONTACTOS

Los contactos deberán ser de cobre o bronce (con un mínimo de 80% de cobre) recubierto en plata o cualquier otro metal de iguales o superiores características conductoras y anticorrosivos.

Los contactos deberán mantener y garantizar una muy buena presión mecánica y un área constante de contacto invariable con el uso para que siempre se logre buena transferencia de corriente, evite que los portafusibles se quemen o que se abra el cortocircuito por vibración.

TUBO PORTAFUSIBLE

Deberá ser preferiblemente de fibra de vidrio reforzada con resinas epóxicas, poliéster o fenólicas; el interior del tubo debe estar recubierto con sustancias que ayuden a la extinción del arco. Deberán estar provistos de ojos para el enganche, la apertura, cierre y retiro del mismo, con casquete (tapa sólida renovable) en su extremo superior el cual debe permitir la expulsión de los gases producto de la fusión del fusible. El ojo de enganche debe tener un diámetro interior no menor a 3,5 cm, para permitir la inserción del gancho de la pértiga. Las tapas renovables deberán cumplir con las dimensiones y presiones indicadas en el numeral 2.4.2 de la norma NTC 2133.

El portafusible deberá ser del tipo de caída automática, girando sobre su eje inferior, con el mínimo desplazamiento lateral, para alcanzar la posición de abierto por debajo de la posición horizontal y se podrá remover del cuerpo principal por intermedio de pértiga. Además deberá permitir la intercambiabilidad del

fusible y cumplir con las dimensiones indicadas en el numeral correspondiente de la norma NTC 2133 (ANSI C37.42).

Todo el mecanismo para el movimiento del portafusible debe ser de material muy resistente a la corrosión (bronce) y diseñado con un mecanismo repulsor (resorte y gatillo de acero inoxidable) de tal forma que proporcione la mayor rapidez de desconexión, garantizando su funcionamiento normal en condiciones de vientos fuertes y vibraciones del poste.

Además el diseño mecánico debe garantizar que en caso de apertura no se salga de su base. No se aceptarán cortacircuitos que requieran de herramientas para la intercambiabilidad de fusibles o la conexión de conductores.

CONECTORES TERMINALES

Los conectores superior e inferior del cortocircuito deberán ser del tipo ojo de presión fabricados en bronce estañado (con un mínimo de 80% de cobre), estar localizados sobre el eje central del cortocircuito y adecuado para recibir conductores de cobre, aluminio y ASCR con calibres de 6 a 4/0 AWG para cortacircuitos con corrientes nominales de 100 A y 200 A.

HERRAJES DE FIJACIÓN

Deberán ser de acero galvanizado en caliente y deberán cumplir con norma NTC 2076 y los siguientes valores mínimos de galvanizado, para platinas 800 gr/m² y para tornillos 500 gr/m².

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA

El aumento máximo de temperatura de los cortacircuitos no debe exceder los valores límite establecidos en la tabla N° 2 de la norma ANSI C37.40, luego de efectuar la prueba de aumento de temperatura según la NTC 2132 (ANSI C37.41)

EMPAQUE Y PROTECCIÓN

Se requiere el uso de una caja de cartón por cada unidad de tal manera que se efectúen las maniobras de transporte y almacenaje sin deteriorar el cortocircuito y evite la pérdida de alguna de sus partes, debiendo marcar en la caja como mínimo la siguiente información:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de material.
- Características técnicas mínimas:
- Tensión nominal en kilovoltios.

- Corriente nominal en amperios.
- Capacidad interruptiva asimétrica en amperios.

MARCACIÓN

Los cortacircuitos (incluyendo la cañuela) deberán tener una marca legible e indeleble o una placa de características con la siguiente información solicitada en la norma NTC 2133.

- Fabricante. - Número de serie y año de fabricación
- Voltaje máximo de servicio (nominal)
- Corriente nominal continua
- Corriente nominal de interrupción simétrica.
- Nivel básico de aislamiento (BIL)

PRUEBAS

Las normas aplicables son: NTC 2132, 2133, ANSI C37.43 y C37.40

1.1.1.2. PRUEBAS DE RUTINA

Todos los cortacircuitos deben ser sometidos a las pruebas de rutina establecidas en la norma NTC 2133. Los costos de estas pruebas deberán incluirse en el precio de los cortacircuitos.

Estas pruebas son las siguientes:

- Funcionamiento mecánico
- Dimensiones de los herrajes
- Galvanización
- Dimensiones de la cápsula renovable
- Inspección visual

1.1.1.3. PRUEBAS TIPO

Las pruebas tipo deben realizarse cuando se desarrollan los prototipos que serán base de la fabricación y posteriormente si se le introducen cambios importantes a los diseños o por convenio contractual.

Estas pruebas son las siguientes:

- Pruebas dieléctricas (tensión aplicada e impulso)
- Prueba aumento de temperatura.
- Prueba de presión de alivio en la cápsula renovable.
- Pruebas de interrupción.
- Pruebas de conexión.
- Prueba de corto circuito.
- Prueba de radioinfluencia.
- Prueba de corriente de corta duración.

CERTIFICACIONES

El proponente deberá presentar con la propuesta una fotocopia autentica de los siguientes certificados:

"Certificado de conformidad del Producto" expedido por un organismo autorizado o acreditado para tal fin (para suministros Nacionales). En el caso de fabricantes extranjeros, se debe adjuntar el certificado de conformidad con norma ISO 9002 expedido o certificado por la entidad Normativa que haga las funciones del ICONTEC en el respectivo país de origen.

"Perfil de Calidad ISO 9001". Estas certificaciones serán tenidas en cuenta en la evaluación de las propuestas.

