

Diseño del Sistema de Distribución Primario de la Subestación Astillero de la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil basado en La Calidad Del Servicio

Roberto C. Loor Sánchez**
Gabriel. Jiménez Blacio**
Fabricio O. Granda Quesada**
Cristóbal Mera Gencón*

*PhD. (Electrical Engineering), Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

**Estudiantes, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral. Apartado 09-01-5863. Guayaquil Ecuador
robertoor@hotmail.com, fabriciogranda@hotmail.com, gjimenez@fiec.espol.edu.ec

Resumen

Actualmente los Sistemas de Distribución Eléctrica presentan constantes problemas de interrupción en el servicio de energía, que van desde breves segundos hasta horas de interrupción, causando pérdidas económicas tanto en los usuarios como las empresas distribuidoras. Con el objeto de garantizar un sistema confiable, seguro, acorde con las exigencias de las Normas y Reglamentos vigentes de Calidad de Servicio, es necesario realizar un estudio que identifique los factores que desmejoran la calidad proveyendo las herramientas necesarias para escoger la alternativa correcta y económicamente más viable.

Palabra claves: confiabilidad, calidad, protección, alternativa económica

Abstract

Nowadays the Electric Distribution Systems presents constant interruption problems in the energy service that go from brief seconds until hours of interruption, causing economic losses so much in the users as those Distributor companies. In order to guaranteeing a reliable, sure system, chord with those demands of the Norms and effective Regulations of Service Quality, it is necessary to carry out a study that identify the factors that deteriorate the quality providing the necessary tools to choose the correct and economically acceptable alternative.

Key words: reliability, quality, protection, inexpensive alternative

1. Introducción.

El estudio de la calidad de servicio es un factor muy importante debido a la sensibilidad de los equipos y molestias en los usuarios. Actualmente este problema se ha tornado más complejo por el aumento de equipos electrónicos que son muchos más sensibles ante las variaciones del suministro, a esto súmese que todos los procesos industriales están automatizados y ante una interrupción podría provocar severas pérdidas económicas reflejadas no solo por la detención momentánea del proceso sino por el daño de los equipos y posible recuperación de materia prima.

Si bien es cierto que resulta imposible predecir la ocurrencia de fallas, la intención es disminuir el número de abonados afectados mediante la instalación de un sistema de protección efectivo que sea confiable que cumpla con las leyes y reglamentos establecidos.

El presente trabajo tiene como objetivo principal mejorar el diseño de distribución eléctrico de la

Subestación Astillero basado en la Calidad de Servicio. Por esa razón es necesario establecer índices que permitan medir mediante comparación con otras empresas, relativamente mejores, la calidad de Servicio ofertada a los clientes.

La solución planteada deberá ser la mejor técnicamente hablando pero a su vez esta tiene que ser económicamente viable para así llegar a un equilibrio entre costos de inversión y costos de interrupción.

2. Descripción del Sistema Actual.

La CATEG, cuenta con 45 subestaciones que suministran energía eléctrica a distintos puntos de la ciudad de Guayaquil. La subestación Astillero con 6 alimentadoras es una de ellas.

2.1. Subestación Astillero.

El sistema eléctrico de distribución de la Subestación Astillero es un sistema radial con barra

principal y de transferencia. La subestación Astillero se divide en dos barras llamadas Astillero 1 y Astillero 2, las cuales comparten el terreno ubicado en las calles Eloy Alfaro entre Gral. Gómez y Portete. y se construyó en el año de 2003. El terreno donde se encuentran asentadas es de 977.07 m².

Esta Subestación se reduce el voltaje de 69KV a 13.8 KV en cada barra, por medio de un transformador marca ABB con capacidad de 18/24 MVA que están protegidos por un interruptor en gas SF₆.

2.2. Alimentadoras.

La Subestación Astillero tiene dos barras, estas tienen tres alimentadoras cada una de ellas conectadas a las barras de 13.8KV y que están protegidas por reconectores VWE marca Cooper. Las alimentadoras abarcan zonas residenciales, comerciales e industriales.

En la tabla 1.a y 1.b se presenta longitudes, carga en MW y el tipo de carga de todas las alimentadoras de la subestación Astillero.

Tabla 1.a Información de las alimentadoras Astillero 1.

| Aliment. | Distancia (Km.) | Carga máx. [MW] | Tipo de Carga |
|-------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| ELOY ALFARO | 1,75 | 7,04 | Residencial Industrial |
| ESMERALDAS | 5,65 | 4,21 | Residencial Comercial |
| CORONEL | 3,26 | 7,5 | Residencial Industrial |

Tabla 1.b Información de las alimentadoras Astillero 2.

| Aliment. | Distancia (Km.) | Carga máx. [MW] | Tipo de Carga |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------------|
| CHILE | 2,61 | 5,72 | Residencial Comercial |
| RUMICHACA | 7,76 | 3,88 | Residencial Comercial |
| EL ORO | 5,27 | 7,72 | Residencial Industrial |

3. Análisis del Sistema Eléctrico Actual

Este capítulo se basa en el análisis del sistema actual de la subestación Astillero; para esto se tomará en cuenta la caída de voltaje, nivel de desbalance, sistemas de protecciones y estadísticas de interrupciones

3.1 Cálculo del voltaje.

Es muy importante conocer el valor de caída de voltaje de las alimentadoras para hacer las correcciones respectivas.

El CONELEC en su regulación 004/01 indica que el voltaje a nivel de media tensión puede variar de su valor nominal (13.2KV_{L-L}) un valor de ±8%.

En el análisis el valor que nos dio el voltaje de máxima carga y mínima carga se encuentra dentro de los rangos permitidos para todas las alimentadoras.

3.2. Balance en las Alimentadoras.

El problema de desbalance es una variable muy importante en el diseño de las alimentadoras, ya que este acarrea pérdidas adicionales al sistema.

Para el año 2006 se determinó un nivel de desbalance del 25% al 35%, especialmente en las alimentadoras Esmeraldas, El Oro y Eloy Alfaro por lo que se recomienda que se realice una campaña agresiva en el balanceo de cargas para las alimentadoras de la subestación

3.3. Sistemas de Protecciones.

Una obligación primordial que tiene toda empresa de distribución es mantener la continuidad de servicio al usuario. Por tal motivo es necesario contar con un sistema de protecciones eficaz que sea confiable y selectivo.

A continuación se presentará el esquema de protecciones de la subestación Astillero con sus seis alimentadoras.

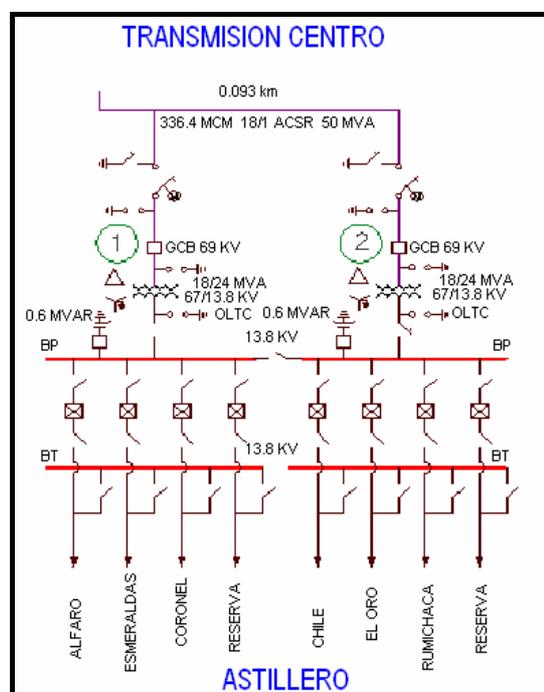


Figura 1. Diagrama Unifilar de Protecciones S/E Astillero

Cada alimentadora además de contar con un reconectador, posee cajas fusibles en distintos ramales, pero estos no son suficientes.

3.4. Información Estadísticas de las Interrupciones

La regulación 004/01 del CONELEC establece que todas las empresas de distribución deberán llevar un control estadístico de interrupciones.

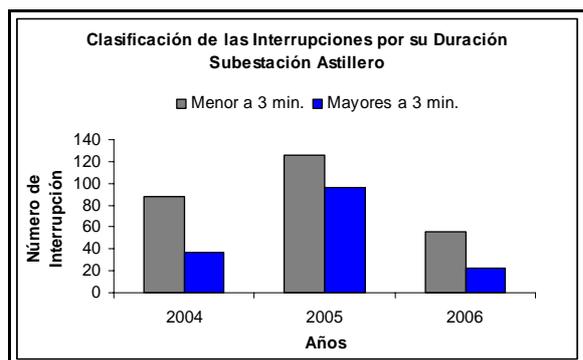


Figura 2. Número de Interrupciones por Alimentadora

En la **Figura 2** se muestra la clasificación por su duración de las interrupciones por año de cada alimentadora. Cabe indicar que para obtener los índices de calidad de servicio técnico y de confiabilidad, se debe tomar en cuenta sólo las interrupciones mayores a 3 minutos

3.5. Evaluación de la Confiabilidad

El adecuado funcionamiento de la red de distribución de la Subestación Astillero dependerá del tiempo de duración y la frecuencia de ocurrencia de las interrupciones. Para saber las condiciones de operación del sistema es necesario evaluar la confiabilidad del mismo en base al registro histórico de interrupciones. De esta forma se da paso a una serie de estimadores probabilísticos que están relacionados con los componentes del sistema y el tiempo de reposición del servicio.

Estos estimadores permitirán consecuentemente calcular los índices de confiabilidad del sistema, con lo cual se pretende estimar el funcionamiento de sus elementos y el tiempo de reparación de los mismos expuestos ante un posible disturbio.

Tales estimadores son los siguientes:

- Tasas de fallas de los elemento en las alimentadoras.
0.0012 fallas/año
- Tasas de falla relacionada con la longitud.
0.3 fallas/Km.-año
- Duración de la salida de servicio.

Varía de acuerdo a la distancia y al componente a reparar

- Tiempo de switcheo.

Varía de acuerdo a la ubicación de la falla

3.5. Índices de Calidad de Servicio Técnico

La regulación 004/01 del CONELEC exige que para el cálculo de los índices de calidad de servicio técnico, sólo se debe tomar en cuenta las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión.

3.5.1 Índices. Los índices de calidad se calcularán para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje, de acuerdo a las siguientes expresiones:

a) Frecuencia Media de Interrupción por KVA nominal Instalado (FMIK)

La siguiente fórmula representa la cantidad de veces que el KVA promedio sufrió una interrupción de servicio en un periodo determinado.

$$FMIK_{Rd} = \frac{\sum_i kVAfs_i}{kVA_{inst}}$$

b) Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

La siguiente fórmula representa el tiempo medio en que el KVA promedio no tuvo servicio en un periodo determinado

$$TTIK = \frac{\sum_i kVAfs_i * Tfs_i}{kVA_{inst}}$$

Donde:

kVAfsi: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

KVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.

Tfsi: Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

Estos índices se realizan mensualmente. Para el año 2006 los valores máximos se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Índices de Calidad de Servicio Técnico de las Alimentadoras de la Subestación Astillero

| Alimentadoras | FMIK | TTIK |
|---------------|------|------|
| Eloy Alfaro | 1,29 | 0,6 |
| Esmeraldas | 0,98 | 0,26 |
| Coronel | 1,95 | 0,85 |
| Chile | 1,52 | 0,51 |
| Rumichaca | 1,64 | 0,54 |
| El Oro | 1,67 | 0,63 |

El CONELEC tiene como límite un valor de FMIK de 5 y un TTIK de 10, por lo tanto aparentemente el

sistema no tiene ningún problema. Pero este índice no indica la realidad puesto que la mayoría de los transformadores de distribución están sobredimensionados y esto afecta el valor mostrado en tablas. Más adelante se mencionarán otros índices orientados al consumidor que son en los que se basan el desarrollo de este trabajo.

4. Rediseño del Sistema Eléctrico

“La misión del ingeniero es encontrar la mejor solución técnica pero que sea económicamente viable”. En este capítulo se tiene por objeto precisamente lo citado en la frase anterior, determinar la mejor alternativa de diseño desde el punto de vista de calidad de servicio y a la vez que el costo justifique la inversión.

Para ello se hará la determinación de los parámetros de diseño, que mediante la comparación de índices estandarizados se podrá saber el estado actual del sistema. Conscientes del estado del mismo, se procederá al rediseño de la red, que consiste en el rediseño de la topología y el mejoramiento del sistema de protecciones basados siempre en la calidad del servicio. En la etapa de rediseño se analizarán todas las alternativas posibles para mejorar el sistema; y la elección de una de ellas se hará por medio de un análisis costo/beneficio.

4.1. Determinación de Parámetros de Diseño.

Como ya se mencionó anteriormente se tomarán en cuenta dos parámetros

Los cuales son:

- Parámetros Técnicos: Índices de Confiabilidad
- Parámetros Económicos: Costos de Interrupción e Inversión

Parámetros Técnicos (Índices de Confiabilidad)

La determinación de los parámetros de diseño se la hará por medio del cálculo de los índices de confiabilidad orientados al consumidor y orientados a la carga. Estos índices tienen por objeto determinar el impacto de las interrupciones, por número, duración y severidad.

Los índices de confiabilidad a usar se toman de la norma “IEEE 1366-1998, Guía para Índices de Confiabilidad en Sistemas de Distribución”. A continuación se procede a listar los índices de confiabilidad.

Índices de confiabilidad orientados al consumidor

- Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\text{Número Total de Consumidores Interrumpidos}}{\text{Número Total de Consumidores Servidos}}$$

- Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio de Consumidor (CAIFI)

$$CAIFI = \frac{\text{Número Total de Consumidores Interrumpidos}}{\text{Número Total de Consumidores Servidos}}$$

- Índice de la Disponibilidad Promedio de Servicio (ASAI)

$$ASAI = \frac{\text{Consumidores} - \text{horas de servicio disponible}}{\text{Consumidores} - \text{horas demandados}}$$

- Índice de Indisponibilidad Promedio del Servicio (ASUI)

$$ASUI = 1 - \frac{\text{Consumidor es} - \text{horas de servicio disponible}}{\text{Consumidor es} - \text{horas demandados}} = 1 - ASAI$$

Índices de Confiabilidad Orientados a la Carga

- Índice de Energía total no suplida (ENS).

$$ENS = \sum Lai * Ui$$

Donde:

Lai = Carga promedio conectada al punto de carga i.

Ui= Indisponibilidad del sistema en el punto i.

- Índice de corte de carga promedio del sistema o energía promedio no suplida (AENS)

$$AENS = \frac{\text{Energía total no suplida}}{\text{Número total de clientes servidos}} = \frac{\sum Lai * Ui}{\sum Ni}$$

Parámetros Económicos en la toma de decisiones.

Los costos de interrupción sufridos tanto por el consumidor como la empresa distribuidora son parámetros muy difíciles de cuantificar, razón por la cual a continuación se presenta detalladamente una serie de situaciones que se deben tener en consideración.

Costo visto por la empresa.

- Pérdida de ingreso por la no-venta de energía.
- Pérdida de confianza de los consumidores.
- Pérdida de futuras ventas potenciales debido a reacción adversa.
- Incremento de gastos debido a reparación y mantenimiento.

Costo visto por el consumidor.

- Costos sufridos por la industria debido a la pérdida de manufactura, productos dañados, equipos dañados, mantenimiento extra, etc.
- Costo impuesto a los consumidores residenciales debido a alimentos dañados, gasto en métodos alternativos de calentamiento y alumbrado, etc.
- Costos que son difíciles de cuantificar y que van desde los inconvenientes e imposibilidad de disfrutar los pasatiempos favoritos, hasta situaciones severas que

pueden ocurrir durante las interrupciones; como: robos, asaltos, asesinatos, fallas en los servicios de hospitales, etc.

4.2. Rediseño del Sistema de Media Tensión basado en la Calidad del Servicio.

La confiabilidad del sistema actual puede ser mejorada colocando más equipos de protección y seccionamiento en la línea o simplemente haciendo un ajuste a los equipos que existen actualmente. A continuación se mostrarán las mejoras a los sistemas de protección, seccionamiento y transferencia que se le realizarán a cada una de las alimentadoras con la finalidad de mejorar los índices de calidad.

Mejora 1: Transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en aprovechar los seccionadores que hay y aumentar otros en ciertos puntos y hacer la transferencia de carga de una alimentadora a otra basándonos en los índices de calidad de una alimentadora con mayor índice a otra con menor índice de calidad y claro que estas estén en la posibilidad en su recorrido para hacer la conexión entre ellas.

Mejora 2: Colocar fusibles en ramales que no los tienen.

En este diseño se pretende mejorar la confiabilidad del sistema colocando fusibles en las derivaciones o ramales que no los tienen. Además se hará un ajuste al reconectador ya sea desactivando o modificando el ajuste de disparo de alta corriente del reconectador que permita que los fusibles 65K, 100k y 140K funcionen correctamente garantizando selectividad al sistema.

Mejora 3: Fusibles y Seccionadores Automáticos.

Esta mejora consiste en ubicar seccionadores automáticos electrónicos en vez de usar fusibles. Básicamente es lo mismo que la mejora 2, pero los índices mejoran considerablemente.

4.3. Resultados

A continuación se analizarán los parámetros técnicos (Índices de Confiabilidad) y los parámetros económicos para la toma de decisiones de la mejora adecuada.

Análisis de los índices de Confiabilidad.

A continuación se analizarán los índices de confiabilidad comparándolos con otros obtenidos de la empresa South Beloit Water Gas & Electric de Illinois que es parecida a la CATEG. En la siguiente figura se muestran los valores obtenidos del SAIFI

para cada una de las mejoras en las distintas alimentadoras.

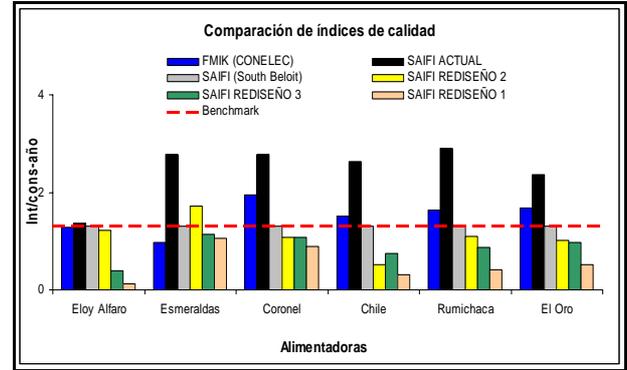


Figura 3. SAIFI por alimentadora

De la figura 3 se puede observar que los índices obtenidos del sistema actual están por encima del índice de la empresa modelo (South Beloit Water Gas & Electric). También se puede observar que la alimentadora Eloy Alfaro es la que tiene el menor SAIFI de todas para la situación Actual. Al hacer la comparación con el índice meta todas las mejoras cumplen con el objetivo.

En la siguiente figura se muestran los valores obtenidos del SAIDI para cada una de las mejoras en las distintas alimentadoras.

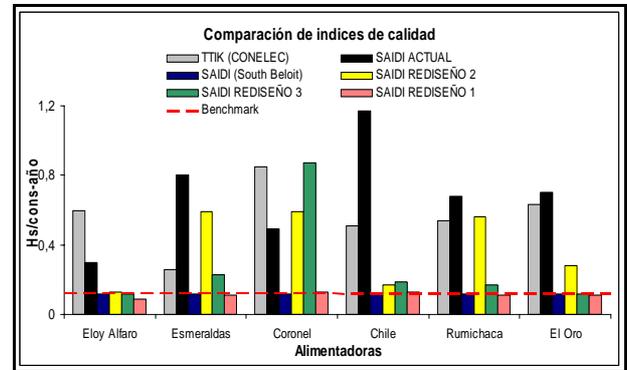


Figura 4. SAIDI por alimentadora

De la figura 4 se puede observar que para la alimentadora Chile en el sistema actual y en las mejoras tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (South Beloit Water Gas & Electric).

Para la alimentadora Esmeraldas, el sistema actual y las mejoras 1 y 3 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo, la mejora 2 si esta dentro de estos límites.

Para la alimentadora Rumichaca, el sistema actual y las mejoras 2 y 3 tienen valores de SAIDI por

encima del de la empresa modelo, la mejora 1 si esta dentro de estos límites.

Para la alimentadora Coronel, el sistema actual y las mejoras 2 y 3 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo, la mejora 1 si esta dentro de estos límites.

Para la alimentadora El Oro, el sistema actual y las mejoras 2 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo, las mejoras 1 y 3 si están dentro de estos límites.

Para la alimentadora Eloy Alfaro al hacer la comparación de los índices obtenidos en el sistema actual y las mejoras, con los índices de la empresa modelo, se puede observar que el sistema actual tiene un buen SAIDI y obviamente sus mejoras también.

En la siguiente figura se muestran los valores obtenidos del CAIDI para cada una de las mejoras en las distintas alimentadoras.

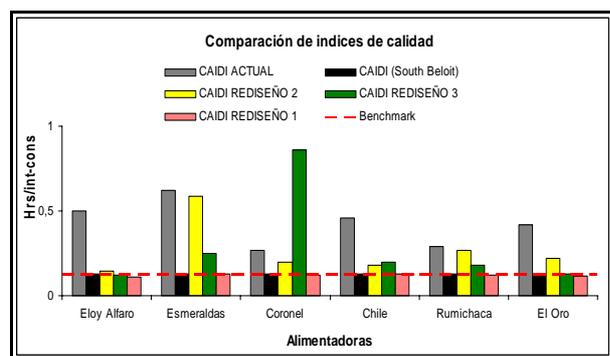


Figura 5. CAIDI por alimentadora

De la figura 5 se puede observar que los índices obtenidos del sistema actual y de las mejoras 2 y 3 para todas las alimentadoras excepto la alimentadora Eloy Alfaro, están por encima del índice de la empresa modelo. También se puede observar que la alimentadora Esmeraldas es la que tiene la mayor indisponibilidad de todas para la situación actual.

4.3.1 Análisis Técnico Económico.

La ingeniería no es más que determinar la mejor solución técnica y que esta sea económicamente viable, en otras palabras se puede llegar a tener una solución ideal pero esta no puede justificar el costo de inversión y por esta razón se deberá elegir la opción que cumpla con los requisitos internacionales pero que a su vez no sea costosa.

Del análisis técnico se desprende que a partir de la quinta mejora todas las alimentadoras cumplen con los índices internacionales. Cabe decir que para algunas puede ser a partir de la tercera o cuarta mejora.

A continuación se presentarán los costos por consumidor de las mejoras para las 6 alimentadoras de la subestación Astillero. La solución que se escoja será la que presente el menor costo.

| COSTO TOTAL | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|------------|
| ALIMENTADORAS | ACTUAL | REDISEÑO 1 | REDISEÑO 2 | REDISEÑO 3 |
| ELOY ALFARO | \$ 46.563 | \$ 85.014 | \$ 40.252 | \$ 40.252 |
| ESMERALDAS | \$ 66.735 | \$ 96.536 | \$ 61.490 | \$ 81.524 |
| CORONEL | \$ 53.603 | \$ 90.492 | \$ 51.243 | \$ 71.175 |
| CHILE | \$ 51.882 | \$ 76.307 | \$ 50.195 | \$ 61.169 |
| RUMICHACA | \$ 76.578 | \$ 106.398 | \$ 75.917 | \$ 95.914 |
| EL ORO | \$ 72.881 | \$ 101.256 | \$ 71.373 | \$ 81.247 |

Tabla 3. Costo total por alimentadora

La mejor solución al problema de confiabilidad y que es económicamente viable es la siguiente:

- Alimentadora Eloy Alfaro: Mejora 2
- Alimentadora Esmeraldas: Mejora 2
- Alimentadora Coronel: Mejora 2
- Alimentadora Chile: Mejora 2
- Alimentadora Rumichaca: Mejora 2
- Alimentadora El Oro: Mejora 2

5. Conclusiones y Recomendaciones

En la subestación Astillero, el nivel de voltaje se encuentra dentro de los límites permitidos por el CONELEC.

Las alimentadoras no sobrepasan su capacidad de carga nominal.

La corriente en las alimentadoras se encuentra en un 25 % al 35% desbalanceadas, siendo Esmeraldas, El Oro y Eloy Alfaro las alimentadoras con mayor desbalance.

Con respecto al sistema de protección actual, las alimentadoras Esmeraldas, Rumichaca y El Oro, tienen una coordinación adecuada entre los fusibles y el reconectador. En cambio, en las alimentadoras Chile, Eloy Alfaro y Coronel, no existe coordinación entre el reconectador y los fusibles que están al inicio de los ramales de las alimentadoras.

Con respecto a los índices de frecuencia media de interrupción, se concluye que las alimentadoras Esmeraldas, Rumichaca, Chile y Coronel en el sistema actual, tienen índices que exceden en un 0,16% a los valores referenciales (Benchmark), es decir, no tienen un nivel adecuado de confiabilidad, mientras que las alimentadoras Eloy Alfaro y El Oro tienen índices cercanos a los referenciales.

De acuerdo al análisis de la coordinación del sistema de protección actual y al ver que los índices de frecuencia media de interrupción están por encima

del límite establecido, se llegó a la conclusión de hacer el rediseño de la red de media tensión de todas las alimentadoras tratando de reducir los índices de interrupción tomando en cuenta la coordinación de los nuevos dispositivos a utilizarse.

En la alimentadora Eloy Alfaro el rediseño óptimo es el de aumentar fusibles en los ramales donde no existan.

De los rediseños hecho en las alimentadoras Esmeraldas, Rumichaca, El Oro, Chile y Coronel se llegó a la conclusión de que el rediseño óptimo para estas alimentadoras es aumentar los fusibles en los ramales donde no existan y tener una buena transferencia de carga con seccionadores automáticos. Este rediseño baja los índices de confiabilidad a los límites propuestos.

Del análisis técnico-económico de todas las alimentadoras se concluye que el rediseño que reduce el costo total y que está dentro de los parámetros de los índices de calidad es el rediseño donde se aumentan fusibles en las derivaciones donde no existe protección

Como recomendaciones tenemos lo siguiente:

Se recomienda, la elaboración de una base de datos que incluya todos los parámetros relacionados con el sistema de protección de las alimentadoras, el número de usuarios conectados y un reporte de fallas que contenga en sí toda la información necesaria para el estudio de confiabilidad.

Se recomienda, realizar un análisis de los tiempos en la reparación de los elementos fallados y de la formación de las cuadrillas, con el fin de tratar de disminuir estos tiempos de formación y de reparación.

Y por último se recomienda implementar los rediseños propuestos en las alimentadoras con el propósito de mejorar la calidad de servicio en la subestación.

6. Agradecimientos

Se agradece a la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil., por las facilidades brindadas para el desarrollo de vuestra tesis, y en especial a los directores de cada departamento de dicha empresa que nos facilitaron la información requerida.

7. Referencias

1. IEEE Working Group on System Design, *Trial Use Guide for Power Distribution Reliability Indices*, Report P1366, IEEE, 1998.
2. Venegas, Jaime, Metodologías de Evaluación de Costo de Falla en Sistemas *Eléctricos*, Pontificia Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 1994. Pág. 62-63
3. Mugerza Daniel, Kerszberg Ernesto, Fernández Rodrigo, *Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico -La Discusión Metodológica para su Determinación*, CEARE, 2003. Pág. 32
4. Reporte de funcionamiento del servicio de distribución en empresas eléctricas F2000/04 a F2004/06f
5. CEA, *Reporte de servicio anual del funcionamiento de sistemas de distribución en empresas eléctricas 2004 a 2005*.
6. Datos Cli. Ing. Jaime Venegas Castro, *Metodologías de evaluación de costo de Fallas en Sistemas Eléctricos*.
7. CEARE 01-03, *Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico-La Discusión Metodológica para su Determinación*.
8. CONELEC, *Cargos Tarifarios para el Consumo Eléctrico de Clientes Regulados Vigentes a partir del mes de nov de 2004*, <http://www.conelec.gov.ec/downloads/CTnov04-jun07.htm>