

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

Pedro B. Salcán Reyes
Edison X. Morante Del Rosario
Ervin G. Solano Villegas
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
psalcan@yahoo.com, edisonmorante83@hotmail.com, ervinsolano@gmail.com

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, seguridad, 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, security, inexpensive alternative

1. Introducción

La importancia del 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 y selectivo y que cumpla con las leyes y reglamentos establecidos.

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

Subestación Alborada 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 Alborada con 4 alimentadoras es una de ellas.

2.1. Subestación Alborada

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

principal y de transferencia. Esta se encuentra ubicada en la ciudadela Alborada VI etapa en la Avenida Benjamín Carrión y C. B. Lavayen, se construyó en el año de 1981. El terreno donde se encuentra asentada la subestación es de 430.6 m².

Esta Subestación reduce el voltaje de 69KV a 13.8 KV por medio de un transformador marca ABB con capacidad de 18/24 MVA. Además este es protegido con un interruptor en gas SF₆.

2.2. Alimentadoras

La Subestación Alborada tiene cuatro Alimentadoras conectados a la barra de 13.8kV y que están protegidas por reconectores VWE marca Cooper. Las alimentadoras abarcan zonas residenciales, comerciales e industriales.

En la tabla 1 se presenta longitudes, carga en MVA, tipo de carga de todas las alimentadoras de la subestación Alborada

Tabla 1. Información de las Alimentadoras

Aliment.	Distancia (km)			Carga máx [MW]	Tipo de Carga
	(3Φ)	(2Φ)	(1Φ)		
Alborada	3.8	1	8.6	5.35	Residencial y Comercial
Benjamín Carrión	5.8	2.5	15.3	7.92	Residencial y Comercial
Satirión	9.3	1.5	3.98	4.61	Residencial e Industrial
Tanca Marengo	3.7	0	0.93	2.17	Residencial e Industrial

3. Análisis del Sistema Eléctrico Actual

Este capítulo se basa en el análisis del sistema actual de la subestación Alborada; 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%.

El análisis arrojó que el voltaje para máxima carga se encuentra dentro de los rangos permitidos para todas las alimentadoras. Para mínima carga existe un inconveniente y es que el voltaje de alimentación en la subestación supera el 108%, como solución se recomienda instalar un regulador de voltaje.

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 preocupante, especialmente en la alimentadora satirión por lo que se recomienda que se realice una campaña agresiva en el balanceo de cargas para las 4 alimentadoras de la subestación Alborada

3.2.1 Armónicos. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores (envejecimiento prematuro), errores de medición en medidores electromecánicos, sobrecalentamiento en transformadores, motores y conductores, falla de equipos electrónicos, operación errada de equipos de protección, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

El sistema actual no presenta problemas de armónicos.

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 Alborada con sus cuatro alimentadoras.

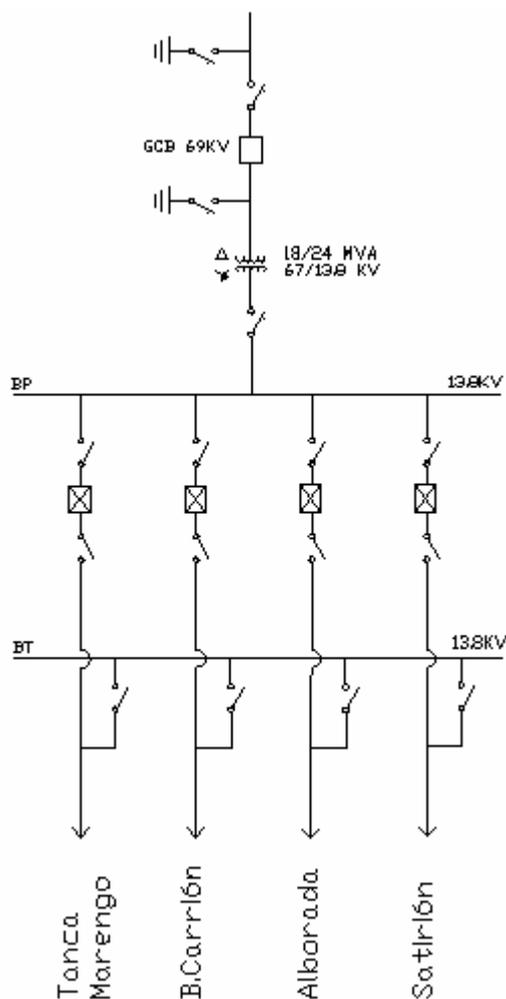


Figura 1. Diagrama Unifilar de Protecciones S/E Alborada

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.

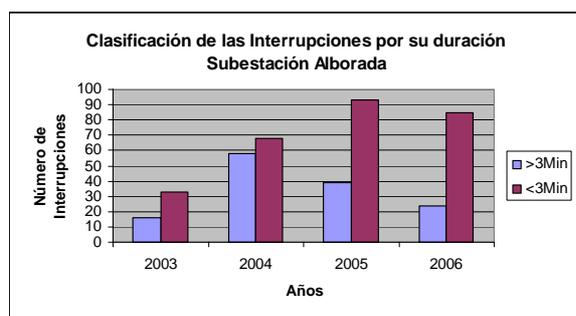


Figura 2. Número de Interrupciones por Alimentadora

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 Alborada 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 Transformadores.
0.0019 fallas/año
- Tasas de falla relacionada con la longitud.
0.2 fallas/Km-año
- Probabilidad de falla de los equipos de protección.
0.009
- 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 Alborada

	FMIK	TTIK
Alborada	0.345	0.109
Benjamín Carrión	0.372	0.216
Satirión	0.223	0.15
Tanca Marengo	0.228	0.141

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

4.1.1 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)

$$ASUI = 1 - ASAI$$

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)

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

4.1.1 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 cuatro alimentadoras con la finalidad de mejorar los índices de calidad.

Mejora 1: Ajuste del disparo del reconectador.

Desactivar o modificar el ajuste de disparo de alta corriente del reconectador permitirá que los fusibles 65K, 100k y 140K funcionen correctamente garantizando selectividad al sistema.

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. En la Alimentadora Benjamín Carrión además se colocará un seccionizador para un ramal grande.

Mejora 3: Equipos de protección en ramales, más seccionador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en colocar un seccionador en una ubicación estratégica de tal modo de dividir la carga en dos partes. Además se puede realizar una transferencia de parte de la carga de la alimentadora.

Mejora 4: Equipos de protección en ramales más seccionizador en la troncal y transferencia parcial de carga.

Esta mejora consiste en ubicar un seccionizador automático en vez de usar un seccionador. Básicamente es lo mismo que la mejora 3, pero los índices mejoran considerablemente.

Mejora 5: Equipos de protección en ramales más seccionizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 4, pero se usa un esquema de transferencia automática. A diferencia de la mejora 4, esta mejora la frecuencia y la duración de la interrupción reduciéndolas. La transferencia automática es un poco más costosa ya que usa equipos de inteligencia (sensores) y comunicación.

Mejora 6: Equipos de protección en ramales más dos seccionizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 5, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento automático. En este esquema sólo se transfiere automáticamente la carga que está separada por el último seccionizador.

Mejora 7: Equipos de protección en ramales más un seccionador y dos seccionizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.

Básicamente es lo mismo que la mejora 6, con la diferencia de que se le aumenta otro equipo de seccionamiento no automático en la troncal. Cabe mencionar que la razón por la que se añade un seccionador y no un seccionizador es que no es recomendable tener tres seccionizadores en serie, al menos que uno de estos proteja un ramal que no tenga ningún fusible aguas abajo. Esta mejora sólo disminuye la duración de la interrupción.

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.

4.3.1 Análisis de los índices de Confiabilidad. A

continuación se analizarán los índices de confiabilidad comparándolos con otros obtenidos de la empresa Seattle City Light de Washington que es parecida a la CATEG, además el artículo R280-90-7 “Analysis of Distribution System Reability and Outage Rates” de la Cooper Power, publica valores meta.

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

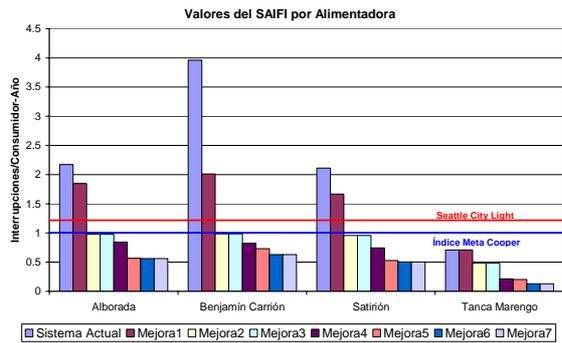


Figura 3. SAIFI por alimentadora

De la figura 3 se puede observar que los índices obtenidos del sistema actual y de la mejora 1 para todas las alimentadoras excepto la Tanca Marengo, están por encima del índice de la empresa modelo (Seattle City Light) y de la Cooper Power. También se puede observar que la alimentadora Benjamín Carrión es la que tiene el mayor SAIFI de todas para la situación Actual.

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

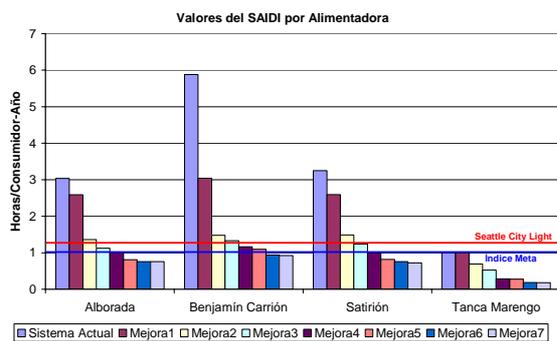


Figura 4. SAIDI por alimentadora

De la figura 4 se puede observar que para la Alimentadora Alborada, el sistema actual y la mejora 1 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper

también las mejoras 2 y 3 no cumplen con el objetivo.

Para la Alimentadora Benjamín Carrión, el sistema actual y las mejoras 1, 2 y 3 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper también las mejoras 4 y 5 no cumplen con el objetivo.

Para la Alimentadora Satrión, el sistema actual y las mejoras 1 y 2 tienen valores de SAIDI por encima del de la empresa modelo (Seattle City Light); al hacer la comparación con el índice meta de la Cooper también la mejora 3 no cumple con el objetivo.

Para la Alimentadora Tanca Marengo al hacer la comparación de los índices obtenidos en el sistema actual y las mejoras, con los índices de la empresa modelo y la Cooper, 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 ASUI para cada una de las mejoras en las distintas alimentadoras.

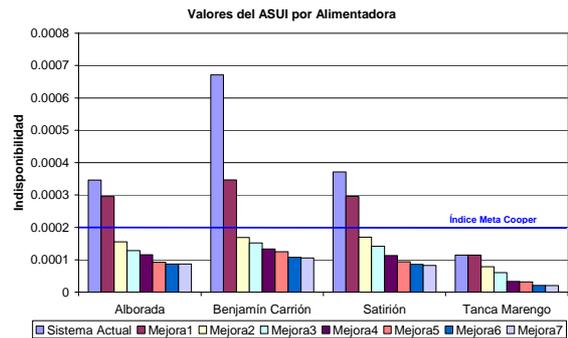


Figura 5. ASUI por alimentadora

De la figura 5 se puede observar que los índices obtenidos del sistema actual y de la mejora 1 para todas las alimentadoras excepto la Tanca Marengo, están por encima del índice de la empresa modelo (Seattle City Light) y de la Cooper Power por lo tanto estas no cumplen con las metas, pero las demás mejoras sí. También se puede observar que la alimentadora Benjamín Carrión es la que tiene la mayor indisponibilidad de todas para la situación Actual.

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

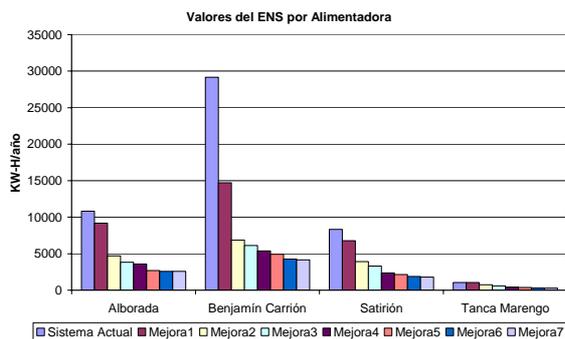


Figura 6. ASUI por alimentadora

En la figura 6 se puede observar que la energía no suplida se reduce a medida que se realizan mejoras en el sistema de protecciones de las alimentadoras.

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 4 alimentadoras de la subestación Alborada. La solución que se escoja será la que presente el menor costo.

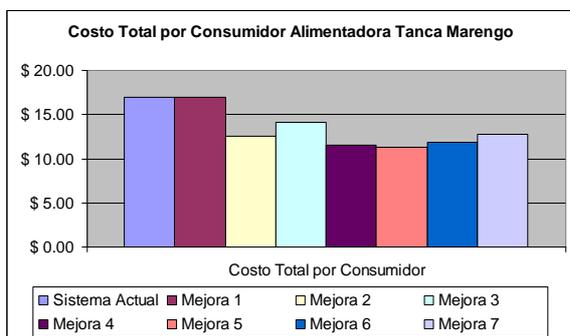


Figura 7. Costos Alimentadora Alborada

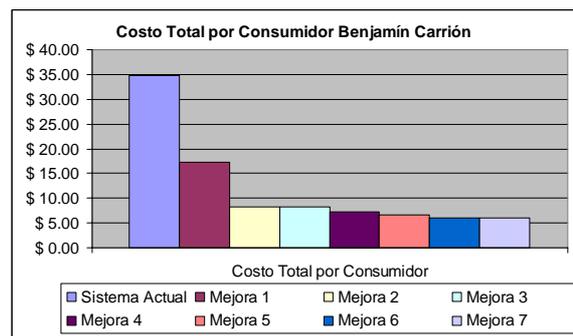


Figura 8. Costos Alimentadora Benjamín Carrión

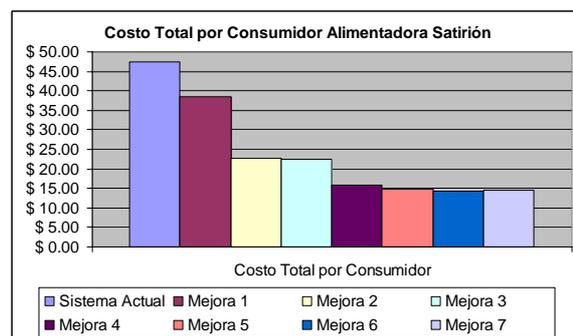


Figura 9. Costos Alimentadora Satirión

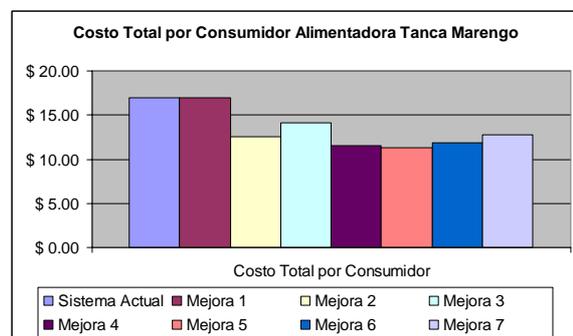


Figura 10. Costos Alimentadora Tanca Marengo

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

Alimentadora Alborada: Mejora 5
 Alimentadora Benjamín Carrión: Mejora 6
 Alimentadora Satirión: Mejora 6
 Alimentadora Tanca Marengo: Mejora 5

5. Conclusiones y Recomendaciones

- Del sistema actual con respecto al nivel de voltaje tenemos que la máxima caída de voltaje para cada alimentadora es el siguiente:

	Caída de Voltaje Máxima
Alborada	2.69%

Benjamín Carrión	2.41%
Satirión	1.03%
Tanca Marengo	0.13%

Por lo tanto, según la norma 004/01 las 4 alimentadoras de la subestación Alborada no tienen problemas en la regulación de voltaje.

- Las alimentadoras de la Subestación alborada no se encuentran balanceadas puesto que más del 5% de los valores analizados se encuentran fuera de los límites establecido por las normas internacionales.

Se recomienda hacer una campaña constante para la solución de este problema, tomando como base los valores analizados.

Para el caso de la Alimentadora Alborada y Benjamín Carrión, se puede transferir de una carga a otra los ramales monofásicos para el equilibrio deseado.

Para el caso de las alimentadoras Satirión y Tanca Marengo se debe hacer un cambio individual de transformadores a las fases menos cargadas, debidos a que estos poseen pocos ramales monofásicos.

- La subestación Alborada no tiene problemas en cuanto a calidad de energía se refiere, debido a que los límites máximos de distorsión armónica de corriente y voltaje están dentro del estándar IEEE 519-1992.
- Los índices TTIK y FMIK, que sirven para evaluar la calidad del servicio técnico y que están expresados en la regulación 004/01 del CONELEC, para las cuatro alimentadoras de la Subestación Alborada indican que el sistema se mantiene dentro de los rangos aceptables. Pero este índice no indica la verdadera realidad puesto que la mayoría de los transformadores de distribución están sobredimensionados y esto afecta a los índices dando una apariencia de que el sistema está bien. Además estos índices podrían no representar la realidad de este país. Por esa razón para el análisis se tomó en cuenta otros índices como lo son el SAIFI, SAIDI, CAIDI, etc. que no tienen el problema de los anteriores y que son utilizados ampliamente en varios países.
- Es un hecho que la confiabilidad que presenta cada alimentadora de la Subestación Alborada, depende mucho de la configuración en su sistema de protecciones y de la cantidad de elementos de seccionamiento que posea; por esa razón al colocar más equipos de este tipo, los índices de confiabilidad mejoran; pero todo esto tiene un límite, y ese límite lo da el costo de la inversión. De ahí la razón de aplicar un criterio económico donde arroje la mejor solución

técnica posible pero que sea económicamente viable, según esto los resultados son los siguientes:

Alimentadora Alborada: Mejora 5 “Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga”

Alimentadora Benjamín Carrión: Mejora 6 “Fusibles adicionales en ramales, más seccionalizador en ramal grande, más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga”

Alimentadora Satirión: Mejora 6 “Fusibles adicionales en ramales más dos seccionalizadores en la troncal y transferencia automática parcial de carga.”

Alimentadora Tanca Marengo: Mejora 5 “Fusibles adicionales en ramales más seccionalizador en la troncal y transferencia automática parcial de carga”

Cabe recordar que a pesar que se realizó un análisis de sensibilidad en los cálculos de la mejora ideal la respuesta no variaba mucho por lo que la solución seleccionada es estable.

7. Referencias

- [1] Standard ANSI/IEEE 519-1992: IEEE Guía para control armónico y compensación de reactivos en convertidores de potencia estáticos.
- [2] “Cooper Power System, Electrical Distribution System Protection”, Cooper, 2005.
- [3] WESTINGHOUSE Electric Corporation, “Applied Protective Relaying”, Copyright 1979, Pág. 15
- [4] Empresa Centrosur, “Actualización del Estudio de Confiabilidad en el Sistema de Distribución de La Empresa Centrosur, Años 2002 - 2003 - 2004”
- [5] Regulación CONELEC - 004-01, “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, 2001
- [6] IEEE Working Group on System Design, Trial “Use Guide for Power Distribution Reliability Indices”, Report P1366, IEEE, 1998.
- [7] Arriaga Mass Aldo, “Evaluación de la Confiabilidad de Sistemas Eléctricos en Sistemas de Distribución”, Tesis para obtener el Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Católica de Chile, 1994, Pág. 26.
- [8] Piñeros Luis_ Castaño Diego, “Estudio de Confiabilidad del Sistema de Distribución de Pereira usando el Método de Montecarlo”, Proyecto de Grado para optar el Título de Ingeniero Electricista, Universidad Tecnológica de Pereira, 2003, Pág. 15.
- [9] Venegas, Jaime, “Metodologías de Evaluación de Costo de Falla en Sistemas Eléctricos”,

Pontificia Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 1994. Pág. 62-63

- [10] Muguerza daniel, Kerszberg Ernesto, Fernández Rodrigo, “*Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico -La Discusión Metodológica para su Determinación*”, CEARE, 2003. Pág. 32
- [11] Gyuk Imre, Baldwin Sam, “*Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers, U.S. Department of Energy*”, 2004, Pág 47-50.
- [12] Cooper Power Systems, “*Analysis of Distribution System Reliability and Outage Rates*”, R280-90-7, Cooper Power, 2004.