



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Análisis y Rediseño de la subestación Eléctrica Machala, de la Actual Empresa Eléctrica CNEL El Oro”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACIÓN POTENCIA

Presentado por:

Julio Jonnathan Feijoó Ajila

Danny David Macías Villamar

Marcos Isaias Yaulema Suquilanda

GUAYAQUIL – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

A mis profesores, compañeros y todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

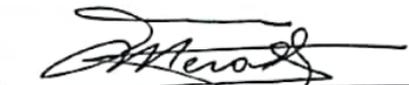
TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Jorge Aragón

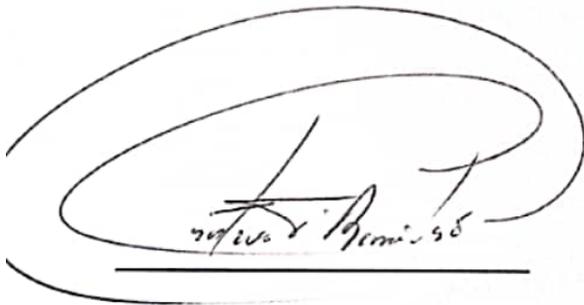
SUBDECANO DE LA FIEC

PRESIDENTE



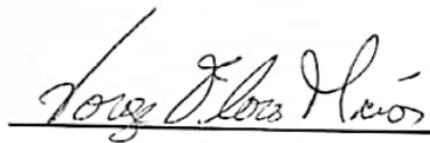
PhD. Cristóbal Mera G.

DIRECTOR DEL TOPICO



Ing. Gustavo Bermúdez F.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



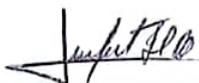
Ing. Jorge Flores M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este tópico de graduación, nos corresponde exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes de Títulos Profesionales de la Espol)



Jonnathan Feijoó A.



Danny-Macías V.



Marco Yaulema S.

RESUMEN

Actualmente, un buen y continuo servicio de energía eléctrica es indispensable para el común de abonados por el enorme uso de aparatos sensibles a cambios e interrupciones de energía. En industrias y edificios comerciales las interrupciones de corta y larga duración pueden ocasionar daños costosos a las empresas y esto conllevar al desprestigio de la empresa eléctrica proveedora.

Para garantizar un buen servicio al cliente, se debe primero analizar el estado actual del suministro, luego analizar los datos, analizar opciones y finalmente implementar las soluciones para mejorar este servicio a un costo razonable.

Se debe tomar en cuenta las normas y exigencias vigentes de calidad y servicio para conseguir una buena confiabilidad y correcta coordinación que evite operaciones innecesarias de los aparatos de protección que afecten a los clientes.

Finalmente se debe despejar fallas cuidando de afectar al menor número de abonados lo cual es la clave para un buen y continuo servicio.

INDICE DE CAPITULOS

| | |
|-----------------|-----|
| CAPITULO 1..... | 2 |
| CAPITULO 2..... | 35 |
| CAPITULO 3..... | 111 |

INDICE GENERAL

| | |
|--|--------------|
| AGRADECIMIENTO | II |
| DEDICATORIA | III |
| TRIBUNAL DE GRADUACION | IV |
| DECLARACION EXPRESA | V |
| RESUMEN | VI |
| INDICE DE CAPITULOS | VII |
| INDICE GENERAL | VIII |
| ABREVIATURAS | XIII |
| INDICE DE TABLAS | XV |
| INDICE DE GRAFICOS | XVIII |
| INDICE DE ANEXOS | XXIV |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPITULO 1 | |
| DESCRIPCION DEL SISTEMA | 2 |
| 1.1 Área de influencia de la Subestación Eléctrica Machala..... | 3 |
| 1.2 Descripción de la Subestación Eléctrica Machala..... | 3 |
| 1.3 Equipos instalados en la Subestación Eléctrica Machala..... | 6 |
| 1.4 Alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 11 |
| 1.5 Capacidad Térmica de los conductores de las alimentadoras..... | 16 |

| | |
|--|----|
| 1.6 Transformador de Distribución..... | 17 |
| 1.7 Capacitores y Reguladores de Voltaje..... | 20 |
| 1.7.1 Capacitores en las alimentadoras..... | 20 |
| 1.7.2 Reguladores de Voltaje en alimentadoras..... | 21 |
| 1.8 Cargas en las alimentadoras..... | 22 |

CAPITULO 2

ANALISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN

ELÉCTRICA MACHALA..... 35

| | |
|--|----|
| 2.1 Calculo de Voltaje y Análisis de la variación de voltaje en la Subestación Machala..... | 35 |
| 2.2 Balance en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 39 |
| 2.2.1 Factor de Utilización en las alimentadoras..... | 39 |
| 2.2.2 Balance en las alimentadoras..... | 40 |
| 2.3 Sistemas de Protecciones de la Subestación Eléctrica Machala..... | 45 |
| 2.3.1 Protección de circuitos a 69 KV..... | 45 |
| 2.3.2 Protección de los transformadores de la Subestación Eléctrica Machala..... | 49 |
| 2.3.3 Protección de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 54 |
| 2.4 Información estadística de las interrupciones en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 60 |

| | |
|--|----|
| 2.5 Evaluación de la confiabilidad en el sistema de distribución..... | 65 |
| 2.5.1 Cálculo de los parámetros de diseño del sistema..... | 65 |
| 2.5.2 Índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía..... | 68 |
| 2.5.3 Cálculo de los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía..... | 71 |
| 2.5.4 Comparación y análisis de la confiabilidad orientados al consumidor y la energía de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 79 |
| 2.6 Estudio de Cortocircuito..... | 85 |
| 2.6.1 Impedancias de secuencia..... | 85 |
| 2.6.2 Curvas de corrientes de cortocircuito en función de la distancia a la Subestación..... | 87 |
| 2.6.3 Propuesta de Coordinación..... | 89 |
| 2.7 Reglamento Vigente de la Calidad de Servicio Técnico | |
| CONELEC 004-01..... | 94 |
| 2.7.1 Índices de la Calidad de Servicio Técnico CONELEC 004-01... | 95 |
| 2.7.2 Límites admisibles de la Calidad de Servicio Técnico..... | 96 |
| 2.7.3 Cálculo de los índices de la Calidad de Servicio Técnico en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| 2.7.4 Comparación de los índices del a Calidad de Servicio Técnico entre las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala..... | 108 |
|---|-----|

CAPITULO 3

REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN

ELÉCTRICA MACHALA..... 111

| | |
|--|-----|
| 3.1 Determinación de los parámetros de diseño de la Subestación Eléctrica Machala..... | 111 |
| 3.2 Rediseño del sistema de protecciones basadas en la Calidad del Servicio de la Subestación Eléctrica Machala..... | 112 |
| 3.3 Resultados del rediseño por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala..... | 112 |
| 3.3.1 Presentación de los resultados de los índices de Confiabilidad..... | 112 |
| 3.3.2 Presentación de los resultados de los costos de rediseño..... | 115 |
| 3.4 Análisis de Resultados por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala..... | 116 |
| 3.4.1 Análisis de los índices de confiabilidad por alimentadora..... | 117 |
| 3.4.2 Análisis económico de los casos o alternativas Presentadas..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 126 |
| ANEXOS | 129 |
| BIBLIOGRAFIA | 172 |

ABREVIATURAS

A

ANSI: American National Standards Institute.

ASAI: Índice de la disponibilidad promedio de servicio.

ASUI: Índice de indisponibilidad promedio del servicio.

C

CONELC: Consejo Nacional de Electrificación.

CAIDI: Índice de la duración de la interrupción promedio del consumidor.

CNEL: Consejo Nacional de Electrificación

CT : Tiempo de despeje máximo.

E

ENS: Índice de energía total no suplida.

F

FMIK: Frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado.

FU: Factor de utilización

G

G: General

M

MANT.: Mantenimiento

MT: Tiempo de Fusión Mínima.

P

PROGR. : Programada

PROM: Promedio

P: Puntual

T

TC: Transformadores de corriente.

TN: Tiempo de notificación.

TP: Transformador de potencial

TTIK: Frecuencia media de interrupción por kVA nominal instalado.

S

SAIDI: Índice de la duración de la interrupción promedio del sistema.

SAIFI: Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema.

S/E: Subestación eléctrica

V

VDC: Voltaje de Corriente Directa

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Información de Alimentadoras SE Machala..... | 11 |
| Tabla 1.2 Información de los conductores de las alimentadoras..... | 16 |
| Tabla 1.3 Número de Transformadores por Fase M. Vargas..... | 18 |
| Tabla 1.4 Número de Transformadores Trifásicos M. Vargas..... | 18 |
| Tabla 1.5 Número de Transformadores por Fase Unioro..... | 18 |
| Tabla 1.6 Número de Transformadores por Fase Expreso2..... | 19 |
| Tabla 1.7 Número de Transformadores por Fase Emproro..... | 19 |
| Tabla 1.8 Número de Transformadores Trifásicos Emproro..... | 19 |
| Tabla 1.9 Número de Transformadores por Alimentadora..... | 20 |
| Tabla 1.10 Carga Máxima de Cada Alimentadora..... | 22 |
| Tabla 2.1 Límites de regulación de Voltaje del CONELEC..... | 35 |
| Tabla 2.2 Voltaje por fase al final de cada alimentadora..... | 36 |
| Tabla 2.3 Factor de Utilización de las alimentadoras (1)..... | 40 |
| Tabla 2.4 Factor de Utilización de las alimentadoras (2)..... | 40 |
| Tabla 2.5 Settings de relés de protección de líneas de 69 KV..... | 46 |
| Tabla 2.6 Settings de TPU 2000R del lado de 69 Kv y 13.2 KV..... | 50 |
| Tabla 2.7 Settings de los relés de protección de las alimentadoras..... | 55 |
| Tabla 2.8 Número de Interrupciones (solo alimentadoras)..... | 60 |
| Tabla 2.9 Número de Interrupciones (alimentadoras y transformadores).... | 61 |
| Tabla 2.10 Tasa de falla y tiempo de restauración..... | 67 |

| | |
|--|----|
| Tabla 2.11 Duración de las interrupciones..... | 67 |
| Tabla 2.12 Numero de Consumidores por punto de Carga alimentadora Madero Vargas..... | 71 |
| Tabla 2.13 Índices de Confiabilidad de alimentador Madero Vargas..... | 72 |
| Tabla 2.14 Número de Consumidores Unioro..... | 73 |
| Tabla 2.15 Índices de Confiabilidad de alimentador Unioro..... | 73 |
| Tabla 2.16 Número de Consumidores Expreso2..... | 74 |
| Tabla 2.17 Índices de Confiabilidad de alimentador Expreso2..... | 75 |
| Tabla 2.18 Número de Consumidores Emproro..... | 76 |
| Tabla 2.19 Índices de Confiabilidad de alimentador Emproro..... | 77 |
| Tabla 2.20 Índices de Confiabilidad de Sistemas de Distribución de Canadá..... | 81 |
| Tabla 2.21 Índices de Confiabilidad de Empresa Cooper..... | 81 |
| Tabla 2.22 Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (1)..... | 84 |
| Tabla 2.23 Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (2)..... | 84 |
| Tabla 2.24 Impedancias de Secuencias para Conductor # 2..... | 84 |
| Tabla 2.25 Impedancias de Secuencias equivalentes para los transformadores de potencia y el sistema de sub-transmisión..... | 85 |
| Tabla 2.26 Estudio de coordinación de alimentadora Madero Vargas..... | 90 |
| Tabla 2.27 Estudio de coordinación de alimentadora Unioro..... | 91 |
| Tabla 2.28 Límites admisibles de FMIK y TTIK..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.29 Índices de FMIK y TTIK 2002 para alimentadoras..... | 97 |
| Tabla 2.30 Índices de FMIK y TTIK 2003 para alimentadoras..... | 98 |
| Tabla 2.31 Índices de FMIK y TTIK 2004 para alimentadoras..... | 100 |
| Tabla 2.32 Índices de FMIK y TTIK 2005 para alimentadoras..... | 101 |
| Tabla 2.33 Índices de FMIK y TTIK 2006 para alimentadoras..... | 103 |
| Tabla 2.34 Índices de FMIK y TTIK 2007 para alimentadoras..... | 104 |
| Tabla 2.35 Índices de FMIK y TTIK 2008 para alimentadoras..... | 106 |
| Tabla 3.1 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Base)..... | 112 |
| Tabla 3.2 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Uno)..... | 113 |
| Tabla 3.3 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Dos)..... | 114 |
| Tabla3.4 Análisis de Costos – Beneficios..... | 116 |
| Tabla3.5 Reducción de Pérdidas en dólares..... | 121 |
| Tabla3.6 Inversión para alimentadora Madero Vargas..... | 122 |
| Tabla3.7 Inversión para alimentadora Unioro..... | 122 |
| Tabla3.8 Inversión para alimentadora Expreso2..... | 122 |
| Tabla3.9 Inversión para alimentadora Emproro..... | 123 |
| Tabla3.10 Caso total..... | 123 |
| Tabla3.11 Desglose de los costos (1)..... | 124 |
| Tabla3.12 Desglose de los costos (2)..... | 124 |
| Tabla3.13 Desglose de los costos (3)..... | 124 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1.1 Diagrama de configuración de S/E Machala..... | 5 |
| Gráfico 1.2 Diagrama unifilar de alimentadora Madero Vargas..... | 12 |
| Gráfico 1.3 Diagrama unifilar de alimentadora Unioro..... | 13 |
| Gráfico 1.4 Diagrama unifilar de alimentadora Expreso2..... | 14 |
| Gráfico 1.5 Diagrama unifilar de alimentadora Emproro..... | 15 |
| Gráfico 1.6 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora M. Vargas..... | 23 |
| Gráfico 1.7 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora M. Vargas..... | 23 |
| Gráfico 1.8 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora M. Vargas..... | 24 |
| Gráfico 1.9 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Unioro... | 26 |
| Gráfico 1.10 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Unioro..... | 26 |
| Gráfico 1.11 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Unioro..... | 27 |
| Gráfico1.12 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Expreso2..... | 29 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 1.13 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora | |
| Expreso2..... | 29 |
| Gráfico 1.14 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora | |
| Expreso2..... | 30 |
| Gráfico 1.15 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora | |
| Emproro..... | 32 |
| Gráfico 1.16 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora | |
| Emproro..... | 32 |
| Gráfico 1.17 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora | |
| Emproro..... | 33 |
| Gráfico 2.1 Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas..... | 37 |
| Gráfico 2.2 Voltaje por fase del alimentador Unioro..... | 37 |
| Gráfico 2.3 Voltaje por fase del alimentador Expreso2..... | 38 |
| Gráfico 2.4 Voltaje por fase del alimentador Emproro..... | 38 |
| Gráfico 2.5 Desbalance de corriente alimentador Madero Vargas..... | 42 |
| Gráfico 2.6 Desbalance de corriente alimentador Unioro..... | 42 |
| Gráfico 2.7 Desbalance de corriente alimentador Expreso2..... | 43 |
| Gráfico 2.8 Desbalance de corriente alimentador Emproro..... | 44 |
| | |
| Gráfico 2.9 Curva extremadamente inversa de relés DPU 2000R | |
| Entrada de línea de el Cambio (69 KV)..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 2.10 Coordinación de las líneas en la barra de 69 KV de la Subestación Machala..... | 48 |
| Gráfico 2.11 Curva con ángulo 30° de TPU 2000R funcionando como Relé diferencial..... | 51 |
| Gráfico 2.12 Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente temporizado..... | 52 |
| Gráfico 2.13 Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente Instantáneo..... | 53 |
| Gráfico 2.14 Curva muy Inversa de los reconectores Cooper de las alimentadoras Unioro y M. Vargas..... | 56 |
| Gráfico 2.15 Curva Inversa del reconector GE de la alimentadora Expreso2..... | 57 |
| Gráfico 2.16 Curva Muy Inversa del reconector ABB OVR 3 de la alimentadora Emproro..... | 58 |
| Gráfico 2.17 Número de Interrupciones por alimentadora..... | 61 |
| Gráfico 2.18 Número de Interrupciones de Alimentador y Transformador..... | 62 |
| Gráfico 2.19 Número de Interrupciones 2007 (alimentadoras y transformadores)..... | 63 |
| Gráfico 2.20 Número de Interrupciones 2008 (alimentadoras y transformadores)..... | 63 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 2.21 Número de Interrupciones por Año Alimentadoras..... | 64 |
| Gráfico 2.22 Número de Interrupciones por año (alimentadoras y transformadores)..... | 64 |
| Gráfico 2.23 Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas..... | 72 |
| Gráfico 2.24 Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro..... | 74 |
| Gráfico 2.25 Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso2..... | 75 |
| Gráfico 2.26 Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro..... | 77 |
| Gráfico 2.27 Comparación de SAIFI para alimentadoras..... | 78 |
| Gráfico 2.28 Comparación de SAIDI para alimentadoras..... | 78 |
| Gráfico 2.29 Comparación de CAIDI para alimentadoras..... | 79 |
| Gráfico 2.30 Comparación de ASAI para alimentadoras..... | 79 |
| Gráfico 2.31 Comparación de ASUI para alimentadoras..... | 80 |
| Gráfico 2.32 Comparación de ENS para alimentadoras..... | 80 |
| Gráfico 2.33 Comparación de Índices de la CEA y COOPER con las alimentadoras..... | 82 |
| Gráfico 2.34 Comparación del Índice ASAI de la CEA y COOPER con las alimentadoras..... | 82 |
| Gráfico 2.35 Comparación del Índice ASUI de la CEA y COOPER con las alimentadoras..... | 83 |
| Gráfico 2.36 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – M. Vargas..... | 85 |
| Gráfico 2.37 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Unioro..... | 86 |
| Gráfico 2.38 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Emproro..... | 87 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 2.39 Localización de los fusibles de protección y protegido..... | 88 |
| Gráfico 2.40 Índices FMIK 2002 para alimentadoras..... | 97 |
| Gráfico 2.41 Índices TTIK 2002 para alimentadoras..... | 98 |
| Gráfico 2.42 Índices FMIK 2003 para alimentadoras..... | 99 |
| Gráfico 2.43 Índices TTIK 2003 para alimentadoras..... | 99 |
| Gráfico 2.44 Índices FMIK 2004 para alimentadoras..... | 100 |
| Gráfico 2.45 Índices TTIK 2004 para alimentadoras..... | 101 |
| Gráfico 2.46 Índices FMIK 2005 para alimentadoras..... | 102 |
| Gráfico 2.47 Índices TTIK 2005 para alimentadoras..... | 102 |
| Gráfico 2.48 Índices FMIK 2006 para alimentadoras..... | 103 |
| Gráfico 2.49 Índices TTIK 2006 para alimentadoras..... | 104 |
| Gráfico 2.50 Índices FMIK 2007 para alimentadoras..... | 105 |
| Gráfico 2.51 Índices TTIK 2007 para alimentadoras..... | 105 |
| Gráfico 2.52 Índices TTIK 2008 para alimentadoras..... | 106 |
| Gráfico 2.53 Índices FMIK 2008 para alimentadoras..... | 107 |
| Gráfico 2.54 Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK 2002-2008..... | 108 |
| Gráfico 2.55 Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK 2002-2008..... | 109 |
| Gráfico 2.56 Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK..... | 110 |
| Gráfico 2.57 Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 3.1 Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas..... | 117 |
| Gráfico 3.2 Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Unioro..... | 117 |
| Gráfico 3.3 Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Expreso2..... | 118 |
| Gráfico 3.4 Comparación de Índices de Confiabilidad alimentador Emproro..... | 118 |
| Gráfico 3.5 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Madero Vargas..... | 119 |
| Gráfico 3.6 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Unioro..... | 119 |
| Gráfico 3.7 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Expreso2..... | 120 |
| Gráfico 3.8 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS alimentador Emproro..... | 120 |

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Área de Concesión de CNEL Regional El Oro

ANEXO B. Ubicación geográfica de la Subestación Machala

ANEXO C. Tabla de voltaje por fase al final de cada alimentador usando capacitores

ANEXO C1. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas

ANEXO C2. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Unioro

ANEXO C3. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Expreso2

ANEXO C4. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Emproro

ANEXO D. Curva de tiempo de despeje máximo de los fusibles tipo K

ANEXO D1. Curva de Tiempo de Fusión Mínima de los Fusibles tipo K

ANEXO D2. Coordinación entre Fusibles tipo K

ANEXO D3. Capacidad de los Fusibles tipo K

ANEXO E. Información de interrupciones de alimentadora Madero Vargas

ANEXO E1. Información de interrupciones de alimentadora Unioro

ANEXO E2. Información de interrupciones de alimentadora Expreso2

ANEXO E3. Información de interrupciones de alimentadora Emproro

ANEXO F. Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Madero Vargas

- ANEXO F1.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Emproro
- ANEXO F2.** Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido de alimentadora Unioro
- ANEXO G.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Emproro
- ANEXO G1.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO G2.** Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles de alimentadora Unioro
- ANEXO H.** Número de Consumidores de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO H1.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Madero Vargas
- ANEXO H2.** Número de consumidores de alimentadora Unioro
- ANEXO H3.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Unioro
- ANEXO H4.** Número de consumidores de alimentadora Expreso2
- ANEXO H5.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Expreso2
- ANEXO H6.** Número de consumidores de alimentadora Emproro
- ANEXO H7.** Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Emproro
- ANEXO I.** Caso Uno – Madero Vargas
- ANEXO I1.** Caso Uno - Unioro
- ANEXO I2.** Caso Uno – Expreso2
- ANEXO I3.** Caso Uno - Emproro

ANEXO J. Caso Dos – Madero Vargas

ANEXO J1. Caso Dos – Unioro

ANEXO J2. Caso Dos – Expreso2

ANEXO J3. Caso Dos – Emproro

ANEXO K. Resultados del estudio de coordinación Alimentador Emproro

INTRODUCCION

En el presente trabajo se espera aportar para al mejoramiento de energía suministrada basados en la calidad del servicio desde la subestación Machala hacia las cuatro alimentadoras de ésta, tomando en cuenta las normas, reglamentos y conocimientos adquiridos tanto en el tópico como en nuestros años de estudio.

Como se señaló anteriormente, la importancia de suministrar energía eléctrica de buena calidad y continuamente es vital para las empresas eléctricas. Algunos equipos como los electrónicos son muy sensibles a los cambios bruscos de energía y esto puede acarrear pérdidas y daños a los consumidores. En el caso de empresas con este tipo de aparatos electrónicos, una interrupción de larga o corta duración podría hacer perder producción, materia prima, dañar equipos costosos y en el peor de los casos ocasionar daños a personas. En los hogares ya casi todos los electrodomésticos tienen un componente electrónico, desde las computadoras hasta las lavadoras de ropa.

Se escogerá la mejor opción, tomando en cuenta las normas del sector eléctrico, así como la economía de la empresa eléctrica.

CAPITULO 1

DESCRIPCION DEL SISTEMA

La empresa eléctrica de la provincia de El Oro tiene 16 subestaciones a su cargo de las cuales una solo (subestación Avanzada), es de paso. La empresa eléctrica cuenta con 2 barras (EMELORO1 Y EMELORO2) de las cuales la primera se conecta con la subestación San Idelfonso y la segunda se conecta con la interconexión con Perú. Emeloro 1 y 2 transforman los 230Kv de la interconexión y los 130Kv de San Idelfonso a 69 Kv para así llevar este voltaje a sus subestaciones por medio de sus líneas. Emeloro 1 y 2 funcionan normalmente conectadas como una sola barra por un interruptor.

Todas las subestaciones que están a cargo de la empresa eléctrica Regional El Oro están conectadas en forma radial.

En este capítulo se presenta la descripción de los componentes primarios de distribución.

1.1 Área de Influencia de la Subestación Eléctrica Machala

La subestación Machala de la empresa eléctrica Regional El Oro, se encuentra ubicada en la avenida Ferroviaria Km. 1½.

Sus coordenadas geográficas son: 618622, 9638537 (Ver Anexo B). Se conecta al resto del sistema de la provincia del Oro como se muestra en el Anexo A.

1.2 Descripción de la Subestación Eléctrica Machala

La subestación Machala trabaja con una configuración de barra simple. Su barra de 69 Kv está conectada con las subestaciones El Cambio, Los Pinos y Machala Centro.

Dentro de la subestación esta se encuentran 2 transformadores de Potencia (Yorkshire Electric Transformer Co. LTD) de 10/12.5 MVA conectado en paralelo, que son los encargados de transformar los 69 Kv a 13.8 KV. De la barra de 13.8KV salen las alimentadoras (Unioro, M. Vargas, Expreso 2 y Emproro) que dan servicio eléctrico a gran parte de Machala y sus alrededores.

Los transformadores pueden entregar hasta 12.5 MVA con refrigeración de aire forzado tienen un TAP manual ubicado en posición 4 para elevar el nivel de voltaje en el secundario a un valor cercano a 13.8 KV. En el terciario de los transformadores no existe conectada carga alguna.

Se implementará la construcción de otra barra que solo sea de paso entre la subestación La Peana y Los Pinos en los patios de la subestación Machala. La construcción de esta, es parte del plan de Re-potenciación que tiene la Empresa Eléctrica Regional El Oro para mejorar y aliviar las líneas de 69 KV.

Como se puede observar en la grafica 1.1, la potencia entra a la barra de 69 KV en la subestación Machala por la línea transmisión a 69 KV que viene desde la subestación El Cambio y sale hacia las subestaciones Machala Centro y Los Pinos.

La alimentadora Expreso2 se conecta a dos unidades generadoras de 2MW, dando así 4MW entre las dos, en caso de necesitarse. La alimentadora tiene 2.43 Km de longitud desde la barra de 13.8 KV de la subestación Machala, hasta las unidades generadoras indicadas.

La configuración de la subestación se muestra a continuación junto con la explicación de cada uno de sus elementos en cada una de sus posiciones.

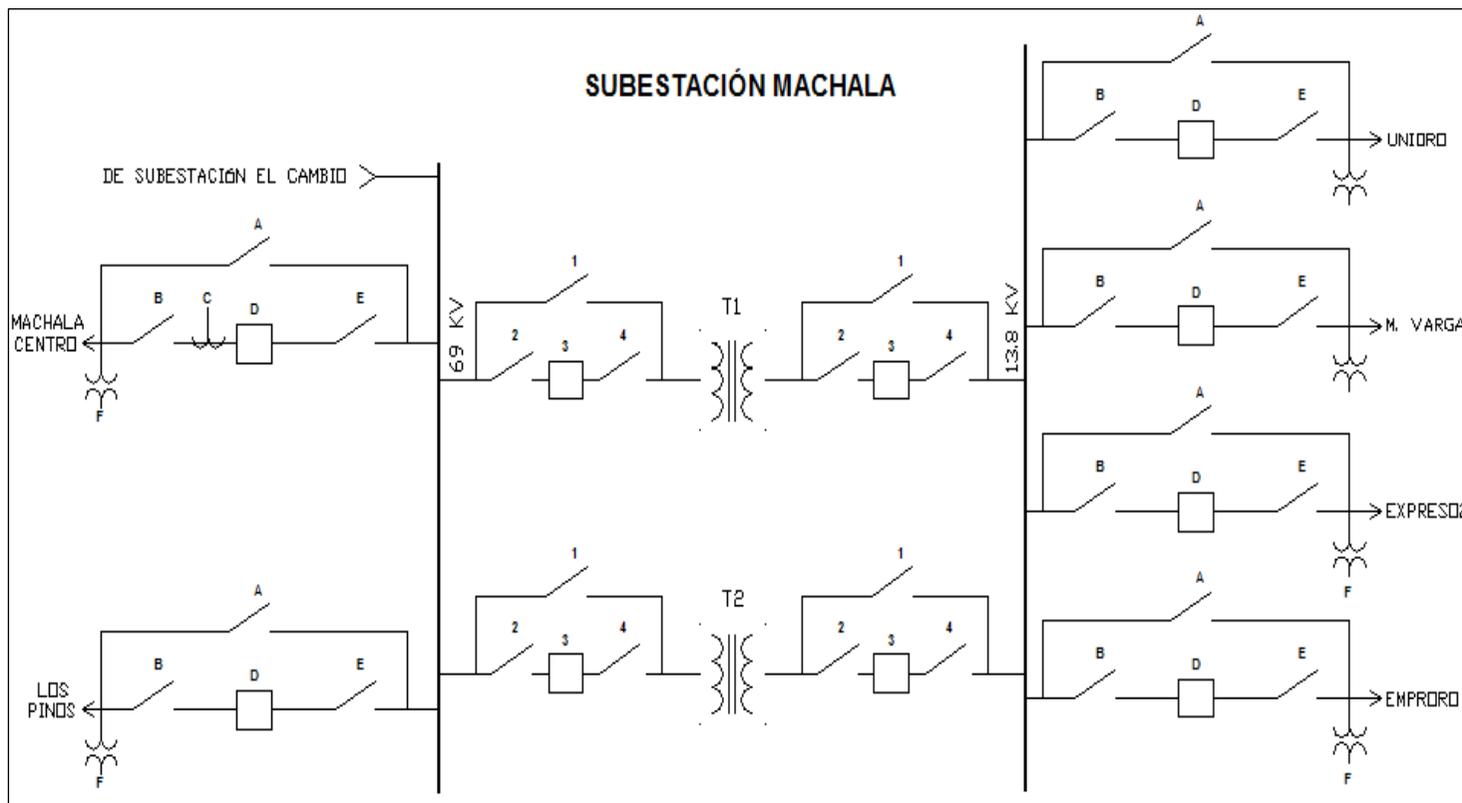


Gráfico 1.1 Diagrama de configuración de S/E Machala

1.3 Equipos instalados en la Subestación Eléctrica Machala

Posición de 69 KV, alimentador Machala Centro:

A, B, E: cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

C: TC:

- 200:1, burden 20 VA, clase X
- 200:1, burden 20 VA, clase 10P20

D: Disyuntor de 69 Kv:

- Control: DPU 2000R (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado 125 VDC
- Bobinas de cierre y disparo de 125 VDC
- Motor de carga de 127 VAC

F: TP 69 Kv

- Relación $67000/\sqrt{3} : 110$

Posición de 69 KV, alimentador Los pinos:

A, B, E: cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

D: Disyuntor de 69 Kv de gran volumen de aceite:

- Control: DPU 2000R (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado 125 VDC
- Bobinas de cierre y disparo de 125 VDC
- Motor de carga de 127 VAC
- TC 200:1

F: TP 69 Kv

- Relación $67000/\sqrt{3} : 110$

Transformadores:

Para la conexión en paralelo de los transformadores se deben considerar cinco aspectos importantes que son:

1. Igualdad de tensiones y relación de transformación.
2. Igualdad de desfase de los diagramas vectoriales (secundario respecto al primario).
3. Igualdad de secuencia.
4. Igualdad de tensiones de cortocircuito.
5. Una cierta relación de potencia.

Transformador T1:

- 10 MVA
- 67/13.2 KV
- Conexión Yy
- Relé Buchholz con contactos auxiliares 125 VDC

Lado de 69 KV:

1, 2, 4: cuchillas de bypass, entrada, salida, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

3: Disyuntor de gran volumen de aceite 69 KV:

- Control: TPU 2000 (DNP 3.0)
- Contactos auxiliares para censar estado de 125 VDC
- Bobinas de disparo y cierre: 125VDC
- Motor de carga: 127 VAC
- TC relación 100:1

Lado de 13.8 KV:

1, 2, 4: cuchillas de bypass, salida, entrada, tripolares con contactos auxiliares para censar estado 125 VDC.

3: Disyuntor de gran volumen de aceite 13.8 KV:

- Control: relé diferencial DDT

- Relé de sobre corriente CDG 46
- Contactos auxiliares para censar estado de 125 VDC
- Bobinas de disparo y cierre: 125VDC
- Motor de carga: 127 VAC
- TC 300:1

Transformador T2:

Similar a T1.

Posición 13.8 Kv alimentador Emproro

A: seccionadores porta fusibles de 200 A para bypass

B, E: seccionadores cuchillas de entrada, salida, mono polares sin contactos auxiliares.

D: Re conector (caja de control Cooper F5):

- DNP 3.0
- Contactos auxiliares para censar estado
- TC: 300/ 1

F: TP 13.8 Kv

- Relación 70 : 1
- Clase 0.5
- Burden 75 VA

La medición se la realiza con el medidor ION PML 7330.

Posición 13.8 Kv alimentador Madero Vargas

Similar al alimentador Emproro.

Posición 13.8 Kv alimentador Unioro

Similar al alimentador Emproro.

Posición 13.8 Kv alimentador Expreso 2

Similar al alimentador Emproro.

1.4 Alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

De la subestación Machala salen 4 alimentadoras (Madero Vargas, Unioro, Expreso 2 y Emproro), que alimentan a gran parte de la ciudad de Machala y sus alrededores.

La alimentadora Expreso 2 entró en funcionamiento en Diciembre del 2007 convirtiéndose así en la más nueva alimentadora de la subestación Machala. Expreso 2 ocasionalmente se conecta a la alimentadora Boyacá de la Subestación Machala-Centro para suplir la carga de ésta. Para esto se desconecta la alimentadora Boyacá de la Subestación Machala-Centro y se conecta a la alimentadora Expreso2. Los datos presentados y usados en nuestro estudio, incluye la información de la alimentadora Expreso2 únicamente.

A continuación se da la información básica de las alimentadoras:

| Código | Nombre de Alim. | Longitud de Alim. (Km) | Capacidad Instalada (KVA) |
|--------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| 411 | Madero Vargas | 22.53 | 11400 |
| 412 | Unioro | 20.05 | 2950 |
| 413 | Expreso 2 | 7 | 1485 |
| 414 | Emproro | 48.47 | 17802.5 |

Tabla 1.1. Información de Alimentadoras SE Machala

Ahora se presenta el recorrido físico de cada una de las alimentadoras.



Gráfico 1.2 Diagrama unifilar de alimentadora Madero Vargas

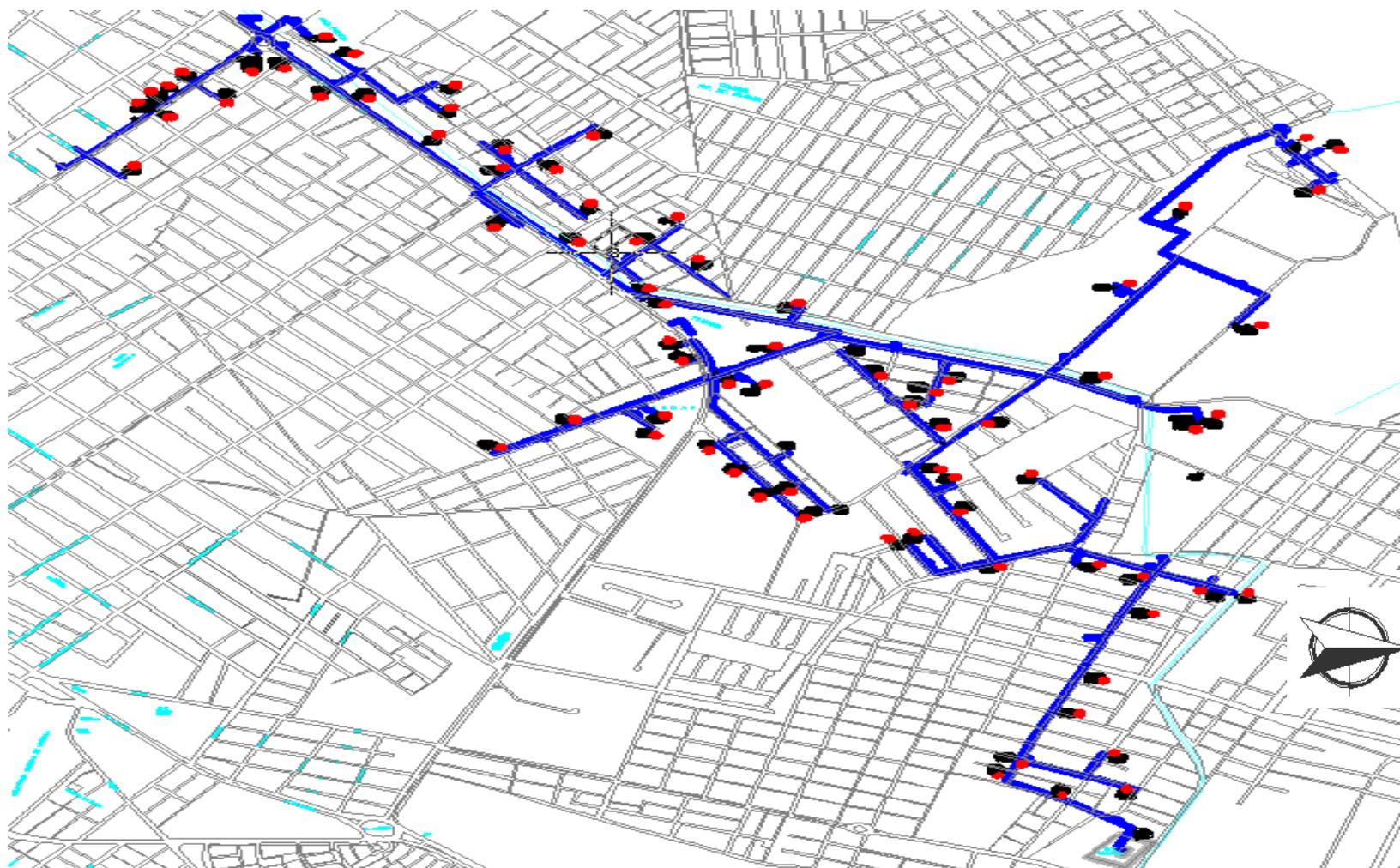


Gráfico 1.3 Diagrama unifilar de alimentadora Unioro

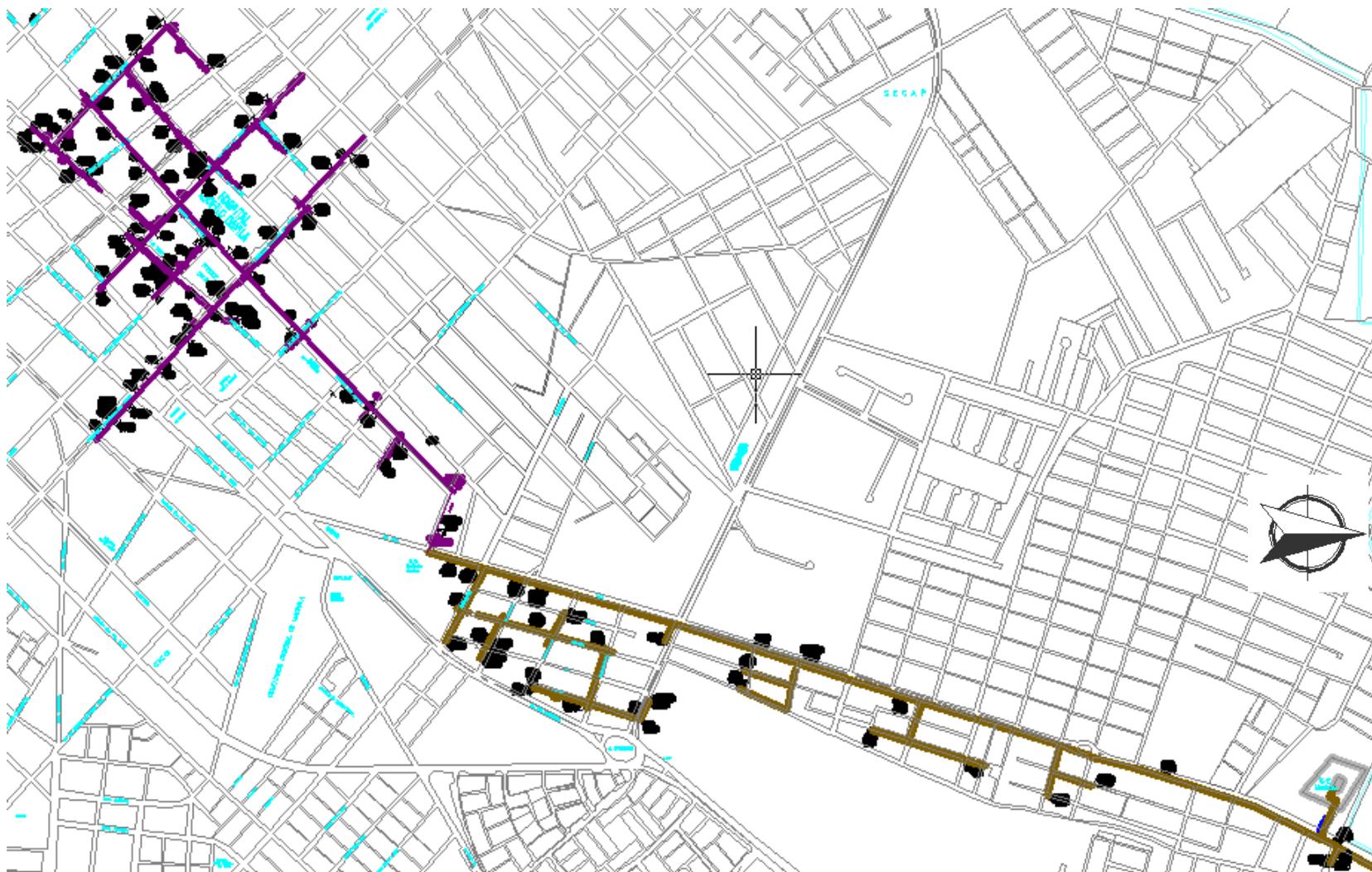


Gráfico 1.4 Diagrama unifilar de alimentadora Expreso2

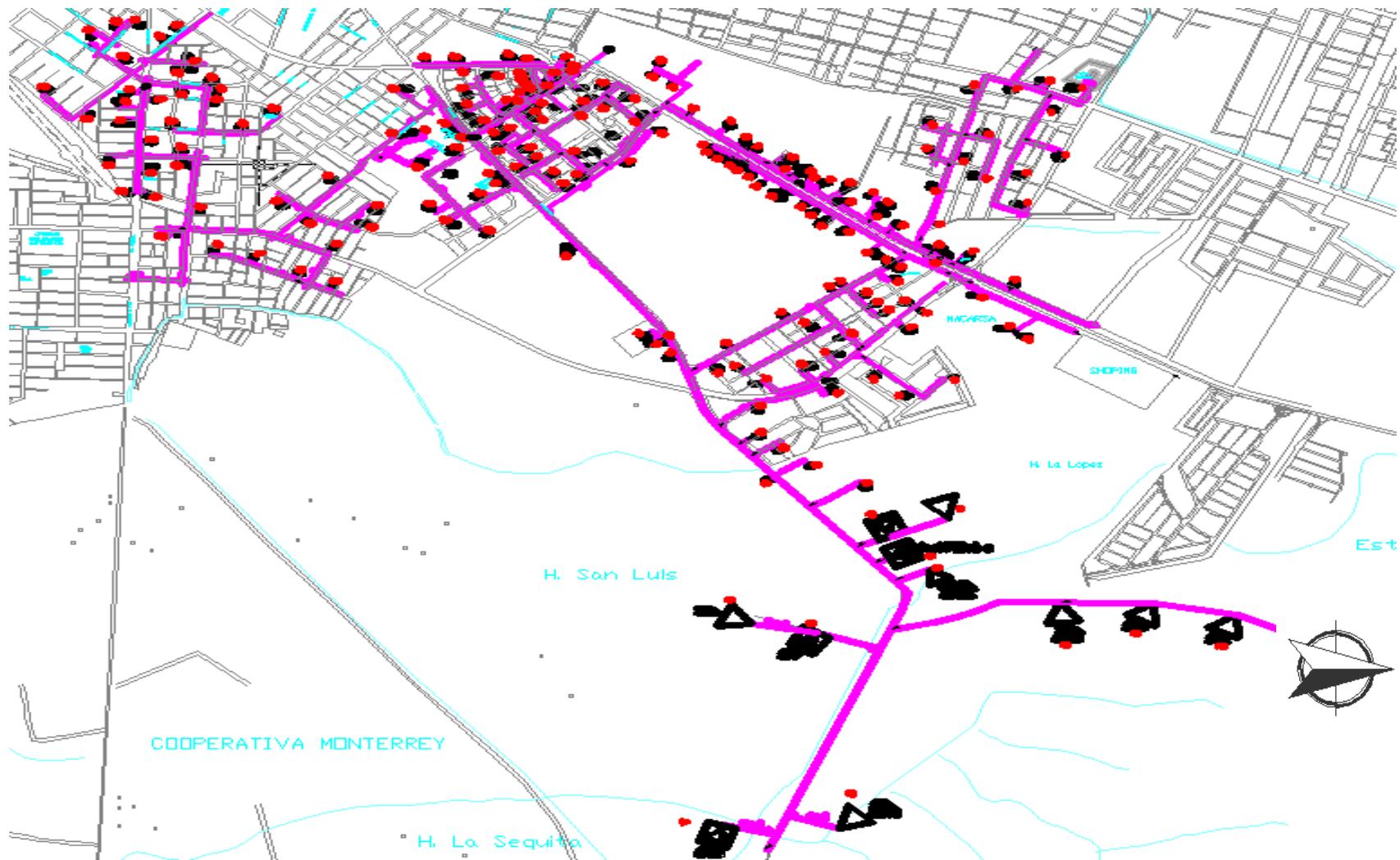


Gráfico 1.5 Diagrama unifilar de alimentadora Emproro

1.5 Capacidad Térmica de los conductores de las alimentadoras

Para elegir un buen conductor para nuestras alimentadoras, debemos considerar el efecto del recalentamiento en el mismo. Al calentarse el conductor éste se recuece, como resultado se enlarga produciendo así un inminente peligro de falla en el sistema.

El calentamiento del conductor es el resultado de sobrecargas en el conductor mas el calor del ambiente al cual es expuesto menos el calor que puede disiparse de éste ya sea por viento, lluvia, etc.

Los conductores usados en las alimentadoras son mostrados en la siguiente tabla:

| FASES | TIPO DE CONDUCTOR | CALIBRE | NOMBRE | CAPACIDAD TERMICA (A) | |
|-----------|-------------------|---------|---------|-----------------------|------------|
| | | | | Sin Viento | Con Viento |
| 3φ | ACSR | 4/0 | Penguin | 225 | 340 |
| Neutro 3φ | ACSR | 1/0 | Raven | 142 | 220 |
| | | | | | |
| 1φ | ACSR | 2 | Sparrow | 108 | 160 |
| Neutro 1φ | ACSR | 4 | Swan | 78 | 123 |

Tabla 1.2 Información de los conductores de las alimentadoras

1.6 Transformadores de Distribución

En cada una de las alimentadoras podemos encontrar transformadores monofásicos que son los encargados de transformar los 13.8 KV a 120 y 240 V para el servicio residencial y comercial de los abonados de Machala. Se tienen bancos de transformadores conectados en estrella aterrizada delta abierta. En el caso de algunas industrias el servicio se presta trifásicamente 13.8 KV quedando así la instalación de transformadores a ellos. En algunos casos si las industrias así lo quisiera la empresa eléctrica brinda el servicio de instalación de los bancos de transformadores trifásicos para darles servicio.

A lo largo de las alimentadoras tenemos transformadores monofásicos de 10,15, 25, 37.5, 50 y 75 KVA, además algunos transformadores trifásicos ya sean estos privados o de la Empresa Eléctrica Regional El Oro.

Los transformadores son sujetados a los postes de las líneas de 13.8KV en bancos trifásicos o solo monofásicamente. Se utilizan dos tipos de transformadores de distribución, los autoprotegidos y los convencionales. Ambos tiene como medio aislante aceite.

Algunos transformadores son puestos en cuartos preparados para contenerlos, especialmente los que son de propiedad privada y esto

dificulta grandemente el recuento de estos. El número de transformadores de distribución cambia mucho a medida que se requiere conectar a la red nuevas cargas de nuevos abonados.

A continuación, se muestran las tablas que contienen el número de transformadores en cada una de las alimentadoras de la Subestación Machala:

| | MADERO VARGAS | | | | | | |
|-----------------|--------------------|----|----|----|------|----|----|
| | TRANSFORMADORES 1Ø | | | | | | |
| CAPACIDAD (kVA) | 5 | 10 | 15 | 25 | 37,5 | 50 | 75 |
| FASE A | 1 | 3 | 8 | 17 | 16 | 21 | 4 |
| FASE B | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 | | |
| FASE C | 1 | 1 | 5 | | 1 | | |

Tabla 1.3 Número de Transformadores por Fase M. Vargas

| | MADERO VARGAS | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | TRANSFORMADORES 3Ø | | | | | | | |
| CAPACIDAD (kVA) | 30 | 45 | 50 | 60 | 75 | 100 | 500 | 750 |
| FASE A,B y C | 6 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |

Tabla 1.4 Número de Transformadores Trifásicos M. Vargas

| | UNIORO | | | | | |
|-----------------|--------------------|----|----|------|----|----|
| | TRANSFORMADORES 1Ø | | | | | |
| CAPACIDAD (kVA) | 10 | 15 | 25 | 37,5 | 50 | 75 |
| FASE A | 3 | 3 | 6 | 10 | 9 | 1 |
| FASE B | | 1 | 1 | | | 1 |
| FASE C | | 1 | | | | 1 |

Tabla 1.5 Número de Transformadores por Fase Unioro

| | EXPRESO 2 | | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | TRANSFORMADORES 1 Ø | | | | TRANSFORMADORES 3Ø | |
| CAPACIDAD (kVA) | 10 | 25 | 37,5 | 50 | 30 | 75 |
| FASE A | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| FASE B | 2 | 1 | | | | |
| FASE C | 1 | | | | | |

Tabla 1.6 Número de Transformadores por Fase Expreso2

| | EMPRORO | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | TRANSFORMADORES 1 Ø | | | | | | | |
| CAPACIDAD (kVA) | 5 | 10 | 15 | 25 | 30 | 37,5 | 50 | 75 |
| FASE A | | 9 | 7 | 27 | 4 | 24 | 27 | 2 |
| FASE B | 2 | 8 | 3 | 13 | 3 | 15 | 8 | 2 |
| FASE C | | 2 | 3 | 14 | 1 | 15 | 8 | |

Tabla 1.7 Número de Transformadores por Fase Emproro

| | EMPRORO | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | TRANSFORMADORES 3 Ø | | | | | | | |
| CAPACIDAD (kVA) | 30 | 100 | 112 | 150 | 225 | 300 | 200 | 1500 |
| FASE A | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| FASE B | | 3 | | | | | 1 | |
| FASE C | | 2 | | | | | 1 | |

Tabla 1.8 Número de Transformadores Trifásicos Emproro

Finalmente, se presenta un resumen del número de transformadores por alimentadora junto a la capacidad instalada:

| Cód. | Alimentadora | Número de Transformadores | Capacidad Instalada (KVA) |
|-------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 411 | Madero Vargas | 233 | 11400 |
| 412 | Unioro | 76 | 2950 |
| 413 | Expreso 2 | 35 | 1485 |
| 414 | Emproro | 381 | 17802.5 |

Tabla 1.9 Numero de Transformadores por Alimentadora

1.7 Capacitores y Reguladores de Voltaje

Los bancos capacitivos y reguladores de Voltaje son métodos de regulación de voltaje los cuales son usados dependiendo del nivel de Voltaje que se requiera, flexibilidad del sistema y costos.

1.7.1 Capacitores

La función principal de los bancos de capacitores es el de inyectar Potencia Reactiva al sistema para que esta no tenga que viajar desde el lugar de generación hasta la carga y nos produzcan perdidas y recalentamiento de la línea.

Entre otras funciones, los bancos capacitivos también nos ayudan a:

- Reducir la corriente de atraso
- Incrementar el voltaje en el punto de conexión al sistema.
- Mejorar la regulación de Voltaje
- Reducir pérdidas en el sistema

Para poder obtener los beneficios de instalar bancos de capacitores estos deben estar bien dimensionados y ubicados en el lugar adecuado.

Actualmente en nuestras alimentadoras tenemos un total de 2400 KVAR conectados a la subestación Machala.

En la alimentadora Unioro tenemos un banco de 600 KVAR ubicado en la circunvalación Norte entrando a la vía el limón. Existe otro banco de capacitores en esta misma alimentadora a la salida de la subestación Machala.

En la alimentadora M. Vargas existe un banco de capacitores de 600 KVAR también ubicado en la Marcel Laniado y Napoleón Mera.

Además se tiene un banco de capacitores de 1200 KVAR en la barra de 13,8 KV dentro de la subestación.

1.7.2 Reguladores de Voltaje en Alimentadoras

Las alimentadoras de nuestro análisis no poseen reguladores de voltaje.

1.8 Cargas

La carga de la subestación Machala se reparte a sus cuatro alimentadoras, a continuación se presenta una tabla con la capacidad instalada y sus máximos niveles de carga en MW.

| Cód. | Alimentadora | Capacidad Instalada (MVA) | Demanda Máxima (MW) |
|------|---------------|---------------------------|---------------------|
| 411 | Madero Vargas | 11.400 | 4.70951 |
| 412 | Unioro | 2.950 | 3.36975 |
| 413 | Expreso 2 | 1.485 | 4.6688 |
| 414 | Emproro | 17.8025 | 3.522504 |

Tabla 1.10 Carga Máxima de cada alimentadora

Ahora presentamos las Curvas de Carga Diaria en un día Normal (miércoles 6 de agosto 2008) y la Curva de Carga Diaria de un día Feriado (Domingo 10 de Agosto) para cada alimentadora:

Alimentadora Madero Vargas

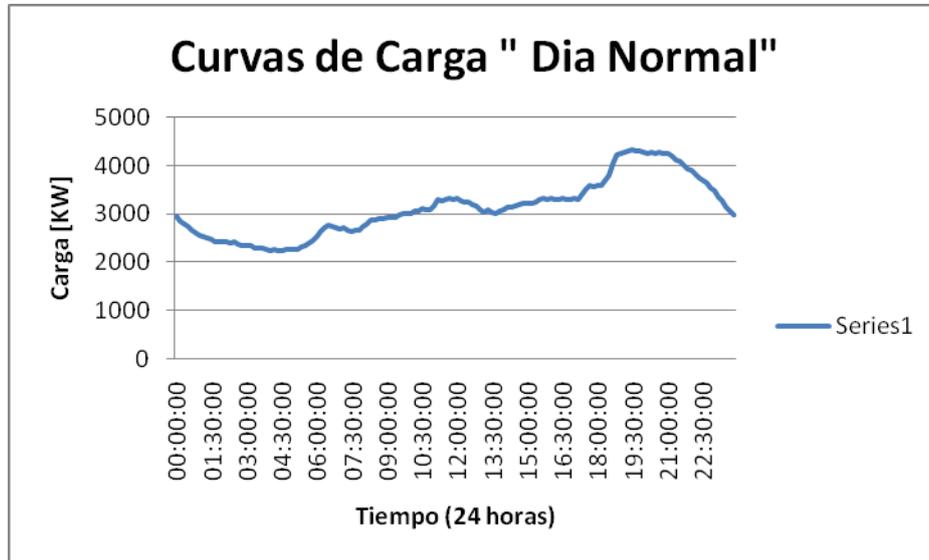


Gráfico 1.7 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora M. Vargas

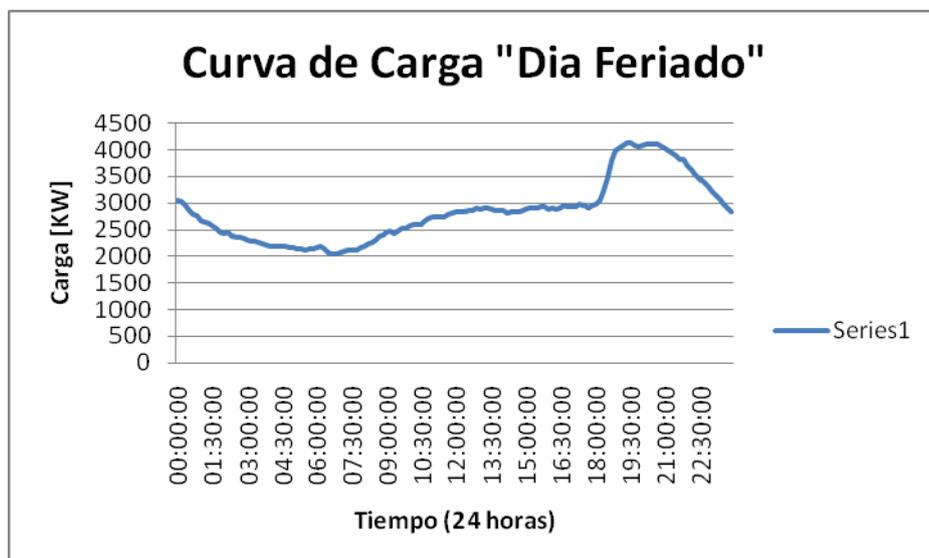


Gráfico 1.7 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora M. Vargas

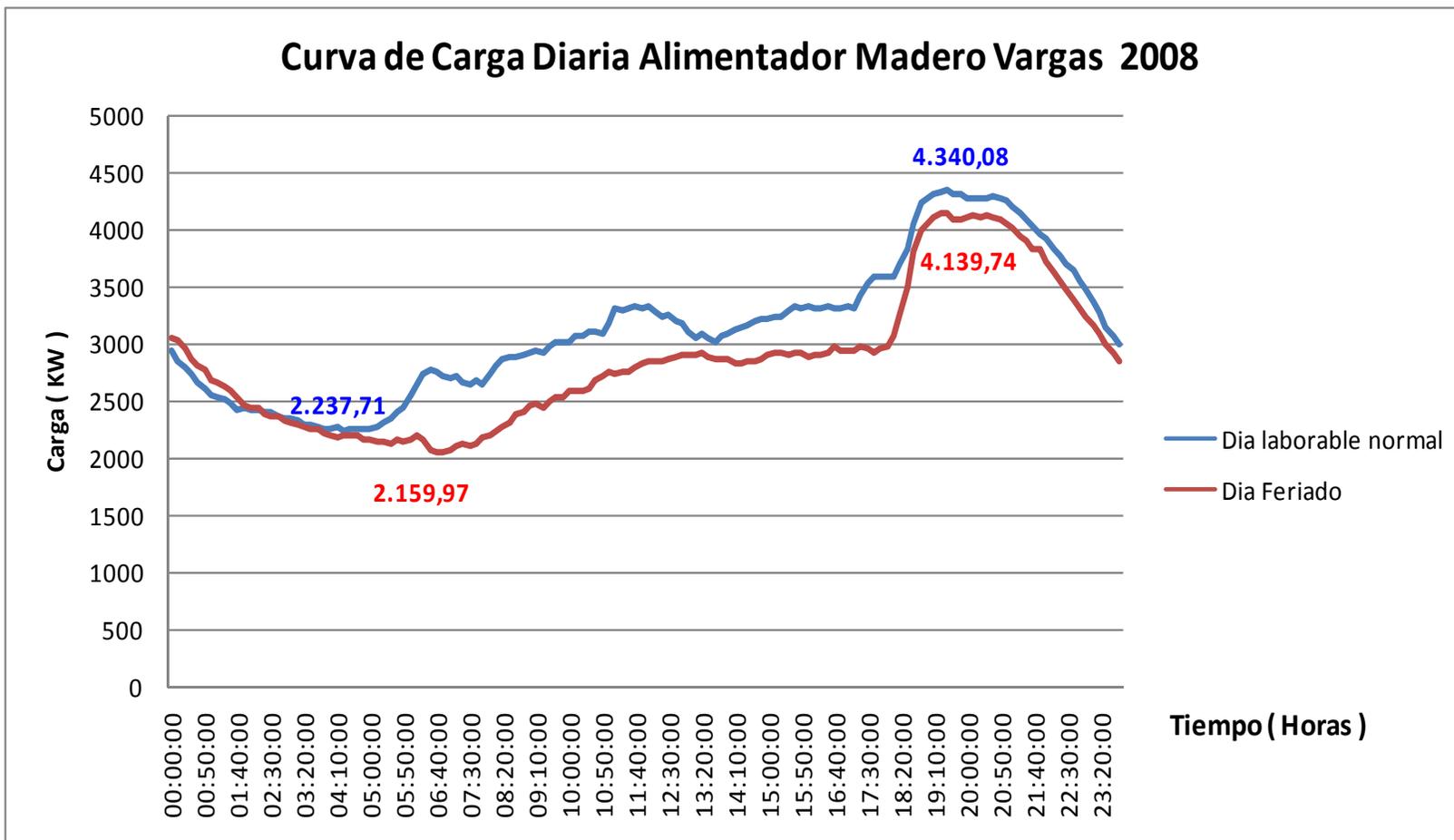


Gráfico 1.8 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora M. Vargas

Esta alimentadora atraviesa toda Machala y alimenta a algunas clínicas, una escuela, un colegio, una iglesia pero la gran mayoría son residencias de clase media. Esa es la razón por la cual la carga aumenta a partir de las 20:00 hasta las 21:20 tanto un día normal como un día feriado cuando los dueños de la casa regresan de una jornada laboral.

Como es de esperarse en los días feriados la carga es menor debido a viajes de distracción a otras ciudades y centros recreacionales entre otros de los abonados.

Alimentadora Unioro

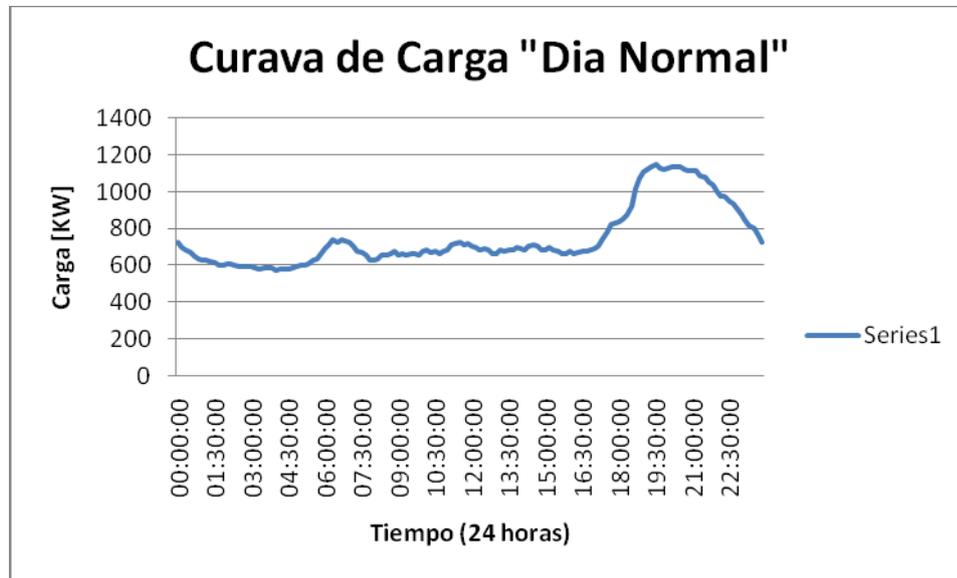


Gráfico 1.9 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Unioro

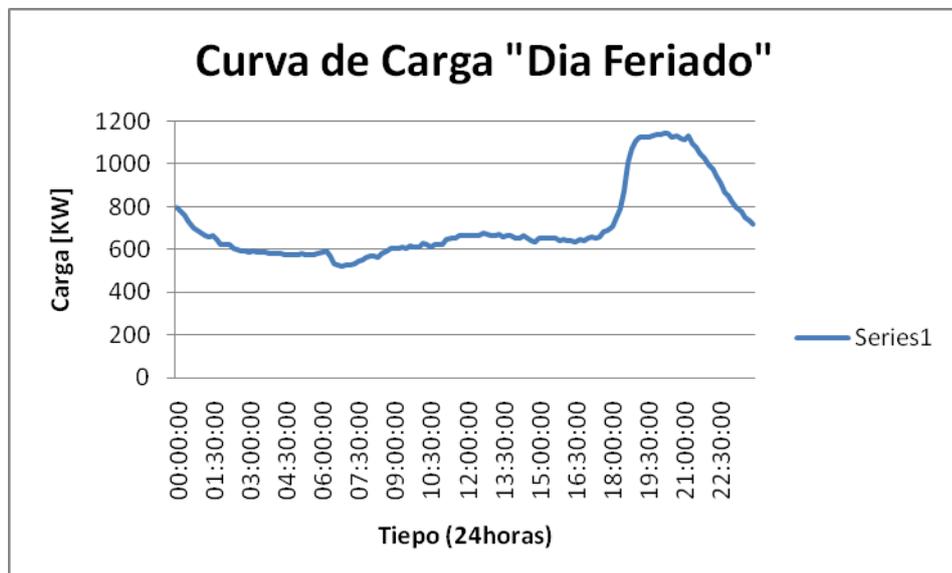


Gráfico 1.10 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Unioro

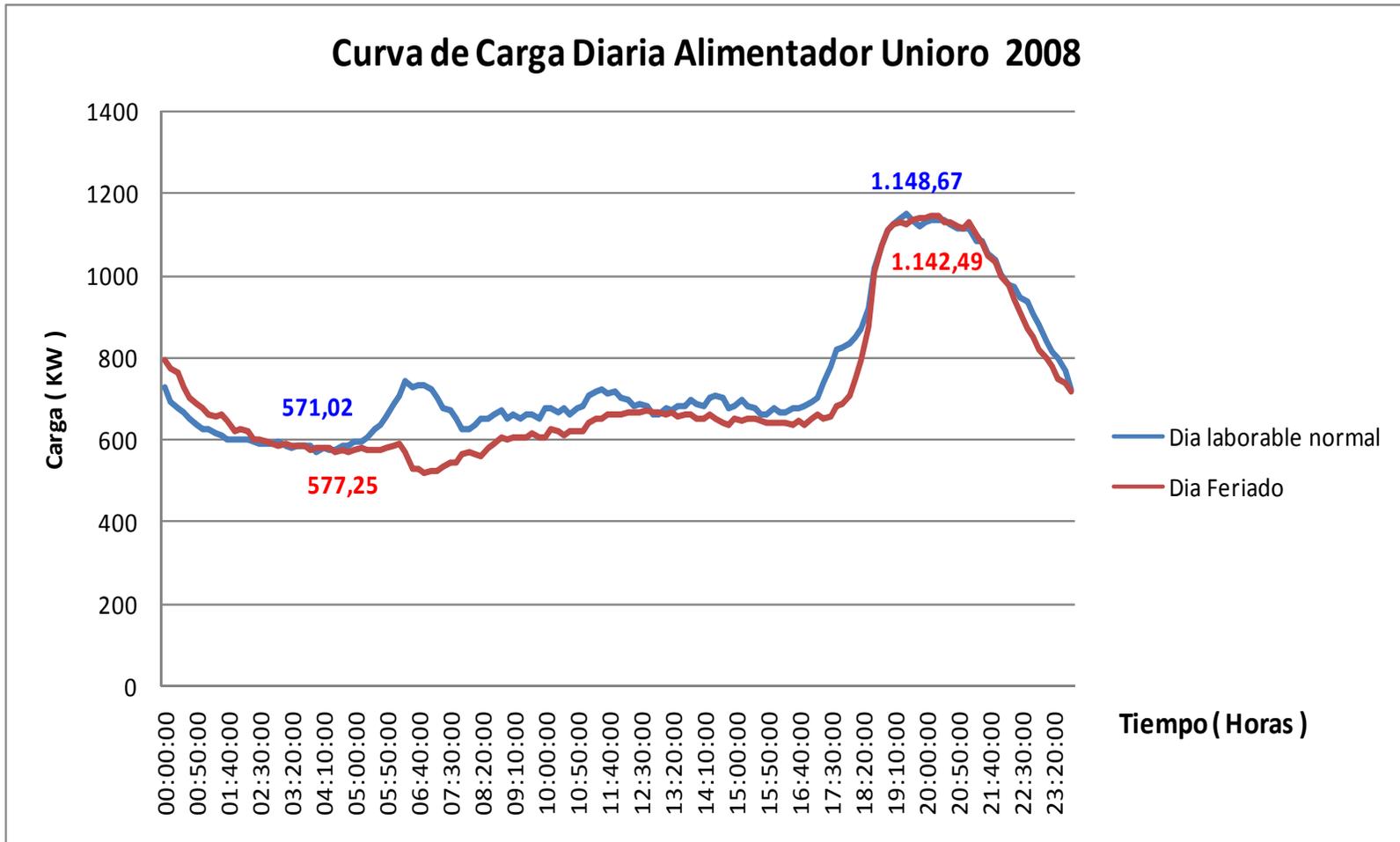


Gráfico 1.11 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Unioro

Esta alimentadora da energía eléctrica a una de las ciudadelas de más alto estatus social en Machala, aquí las grandes casas con acometidas trifásicas y propios transformadores son comunes. Al igual que la alimentadora Madero Vargas la curva de la alimentadora Uniro sigue el mismo patrón característico mostrando el pico de consumo máximo de energía de las 18:40 a las 21:20.

Alimentadora Expreso 2

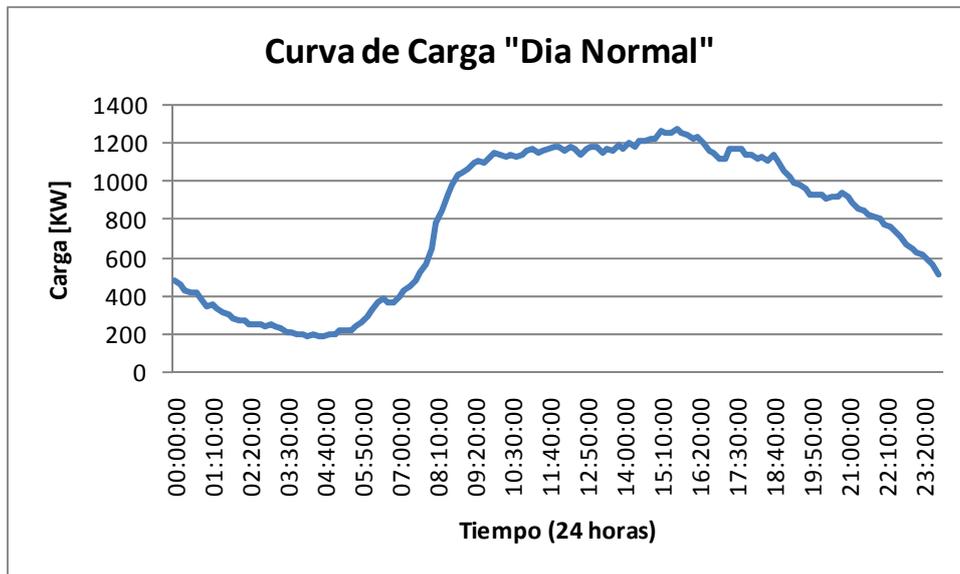


Gráfico 1.12 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Expreso2

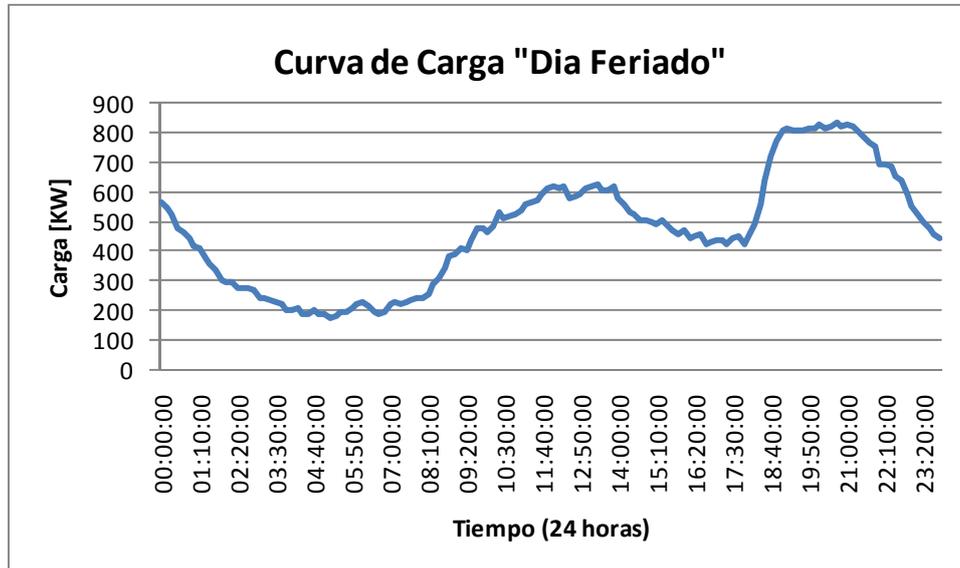


Gráfico 1.13 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Expreso2

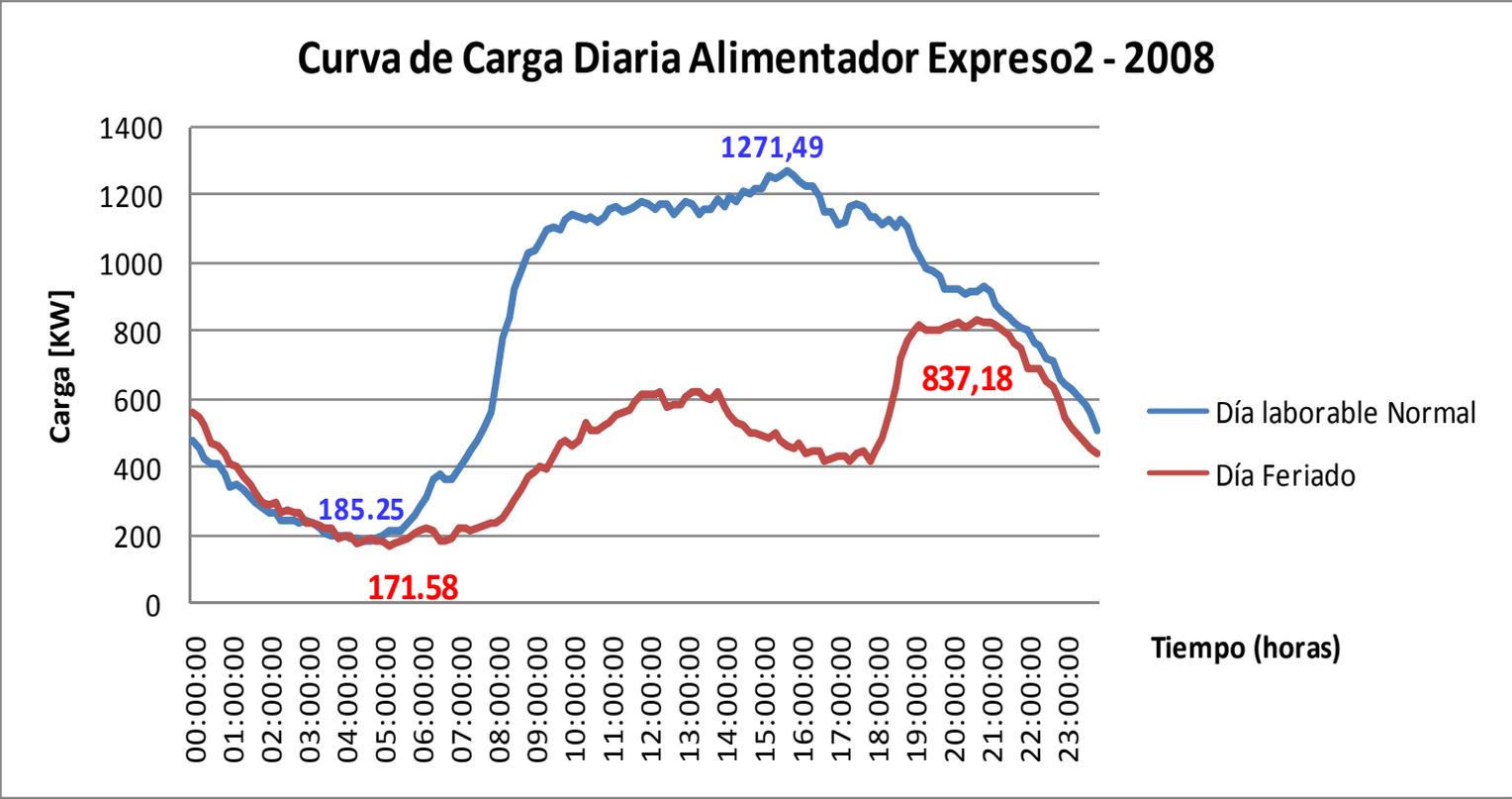


Gráfico 1.14 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Expreso

Actualmente la alimentadora Expreso2 está desconectada del circuito Boyacá, el cual parte de la subestación Machala centro. El área cubierta por esta alimentadora es predominantemente comercial pero con algunas residencias de clase media. Alimenta la Bahía Harry Álvarez y al Hospital Teófilo Dávila además de edificios, hoteles, pequeños negocios, restaurantes; todo ello como parte del centro de la ciudad.

Que la alimentadora sirva mayormente a una carga comercial, es la razón por la cual el pico de máximo consumo de energía se mantiene durante todo el día (día normal) y decae un poco durante días feriados mostrando una baja de 16:00 a 1800.

Alimentadora Emproro

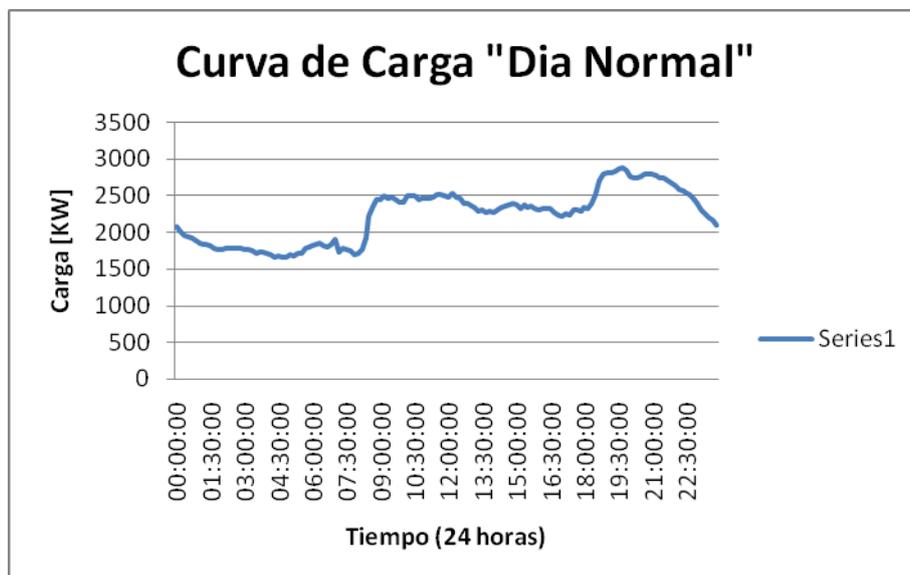


Gráfico 1.15 Curva de Carga de un día Normal de la alimentadora Emproro

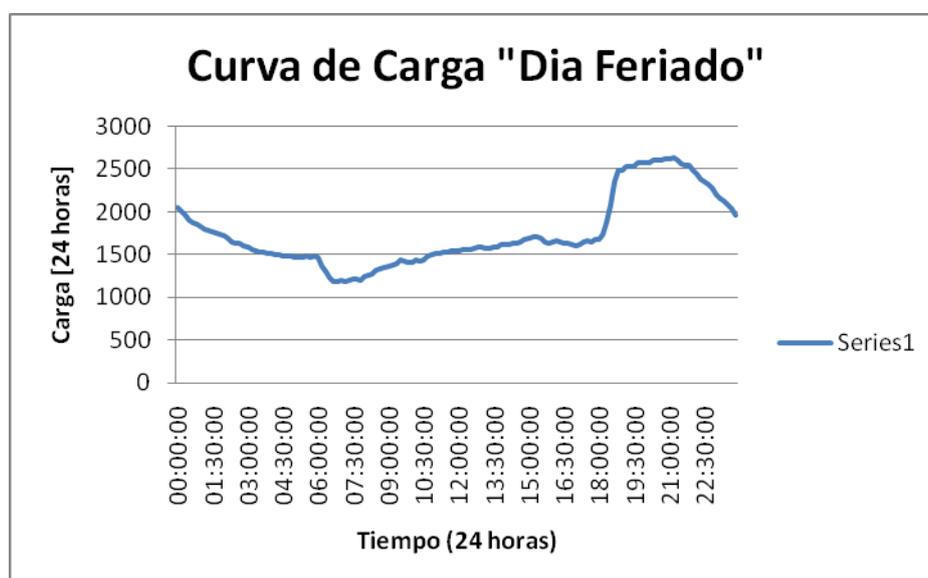


Gráfico 1.16 Curva de Carga de un día Feriado de la alimentadora Emproro

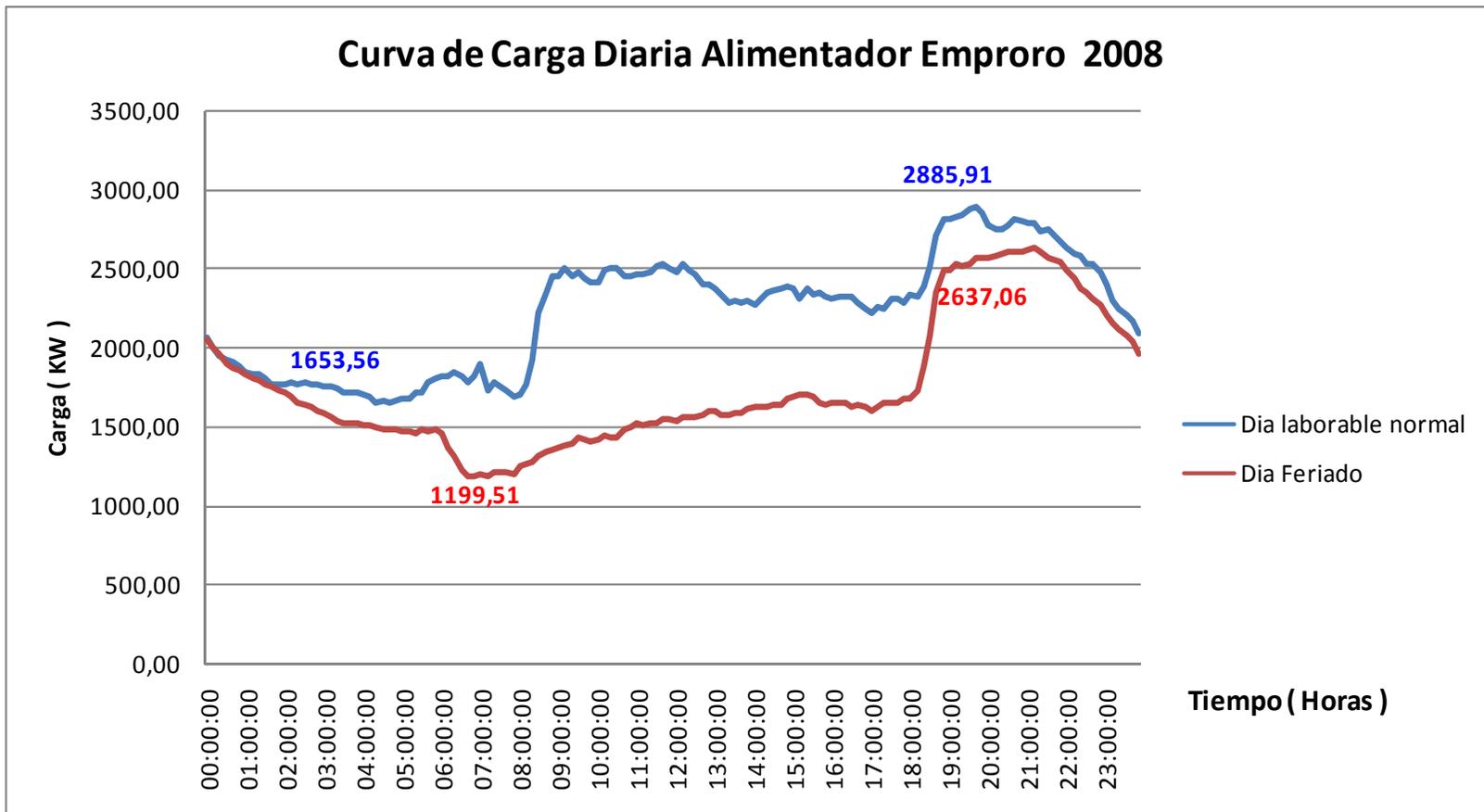


Gráfico 1.17 Comparación de Curvas de Carga de la alimentadora Emproro

La curva diaria característica de la alimentadora Emproro alimenta, a una embotelladora, a la ciudadela las Brisas, las Crucitas, a 11 importadoras de autos, patios de exhibición de autos, otros.

El comportamiento de esta curva nos demuestra que la carga es más comercial debido a la gran cantidad de negocios que prosperan en esta área.

CAPITULO 2

2 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MACHALA

2.1 Calculo de voltaje y análisis de la variación de voltaje en la Subestación Machala

El cálculo de voltaje a lo largo de las alimentadoras ha sido realizado para determinar el nivel de voltaje que el usuario recibe. Estos datos fueron obtenidos del simulador SYNERGEE cargando previamente los datos de las alimentadoras. Además, se obtuvo las corrientes de carga en cada uno de los ramales de las alimentadoras para hacer la coordinación de los equipos de protección.

Según la regulación No 004/01 del CONELEC referente a la calidad del servicio para las empresas distribuidoras, los límites del nivel de voltaje son los siguientes:

| Nivel de Voltaje | Limites |
|-------------------------|----------------|
| Alto Voltaje | +/- 7,0 % |
| Medio Voltaje | +/- 10,0 % |
| Bajo Voltaje Urbano | +/- 10,0 % |
| Bajo Voltaje Rural | +/- 13,0 % |

Tabla 2.1 Limites de regulación de Voltaje del CONELEC.

Cabe indicar que nuestras alimentadoras son consideradas netamente Urbanas.

Primeramente, obtuvimos los voltajes a lo largo de las alimentadoras incluyendo los equipos que actualmente están instalados en las alimentadoras. Luego, con la ayuda del simulador se ubicaron bancos de capacitores en las alimentadoras y se graficaron los voltajes “Con Capacitores”. En los siguientes gráficos se muestran las curvas de voltaje por fase al final de cada alimentador, sin la instalación de bancos de capacitores. También se realizó la curva de voltaje por fase en cada alimentador, instalando bancos de capacitores (Ver Anexos C.1, C.2,C.3,C.4).obtenidos mediante el simulador SynerGEE.

Gráficos de Voltaje “Sin Capacitores”

| Voltaje por Fase al final de cada Alimentador | | | | |
|---|---------------|--------|-----------|---------|
| Fases | Madero Vargas | Unioro | Expreso 2 | Emproro |
| A | 13,58 | 13,70 | 13,39 | 13.49 |
| B | 13,42 | 13,71 | 13,63 | 13.54 |
| C | 13,42 | 13,63 | 13,39 | 13.57 |

Tabla 2.2 Voltaje por fase al final de cada alimentadora

Como se puede observar los valores de los voltajes en las 4 alimentadoras esta dentro del rango permitido por el CONELEC, por lo que no fue necesario instalar más bancos de capacitores.

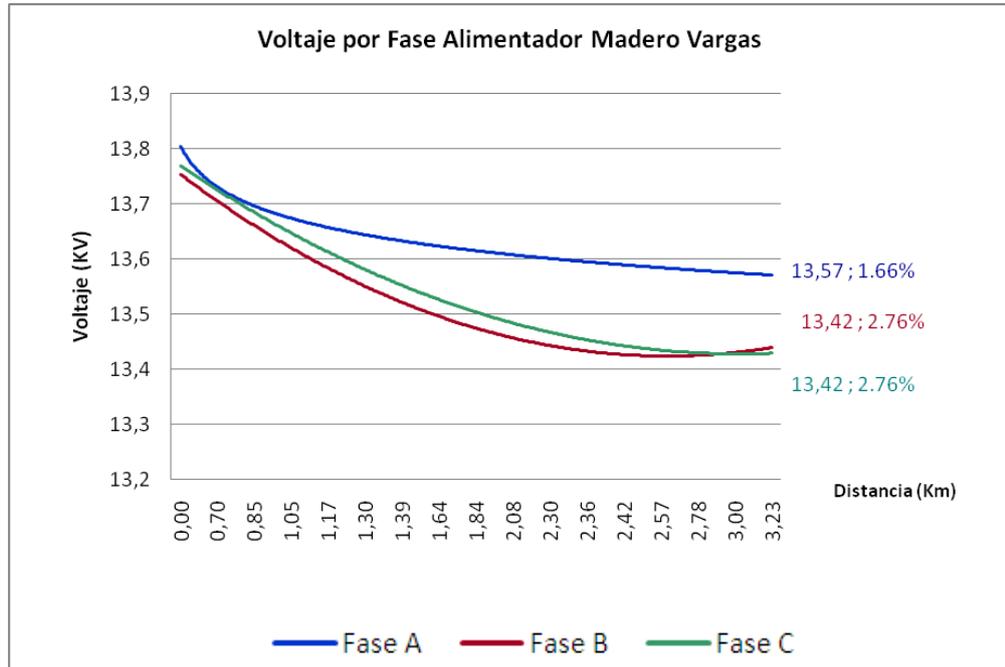


Gráfico 2.1 Voltaje por fase del Alimentador Madero Vargas

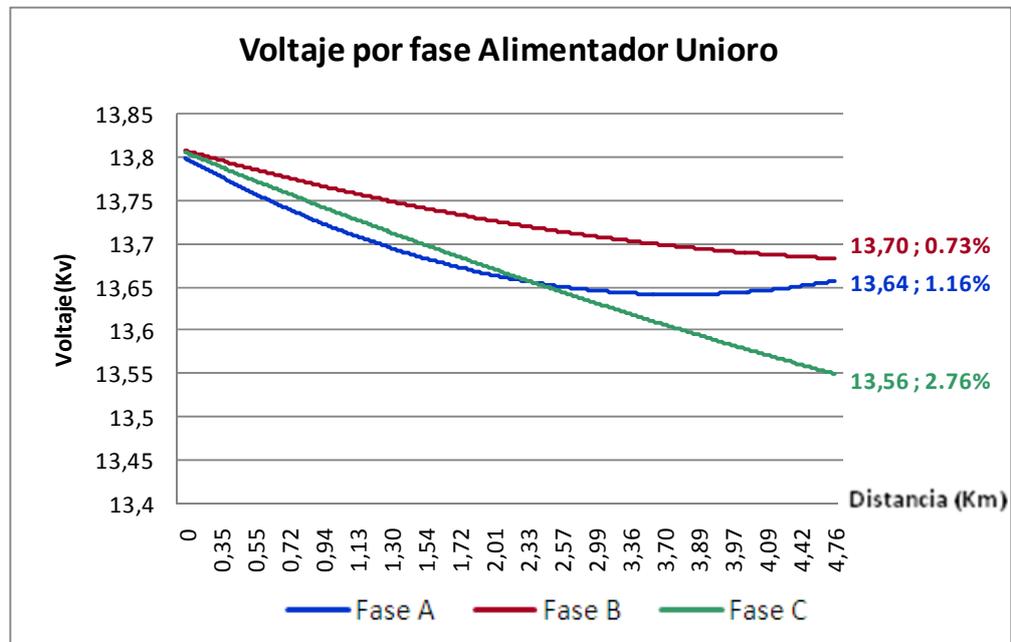


Gráfico 2.2 Voltaje por fase del Alimentador Unioro

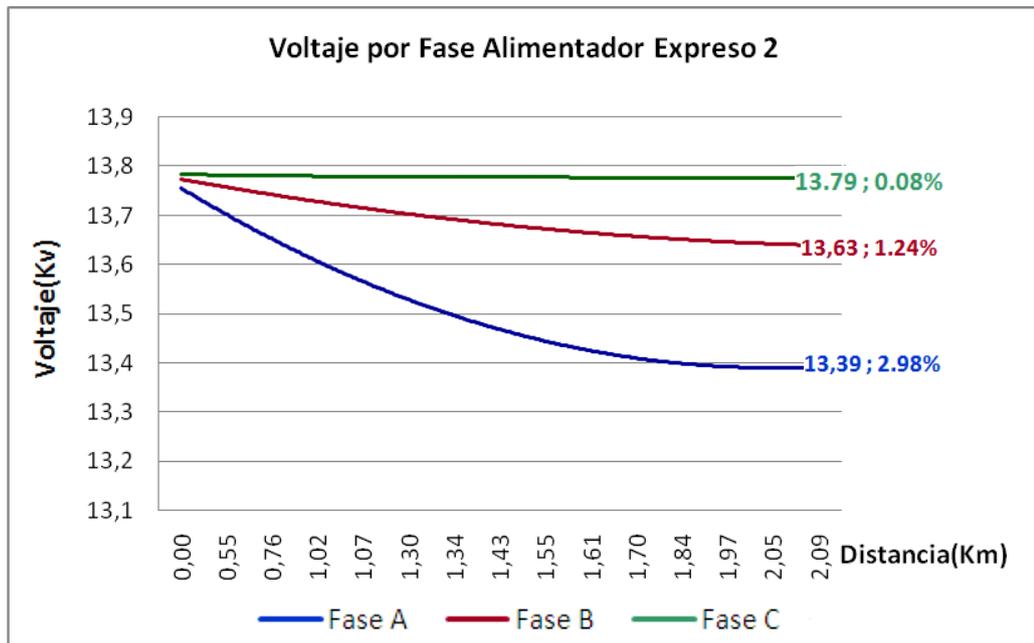


Gráfico 2.3 Voltaje por fase del alimentador Expreso2

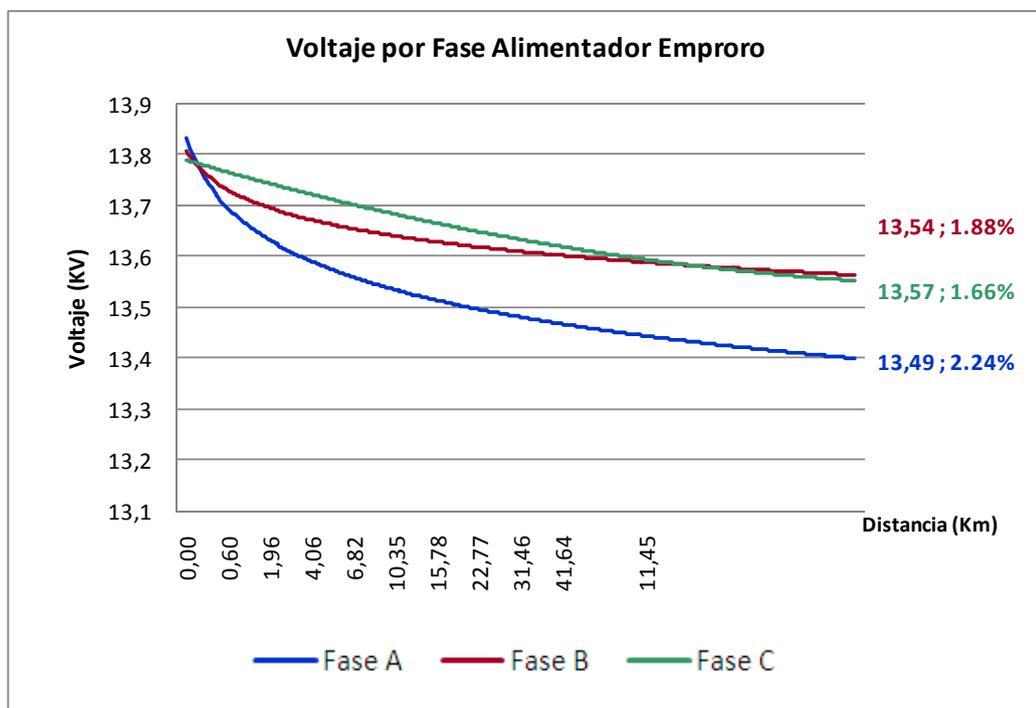


Gráfico 2.4 Voltaje por fase del alimentador Emproro

2.2 Balance en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

2.2.1 Factor de Utilización en las alimentadoras

Cada alimentador de la subestación tiene una capacidad nominal instalada, en que porcentaje está siendo utilizado, es lo que establece el factor de utilización.

El factor de utilización de un sistema es la relación entre la demanda máxima para la capacidad nominal instalada del sistema.

$$FU = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad Nominal}}$$

Fu= Factor de utilización

Para este tipo de estudio se realizó una medición de las corrientes y voltaje de las fases (A, B y C) de cada una de las alimentadoras y se realizó el producto de éstos valores de voltajes (KV) con sus respectivos valores de corrientes (A), de esta manera se obtiene un valor promedio aproximado de la potencia demandada (KVA) en cada alimentador en el periodo de máxima carga.

El resumen del factor de utilización por cada fase de cada alimentadora para la subestación en estudio se muestra en la siguiente tabla:

| | Alimentador Madero Vargas | | | Alimentador Unioro | | |
|---------------------------|---------------------------|---------|---------|--------------------|--------|--------|
| | A | B | C | A | B | C |
| V. Promedio (Kv) | 13,61 | 13,61 | 13,47 | 13,49 | 13,55 | 13,46 |
| I. Promedio. (A) | 184,12 | 163,85 | 172,79 | 44,87 | 51,91 | 45,36 |
| Cap. Nominal (KVA) | 3515,00 | 3692,50 | 4192,50 | 1125,00 | 837,50 | 950,00 |
| F. Utilización (%) | 71,29 | 60,37 | 55,51 | 53,81 | 84,00 | 64,25 |

Tabla 2.3 Factor de Utilización de las alimentadoras (1)

| | Alimentador Expreso 2 | | | Alimentador Emproro | | |
|---------------------------|-----------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | A | B | C | A | B | C |
| V. Promedio (Kv) | 13,61 | 13,60 | 13,47 | 13,74 | 13,74 | 13,60 |
| I. Promedio. (A) | 91,56 | 76,04 | 86,97 | 120,04 | 124,42 | 117,82 |
| Cap. Nominal (KVA) | 2134,74 | 1722,74 | 1503,99 | 4398,98 | 2933,98 | 2576,48 |
| F. Utilización (%) | 58,38 | 60,05 | 77,87 | 37,50 | 58,25 | 62,19 |

Tabla 2.4 Factor de Utilización de las alimentadoras (2)

2.2.2 Balance en las alimentadoras

El costo operativo de un sistema de distribución con carga desequilibrada es mayor en comparación a un sistema de distribución con carga equilibrada. Balancear un sistema de distribución consiste en distribuir adecuadamente las cargas en cada una de las fases del alimentador, con la finalidad de que opere de la manera más balanceada posible y así evitar el incremento de las pérdidas de potencia en el sistema.

La distribución de la carga se la realiza a través de las fases (A, B y C) de cada alimentador de la Subestación Eléctrica Machala.

El estudio de desbalance de corriente de la Subestación Eléctrica Machala se lo hizo para el año 2008.

Tomando en consideración la medición de corrientes en cada barra y en cada fase (A, B y C) de cada alimentadora, se calculó un promedio diario de la magnitud de corriente para cada barra y también la máxima desviación de una de las fases con respecto al promedio de las corrientes.

Para el cálculo mensual de desbalance de corriente, se aplicó la siguiente ecuación:

$$Desbalance = \frac{Max .Desv . - Pr om .}{Pr om .} * 100 \%$$

Max.Desv.= Máxima desviación de una de las tres fases con respecto al promedio de ellas.

Prom.= Promedio de las tres fases.

A continuación se presenta el desbalance mensual para el año en estudio, 2008, para cada una de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala.

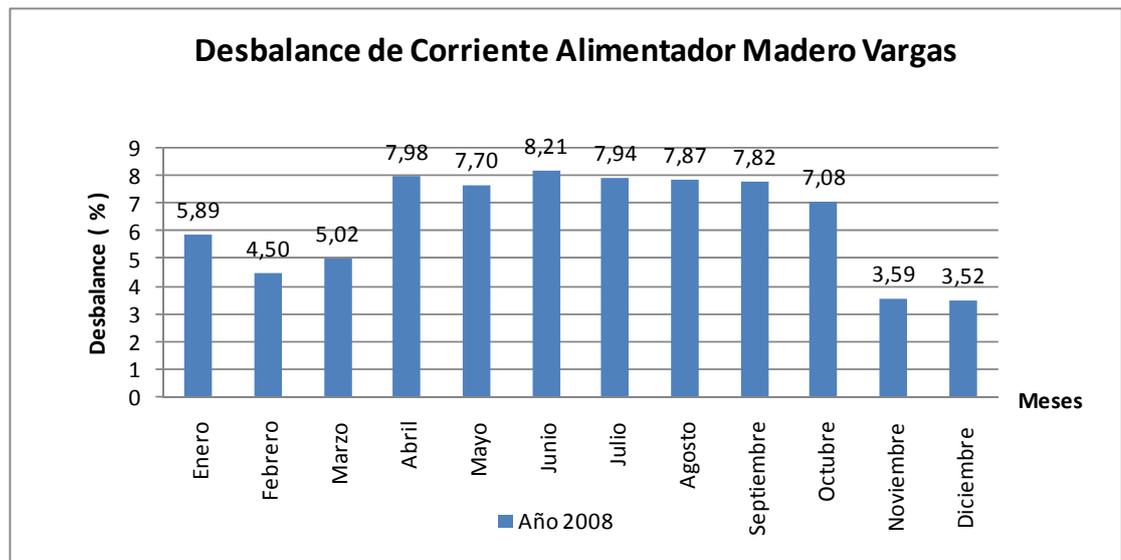


Gráfico 2.5 Desbalance de corriente alimentador Madero Vargas

Como se puede apreciar en el gráfico 2.5 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de junio con un 8.21% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Diciembre con un 3.52%.

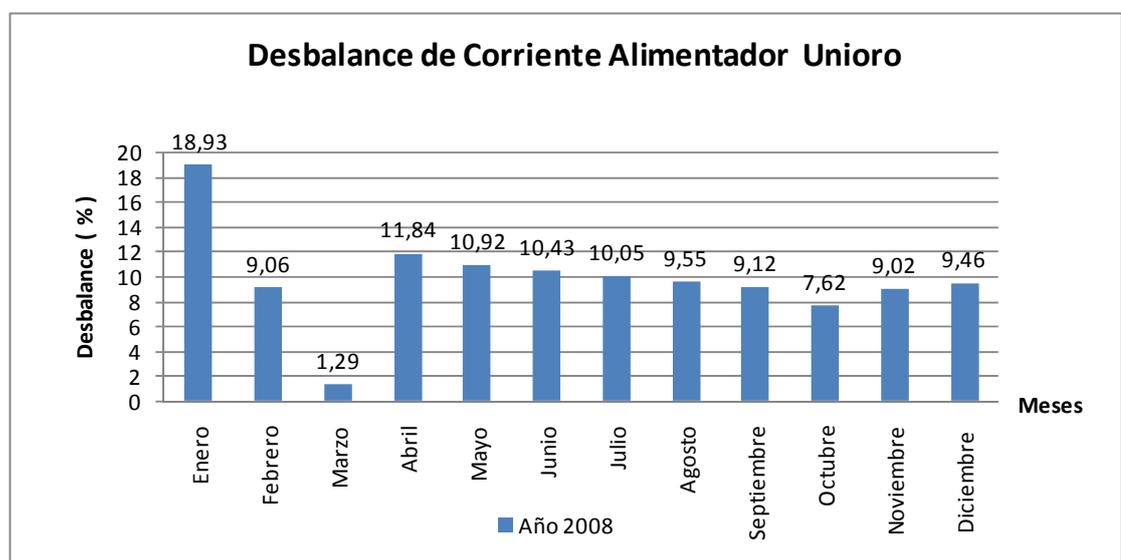


Gráfico 2.6 Desbalance de corriente alimentador Uniro

Como se puede apreciar en el grafico 2.6 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Enero con un 18.93% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Marzo con un 1.29%.

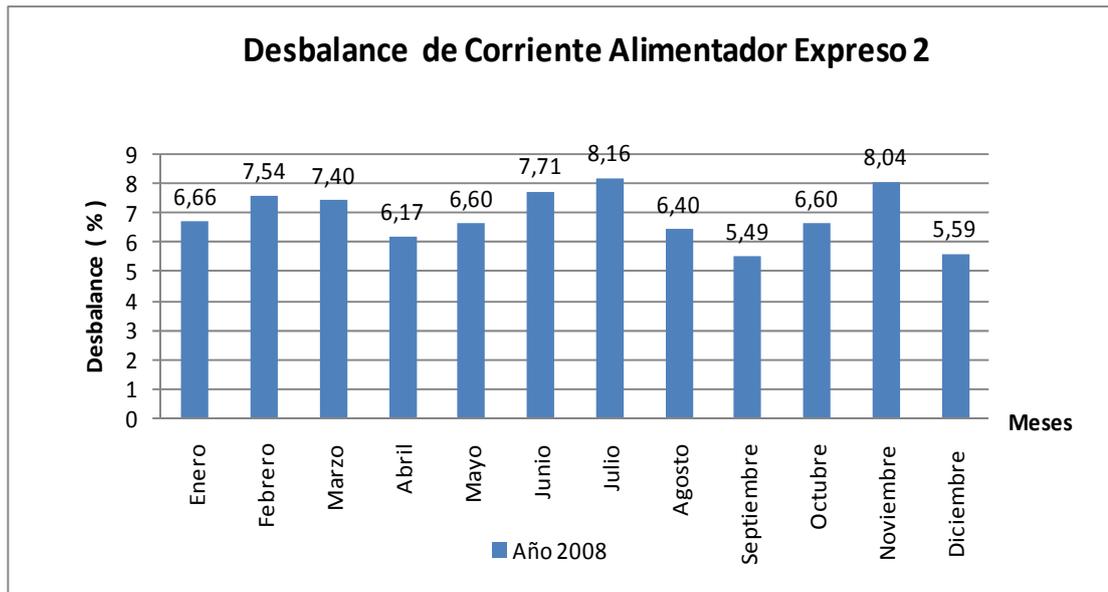


Gráfico 2.7 Desbalance de corriente alimentador Expreso2

Como se puede apreciar en el grafico 2.7 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Julio con un 8.16% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Septiembre con un 5.49%.

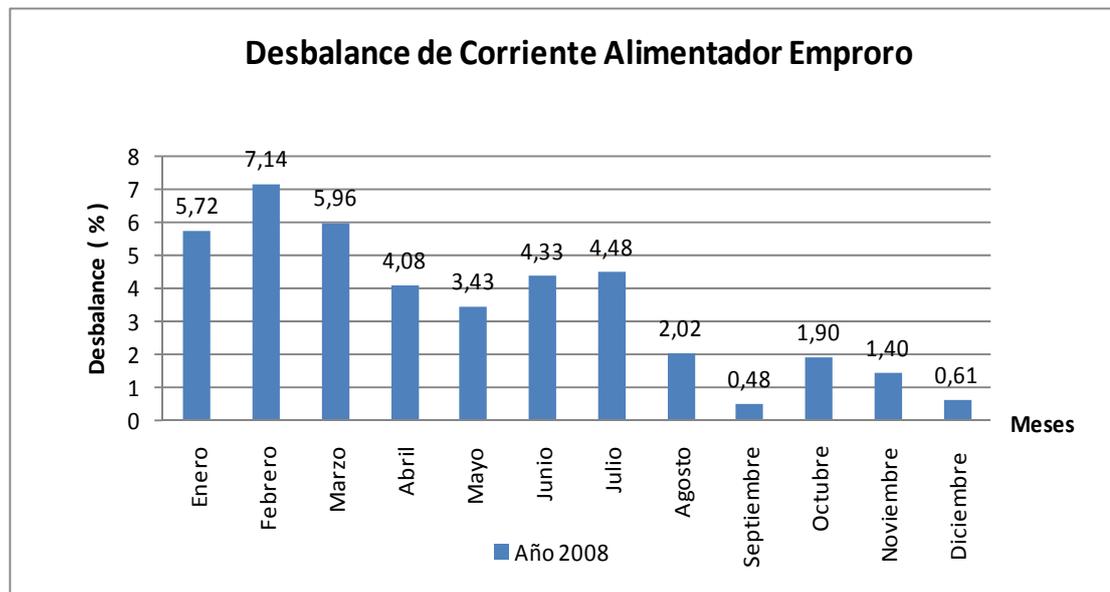


Gráfico 2.8 Desbalance de corriente alimentador Emproro

Como se puede apreciar en el gráfico 2.8 el mayor desbalance de corriente se dio en el mes de Febrero con un 7.14% y el menor desbalance de corriente ocurrió en el mes de Septiembre con un 0.48%.

2.3 SISTEMA DE PROTECCIONES DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MACHALA

2.3.1 Protección de circuitos 69 KV

La protección del circuito que lleva la energía a la barra de 69 KV de la Subestación Machala, es dada por un relé DPU 2000R ubicado en la subestación el Cambio. A la entrada de la subestación Machala no se tiene protección de relé, solamente unas cuchillas de interrupción.

Las líneas salen de la barra de 69KV van a la subestación Los Pinos y Machala Centro las mismas que están protegidos por 2 Relés DPU 2000R ubicados en la subestación Machala.

La protección de todos los circuitos de 69 KV se muestran en la siguiente tabla:

| Tensión (kv) | Circuito | Dispositivo | Protección | Ajuste (A) | I tap | Dial | RTC | Característica |
|--------------|------------------|----------------|------------|------------|-------|------|-------|----------------|
| 69 (Salida) | Los Pinos | Relé DPU 2000R | 51-P | 160 | 0.8 | 1 | 200/1 | Ext. Inversa |
| | | | 51-N | 60 | 0.3 | 1 | | Ext. Inversa |
| | | | 50-P | - | - | - | | - |
| | | | 50-N | - | - | - | | - |
| | Machala Centro | Relé DPU 2000R | 51-P | 120 | 0.6 | 1 | 200/1 | Ext. Inversa |
| | | | 51-N | 60 | 0.3 | 1 | | Ext. Inversa |
| | | | 50-P | - | - | - | | - |
| | | | 50-N | - | - | - | | - |
| 69 (Entrada) | Cambio - Machala | Relé DPU 2000R | 51-P | 320 | 0.8 | 1 | 400/1 | Ext. Inversa |
| | | | 51-N | 120 | 0.3 | 5.8 | | Ext. Inversa |
| | | | 50-P | - | - | - | | - |
| | | | 50-N | - | - | - | | - |

Tabla 2.5 Settings de relés de protección de líneas de 69 KV

Ahora presentamos las curvas obtenidas de los relés de 69 KV.

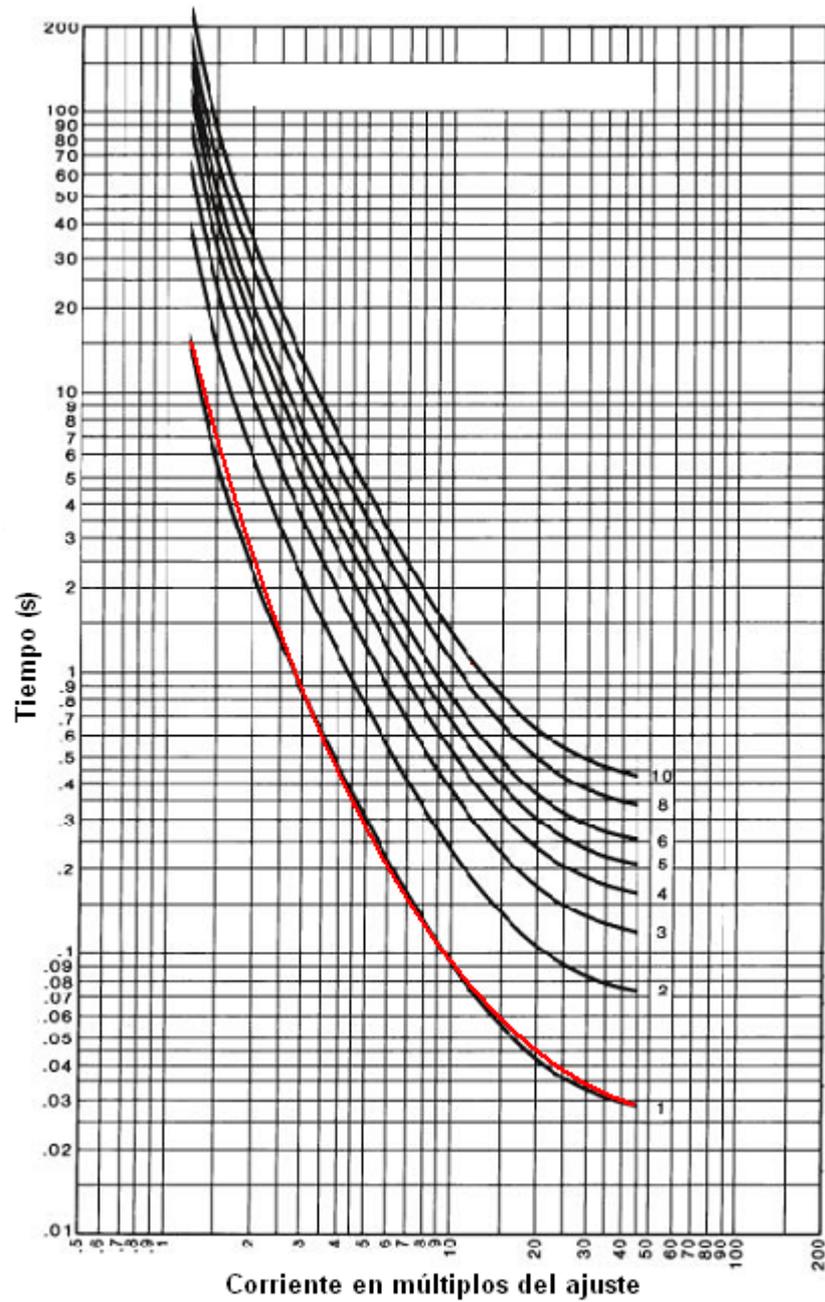


Gráfico 2.9 Curva extremadamente inversa de relés DPU 2000R Entrada de línea de el Cambio (69 KV)

Actualmente las protecciones de las líneas que llegan y salen a la barra de 69 de la subestación Machala son como se muestra a continuación.

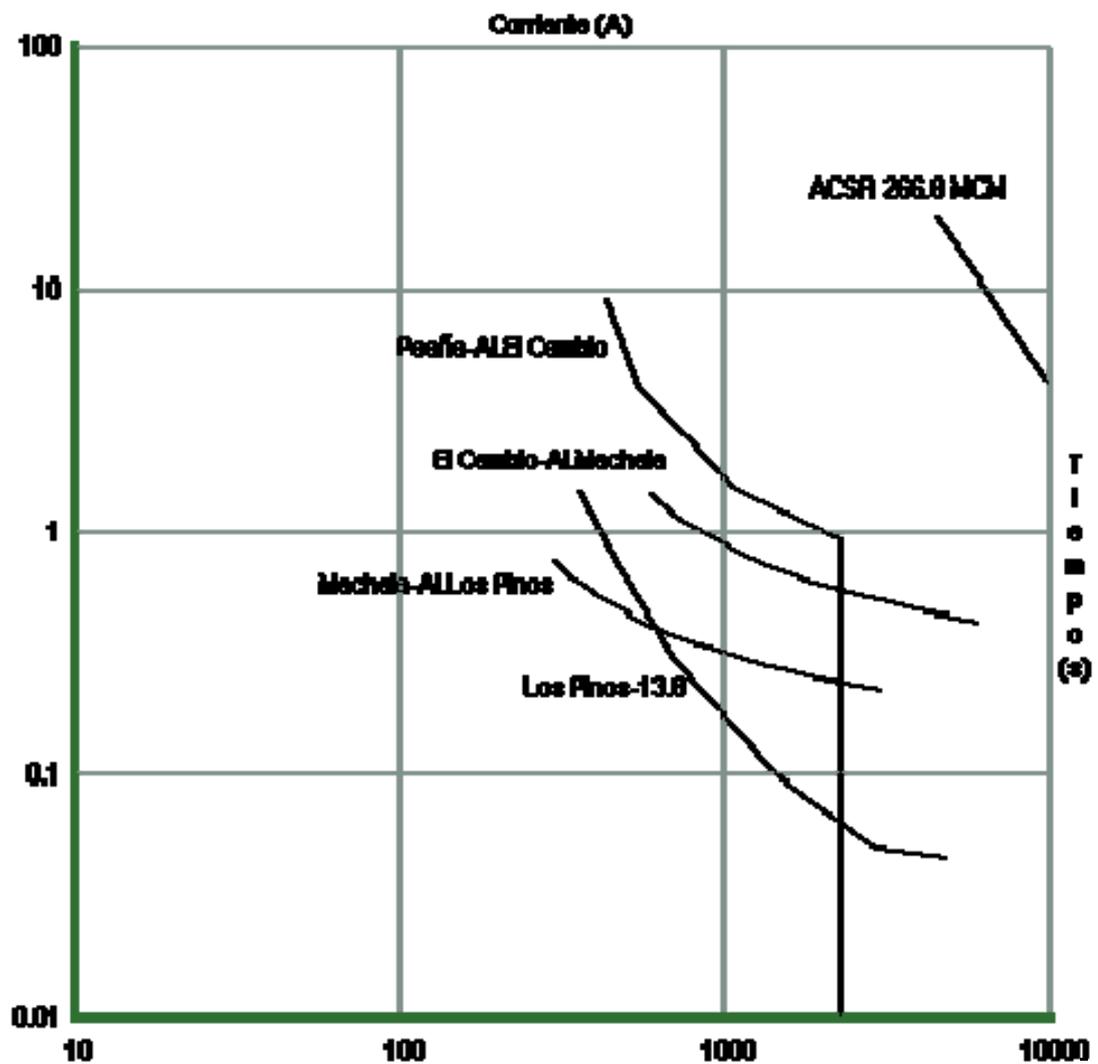


Gráfico 2.10 Coordinación de las líneas en la barra de 69 KV de la Subestación Machala

2.3.2 Protección de los transformadores de la Subestación Eléctrica Machala

Para la protección de el transformador se usa un TPU 2000R que trabaja como un relé de diferencial (87) que abre los interruptores de potencia ubicados a los lados de los transformadores, tanto del lado de 69KV como el de 13.8KV. Además el TPU 2000R también es usado con la función de un relé de Sobre corriente Instantánea (50) y un relé de Sobre corriente Temporizada (51), los cuales abren solo los interruptores de potencia del lado del bobinado secundario (13.8KV).

A continuación presentamos una tabla con el setting del TPU 2000R:

| TENSIÓN (Kv) | TRAFOS | DISPOSITIVO | PROTECCIÓN | AJUSTE (A) | I TAP | DIAL | RTC | CARACTERÍSTICA |
|--------------|-----------------------|---|------------|------------|-------|------|-------|-------------------|
| 69 13.8 | T1 y T2 | Relé de diferencial (87) | 87T-1 | 200 | 2 | - | 100/1 | Percent Slope 30% |
| | | | 87T-2 | 1000 | 4 | - | 250/1 | Percent Slope 30% |
| | | | - | | | - | - | - |
| | | | - | | | - | - | - |
| 13.8 | | Relé de sobre-corriente temporizado (51) e Instantáneo (50) | 51-P | 325 | 1.3 | 1 | 250/1 | Inverso |
| | | | 51-N | 250 | 1 | 1 | | Inverso |
| | | | 50-P | 2500 | 10 | - | | Estándar |
| | | | 50-N | 2500 | 10 | - | | Estándar |

Tabla 2.6 Settings de TPU 2000R del lado de 69 Kv y 13.8 KV

Ahora presentamos las curvas de El dispositivo DPU funcionando como Relé Diferencial (87), Relé de Sobre-corriente Temporizado (51) y Relé Instantáneo (50).

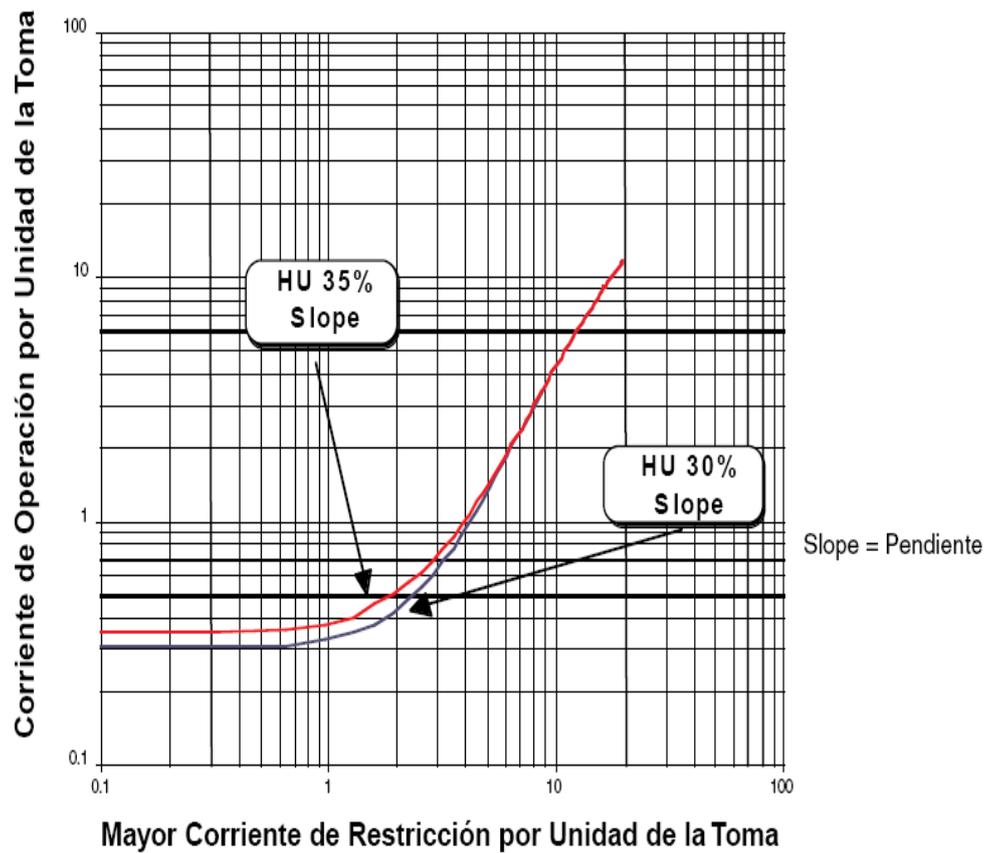


Gráfico 2.11 Curva con ángulo 30° de TPU 2000R funcionando como Relé diferencial

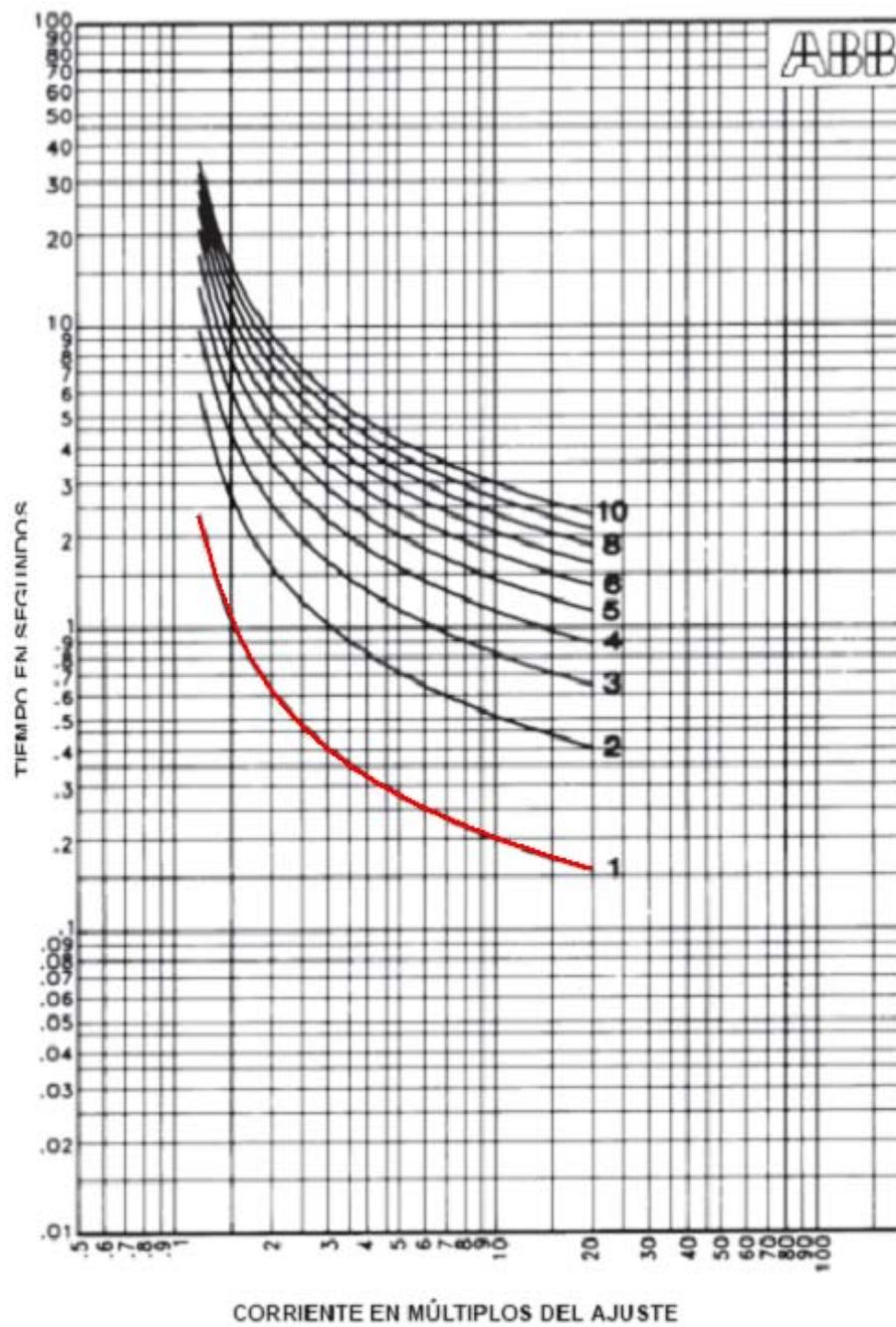


Figura 1-8. Curva Inversa

DWG. NO. 605854 Rev. 0

Gráfico 2.12 Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente temporizado

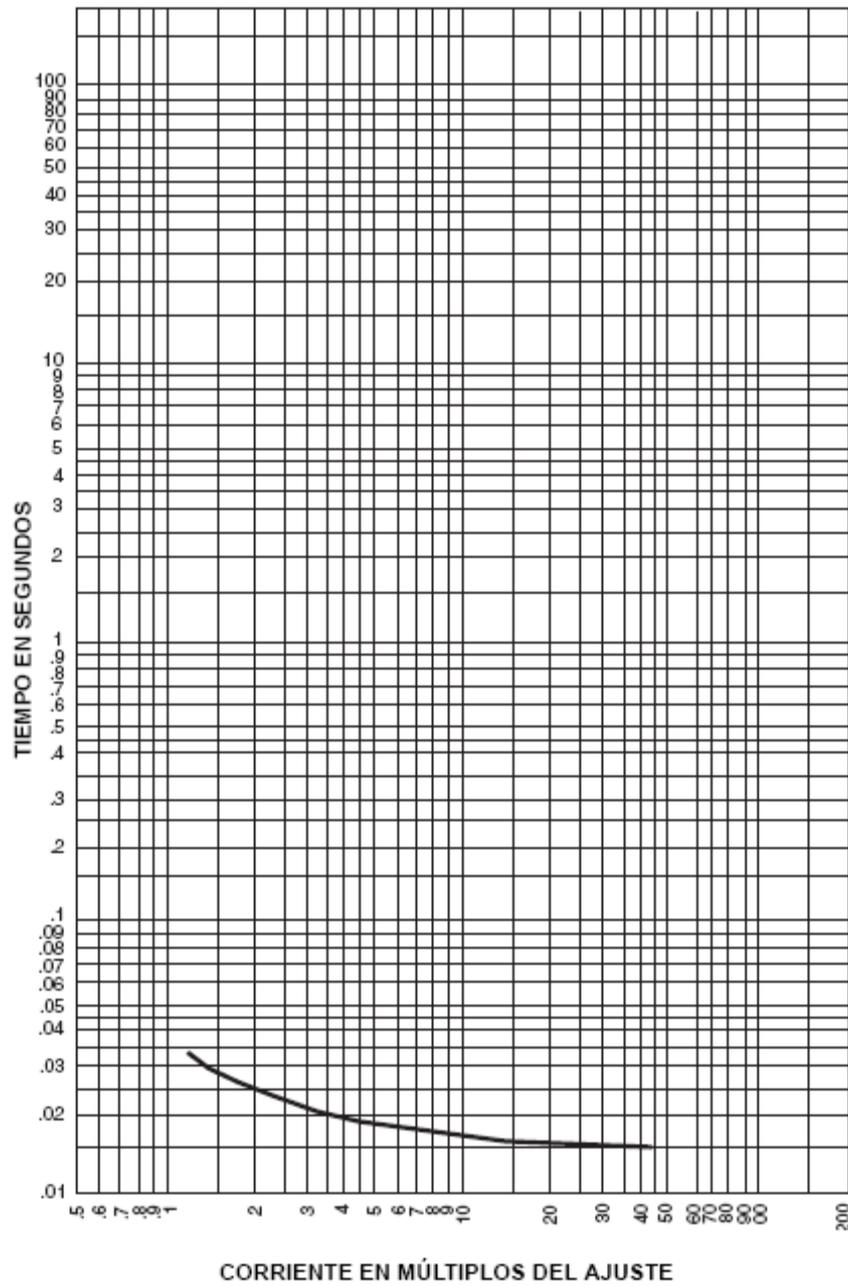


Gráfico 2.13 Curva Inversa de TPU 2000R funcionando como Relé de protección de sobre-corriente Instantáneo

2.3.3 Protección de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

Las alimentadoras Unioro y Madero Vargas, están protegidas por el re-conectador Cooper Vacuum form 5.

La alimentadora Expreso2, está protegida por un reconectador General Electric GEC CDG36EF5A5.

La alimentadora Emproro, está protegida por un Relé ABB de la serie OVR 3 setteado trifásicamente y no individualmente por fase.

| TENSIÓN (Kv) | CIRCUITO | DISPOSITIVO | PROTECCIÓN | AJUSTE (A) | TAP | I DIAL | RTC | CARACTERÍSTICA |
|--------------|-------------------------|----------------------------|------------|------------|-----|--------|-------------|-----------------------------|
| 13.8 | Uniro | Reconectador Cooper form 5 | 51-P | 240 | - | 0.7 | 300/1 | Curva A en operación rápida |
| | | | 51-N | 80 | - | 0.8 | | |
| | | | - | - | - | - | | |
| | | | - | - | - | - | | |
| | Madero Vargas | Reconectador Cooper form 5 | 51-P | 240 | - | 0.7 | 300/1 | Curva A en operación rápida |
| | | | 51-N | 80 | - | 0.8 | | |
| | | | - | - | - | - | | |
| | | | - | - | - | - | | |
| | Expreso 2 | Relé GEC CDG36EF5A5 | 51-P | 200 | 1 | 0.5 | 300/1 | Inversa |
| | | | 51-N | 50 | 0.5 | 0.5 | | Inversa |
| | | | - | - | - | - | | - |
| | | | - | - | - | - | | - |
| Emproro | ABB (OVR3) Reconectador | 51-P | 250 | - | 1 | 300/1 | Muy Inversa | |
| | | 51-N | 100 | - | 1 | | | |
| | | - | - | - | - | | | |
| | | - | - | - | - | | | |

Tabla 2.7 Settings de los relés de protección de las alimentadoras

Ahora presentamos las curvas de cada uno de los relés de las alimentadoras.

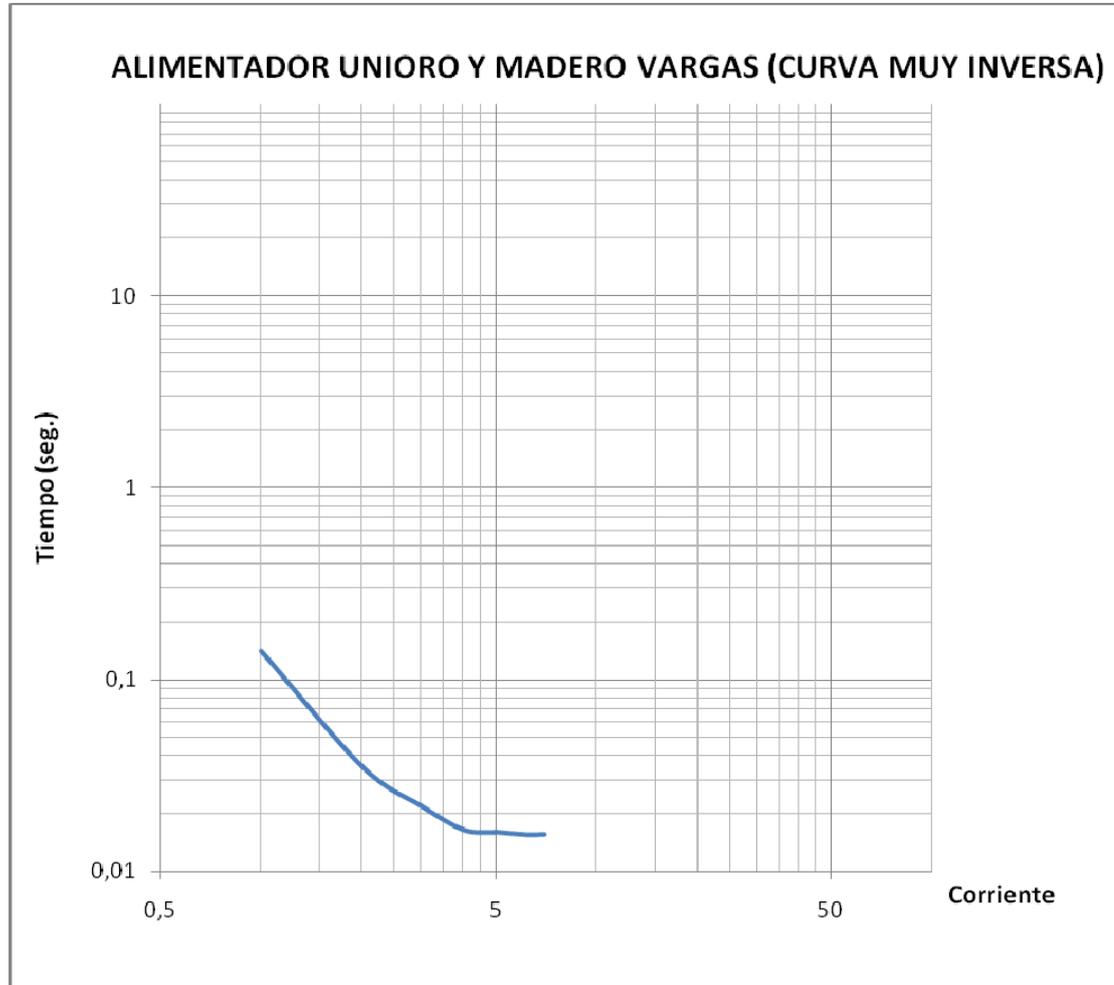


Gráfico 2.14 Curva muy Inversa de los reconectores Cooper de las Alimentadoras Unioro y Madero Vargas

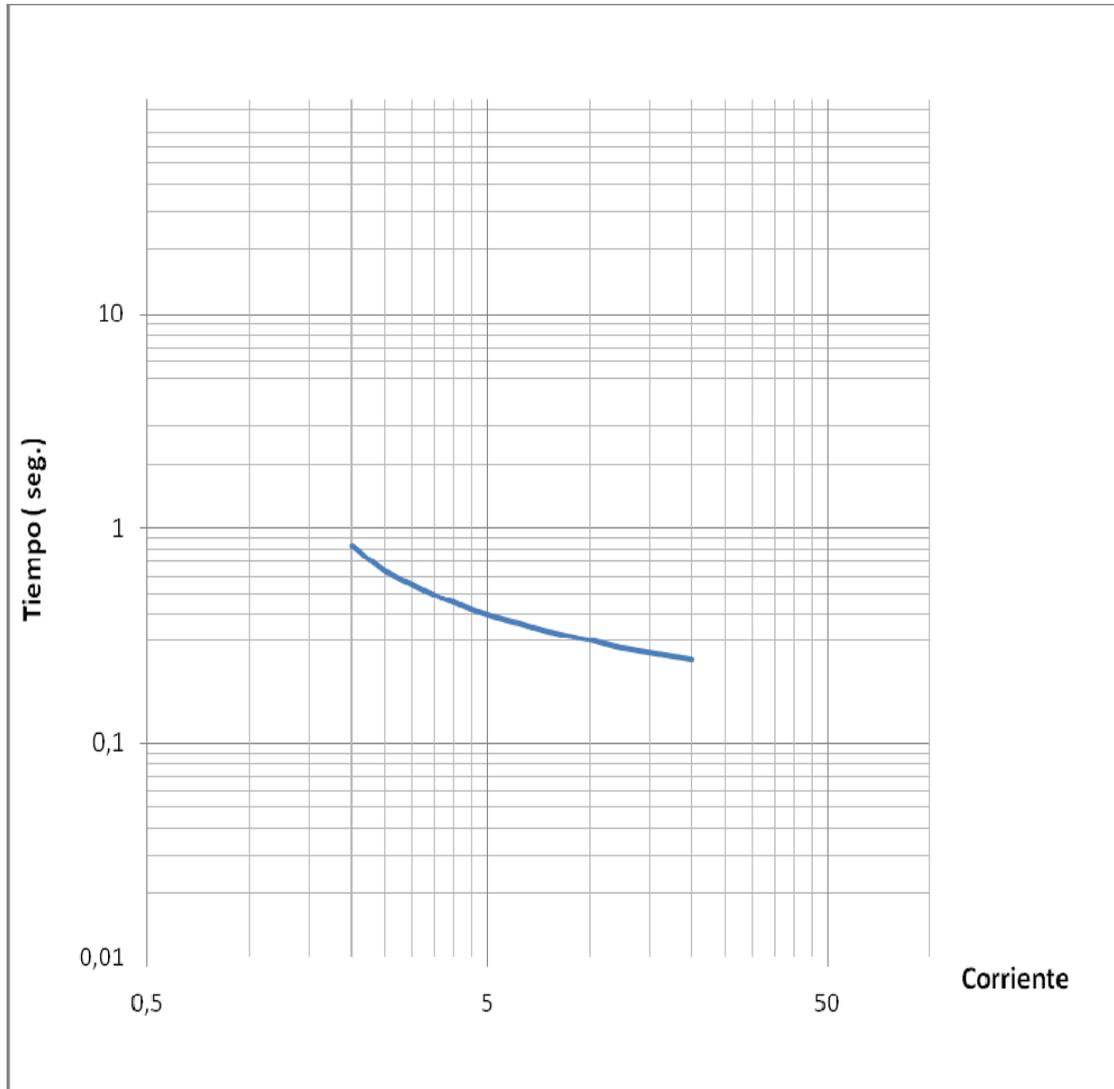


Gráfico 2.15 Curva Inversa del reconnector GE, del Alimentador Expreso2

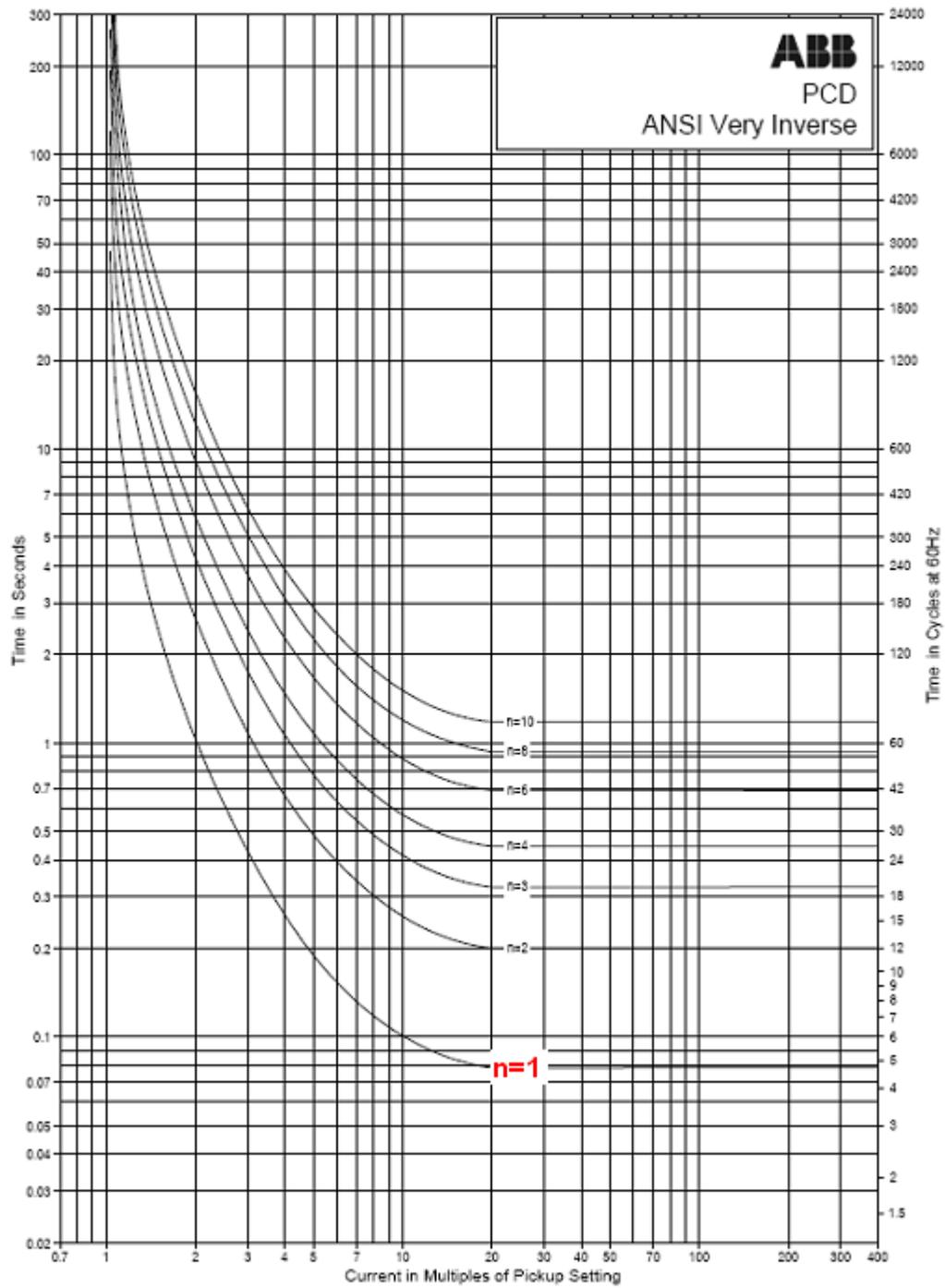


Gráfico 2.16 Curva Muy Inversa del reconector ABB OVR 3 del Alimentador Emproro

A lo largo de las alimentadoras y como protección de los transformadores convencionales es usado protección de fusible tipo k. Las capacidades de interrupción de los tira fusibles escogidos son de acuerdo al criterio y experiencia del ingeniero, así como la capacidad del transformador y carga del ramal al que se protege.

Comúnmente la capacidad de los elementos portafusiles es de 15 KV.

Como se mencionó antes no existe una coordinación en las protecciones a lo largo de las alimentadoras lo que no nos asegura una protección adecuada para los circuitos.

2.4 Información estadística de las interrupciones en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

Para clasificar las interrupciones nos hemos basados en la regulación del CONELEC 004-01, que trata sobre la Calidad de Servicio Técnico. Para nuestro estudio hemos tomado en cuenta las interrupciones mayores a 3 minutos.

A continuación se muestra la información estadística de las interrupciones ocurridas en la Subestación Machala tomando en cuenta únicamente las fallas en las alimentadoras para los años 2007 y 2008. El registro de las interrupciones de cada alimentador se muestra en los Anexos E, E1, E2, E3.

| Alimentadoras | | | | | |
|----------------------|------------------|---------------|------------------|----------------|--------------|
| Año | M. Vargas | Unioro | Expreso 2 | Emproro | Total |
| 2007 | 5 | 9 | 2 | 10 | 26 |
| 2008 | 14 | 5 | 5 | 7 | 31 |

Tabla 2.8 Número de Interrupciones (solo alimentadoras)

Como se puede apreciar en la tabla 2.8, las alimentadora con mayor número de fallas en el año 2007 y 2008 son: Emproro con 10 interrupciones y M. Vargas con 14 interrupciones respectivamente. Estas alimentadoras son las más extensa y por ende más propensas a fallar. También podemos observar que las alimentadoras con menores interrupciones han sido Expreso2 con 2 interrupciones en el 2007 y Unioro junto con Expreso2 con 5 interrupciones en el 2008. Estas alimentadoras son las más cortas y por ende menos propensas a fallar.

A continuación mostramos gráficamente el número de interrupciones solo por fallas de las alimentadoras.

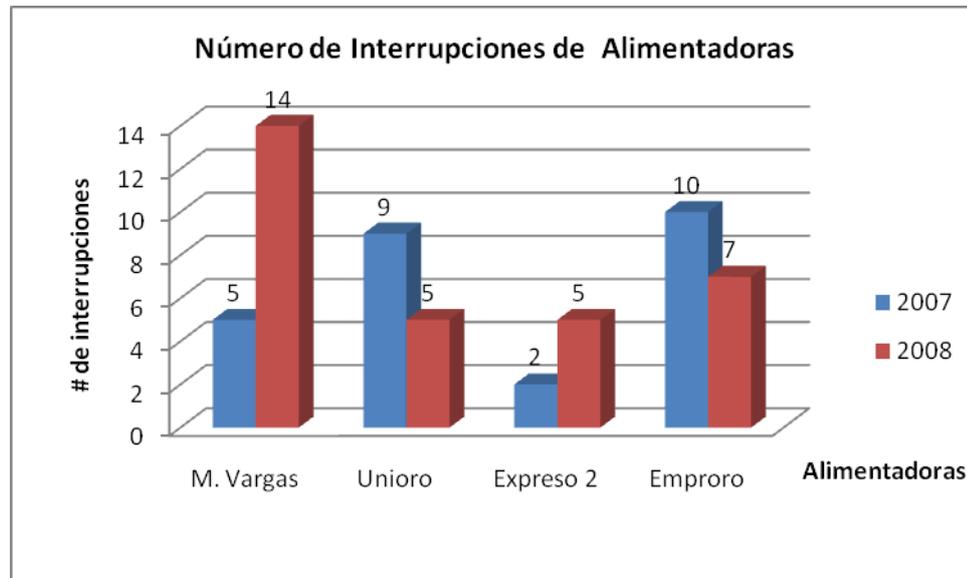


Gráfico 2.17 Número de Interrupciones por alimentadora

A continuación se muestra la información estadística de las interrupciones ocurridas en la Subestación Machala, tomando en cuenta las fallas en las alimentadoras y las fallas en los transformadores de distribución para los años 2007 y 2008.

| Alimentadoras | | | | | |
|---------------|-----------|--------|-----------|---------|-------|
| Año | M. Vargas | Unioro | Expreso 2 | Emproro | Total |
| 2007 | 19 | 20 | 3 | 22 | 64 |
| 2008 | 72 | 33 | 16 | 45 | 166 |

Tabla 2.9 Numero de Interrupciones (alimentadoras y transformadores)

Al tomar en cuenta las fallas ocasionadas por las alimentadoras y los transformadores de distribución se muestra que Emproro tiene el mayor número de interrupciones en el 2007 y M. Vargas en el 2008.

El menor número de interrupciones en los años 2007 y el 2008 son para expreso 2 con 3 y 16 interrupciones respectivamente.

En el siguiente grafico mostramos el número de interrupciones provocadas por transformadores de distribución y alimentadoras.

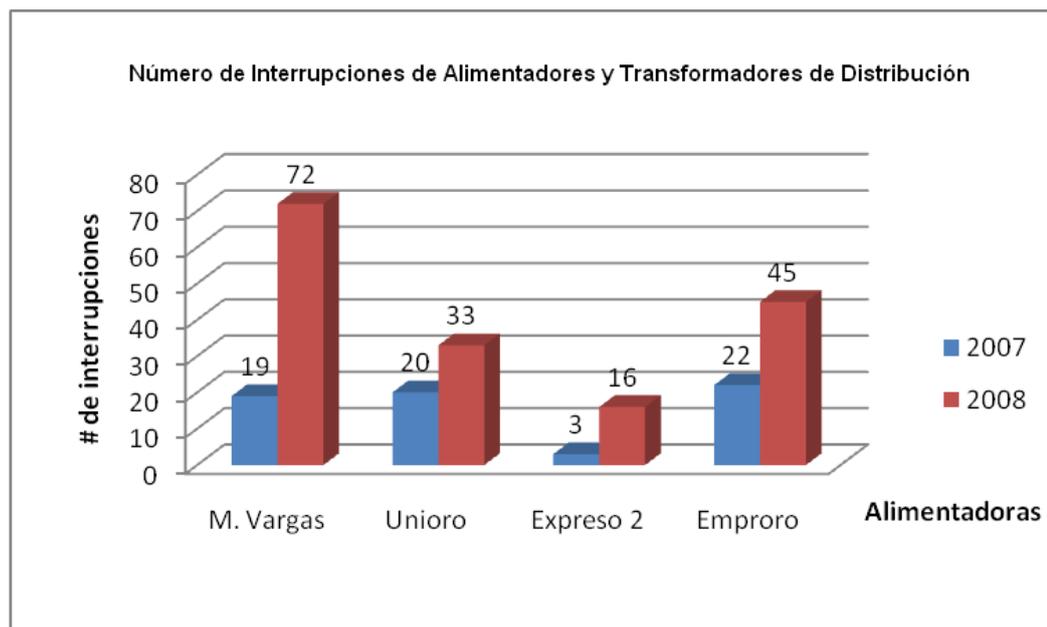


Gráfico 2.18 Numero de Interrupciones de Alimentador y Transformadores de distribución.

Luego de incluir la información de las fallas de los transformadores de distribución, se puede notar el incremento sustancial en el número de

interrupciones por año. Comparando el número de interrupciones para los años 2007 y 2008, tenemos lo siguiente:

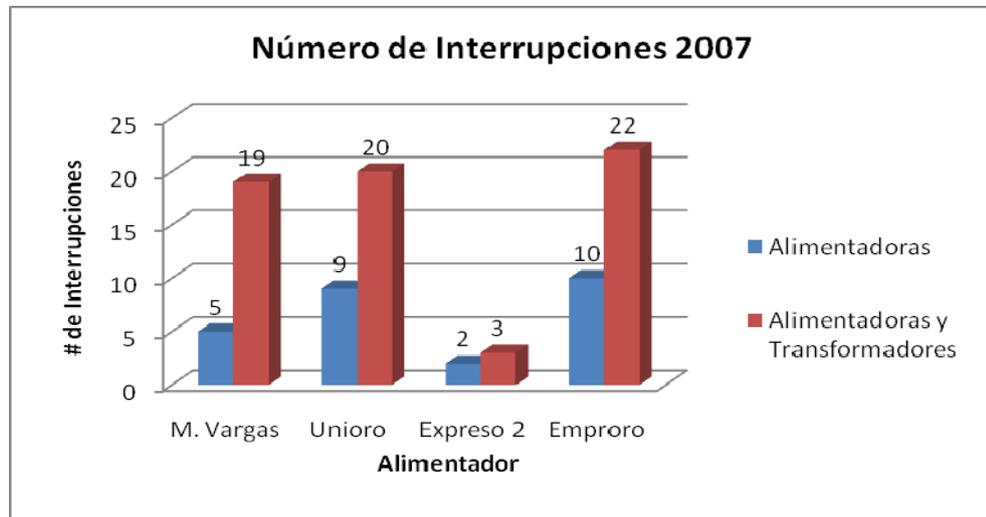


Gráfico 2.19 Numero de Interrupciones 2007 (alimentadoras y transformadores de distribución)

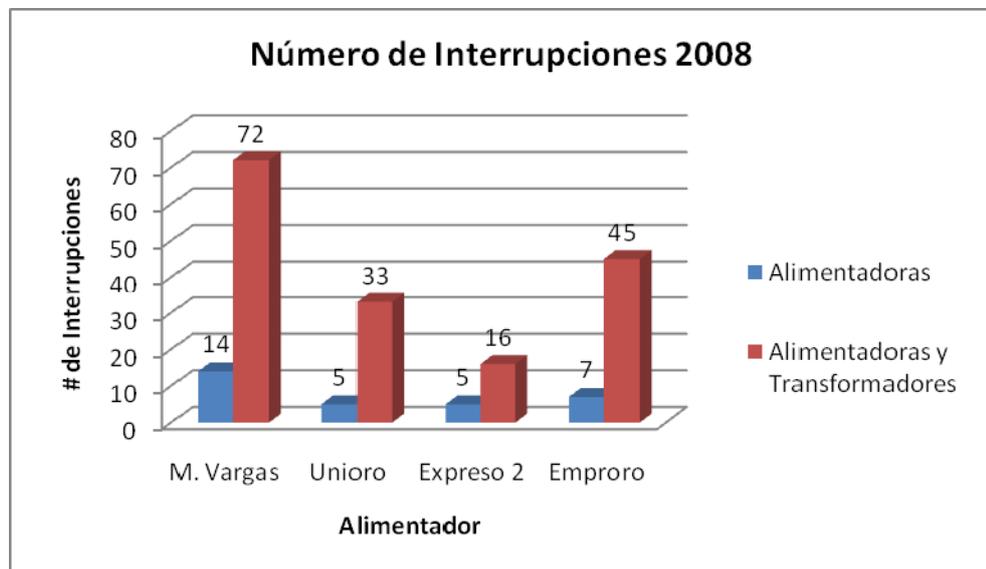


Gráfico 2.20 Numero de Interrupciones 2008 (alimentadoras y transformadores de distribución)

Comparando ahora el número de interrupciones entre cada una de las alimentadoras, tenemos:



Gráfico 2.21 Número de Interrupciones por Año Alimentadoras

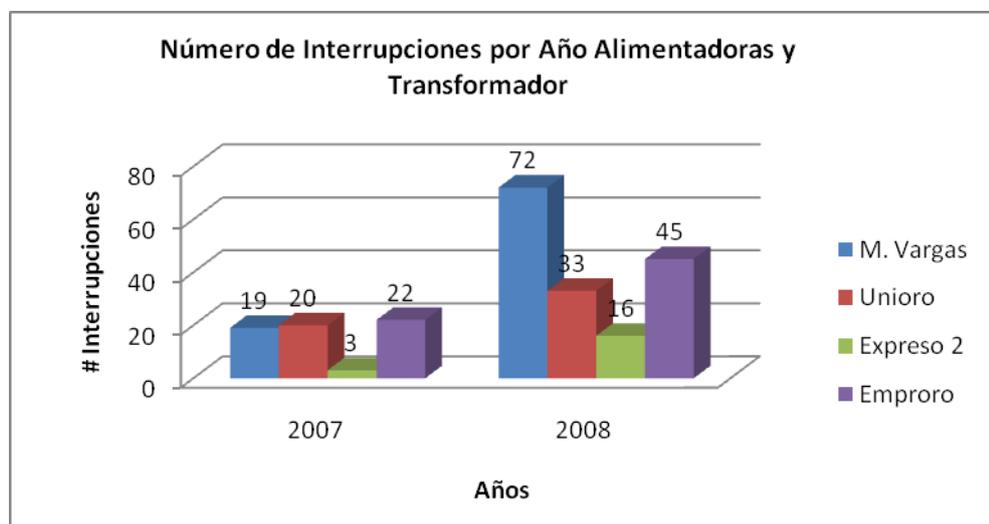


Gráfico 2.22 Número de Interrupciones por año (alimentadoras y transformadores de distribución)

2.5 Evaluación de la confiabilidad en el sistema de distribución

2.5.1 Cálculo de parámetros de diseño del sistema

Para empezar la evaluación de la confiabilidad de los sistemas de distribución es necesario realizar los cálculos de los parámetros que nos ayudaran en nuestros cálculos.

Tasa de Falla de un componente

Se define como:

$$\lambda = \frac{m}{n * T}$$

λ = La tasa de falla estimada.

m = Número de fallas.

n = Número de unidades expuestas a la falla (población).

T = Periodo de tiempo que las unidades fueron expuestas a la falla

Indisponibilidad de un componente

Se define como:

$$\mu = \lambda * r$$

μ = Indisponibilidad del componente

λ = La tasa de falla estimada.

r = Tiempo medio de reparación

El valor de λ para los transformadores de distribución para todas las alimentadoras de la subestación Machala es 0,130 (fallas por año) con un U (tiempo de reparación) de 0,180 horas.

Factor de escala de la tasa de falla de un componente con longitud

Se define como:

$$b = \frac{m}{n * T}$$

b = Factor de escala de la tasa de falla (falla/Km año).

m = Número de fallas observadas.

n = Longitud total del componente expuesto a la falla.

T = Tiempo de la prueba.

Tasa de Falla de un componente con longitud

Se define como:

$$\lambda = b * L$$

λ = La tasa de falla estimada (falla/año).

b = Factor de escala de la tasa de falla.

L = Longitud de la alimentadora o un segmento de ella.

Finalmente las tasas de falla, tiempo medio de reparación y duración de las interrupciones son:

| Alimentadoras | Troncal Principal | | Ramal Monofásico | |
|----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Tasa de Falla λ | Tiempo Medio de Reparación | Tasa de Falla λ | Tiempo Medio de Reparación |
| | (falla/Km-año) | (horas) | (falla/Km-año) | (horas) |
| Madero Vargas | 0,425 | 0,769 | 0,131 | 1,38 |
| Unioro | 0,42 | 1,593 | 0,13 | 1,38 |
| Expreso2 | 0,42 | 0,353 | 0,13 | 1,38 |
| Emproro | 0,152 | 1,159 | 0,13 | 1,38 |

Tabla 2.10 Tasa de falla y tiempo de restauración

| Alimentadoras | Duración de interrupciones (horas) |
|----------------------|------------------------------------|
| Madero Vargas | 10,767 |
| Unioro | 7,97 |
| Expreso2 | 1,76 |
| Emproro | 8,12 |

Tabla 2.11 Duración de las interrupciones

2.5.2 Índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía

Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (SAIFI)

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

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i * N_i}{\sum N_i}$$

λ_i = Tasa de falla en el punto de carga i .

N_i = Número de consumidores en el punto de carga i .

Índice de la Duración Interrupción Promedio del Sistema (SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\sum \text{De los Pr oductos de la duración de la int errup } * \# \text{consumidor es int p}}{\text{Número Total de Consumidor es}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_i N_i}{\sum N_i}$$

μ_i = Indisponibilidad en el punto de carga i .

N_i = Número de consumidores en el punto de carga i .

Índice de la Duración de la Interrupción Promedio de Consumidor (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{\text{Suma de los Productos de la Duración de la Interrupción} \times \# \text{ de consumidor interrumpido}}{\text{Número Total de Consumidores interrumpidos}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum \mu_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

λ_i = Tasa de falla en el punto de carga i .

μ_i = Indisponibilidad en el punto de carga i .

N_i = Número de consumidores en el punto de carga i .

Índice de la Disponibilidad Promedio de Servicio (ASAI)

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

$$ASAI = \frac{\sum N_i * 8760 - \sum \mu_i * N_i}{\sum N_i * 8760}$$

μ_i = Indisponibilidad en el punto de carga i .

N_i = Número de consumidores en el punto de carga i .

Índice de Indisponibilidad Promedio del Servicio (ASUI)

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

Índice o Indicador de la Confiabilidad orientados a la energía**Índice de Energía total no suplida (ENS)**

$$ENS = \sum Lai * Ui$$

Lai = Carga promedio conectada al punto de carga i.

Ui = Indisponibilidad del sistema en el punto i.

2.5.3 Cálculos de índices orientados al consumidor y a la energía

Alimentador Madero Vargas

| Punto de Carga | No. de consumidores (Ne) |
|----------------|--------------------------|
| A | 79 |
| B | 105 |
| C | 26 |
| E | 437 |
| I | 89 |
| J | 263 |
| K | 26 |
| L | 524 |
| MB | 219 |
| N | 167 |
| O | 248 |
| P | 227 |
| Q | 336 |
| S | 78 |
| T | 296 |
| U | 92 |
| V | 242 |
| W | 211 |
| X | 252 |
| Y | 178 |
| Z | 277 |
| ZT | 707 |
| Total | 5079 |

Tabla 2.12 Número de Consumidores por punto de Carga alimentadora Madero Vargas

Se puede ver en la tabla 2.12 la concentración de abonador por ramales de una de las alimentadoras mas largas de la subestación Machala llamada Madero Vargas, con un total de 5079 consumidores. (Ver Anexo H)

De los datos de el numero de abonados y teniendo los valores de λ , U y r se pueden sacar los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía para el Alimentador Madero Vargas, que presentamos a continuación en estas tablas. En el Anexo H1 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

| Índices | | |
|--------------|---------------|-------------------|
| SAIFI | 4,0933547 | Int./Cons.-año |
| SAIDI | 7,5041885 | Hrs/cons.-año |
| CAIDI | 1,8332613 | Hrs./cons.-inter. |
| ASAI | 0,9991434 | - |
| ASUI | 0,0008566 | - |
| ENS | 36590,4864719 | Kwh/año |

Tabla 2.13 Índices de Confiabilidad de alimentador Madero Vargas

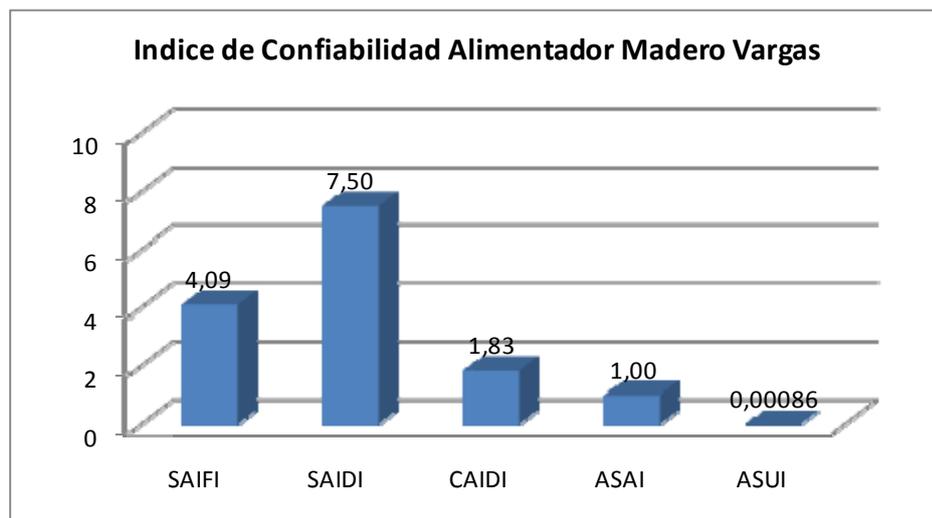


Gráfico 2.23 Índices de Confiabilidad alimentador Madero Vargas

Alimentador Unioro

| Punto de Carga | No. de consumidores (Ne) |
|----------------|--------------------------|
| A | 105 |
| B | 63 |
| C | 39 |
| D | 39 |
| E | 158 |
| F | 500 |
| G | 26 |
| H | 329 |
| I | 145 |
| J | 145 |
| K | 129 |
| L | 264 |
| M | 247 |
| N1 | 234 |
| N2 | 250 |
| N3 | 197 |
| Total | 2872 |

Tabla 2.14 Número de Consumidores Unioro

En la tabla 2.14 se presenta el número de abonados por ramales de la alimentadora Unioro con un total de total de 2872 abonados. (Ver Anexo H2)

Ahora presentamos los datos de los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía a partir de los datos antes mostrados, para la alimentadora Unioro. En el Anexo H3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

| Índices | | |
|--------------|--------------|-------------------|
| SAIFI | 3,1613907 | Int./cons.-año |
| SAIDI | 3,3479550 | Hrs/cons.-año |
| CAIDI | 1,0590134 | Hrs./cons.-inter. |
| ASAI | 0,9996178 | - |
| ASUI | 0,0003822 | - |
| ENS | 9038,9896225 | Kwh/año |

Tabla 2.15 Índices de Confiabilidad de alimentador Unioro

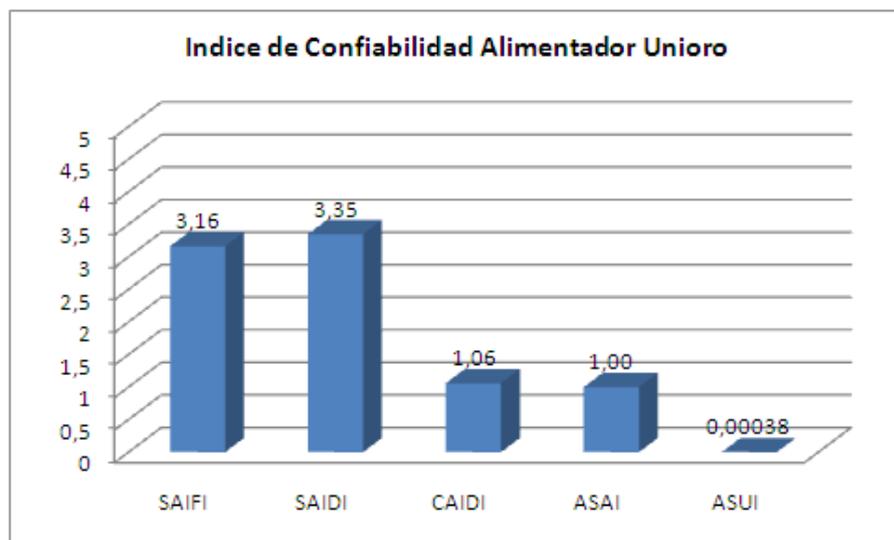


Gráfico 2.24 Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro

Alimentador Expreso 2

| Punto de Carga | No. de consumidores (Ne) |
|----------------|--------------------------|
| A | 92 |
| B | 105 |
| C | 92 |
| D | 466 |
| E | 250 |
| F | 66 |
| Total | 1071 |

Tabla 2.16 Numero de Consumidores Expreso2

Expreso2 es una de las más pequeñas alimentadoras con tan solo 1071 abonados. Al igual que en las alimentadoras anteriores, en la tabla 2.16 se muestran los abonados por ramal. (Ver Anexo H4)

A continuación se presentan los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía de la alimentadora Expreso2. En el Anexo H5 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

| Índices | | |
|--------------|--------------|-------------------|
| SAIFI | 2,0364984 | Int./Cons.-año |
| SAIDI | 1,9495605 | Hrs/cons.-año |
| CAIDI | 0,9573101 | Hrs./cons.-inter. |
| ASAI | 0,9997774 | - |
| ASUI | 0,0002226 | - |
| ENS | 2237,1207151 | Kwh/año |

2.17 Índices de Confiabilidad de alimentador Expreso2

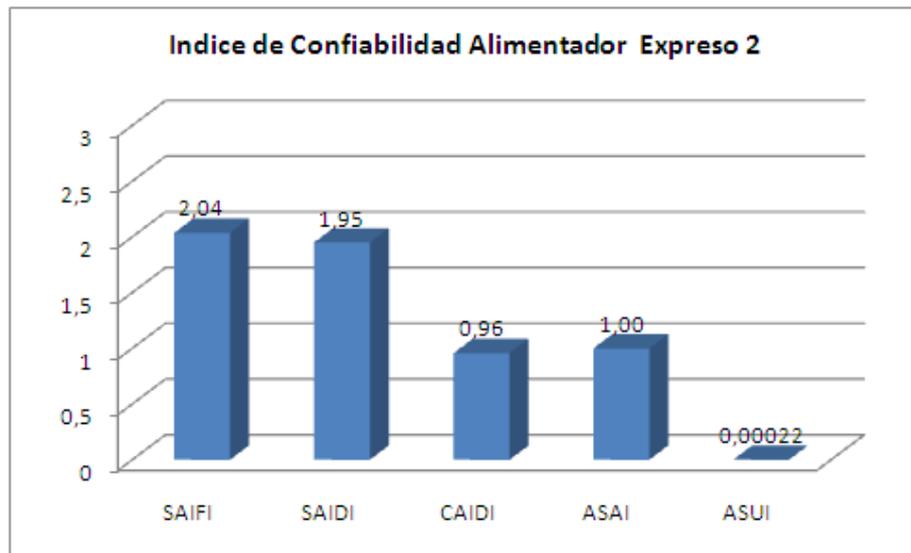


Gráfico 2.25 Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso2

Alimentador Emproro

| Punto de Carga | No. de consumidores (Ne) |
|----------------|--------------------------|
| A | 158 |
| B | 53 |
| C | 79 |
| D | 8 |
| F | 1 |
| E | 43 |
| G | 13 |
| H | 3 |
| I | 440 |
| J | 167 |
| K | 548 |
| L | 2 |
| M | 79 |
| N | 250 |
| O | 39 |
| P | 43 |
| Q | 16 |
| R | 1 |
| S | 185 |
| T | 42 |
| U | 75 |
| V | 89 |
| Total | 2333 |

Tabla 2.18 Numero de Consumidores Emproro

Emproro es una de las alimentadoras mas largas de la subestación Machala.

En la tabla 2.18 se muestra el número de abonados pro ramales y el número total de abonados de la alimentadora. (Ver Anexo H6)

A partir de los datos ya mostrados ahora presentamos los índices de la confiabilidad orientados al consumidor y a la energía para la alimentadora Emproro. En el Anexo H7 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices.

| Índices | | |
|--------------|------------|-------------------|
| SAIFI | 8,817153 | Int./Cons.-año |
| SAIDI | 6,76367903 | Hrs/cons.-año |
| CAIDI | 0,76710465 | Hrs./cons.-inter. |
| ASAI | 0,99922789 | - |
| ASUI | 0,00077211 | - |
| ENS | 39278,7724 | Kwh/año |

Tabla 2.19 Índices de Confiabilidad de alimentador Emproro

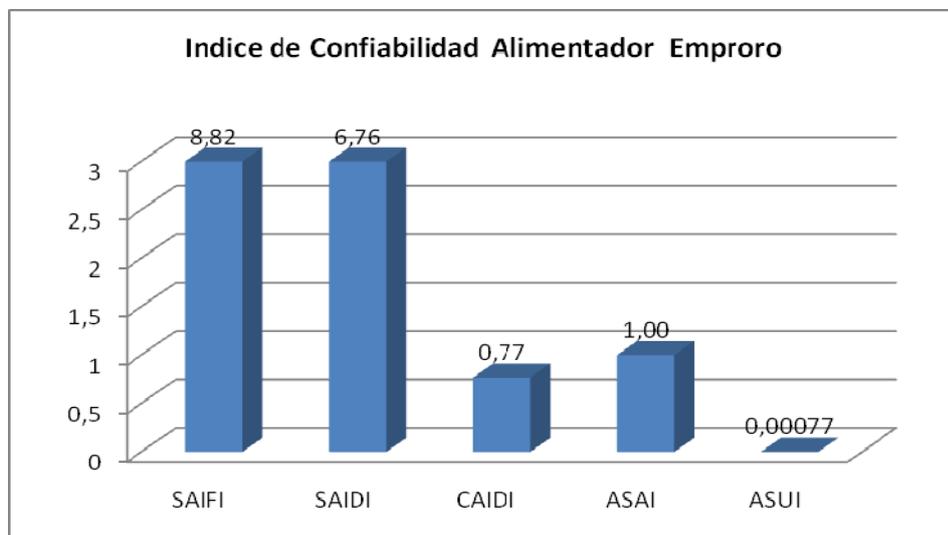


Gráfico 2.26 Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro

2.5.4 Comparación y análisis de la confiabilidad orientados al consumidor y a la Energía de las alimentadoras de la Subestación Machala

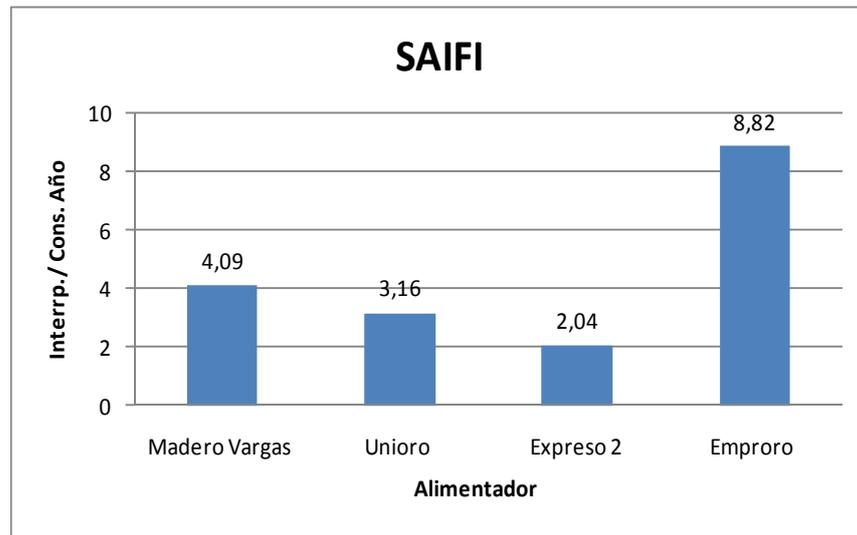


Gráfico 2.27 Comparación de SAIFI para alimentadoras

Emproro es la alimentadora con un índice mayor SAIFI de 8.82 (interrupciones/año) comparada con Expreso 2 que tiene 2,04 (interrupciones/año).

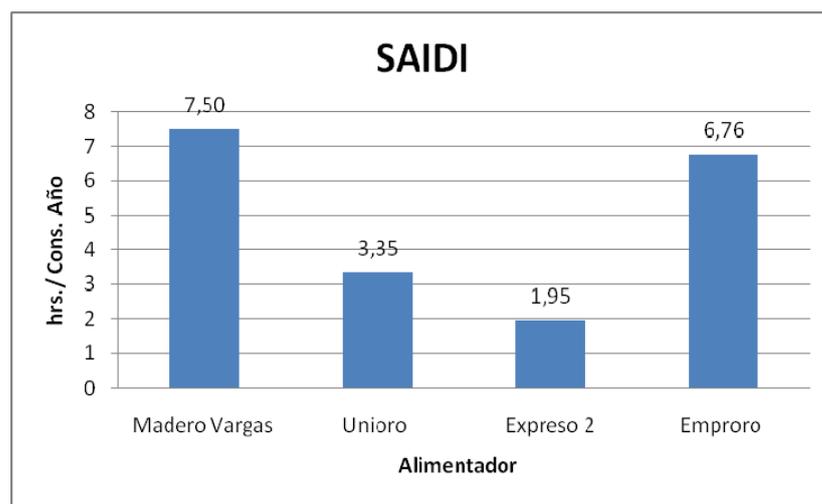


Gráfico 2.28 Comparación de SAIDI para alimentadoras

Al igual que el SAIFI, el SAIDI muestra que las alimentadoras con mayor extensión son las más propensas a tener mayor número de fallas por año y por ende más tiempo de interrupción.

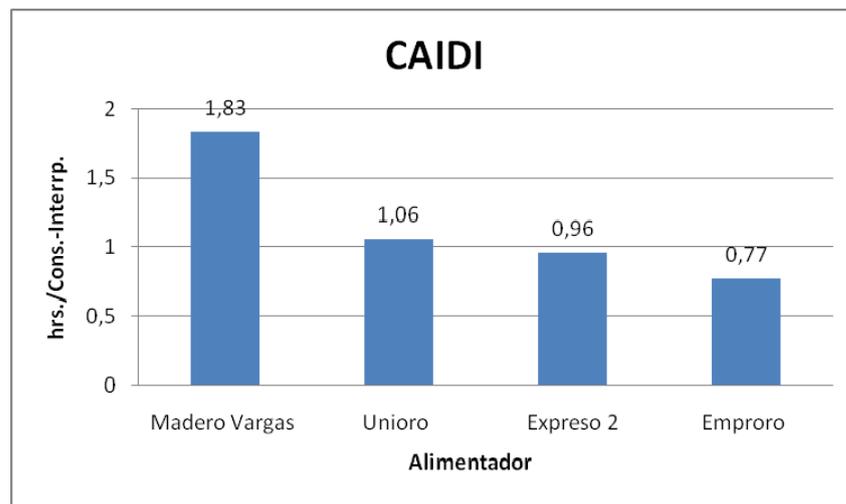


Gráfico 2.29 Comparación de CAIDI para alimentadoras

El índice CAIDI nos muestra la duración de interrupción para cada abonado y como se puede apreciar que Madero Vargas tiene un valor de 1,83 (h/cons-Interrumpidos).

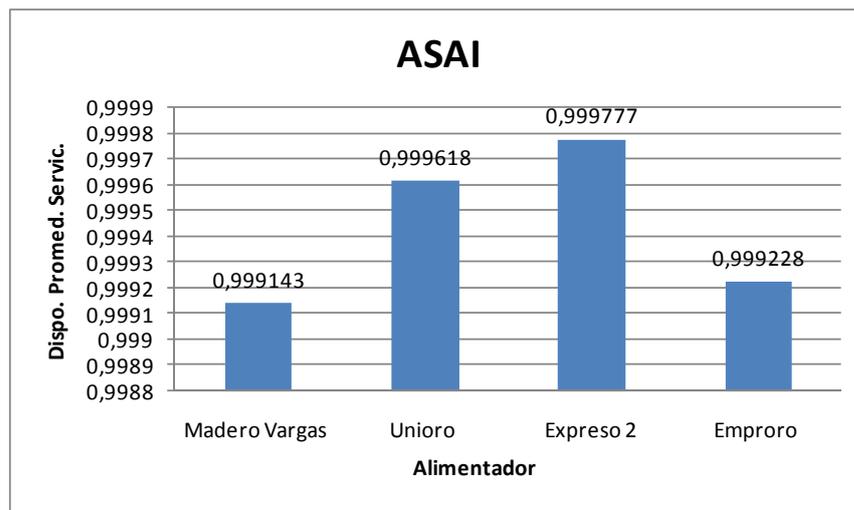


Gráfico 2.30 Comparación de ASAI para alimentadoras

Expreso2 tiene el índice más alto de disponibilidad ASAI y el más pequeño es para Madero Vargas.

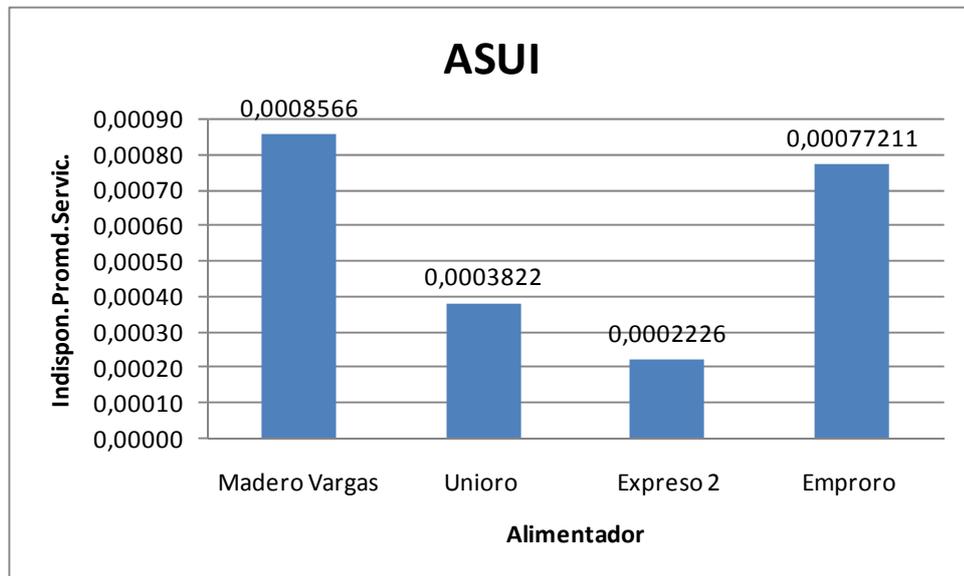


Gráfico 2.31 Comparación de ASUI para alimentadoras

Debido a que el ASUI es el complemento del ASAI, ahora el mayor valor de indisponibilidad es para M. Vargas y el menor para Expreso2.

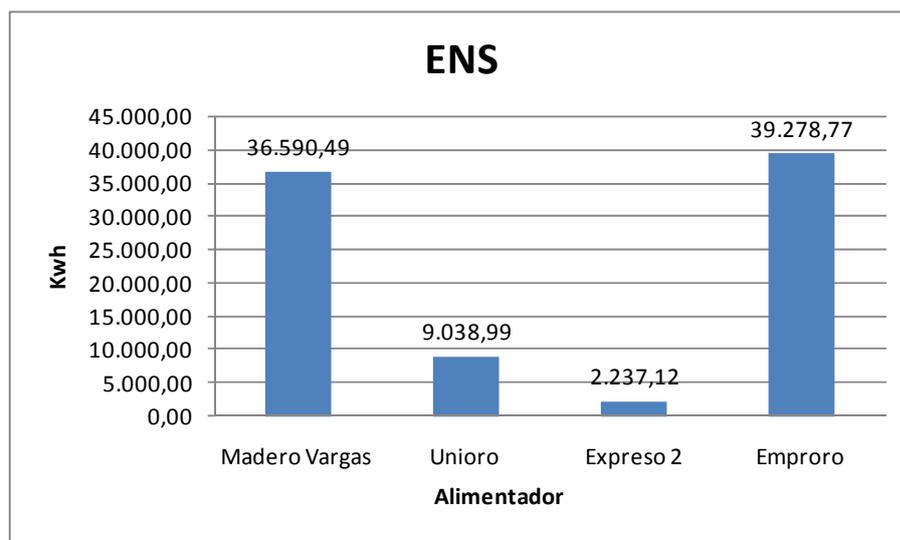


Gráfico 2.32 Comparación de ENS para alimentadoras

El ENS (energía no suplida) es uno de los indicadores de más importancia para las empresas distribuidoras. Emproro y M. Vargas son las alimentadoras con mayor número de energía no suplida.

A continuación se muestran algunos valores típicos para sistemas de distribución urbanos tomados de la CEA (Canadian Electrical Association) y del proveedor de equipos marca COOPER:

| Año | BC Hydro (Distribution) | | | | CEA (Distribution) | | | |
|-------|-------------------------|-------|-------|----------|--------------------|-------|-------|----------|
| | SAIFI | SAIDI | CAIDI | ASAI (%) | SAIFI | SAIDI | CAIDI | ASAI (%) |
| F1997 | 0.88 | 2.35 | 2.64 | 99.973 | 1.74 | 2.39 | 1.38 | 99.973 |
| F1998 | 0.70 | 1.60 | 2.28 | 99.982 | 1.70 | 3.21 | 1.87 | 99.963 |
| F1999 | 1.02 | 3.61 | 3.54 | 99.959 | 1.69 | 2.82 | 1.67 | 99.968 |
| F2000 | 0.65 | 1.80 | 2.78 | 99.979 | 1.93 | 3.80 | 1.97 | 99.957 |
| F2001 | 0.73 | 1.98 | 2.72 | 99.977 | 1.77 | 2.83 | 1.60 | 99.968 |
| F2002 | 0.86 | 2.94 | 3.43 | 99.966 | 1.86 | 3.19 | 1.71 | 99.964 |
| F2003 | 0.89 | 3.18 | 3.59 | 99.964 | 1.74 | 3.55 | 2.03 | 99.960 |
| F2004 | 1.21 | 3.50 | 2.89 | 99.960 | 1.89 | 5.69 | 3.01 | 99.935 |
| F2005 | 1.06 | 3.57 | 3.35 | 99.959 | 1.56 | 3.49 | 2.24 | 99.960 |
| F2006 | 1.25 | 3.27 | 2.61 | 99.963 | 1.74 | 4.33 | 2.49 | 99.951 |
| F2007 | 2.29 | 10.49 | 4.58 | 99.880 | 2.11 | 7.35 | 3.49 | 99.916 |
| F2008 | 1.45 | 5.01 | 3.44 | 99.943 | 1.86 | 4.94 | 2.66 | 99.944 |

Tabla 2.20 Índices de Confiabilidad de Sistemas de Distribución de Canadá

| Índice | Meta de Operación | Unidad |
|--------|-------------------|---------------|
| SAIFI | 1 | Int./cons-año |
| SAIDI | 1 | H/cons-año |
| CAIDI | 1 | H/cons-int |
| ASAI | 99,989 | % |
| ASUI | 0,01100 | % |

Tabla 2.21 Índices de Confiabilidad de Empresa Cooper

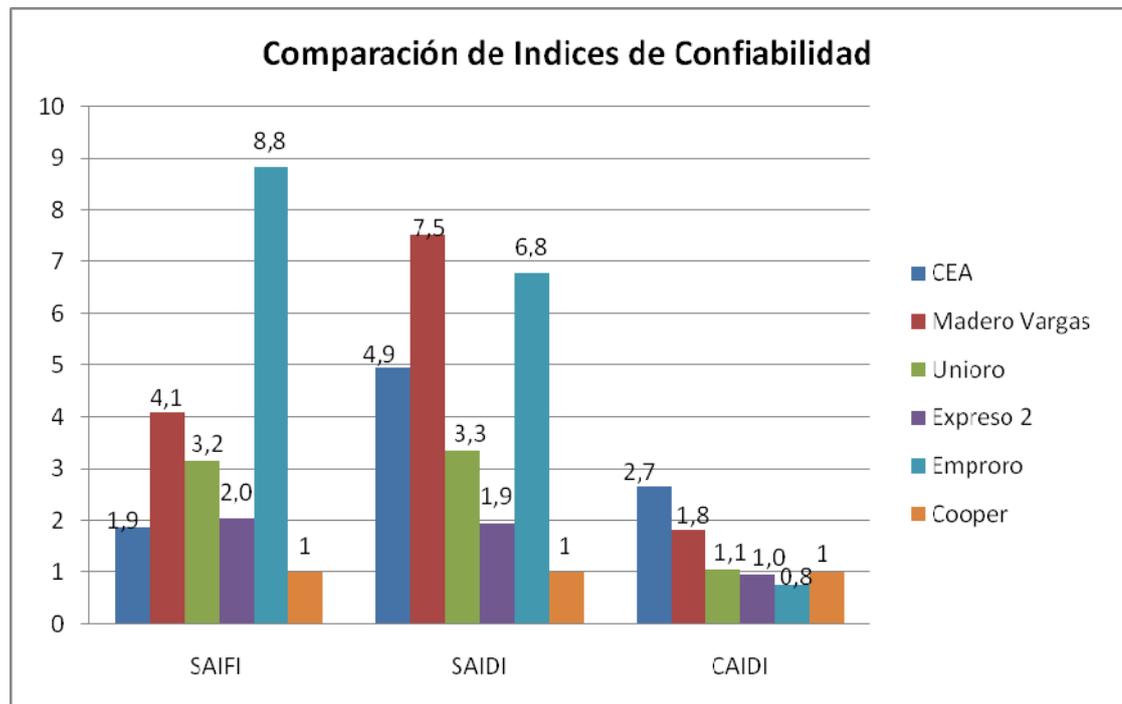


Gráfico 2.33 Comparación de Índices de la CEA y COOPER con las alimentadoras

Luego de ver el gráfico 2.33 es claro que el SAIFI y SAIDI en las alimentadoras de la Subestación Machala están muy lejos de los índices internacionales de la Cooper pero no muy lejos de los índices de la CEA. Además los valores del SAIDI de las alimentadoras Uniro y Expreso2 son mejores que los de la CEA.

Con respecto a los índices CAIDI, se debe decir que la única alimentadora que cumple con los índices propuestos por la Cooper es Expreso 2 y muy cerca esta Uniro. Comparados con Canadá nuestros índices de CAIDI son mejores

A pesar que Canadá es un país desarrollado no debemos pensar que ellos han alcanzado la perfección ya que sus índices comparados a los que propone la Cooper aun son aun altos.

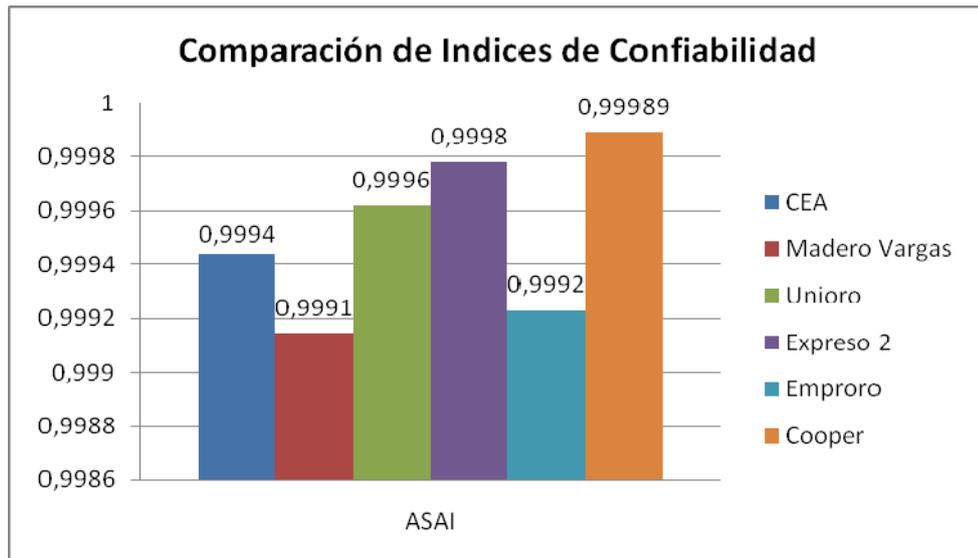


Gráfico 2.34 Comparación del Índice ASAI de la CEA y COOPER con las alimentadoras

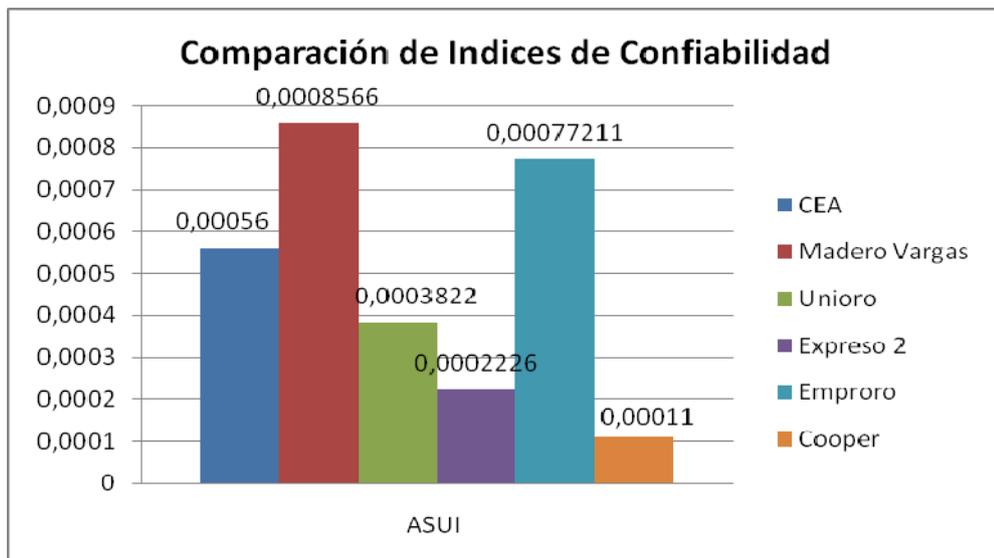


Gráfico 2.35 Comparación del Índice ASUI de la CEA y COOPER con las alimentadoras

En los gráficos 2.34 y 2.35 se muestran el ASAI y el ASUI, de donde podemos darnos cuenta que Expreso 2 es la alimentadora que más se acerca al valor propuesto por la Cooper para los índices ASAI y ASUI. Comparados a los índices de la CEA tenemos que las alimentadoras Unioro y Expreso2 tienen mejores valores de ASAI y ASUI.

2.6 Estudio de Cortocircuito

2.6.1 Impedancias de Secuencias

Para realizar los cálculos de las corrientes de cortocircuito, se utilizaron las siguientes impedancias de secuencia correspondientes a: los conductores de las alimentadoras, los transformadores de potencia de la subestación y el circuito de sub-transmisión. Las tablas de las impedancias se muestran a continuación:

Circuitos Trifásicos

| Tipo de Conductor | Secuencia | R [Ω /Km] | X [Ω /Km] |
|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| PENGUIN 4/0 | Positiva | 0,367930392 | 0,442950308 |
| | Negativa | 0,367930392 | 0,442950308 |
| | Cero | 0,757491531 | 1,571259808 |

Tabla 2.22 Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (1)

Circuitos de dos Fases

| Tipo de Conductor | Secuencia | R [Ω /Km] | X [Ω /Km] |
|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| PENGUIN 4/0 | Positiva | 0,367930392 | 0,425531338 |
| | Negativa | 0,367930392 | 0,425531338 |
| | Cero | 0,757491531 | 1,588678777 |

Tabla 2.23 Impedancias de Secuencias para Conductor # 4/0 (2)

Circuitos Monofásicos

| Tipo de Conductor | Secuencia | R [Ω /Km] | X [Ω /Km] |
|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| SPARROW 2 | Positiva | 1,050341827 | 0,435597433 |
| | Negativa | 1,050341827 | 0,435597433 |
| | Cero | 1,546437376 | 1,645620393 |

Tabla 2.24 Impedancias de Secuencias para Conductor # 2

| | R1 [Ω] | X1 [Ω] | R2 [Ω] | X2 [Ω] | R0 [Ω] | X0 [Ω] |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Z trafo. equivalente | 0,02175 | 0,3589 | 0,02175 | 0,3589 | 0,02175 | 0,3589 |
| Z sub-transmisión | 0,1006 | 0,4574 | 0,1005 | 0,4576 | 0,1664 | 0,6883 |

Tabla 2.25 Impedancias de Secuencias equivalentes para los transformadores de potencia y el sistema de sub-transmisión

2.6.2 Curvas de Corrientes de cortocircuito en función de la distancia a la Subestación

Una vez obtenidas las impedancias de secuencia del circuito, calculamos las corrientes de cortocircuito a lo largo de las alimentadoras. A continuación se muestran los gráficos de dichas corrientes:

Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Madero Vargas

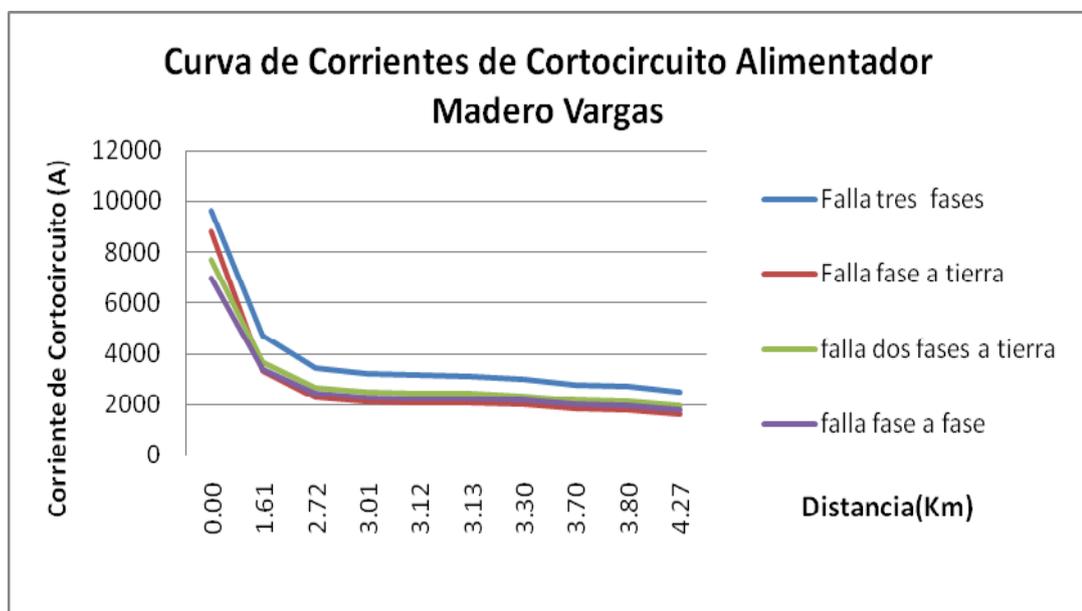


Gráfico 2.36 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Madero. Vargas

Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Unioro

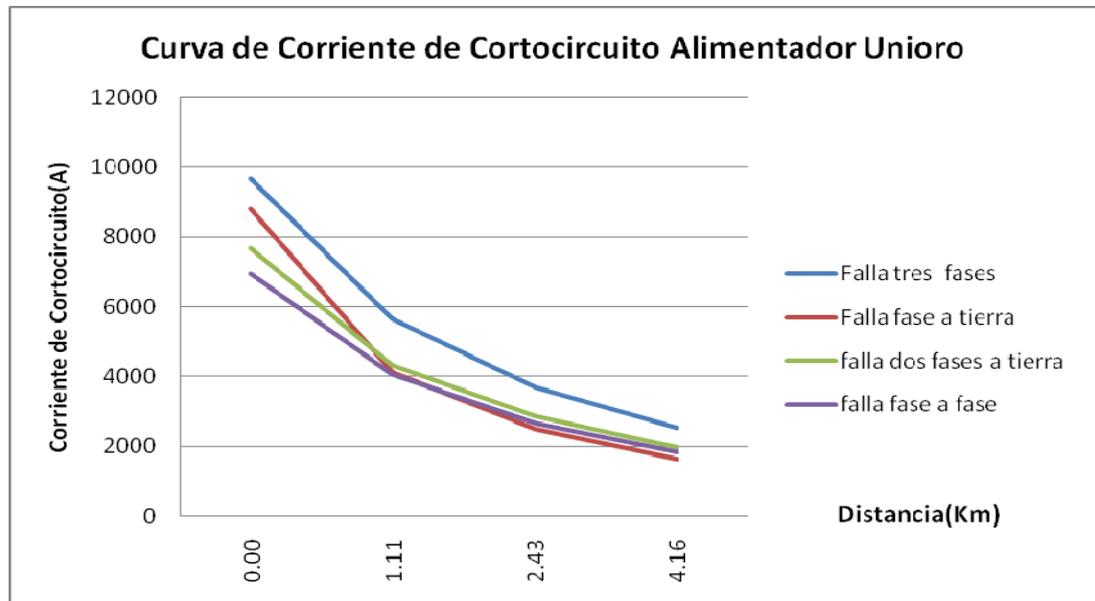


Gráfico 2.37 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Unioro

Curva de Corriente de cortocircuito Alimentador Emproro

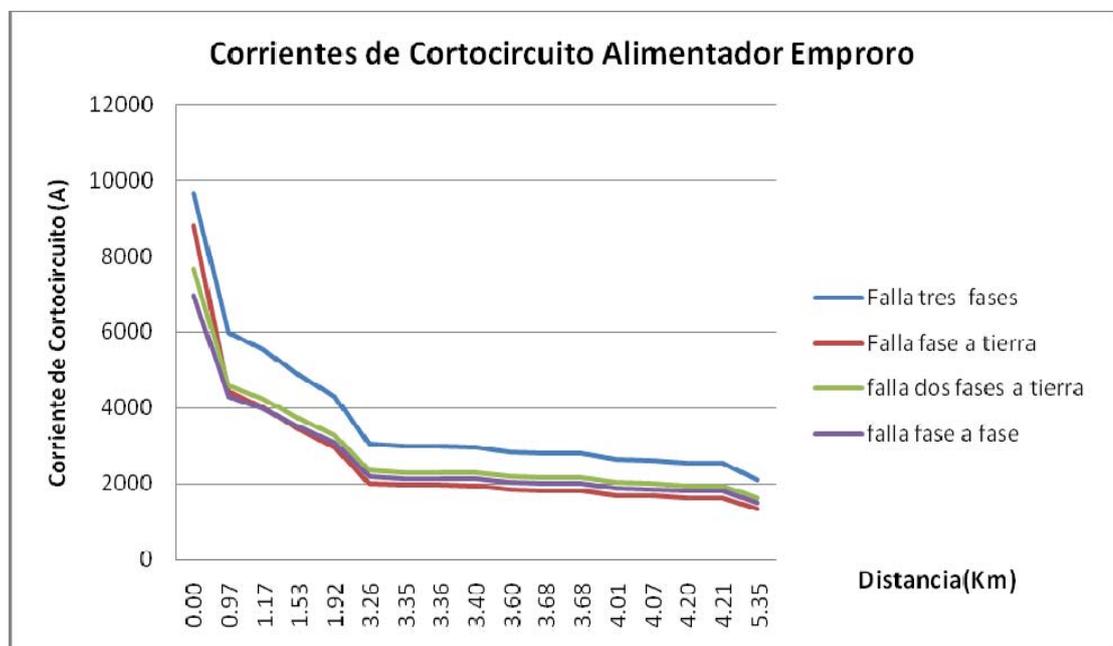


Gráfico 2.38 Corriente de cortocircuito vs. Distancia – Emproro

2.6.3 Propuesta de Coordinación

Coordinación de dispositivos de protección

Actualmente la subestación eléctrica Machala no cuenta con un análisis de coordinación de sus elementos de protección.

Una vez que se realizó el estudio de Corto Circuito para cada alimentador, estos valores son utilizados para el análisis de coordinación entre fusible protector y fusible protegido en las alimentadoras. En los Anexos G, G1, G2, se puede apreciar los puntos de cortocircuito y la ubicación de los fusibles protectores y protegidos aplicados en cada ramal de las alimentadoras.

Principios de coordinación

Cuando dos o más dispositivos de protección son aplicados en un sistema, el dispositivo más cercano a la falla del lado de alimentación es el dispositivo protector, y el siguiente más cercano del lado de la alimentación es el dispositivo "respaldo" o protegido.

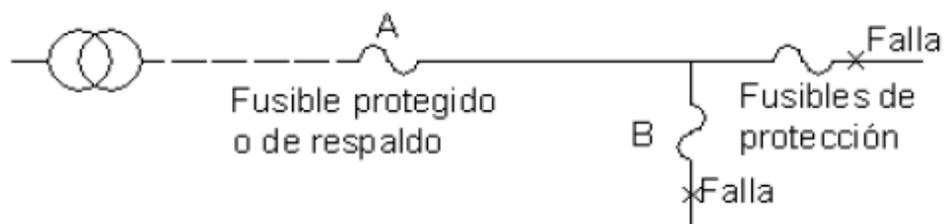


Gráfico 2.39 Localización de los fusibles de protección y protegido

El requerimiento indispensable para una adecuada coordinación consiste en que el dispositivo protector debe operar y despejar la sobre-corriente antes que el dispositivo de respaldo se funda (fusible) u opere al bloqueo (restaurador).

Reglas de aplicación de una coordinación

Una regla esencial para aplicación de fusibles establece que el tiempo de despeje máximo del fusible de protección (Ver Anexo D) no excederá el 75% del tiempo de fusión mínimo del fusible protegido (Ver Anexo D1), lo que asegura que el fusible de protección despejará la falla antes de que el fusible protegido se dañe.

El factor del 75% compensa los efectos de las variables de operación.

$$\frac{\text{Tiempo de despeje máx del fusible protector}}{\text{Tiempo de fusión mín del fusible protegido}} \times 100 < 75 \%$$

Otra regla sostiene que la corriente de carga en el punto de aplicación no debe exceder la capacidad de corriente continua del fusible.

La tabla del Anexo D3, lista las corrientes de régimen continuo que los fusibles H, N, T y K transportarán sin sobrecalentarse cuando son instalados en cortacircuitos de tamaño apropiado.

En las siguientes tablas se muestra el estudio de coordinación para cada alimentador de la subestación eléctrica Machala y en los Anexos F, F1, F2 se aprecia las curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido en cada alimentador.

Resultados del estudio de coordinación Alimentador Madero Vargas

| Puntos C.C. | Fusible Protegido | Fusible Protector | Corriente Max. de Falla (A) | Tiempo de despeje Max. Del fusible protector (CT) (seg) | Tiempo de fusión mínima del fusible protegido (MT) (seg) | Porcentaje CT/MT (%) | Coordinación |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---|--|----------------------|--------------|
| W | 65K | 6K | 1984.2 | 0.019 | 0.071 | 26.76 | Coordinación |
| X | 100K | 6K | 2496.6 | 0.019 | 0.041 | 46.34 | Coordinación |
| S | 50K | 6K | 1299.3 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| V | 40K | 6K | 1102.1 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| U | 40K | 6K | 1166.9 | 0.019 | 0.028 | 67.86 | Coordinación |
| R | 100K | 8K | 3018.6 | 0.02 | 0.029 | 68.97 | Coordinación |
| Q | 50K | 6K | 1449.9 | 0.02 | 0.045 | 44.44 | Coordinación |
| P | 40K | 6K | 1214.4 | 0.019 | 0.028 | 67.86 | Coordinación |
| N | 140K | 6K | 3135.6 | 0.02 | 0.061 | 32.79 | Coordinación |
| M | 100K | 6K | 2722.8 | 0.02 | 0.035 | 57.14 | Coordinación |
| K | 140K | 12K | 3447.8 | 0.023 | 0.05 | 46.00 | Coordinación |
| J | 80K | 6K | 2022.4 | 0.02 | 0.038 | 52.63 | Coordinación |
| I | 80K | 6K | 2271.8 | 0.02 | 0.031 | 64.52 | Coordinación |
| G | 80K | 6K | 2289.4 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| H | 100K | 6K | 2382.6 | 0.02 | 0.048 | 41.67 | Coordinación |
| D | 140K | 10K | 4721.7 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| C | 100K | 6K | 2602.3 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| E | 100K | 6K | 2959.7 | 0.02 | 0.032 | 62.50 | Coordinación |
| F | 100K | 6K | 2959.7 | 0.02 | 0.031 | 64.52 | Coordinación |
| B | 140K | 6K | 3716.7 | 0.02 | 0.048 | 41.67 | Coordinación |
| A | 140K | 6K | 3955.5 | 0.02 | 0.075 | 26.67 | Coordinación |

Tabla 2.26 Estudio de coordinación del alimentador Madero Vargas

Resultados del estudio de coordinación Alimentador Unioro

| Puntos C.C. | Fusible Protegido | Fusible Protector | Corriente Max. de Falla (A) | Tiempo de despeje max. del fusible protector (CT) (seg) | tiempo de fusion minima del fusible protegido (MT) (seg) | Porcentaje CT/MT (%) | Coordinación |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---|--|----------------------|--------------|
| K | 40K | 6K | 1101.5 | 0.02 | 0.033 | 60.61 | Coordinación |
| L | 40K | 6K | 1204.2 | 0.02 | 0.028 | 71.43 | Coordinación |
| I | 50K | 6K | 1328.2 | 0.02 | 0.035 | 57.14 | Coordinación |
| H | 50K | 6K | 1470.6 | 0.02 | 0.045 | 44.44 | Coordinación |
| G | 65K | 6K | 1586.0 | 0.02 | 0.038 | 52.63 | Coordinación |
| E | 100K | 6K | 2621.2 | 0.02 | 0.041 | 48.78 | Coordinación |
| D | 140K | 6K | 3707.2 | 0.02 | 0.05 | 40.00 | Coordinación |
| C | 80K | 6K | 2246.8 | 0.02 | 0.032 | 62.50 | Coordinación |
| A | 200K | 6K | 5522.8 | 0.02 | 0.05 | 40.00 | Coordinación |

Tabla 2.27 Estudio de coordinación del alimentador Unioro

Los resultados de la coordinación para el alimentador Emproro, se muestran en el ANEXO K.

2.7 Reglamento vigente de la Calidad de Servicio Técnico CONELEC 004-01

Índices del sistema basados en la potencia instalada

Según la regulación No. CONELEC – 004/01 para el cálculo de los índices de calidad basados en la potencia instalada, en Ecuador, se consideran todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres 3 minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No se consideran las interrupciones con duración igual o menor a tres 3 minutos.

Se consideran las interrupciones de un consumidor en particular solo si la falla afecta a otros consumidores.

No se considera para el cálculo de los índices basados en la potencia instalada las interrupciones debidas a suspensiones generales del servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el CENACE; y, otras causadas por eventos de fuerza mayor o caso fortuito

Se tomará en cuenta las suspensiones generales del servicio producidas por la Empresa Distribuidora.

2.7.1 Índices de la Calidad de Servicio Técnico – CONELEC 004-01

Los índices de calidad se calculan 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):

En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

$$FMIK_{Aj} = \frac{\sum_i KVA_{iAj} f_{s_{iAj}}}{KVA_{instAj}}$$

- b) Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado (TTIK):

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

$$TTIK_{Aj} = \frac{\sum_i KVA_{iAj} f_{s_{iAj}} * T_{fs_{iAj}}}{KVA_{instAj}}$$

Donde:

FMIK: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

TTIK: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

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

KVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.

Tfsi: Tiempo fuera de servicio, para la interrupción “i”.

Aj: Alimentador primario de medio voltaje “j”.

2.7.2 Límites admisibles para la Calidad de Servicio Técnico

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, son los siguientes:

| Indices | Lim FMIK | Lim TTIK |
|--------------------|----------|----------|
| Red | 4.0 | 8.0 |
| Alimentador Urbano | 5.0 | 10.0 |
| Alimentador Rural | 6.0 | 18.0 |

Tabla 2.28 Límites admisibles de FMIK y TTIK

2.7.3 Cálculo de los índices de la Calidad de Servicio Técnico en las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala

Índices 2002

| Alimentador | Código Alim. | Tipo | Cantidad | KVA | Índices Actual | |
|---------------|--------------|------|----------|------------|----------------|-------|
| | | | Trafos | Instalados | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9.383,5 | 21 | 6,38 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8.802,5 | 32 | 16,97 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 47 | 1.565,5 | 19 | 14,14 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8.399,0 | 29 | 17,13 |

Tabla 2.29 Índices de FMIK y TTIK 2002 para alimentadoras

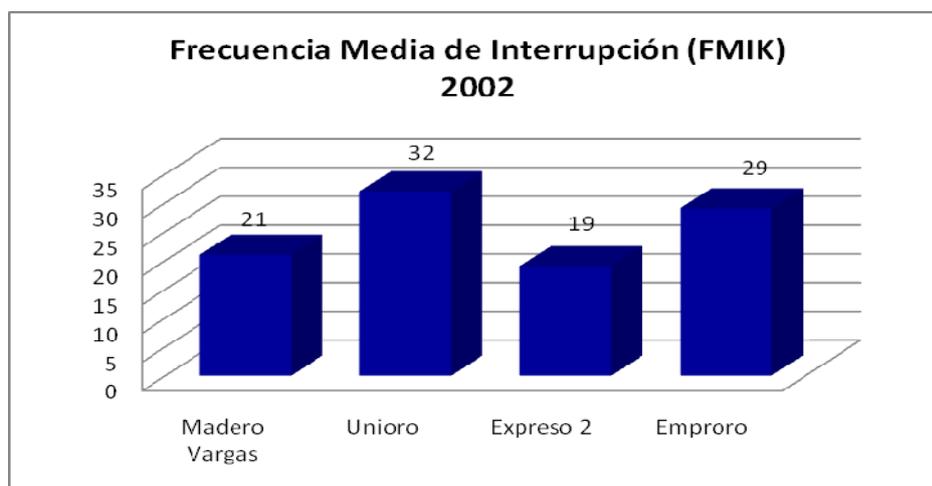


Gráfico 2.40 Índices FMIK 2002 para alimentadoras

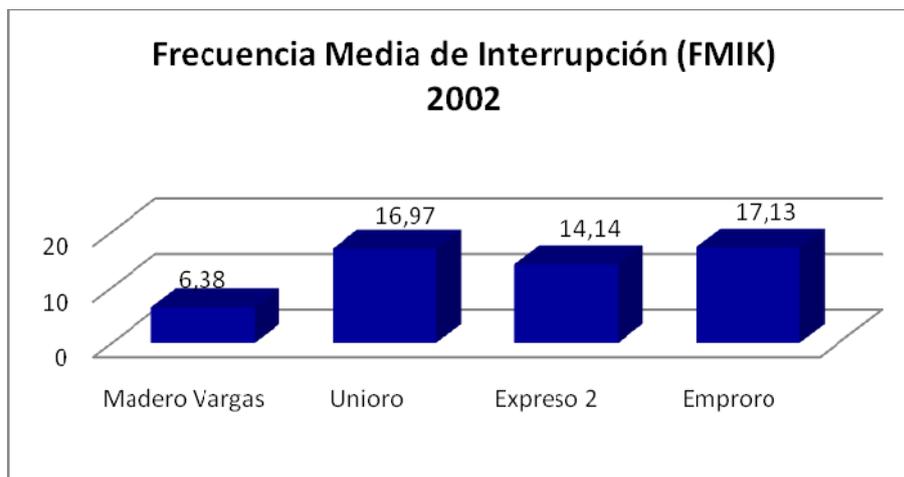


Gráfico 2.41 Índices TTIK 2002 para alimentadoras

Los gráficos 2.40 y 2.41 nos muestra que los índices FMIF y TTIK en las 4 alimentadoras estaban totalmente fuera del rango actual propuesto por el CONELEC en el 2002.

Índices 2003

| Alimentador | Cod. Alim. | Cantidad | KVA | Indices Actual | |
|---------------|------------|----------|------------|----------------|-------|
| | | Trafos | Instalados | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | 229 | 9383,5 | 24 | 20,95 |
| Unioro | 0412 | 186 | 8802,5 | 34 | 17,4 |
| Expreso 2 | 0413 | 47 | 1565,5 | 19 | 13,11 |
| Emproro | 0414 | 207 | 8399 | 52 | 21,13 |

Tabla 2.30 Índices de FMIK y TTIK 2003 para alimentadoras

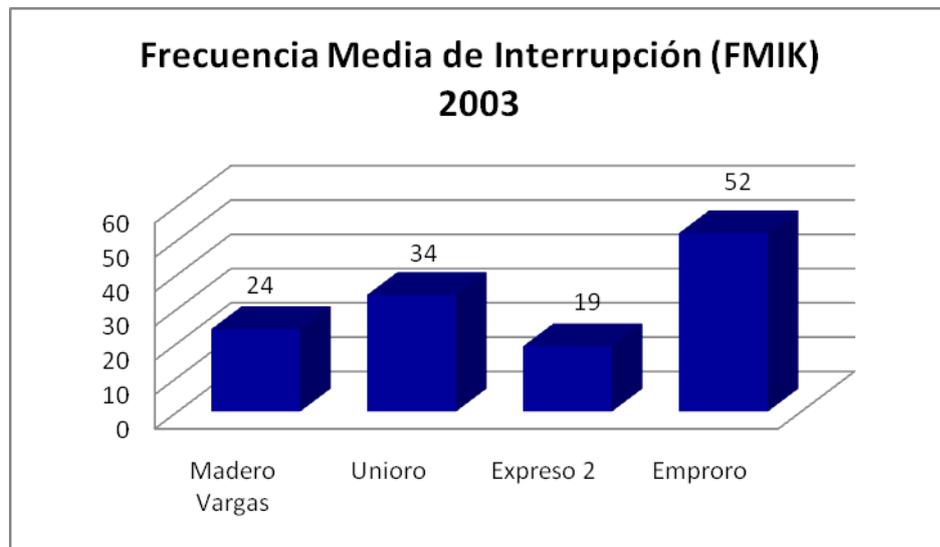


Gráfico 2.42 Índices FMIK 2003 para alimentadoras

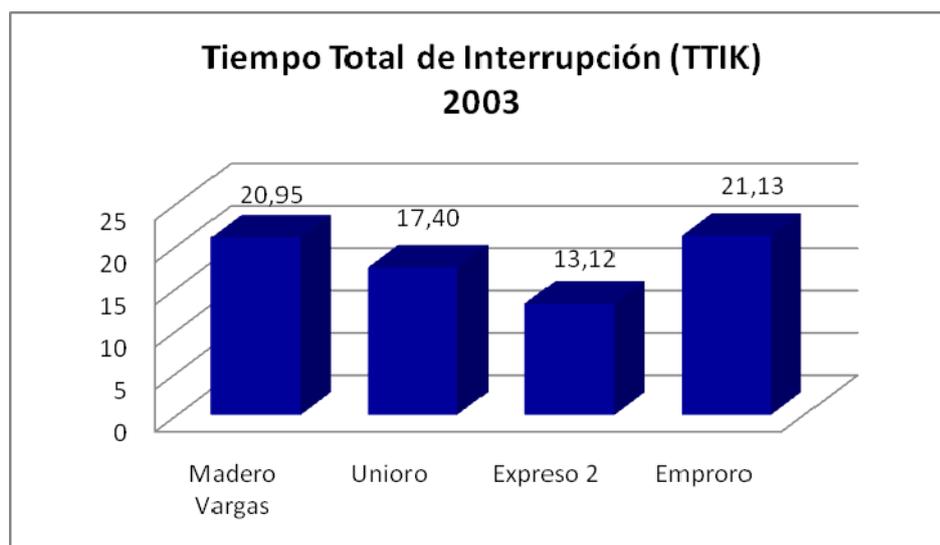


Gráfico 2.43 Índices TTIK 2003 para alimentadoras

En el gráfico 2.42 y 2.43 nos muestra al igual que el año 2002, que los índices FMIK y TTIK de las 4 alimentadoras en el 2003 estaban también fuera del rango actual propuesto por el CONELEC.

Índices 2004

| Alimentador | Código Alim. | Tipo | Cantidad | KVA | Indices Actual | |
|---------------|--------------|------|----------|------------|----------------|-------|
| | | | Trafos | Instalados | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9383,5 | 21 | 8,58 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8802,5 | 58 | 21,30 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 47 | 1565,5 | 23 | 31,56 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8399 | 37 | 39,56 |

Tabla 2.31 Índices de FMIK y TTIK 2004 para alimentadoras

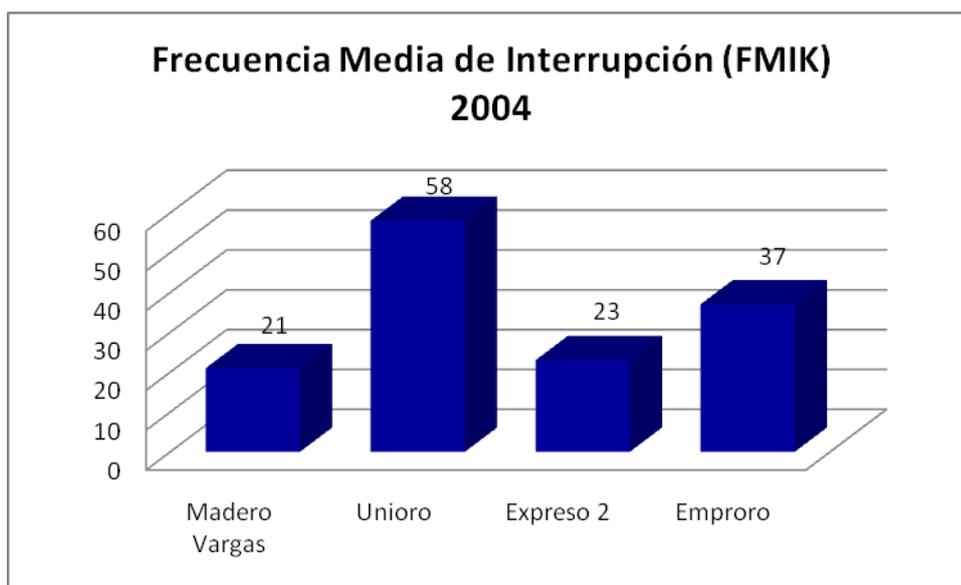


Gráfico 2.44 Índices FMIK 2004 para alimentadoras

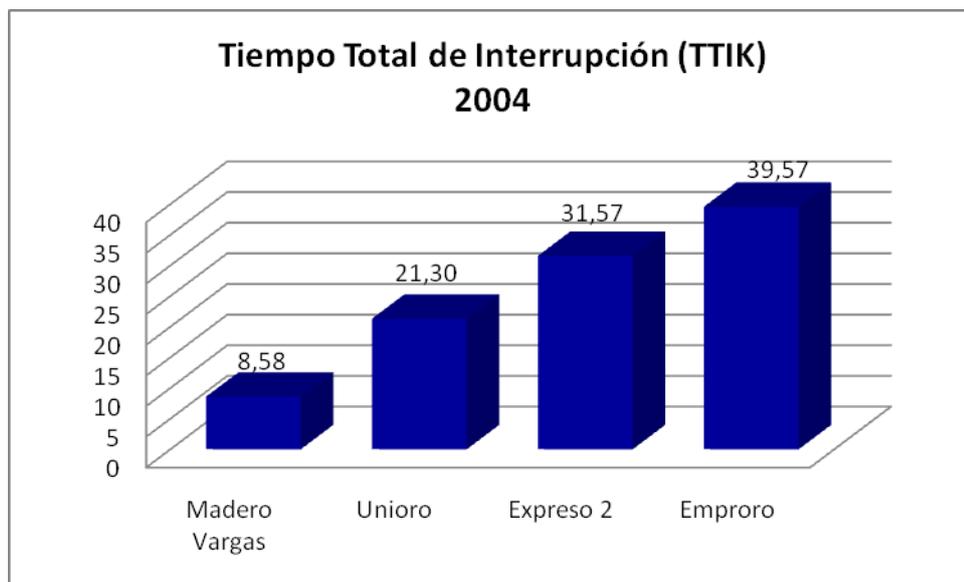


Gráfico 2.45 Índices TTIK 2004 para alimentadoras

En el gráfico 2.44 y 2.45 se muestra que como en los años anteriores, que en el año 2004 los índices FMIF y TTIK en las 4 alimentadoras estaban totalmente fuera del rango actual propuesto por el CONELEC.

Índices 2005

| Alimentador | Cod. Alim. | Tipo | Cantidad | KVA | Índices Actual | |
|---------------|------------|------|----------|------------|----------------|---------|
| | | | Trafos | Instalados | FMIF | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9383,5 | 18 | 29,8833 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8802,5 | 23 | 38,2667 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 168 | 5009 | 24 | 32,0501 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8399 | 27 | 46,15 |

Tabla 2.32 Índices de FMIF y TTIK 2005 para alimentadoras

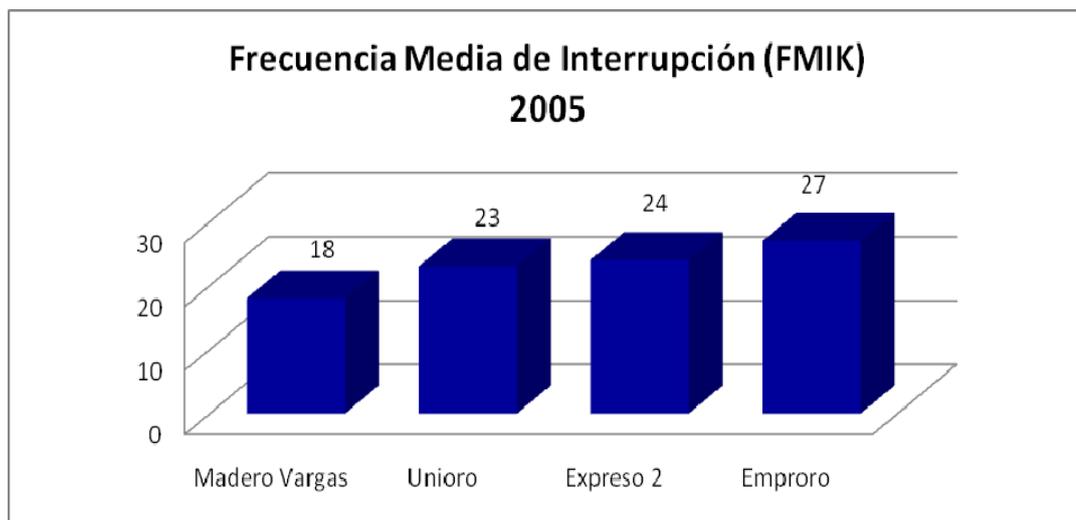


Gráfico 2.46 Índices FMIK 2005 para alimentadoras

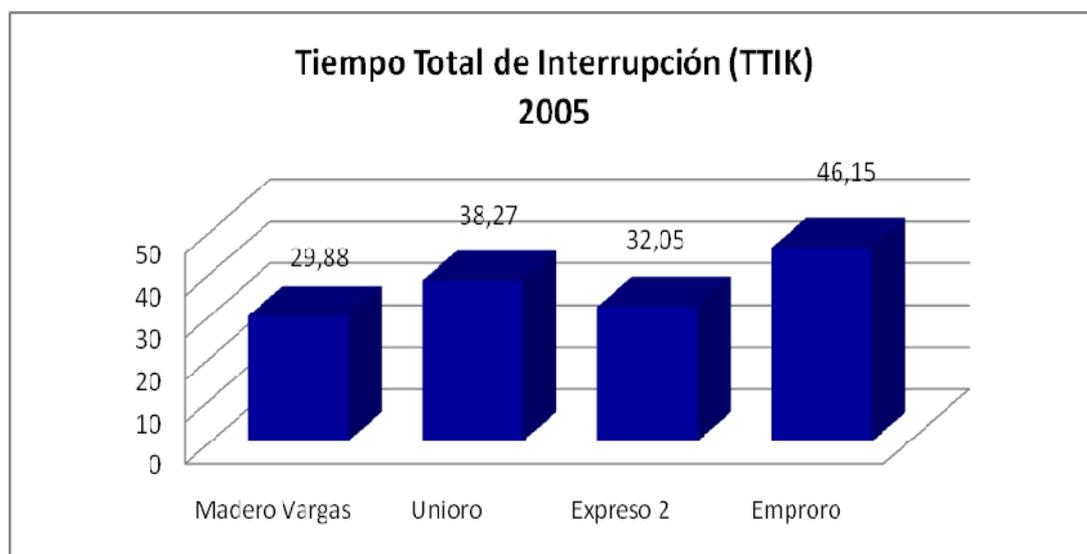


Gráfico 2.47 Índices TTIK 2005 para alimentadoras

En el gráfico 2.46 y 2.47 nos muestra que en el 2005 las 4 alimentadoras de la subestación Machala tenían los índices FMIF y TTIK fuera del rango propuesto por el CONELEC.

Índices 2006

| Alimentador | Cod. Alim. | Tipo | Cantidad | KVA | Índices Actual | |
|---------------|------------|------|----------|------------|----------------|---------|
| | | | Trafos | Instalados | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9383,5 | 12 | 7,7167 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8802,5 | 14 | 9,6002 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 168 | 5009 | 8 | 5,8167 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8399 | 15 | 11,0167 |

Tabla 2.33 Índices de FMIK y TTIK 2006 para alimentadoras

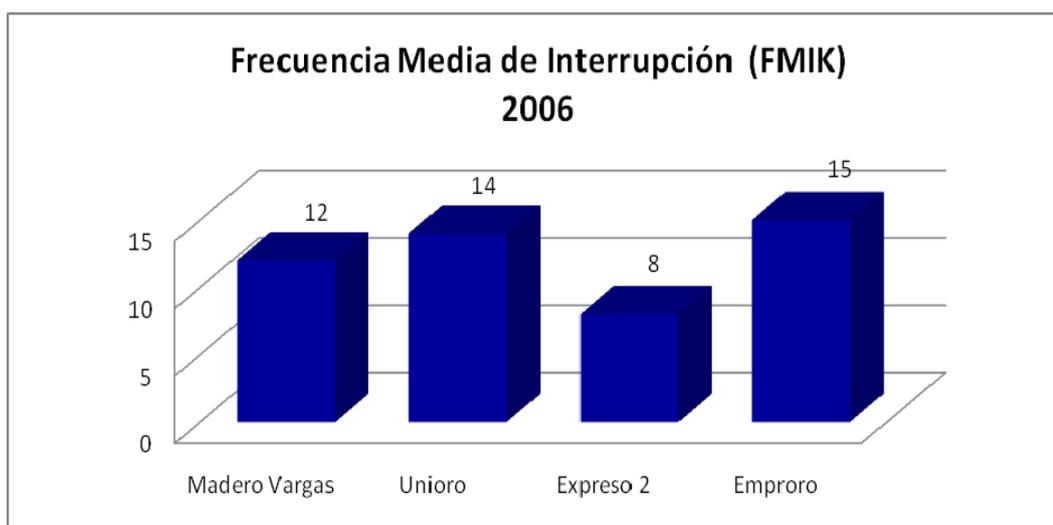


Gráfico 2.48 Índices FMIK 2006 para alimentadoras

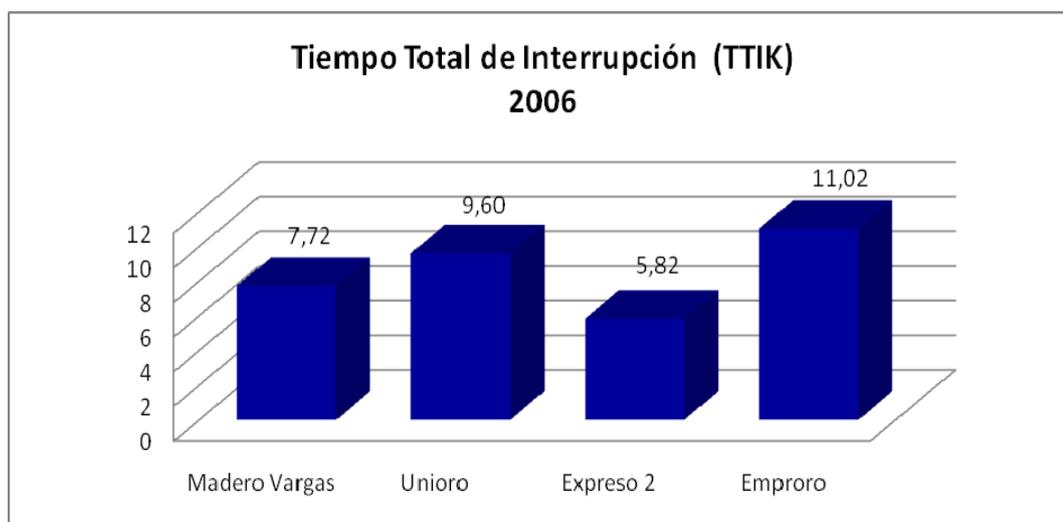


Gráfico 2.49 Índices TTIK 2006 para alimentadoras

En el gráfico 2.48 y 2.49 se muestra que en el año 2006 el índice TTIK en las 4 alimentadoras empieza a descender y están dentro del rango propuesto por el CONOLEC. Con respecto al FMIK, aun no descienden lo suficiente para cumplir con el rango del CONOLEC.

Índices 2007

| Alimentador | Cod. Alim. | Tipo | Cantidad Trafos | KVA Instalados | Índices Actual | |
|---------------|------------|------|-----------------|----------------|----------------|------|
| | | | | | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9383,5 | 5 | 6,50 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8802,5 | 9 | 4,13 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 168 | 5009 | 2 | 0,33 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8399 | 10 | 7,62 |

Tabla 2.34 Índices de FMIK y TTIK 2007 para alimentadoras

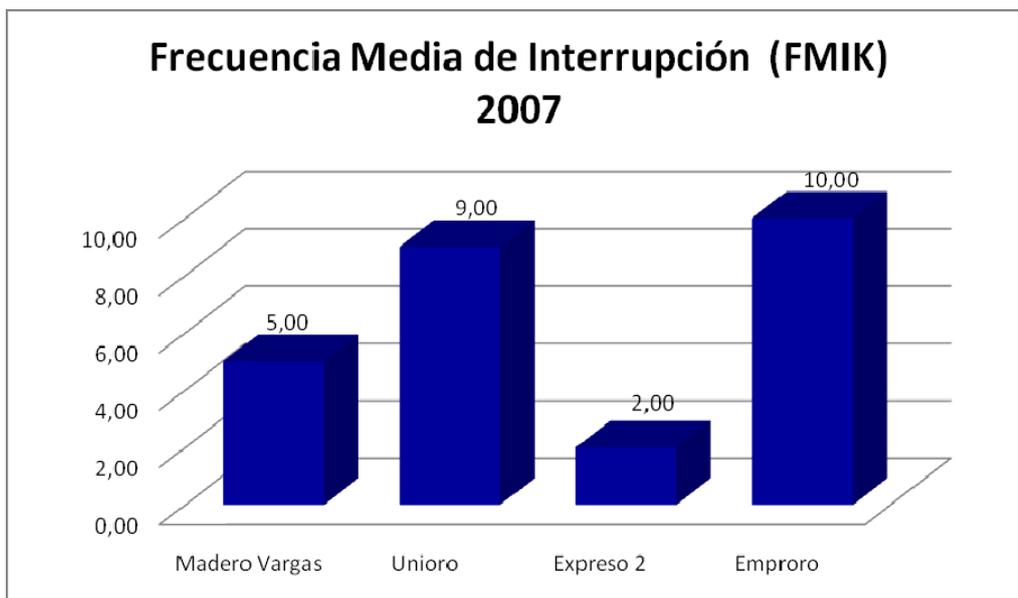


Gráfico 2.50 Índices FMIK 2007 para alimentadoras

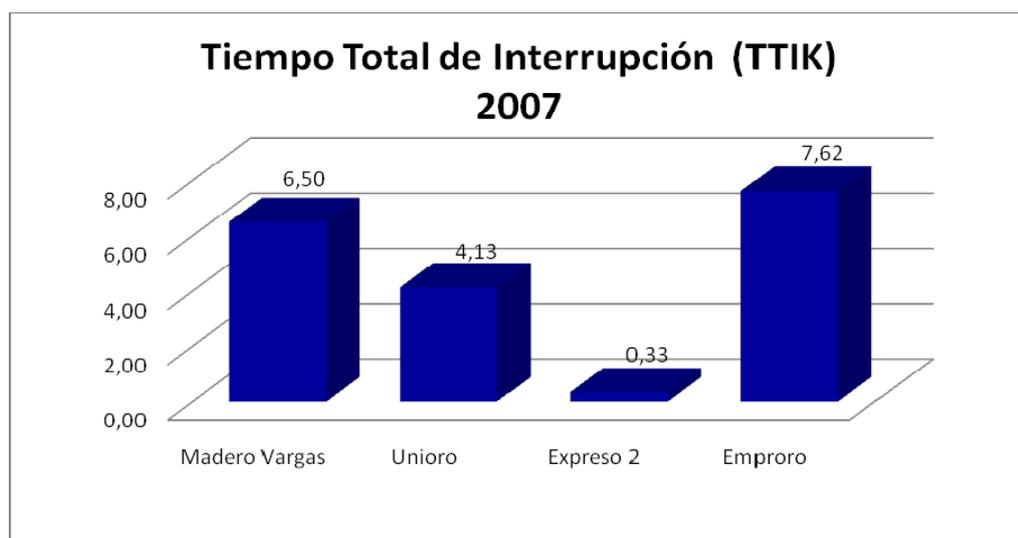


Gráfico 2.51 Índices TTIK 2007 para alimentadoras

En el grafico 2.50 y 2.51 se muestra que en el año 2007 el índice FMIK en las 4 alimentadoras descender y las alimentadoras M. Vargas ya están dentro del rango de >5. El TTIK de todas las alimentadoras ya esta dentro del limite de > 10 impuesto por el CONELEC.

Índices 2008

| Alimentador | Código Alim. | Tipo | Cantidad Trafos | KVA Instalados | Índices Actual | |
|---------------|--------------|------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| | | | | | FMIK | TTIK |
| Madero Vargas | 0411 | U | 229 | 9383,5 | 16,31 | 12,54 |
| Unioro | 0412 | U | 186 | 8802,5 | 17,11 | 27,26 |
| Expreso 2 | 0413 | U | 168 | 5009 | 0,85 | 0,30 |
| Emproro | 0414 | U | 207 | 8399 | 12,03 | 13,95 |

Tabla 2.35 Índices de FMIK y TTIK 2008 para alimentadoras

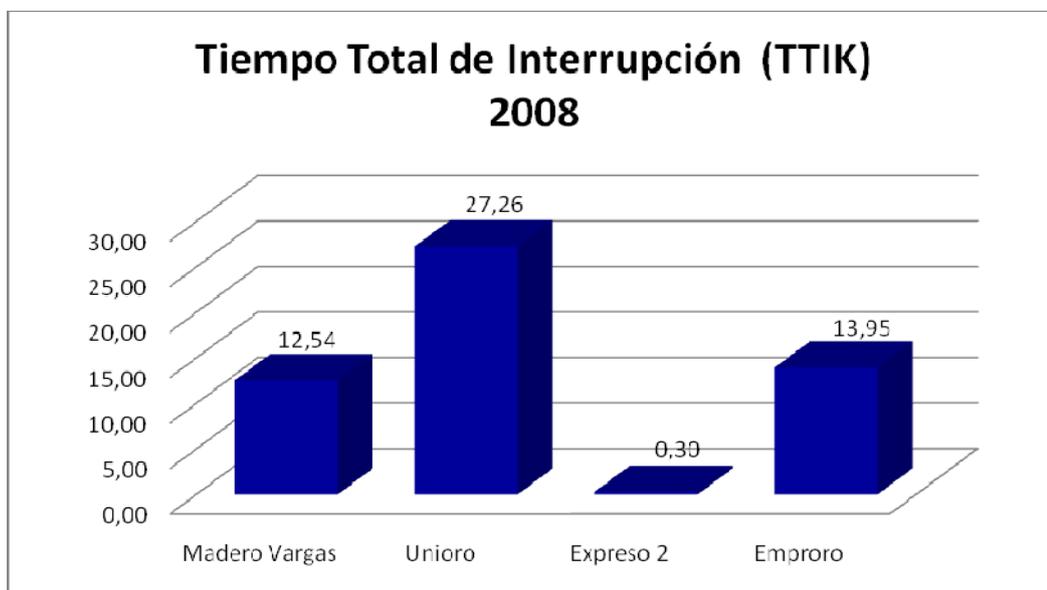


Gráfico 2.52 Índices TTIK 2008 para alimentadoras

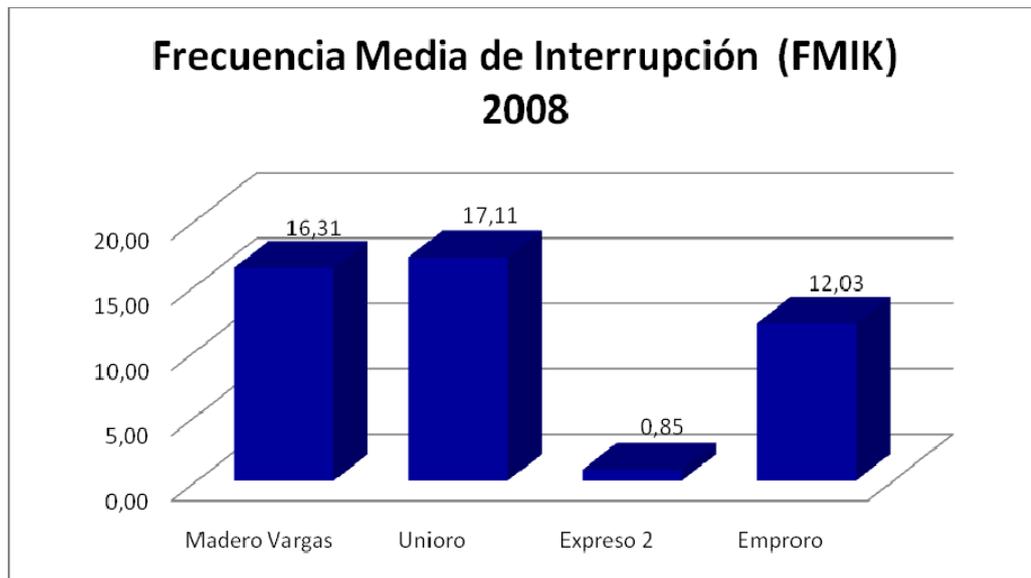


Gráfico 2.53 Índices FMIK 2008 para alimentadoras

Los gráficos 2.52 y 2.53 nos indican que en el año de estudio de nuestra tesis (2008), los índices FMIK y TTIK suben nuevamente y sobrepasan los límites de CONELEC.

2.7.4 Comparación de los índices TTIK y FMIK desde el 2002 al 2008

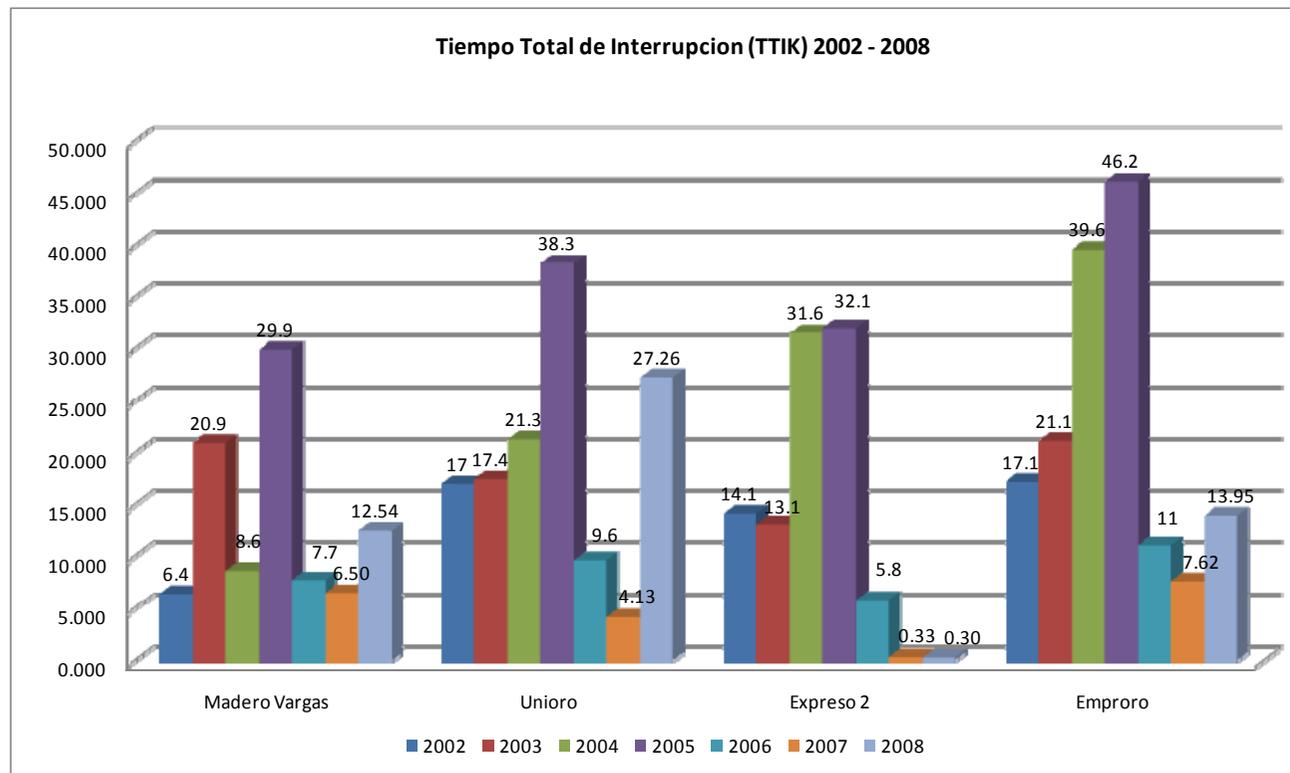


Gráfico 2.54 Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK 2002-2008

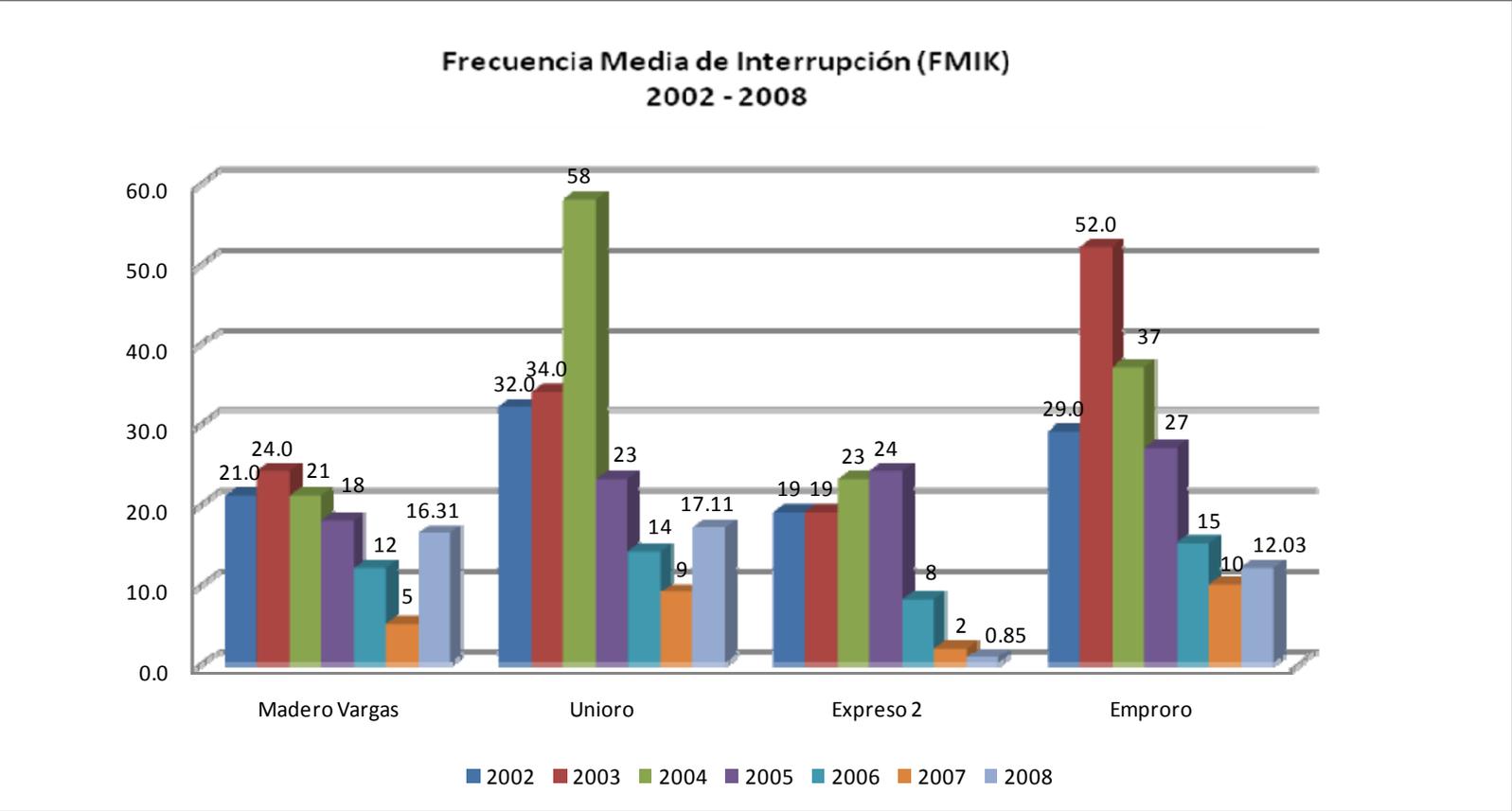


Gráfico 2.55 Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK 2002-2008

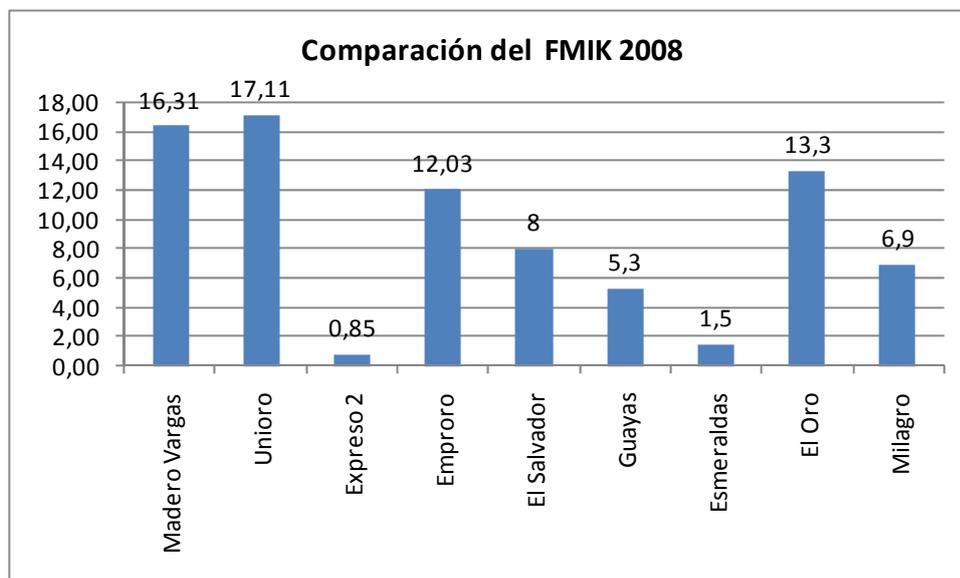


Gráfico 2.56 Comparación de Índices de Confiabilidad FMIK (2008)

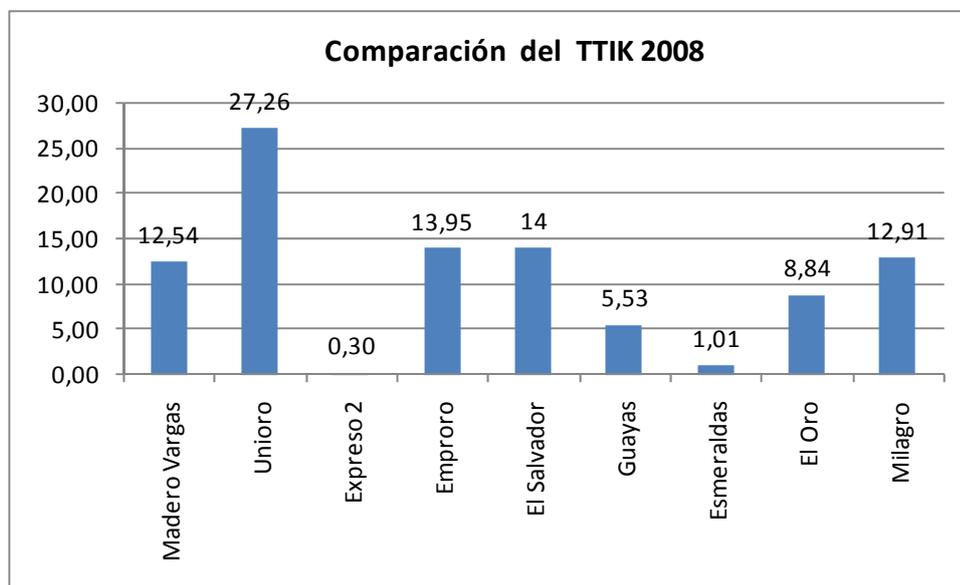


Gráfico 2.57 Comparación de Índices de Confiabilidad TTIK (2008)

CAPITULO 3

3 REDISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

Para la evaluación de cuál es la mejor opción de las que proponemos debemos mostrar el estado actual de los índices internacionales del sistema primario (caso base) de la alimentadora Machala y comparar los índices que resultan de nuestras propuestas uno y dos. Al final se elegirá la mejor opción basados en la reducción de los valores de los Índices y de la energía no suplida.

3.1 Determinación de los parámetros de diseño de la Subestación Eléctrica Machala

Los parámetros de diseño para nuestro sistema de distribución son las tasas de fallas, tiempos de restauración y duración de la salida de servicio.

Las tasas de fallas fueron calculadas para cada uno de las alimentadoras de la subestación, en base a los datos históricos registrados por la Empresa. Los resultados se muestran en la tabla 2.10.

Para el cálculo del tiempo de duración de la salida de servicio, hay varios factores que influyen, por ejemplo: tiempo de armado de la cuadrilla, zona en que se produjo la falla, tipo de alimentador, tiempos en que la cuadrilla de reparación repara y restablece el servicio eléctrico; se estimaron los tiempos de la duración de la salida de servicio y se los muestra en la tabla 2.11.

3.2 Rediseño del sistema de protecciones basadas en la Calidad del Servicio de la Subestación Eléctrica Machala

Como ya se lo había mencionado antes, la protección para las alimentadoras de la Subestación Eléctrica Machala no estaban debidamente coordinadas. En el capítulo 2, numeral 2.6.3; se realizó una propuesta para la coordinación de las protecciones de las alimentadoras. Los resultados para cada alimentadora de la subestación, se muestran en las tablas 2.24, 2.26 y 2.26.

3.3 Resultados del rediseño por alimentadora de la Subestación Eléctrica Machala

3.3.1 Presentación de los resultados de los índices de confiabilidad

Caso Base

El caso base muestra los índices actuales de las alimentadoras M. Vargas, Unono, Expreso 2 y Emproro.

| Subestación Machala (Caso Base) | | | | |
|--|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Índices | Alimentadora M. Vargas | Alimentadora Unioro | Alimentadora Expreso 2 | Alimentadora Emproro |
| SAIFI | 4,09 | 3,16 | 2,04 | 8,82 |
| SAIDI | 7,50 | 3,35 | 1,95 | 6,76 |
| CAIDI | 1,83 | 1,06 | 0,96 | 0,77 |
| ASAI | 0,9991434 | 0,9996178 | 0,9997774 | 0,999227891 |
| ASUI | 0,0008566 | 0,0003822 | 0,0002226 | 0,000772109 |
| ENS | 36590,49 | 9038,99 | 2237,12 | 39278,77 |

Tabla 3.1 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Base)

Caso Uno

Para este caso implementamos fusibles en cada ramal con carga y usuarios significativos del modelo actual de el sistema (caso base). En los Anexo I, I1, I2, I3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices para cada una de las alimentadoras.

Obtuvimos los siguientes resultados:

| Subestación Machala (Caso 1) | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Índice | Alimentador M. Vargas | Alimentador Unioro | Alimentador Expreso 2 | Alimentador Emproro |
| SAIFI | 2,18 | 2,91 | 1,87 | 8,42 |
| SAIDI | 3,35 | 3,00 | 1,71 | 6,22 |
| CAIDI | 1,54 | 1,03 | 0,92 | 0,74 |
| ASAI | 0,9996173 | 0,9996573 | 0,9998044 | 0,99928968 |
| ASUI | 0,0003827 | 0,0003427 | 0,0001956 | 0,00071032 |
| ENS | 16344,50 | 8100,54 | 1874,48 | 37361,31 |

Tabla 3.2 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Uno)

Caso Dos

En este caso implementamos seccionamientos en algunos de los tramos de la troncal aprovechando el Hecho que ya existe la infraestructura para hacer transferencia de carga. En los Anexo J, J1, J2, J3 se muestra el Diagrama de Confiabilidad utilizado para el cálculo de de estos índices para cada una de las alimentadoras.

| Subestación Machala (Caso 2) | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Índice | Alimentador M. Vargas | Alimentador Unioro | Alimentador Expreso 2 | Alimentador Emproro |
| SAIFI | 2,18 | 2,91 | 1,87 | 8,42 |
| SAIDI | 2,96 | 2,84 | 1,78 | 5,90 |
| CAIDI | 1,36 | 0,98 | 0,95 | 0,70 |
| ASAI | 0,9996618 | 0,9996755 | 1,00 | 1,00 |
| ASUI | 0,0003382 | 0,0003245 | 0,00 | 0,00 |
| ENS | 14444,74 | 7679,68 | 1944,41 | 35954,26 |

Tabla 3.3 Resumen de Índices de Confiabilidad (Caso Dos)

3.3.2 Presentación de los resultados de los costos de rediseño

Para el estudio económico se usaran parámetros involucrados con el cálculo de los índices de confiabilidad, así como los precios de los dispositivos que se proponen para la mejora en la Calidad del Servicio Técnico.

El método a utilizarse será Costo vs. Beneficio. Se utilizará la siguiente ecuación para determinar el costo de cada una de las propuestas para cada alimentadora:

$$C_T = \sum_i Cl_i \lambda_i L_i + \sum_i Ce_i E_i + Ceu \sum_i E_i + Cr$$

Donde:

i = i -ésimo punto de carga o consumidor.

Cl_i = Costo al consumidor por kW de carga desconectada.

Ce_i = Costo al consumidor por kWh no suplida.

Ceu = Pérdida de ingreso por kWh no suplida.

L_i = Carga desconectada.

E_i = Energía no suplida.

Cr = Costo de la mejora.

El costo al consumidor por kW de carga desconectada (C_{l_i}) es de \$ 0,7 y el costo al consumidor por kWh no suplida (C_{e_i}) es de \$1,4.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada alternativa en el año 2008; así como la reducción de pérdidas en dólares de la empresa distribuidora:

| Análisis de Costos - Beneficios (\$) | | | |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|
| Alimentadora | Caso Base | Caso Uno | Caso Dos |
| M. Vargas | 268595,1557 | 119977,9698 | 106032,688 |
| Unioro | 37289,70291 | 33418,20997 | 31681,9884 |
| Expreso2 | 2817,278037 | 2458,946827 | 2550,68879 |
| Emproro | 350479,1903 | 333369,9194 | 320815,025 |
| Costo Total | 659181,327 | 489225,0459 | 461080,39 |

Tabla3.4 Análisis de Costos - Beneficios

3.4 Análisis de resultados por alimentadora de la Subestación Eléctrica

Machala

De los resultados mostrados anteriormente, se deberán escoger las opciones que satisfagan tanto a la empresa distribuidora como a los abonados de ella. Se debe tener en cuenta que la opción a escoger deberá presentar índices de confiabilidad con valores cercanos a los típicos y con menor cantidad de Energía no suplida.

3.4.1 Análisis de los índices de confiabilidad por alimentadora

Ahora mostramos los gráficos de los tres casos analizados por alimentadora:

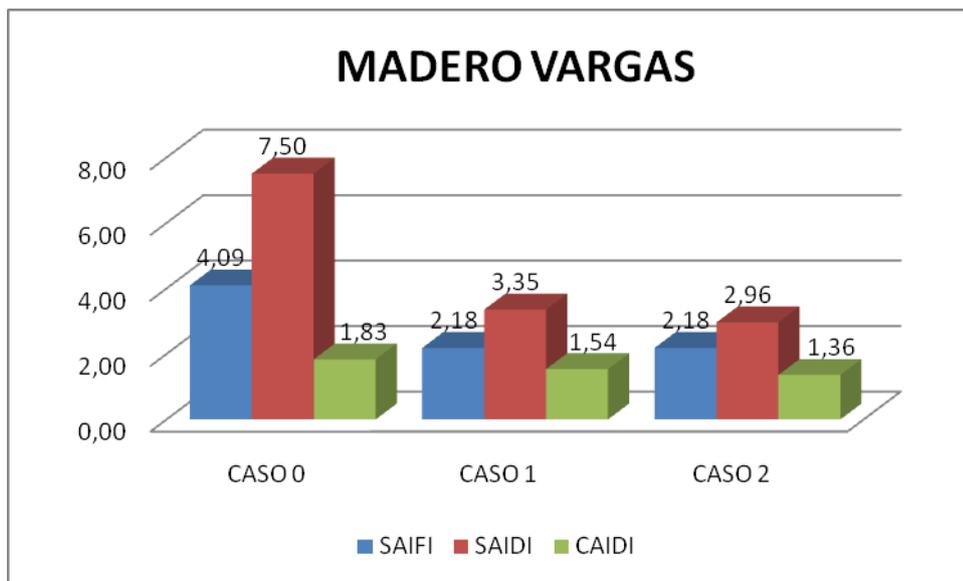


Gráfico 3.1 Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador madero Vargas

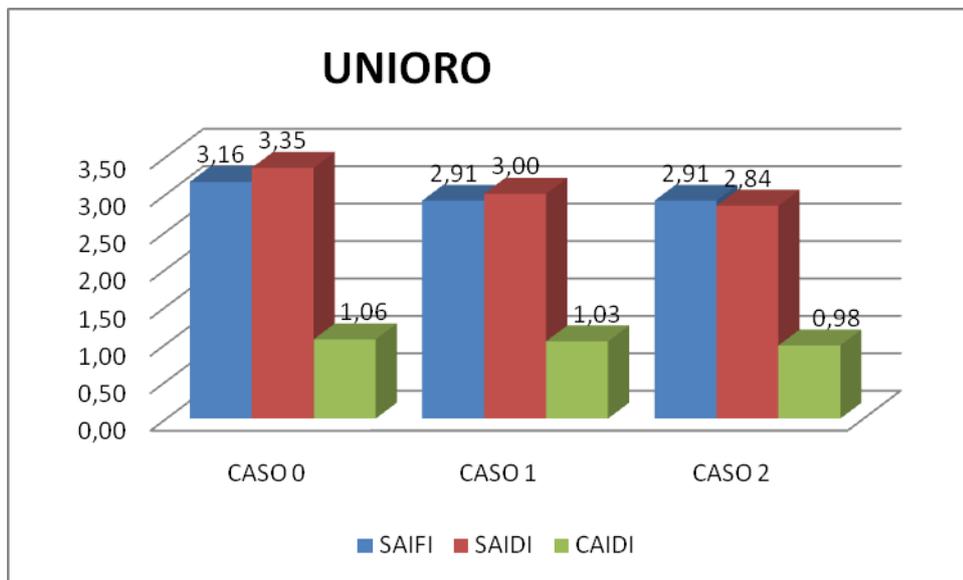


Gráfico 3.2 Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Unioro

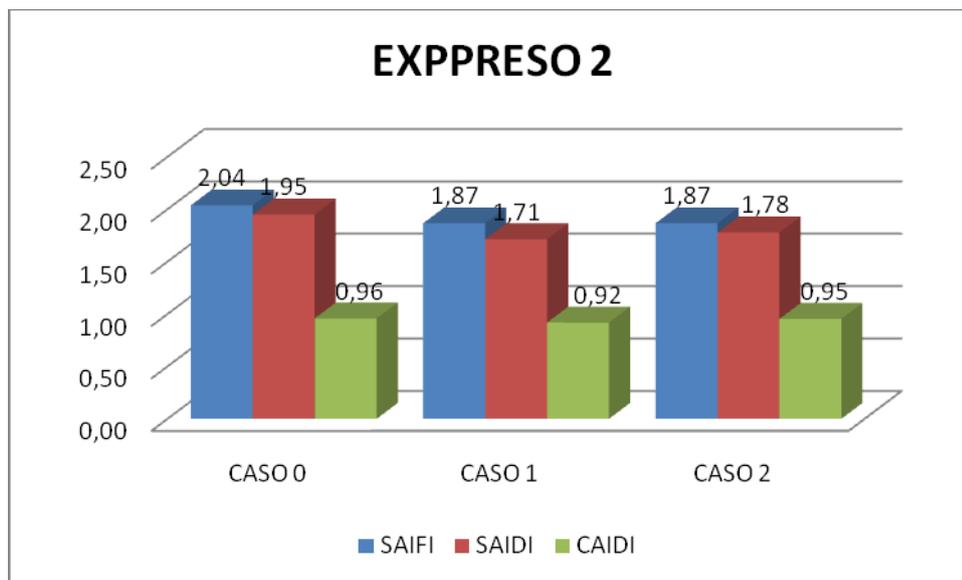


Gráfico 3.3 Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Expreso 2

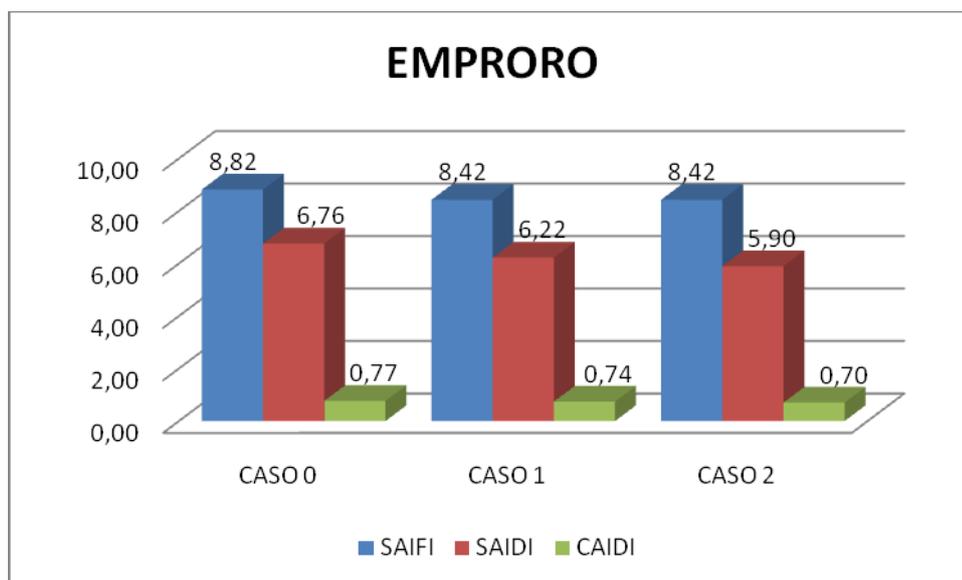


Gráfico 3.4 Comparación de Índices de Confiabilidad Alimentador Emproro

Otro aspecto importante es la comparación de la energía no suplida por la empresa distribuidora.

Aquí se presenta gráficamente la diferencia del caso base y los caso 1 y 2 que proponemos.

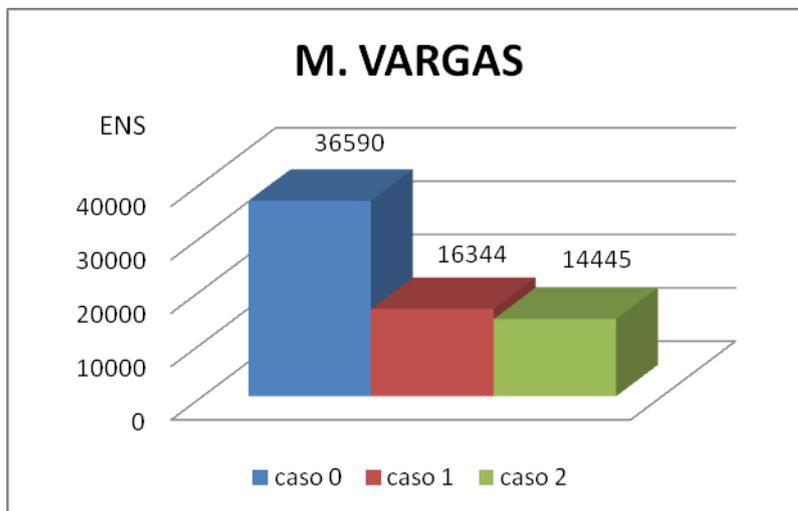


Gráfico 3.5 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Madero Vargas

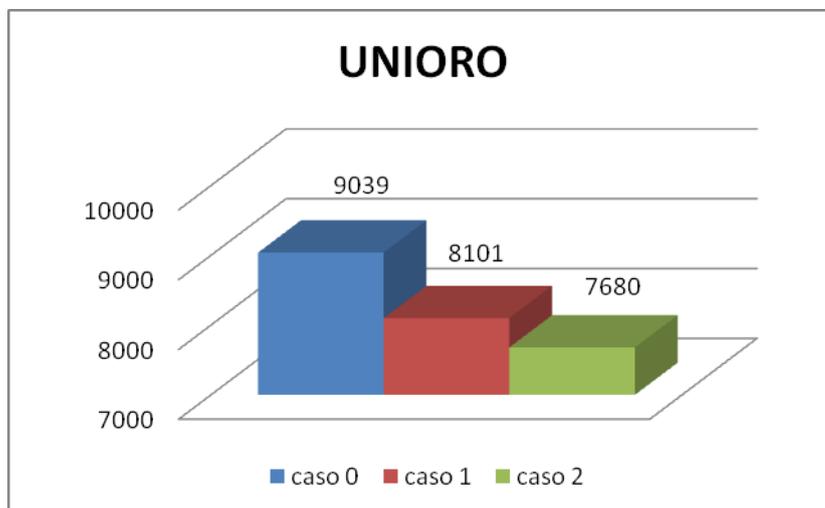


Gráfico 3.6 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Unioro

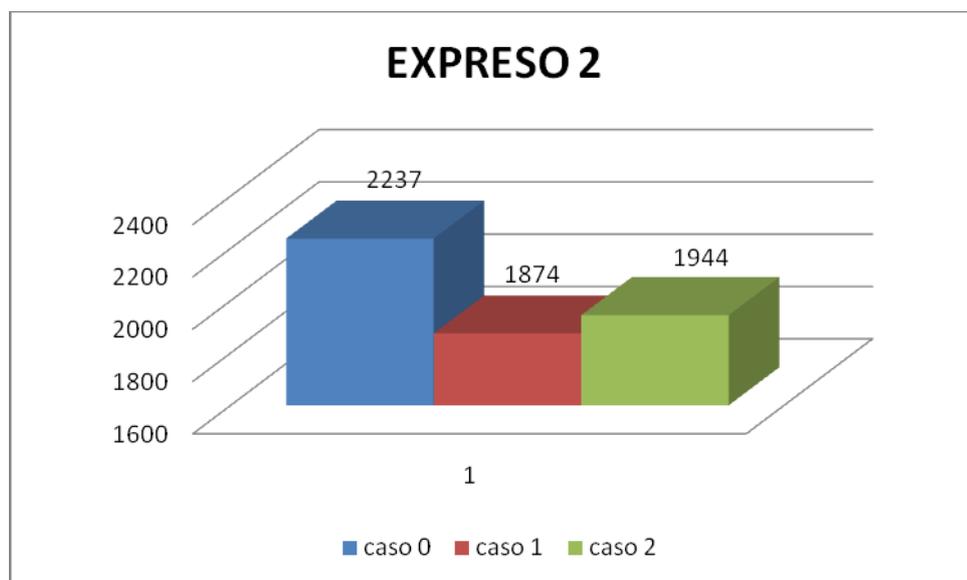


Gráfico 3.7 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Expreso2

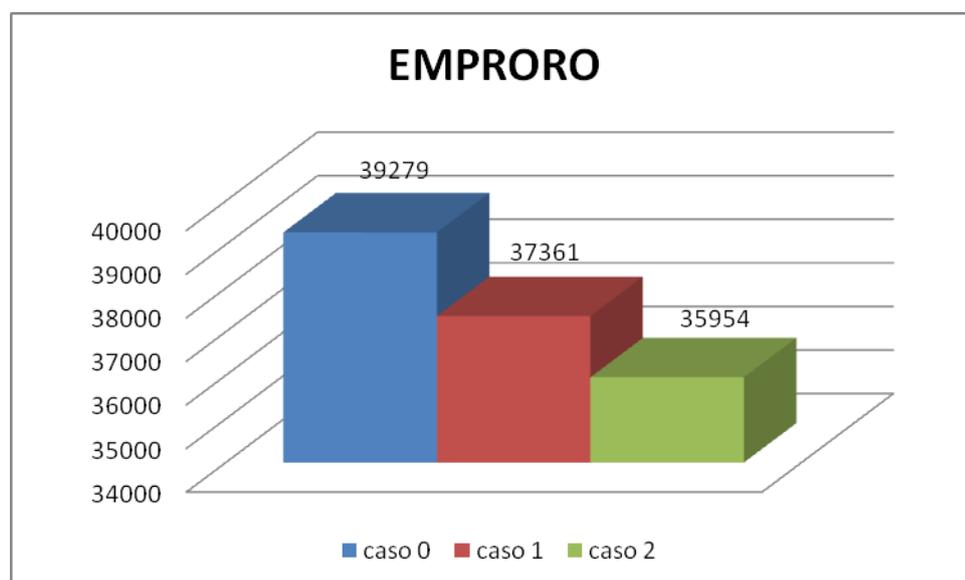


Gráfico 3.8 Comparación de Índice de Confiabilidad ENS Alimentador Emproro

Se puede ver claramente que los casos 1 y 2 que proponemos, mejoran los índices de confiabilidad internacionales y disminuyen la energía no suplida por la empresa distribuidora que se traducen en pérdidas para la misma.

3.4.2 Análisis Económico de los casos o alternativas presentadas

De la tabla 3.4 escogimos las opciones sombreadas en la tabla 3.4. La tabla de resumen con las mejores opciones propuestas queda de la siguiente forma:

| Reducción de Pérdidas en USD. | |
|--------------------------------------|-------------|
| Madero Vargas | 106032,688 |
| Unioro | 33418,20997 |
| Expreso 2 | 2458,946827 |
| Emproro | 320815,025 |
| Total Ct | 462724,8698 |

Tabla3.5 Reducción de Pérdidas en dólares

La reducción de las pérdidas en dólares se dio mediante la elección de entre los casos propuestos que nos dieron menos pérdidas de energía, USD y que disminuyeron más los índices.

Las siguientes tablas muestran las inversiones propuestas por alimentadora:

| Madero Vargas | | | |
|----------------------|--|--------------|--------------------|
| Concentración | Detalle | fases | Precio |
| B | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 1 | \$ 141,20 |
| C | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 2 | \$ 282,40 |
| E | Fusible 8k + MANO DE OBRA | 1 | \$ 141,30 |
| L | Fusible 8k + MANO DE OBRA | 3 | \$ 423,90 |
| N | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 3 | \$ 423,60 |
| S | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 2 | \$ 282,40 |
| Y | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 3 | \$ 423,60 |
| Z | Fusible 6k + MANO DE OBRA | 3 | \$ 423,60 |
| 5 | Seccionador 15 KV, 100 a + MANO DE OBRA | 3 | \$ 824,34 |
| 11 | Seccionador 15 KV, 100 a + MANO DE OBRA | 3 | \$ 824,34 |
| | | Total | \$ 4.190,68 |

Tabla3.6 Inversión para alimentadora Madero Vargas

| Unioro | | | |
|----------------------|----------------|--------------|------------------|
| Concentración | Detalle | fases | Precio |
| J | Fusible 6k | 1 | \$ 141,20 |
| | | Total | \$ 141,20 |

Tabla3.7 Inversión para Alimentador Unioro

| Expreso 2 | | | |
|----------------------|----------------|--------------|------------------|
| Concentración | Detalle | fases | Precio |
| D | Fusible 6k | 3 | \$ 423,60 |
| | | Total | \$ 423,60 |

Tabla3.8 Inversión para Alimentador Expreso2

| Emproro | | | |
|----------------------|------------------------------------|--------------|------------------|
| Concentración | Detalle | fases | Precio |
| P | Fusible 6k | 3 | \$ 423,60 |
| T | Fusible 6k | 1 | \$ 141,20 |
| U | Fusible 6k | 2 | \$ 282,40 |
| V | Fusible 6k | 3 | \$ 423,60 |
| 9 al 16 | Mover un fusible del punto 9 al 16 | 3 | \$ 24,00 |
| | | Total | \$ 871,20 |

Tabla 3.9 Inversión para Alimentador Emproro

| Caso total | | |
|---------------------|---|--------------------|
| Alimentadora | Mejora | Precio (\$) |
| M. Vargas | 8 fusibles + 2 seccionadores 3 Φ con todo | 4190,68 |
| Uniro | 1 fusible con todo | 141,2 |
| Expreso 2 | 1 fusible con todo | 423,6 |
| Emproro | 4 fusibles + 2 seccionadores 3 Φ solo mano de obra | 871,2 |
| | Total inversión | 5626,68 |

Tabla 3.10 Caso total

El desglose de los costos se presenta en las tablas siguientes.

| FUSIBLES | | | | |
|-----------------|---------------------|-------------|---------------------|--------------|
| FUSIBLES | TIRA FUSIBLE | CAJA | MANO DE OBRA | TOTAL |
| 6 K | \$ 1,20 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 141,20 |
| 8K | \$ 1,30 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 141,30 |
| 10 K | \$ 1,50 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 141,50 |
| 15 K | \$ 1,80 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 141,80 |
| 25 K | \$ 1,80 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 141,80 |
| 40 K | \$ 2,00 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 142,00 |
| 65 K | \$ 2,50 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 142,50 |
| 100 K | \$ 3,50 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 143,50 |
| 140 K | \$ 6,80 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 146,80 |
| 200 K | \$ 11,50 | \$ 65 | \$ 75 | \$ 151,50 |

Tabla3.11 desglose de los costos

| SECCIONADOR DE TRANSFERENCIA | PRECIO | MANO DE OBRA | TOTAL |
|-------------------------------------|---------------|---------------------|--------------|
| TRANSFERENCIA MANUAL | \$ 7.110,00 | \$ 250 | \$ 7.360,00 |

Tabla3.12 desglose de los costos

| DESCRIPCIÓN | PRECIO | MANO DE OBRA | TOTAL |
|---|---------------|---------------------|--------------|
| Seccionadores 15 KV 100A, Estándar | \$ 272,28 | \$ 2,5 | \$ 274,78 |

Tabla3.13 desglose de los costos

De los datos en tablas presentados anteriormente, se ha tomado las opciones menos costosas de elementos para mejorar el sistema, es así que

para Emproro, proponemos mover uno de los elementos de seccionamiento del punto 9 de la troncal al punto 16 de la troncal y así ahorrar material y pagar únicamente el valor de instalación del seccionador reubicado. Así mismo para las demás alimentadoras tratado de aprovechar los dispositivos ya instalados para transmisión.

La inversión total propuesta a pagarse a un año plazo es de 5626,68 USD para reducir la energía no suplida de 87055,88437 KW/año con un costo de 659181,327 USD dólares por año a solamente 60374 KW/año con un costo de 462724,8698 USD.

Por otro lado, se redujo el Ca (Costo de energía no suplida por consumidor) de 58,05 USD al año a 40,80 USD al año.

Se podría reducir más los índices internacionales de confiabilidad pero los precios de inversión serían muy altos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar los estudios técnicos y económicos para la Subestación Machala, podemos concluir:

1. La reducción de pérdidas económicas es un punto clave que debe ser tomado en cuenta y usarlo para tomar las decisiones en cuanto a la implementación de nuevas protecciones para los sistemas de distribución.
2. Para la alimentadora Madero Vargas, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso dos. Realizando una inversión de USD\$ 4,190 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 162,563.
3. Para la alimentadora Unioro, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso uno. Realizando una inversión de USD\$ 141 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 3,871.
4. Para la alimentadora Expreso2, se deben realizar implementaciones de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso uno. Realizando una inversión de USD\$ 423 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 359; aunque en el primer año luego de la implementación de las mejoras no se vea reflejada la reducción.

5. Para la alimentadora Emproro, se debe realizar la implementación de las mejoras en el sistema de protecciones propuestas en el caso dos. Realizando una inversión de USD\$ 871 se logra reducir las pérdidas por energía no suplida en USD\$ 29,664.
6. En cuanto al nivel de voltaje y compensación de potencia reactiva, no es necesario instalar bancos de capacitores en ninguna de las alimentadoras. El nivel de voltaje está dentro de los límites permitidos según la reglamentación del CONELEC.
7. En cuanto a la cargabilidad de las líneas, no existe ninguna sobrecarga y según el factor de utilización la única fase que podría estar un poco cargada es la fase B del circuito alimentador Unioro con un Factor de Utilización de 84%.
8. El máximo desbalance de corriente se dio en el mes de Abril en todas las alimentadoras excepto Madero Vargas que disminuyó en 1.80 %.
9. Los valores calculados de los índices FMIK y TTIK para los años 2002 al 2006, no están dentro de los límites establecidos por la regulación del CONELEC. En los años 2007 y 2008; disminuyeron acercándose a los valores límites permitidos, pero aun fuera de estos. Este hecho es atribuido a los cambios realizados en la potencia instalada.

10. En cuanto a la estadística de fallas por año, se nota un aumento considerable en el número de interrupciones cuando se incluyen las fallas de los transformadores de distribución y sus componentes (fusibles, puente, crucetas, etc.).

Se puede recomendar lo siguiente:

1. Realizar con más frecuencia el mantenimiento preventivo a los transformadores de distribución.
2. Cambiar los fusibles por seccionadores, en los puntos donde se realizan los seccionamientos de las alimentadoras.

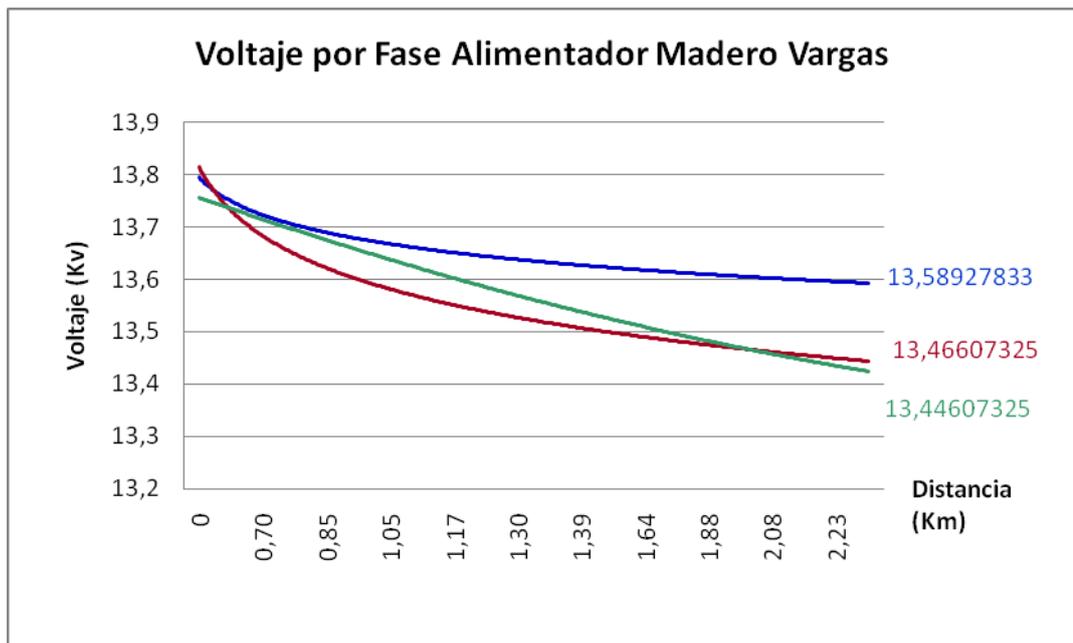
ANEXO B. Ubicación geográfica de la Subestación Machala



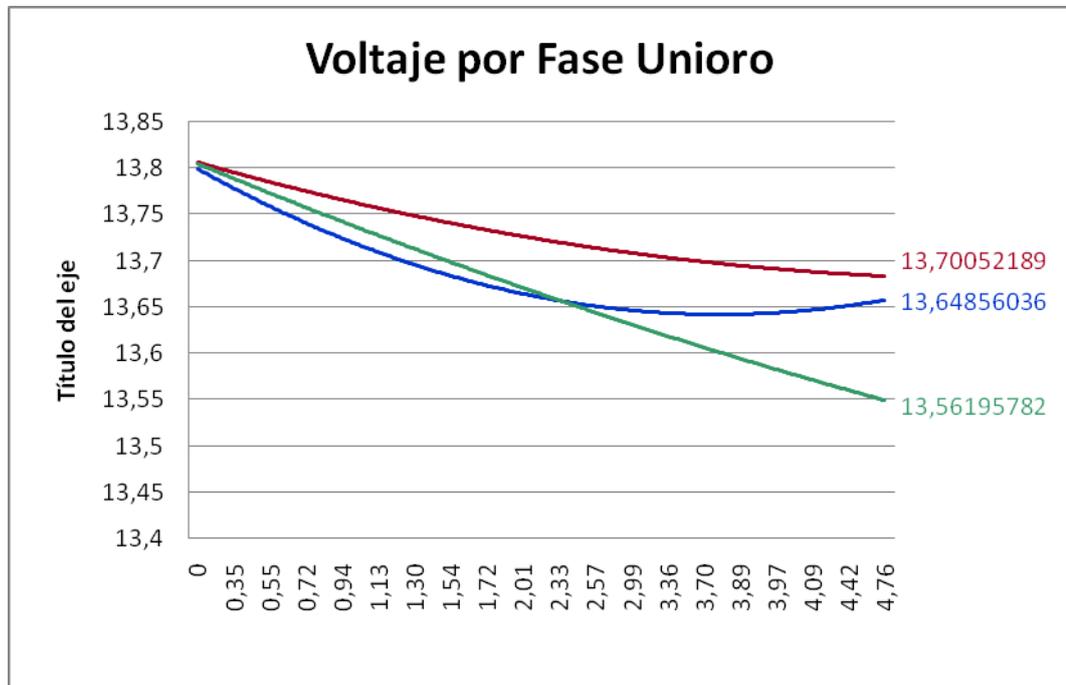
ANEXO C. Tabla de voltaje por fase al final de cada alimentador usando capacitores

| Voltaje por Fase al final de cada Alimentador | | | | |
|---|---------------|--------|-----------|---------|
| Fases | Madero Vargas | Unioro | Expreso 2 | Emproro |
| A | 13,59 | 13,65 | 13,34 | 13.40 |
| B | 13,47 | 13,70 | 13,61 | 13.55 |
| C | 13,45 | 13,56 | 13,34 | 13.57 |

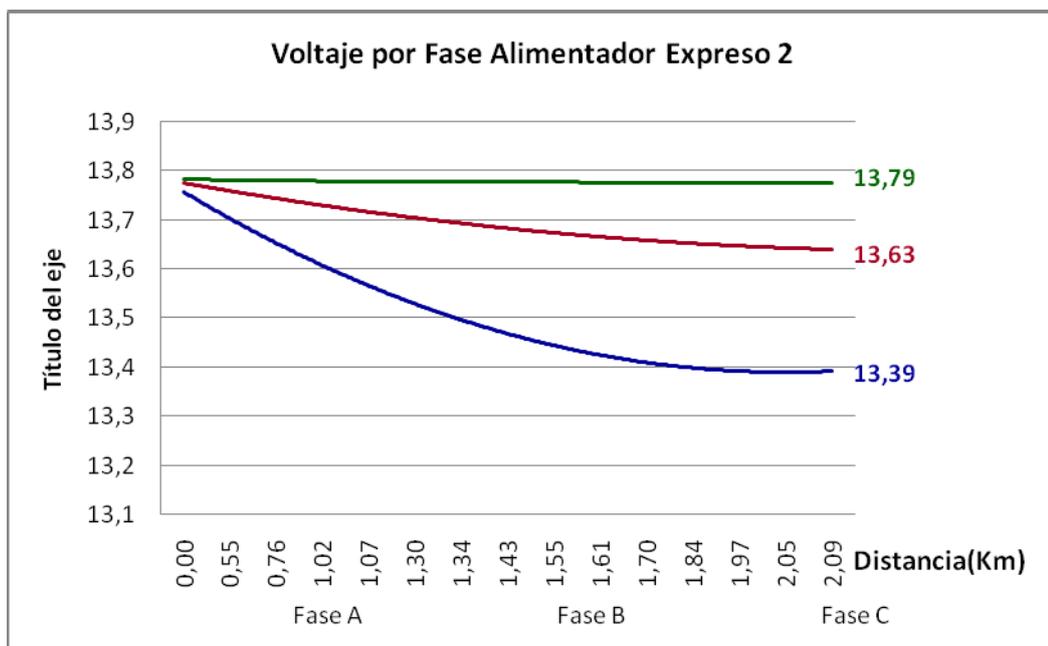
ANEXO C1. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Madero Vargas



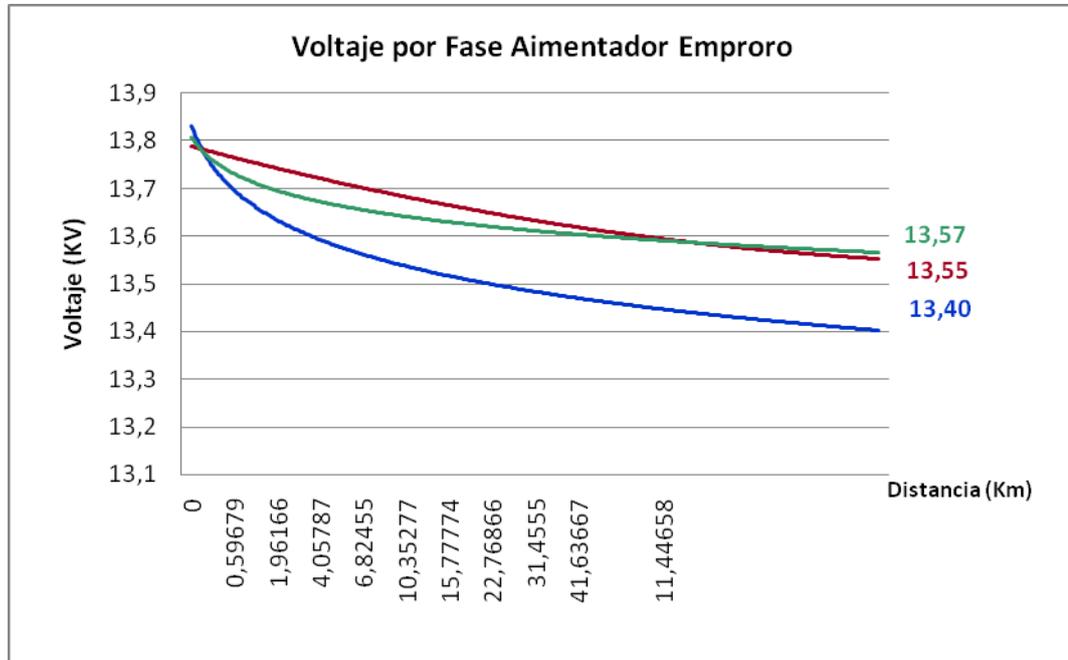
ANEXO C2. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Unioro



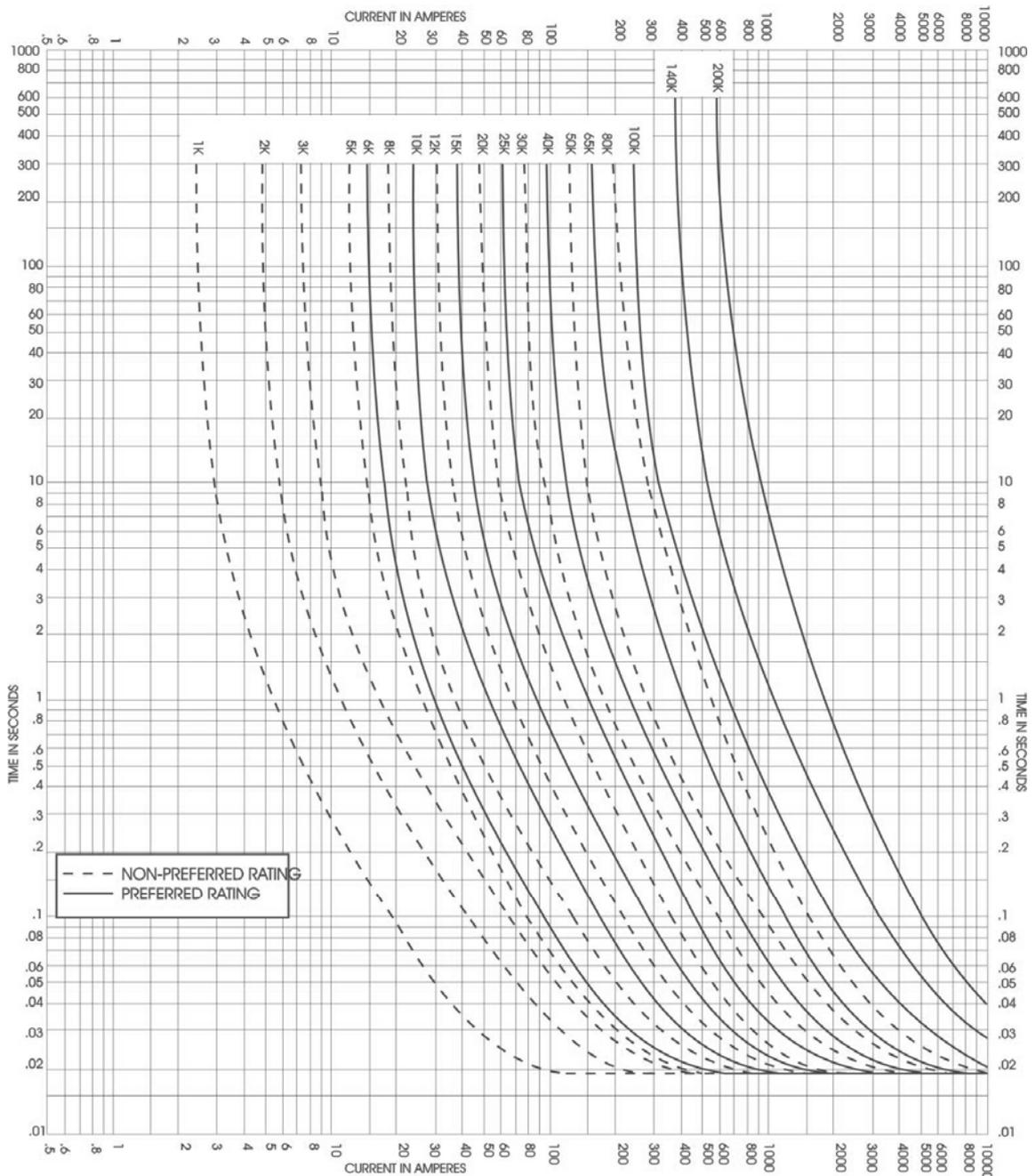
ANEXO C3. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Expreso2



ANEXO C4. Gráfico de Voltaje por fase del alimentador Emproro



ANEXO D. Curva de tiempo de despeje máximo de los fusibles tipo K



TOTAL CLEARING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at rated Volts a.c., starting at 23°C with no initial load.
Maximum test points plotted so variations should be minus.

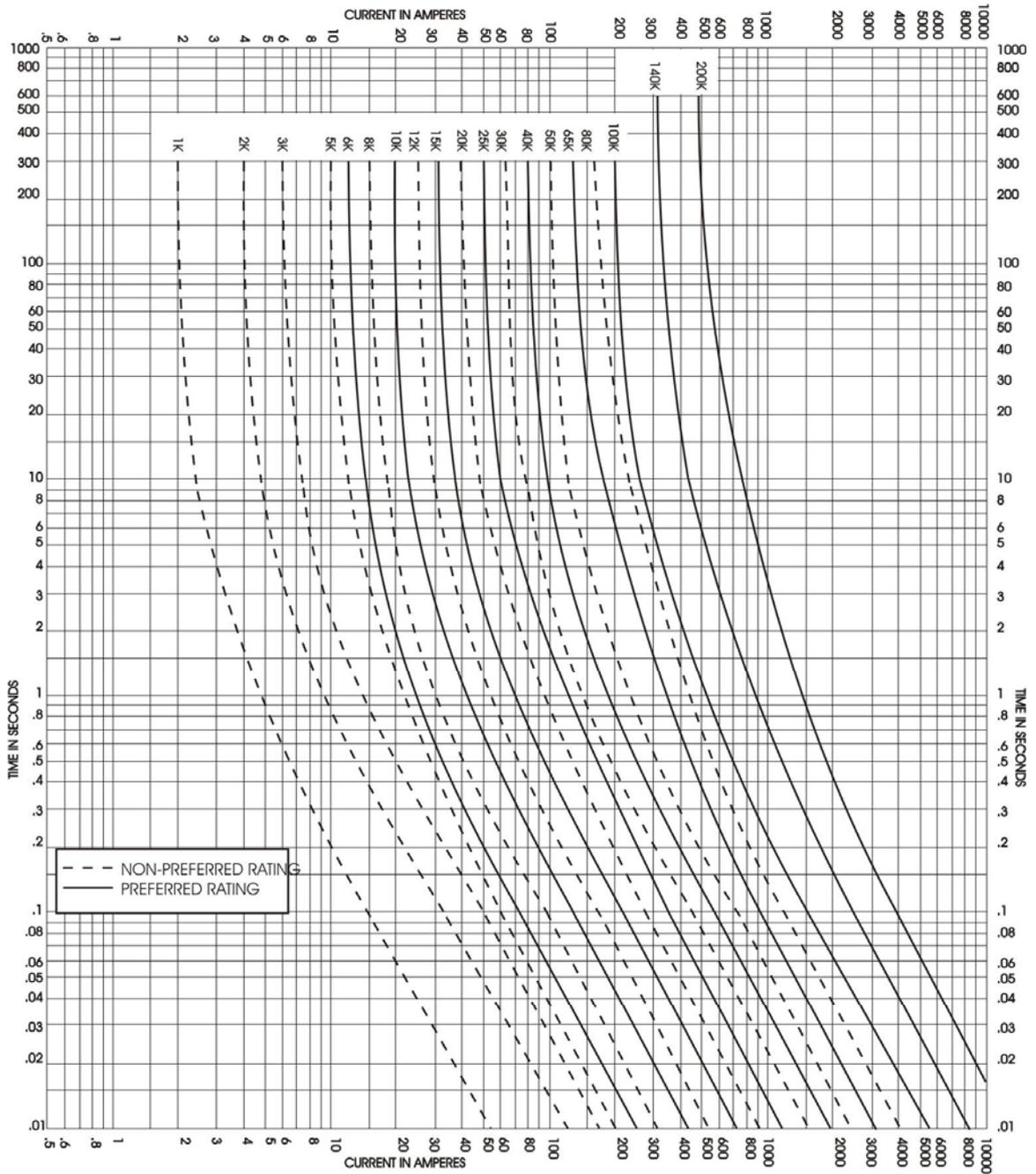
TYPE K



August 1996

TCC28-02
page 2

ANEXO D1. Curva de Tiempo de Fusión Mínima de los Fusibles tipo K



MINIMUM MELTING TIME CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

Curves of EF fuse links. Basis for data: ANSI/IEEE C 37.41 and ANSI/IEEE C 37.42. Tests at low Volts a.c., starting at 23°C with no initial load. Minimum test points plotted so variations should be plus.

TYPE K



August 1996

TCC28-02
page 1

ANEXO D2. Coordinación entre Fusibles tipo K

| Coordinación entre fusibles tipo K (EEI-NEMA). | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Rango del fusible de protección I nominal | Fusible protegido (amperios) I nominal | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 K | 10 K | 12 K | 14 K | 20 K | 25 K | 30 K | 40 K | 50 K | 65 K | 80 K | 100 K | 140 K | 200 K |
| Corriente máxima de falla a la cual B protege a A | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 k | 190 | 350 | 510 | 650 | 840 | 1060 | 1340 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 8 k | | 210 | 440 | 650 | 840 | 1060 | 1340 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 10 k | | | 300 | 540 | 840 | 1060 | 1340 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 12 k | | | | 320 | 710 | 1050 | 1340 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 15 k | | | | | 430 | 870 | 1340 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 20 k | | | | | | 500 | 1100 | 1700 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 25 k | | | | | | | 660 | 1350 | 2200 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 30 k | | | | | | | | 850 | 1700 | 2800 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 40 k | | | | | | | | | 1100 | 2200 | 3900 | 5800 | 9200 | |
| 50 k | | | | | | | | | | 1450 | 3500 | 5800 | 9200 | |
| 65 k | | | | | | | | | | | 2400 | 5800 | 9200 | |
| 80 k | | | | | | | | | | | | 4500 | 9200 | |
| 100 k | | | | | | | | | | | | 2000 | 9100 | |
| 140 k | | | | | | | | | | | | | 4000 | |

ANEXO D3. Capacidad de los Fusibles tipo K

| Capacidad continua de corriente de fusibles de distribución tipos K, T, H, y N de estaño | | | | | | | |
|--|------------------------|------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Fusible de Alta descarga | Corriente continua (A) | Nº Nominal | | EEI-NEMA K o T Nominal | Corriente continua (A) | EEI-NEMA K o T Nominal | Corriente continua (A) |
| 1 H | 1 | 25 | 25 | 6 | 9 | 40 | 60* |
| 2 H | 2 | 30 | 30 | 8 | 12 | 50 | 75* |
| 3 H | 3 | 40 | 40 | 10 | 15 | 65 | 95 |
| 5 H | 5 | 50 | 50 | 12 | 18 | 80 | 120+ |
| 8 H | 8 | 60 | 60 | 15 | 23 | 100 | 150+ |
| | | 75 | 75 | 20 | 30 | 140 | 190 |
| Nº Nominal | | 85 | 85 | 25 | 38 | 200 | 200 |
| 5 | 5 | 100 | 100 | 30 | 45 | | |
| 8 | 8 | 125 | 125 | | | | |
| 10 | 10 | 150 | 150 | | | | |
| 15 | 15 | 200 | 200 | | | | |
| 20 | 20 | | | | | | |

* Solo cuando es usado en cortacircuitos de 100 o 200 A.
+ Solo cuando es usado en cortacircuitos de 200 A.
Limitado por corriente de régimen continuo del cortacircuito.

ANEXO E. Información de interrupciones de alimentadora Madero Vargas

| Fecha Superación Interrupción | Tiempo de interrupción | Duración de interrupción | Tipo de Falla | Punto de Transformación | Potencia Acumulada | Potencia Desconectada | Potencia Instalada | Carga Media Desconectada | Descripción Origen | Descripción Causa |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---|
| 30/01/2008 22:00 | 0:45 | 0,750 | P | 7751 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 31/01/2008 22:00 | 2:16 | 2,267 | P | 14135 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 31/01/2008 22:39 | 1:33 | 1,550 | P | 15898 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO |
| 02/01/2008 9:40 | 0:24 | 0,400 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 1402,19 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 03/01/2008 9:05 | 1:18 | 1,300 | P | 7865 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO |
| 03/01/2008 9:53 | 2:03 | 2,050 | P | 6060 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 12/01/2008 20:25 | 2:25 | 2,417 | P | 16230 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 17/01/2008 20:30 | 0:30 | 0,500 | P | 14905 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 21/01/2008 10:45 | 2:15 | 2,250 | P | 17073 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 22/01/2008 11:00 | 0:45 | 0,750 | P | 6097 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 01/02/2008 21:20 | 1:10 | 1,167 | P | 20365 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 22/02/2008 23:58 | 1:01 | 1,017 | P | 14135 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 22/02/2008 23:13 | 2:13 | 2,217 | P | 7858 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 20/02/2008 9:30 | 0:30 | 0,500 | P | 16163 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 07/02/2008 | 1:00 | 1,000 | P | 15898 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. | ACTUÓ BREAKER DEL |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|---|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|---|
| 9:00 | | | | | | | | | RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 07/02/2008 22:32 | 0:32 | 0,533 | P | 15898 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 07/02/2008 19:17 | 10:14 | 10,233 | P | 15898 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 06/02/2008 22:07 | 0:39 | 0,650 | P | 15898 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 29/02/2008 21:00 | 1:19 | 1,317 | P | 7918 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 13/03/2008 17:36 | 0:06 | 0,100 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3186,8 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 26/03/2008 12:30 | 0:46 | 0,767 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3975,53 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C |
| 03/03/2008 9:00 | 1:00 | 1,000 | P | 7846 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 06/03/2008 11:20 | 2:05 | 2,083 | P | 17328 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 10/03/2008 13:14 | 1:02 | 1,033 | P | 6565 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 18/03/2008 10:00 | 0:55 | 0,917 | P | 7871 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 19/03/2008 17:49 | 2:19 | 2,317 | P | 6326 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 20/03/2008 11:40 | 3:40 | 3,667 | P | 20669 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 26/03/2008 21:30 | 1:00 | 1,000 | P | 6133 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 29/03/2008 9:30 | 1:15 | 1,250 | P | 7074 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |
| 27/04/2008 11:46 | 1:00 | 1,000 | P | 6338 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 29/04/2008 21:37 | 0:08 | 0,133 | P | 7785 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 30/04/2008 11:00 | 2:05 | 2,083 | P | 6082 | 15 | 15 | 13280 | 9,3 | NO PROGR. RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-------|---|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|---|
| 02/04/2008 20:55 | 0:47 | 0,783 | P | 7250 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 02/04/2008 21:12 | 0:49 | 0,817 | P | 12824 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 02/04/2008 21:45 | 1:45 | 1,750 | P | 7814 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 07/04/2008 22:00 | 0:34 | 0,567 | P | 7064 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 08/04/2008 10:45 | 1:45 | 1,750 | P | 6118 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | SECCIONADOR AVERIADO |
| 08/04/2008 17:00 | 0:30 | 0,500 | P | 20365 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 10/04/2008 20:30 | 0:30 | 0,500 | P | 6781 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 11/04/2008 20:00 | 1:26 | 1,433 | P | 20365 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 18/04/2008 21:20 | 0:28 | 0,467 | P | 20365 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 18/04/2008 21:28 | 0:20 | 0,333 | P | 7064 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 20/04/2008 21:50 | 0:13 | 0,217 | P | 14905 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 21/04/2008 10:54 | 2:54 | 2,900 | P | 7871 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 23/04/2008 9:23 | 1:17 | 1,283 | P | 5762 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 24/04/2008 21:40 | 3:15 | 3,250 | P | 7858 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 25/04/2008 17:00 | 0:30 | 0,500 | P | 15914 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 01/05/2008 14:11 | 0:46 | 0,767 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3497,51 | NO PROGR. RED | AUTORECONEXIÓN (FALLA TRANSITORIA) |
| 04/05/2008 8:10 | 0:30 | 0,500 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 2382,13 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C |
| 02/05/2008 17:10 | 1:25 | 1,417 | P | 7830 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-------|---|-------|-------|-------|-------|---------|---------------------|---|
| 02/05/2008 21:44 | 0:53 | 0,883 | P | 7064 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |
| 16/05/2008 16:30 | 1:00 | 1,000 | P | 16230 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 25/05/2008 16:20 | 0:20 | 0,333 | P | 6841 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 16/06/2008 0:50 | 1:10 | 1,167 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3903,83 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C |
| 15/07/2008 21:00 | 0:08 | 0,133 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 4166,74 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE PUENTES MV |
| 22/07/2008 21:00 | 0:07 | 0,117 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 4413,72 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE SECCIONADOR |
| 23/07/2008 7:35 | 2:59 | 2,983 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3051,36 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C |
| 12/09/2008 14:00 | 2:15 | 2,250 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3417,84 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE POSTE |
| 22/09/2008 17:00 | 1:30 | 1,500 | P | 7843 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 24/10/2008 22:00 | 1:15 | 1,250 | P | 7813 | 75 | 75 | 13280 | 46,5 | NO PROGR. RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |
| 21/10/2008 17:20 | 1:20 | 1,333 | P | 5651 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 09/11/2008 14:30 | 0:42 | 0,700 | P | 7858 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 13/11/2008 12:00 | 0:30 | 0,500 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3233 | NO PROGR. RED | SOBRECORRIENTE EN EL NEUTRO |
| 25/11/2008 14:40 | 0:20 | 0,333 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 2980 | PROGR. POR MANT. | PODA DE ÁRBOLES |
| 09/12/2008 22:40 | 0:10 | 0,167 | P | 14716 | 37,5 | 37,5 | 13280 | 23,25 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 31/12/2008 21:00 | 1:00 | 1,000 | P | 7858 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 29/12/2008 21:30 | 0:55 | 0,917 | P | 7341 | 25 | 25 | 13280 | 15,5 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 26/12/2008 18:00 | 0:30 | 0,500 | P | 14905 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-------|---|-------|-------|-------|-------|------|------------------|--------------------------------------|
| 18/12/2008 21:00 | 2:30 | 2,500 | P | 7452 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 14/12/2008 16:40 | 0:15 | 0,250 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 3272 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 24/12/2008 7:20 | 0:30 | 0,500 | G | 0 | 13280 | 13280 | 13280 | 724 | NO PROGR. RED | CONECTOR DE ACOMETIDA SULFATADO |
| 09/12/2008 10:20 | 1:07 | 1,117 | P | 17328 | 50 | 50 | 13280 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |

ANEXO E1. Información de interrupciones de alimentadora Unioro

| Fecha Inicio Interrupción | Fecha Superación Interrupción | Tiempo de falla | Duración de Falla | Sistema Electrico Afectado | Punto de Transformación | Potencia Acumulada | Potencia Desconectada | Potencia Instalada | Carga Media Desconectada | Descripcion Origen | Descripcion Causa |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|---|
| 17/01/2008 13:30 | 17/01/2008 13:40 | 0:10 | 0,1667 | A. MV | 0 | 10095 | 10095 | 10095 | 1920,05 | NO PROGR.RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE B C |
| 16/01/2008 13:24 | 16/01/2008 13:56 | 0:32 | 0,5333 | T. MV/BV | 7965 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 25/02/2008 11:00 | 25/02/2008 12:45 | 1:45 | 1,7500 | T. MV/BV | 16269 | 10 | 10 | 10095 | 6,2 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 03/02/2008 15:30 | 03/02/2008 16:34 | 1:04 | 1,0667 | T. MV/BV | 20368 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 02/02/2008 16:20 | 02/02/2008 17:38 | 1:18 | 1,3000 | T. MV/BV | 14671 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR POTENCIA |
| 15/03/2008 12:58 | 15/03/2008 14:05 | 1:07 | 1,1167 | A. MV | 0 | 10095 | 10095 | 10095 | 2597,24 | NO PROGR. POR TERCEROS | CHOQUE DE VEHÍCULOS O AERONAVES |
| 06/03/2008 13:00 | 06/03/2008 15:00 | 2:00 | 2,0000 | T. MV/BV | 7946 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 21/03/2008 18:51 | 21/03/2008 22:00 | 3:09 | 3,1500 | T. MV/BV | 17074 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 24/03/2008 8:46 | 24/03/2008 11:06 | 2:20 | 2,3333 | T. MV/BV | 14421 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 16/04/2008 7:20 | 16/04/2008 8:30 | 1:10 | 1,1667 | A. MV | 0 | 10095 | 10095 | 10095 | 1083,51 | PROGR. POR MANT. | REUBICAR POSTE |
| 24/04/2008 8:55 | 24/04/2008 14:21 | 5:26 | 5,4333 | A. MV | 0 | 10095 | 10095 | 10095 | 2063,45 | NO PROGR.RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE B |
| 06/04/2008 20:30 | 06/04/2008 21:00 | 0:30 | 0,5000 | T. MV/BV | 7457 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | FUSIBLE BT AVERIADA |
| 12/04/2008 11:12 | 12/04/2008 11:53 | 0:41 | 0,6833 | T. MV/BV | 5864 | 25 | 25 | 10095 | 15,5 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 23/04/2008 16:30 | 23/04/2008 18:00 | 1:30 | 1,5000 | T. MV/BV | 7444 | 15 | 15 | 10095 | 9,3 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 25/04/2008 18:00 | 25/04/2008 18:20 | 0:20 | 0,3333 | T. MV/BV | 7996 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 06/05/2008 8:38 | 06/05/2008 9:35 | 0:57 | 0,9500 | T. MV/BV | 7444 | 15 | 15 | 10095 | 9,3 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|---|
| 09/05/2008 10:44 | 09/05/2008 11:45 | 1:01 | 1,0167 | T. MV/BV | 7915 | 25 | 25 | 10095 | 15,5 | NO PROGR.RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN QUEMADO |
| 09/05/2008 9:16 | 09/05/2008 12:20 | 3:04 | 3,0667 | T. MV/BV | 7939 | 5 | 5 | 10095 | 3,1 | NO PROGR.RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO |
| 09/05/2008 16:00 | 09/05/2008 17:30 | 1:30 | 1,5000 | T. MV/BV | 7915 | 25 | 25 | 10095 | 15,5 | NO PROGR.RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO |
| 14/05/2008 8:00 | 14/05/2008 9:00 | 1:00 | 1,0000 | T. MV/BV | 6113 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 14/05/2008 10:07 | 14/05/2008 10:40 | 0:33 | 0,5500 | T. MV/BV | 7754 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |
| 23/05/2008 18:25 | 23/05/2008 18:50 | 0:25 | 0,4167 | T. MV/BV | 6104 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 26/05/2008 13:20 | 26/05/2008 14:00 | 0:40 | 0,6667 | T. MV/BV | 14413 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 29/05/2008 13:30 | 29/05/2008 15:00 | 1:30 | 1,5000 | T. MV/BV | 6565 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACOMETIDA ARRANCADA |
| 21/06/2008 18:30 | 21/06/2008 19:30 | 1:00 | 1,0000 | T. MV/BV | 6916 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 03/06/2008 17:20 | 03/06/2008 18:00 | 0:40 | 0,6667 | T. MV/BV | 6104 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 12/08/2008 18:40 | 12/08/2008 19:00 | 0:20 | 0,3333 | T. MV/BV | 7462 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 12/10/2008 16:30 | 12/10/2008 17:10 | 0:40 | 0,6667 | T. MV/BV | 17333 | 50 | 50 | 10095 | 31 | NO PROGR.RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 13/10/2008 11:20 | 13/10/2008 12:00 | 0:40 | 0,6667 | T. MV/BV | 6731 | 25 | 25 | 10095 | 15,5 | NO PROGR.RED | LINEA ARRANCADA |
| 21/10/2008 8:22 | 21/10/2008 8:35 | 0:13 | 0,2167 | T. MV/BV | 7982 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | CONECTOR DE BAJANTE DE TRANSFORMADOR SULFATADO |
| 05/11/2008 11:00 | 05/11/2008 12:00 | 1:00 | 1,0000 | T. MV/BV | 21589 | 37,5 | 37,5 | 10095 | 23,25 | NO PROGR.RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 15/11/2008 10:00 | 15/11/2008 11:00 | 1:00 | 1,0000 | T. MV/BV | 6731 | 25 | 25 | 10095 | 15,5 | NO PROGR.RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 01/12/2008 14:05 | 01/12/2008 14:10 | 0:05 | 0,0833 | A. MV | 0 | 10095 | 10095 | 10095 | 159 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE FUSIBLE MV |

ANEXO E2. Información de interrupciones de alimentadora Expreso2

| Fecha Inicio Interrupción | Fecha Superación Interrupción | Tiempo de Interrupcion | Duracion de Interrupcion | Punto de Transformación | Potencia Acumulada | Potencia Desconectada | Potencia Instalada | Carga Media Desconectada | Descripcion Origen | Descripcion Causa |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---|
| 12/01/2008 10:02 | 12/01/2008 10:53 | 0:51 | 0,850 | 5628 | 25 | 25 | 896,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 04/02/2008 22:30 | 04/02/2008 22:50 | 0:20 | 0,333 | 0 | 896,5 | 896,5 | 896,5 | 2063,45 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE PUENTES MV |
| 20/02/2008 19:20 | 20/02/2008 19:55 | 0:35 | 0,583 | 0 | 896,5 | 896,5 | 896,5 | 2174,99 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 03/03/2008 18:03 | 03/03/2008 19:36 | 1:33 | 1,550 | 13459 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 12/03/2008 9:27 | 12/03/2008 9:58 | 0:31 | 0,517 | 5850 | 75 | 75 | 4710 | 46,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 13/03/2008 12:59 | 13/03/2008 13:52 | 0:53 | 0,883 | 6765 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 13/03/2008 16:05 | 13/03/2008 19:10 | 3:05 | 3,083 | 13399 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 16/03/2008 19:00 | 16/03/2008 22:30 | 3:30 | 3,500 | 6141 | 50 | 50 | 896,5 | 31 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSION |
| 28/03/2008 9:12 | 28/03/2008 10:55 | 1:43 | 1,717 | 6910 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 04/04/2008 17:57 | 04/04/2008 18:33 | 0:36 | 0,600 | 0 | 896,5 | 896,5 | 896,5 | 2764,55 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A B C |
| 05/04/2008 8:50 | 05/04/2008 8:56 | 0:06 | 0,100 | 0 | 896,5 | 896,5 | 896,5 | 1306,59 | PROGR. POR MANT. | CAMBIO DE PUENTES MV |
| 09/04/2008 18:19 | 09/04/2008 19:00 | 0:41 | 0,683 | 6910 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION QUEMADO |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------------|---|
| 13/05/2008 17:20 | 13/05/2008 19:28 | 2:08 | 2,133 | 13259 | 25 | 25 | 896,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 16/05/2008 15:32 | 16/05/2008 16:00 | 0:28 | 0,467 | 6781 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 16/08/2008 9:23 | 16/08/2008 9:32 | 0:09 | 0,150 | 0 | 896,5 | 896,5 | 896,5 | 1171,15 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSION |
| 30/11/2008 10:23 | 30/11/2008 11:08 | 0:45 | 0,750 | 7144 | 50 | 50 | 4710 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |

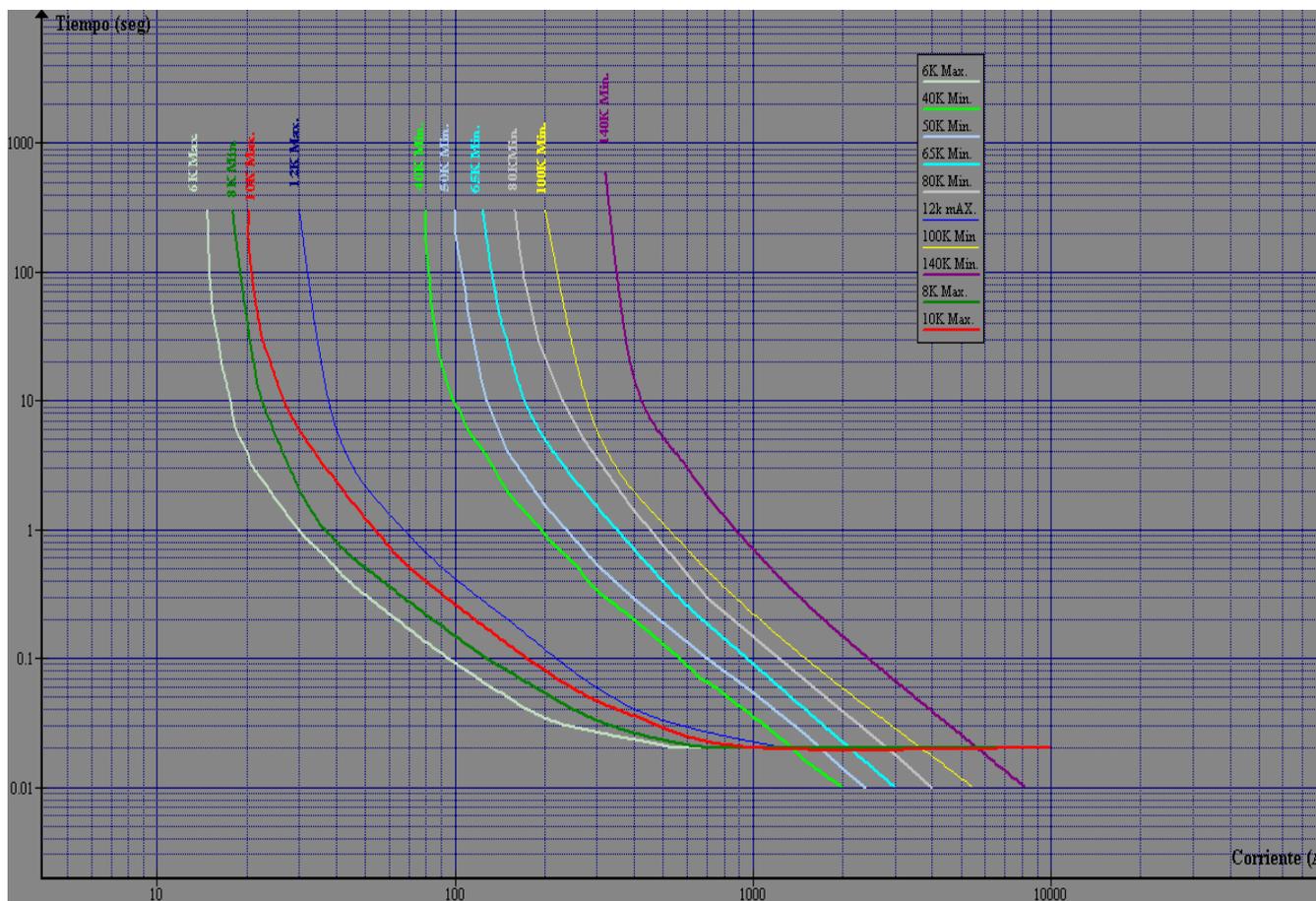
ANEXO E3. Información de interrupciones de alimentadora Emproro

| Fecha Inicio Interrupción | Fecha Superación Interrupción | Tiempo de falla | duración de falla | Punto de Transformación | Potencia Desconectada | Potencia Instalada | Carga Media Desconectada | Descripcion Origen | Descripcion Causa |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---|
| 20/01/2008 13:40 | 20/01/2008 13:44 | 0:04 | 0,067 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2358,23 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 09/01/2008 11:00 | 09/01/2008 12:48 | 1:48 | 1,800 | 15180 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 12/01/2008 8:44 | 12/01/2008 10:06 | 1:22 | 1,367 | 13141 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 19/01/2008 9:50 | 19/01/2008 14:25 | 4:35 | 4,583 | 13156 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 24/01/2008 15:59 | 24/01/2008 17:17 | 1:18 | 1,300 | 6786 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 27/01/2008 17:00 | 27/01/2008 18:00 | 1:00 | 1,000 | 13372 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 26/02/2008 19:22 | 26/02/2008 21:00 | 1:38 | 1,633 | 13158 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 17/02/2008 18:24 | 17/02/2008 19:00 | 0:36 | 0,600 | 15153 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 01/03/2008 8:00 | 01/03/2008 10:00 | 2:00 | 2,000 | 5924 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 07/03/2008 8:00 | 07/03/2008 10:00 | 2:00 | 2,000 | 6452 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 12/03/2008 16:00 | 12/03/2008 17:00 | 1:00 | 1,000 | 14903 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | FUSIBLE EN AT QUEMADO |
| 14/03/2008 16:10 | 14/03/2008 17:00 | 0:50 | 0,833 | 13141 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 19/03/2008 17:48 | 19/03/2008 20:17 | 2:29 | 2,483 | 6721 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 20/03/2008 8:20 | 20/03/2008 10:30 | 2:10 | 2,167 | 6721 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 20/03/2008 9:05 | 20/03/2008 10:50 | 1:45 | 1,750 | 7324 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |

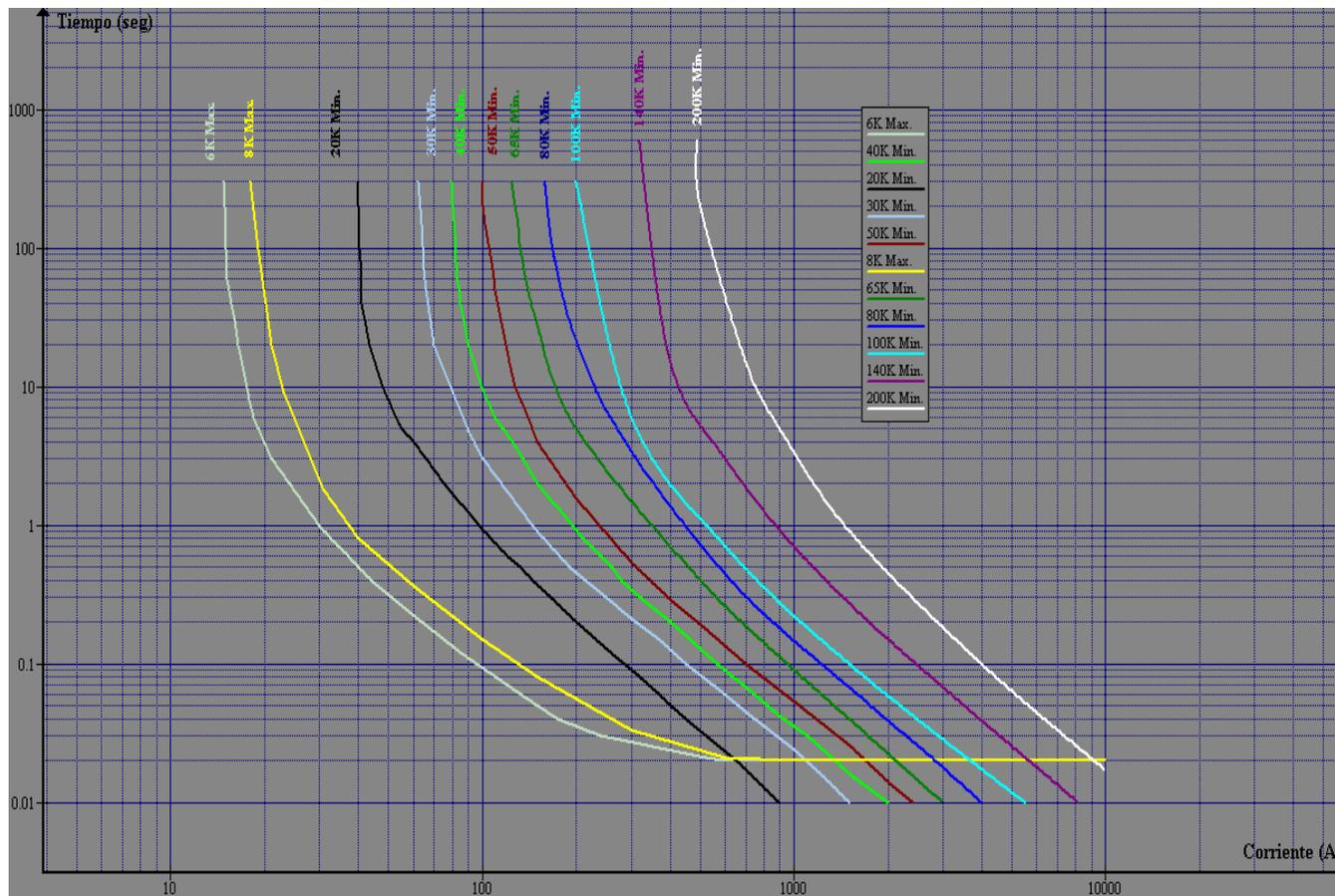
| | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|------|-------|-------|---------|---------|---------|---------------------|---|
| 20/03/2008 15:30 | 20/03/2008 17:03 | 1:33 | 1,550 | 13186 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 28/03/2008 21:00 | 28/03/2008 23:00 | 2:00 | 2,000 | 13156 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 17/04/2008 8:55 | 17/04/2008 9:48 | 0:53 | 0,883 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2063,45 | PROGR. POR MANT. | REUBICAR POSTE |
| 26/04/2008 10:32 | 26/04/2008 12:15 | 1:43 | 1,717 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2151,09 | PROGR. POR MANT. | REUBICAR POSTE |
| 02/04/2008 9:47 | 02/04/2008 10:30 | 0:43 | 0,717 | 6002 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 07/04/2008 21:40 | 07/04/2008 22:40 | 1:00 | 1,000 | 13154 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 11/04/2008 9:18 | 11/04/2008 11:30 | 2:12 | 2,200 | 13240 | 15 | 17802,5 | 9,3 | NO PROGR. RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN EN MAL ESTADO |
| 13/04/2008 8:06 | 13/04/2008 10:35 | 2:29 | 2,483 | 6160 | 15 | 17802,5 | 9,3 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 23/04/2008 12:35 | 23/04/2008 14:20 | 1:45 | 1,750 | 20296 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 24/04/2008 15:06 | 24/04/2008 16:30 | 1:24 | 1,400 | 13235 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 06/05/2008 16:32 | 06/05/2008 20:20 | 3:48 | 3,800 | 6083 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 07/05/2008 8:27 | 07/05/2008 9:10 | 0:43 | 0,717 | 6083 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | FALLA PUENTE EN MEDIA TENSIÓN |
| 15/05/2008 17:20 | 15/05/2008 18:30 | 1:10 | 1,167 | 5924 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 21/05/2008 8:30 | 21/05/2008 8:44 | 0:14 | 0,233 | 13141 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 30/06/2008 18:20 | 30/06/2008 18:50 | 0:30 | 0,500 | 13141 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 07/06/2008 11:22 | 07/06/2008 13:25 | 2:03 | 2,050 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2206,86 | PROGR. POR MANT. | REUBICAR POSTE |
| 11/06/2008 15:05 | 11/06/2008 15:35 | 0:30 | 0,500 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2406,03 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE C |
| 12/06/2008 9:22 | 12/06/2008 11:54 | 2:32 | 2,533 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2270,59 | PROGR. OTRA S | REUBICACIÓN DE ALIMENTADOR DE MEDIA TENSIÓN |
| 12/06/2008 14:50 | 12/06/2008 15:30 | 0:40 | 0,667 | 13141 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|------|-------|-------|---------|---------|---------|------------------|---|
| 18/06/2008 15:30 | 18/06/2008 16:00 | 0:30 | 0,500 | 6763 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 23/10/2008 20:07 | 23/10/2008 21:00 | 0:53 | 0,883 | 6721 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 31/10/2008 17:00 | 31/10/2008 18:20 | 1:20 | 1,333 | 13140 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 15/10/2008 10:38 | 15/10/2008 11:00 | 0:22 | 0,367 | 0 | 17802,5 | 17802,5 | 2613,18 | NO PROGR. RED | ACTÚA RELÉ SOBRECORRIENTE FASE A |
| 06/10/2008 8:34 | 06/10/2008 9:15 | 0:41 | 0,683 | 20292 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | ACTUÓ BREAKER DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION |
| 15/10/2008 8:00 | 15/10/2008 9:30 | 1:30 | 1,500 | 16131 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | LINEA ARRANCADA |
| 13/11/2008 14:45 | 13/11/2008 15:20 | 0:35 | 0,583 | 20292 | 50 | 17802,5 | 31 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 25/11/2008 17:17 | 25/11/2008 17:38 | 0:21 | 0,350 | 6058 | 25 | 17802,5 | 15,5 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 26/11/2008 8:20 | 26/11/2008 10:40 | 2:20 | 2,333 | 6567 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 10/12/2008 8:00 | 10/12/2008 9:30 | 1:30 | 1,500 | 6572 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | BAJANTE DE TRANSFORMADOR AVERIADA |
| 02/12/2008 16:45 | 02/12/2008 17:30 | 0:45 | 0,750 | 13155 | 37,5 | 17802,5 | 23,25 | NO PROGR. RED | TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN EN MAL ESTADO |

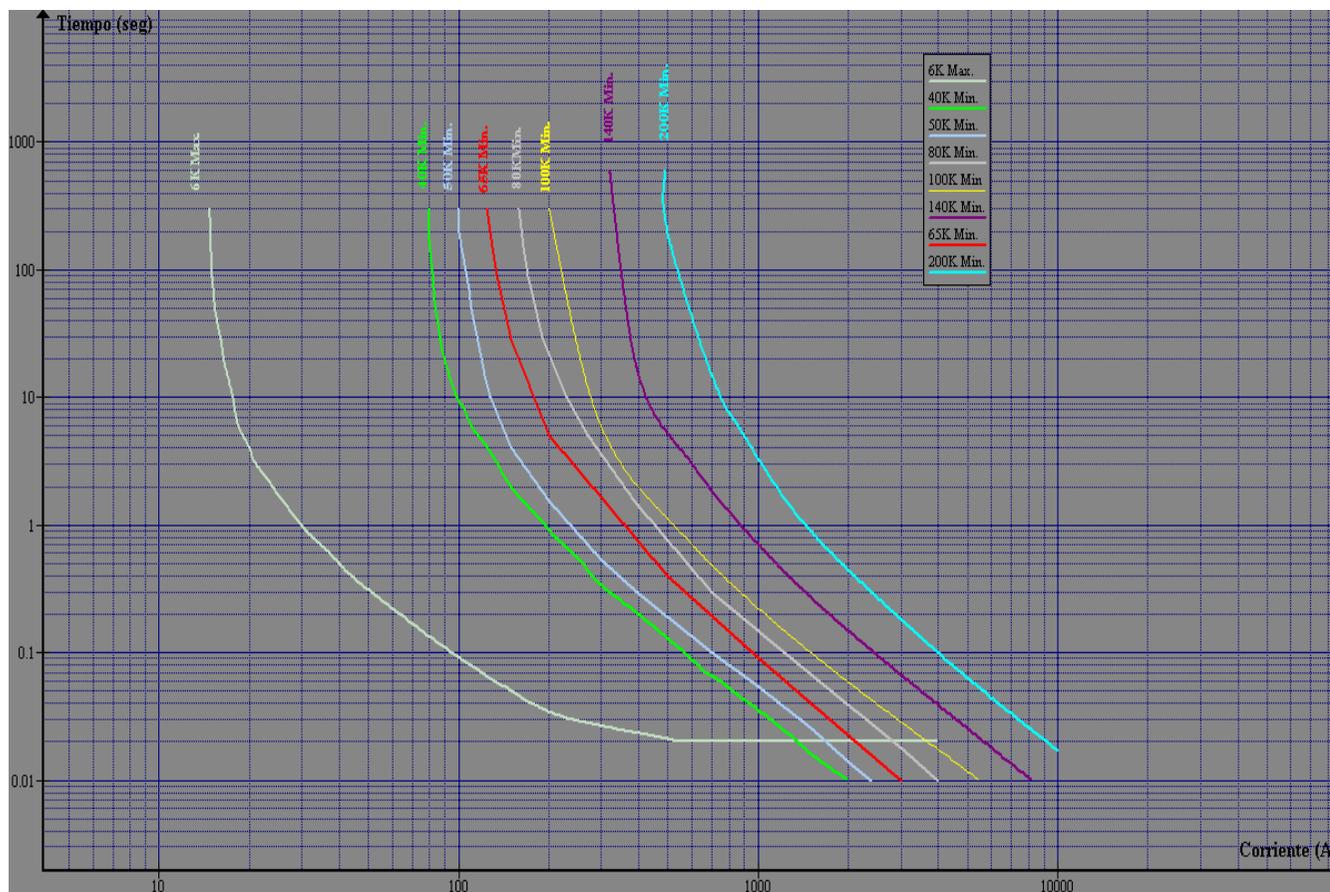
ANEXO F. Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Madero Vargas.



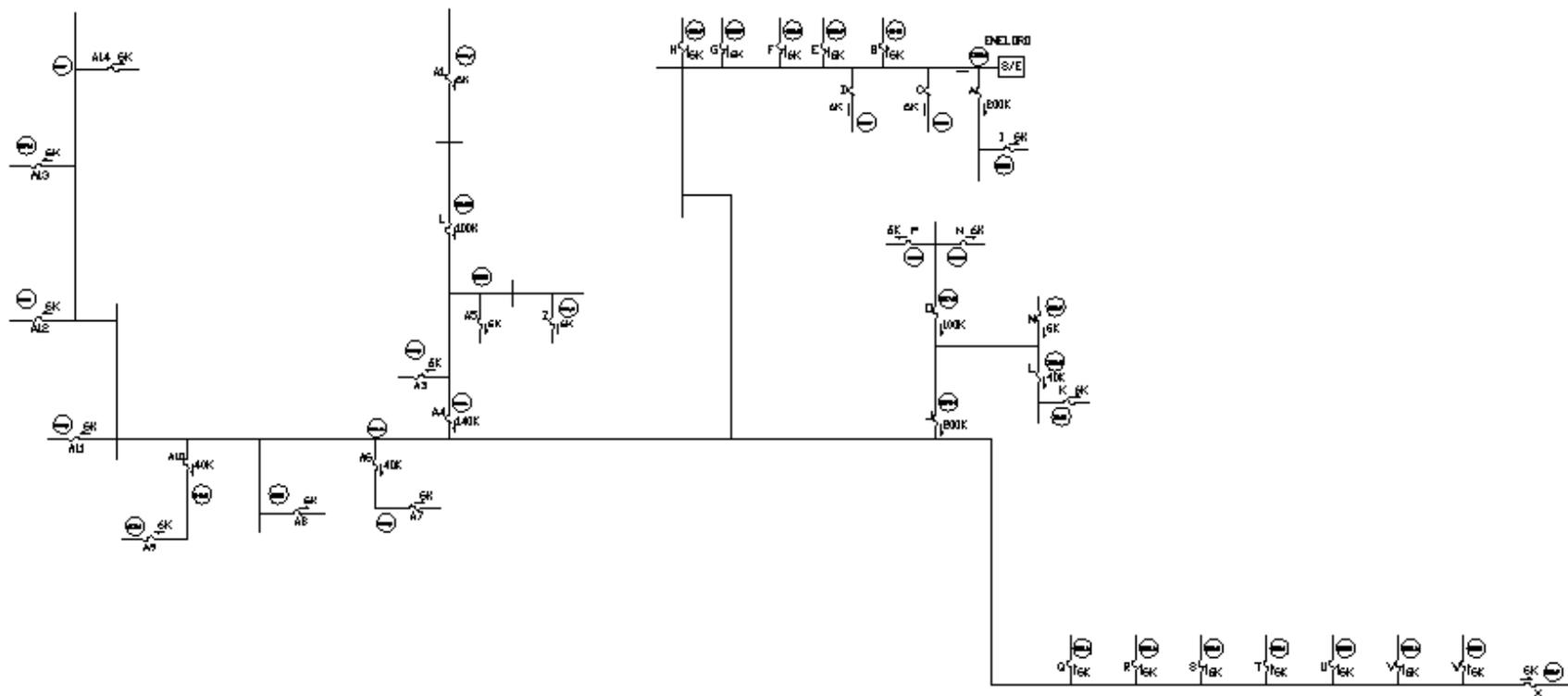
ANEXO F1. Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Emproro



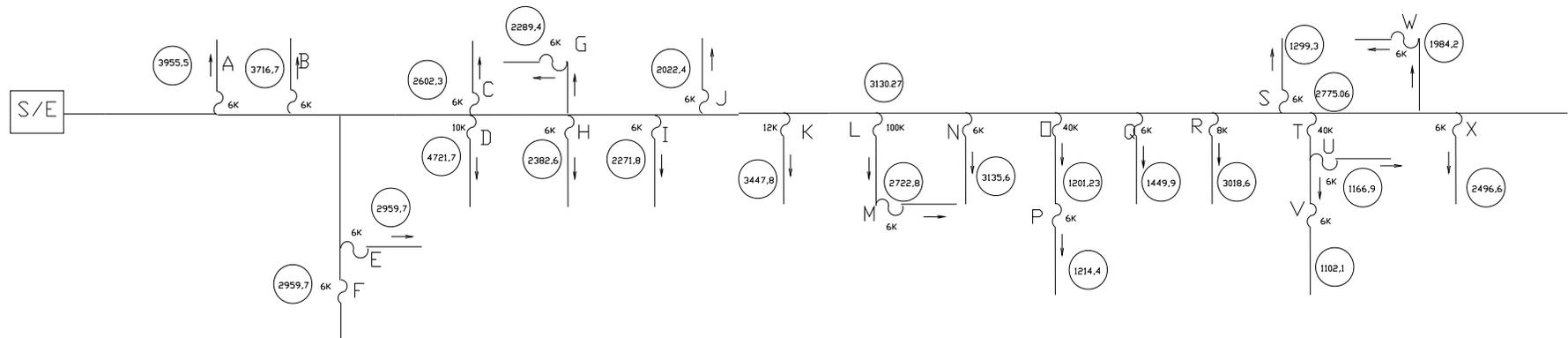
ANEXO F2. Curvas de coordinación entre fusibles de protección y fusible protegido para el Alimentador Unioro



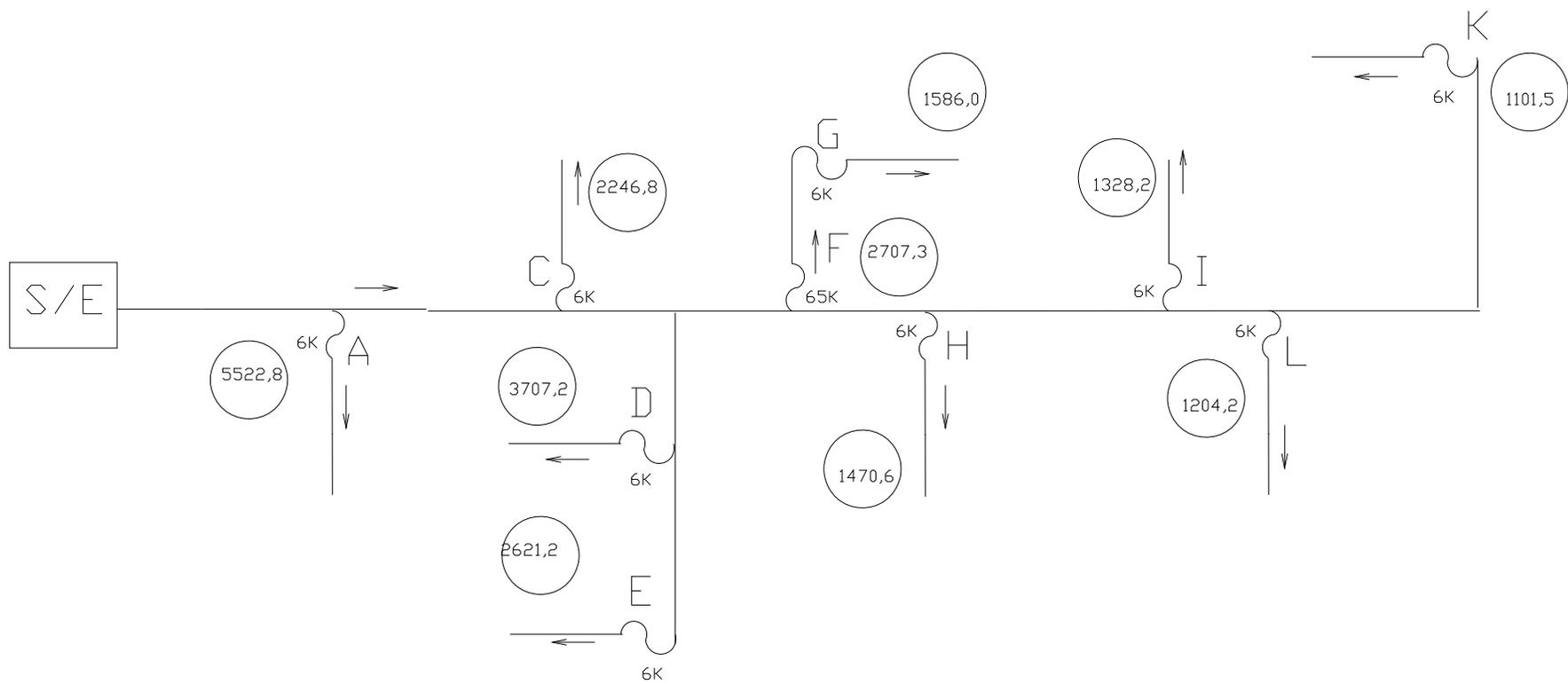
ANEXO G. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Emproro



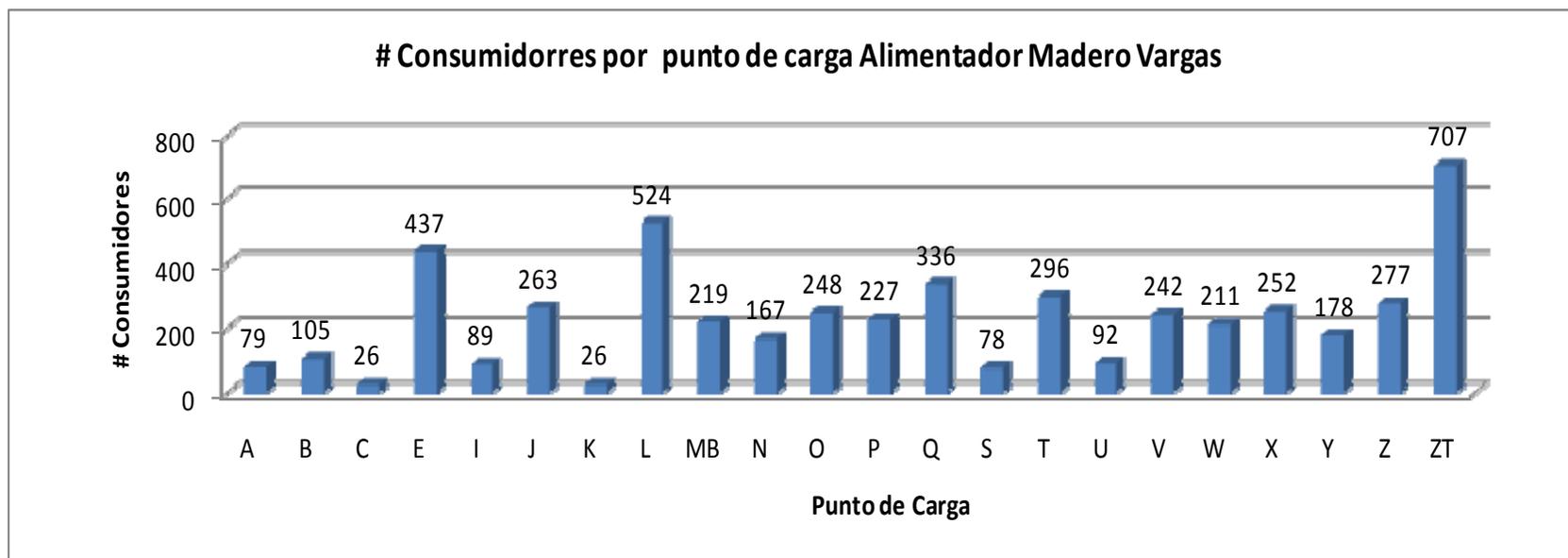
ANEXO G1. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Madero Vargas



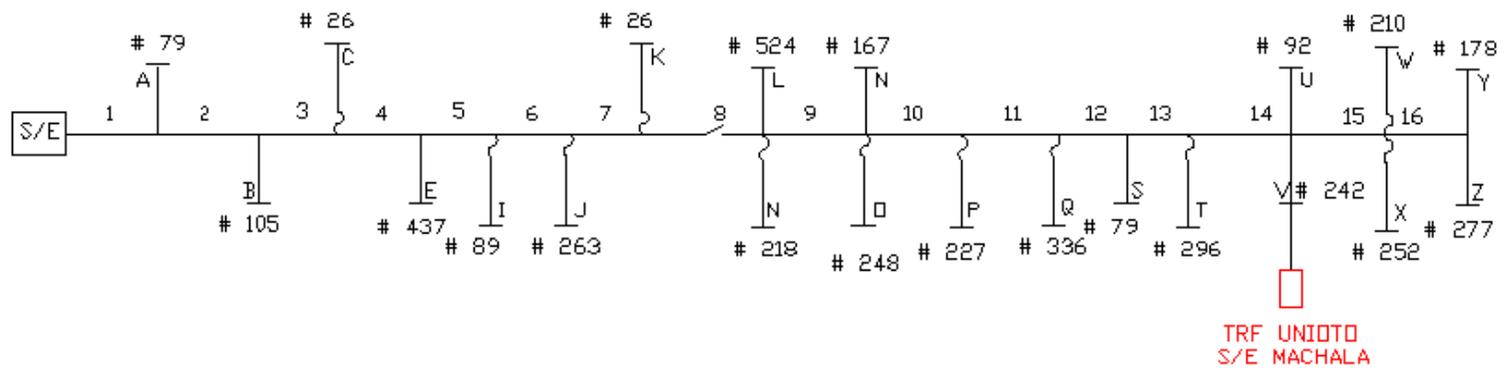
ANEXO G2. Diagrama Unifilar para Coordinación de Fusibles para el Alimentador Unioro



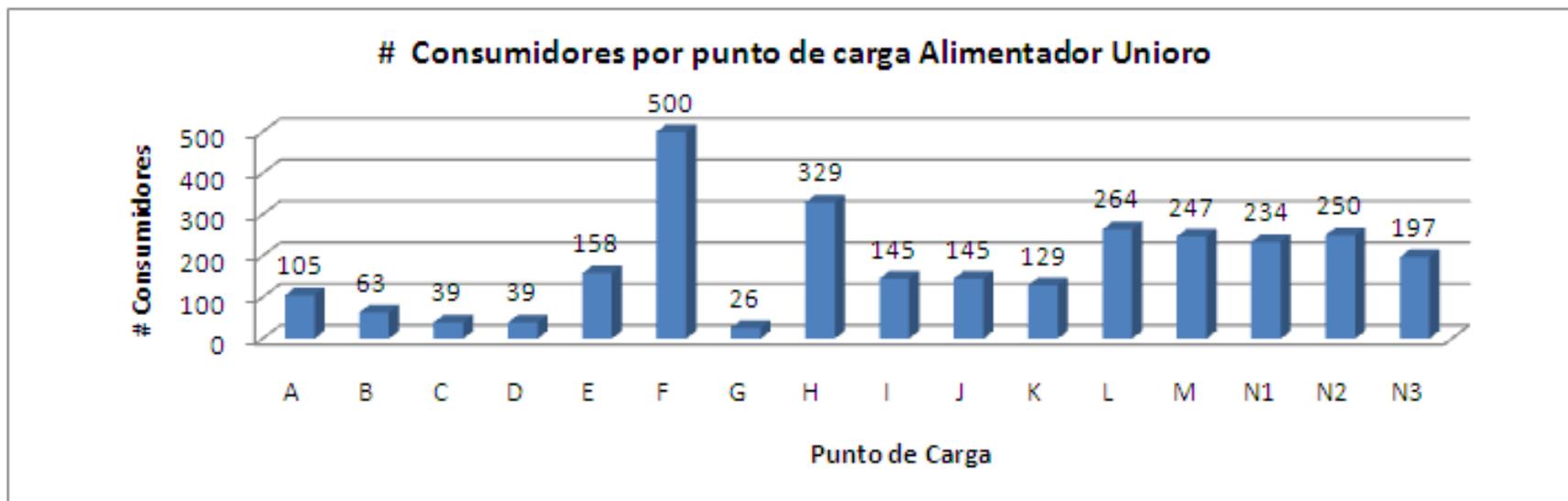
ANEXO H. Número de Consumidores de alimentadora Madero Vargas



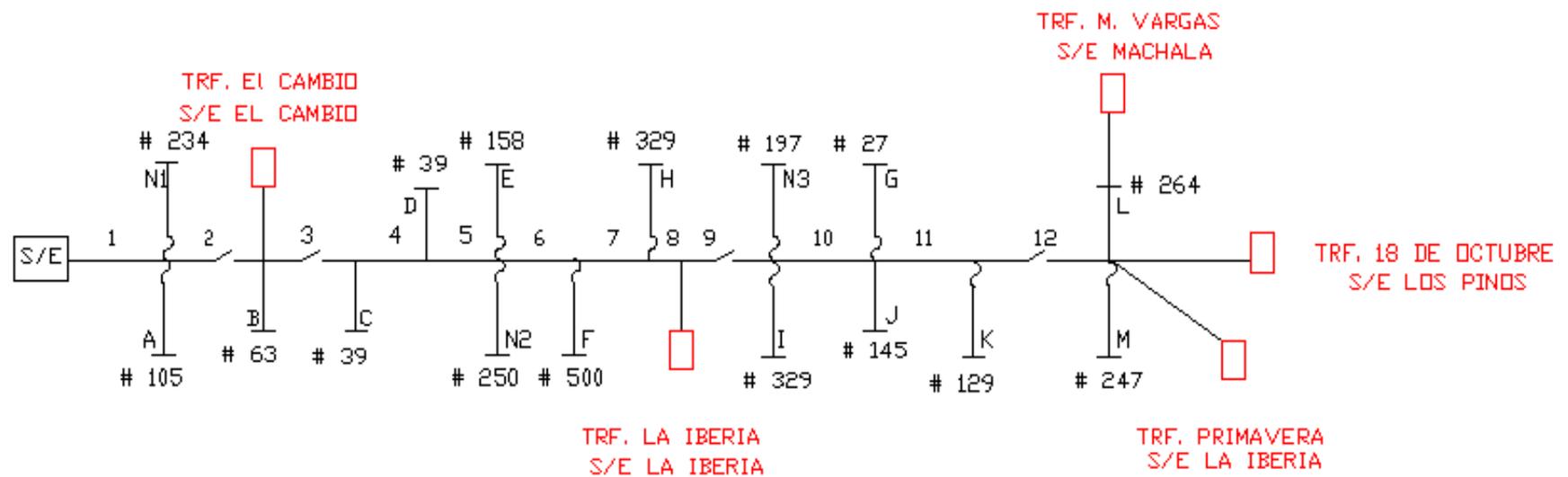
ANEXO H1. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Madero Vargas



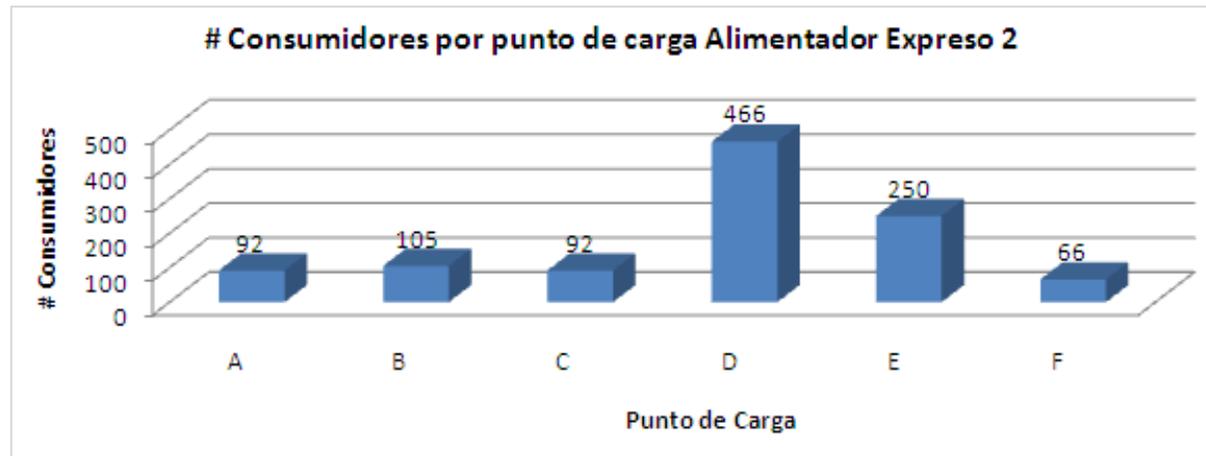
ANEXO H2. Número de consumidores de alimentadora Unioro



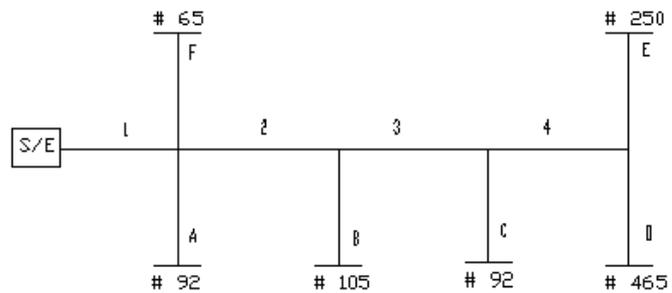
ANEXO H3. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Uniuro



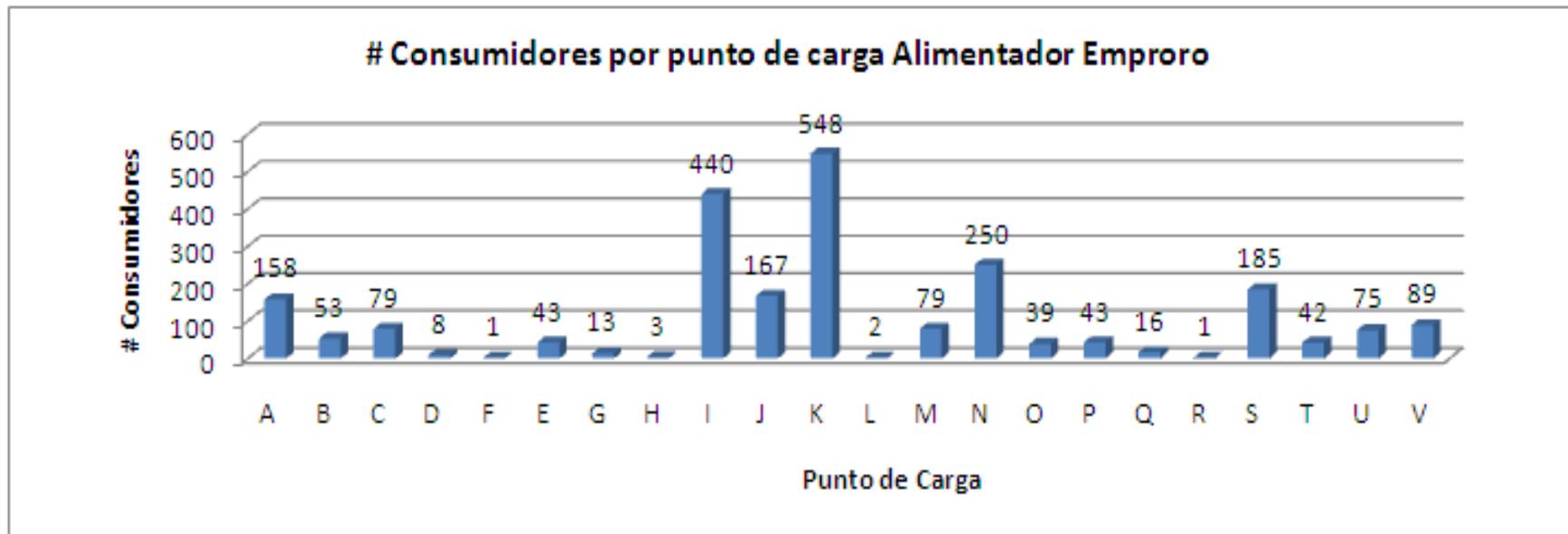
ANEXO H4. Número de consumidores de alimentadora Expreso2



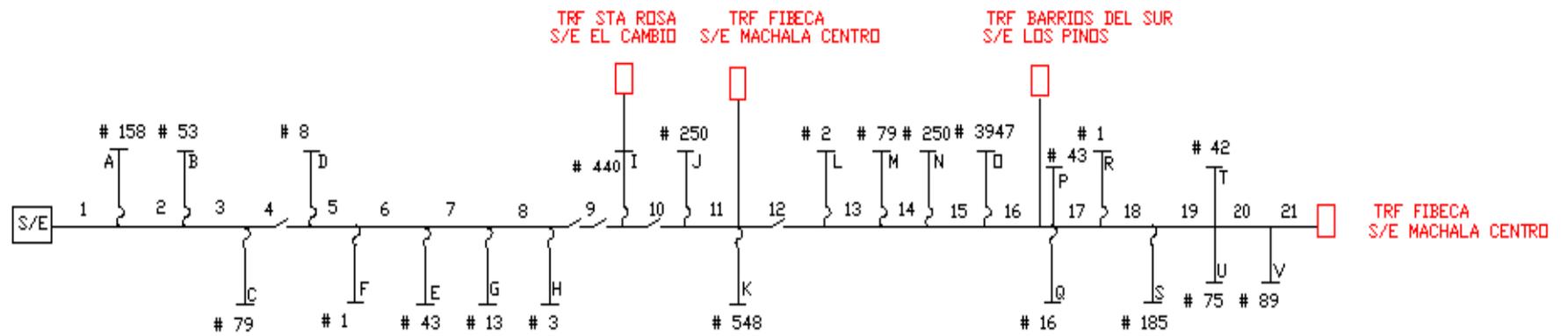
ANEXO H5. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Expreso2



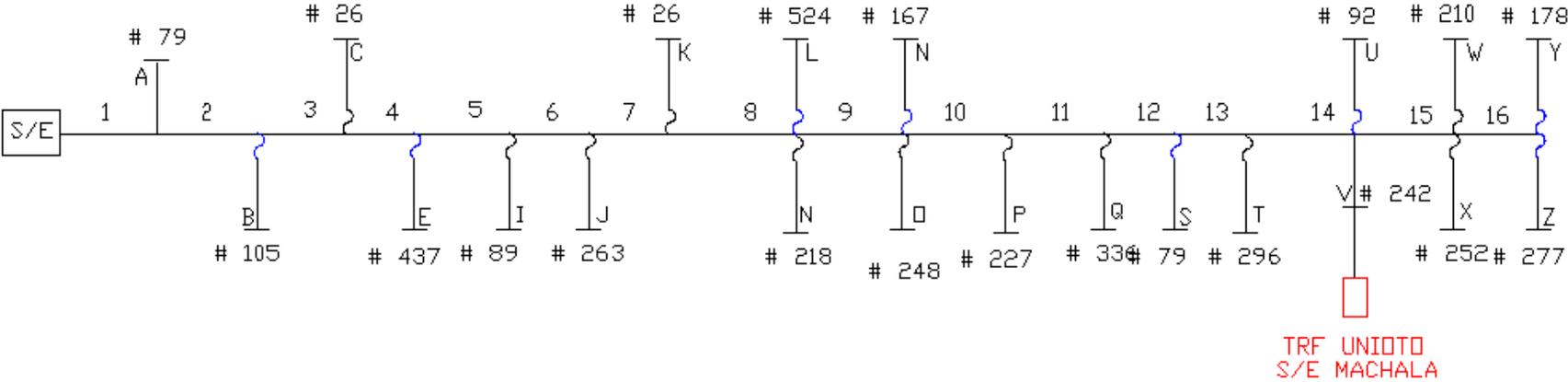
ANEXO H6. Número de consumidores de alimentadora Emproro



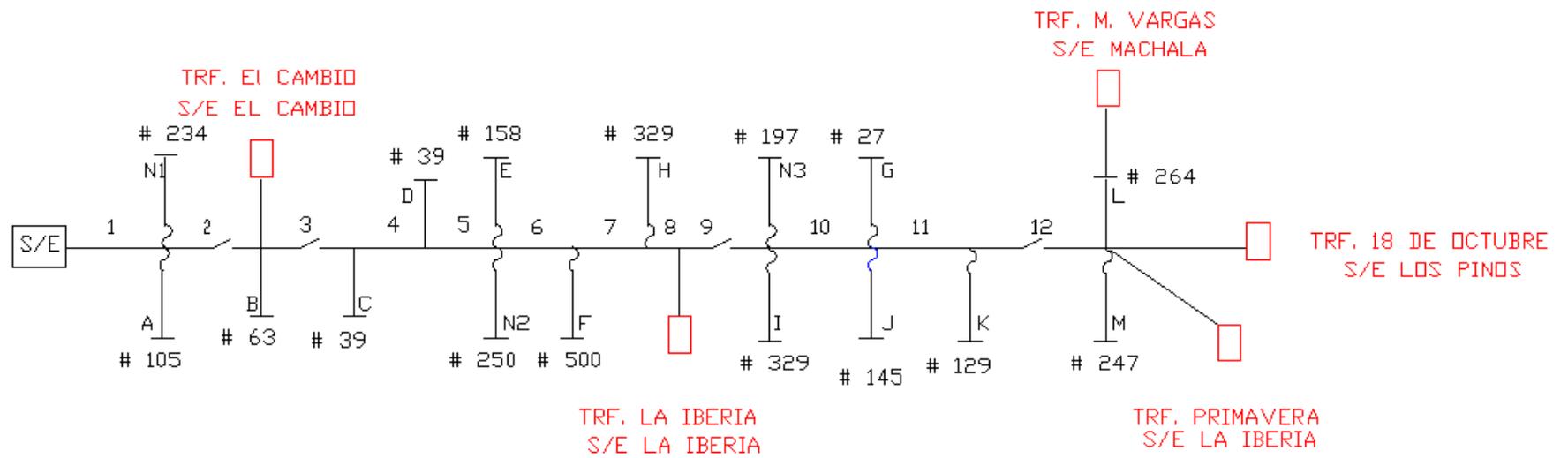
ANEXO H7. Diagrama de Confiabilidad de alimentadora Emproro



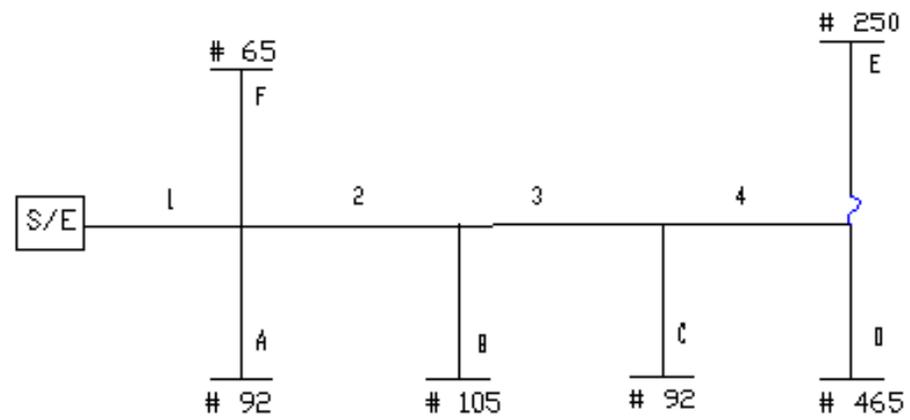
ANEXO I. Caso Uno – Madero Vargas



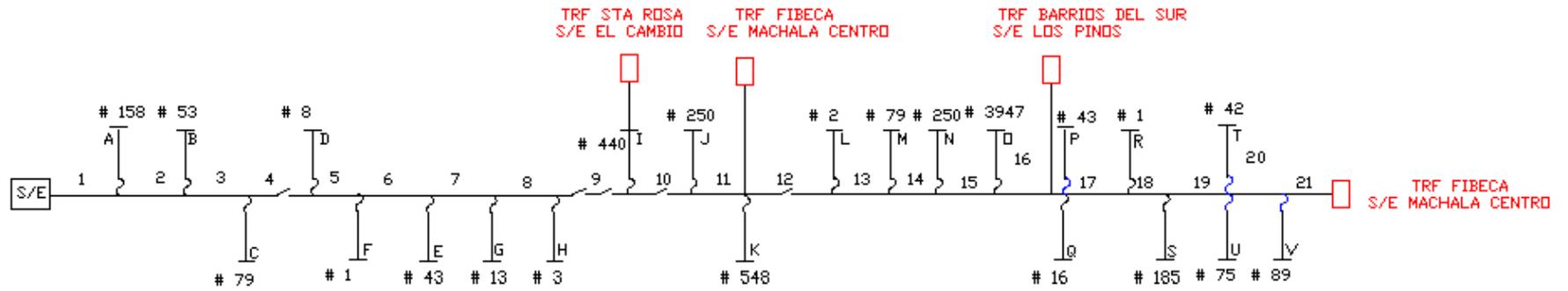
ANEXO I1. Caso Uno - Unioro



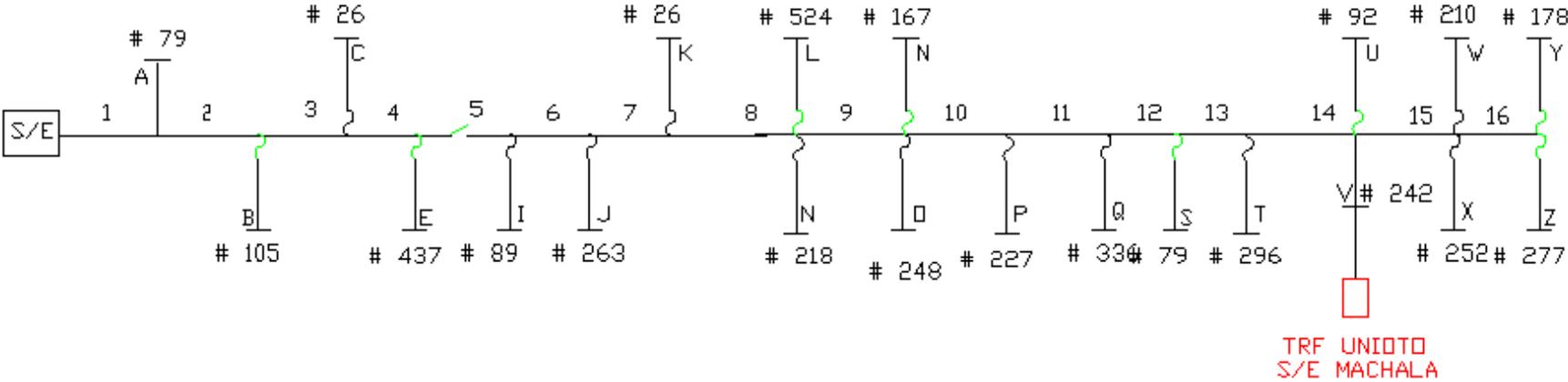
ANEXO I2. Caso Uno – Expreso2



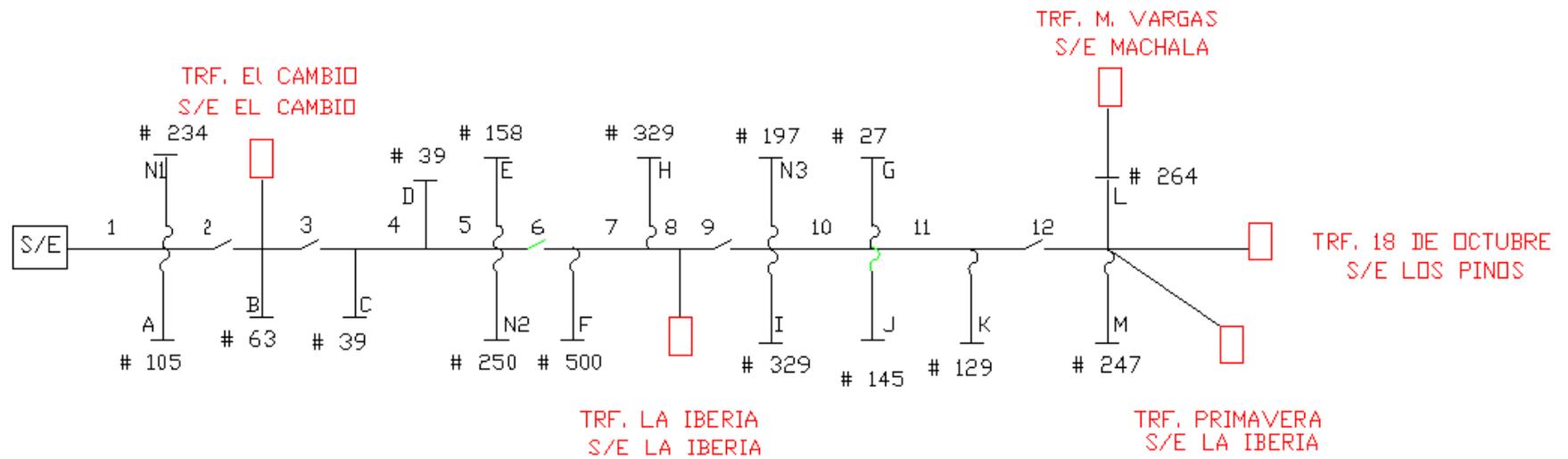
ANEXO I3. Caso Uno - Emproro



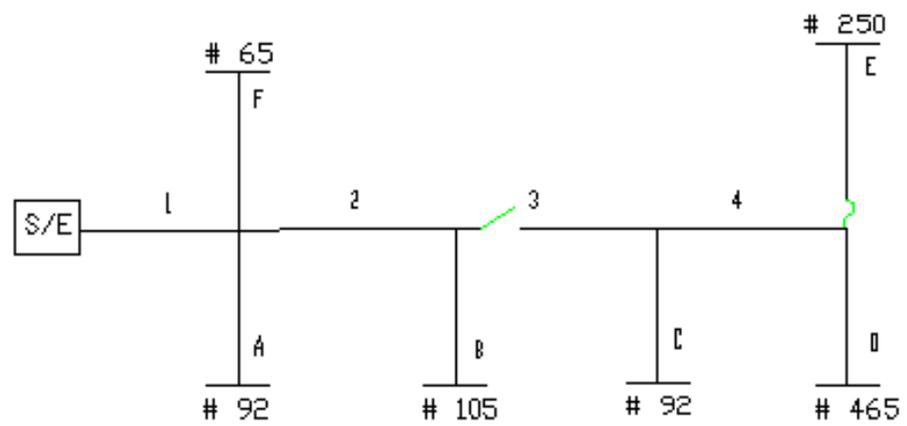
ANEXO J. Caso Dos – Madero Vargas



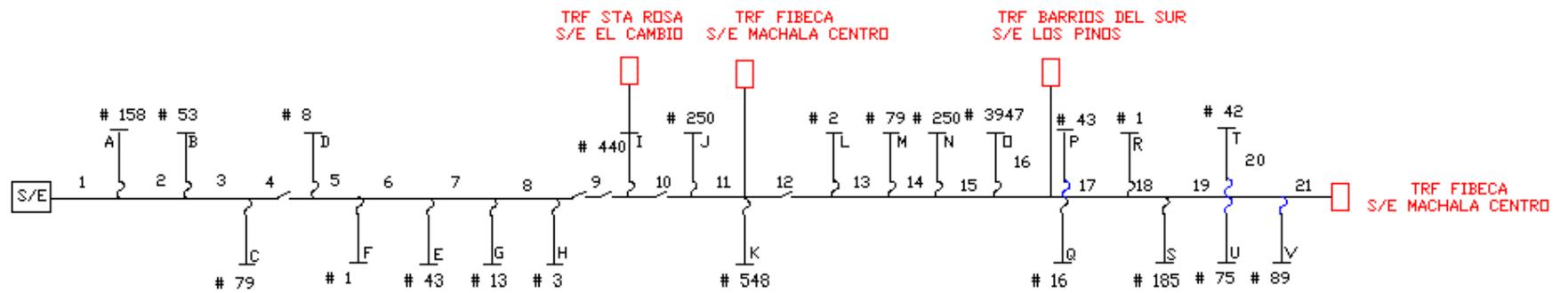
ANEXO J1. Caso Dos – Uniro



ANEXO J2. Caso Dos – Expreso2



ANEXO J3. Caso Dos – Emproro



ANEXO K. Resultados del estudio de coordinación Alimentador Emproro

| Puntos C.C. | Fusible Protegido | Fusible Protector | Corriente Max. de Falla (A) | Tiempo de despeje Max. Del fusible protector (CT) (seg) | Tiempo de fusion minima Del fusible protegido(MT) (seg) | Porcentaje CT/MT (%) | Coordinacion |
|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--|---|----------------------|--------------|
| A14 | 40K | 6K | 920.7 | 0.02 | 0.041 | 48.78 | Coordinación |
| A13 | 80K | 6K | 2090.4 | 0.02 | 0.038 | 52.63 | Coordinación |
| A12 | 40K | 6K | 969.1 | 0.02 | 0.038 | 52.63 | Coordinación |
| A11 | 30K | 6K | 1053.8 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| A9 | 40K | 6K | 1079.2 | 0.02 | 0.032 | 62.50 | Coordinación |
| A8 | 40K | 6K | 1160.5 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| A7 | 40K | 6K | 1262.1 | 0.02 | 0.029 | 68.97 | Coordinación |
| A5 | 50K | 6K | 1383.7 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| A3 | 100K | 6K | 2981.7 | 0.02 | 0.031 | 64.52 | Coordinación |
| A1 | 100K | 6K | 2786.7 | 0.02 | 0.038 | 52.63 | Coordinación |
| Z | 50K | 6K | 1318.8 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| X | 40K | 6K | 1086.9 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| W | 40K | 6K | 1135.9 | 0.02 | 0.0315 | 63.49 | Coordinación |
| V | 80K | 6K | 2520.3 | 0.02 | 0.0315 | 63.49 | Coordinación |
| U | 40K | 6K | 1235.2 | 0.02 | 0.031 | 64.52 | Coordinación |
| T | 50K | 6K | 1281.6 | 0.02 | 0.048 | 41.67 | Coordinación |
| S | 50K | 6K | 1312.8 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |

| | | | | | | | |
|---|------|----|--------|------|-------|-------|--------------|
| R | 100K | 6K | 2832.6 | 0.02 | 0.068 | 29.41 | Coordinación |
| Q | 50K | 6K | 1358.8 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| P | 100K | 8K | 2589.1 | 0.02 | 0.04 | 50.00 | Coordinación |
| N | 100K | 8K | 2526.9 | 0.02 | 0.042 | 47.62 | Coordinación |
| M | 40K | 6K | 1224.8 | 0.02 | 0.031 | 64.52 | Coordinación |
| K | 40K | 6K | 1214.1 | 0.02 | 0.03 | 66.67 | Coordinación |
| I | 200K | 6K | 6219.0 | 0.02 | 0.042 | 47.62 | Coordinación |
| H | 140K | 6K | 4285.3 | 0.02 | 0.034 | 58.82 | Coordinación |
| G | 100K | 6K | 2593.0 | 0.02 | 0.039 | 51.28 | Coordinación |
| F | 140K | 6K | 4852.2 | 0.02 | 0.029 | 68.97 | Coordinación |
| E | 140K | 6K | 5520.9 | 0.02 | 0.028 | 71.43 | Coordinación |
| D | 140K | 6K | 3515.7 | 0.02 | 0.051 | 39.22 | Coordinación |
| C | 200K | 6K | 5137.0 | 0.02 | 0.058 | 34.48 | Coordinación |
| B | 140K | 6K | 4614.2 | 0.02 | 0.035 | 57.14 | Coordinación |

BIBLIOGRAFIA

- Glover J. Duncan y Mulukutla S. Sarma - Sistemas de Potencia Análisis y Diseño, Tercera Edición , Editorial Thomson ,2004
- Grainger Jhon J. y William D. Stevenson, Jr - Análisis de Sistemas de Potencia, Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A de C.V,1996.
- Harper Enríquez - Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctrica, Segunda Edición, Editorial Limusa,2002
- Masón C. Russell - El Arte y la Ciencia de la Protecciones por Relevadores, México, D.F. Continental, 1990
- Mc Graw-Edison Company - Distribution Systems Protection Manual
- Ramírez Castaño Samuel ,Redes de Distribución de Energía, Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizles,1988.
- REGULACION No. 004/01 – CONELEC- Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.

- Yebra Morón Juan Antonio ,Compensación de Potencia Reactiva en Sistemas eléctricos, México , Mc Graw-Hill,1987