4170

621.312
G-391
2001

INFORME FINAL

Código del Proyecto: 200-2202

Título del Proyecto: Desarrollo y Diseño de un Sistema Optimizador de Energía

Entidad Patrocinadora: Asesoría en Gestión y Proyectos en Ingeniería, GESOFT LTDA.

Entidad Ejecutora: Asesoría en Gestión y Proyectos en Ingeniería, GESOFT LTDA.

Santiago, AGOSTO 2001

621.312
G 391
2001

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compite con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO

INFORME FINAL

Código del Proyecto: 200-2202

"Desarrollo y Diseño de un Sistema Optimizador de Energía"

A.- RESUMEN EJECUTIVO.

A.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

La empresa GESOFT INGENIERIA LIMITADA, inicia sus actividades en ***Julio de 1991***, desde entonces, su objetivo ha sido poner al alcance de la Industria y Minería Nacional servicios que permitan a nuestros clientes el desarrollo de sus labores, con apoyo en la transferencia de tecnologías a sus sistemas productivos.

Los primeros servicios fueron orientados a la incorporación de máquinas con control numérico CNC y sistemas CAD/CAM. Posteriormente incorporamos, acorde a los requerimientos de la industria nacional, servicios de ingeniería en las áreas de Automatización Industrial y el Diseño de Máquinas y Equipos.

Hoy, se está en condiciones de desarrollar proyectos en las distintas áreas de la ingeniería eléctrica y mecánica, y ofrecer servicios que comprenden diseño, inspección, transformación, puestas en servicio, entrenamiento de personal de operación y mantención de sistemas.

Hoy se ofrece con satisfacción, Auditorías de Calidad de Energía, Asesoría de Plan Tarifario, Implementación de Acondicionadores de Energía para Instalaciones Eléctricas Sector Industrial, Comercial e Institucional. Análisis Computacional para Modelamiento y Simulación.

A.2 SINTESIS DEL PROYECTO.

El presente INFORME FINAL se muestra las actividades realizadas en el período comprendido entre el 1 de SEPTIEMBRE del 2000 y el 31 de AGOSTO del 2001

Durante este período se han diseñado las auditorias que permiten captar parámetros eléctricos y operacionales de las instalaciones industriales, las cuales son las bases para la especificación del equipo optimizador de energía.

Adicionalmente se pudo especificar y montar los equipos optimizadores de energía en la planta de refrigeradores de la Compañía Tecno Industrial (CTI), cuyas instalaciones se encuentran en Maipú.

Las evaluaciones del desempeño los equipos optimizadores de energía realizadas, son satisfactorias a la luz de los resultados obtenidos y evaluados tanto por GESOFT como por CTI, concluyendo por lo tanto que los procedimientos y los métodos comprendidos en la auditoría son los adecuados.

Se trajo también durante el período, un experto desde los Estados Unidos de Norteamérica, permitiendo capacitar al personal técnico de GESOFT. Además, aprovechando su fuerte base conceptual y amplia experiencia práctica, se pudo desarrollar un seminario donde se discutieron los aspectos teóricos y normativos de la calidad de la energía eléctrica; al evento asistieron profesionales y académicos de las principales empresas e instituciones del País relacionadas al tema eléctrico.

A.3 PRINCIPALES RESULTADOS DEL PROYECTO.

El desarrollo del proyecto permitió lograr los siguientes resultados:

1. Ingeniería básica y de detalle de los prototipos requeridos, desarrollo del sistema y su posterior montaje. La ingeniería básica permitió obtener los planos generales de fabricación, listados de materiales, detalle de los procesos y las memorias de cálculo respectivas.

2. Sistema informático para el diseño y selección de partes y piezas de los equipos, además de las especificaciones para la adquisición de materiales.

Para la selección de reactores y condensadores en forma adecuada se diseñó un sistema informático para comunicación entre ETI - en USA - y nuestros ingenieros. El que consiste en:

- Ingreso de parámetros eléctricos: Valores máximos y mínimos de corriente, voltaje, factor de potencia.
- Ingreso de Distorsión Armónica, tanto para voltaje como para corriente
- Ingreso de Datos Generales: Capacidad de Transformador, medida y número de cables
- Ingreso de Datos de potencia –KW- y consumo de energía -KWH- de los 12 últimos meses.
- Ingreso de Código para identificar auditoría, etc.

En respuesta se recibe especificaciones de los bancos de condensadores y reactores necesarios para la instalación auditada.

3. Descripción de los trabajos y diseño de los equipos instalados:

Subestación N° 16

En la subestación N° 16 se cambiaron los bancos de condensadores existentes con una potencia reactiva equivalente de 480 KVAR por un sistema distribuido con una potencia reactiva equivalente de 300 KVAR, el que se especifica a continuación:

Tabla1.1 : Características de sistema implementado en S/E 16

Ubicación	**Capacidad Sistema**	Características Sistema	*Perturbaciones Enfrentadas*
S/E 16	150 KVAR	3 etapas con Filtros de amplio espectro (reactores ferroresonantes y bancos RC)	*Armónicos, Factor de Potencia y Ahorros de Energía.*
TDF 4	50 KVAR	1 etapa con bancos RC e inductor de núcleo de aire.	*Desbalance*
TDF 7 (extrusora)	100 KVAR	2 etapas con bancos RC e inductor de núcleo de aire.	*Factor de Potencia*

En la subestación N°16 se realizaron las siguientes actividades relacionadas con la implementación del sistema:

Cambio de Tap del transformador, disminuyendo en un 5%, que corresponde a 300 V en el lado de media tensión. El transformador quedó en su tap nominal (12.000 V)

Ajuste de los reactores de la unidad en tablero general, en la subestación eléctrica.

Calibración y sintonización de los equipos.

Subestación N° 17

En la subestación N° 17 se cambiaron los bancos de condensadores existentes con una potencia reactiva equivalente de 300 KVAR por un sistema distribuido con una potencia reactiva equivalente de 200 KVAR, el que se especifica a continuación:

Tabla2.1 : Características de sistema implementado en S/E 17

Ubicación	**Capacidad**	Características	*Perturbaciones Enfrentadas*
S/E 17	100 KVAR	2 etapas: Una con reactor ferroresonante y la 2ª con inductor con núcleo de aire; ambas con bancos RC	*Factor de Potencia y Desbalance*
TDF 17 (pintura)	100 KVAR	2 etapas con bancos RC e inductor con núcleo de aire.	*Factor de Potencia*

En la subestación N°17 se realizaron las siguientes actividades relacionadas con la implementación del sistema:

- Cambio de Tap del transformador, disminuyendo en un 5%, que corresponde a 300 V en el lado de media tensión. El transformador quedó en su tap nominal (12.000 V)
- Ajuste de los reactores de la unidad EF-TR17-main, en la subestación eléctrica.
- Calibración y sintonización de los equipos.

4 Pruebas y ensayos.

Se realizaron pruebas de funcionamiento orientadas a calificar el comportamiento de cada una de los equipos respecto al ámbito operacional, de seguridad, ambientales y de materiales, determinándose:

- Selección de ensayos a realizar de acuerdo a normas y protocolo.
- Repetición de ensayos
- Pruebas con diferentes condiciones de operación
- Ahorros de acuerdo a las condiciones de diseño.
- Mejoras de parámetros eléctricos.
- Evaluación del nivel de inversión establecida de acuerdo a las condiciones de costos y beneficios.

B. EXPOSICION DEL PROBLEMA.

B.1 EL PROBLEMA.

La energía ideal no existe. Las propias cargas incorporan perturbaciones a la red eléctrica debido a su principio de funcionamiento. Debido a esto, se hace necesario incluir equipos especiales para mejorar la calidad de la energía eléctrica de las instalaciones y asegurar un suministro de energía limpia sin perturbaciones a los equipos más sensibles del sistema.

Durante las últimas décadas, este tema ha ido adquiriendo cada vez más relevancia, ya sea por la importancia económica que tiene la energía eléctrica en la actualidad, o por la incorporación y masificación de nuevas tecnologías que son muy sensibles a una mala calidad de la energía; además, éstas han presentado nuevos tipos de perturbaciones.

El término "Calidad de Servicio" se usa para describir un aspecto relacionado con el suministro eléctrico. La definición de la calidad de servicio se refiere a las deformaciones que sufren las formas de onda del voltaje y de la corriente en un punto específico del sistema eléctrico. Estas deformaciones pueden ser permanentes en el tiempo o transitorias y ocurrir en forma aleatoria. Las deformaciones pueden afectar la amplitud de la señal y su frecuencia.

Existen muchas definiciones de la Calidad de Servicio Eléctrico, sin embargo, la más aceptada es la que se refiere a la distorsión en las señales de voltaje y corriente. El Estándar 1100 – 1992 publicado por el IEEE (IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment "Emerald Book") define la ***Calidad de Servicio*** *como la capacidad de energizar y aterrizar equipos electrónicos sensibles de manera que sea posible su operación en forma segura y confiable.*

La señal de voltaje disponible en un punto de un sistema eléctrico no puede mantenerse constante en amplitud y forma de onda, dadas las características de operación de los sistemas de potencia. Las variaciones que experimentan las señales de voltaje se pueden clasificar en:

- Variaciones de frecuencia.
- Variaciones en la amplitud.
- Variaciones en la forma de onda (distorsión).
- Variaciones en la simetría.

La calidad de un sistema eléctrico dependerá del grado de las perturbaciones, el cual varía con respecto a la cantidad y severidad de éstas. Es decir, un sistema se puede considerar bueno cuando los niveles de perturbación que posea no sobrepasen los límites máximos permitidos.

Las perturbaciones más comunes se pueden clasificar en:

- Mal Factor de Potencia.
- Distorsión Armónica.
- Regulación de Voltaje.
- Variaciones de la Frecuencia Nominal.
- Alto Componente de Secuencia Negativa.
- Flicker.

Asociados a cada uno de ellos se han identificado algunas causas:

Reactivos

Cierto tipo de cargas, tales como motores y transformadores, tienen la característica de ser altamente inductivas, es decir, que además de la energía útil consumen energía adicional - potencia reactiva -, disminuyendo la eficiencia de los sistemas eléctricos. El índice encargado de medir esta perturbación se denomina ***Factor de Potencia***. Es un indicador de la cantidad de energía útil (potencia activa) utilizada por el sistema con respecto a la cantidad total consumida (potencia aparente) que incluye la potencia activa y reactiva.

Desbalance de voltaje:

El desbalance de voltaje se mide en sistemas trifásicos y corresponde a la desviación que se reportan entre las amplitudes o el desfase de las tensiones entre líneas del sistema de distribución de electricidad, lo que reporta el grado de desequilibrio del sistema.
El desbalance es el responsable de la circulación de corrientes dentro de los propios equipos, por ejemplo motores de inducción causando calentamiento, pérdida de potencia y sobretodo daños en la aislación. Las principales consecuencias son: disminución del rendimiento de los equipos, disminución de la vida útil de estos y fallas por calentamiento o por pérdida de aislación. En general, el desbalance de tensión se debe a la operación de sistemas de protección, por la conexión de cargas monofásicas en sistemas trifásicos o las variaciones de las mismas. La operación de fusibles es la que provoca los mayores desbalances pero en forma transitoria (instantánea), mientras que las normas se preocupan del desbalance que está presente en un sistema eléctrico en forma permanente.

Distorsión Armónica:

Este es uno de los temas que ha concentrado mayor atención en los últimos años. Se refiere principalmente a la *deformación* de la forma de onda de las señales de voltaje y corriente presentes en un sistema eléctrico. Es decir, el voltaje o la corriente dejan de ser completamente sinusoidales y pasan a tener una forma no deseada, como se muestra en la parte A de la figura N° 2. Esta deformación se debe a la aparición de corrientes que circulan desde la carga hacia la fuente de alimentación llamados *armónicos*, que al sumarse a la corriente fundamental que las alimenta dan como resultado una señal distorsionada, ver figura N° 2 parte B.

Los armónicos aparecen con la incorporación de nuevas tecnologías para el accionamiento de motores y para los equipos eléctricos que utilizan la *electrónica de potencia* como principio de funcionamiento, que junto a todos los beneficios produce el deterioro en la forma del voltaje y la corriente. La presencia de armónicas de corriente y voltaje en los sistemas eléctricos aumenta las pérdidas, provoca pérdida de aislación lo que puede ser crítico en transformadores, motores y cables. También puede comprometer la correcta operación de sistemas de control, relés de protecciones, fusibles y medidores de energía.

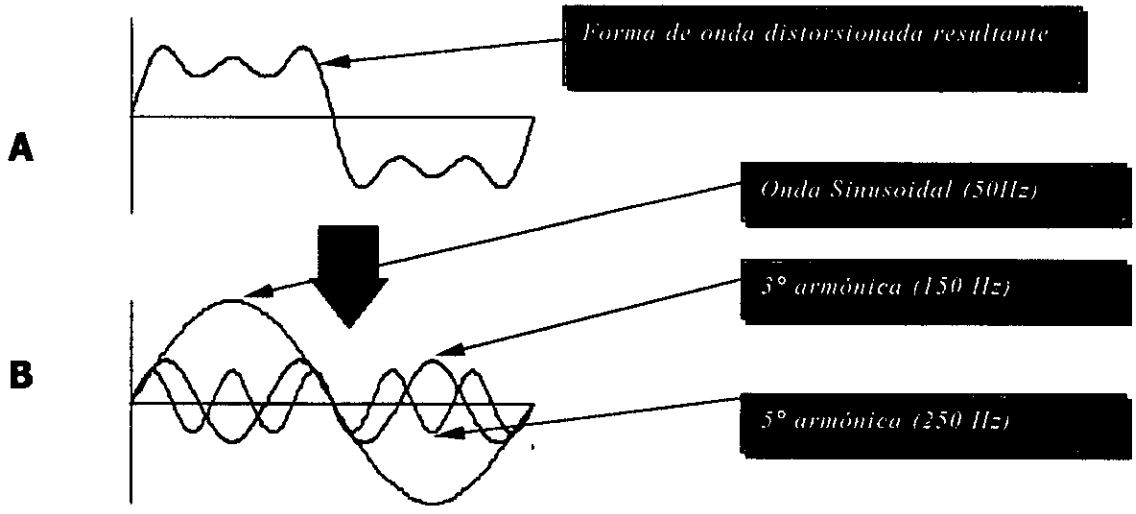


Figura N°2: Distorsión de la Forma de Onda a causa de los armónicos

Interrupción de Voltaje:

La definición de interrupción corresponde a la ausencia total de potencia eléctrica. Las interrupciones de corta duración - momentáneas o temporales - se originan comúnmente debido a la apertura de interruptores en las líneas de transmisión para despejar una falla y su posterior reconexión. Las interrupciones sostenidas pueden deberse a problemas serios en las plantas de generación, cortes de líneas de transmisión o fallas severas en los equipos de las subestaciones.

La mayoría de los computadores y sistemas electrónicos sensibles, se desconectarán automáticamente si la caída a cero del voltaje se prolonga por algunos milisegundos.

Variaciones de Frecuencia:

Las variaciones de frecuencia se refieren a las alteraciones que sufre el valor promedio de la frecuencia de la componente fundamental (50 Hz.) del voltaje. Las variaciones de frecuencia están directamente relacionadas con la velocidad de rotación de los sistemas de generación. En cualquier instante, la frecuencia depende del equilibrio entre la carga solicitada y la capacidad disponible de generación.

Soluciones Tradicionales Existentes

Banco de Condensadores:

Están destinados a solucionar los problemas asociados a un *bajo Factor de Potencia*, mejorando la capacidad y eficiencia del sistema. A través del llamado "*control de reactivos*" compensa la energía eléctrica ineficiente - potencia reactiva- "*inyectando*" corrientes que se oponen a ésta, anulando su efecto.

Sin embargo, estos equipos al estar conectados con el sistema eléctrico originan efectos perjudiciales llamados "*resonancias*". Esto se produce cuando en el mismo sistema hay consumos *no lineales* - variadores de frecuencia, computadores, tarjetas electrónicas, etc.-, los que al interactuar con los condensadores, producen severas amplificaciones de voltajes y corrientes. Los bancos de condensadores en presencia de un alto contenido de armónicos pueden presentar fallas debido a que se supera su capacidad de corriente.
Filtros Pasivos:

Una solución al problema de los armónicos son los *filtros pasivos* que consisten en dispositivos - combinación de bobinas y condensadores - colocados cerca de las fuentes contaminantes, encargados de separar las corrientes armónicas de la corriente fundamental, haciéndolas circular por ellos, disipándolas a tierra. Ésta es una solución específica para cada armónico contaminante; vale decir, si existen problemas debidos a 3 armónicos distintos (por ejemplo, 3ª, 5ª y 7ª armónica) se necesitarán 3 filtros específicos distintos. Aunque se evitan conflictos de resonancia, se complica la coordinación al conectar y desconectar filtros para distintas armónicas en una misma fuente contaminante.

Otro aspecto importante, es la sintonización de los filtros, porque debe ser precisa para lograr un comportamiento efectivo. Además, los filtros pasivos, como ya se dijo, "*disipan*" la corriente contaminante, lo que significa provocar "*pérdidas de energía*" para mejorar la calidad de la energía.

Filtros Activos:

Este filtro es un avance tecnológico con respecto a los anteriores porque es capaz de filtrar corrientes armónicas de distinto orden, generando una corriente de igual magnitud y frecuencia pero en sentido opuesto a la corriente contaminante. Es decir, anula el efecto de la perturbación creando en forma "instantánea" el efecto contrario. Las dos grandes desventajas de los "*filtros activos*" son su elevado costo - debido al complejo sistema de control que poseen - y el consumo de energía adicional que necesita para entregar corrientes al sistema, debiendo recurrir en un gasto de energía proporcional al nivel de contaminación que exista en el sistema para lograr una buena calidad de la energía eléctrica.

Por lo tanto, es una solución mucho más costosa que las anteriores y con una factibilidad técnico – económica que provoca que su uso sea hasta ahora, mucho más restringido.

UPS:

Literalmente "fuentes ininterrumpidas de tensión", proveen de energía eléctrica a cargas que no pueden quedar desenergizadas - cargas críticas -, protegiéndolas ante fallas o cortes de suministro eléctrico. Usados ampliamente en el ámbito médico (hospitales, sistemas de control, etc.), en minería y en la industria en general. Además, estabilizan el voltaje en condiciones normales de operación del sistema eléctrico.

Sus limitaciones se relacionan con el costo, que aumenta con el tiempo de protección, y el tamaño fijo que poseen, no permitiendo ampliaciones ni aumentos de la carga a proteger.

Normas Nacionales

NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA AL DS 327 PUBLICADA EN JUNIO DEL 2000, NORMA PARA DISTRIBUIDORAS. PENDIENTE NORMATIVA TÉCNICA PARA CLIENTES (CONSUMIDORES: CLIENTES LIBRES).

Para Contenido de Armónicos

Se presenta norma técnica relativa al contenido de armónicos. Contempla límites para el punto común de conexión, que en el caso de Chile corresponde al nivel de tensión de 12 KV. Aunque nuestras mediciones son realizadas en baja tensión (380 V) utilizamos esta referencia.
La norma divide los límites según zona urbana y zona rural.

Armónicos de Voltaje

Límites de Componentes Armónicas Individuales de tensión y THD-V en sistemas o redes eléctricas. Los límites establecidos para las Armónicas individuales de tensión en sistemas o redes eléctricas se presentan en la siguiente tabla :

Armónicas Impares No múltiplo de 3			*Armónicas Impares múltiplo de 3*			*Armónicas Pares*		
Orden h	*Armónica tensión (%)*		*Orden h*	*Armónica tensión (%)*		*Orden h*	*Armónica tensión (%)*	
	≤ 110 kV	*>110 kV*		*≤ 110 kV*	*>110 kV*		*≤ 110 kV*	*>110 kV*
5	*6*	*2*	*3*	*5*	*2*	*2*	*2*	*1,5*
7	*5*	*2*	*9*	*1,5*	*1*	*4*	*1*	*1*
11	*3,5*	*1,5*	*15*	*0,3*	*0,3*	*6*	*0,5*	*0,5*
13	*3*	*1,5*	*21*	*0,2*	*0,2*	*8*	*0,5*	*0,4*
17	*2*	*1*	*>21*	*0,2*	*0,2*	*10*	*0,5*	*0,4*
19	*1,5*	*1*	-	-	-	*12*	*0,2*	*0,2*
23	*1,5*	*0,7*	-	-	-	*>12*	*0,2*	*0,2*
25	*1,5*	*0,7*	-	-	-	-	-	-
>25	*0,2+1,3*25/h*	*0,2+0,5*25/h*	-	-	-	-	-	-

NOTA : Los valores límites de tensiones armónicas están expresados en porcentaje de la tensión de frecuencia fundamental.

Para tensiones iguales o inferiores a 110 KV en sistemas o redes eléctricas, el THD-V deberá ser inferior a 8 % para el período de medición mínimo de siete días consecutivos.

Armónicos de Corriente

4.12 Límites de Componentes Armónicas Individuales de Corriente y THD-I en sistemas o redes eléctricas

Los límites establecidos para las armónicas impares individuales de corriente en sistemas o redes eléctricas se presentan en la siguiente tabla :

$V_n \leq 69\ kV$					
Icc / I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3
20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4

4.12.3 Los límites establecidos para THD-I en sistemas o redes eléctricas se presentan en la siguiente tabla :

$V_n \leq 69\ kV$	
Icc / I_L	THD - I
< 20	5,0
20-50	8,0
50-100	12,0
100-1000	15,0
> 1000	20,0

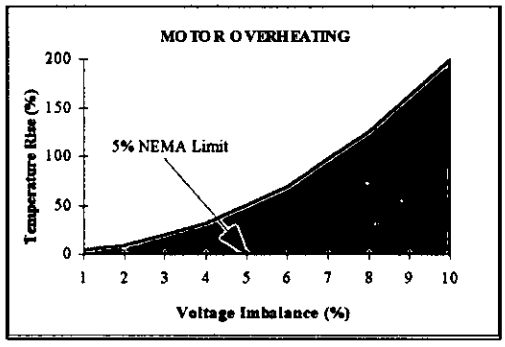
Para Factor de Potencia

El valor estadístico de FP, calculado como se indicó en punto 4.4, deberá ser mayor o igual a 0,93 inductivo para cualquier punto común de acoplamiento (PCA) en que se entregue suministro en los sistemas de generación, transporte y distribución.

Normas Internacionales

Contaminación Armónica: Standard IEEE 519
Igual que norma chilena para la distorsión armónica de corriente. Norma chilena se basa en IEEE519

Desbalance NEMA (National Electrical Manufacturer Asociation)
Límite del desbalance de tensión entre los valores rms de los voltajes fase a fase.
Límite Máximo permisible 5%.



Reuniones con Empresas Distribuidoras

El sistema acondicionador de energía ha sido presentado a empresas distribuidoras de energía eléctrica como Chilectra, Río Maipo y Esmec las que han presentando gran interés por el desarrollo del sistema.

Chilectra está implementando esta solución presentándola a sus grandes clientes como sistema de ahorro y mejora de la calidad de la energía.

B.2 OBJETIVOS TECNICOS DEL PROYECTO.

Desarrollar un servicio que utilice las tecnologías más recientes en el ámbito de mejoras en la calidad de la energía, que permita diagnosticar deficiencias en las instalaciones eléctricas y cuantificar ahorros asociados a su solución.

Para este propósito se diseñará una metodología para realizar las auditorías eléctricas en las empresas para obtener el diseño de los equipos. También se establecerá un procedimiento para la realización de estas auditorías

Además se establecerá un diseño informático para validar los datos capturados y estimar el desempeño del sistema y una evaluación técnica económica para validar la conveniencia de la aplicación en cada caso.

Adicionalmente se establecerá una metodología para la verificación de los ahorros y desempeño de los equipos respecto de los valores estimados.

B.3 TIPO DE INNOVACION.

La innovación tecnológica que se pretende desarrollar es extremadamente relevante para todo el sector eléctrico, tanto para distribuidoras de energía eléctrica como consumidores, principalmente el de baja tensión, pues una vez validado, presentará una solución a una necesidad que todavía no encontraba solución alguna.

La ventaja principal del proyecto es entregar un nuevo servicio en un mercado insatisfecho, en expansión y de alta relevancia a nivel nacional.
El proyecto permite innovar en la aplicación de la ingeniería de software en el desarrollo de un nuevo sistema de optimización de energía eléctrica, permitiendo ahorros y mejoras en la calidad del suministro

C. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO.

C.1 METODOLOGIA.

La metodología comprende las siguientes etapas:

- Análisis e información de aspectos teóricos.
- Análisis y búsqueda de equipamiento necesarios.
- Experiencias realizadas en centros internacionales
- Analizar los procesos de diseño y pruebas.
- Análisis de normas nacionales.
- Análisis normas internacionales.
- Reuniones con las empresas distribuidoras de energía eléctrica.
- Selección de empresas que participarán en el proyecto.
- Selección de atributos que permitan reflejarse significativamente en la eficiencia, inversión y costos de operación del equipo.
- Reconocimiento específico de las deficiencias en las instalaciones eléctricas y para ello se requiere el diseño de auditorías de características técnicas, validar información y requerimientos en todos los aspectos los cuales deberán adecuarse a normas y estándares reconocidos de la industria. Para ello se realizará ensayos de diferentes técnicas a utilizar para posteriormente evaluarlas vía computacional.
- Selección de equipos de medición.
- Generación de métodos de ingeniería y montaje.
- Diseño de pruebas piloto.
- Diseño de métodos y procedimientos para evaluar y verificar el desempeño de los equipos.

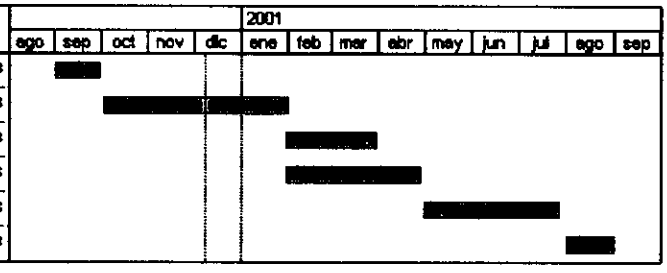
C.2 PLAN DE TRABAJO.

Las actividades ha desarrollar en el período, de acuerdo al plan de trabajo, en la mayoría de los casos se realizaron de acuerdo a los tiempos y plazos comprometidos.
En el primer cuadro se presenta la Carta Gantt del proyecto, conteniendo todas las actividades y los plazos dados en los términos de referencia. En el segundo cuadro se presenta la Carta Gantt con los tiempos y plazos reales. La diferencia en la ejecución de las actividades del proyecto se debe a que se aceleraron el inicio de las siguientes actividades "FASE DE ARMADO Y MONTAJE" y "FASE DE PRUEBAS Y ENSAYOS", esto gracias a que CORFO entregó el total de los fondos al inicio del proyecto.

CUADRO 1:

CARTA GANTT PROYECTO TERMINOS DE REFERENCIA (INICIAL)

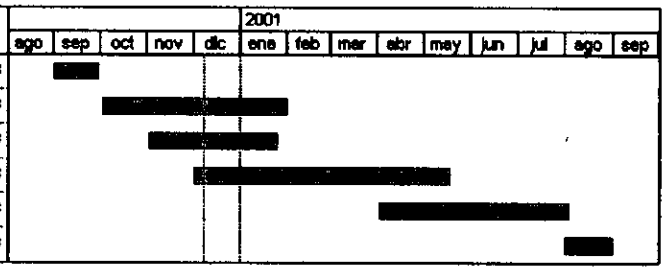
Id		Nombre de tarea	Duración
1		RECOPILACION ANTECEDENTES	21 días
2		DESARROLLO DE INGENIERIA	88 días
3		ARMADO Y MONTAJE	45 días
4		PRUEBAS Y ENSAYOS	65 días
5		EVALUAC. Y VERIF. DESEMPEÑO	65 días
6		CONCLUSIONES	23 días



CUADRO 2:

CARTA GANTT PROYECTO TIEMPO Y PLAZOS REAL

Id		Nombre de tarea	Duración
1		RECOPILACION ANTECEDENTES	21 días
2		DESARROLLO DE INGENIERIA	88 días
3		ARMADO Y MONTAJE	60 días
4		PRUEBAS Y ENSAYOS	120 días
5		EVALUAC. Y VERIF. DESEMPEÑO	90 días
6		CONCLUSIONES	23 días



A continuación se describen en forma detallada cada una de las actividades que se desarrollaron en el período comprendido entre las fechas 1/9/00 y 31/8/01.

HITOS VERIFICABLES

HITO Nº 1	Se instalaron tres equipos, estos son K1SE, K3AL3, K3SA5C, los cuales fueron probados demostrando beneficios.
HITO Nº 2	Se desarrolló e implementó metodología de auditoría eléctrica, la cual está documentada.
HITO Nº 3	Se desarrolló e implementó software de generación de diseño de equipos y cotización.
HITO Nº 4	Se desarrolló metodología de verificación de ahorros y desempeño de de los sistemas instalados.

ANEXO N°4

RESUMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTO DE INNOVACION TECNOLOGICA

FECHA.....

1.- ANTECEDENTES GENERALES

CODIGO DEL PROYECTO	200-2202
TITULO DEL PROYECTO	Desarrollo y Diseño de un Sistema Optimizador de Energía.
EMPRESA	Asesoría en Gestión y Proyectos en ing. GESOFT LTDA.
NOMBRE DEL EJECUTIVO	IVAN DERPICH CONTRERAS

2.- CUADRO RESUMEN DE ACTIVIDADES

2.1.- ACTIVIDADES PROGRAMADAS (Según Carta Gantt)	**% AVANCE**
1.- RECOPILACION DE ANTECEDENTES.	100%
2.- DESARROLLO DE INGENIERIA.	100%
3.- ARMADO Y MONTAJE.	100%
4.- PRUEBAS Y ENSAYOS	100%
5.- EVALUACION Y VERIF. DESEMPEÑO	100%
6.- CONCLUSIONES	100%
2.2.- ACTIVIDADES EFECTIVAMENTE DESARROLLADAS	**% AVANCE**
1.- RECOPILACION DE ANTECEDENTES.	100%
2.- DESARROLLO DE INGENIERIA.	100%
3.- ARMADO Y MONTAJE.	100%
4.- PRUEBAS Y ENSAYOS	100%
5.- EVALUACION Y VERIF. DESEMPEÑO	100%
6.- CONCLUSIONES	100%

ANEXO N°5

CUADRO RESUMEN GASTOS REALES
PROYECTO DE INNOVACION TECNOLOGICA

1.- ANTECEDENTES GENERALES

CODIGO DEL POYECTO	200-2202
TITULO DEL PROYECTO	Desarrollo y Diseño de un Sistema Optimizador de Energía.
EMPRESA	Asesoría en Gesión y Proyectos en ing. GESOFT LTDA.
INFORME DE AVANCE N°	1
TOTAL INFORMES AVANCE	2

2.- CUADRO RESUMEN DE GASTOS

PARTIDAS DE COSTO	PRESUP. TOTAL MILES ($)	GASTOS REALES 1ER Sem. MILES ($)	GASTOS REALES 2° sem. MILES ($)	GASTOS REALES TOTAL MILES ($)
PERSONAL DE INVESTIGACION	30.710	21.650	13.389	35.039
PERSONAL DE APOYO	2.863	1.202	1.435	2.636
SERVICIOS, MATE-RIALES Y OTROS	35.459	25.499	20.979	46.478
USO DE BIENES DE CAPITAL	2.293	1.165	1.127	2.292
ADQUISICION BIENES DE CAPITAL	0	0	0	0
TOTAL	71.325	49.515	36.930	86.446

Hugo Loyola Escudero
Representante Legal

María Magdalena Silva
Contadora

D. RESULTADOS OBTENIDOS.

D.1 PRINCIPALES RESULTADOS.

El más importante resultado observado, surge del ámbito comercial y corresponde al alto grado de satisfacción del cliente con el producto, por lo cual se puede inferir que el producto cumple con todas las expectativas con las cuales se especificaron en los términos de referencias al inicio del proyecto, permitiendo poner un producto único en el mercado y que viene a solucionar problemas que hasta el momento no tenían solución.

La implementación de los sistemas de mejoramiento de calidad de energía eléctrica en CTI ha permitido demostrar que se puede mejorar la calidad de suministro eléctrico en forma global, es decir, mejorando en forma conjunta diferentes aspectos solo con un equipo.

El nivel de armónicos que en algunos casos llegaba al 40%, se redujo a niveles aceptables de acuerdo a la norma eléctrica.

Durante los meses de enero y febrero la planta de refrigeradores no ha tenido detenciones por fallas en los componentes eléctricos o electrónicos. Los beneficios por reducción de las detenciones por fallas en las líneas de refrigeradores, se estiman en $80.000.000 al año, además se estima una reducción de $ 20.000.000 al año en tarjetas de control.

El beneficio más importante ha sido el ahorro de energía obtenido, por ejemplo en la sub-estación 17 se logró el cambio de Tap del transformador, disminuyendo en un 5%, que corresponde a 300 V en el lado de media tensión. El transformador quedó en su tap nominal (12.000 V)

D.1.1.- Resultados Técnicos Alcanzados.

- Los resultados alcanzados en las dos subestaciones auditadas llevaron los índices de calidad de la energía eléctrica a valores aceptables, dentro de los rangos recomendados por las normas técnicas tanto nacionales como internacionales.

- Con este resultado se logró mejorar la eficiencia del sistema, disminuyendo la carga de cada transformador, como se describe a continuación para cada transformador:

Comparación de Resultados en SE16

A partir de las mediciones de calidad de la energía realizadas en la subestación N°16 de la Planta de Refrigeradores en la Compañía Tecno Industrial (C. T. I. S.A.) que se resumen en la **tabla N°1.1**

Al implementar el sistema acondicionador de energía en esta subestación:

Se aprecia una mejoría en el Factor de Potencia promedio, alcanzando actualmente un valor promedio superior al mínimo exigido por las compañías distribuidoras. Esto significa que disminuye notablemente (53%) la potencia reactiva que circula por el sistema. (ver tabla 1.1)

Disminuye el Desbalance de Tensión en un 45% con respecto al valor anterior. El valor actual (3,7%) está dentro del límite recomendado por la NEMA (5%); lo que significa disminuir los problemas de sobre temperatura y mejorar el rendimiento en motores y máquinas eléctricas.

Disminuye la Distorsión Armónica de Voltaje (THD – V), disminuyendo la circulación de armónicos por tensión, entregando así una energía más limpia a las distintas cargas.

Disminuye la Distorsión Armónica de Corriente (THD – I), disminuyendo la circulación de armónicos por el sistema eléctrico, liberando capacidad en los conductores y disminuyendo los torques pulsantes en motores.

Además, se aprecia una disminución de los valores de corrientes en cada fase, que se ven reflejados en el ahorro de energía presentado.

Con la disminución del TAP, se logra que el transformador opere en una zona de operación más eficiente, lo cual se confirma con el porcentaje de carga de operación que disminuye desde un 57% a un 51%, liberando además, capacidad útil en la subestación.

TABLA 1.1: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE ENERGÍA.

Parámetros Eléctricos	Cond. Previa	Con Sistema
Potencia Aparente (KVA)	**569**	**508**
Potencia Activa (KW)	**474**	**486**
Potencia Reactiva (KVAR)	**315**	**148**
F.P (Factor de Potencia Promedio)	**0.833**	**0.956**
Desbalance de Tensión (%)	**6.8 %**	**3.7 %**
% THD- V (Distorsión Armónica de Voltaje)	**9,25 %**	**6,79 %**
% THD (Distorsión Armónica de Corriente)	**46 %**	**11,9 %**
% Carga del Transformador	**57 %**	**51 %**

Comparación de Resultados en SE17

A partir de las mediciones de calidad de la energía realizadas en la subestación N°17 de la Planta de Refrigeradores en la Compañía Tecno Industrial (C. T. I. S.A.) que se resumen en la **tabla N°1.2** se puede concluir lo siguiente:

Al implementar el sistema acondicionador de energía en esta subestación:

- ⇨ Se aprecia una mejoría en el Factor de Potencia promedio, mejorando sobretodo los valores mínimos desde 0.952 a un nivel superior a 0.968 para cada fase.
- ⇨ Disminuye el Desbalance de Tensión en un 44,6%. El valor actual (2,6%) está dentro del límite recomendado por la NEMA (5%); lo que significa disminuir los problemas de sobre temperatura y mejorar el rendimiento en motores y máquinas eléctricas.
- ⇨ La Distorsión Armónica de Voltaje (THD – V) disminuye a un 4,9%.
- ⇨ La Distorsión Armónica de Corriente (THD –I) disminuye también, mejorando la condición previa.

El cambio de TAP permite que el transformador opere en una zona más eficiente, confirmado con el porcentaje de carga de operación que disminuye desde un 50% a un 42%, liberando capacidad útil en la subestación, lo que se traduce en ahorros en el consumo eléctrico.

TABLA 1.2: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE ENERGÍA.

Parámetros Eléctricos	Cond. Previa	Con Sistema
Potencia Aparente (KVA)	**503**	**424**
Potencia Activa (KW)	**423**	**411**
Potencia Reactiva (KVAR)	**273**	**104**
F.P (Factor de Potencia Promedio)	**0,952**	**0,968**
Desbalance de Tensión (%)	**4,8%**	**2,6%**
% THD- V (Distorsión Armónica de Voltaje)	**6,0%**	**4,91%**
% THD (Distorsión Armónica de Corriente)	**7,5%**	**5,34%**
% Carga del Transformador	**50%**	**42%**

Ahorros Alcanzados

SE-16

En la figura 1 se muestra la reducción de demanda KW alcanzada durante la prueba corta realizada en la subestación 16 de la Planta de Refrigeradores de la Compañía Tecno Industrial S.A. el 10 de Enero de 2001.

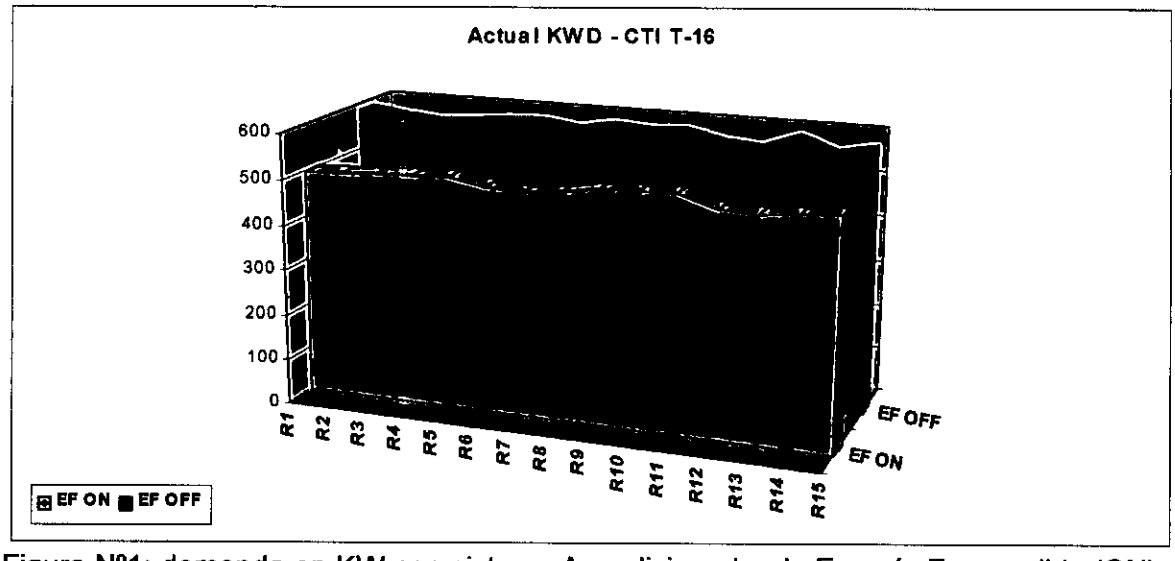


Figura Nº1: demanda en KW con sistema Acondicionador de Energía Enecendido (ON) y Apagado (OFF).

Reducción de KW Promedio = 75 KW

SE-17

En la figura 2 se muestra la reducción de demanda KW alcanzada durante la prueba corta realizada en la subestación 17 de la Planta de Refrigeradores de la Compañía Tecno Industrial S.A. el 10 de Enero de 2001.

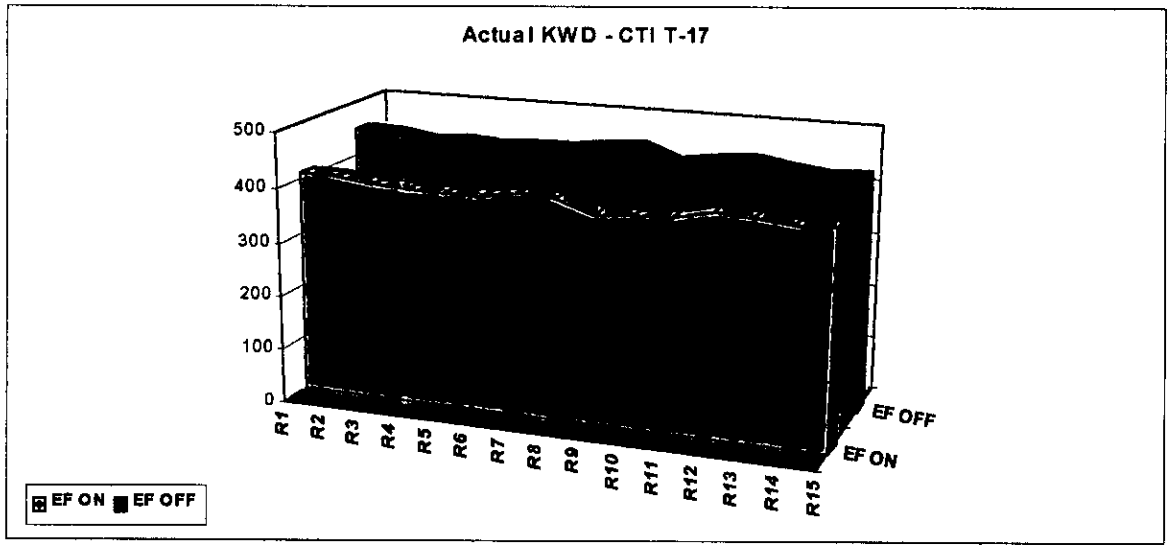


Figura N°2: demanda en KW con sistema Acondicionador de Energía Enecendido (ON) y Apagado (OFF).

Reducción de KW Promedio = 31 KW

Un resumen de los ahorros estimados y alcanzados para cada subestación, tanto para demanda como para consumo, calculados sobre una período de un año.

Tabla 2.1. Ahorros Estimados y Ahorros alcanzados en SE16

	Demanda Anual (KW)	Consumo Anual (Kwh)
Ahorros Estimados	**5.12%, 261 KW**	**7%, 139,654 Kwh**
Ahorros Alcanzados	**17.8%, 900 KW**	**17.6%, 351,000 Kwh**

Tabla 2.2. Ahorros Estimados y Ahorros alcanzados en SE17

	Demanda Anual (KW)	Consumo Anual (Kwh)
Ahorros Estimados	**3.88%, 121 KW**	**6%, 73,288 Kwh**
Ahorros Alcanzados	**12%, 372 KW**	**7.3%, 145,080 Kwh**

Diseño de Auditorías

La auditoría eléctrica consiste en la medición de parámetros eléctricos: voltaje y corriente para determinar los valores de potencia - KW, KVA, KVAR - y los valores de los índices de calidad de la energía - Factor de Potencia, Distorsión Armónica, Desbalance de Tensión -. Además, se requiere un estudio del comportamiento de la carga y las posibles variaciones en el futuro, a través del análisis de la cuenta eléctrica, los diagramas unilineales y conversación con el encargado del área eléctrica de la planta que se esté auditando .

Los sistemas eléctricos son más sensibles a cualquier tipo de perturbación a medida que están más exigidos, es decir, cuando el consumo y la demanda de potencia es mayor. Además, las mediciones son muy importantes para determinar la condición real del sistema y el nivel de perturbaciones, además de ser la base para la estimación de costos y beneficios del sistema. Las mediciones de calidad de la energía eléctrica, por lo tanto, requieren las siguientes características:

Ser trifásicas y simultáneas: medir con un mismo instrumento las tres fases del sistema y en forma simultánea.

En el momento de realizar las mediciones, la carga del sistema debe estar sobre un 70% de la carga normal, tomando como referencia las cuentas eléctricas del último año. Auditorias realizadas cuando parte de la carga de la instalación no está en funcionamiento puede generar datos distorsionados.

Cuando el sistema contiene bancos de condensadores y como al momento de instalar un acondicionador de energía los condensadores tienen que ser retirados, se debe medir con la condición real a la que se enfrentará el sistema acondicionador de energía, es decir, sin bancos de condensadores. Por lo tanto, la medición debe ser realizada con los bancos de condensadores desconectados. Si esto no es posible se debe medir la corriente que circula por los Condensadores instalados para descontar el efecto de potencia reactiva que aportan.

Los parámetros eléctricos necesarios para el diseño se muestran a continuación:

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE		EMPRESA / ORGANIZACIÓN	GESOFT Ing.
FONO		ENCARGADO MEDICIÓN	
DIRECCIÓN		FECHA MEDICIÓN	
CONTACTO			

LUGAR MEDICIÓN			Observacones
Alimentador Principal	Sub- alimentador	Sub-sub- alimentador	
( )	( )	( )	
	Dist. a Alimentador Ppal. (mts.)		
KVA Nominal Transf	Secuencia		
Medida Conductores	( ) ABC		
Nº conductores x fase	( ) ACB		
% de Operación			
Hrs. De Operación	Enfriado por		
Impedancia (%)	( ) AIRE		
	( ) LÍQUIDO		
Bco. Cond (KVAR)			
Bco. Cond (AMP)	I neutro (Amp)		
Bco. Cond (VOLT)	V n-t (V):		

LUGAR MEDICIÓN			Observacones
Alimentador Principal	Sub- alimentador	Sub-sub- alimentador	
( )	( )	( )	
	Dist. a Alimentador Ppal. (mts.)		
KVA Nominal Transf	Secuencia		
Medida Conductores	( ) ABC		
Nº conductores x fase	( ) ACB		
% de Operación			
Hrs. De Operación	Enfriado por		
Impedancia (%)	( ) AIRE		
	( ) LÍQUIDO		
Bco. Cond (KVAR)			
Bco. Cond (AMP)	I neutro (Amp)		
Bco. Cond (VOLT)	V n-t (V):		

Desarrollo Software Comunicación

Paralelo a la etapa de diseño, fue desarrollado un sistema informático para comunicación vía Internet entre ETI en USA- y nuestros ingenieros. Este sistema tiene el objetivo de seleccionar los reactores y los condensadores de cada unidad a instalar en forma adecuada y consiste en:

- Ingreso de Código para identificar auditoría, Claves de Seguridad, Datos Generales.
- Ingreso de parámetros eléctricos: Valores máximos y mínimos de corriente, voltaje, factor de potencia.
- Ingreso de Distorsión Armónica, tanto para voltaje como para corriente.
- Ingreso de Datos del Sistema Eléctrico Auditado: Capacidad e Impedancia del Transformador, medida y número de cables.
- Ingreso de Datos de potencia –KW- y consumo de energía -KWH- de los 12 últimos meses.

En respuesta recibimos especificaciones de los bancos de condensadores y reactores necesarios para la instalación auditada.

Pruebas y Ensayos

Nuestra experiencia internacional ha revelado que, en todos los casos, el funcionamiento y carga son inconstantes en industrial,
medios comerciales, y institucionales. La tal variación es dependiente en la naturaleza del negocio. Por consiguiente,
diseñe criterio para cada sistema de Sistema es solamente dependiente en la carga de cada cliente y eléctrico
características de la distribución; así como sus consideraciones económicas. Como resultado, la evaluación concisa del
ahorros que son el resultado de Sistema deben llevarse a cabo basó en los Valores incrementales de la demanda
(KW/KVA) y consumption/usage de energía (KWH).

Para verificar que el Sistema esté actuando correctamente y evaluar sus beneficios se deber realizar cualquiera de las siguientes pruebas:

1 - *La Prueba Corta*

Asegúrese que Sistema esté funcionando apropiadamente.
Realice varias pruebas de una duración entre 1 a 15 minutos con Sistema "Encendido" y luego igual período con el sistema "Apagado".

2 - *La Prueba Larga*

Esta prueba es necesaria aplicarla en los siguientes casos:
A - Cuando la carga es inmensamente inconstante.
B - Cuando no se esté seguro acerca de los resultados de la prueba corta.

Para verificar científicamente los efectos en el ahorro del Sistema, idealmente, nosotros debemos realizar una comparación "Manzanas con Manzanas". En la práctica, esto puede no ser posible, particularmente donde la carga está fluctuando y diversas variables contribuyen a esta variación.

La comprobación puede realizarse con precisión, con tal de que las siguientes condiciones permanezcan en el mismo nivel que las informadas en el momento de la Auditoría inicial:

A - el KW y Consumo del KWH
B - Horas de Operación
C - Unidades de Producción
D – Equivalente Horas de operación según temperatura.

Para crear un medio científico, donde los parámetros anteriores pueden asumirse razonablemente constantes, se deben seguir los pasos::

A – Use un analizador de red rápido y exacto. Tal que sea capaz de registrar el perfil de carga con precisión.

B – Mientras más rápida es la frecuencia de muestreo del analizador de red, serán más exactos los resultados. La razón de muestreo debe ser por lo menos 128 muestras por ciclo (preferentemente 256 muestras por ciclo) para asegurar tal exactitud.

C – Se puede seleccionar la Duración de la prueba a 15 intervalos de los minutos. Esto significa Sistema acondicionador de energía debe alternar entre "Encendido" y "Apagado" continuamente cada 15 minutos.

D – La duración total de la prueba depende del comportamiento de la carga. Naturalmente, si la prueba es más larga serán más precisos los resultados.

Después de que los datos de las pruebas se han reunido, se aplica el método de Análisis estadístico; se puede usar el software SPA para analizar los datos con precisión. La tal técnica es basada en el Análisis de Regresión, donde las variables se prorratean en forma precisa.

D.2 ANALISIS Y CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS.

Las principales conclusiones en lo que va avanzado del proyecto son:

Las tecnologías tradicionales no son comparables con el rendimiento o comportamiento de estos equipos, situación confirmada por los expertos del DIE de la USACH y ejecutivos de CTI. Se han realizado evaluaciones y se han estimado algunos beneficios, por parte de la empresa (CTI), los cuales se pueden resumir en los siguientes puntos:

La planta de refrigeradores de CTI presentaba serios problemas de mantenimiento y de rendimiento de su línea debido a múltiples detenciones por fallas en sus componentes tanto de accionamientos eléctricos como de control. Se produjeron detenciones por fallas de hasta 40 días en un equipo, a causa de quemas masivas de tarjetas del sistema de control.

Las soluciones ofrecidas y cotizadas por empresas nacionales para solucionar el problema eran de altísimo costo, con elevadas sumas en dinero solo, por ejemplo, para el diagnóstico o para solucionar algún aspecto muy particular de los distintos problemas que presentaba la mala calidad de suministro eléctrico.

D.2.1 Búsqueda de Tecnología

- Búsqueda de tecnología y de proveedores de piezas y partes de producto, proceso, equipos y operación

Todos los elementos fueron cotizados, a continuación se muestran los más críticos.

Equipos	*Proveedor*	*Característica*	*Observaciones*
Reactores Condensadores	ETI	Reactores Variables Condensadores 415, 440 V	
Transformadores de Corriente	Rhona	1000 / 5 500 / 5	
	Codilec	1000 / 5 500 / 5	
	Calimport	1000/5 500/5 400/5 1000 / 5 500 / 5	Núcleo partido Núcleo partido Núcleo partido
	Clas	300/5	Núcleo partido, con ventana de 50 x 80 mm (medida especial)
Transformadores de Aislación	Transf. Mora	250 VA	Para control 385 / 120 V

		50 VA	385 / 120 V
Contactor	Calimport	**150ª** 185ª	**Contactor GE** **Contactor GE**
	GAMM	UA 95 (60KVAR)	**Contactor ABB**
Refrigeración	Rittal	**Ventilador** **Ventilador** **Filtro Salida**	500 m^3/hr. 230 m^3/hr. 204 x 30 mm
Gabinetes	Imprega	**Armario**	IP 55 600x700x250 mm.
	Rittal	**Armario Compacto AE**	IP 55 800x1200x400 mm.
Elementos de seguridad	JACEL	**Lentes** **Guantes**	
	V & V	**Guantes**	
Conductores y Materiales Eléctricos	ELECTRA	4 AWG	THHN 90ºC

D.2.2.- Equipos de Medición

Se seleccionó un analizador de red: Con 8 canales de entrada, frecuencia de muestreo de 12.800 muestras por segundo y conversión análogo digital 12 bits., transformadores de Corriente: 3000/5, repuesta plana hasta 4000 Hz y Pinzas de Tensión: 1000 V de aislación.

D.2.3.- Ahorros

En el caso de la Compañía Tecno Industrial, los ahorros estimados para ambas subestaciones fueron cercanos aunque inferiores a los alcanzados finalmente.

La estimación de ahorros está asociada a un transformador como unidad básica mínima. El cálculo para la estimación de los ahorros para un sub-alimentador es más compleja y se justifica para el tipo de clientes abarcados en este proyecto.

D.2.4.- Metodología de Auditorías

La metodología implementada para la adquisición de datos y parámetros eléctricos del sistema auditado dio como resultado un diseño que superó las estimaciones en cuanto a

ahorros y llevó los índices de calidad de la energía eléctrica a niveles aceptables, como se mencionó en el punto anterior. (ver anexo 2).

El tipo de estudio, con mediciones que dependen del tipo de carga de corta duración y con un porcentaje de carga superior al 70%, entrega resultados más efectivos a medida que el sistema presenta una curva de carga más estable.

Adicional a la metodología se implementó un procedimiento de trabajo seguro con el fin de reducir al mínimo los riesgos de accidente y tomar las mediciones en condiciones seguras.

El "Test Corto" para la medición de resultados, refleja los ahorros alcanzados y logra demostrar a los clientes los beneficios de instalar un acondicionador de energía

D.2.5.- Desarrollo Sistema Informático

SE LOGRÓ DISEÑAR SOFTWARE DE COMUNICACIÓN QUE A TRAVÉS DE INTERNET PERMITA SELECCIONAR LOS COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE ENERGÍA. ESTO PERMITE REDUCIR EL TIEMPO DE DISEÑO DE CADA SOLUCIÓN, TANTO PARA DETERMINAR EL COSTO COMO LAS DIMENSIONES DE LOS EQUIPOS.

Basados en esta plataforma informática, se logró estimar los ahorros que se pueden alcanzar al implementar un sistema acondicionador de energía. Con este resultado se logra determinar, previo a la instalación de un sistema acondicionador de energía, los ahorros aproximados asociados a la mejora de la calidad de la energía eléctrica (ver anexo).

E. IMPACTOS DEL PROYECTO

E.1.- Impactos

E.1.1.- Implementación de Acondicionadores

Con la implementación de los sistemas acondicionadores de energía en dos subestaciones eléctricas de la Compañía Tecno Industrial S.A. se alcanzaron los siguientes resultados:

- A través de la comparación de mediciones y pruebas (prueba corta) se verificó una reducción de la potencia demandada (KW) en ambas subestaciones. Como consecuencia y a partir del análisis de las cuentas eléctricas, se logró determinar que el consumo de energía eléctrica (KWH), con un ahorro anual proyectado del 17,6% para la subestación 16 y de 7,3% para la subestación 17, lo que se traducirá en un pago de cuenta eléctrica mensual menor.
- Los índices de calidad de la energía eléctrica evaluados (Factor de Potencia, Distorsión Armónica de Corriente (THD-I), Distorsión Armónica de Voltaje (THD-V) y Estabilidad de Tensión alcanzaron valores que están dentro de los rangos recomendados por las normas técnicas. Como consecuencia de estos resultados, C.T.I. S.A. logró mejorar la eficiencia y calidad en su suministro a los procesos dependientes del suministro eléctrico en las dos subestaciones señaladas, logrando disminuir las inversiones en bienes por concepto de mantenimiento a maquinarias eléctricas, principalmente por la disminución de fallas de tarjetas electrónicas.
- Además, estos resultados ayudan a la Compañía Tecno Industrial S.A. a mejorar su competitividad en el mercado, dada la fuerte presión por disminuir los costos de producción, especialmente en el negocio de refrigeradores.

E.1.2.- Servicio de Auditoría

Por otra parte, mediante este proyecto se logró desarrollar el servicio de Auditoría de Calidad de la Energía Eléctrica, basado en una metodología nueva, orientada a la evaluación y diseño con menor tiempo de duración que la existente y bajo costo. Los resultados alcanzados en este punto son los siguientes:

- Con las mediciones de corta duración y con alto nivel de carga se obtuvo resultados similares en cuanto a la Evaluación de la calidad de la energía eléctrica comparando los índices más importantes. Nuestra evaluación se contrastó con los estudios realizados por

la Universidad de Santiago de Chile - Departamento de Ingeniería Eléctrica, quienes midieron con instrumentos distintos y con período de muestreo mayor.

- Elaboración de diseño de componentes vía Internet. Esto implica desarrollar diseños a menor costo y con una duración inferior a los procedimientos tradicionales, ya que a partir de los formatos y códigos establecidos entre el proveedor en Estados Unidos y Gesoft Ingeniería Ltda. se obtienen parámetros para el diseño y especificación de partes en forma instantánea (ON-LINE) reduciendo los tiempos de diseño y de entrega de resultados.

E.2.- Implementación de Resultados

E.2.1.-Reuniones con Empresas Distribuidoras

El sistema acondicionador de energía ha sido presentado a empresas distribuidoras de energía eléctrica como Chilectra, Río Maipo y Esmec las que han presentando gran interés por el desarrollo del sistema.

En particular, Chilectra S.A. está desarrollando una estrategia para presentar esta solución a sus grandes clientes, tanto para mejorar la calidad de la energía eléctrica como sistema de ahorro.

E.2.2.- Seminario de Difusión

SE REALIZÓ UN SEMINARIO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, EN LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE CON EL FIN DE DIFUNDIR LOS RESULTADOS ALCANZADOS Y CONTRASTAR LA *"METODOLOGÍA DE AUDITORÍA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA"* CON LOS PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES. EN ÉL PARTICIPARON CLIENTES FINALES, EMPRESAS DISTRIBUIDORAS Y EMPRESAS DE INGENIERÍA ESPECIALIZADAS EN EL ÁREA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA; ADEMÁS, DE ACADÉMICOS DE LA PROPIA UNIVERSIDAD.

E.2.3.- Servicio de Auditoría Eléctrica

Con los resultados obtenidos en este proyecto, se ha puesto en marcha el Servicio de Auditoría de Calidad de la Energía Eléctrica, basado en los procedimientos ya comprobados y con bajo costo comparativo para las empresas auditadas.

E.3.- PROYECCIONES

Los beneficios asociados al uso eficiente de la energía eléctrica son la reducción de los costos asociados al consumo eléctrico, ahorros en los costos de producción para las

empresas finales productivas y ahorros para las empresas distribuidoras de energía eléctrica, las que además ven liberadas la capacidad de sus redes de distribución.

El interés por alcanzar una calidad de suministro eléctrico alta, se ve reflejada en la norma técnica complementaria al DS-327 que regula al sector eléctrico. Una vez que se establezcan los procedimientos se aplicarán estas normas, lo que conlleva a la necesidad de las empresas por tener una buena calidad de energía eléctrica y por lo tanto, acceder a soluciones dirigidas en esa línea.

Adicionalmente, el interés por resolver la problemática de cargas sensibles y fallas eléctricas nos orienta, por un lado a sistemas productivos con alto grado de automatización como también a edificios corporativos con alto nivel de cargas computacionales que exigen un suministro eléctrico de alta calidad. Por último, se debe proyectar resolver problemas en el área de la minería, lo que implica desarrollar este sistema para niveles de voltaje más altos (media tensión).

Además, producto de los resultados positivos técnicos y económicos de este nuevo servicio, se ha materializado en ventas a Lan-Chile S.A. y a la Compañía Tecno Industrial (CTI), en este último caso estos equipos son para complementar y mejorar el rendimiento de los equipos anteriores e incluirlo en otras áreas en sus procesos. Demostrando que la incorporación de este servicio trae tanto beneficios privados como sociales.

ANEXO 1

F 1 RESUMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS.

Actividades Programadas

A. Recopilación de Antecedentes.
B. Fase de Desarrollo de Ingeniería y Montaje de Equipos.
C. Pruebas Piloto.
D. Evaluación y Verificación de Desempeño
E. Conclusiones.

Actividades Efectivamente Desarrolladas

A. Recopilación de Antecedentes.
B. Fase de Desarrollo de Ingeniería.
    B.1. Definición de Metodología para Auditoría Eléctrica.
    B.2. Desarrollo de Software comunicación vía Internet.
    B.3. Medición en lugares seleccionados.
    B.4. Medición de Departamento de Ingeniería Eléctrica para validación (se adjunta en anexo).
    B.5. Selección de componentes y diseño de solución para cada caso.
C. Montaje de Equipos.
D. Pruebas Piloto.
E. Evaluación y Verificación de Desempeño.
    E.1. Test corto.
    E.2. Test Largo.
    E.3 Segunda medición de Departamento de Ingeniería Eléctrica para validación (se adjunta en anexo).
F. Seminario de Calidad de la Energía Eléctrica (actividad de difusión).
G. Reuniones con Empresas Distribuidoras (Chilectra, Río Maipo y ESMEC)
H. Informe de Avance.
I. Conclusiones.
    H.1. Informe de resultado a empresa beneficiaria.

H.2. Informe Final.

Formulario de Implementación de Resultados

1. Seminario de Calidad de la Energía Eléctrica

Se realizó seminario de calidad de la energía eléctrica para la difusión de los resultados obtenidos y la validación del método de diagnóstico de calidad de la energía eléctrica. En él participaron empresas Distribuidoras, empresa beneficiaria, posibles clientes, empresas de ingeniería especializadas en mediciones y el tema de calidad de la energía eléctrica; además, de académicos de la Universidad de Santiago, lugar donde se realizó el Seminario.

2. Difusión para Distribución de Equipos a través de empresas distribuidoras de energía eléctrica

A partir de lo desarrollado en el seminario se generaron diversas reuniones con compañías distribuidoras de energía eléctrica. Actualmente, Chilectra está desarrollando el servicio para ofrecer esta solución a los Grandes Clientes.

3. Formulación de Servicio de Auditoría de Calidad de la Energía Eléctrica

Se está implementado servicio de auditoría que considera medición de parámetros eléctricos, análisis de los valores obtenidos, validación de los datos y entrega de informe con evaluación respecto a las normas nacionales e internacionales

En los casos que se recomiende, se entrega propuesta con diseño de solución para los problemas encontrados.

El proceso para implementar el servicio es el siguiente:

- Valoración (costos)
- Requerimientos de los Clientes: entrega de información.
- Requerimientos de Seguridad: cumplimiento de procedimiento de trabajo seguro para las mediciones

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA
AVE BERNARDO O'HIGGINS 3363- CASILLA 10233
SANTIAGO DE CHILE-CHILE
FONO: (56.2)778-6417; FAX:(56.2)681-9079

Santiago 08 de Agosto de 2000

Señores
GESOFT ING. LTDA
Presente.

Estimados Sseñores:

Se acuerdo a lo solicitado en su carta del 01.08.2000, adjunto a la presente envío a ustedes los formularios que incluyen las mediciones efectuadas en la planta de la Cia Tecno Industrial, entre el 03 y el 08 de Agosto del presente..

Les agradece su atención, les saluda atentamente y queda atento a cualquier consulta al respecto.

Profesor Julio Rojas Martínez
e-mail: jorojas@lauca.usach.cl

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	53063.35	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : SUB/ESTACION TR 17

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	300 VARIABLE
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	112-137-130 A-B-C

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	220.6	227.2	626.0	1019.0	0.853	0.934
FASE - B	222.8	229.6	534.0	909.0		
FASE - C	221.3	228.3	519.0	840.0		

ORDEN ARMONICO	5 (3)		
AMPLITUD ARMONICO	35.9 (24.5)	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	150.0
THD VOLTAJE (%)	4.97	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	0.6
THD CORRIENTE (%)	7.18		

TERCEROS ARMONICOS PROVIENEN DE LA ILUMINACION

AVE ECUADOR 3519 - FONO:7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **TR17 - TD9**

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.		( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador		(x)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador		( )
		Dist. a Alimentador Ppal. (mts.)		55.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THH	3/0 AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores		2.0
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	221.4	228.6	51.8	199.3	0.823	0.993
FASE - B	222.8	230.4	45.3	190.0		
FASE - C	221.2	227.0	47.5	201.9		

ORDEN ARMONICO	5.0		
AMPLITUD ARMONICO	10.82	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	30.0
THD VOLTAJE (%)	4.63	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	2.05
THD CORRIENTE (%)	9.59		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17-TD12

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	108.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	4/0 AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores por fase	2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	216.1	224.3	66.1	161.6	0.854	0.992
FASE - B	218.5	226.7	65.7	161.5		
FASE - C	217.9	226.0	65.1	159.4		

ORDEN ARMONICO	5.0 - 3.0		
AMPLITUD ARMONICO	6.26 - 4.43	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	16.8
THD VOLTAJE (%)	4.93	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	0.1
THD CORRIENTE (%)	22.2		

THD CORRIENTE (%): IMPARES: 11.6% - PARES 10.6%

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	7 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17-TD17

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.		( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador		(X)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador		( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)		91.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THN	4/0
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores p. Fase		2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	213.0	221.0	216.0	267.0	0.695	0.743
FASE - B	219.0	226.0	242.0	291.0		
FASE - C	216.0	224.0	220.0	275.0		

ORDEN ARMONICO	5		
AMPLITUD ARMONICO	22.41	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	57.0
THD VOLTAJE (%)	3.87	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	0.13
THD CORRIENTE (%)	10.36		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	Julio Rojas
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : SUB/ESTACION TR16

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia ABC	(X)	Pot. (KVAR) Bco. Cond	180 FIJO 300 VARIAB.
ACB	( )	I /Fase (Amp) Bco. Cond	239-237-239 A-B-C

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	223.9	229.6	614.0	1060.0	0.92	0.98
FASE - B	226.0	231.7	746.0	1227.0		
FASE - C	225.6	231.7	544.0	957.0		

ORDEN ARMONICO	5.0		
AMPLITUD ARMONICO	223.8	CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):	100
THD VOLTAJE (%)	9.5	VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):	0.6
THD CORRIENTE (%)	28.65		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR16-TD4

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	66.0	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THHN	500MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores		2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	220.8	237.5	87.5	404.6	0.417	0.885
FASE - B	222.8	237.5	89.2	398.6		
FASE - C	220.5	235.0	80.3	372.3		

ORDEN ARMONICO	5		
AMPLITUD ARMONICO	27.6	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	8.0
THD VOLTAJE (%)	8.94	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	0.5
THD CORRIENTE (%)	21.95		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **TR16-TD7-E**

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	115.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THW 300 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conducotres	2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	217.3	223.5	267.9	389.9	0.639	0.815
FASE - B	218.2	224.5	301.6	423.8		
FASE - C	219.0	225.8	285.8	414.8		

ORDEN ARMONICO	5		
AMPLITUD ARMONICO	62.44	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	18.0
THD VOLTAJE (%)	9.79	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	1.8
THD CORRIENTE (%)	21.79		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	3-4 AGOSTO 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR16-TD7-R

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	115	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	2/0	AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	2.0	
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	222.1	231.9	54.4	242.2	0.839	0.995
FASE - B	222.1	229.9	53.8	243.8		
FASE - C	222.0	231.3	53.3	256.1		

ORDEN ARMONICO	5.0		
AMPLITUD ARMONICO	14.31	**CORRIENTE POR EL NEUTRO In (Amp):**	38.0
THD VOLTAJE (%)	9.66	**VOLTAJE NEUTRO TIERRA Vn (V):**	1.74
THD CORRIENTE (%)	14.18		

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA
AVE BERNARDO O'HIGGINS 3363- CASILLA 10233
SANTIAGO DE CHILE-CHILE
FONO: (56.2)778-6417; FAX:(56.2)681-9079

die USACH

SANTIAGO, 10 de Noviembre de 2000

Señores
Gesoft Ingeniería. Limitada
Presente

De acuerdo a lo solicitado en su carta del 24.09.00, adjunto a la presente envío a ustedes los formularios que contienen las mediciones efectuadas en la planta de refrigeradores de la Compañía Tecno Industrial entre el 25 de Septiembre y el 03 de Noviembre del presente. Además se incluye un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el sistema original y posteriormente con la instalación de los equipos ElectroFlow.

Le saluda atentamente a usted,

Carlos Latorre Valladares
Coordinador de Asistencia Técnica

ANALISIS DE RESULTADOS

La norma nacional establece que los armónicos de tensión deben ser < al 6% para h=5, < 5% para h=7 y < 3.5% para h=11 y que la distorsión total debe ser < al 8%.
Se hace presente que la norma IEEE es más restrictiva, ya que la tasa armónica es menor del 3% y la distorsión de tensión es menor al 5%

Para los armónicos de corriente ambas normas son coincidentes y los límites son:

$I_{cc}/I_{1,rms}$	h<11	DI
<20	4%	5%
20 y <50	7%	8%

En el sistema considerado se tiene que S=1000[KVA], $V_{f,rms}$=220 [V] y Z=5%, lo que implica que $I_{cc}/I_{1,rms}$=20.11; o sea ligeramente superior a 20 que corresponde al límite inferior de la línea 2 de la norma

En las tablas que siguen se muestran en negro las mediciones realizadas inicialmente en el sistema y en rojo, las mediciones que se hicieron luego de instalar bancos de condensadores en los lugares que se identifican con un asterisco

	Vmin		Vmáx		ΔVmáx		Imin		Imáx	
S/E 16*	225.6	216.0	231.7	226.0	6.1	10.0	544	493	1227	1140
TD 4*	220.8	211.0	237.5	222.0	16.7	11.0	80	54.5	404.6	363.0
TD 7 E*	219.0	212.0	225.8	221.0	6.8	9.0	267.9	193	423.8	485.0
TD 7 R	222.1	213.0	231.9	223.0	9.8	10.0	53.3	24.3	256.1	238.0
S/E 17*	222.8	217.0	229.6	224.0	6.8	7.0	519	512	1019	904.0
TD 9	222.8	214.0	230.4	222.0	7.6	8.0	45.3	31.7	201.9	218.0
TD 12	216.1	213.0	224.3	221.0	8.2	8.0	65.1	76.4	161.6	154.0
TD 17*	216.0	218.0	224.0	227.0	8.0	9.0	216	150.0	291	189.0

	Fp,min		Fpmáx		%DVmáx		%DImáx		In,máx		Vn,máx	
S/E 16*	0.92	0.91	0.980	0.99	9.5	3.70	28.65	12.4	100	6.5	0.60	0.68
TD 4*	0.42	0.74	0.890	0.99	8.9	6.54	21.95	31.4	8.0	16.0	0.60	0.30
TD 7 E*	0.64	0.68	0.820	0.91	9.8	11.5	21.79	52.0	18.0	28.0	1.80	1.90
TD 7 R	0.84	0.82	0.995	1.00	9.7	5.99	14.18	6.1	38.0	37.0	1.74	1.70
S/E 17*	0.85	0.93	0.934	0.98	5.0	5.51	7.18	9.1	150	120	0.60	0.75
TD 9	0.82	0.76	0.993	0.99	4.6	5.41	9.59	8.4	30.0	16.0	2.05	2.24
TD 12	0.85	0.84	0.992	0.993	4.9	5.86	22.2	16.3	16.8	5.9	0.10	0.84
TD 17*	0.69	0.89	0.743	0.984	3.9	6.10	10.36	10.3	57.0	39.0	0.13	1.19

Acontinuación se presenta un cuadro resumen para analizar la performance total de la solución aplicada, donde las flechas indican el efecto que la misma ha producido en los diferentes variables medidas

↑- Indica que sube el valor
→ Indica que se mantiene el valor
↓ Indica una baja respecto del valor anterior.

	ΔV	Imáx	FPmäx	%DV	%DI	In	Vn
S/E 16 *	↑	↓	→alto	↓	↓alta	↓	→
TD 4 *	↑	↓	↑	↓	↑muy alta	↑	↓
TD 7 E *	↑	↑	↑	↑	↑altisima	↑	↑
TD 7 R	↑	↓	→	↓	↓alta	→	→
S/E 17 *	↑	↓	↑	↑	↑alta	↓	↑
TD 9	↑	↑	→alto	↑	↓alta	↓	↑
TD 12	↓	↓	→alto	↑	↓alta	↓	↑
TD 17 *	↑	↓	↑	↑	→alta	↓	↑

Si bien se aprecian alzas en **ΔV**, estas las variaciones son menores al 7.5% que establece la norma

En general se aprecia que las corrientes máximas decrecen y el factor de potencia mejora al valor de la norma. Sin embargo, la distorsión de tensión, en los puntos de medición marcados con azul, se superan los valores sugeridos por el IEEE en su norma 519, esto es el 5%. A nivel nacional se acepta el 8% de distorsión de tensión y se estaría sobrepasando en el TD7 E, que se ha marcado con color rojo.

Por otra parte, la distorsión de corriente en general está por sobre los valores de la norma y en las S/E aparecen con valores altos los terceros armónicos.

En resumen, la solución planteada solo considera mejoramiento del factor de potencia. Para estos efectos distribuye los bancos en las S/E y en los T/D. Pero esta solución ha significado que en los T/D aumente la distorsión de corriente por efectos de posibles resonancias en dichos circuitos.

Para analizar estos efectos y su solución, es necesario disponer de un levantamiento detallado de las cargas no lineales y PQ en cada T/D. De esta forma y mediante simulación computacional se pueden analizar los efectos de los condensadores y de las posibles soluciones.

Profesor Julio Rojas Martínez
e-mail:jorojas@lauca:usach.cl

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	Julio Rojas
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	25.10. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : SUB/ESTACION TR16

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia ABC	(X)	Pot. (KVAR) Bco. Cond	150 KVAR
ACB	( )	I /Fase (Amp) Bco. Cond	233.3

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	212	222	493	887	0.914	0.99
FASE - B	216	226	578	996		
FASE - C	213	223	719	1140		
VALOR RMS DE I		377.5	454	608.3	EN NEUTRO	
AMPL. ARMONICO (3 y 5)		8.3 - 44.9	12.2 - 40.2	6.3 - 57.2	In (Amp):	6.5
THD VOLTAJE (%)		3.7	3.3	3.3	Vn (V):	0.68
THD CORRIENTE (%)		12.4	9.4	9.6		
	FASE	A	B	C		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTES:BAJAN FP: SE MANTIENE ALTO
%DV: BAJA %DI: BAJA In: BAJA Vn: SE MANTIENE BAJO
APARECE TERCER ARMONICO

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	Julio Rojas
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	25.10. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : SUB/ESTACION TR16- CONDENSADOR

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia ABC	(X)	Pot. (KVAR) Bco. Cond	150 KVAR
ACB	( )	I /Fase (Amp) Bco. Cond	233.3

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.		RMS	Mín.	Máx.
FASE - A		389.54		231.6		
FASE - B		389.55		232.9		
FASE - C		383.81		233.3		
ORDEN ARMONICO		3 y 5	3 y 5	3 y 5	EN NEUTRO	
AMPLITUD ARMONICO		4.3 - 86.1	8.44 - 83.1	5.0 - 95.22	In (Amp):	
THD VOLTAJE (%)					Vn (V):	
THD CORRIENTE (%)		40.55	38.97	45.1		
FASE		A	B	C		

AVE

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	26.10. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR16-TD4

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	66.0	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THHN	500MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores		2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	50	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	140	nominal

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	211	222	60.1	348	0.735	0.992
FASE - B	215	224	74.6	363		
FASE - C	212	221	54.5	351		
VALOR EMS DE I		100.12	105.37	96.05	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONIC (5 y 11)		10.8 - 20.0	9.61 - 25.8	10.2 - 14.5	**In (Amp):**	8-16
THD VOLTAJE (%)		6.54	6.25	5.22	**Vn (V):**	0.3
THD CORRIENTE (%)		29.05	31.41	24.9		
	FASE	**A**	**B**	**C**		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTES:BAJAN FP: SUBE A ALTO
%DV: BAJA %DI: SUBE In: SUBE Vn: BAJA
APARECE ARMONICO DE ORDEN 11

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	03.11. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **TR16-TD4- CONDENSADOR**

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	66.0	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THHN	500MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	2	
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	50	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	140	nominal

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		Q (KVAR)	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	380	392	67	69.9	43.4	46.3
FASE - B	378	389	67.3	99.1		
FASE - C						
ORDEN ARMONICO		5 y 11	5 y 11	5 y 11	**EN NEUTRO**	
AMPLITUD ARMONICO		16.3 - 14.8	15.9 - 28.9	18.55 - 22.6	**In (Amp):**	
THD VOLTAJE (%)					**Vn (V):**	
THD CIRRIENTE (%)		42.1	56.62	51.97		
	FASE	A	B	C		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	25.10.2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **TR16-TD7-E**

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	115.0	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THW	300 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conducotres		2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	100	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	211	220	193	409	0.684	0.906
FASE - B	212	221	218	446		
FASE - C	213	221	219	485		
VALOR RMS DE I		289	316	328	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONIC (5 Y11)		119.5 - 52.6	115.4 - 69.8	128.5 - 42.4	**In (Amp):**	15 -28
THD VOLTAJE (%)		10.9	11.51	10.75	**Vn (V):**	1.9
THD CORRIENTE (%)		52.02	47.93	46.69		
	FASE	**A**	**B**	**C**		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTE:SUBE FP: SUBE
%DV: SUBE %DI: SUBE In: SUBE Vn: SUBE
APARECE ARMONICO DE ORDEN 11

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	26.10. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **TR16-TD7-E - CONDENSADOR**

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	115.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	100
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
		RMS		**RMS**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A		381.08		182.87		
FASE - B		383.82		186.06		
FASE - C		376.72		166.7		
VALOR RMS DE I		183.0	186.1	166.7	EN NEUTRO	
AMPL. ARMONIC (5 y 11)		69.5 - 96.9	51.7 - 111.0	61.0 - 68.4	In (Amp):	
THD VOLTAJE (%)					Vn (V):	
THD CORRIENTE (%)		96.6	95.6	75.5		
	FASE	A	B	C		

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11.2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR16-TD7-R

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	115	
		Alimentación ahora es directa desde S/E 16		
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	2/0	AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	2.0	
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	215	224	27.6	238	0.823	1
FASE - B	213	221	24.3	220		
FASE - C	213	223	26.3	229		
VALOR RMS DE I		121.8	107.37	128.49	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONICO (5)		5.85	5.04	6.98	**In (Amp):**	37
THD VOLTAJE (%)		5.72	4.76	5.99	**Vn (V):**	1.5-1.7
THD CORRIENTE (%)		5.88	5.06	6.98		
	FASE	**A**	**B**	**C**		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTES:BAJAN FP: SE MANTIENE ALTO
%DV: BAJA %DI: BAJA In: SE MANTIENE Vn: SE MANTIENE

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	53063.35	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : SUB/ESTACION TR 17

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	100
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA		
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	AVE
FASE - A	216	222	527	889	0.925	0.98	0.96
FASE - B	217	224	512	892			
FASE - C	216	223	551	904			
VALOR RMS DE I		690.5	721.8	741.2	EN NEUTRO		
AMPL. ARMON (3 - 5 - 7)		19-54-19	21-47-15	22-58-19	In (Amp):	100 -120	
THD VOLTAJE (%)		5.51	4.66	5.24	Vn (V):	0.65 - 0.75	
THD CORRIENTE (%)		9.07	7.82	9.06			
	FASE	**A**	**B**	**C**			

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTES:BAJAN FP: SUBE

%DV: SUBE %DI: SUBE In: BAJA Vn: SUBE

APARECEN ARMONICOS DE ORDEN 3 Y 11

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	53063.35	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : **SUB/ESTACION TR 17 - CONDENSADOR**

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	(X)
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	( )
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	500 MCM
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores	3
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	100
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones 2 VOLTAJES Y 2 CORRIENTES

	VOLTAJE		CORRIENTE		POTENCIA [KVAR]	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	380	386	136	140	87.3	90.8
FASE - B	380	388	136	140		
FASE - C						
VALOR RMS DE I		141.90	139.84	142.11	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONICO (5 y 7)		41.2 - 14.9	31.93 - 14.23	38.75 - 15.65	**In (Amp):**	
THD VOLTAJE (%)		5.45	5.09	5.95	**Vn (V):**	
THD CORRIENTE (%)		32.65	28.22	30.96		
	FASE	A	B	C		

AVE ECUADOR 3519 - FONO:7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11.2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17 - TD9

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(x)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. a Alimentador Ppal. (mts.)	55.0	
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THH	3/0 AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores		2.0
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond		
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	213	221	35.1	217	0.757	0.993
FASE - B	214	222	37.3	218		
FASE - C	214	221	31.7	211		
VALOR RMS I		87.5	103	70.8	EN NEUTRO	
AMPL. ARMONICO (5)		6.86	6.1	5.7	In (Amp):	10 a 16
THD VOLTAJE (%)		5.41	4.61	5.2	Vn (V):	2.15 - 2.24
THD CORRIENTE (%)		8.18	6.14	8.35		
	FASE	A	B	C		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTE:SUBE FP: SE MANTIENE ALTO
%DV: SUBE %DI: BAJA In: BAJA Vn: SUBE

AVE ECUADOR 3519 - FONO: 7786417 - FAX: 6819079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	03.11. 2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17-TD12

Identificación Transformador		Identificación Instalación	
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)	108.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	4/0 AWG
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores por fase	2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond	

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	214	220	78.4	158	0.836	0.993
FASE - B	215	221	76.4	154		
FASE - C	213	220	76.8	161		
VALOR RMS DE I		80.5	83.65	104.5	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONIC (3 y 5)		0.91 - 4.4	4.5 - 3.25	10.9 - 6.47	**In (Amp):**	1.6 - 5.9
THD VOLTAJE (%)		5.86	4.68	5	**Vn (V):**	0.11 - 0.84
THD CORRIENTE (%)		9.25	14	16.3		
	FASE	**A**	**B**	**C**		

ANALISIS: DELTA V :BAJA CORRIENTE:BAJA FP: SE MANTIENE ALTO
%DV: SUBE %DI: BAJA In: BAJA Vn: SUBE
APARECEN TERCEROS ARMONICOS

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11.2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17-TD17

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)		91.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THN	4/0
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	Nº Conductores p. Fase		2
Secuencia ABC	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	2x50	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones

	VOLTAJE		CORRIENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
FASE - A	216	225	161	186	0.889	0.984
FASE - B	221	230	172	189		
FASE - C	218	227	150	182		
VALOR RMS DE I		168.1	180.7	162.8	**EN NEUTRO**	
AMPL. ARMONIC (5 y 7)		13.7 - 4.1	12.1 - 7.3	14.3 - 7.4	**In (Amp):**	32 - 39
THD VOLTAJE (%)		6.1	4.8	5.3	**Vn (V):**	0.10 - 1.19
THD CORRIENTE (%)		9.8	8.6	10.3		
	FASE	**A**	**B**	**C**		

ANALISIS: DELTA V :SUBE CORRIENTES:BAJAN FP: SUBE
%DV: SUBE %DI: SE MANTIENE ALTA In: BAJA Vn: SUBE

AVE ECUADOR 3519 - FONO 7786417 - FAX:681 9079

Auditorías de Calidad de la Energía Eléctrica

Información Empresa		Información Auditor	
NOMBRE	CIA TECNO INDUSTRIAL	EMPRESA / ORGANIZACIÓN	USACH/DIE
FONO	5306335	ENCARGADO MEDICIÓN	JULIO ROJAS
DIRECCIÓN	AVE. LLONA No777	FECHA MEDICIÓN	02.11.2000

IDENTIFICACIÓN LUGAR DE MEDICIÓN : TR17-TD17- CONDENSADOR

Identificación Transformador		Identificación Instalación		
Potencia KVA:	1000	Alimentador Principal.	( )	
Impedancia (%)	5	Sub- alimentador	(X)	
Volt. Nominal Secundario:	400-231	Sub-sub- alimentador	( )	
		Dist. A Alimentador Ppal. (mts.)		91.0
Enfriado por Aire (SECO)	( )	Tipo Conductor	THN	4/0
Enfriado por Aceite (LÍQ.)	(X)	N° Conductores p. Fase		2
Secuencia **ABC**	(X)	**Pot. (KVAR)** Bco. Cond	2x50	
ACB	( )	**I /Fase (Amp)** Bco. Cond		

Mediciones: 2 VOLTAJES Y 2 CORRIENTES

	VOLTAJE		CORRIENTE		POTENCIA [KVAR]	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
FASE - A	380.0	387	136	140	87.3	90.9
FASE - B	381.0	387	136	140		
FASE - C						
VALOR RMS DE I		137.4	137.8	137.5	**EN NEUTRO**	
AMPL ARMONICOS: 5 y 7		31.5 - 13.6	28.2 - 12.4	34.9 - 11.62	**In (Amp):**	32 - 39
THD VOLTAJE (%)		4.4	4.9	5.4	**Vn (V):**	0.10 - 1.19
THD CORRIENTE (%)		26.2	23.5	28.0		
	FASE	A	B	C		