

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA OPLAT

PROYECTOS QUE SE REALIZARÁN

“PRIMER ENLACE OPLAT DEL PAÍS”
“PRUEBAS AL EQUIPO DE POTENCIA”
“MANUALES DE MONTAJE”

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería Electromecánica**

Walter Jeffrey Chaves Coto

San José, Junio de 2004

Dedicatoria

Quiero dedicar el éxito de este esfuerzo, en primer lugar al Señor Dios, de quien obtuve el don de la vida y me da sustento en los momentos más difíciles de la misma. A Él sea la gloria.

*“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente;
no temas ni desmayes, porque Jehová tu DIOS estará
contigo en dondequiera que vayas”*

Josué 1.9

A mi madre Viria Coto A. quien a base de paciencia y amor abnegado me ha brindado su apoyo incondicional y junto con mi hermano se han convertido en mi soporte y razón de seguir adelante. A mi padre Vernor Chaves C. que siempre ha estado a mi lado apoyando mis planes y proyectos, dándome consejos sobre lo que más me favorece.
A ustedes y a Dios muchas gracias.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores de la Escuela de Electromecánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica que a lo largo de estos años, han estado muy involucrados en el proceso de mi formación profesional. A todos mi respeto y mi gratitud.

Agradezco al Instituto Costarricense de Electricidad por medio del Ing. Alejandro Mata C. por brindarme la oportunidad de realizar la práctica profesional en esta prestigiosa empresa nacional y por el apoyo que se me dio durante la elaboración de la tesis, tanto en la recopilación de información teórica, como en los equipos y papelería suministrada. Se agradece la confianza depositada en mi persona.

Al personal del Área Sistemas de Comunicación para Protecciones por su compañerismo y colaboración, a mis amigos Vladimir Chaves, Andrés Brenes, Esteban Solís y Bernardo Arce.

A mi familia que me ha demostrado con su apoyo y confianza la gran fe que siempre han tenido en mí. Para mis tíos y primos es este triunfo. En especial para mi abuela que tanto se alegra de mi bienestar.

A mis compañeros de estudio, amigos y allegados por los gratos momentos y recuerdos que plasmaron en mi memoria, por lo que compartimos y vivimos, por estar a mi lado, aunque a veces yo me ausentaba.

A todas aquellas personas que de una u otra manera siempre me brindaron su cariño, respeto, apoyo y motivación para no desfallecer en esta lucha.

Mi más profundo y sincero agradecimiento.

Prólogo

Con el fin de realizar una obra que colme de satisfacción el cierre de mi vida de aprendizaje, al menos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica y que llene de orgullo a mis tutores y personas allegadas, me propuse la elaboración de un Informe de Especialidad que cumpla, hasta en el mínimo detalle, con lo esperado en un representante de esa Institución. Hacer valer la adquisición teórica que se han obtenido a través de los años y transmitir mediante la presente obra parte de esos conocimientos a las futuras generaciones del I.T.C.R, no sin antes instar a estos a que luchen por obtener sus metas y no den paso a la deserción.

La obra completa consta de siete Capítulos, más las páginas de refuerzo (apéndice, bibliografías y cualquier información considerada de importancia para el lector). La numeración de los Capítulos, apartados, tablas y figuras ha sido hecha según el sistema decimal. Así, por ejemplo, el apartado 4.4 < Cable Simétrico De 150 Ω >, se encuentra en el Capítulo 4, y dentro de él, en el apartado número 4. La tabla 3.1 está en el capítulo 3, y la figura 1.2 la encuentra en el capítulo número 1. Expuestos estos antecedentes se procede a brindar un resumen que introduzca al lector dentro de la teoría de la presente obra.

EL AUTOR.

Resumen

Buscando mejorar la calidad de energía y servicio del suministro de energía eléctrica dentro del S.E.P. (Sistema Eléctrico de Potencia) se trabajó en conjunto con el Área de Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones, entidad ubicada en la Subestación de Colima, Tibás.

En el presente trabajo se describen los requerimientos necesarios para poder implementar un sistema de comunicación entre protecciones basado en el principio de onda portadora (OPLAT), entre los enlaces existentes en las subestaciones, tomando en cuenta la criticidad de estas dentro del S.N.I. (Sistema Nacional Interconectado) para el caso de Costa Rica. Se establecerán tres temas fundamentales.

El primero es referente al medio de transmisión, donde se van a establecer como principal las líneas de Alta Tensión; adicionalmente se hará mención teórica de todos los posibles términos que participen en la implementación del presente proyecto y aquella información que sea considerada de importancia para el lector.

El segundo tema es referente a los equipos terminales y demás accesorios requeridos en la implementación del sistema OPLAT. Se caracteriza cada uno de los componentes del sistema y se brindan todos los datos técnicos requeridos para su implementación. Es importante esclarecer que el principio del OPLAT es la onda portadora y lo que busca es la comunicación entre protecciones.

Finalmente dentro del área administrativa se busca la creación de los protocolos de montaje que requieren ejecutarse a la hora de la implementación de los Equipos de Potencia dentro de las Subestaciones. Estos manuales tienen como objetivo guiar a los funcionarios que laboran en las subestaciones acerca de cómo se deben conectar e instalar estos dispositivos de Potencia.

Palabras clave: OPLAT, SEP, SNI, AKE-100-A2, ESB-2000i, Cable RF, Líneas AT.

Abstract

With the search to improve the quality of energy and service of electrical energy provision within the S.E.P. (Electrical System of Power), work was done with the Area of Communication Systems for Teleprotections, organization located in the Substation of Colima, Tibás.

In the present work the necessary requirements to implement a communication system between protections based on the principle of carrier wave (OPLAT), between the existing connections in the substations, taking into account their criticism inside S.N.I. (National Interconnected System) for the case of Costa Rica are described. three fundamental subjects will be established.

The first one is referring to the transmission mean, where the High Tension lines are going to be established as principal; additionally theoretical mention of all the possible terms that participate in the implementation of the present project and the information that is considered of importance for the reader will be made.

The second subject is referring to the terminal equipments and other accessories required in the implementation of OPLAT system. Each component of the system is characterized and all the required engineering data for their implementation is given. It is important to clarify that the principle of OPLAT is the carrier wave and what it looks for is the communication between protections.

Finally the creation of the assembly protocols that require to be executed at the time of the implementation of the Power Equipment within Substacions is established within the administrative area. These manuals have as their objective to guide the civil employees who work in the substations about how these Power devices must be connected and installed.

Keywords: OPLAT, SEP, SNI, AKE-100-A2, ESB-2000i, Cable RF, Líneas AT.

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Prólogo.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Contenido.....	vii
Índice de Dibujos.....	xiv
Índice de Tablas.....	xv
CAPÍTULO #1.....	16
1.1 Introducción.....	17
1.2 Descripción de la Empresa.....	19
1.2.1 Historia de la Industria Eléctrica en Costa rica.....	19
1.2.2 Creación del Instituto Costarricense de Electricidad.....	21
1.2.3 Descripción del Área de Energía.....	24
1.2.4 Descripción del Departamento donde se Realiza el Proyecto.....	25
1.2.5 Ubicación y Organización del Departamento.....	26
1.3 Objetivos.....	28
1.3.1 Objetivo General.....	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
CAPÍTULO #2.....	29
2.1 Antecedentes.....	30
2.2 Definición del Problema y su Importancia.....	31
2.3 Zona de Implementación Inicial.....	33
2.4 Enlace a Realizar basado en Prioridades.....	34
2.5 Justificación.....	35
2.6 Implementación de un Nuevo proyecto.....	36
2.7 Pretensiones del Sistema OPLAT.....	37
2.8 Sobre el Proyecto.....	38
2.9 Alcance y Limitantes del Proyecto.....	38

2.9.1 Alcance.....	38
2.9.2 Limitantes.....	39
CAPÍTULO #3.....	41
3.1 Ambiente donde se Desarrollará el Proyecto.....	42
3.1.1 Sistema Eléctrico de Potencia.....	42
3.1.2 Líneas de Transmisión Críticas.....	43
3.1.3 La Subestación.....	44
3.1.4 Subestaciones críticas.....	44
3.1.5 Potencia Perdida.....	46
3.2 Estructura General de una Subestación de Alta Tensión.....	46
3.2.1 Definición de los Elementos de la Subestación.....	47
3.2.1.1 Pararrayos.....	48
3.2.1.2 Transformadores de Potencial.....	49
3.2.1.3 Transformadores de Corriente.....	50
3.2.1.4 Interruptores de Potencia.....	52
3.2.1.5 Seccionadoras de línea, barra y tierra.....	54
3.3 Teoría Fundamental para la Implementación del Proyecto.....	54
3.3.1 Comunicaciones.....	54
3.3.2 Espectro Electromagnético.....	55
3.3.3 Ancho de Banda.....	56
3.3.4 Ruido e Interferencia.....	57
3.3.5 Onda Portadora.....	58
3.3.5.1 Descripción General de la Técnica de Onda Portadora.....	60
3.3.5.2 Selección de la Frecuencia de Transmisión.....	60
3.3.6 Modulación.....	61
3.3.6.1 Modulación por Amplitud.....	63
3.3.6.2 Modulación de Fase.....	64
3.3.7 Modos de Transmisión.....	66
3.3.8 Multicanalización.....	67
3.4 Líneas de Transmisión.....	68

3.4.1 Características de las Líneas de Transmisión.....	68
3.5 Cable Utilizado para la Conexión RF.....	69
3.5.1 Par de Cables Protegido con Armadura.....	69
3.5.2 Cable de Par Trenzado.....	70
3.6 Comunicación por Línea de Potencia.....	71
CAPÍTULO #4.....	73
4 Descripción del Sistema OPLAT.....	74
4.1 Trampa de Onda Portadora o Bobina de Bloqueo.....	75
4.1.1 Descripción.....	75
4.1.2 Fabricación.....	75
4.1.3 Sintonizador.....	76
4.1.4 Conexiones.....	76
4.1.5 Calidad.....	76
4.1.6 Montaje.....	76
4.2 Condensador de Acoplamiento.....	78
4.2.1 Descripción.....	78
4.2.2 Utilización.....	78
4.2.3 Fabricación.....	79
4.2.4 Calidad.....	79
4.2.5 Transporte, Montaje y Mantenimiento.....	79
4.3 Unidad de Acoplamiento tipo Pasa-Banda para Acoplar Fase-Fase con un Terminal a Tierra.....	81
4.3.1 Acoplamiento de Ondas Portadoras a Líneas de Alta Tensión.....	81
4.3.2 Estructura de la AKE 100.....	84
4.3.3 Composición Interna del AKE 100.....	85
4.3.3.1 Seccionador de Puesta a Tierra.....	85
4.3.3.2 Descargador Primario.....	85
4.3.3.3 Bobina de Derivación y Sintonía.....	85
4.3.3.4 Condensador de Corte.....	86
4.3.3.5 Descargador de Sobretensión en Atmósfera de Gas.....	86

4.4 Cable Simétrico de 150 Ω	87
4.4.1 Aplicación.....	87
4.4.2 Construcción.....	87
4.4.3 Diseño.....	87
4.4.4 Cable para Radiofrecuencia.....	89
4.5 Sistema Digital de Onda Portadora.....	90
4.5.1 Aplicación.....	90
4.5.2 Modo de Transmisión.....	91
4.5.3 Construcción.....	91
4.5.4 Sección de Onda Portadora.....	92
4.5.4.1 Distribución.....	92
4.5.4.2 Placas Frontales.....	92
4.5.4.3 Lado Posterior.....	93
4.5.5 La Sección de Línea PLE de Onda Portadora de 40 W.....	93
4.5.6 Módulos de Interfaces.....	94
CAPÍTULO #5.....	95
5 Proyecto Técnico.....	96
5.1 Selección del Proyecto Técnico.....	96
5.2 Cronograma de Pruebas Eléctricas a los Equipos de Potencia.....	97
5.3 Descripción de la Trampa de Bloqueo.....	99
5.4 Equipo Utilizado.....	111
CAPÍTULO #6.....	112
6 Proyecto Administrativo.....	113
6.1 Selección del Proyecto Administrativo.....	113
6.2 Alcance del Suministro.....	114
6.3 Transporte al Sitio.....	115
6.4 Capacitación.....	115
6.5 Características Técnicas.....	116
6.5.1 Equipo de Comunicación por Onda Portadora.....	116
6.5.2 Unidad de Acoplamiento sin Híbrido.....	117

6.5.3 Cable para Radiofrecuencia.....	117
6.6 Partes de Repuestos.....	117
6.7 Características Generales de Fabricación.....	118
6.8 Planteamiento de la Licitación de los Gabinetes.....	118
6.9 Criterio de Fallas.....	119
6.10 Viáticos.....	120
6.11 Servicios.....	121
6.12 Mapeo de Frecuencias.....	121
6.13 Sintonía.....	121
6.14 Creación del Protocolo de Prueba.....	122
6.15 Elaboración de los Cimientos.....	122
6.16 Elaboración de las Estructuras.....	123
6.17 Sobre cables de Aterrizaje.....	123
6.18 Proyecto de Exposición.....	124
6.18.1 Establecimiento del Paro Programado.....	126
6.18.2 Montaje del Condensador de Acoplamiento.....	126
6.18.3 Montaje de la Trampa de Bloqueo.....	128
6.18.4 Conexiones del Sintonizador AKE-100-A2.....	129
6.18.4.1 Montaje del Conductor de Tierra.....	129
6.18.4.2 Montaje del Conductor de Acoplamiento.....	129
6.18.4.3 Instalación y Conexión del cable RF.....	130
6.18.5 Mantenimiento del Equipo AKE.....	132
6.19 Diseño de las Salas de Control Modificadas.....	132
CAPÍTULO #7.....	133
7.1 Conclusiones.....	134
7.2 Recomendaciones.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	137

APÉNDICES.....	140
A-1 Lista de los Primeros Diez Enlaces y Nomenclatura.....	141
A-2 Dimensiones de la Trampa de Bloqueo.....	142
A-3 Características de Trampa 02/1250.....	143
A-4 Características de Trampa 05/1250.....	143
A-5 Dimensiones del Condensador de Acople.....	144
A-6 Características del Condensador DDN 145.....	145
A-7 Características del Condensador DFN 245.....	145
A-8 Dimensiones de la Caja AKE-10.....	146
A-9 Prueba de Resistencia X Frecuencia.....	147
A-10 Prueba de Impedancia X Frecuencia.....	148
A-11 Prueba de Perdida por Inducción X Frecuencia.....	149
A-12 Prueba de Perdida por Inducción Nominal X Frecuencia	150
A-13 Prueba de Atenuación de Bloqueo X Frecuencia	151
A-14 Prueba de Resistencia X Frecuencia	152
A-15 Prueba de Impedancia X Frecuencia	153
A-16 Prueba de Perdida de Inducción X Frecuencia	154
A-17 Prueba de Perdida de Inducción Nominal X Frecuencia	155
A-18 Prueba de Atenuación de Bloqueo X Frecuencia	156
A-19 Alcance de Suministro.....	157
A-20 Requisición del Transporte del Cable Simétrico.....	158
A-21 Diseño de los Tableros (DIMMSA).....	159
A-22 Tabla de Viáticos.....	160
A-23 Diseño de la Caja de Registro.....	161
A-24 Dimensiones de los Aisladores y Tablas de Selección.....	162
A-25 Especificaciones del Conector “T”	164
A-26 Especificaciones del Conector “Placa”	165
A-27 Sala de Control de Arenal.....	166
A-28 Sala de Control de Barranca.....	167
A-29 Mapa de Subestaciones por Regiones.....	168

A-30 Mapa de Conexión OPLAT en Costa Rica.....	169
GLOSARIO.....	170
GALERÍA DE FOTOS.....	173
NORMATIVAS Y ESPECIFICACIONES.....	177

Índice de Dibujos

FIGURA 1.1	Organigrama Institucional del Grupo ICE.....	23
FIGURA 1.2	Organigrama de la UEN de Transporte.....	25
FIGURA 3.1	Diagrama Básico de la Subestación de Arenal.....	48
FIGURA 3.2	Sistema de comunicaciones básico (Emisión-Transmisión-Recepción).....	55
FIGURA 3.3	Banda Espectral (Ubicación de diversas señales).....	56
FIGURA 3.4	Efecto del ruido en una Onda Sinusoidal pura.....	57
FIGURA 3.5	Ondas de igual fase aumentan.....	59
FIGURA 3.6	Ondas en contrafase disminuyen.....	59
FIGURA 3.7	Método de transmisión de Amplitud Modulada.....	59
FIGURA 3.8	Formas de modulación en AM y FM.....	62
FIGURA 3.9	Banda Lateral Única con Portadora Suprimida.....	66
FIGURA 3.10	Forma de Onda de la BLU Suprimida.....	66
FIGURA 3.11	Par de cables protegidos con armadura.....	70
FIGURA 3.12	Par de cables trenzado.....	70
FIGURA 4.1	Diagrama Básico de la Conexión de un Sistema OPLAT.....	74
FIGURA 4.2	Diseño Visual Interno del Equipo AKE 100 de la Siemens y su conexión al sistema OPLAT.....	83
FIGURA 4.3	Esquema de la conexión de un equipo AKE 100 A2.....	84
FIGURA 5.1	Circuito del Filtro en la Trampa de Bloqueo.....	100
FIGURA 5.2	Gráfica de Frecuencia vrs Resistencia en Configuración A.....	102
FIGURA 5.3	Gráfica de Frecuencia vrs Impedancia en Configuración A.....	104
FIGURA 5.4	Gráfica de Frecuencia vrs Perdidas de Inducción en Configuración.....	106
FIGURA 5.5	Gráfica de Frecuencia vrs Perdidas de Inducción Nominal en Configuración A.....	107
FIGURA 5.6	Gráfica de Frecuencia vrs Atenuación de Bloqueo en Configuración A.....	109

Índice de Tablas

TABLA 3.1	“Lista de prioridad de las Líneas de Transmisión”	43
TABLA 3.2	“Lista de prioridad de las Subestaciones”	46
TABLA 4.1	“Lista de componentes del Sistema OPLAT”	74
TABLA 4.2	“Información de caracterización de cada tipo de acoplamiento”	82
TABLA 5.1	“Cronograma de pruebas”	98
TABLA 5.2	“Valores medidos de Inductancia”	101
TABLA 5.3	“Valores nominales de la Trampa de bloqueo”	101
TABLA 5.4	“Valores obtenidos de Resistencia”	102
TABLA 5.5	“Valores obtenidos de Impedancia”	104
TABLA 5.6	“Valores obtenidos de Perdidas por Inducción”	105
TABLA 5.7	“Valores obtenidos de Perdidas por Inducción Nominal”	107
TABLA 5.8	“Valores obtenidos de Perdidas por Inducción Nominal”	109
TABLA 5.9	“Ubicación de las pruebas en los apéndices”	110
TABLA 6.1	“Materiales requeridos en cada Implementación por Subestación”	125

CAPÍTULO N° 1

“Introducción”

1.1 Introducción

Costa Rica a través de los años ha tenido un crecimiento vertiginoso, tanto en su población, como en el área Industrial, lo que ha obligado al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) como ente regulador y responsable de brindar el servicio de energía eléctrica, a crecer de forma tal que dé cobertura total a la población y a la Industria, a mejorar la calidad de la energía y a brindar un servicio constante y económico. El ICE establece como misión:

“El Grupo ICE debe promover el desarrollo económico de Costa Rica mediante el suministro adecuado de energía eléctrica y servicios de telecomunicaciones. Se mantendrá a la vanguardia tecnológica y en la búsqueda de la excelencia, tanto en la utilización de los recursos como en el servicio al cliente, actuando siempre con apego de las normas éticas, con los precios, tarifas, calidad de cobertura y oportunidad de clase internacional.”

Con la apertura, en los últimos años, al capital extranjero, para el establecimiento de grandes empresas transnacionales dentro del territorio nacional, como lo son el caso de INTEL, ABBOT, BAXTER, entre otras; el ICE se ha visto en la necesidad de mejorar la calidad de energía que suministra, cumpliendo de esta forma, con la misión de la empresa, esta misma establece que debe estar a la vanguardia de la excelencia tecnológica, por ende debe contar con los mejores dispositivos existentes para brindar el servicio y dar soporte al mismo en caso de fallos, para brindar una gran estabilidad en el suministro del servicio eléctrico y evitar que se presenten colapsos en el Sistema Eléctrico de Potencia.

El S.E.P (Sistema Eléctrico de Potencia) es el sistema encargado de transmitir la energía eléctrica, para cubrir las necesidades de sus abonados, es la parte más vulnerable de cualquier sistema eléctrico, debido entre otras cosas, a las grandes distancias que debe de recorrer y las diferentes topografías existentes, además de que se debe considerar los problemas de índole atmosféricos, que para el caso de Costa Rica se presentan al contar con uno de los inviernos más largos y

con alta incidencia de descargas atmosféricas en las líneas de transmisión, de aquí la importancia de tener un sistema que comunique entre subestaciones la actualidad de las protecciones garantizando de esta manera que el corte de suministro eléctrico sea en el sector más reducido posible de la línea de transmisión y no genere una gran cantidad de afectados reduciendo las pérdidas monetarias, para esto se debe tomar en cuenta el hecho de que como en la mayoría de los países subdesarrollados Costa Rica no se escapa de una situación cotidiana como lo es el crecimiento desigual entre el SEP y la demanda de energía por parte de sus abonados.

Una de las soluciones que se presentan consiste en el montaje de sistemas de comunicación por OPLAT (Onda Portadora para Líneas de Alta Tensión), con lo que el ICE daría el primer paso para mejorar las necesidades del S.N.I (Sistema Nacional Interconectado) siglas utilizadas en Costa Rica para representar al SEP, estos enlaces se instalarán en todo el SNI tomando en cuenta factores como la criticidad de las líneas, su condición de anillo o radial y la transmisión de potencia entre otros aspectos. El montaje de estos equipos es de gran importancia para el ICE, ya que marca el inicio de un proceso de modernización de los sistemas de protección electrónicos existentes, con lo que se espera alcanzar un nivel de calidad internacional en el servicio prestado a sus abonados. Este equipo de comunicación será el encargado de transferir las señales de Teleprotección de los sistemas de protección por impedancia y diferencial. Una segunda función en cuanto al sistema OPLAT, radica en dar una información aproximada sobre tipo y localización de la perturbación; considerándose las perturbaciones como cambios abruptos del estado del sistema que provocan procesos transitorios de consideración. Según el estudio de criticidad el primer enlace que se debe realizar corresponde entre la subestación de Arenal y la subestación de Barranca, lugar donde ira enfocado el presente proyecto.

1.2 Descripción de la empresa

1.2.1 Historia de la industria eléctrica en Costa Rica

Según la información suministrada por el folleto titulado I.C.E., 4Ed. San José, Costa Rica, I.C.E., 1997, Pág. 2-16, la primera planta generadora de electricidad instalada en nuestro país fue la planta hidroeléctrica de Aranjuez, que se ubicó en San José y la construyó el costarricense Ing. Manuel Víctor Dengo Bertora, quien fue ayudado por el guatemalteco don Luis Batres Díaz Granados.

Esta planta entró en servicio el 9 de agosto de 1884; apenas dos años después de haberse inaugurado la primera planta hidroeléctrica del mundo, en Nueva York, Estados Unidos. La planta de Aranjuez, tuvo una capacidad de potencia de 50 kilovatios (kW) y se utilizó para el primer servicio de alumbrado público incandescente de la ciudad capital. El funcionario obtuvo buenos resultados, lo que motivó la construcción de tres plantas hidroeléctricas: una sobre el río Torres, con una potencia de 200 kW; otra en Río Segundo de Alajuela, con una capacidad de potencia de 100 kW y la tercera en Porrosati de Santa Bárbara de Heredia con una potencia de 400 kW.

En 1900, el empresario norteamericano Minor C. Keith, quien había financiado algunas de las plantas mencionadas, instaló la empresa The Costa Rica Electric Light and Traction Company, que puso en servicio la planta hidroeléctrica Brasil en 1912, con una capacidad de potencia de 1000 kW. Un año antes, don Felipe J. Alvarado fundó la Compañía Nacional de Electricidad, que construyó la planta Belén, con 2500 kW de potencia. En 1912 y 1922, las dos empresas realizaron ampliación en ambas plantas por un total de 1400 kW.

En 1922 surgió una tercer empresa, la Compañía Nacional Hidroeléctrica S.A., la cual levantó sobre el río Virilla la planta Eléctrica, con una capacidad de potencia de 2720 kW.

El esfuerzo de estas compañías permitió incrementar la capacidad generadora de electricidad en el país. Sin embargo, sus accionistas no tenían el capital suficiente para implementar un programa de construcción que satisficiera el acelerado crecimiento de la demanda de energía eléctrica en aquel momento.

Desde 1928 las actividades de estas tres empresas fueron controladas por la American Foreign Power Company Incorporated, subsidiaria de la Electric Bond and Share Company (EBASCO), pues esta compró la mayor parte de las acciones.

Se efectuó así un monopolio de la industria eléctrica en Costa Rica, interesado principalmente en obtener dividendos y no en buscar soluciones para los problemas energéticos del país. Sin embargo, algunos costarricenses, identificados con las tendencias mundiales orientadas hacia la explotación de los sistemas eléctricos nacionales en beneficio de los pueblos, tomaron conciencia del riesgo que ese monopolio significaba para la economía y la soberanía nacional; entonces, decidieron organizarse para “vigilar y denunciar públicamente las maniobras” de esta y otras compañías extranjeras, cuyas acciones lesionaban los intereses nacionales. Con este propósito, crearon en 1927 la Liga Cívica, organización apolítica que aglutinó a importantes personalidades de la época.

Uno de los logros más significativos de la Liga Cívica, fue la creación en 1928, del Servicio Nacional de Electricidad (SNE), entidad estatal a la que se le encomendó como función primordial, la nacionalización de la industria eléctrica mediante la adquisición, construcción, operación y mantenimiento de las plantas eléctricas. Diversas razones políticas y económicas impidieron la realización de las tareas asignadas al SNE, de modo que el problema eléctrico se prolongó hasta la década de los cuarenta.

En 1941, el Presidente de la República de entonces, Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, estableció un nuevo contrato con las compañías eléctricas, en el cual se planteó la interconexión del sistema, el compromiso de construir más plantas

eléctricas, mejorar el servicio existente y otorgar al Estado la potestad de comprar, en un futuro, las propiedades de la Compañía mediante el pago al contado de su valor justo. Esto no fue realidad sino hasta años más tarde.

Los problemas causados por el deficiente servicio eléctrico continuaron hasta que, en 1945, un grupo de ciudadanos formó la Asociación Nacional para la Defensa del Consumidor Eléctrico. Algunos miembros de este grupo participaron en la construcción de la planta hidroeléctrica de Carrillos de Poás. Esta planta fue levantada por iniciativa de la Municipalidad de Poás y el pueblo de Heredia, para demostrar que el país estaba en capacidad de construir plantas eléctricas propias y enfrentar el problema energético. Siempre en procura de una solución al problema energético, el 2 de diciembre de 1948, un grupo de ingenieros eléctricos y civiles presentaron, ante la Junta Directiva del Banco Nacional, un documento denominado “Plan general de electrificación de Costa Rica”. El documento analizó la crítica situación energética del país y planteó propuestas para salir de la crisis y estimular el desarrollo económico del país.

Dada la trascendencia de la iniciativa, la directiva la remitió para que fuera estudiada por el Gobierno de la República. Su consecuencia: en 1949 se crea el Instituto Costarricense de Electricidad.

1.2.2 Creación del Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E)

Según la información suministrada por el folleto titulado *Memorias*, 1Ed. San José, Costa Rica, I.C.E., 1999, Pág. 19-32. A principios del siglo XX ya existía en Costa Rica la energía eléctrica para alumbrar casas y calles, y mover maquinaria industrial. Era producida por empresarios privados, quienes la administraban con el único fin de obtener la máxima rentabilidad. El servicio era de mala calidad y carecía del sentido social de su presentación.

Los costarricenses comprendieron pronto, que la energía eléctrica era indispensable para lograr una mejor calidad de vida. Por esta razón, en la década de

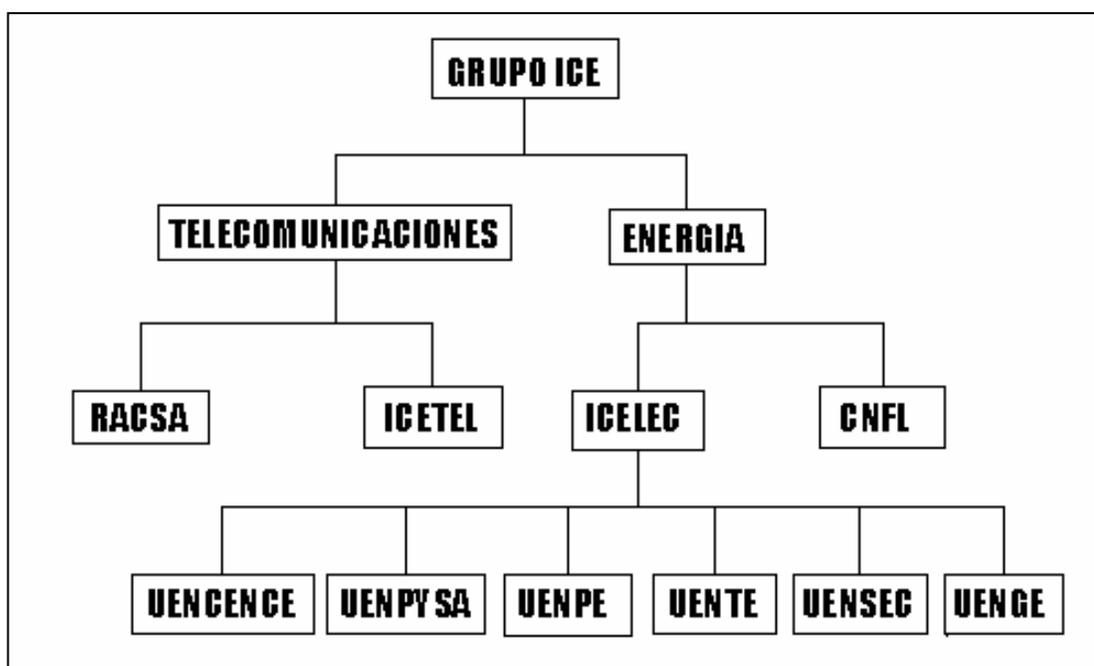
los treinta fueron surgiendo diversos movimientos de protesta contra la empresa extranjera, por la limitada cantidad de energía que generaba y los pésimos servicios que prestaba.

Como resultado de varias gestiones, se estableció la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la cual fusiona las tres empresas transnacionales existentes. El contrato suscrito otorga al Estado costarricense el derecho de comprar “a un precio justo” las propiedades de la compañía. De esta forma años después el ICE llega a ser el mayor accionista (1968). Cabe mencionar, que el ICE no absorbió a la empresa extranjera desde un principio; ambos sistemas coexistieron hasta 1967. Pero es claro que a partir de la creación del ICE con la puesta en operación de sus plantas generadoras de energía, el país pudo dirigir su desarrollo eléctrico de acuerdo con sus propias necesidades sociales y económicas.

Entonces el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado el 8 de abril de 1949, mediante el Decreto Ley número 449 de la Junta Fundadora de la Segunda República, presidida por el señor José Figueres Ferrer, con el fin de solucionar la crisis energética que vivía el país en ese momento, así como de aprovechar la energía hidroeléctrica para fortalecer la economía nacional y promover el mayor bienestar del pueblo Costarricense.

Su creación significó el paso de Costa Rica hacia la modernización y un cambio cualitativo importante para la vida de toda la población. Al ICE le fue encomendada la misión de electrificar al país, ampliar y mejorar los servicios, el desarrollo racional de las fuentes nacionales productoras de energía física, y en especial de los recursos hidráulicos. Según la legislación, en los programas de trabajo y proyectos que emprenda el ICE, no intervendrá ningún otro organismo del Estado; la institución tendrá la más completa autonomía; ejercerá su gestión administrativa y técnica con absoluta independencia del Poder Ejecutivo y administrará su patrimonio de manera independiente.

De este grupo denominado ICE se comienzan, a dar una serie de particiones y desplazamiento de responsabilidades y surgen los dos grandes bloques que conforman la empresa: Área de Telecomunicaciones y Área de Energía, siendo esta última el área en la cual está situado el presente proyecto. A continuación se presenta en la figura 1.1 el organigrama institucional del Grupo ICE.



AUTOCAD 2002

FIGURA 1.1 Organigrama Institucional del Grupo ICE.

Simbología

UENCENCE: Unidad Estratégica de Negocios Centro Nacional de Control de Electricidad

UENPYSA: Unidad Estratégica de Negocios Proyectos y Servicios Asociados

UENPE: Unidad Estratégica de Negocios Producción de Electricidad

UENTE: Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad

UENSEC: Unidad Estratégica de Negocios Servicio al Cliente

UENGE: Unidad Estratégica de Negocios Generación de Electricidad

1.2.3 Descripción del Área de Energía

Es el sector del grupo ICE encargado de la electrificación del país, mediante la construcción de numerosas obras hidroeléctricas, térmicas y geotérmicas de gran envergadura para la generación de energía. El área de energía establece como misión y visión:

Misión

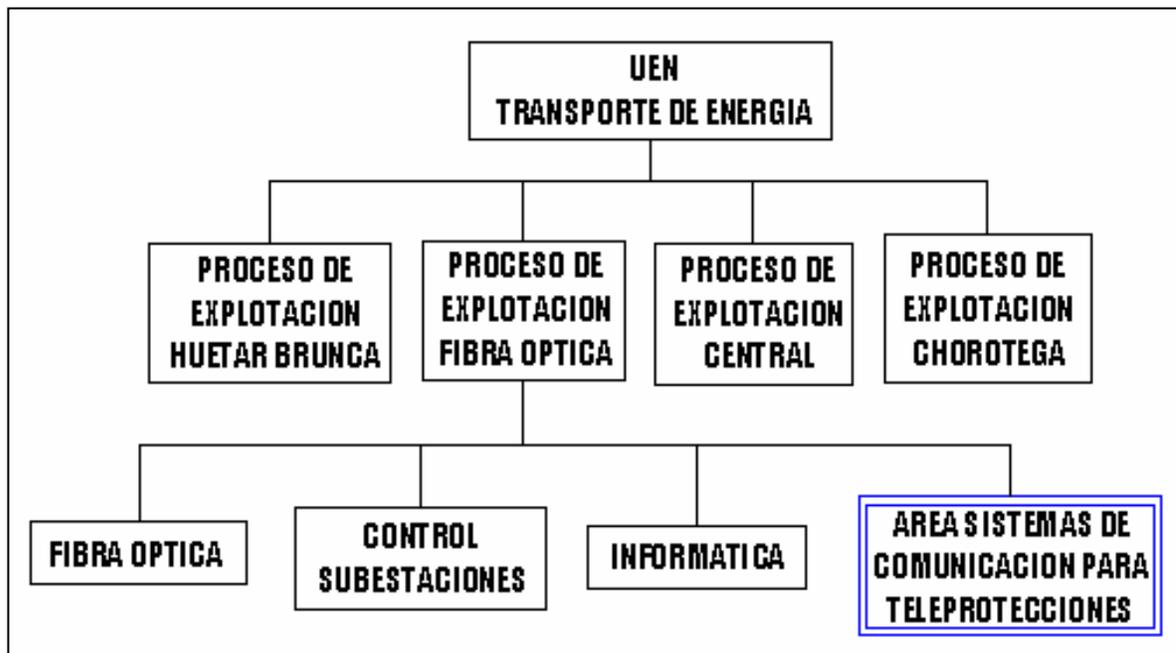
"Mejorar la calidad de vida y el desarrollo económico y social, a través de un servicio de electricidad que supera las expectativas de bienestar, comodidad y progreso de todos los costarricenses".

Visión

"Constituirse en la mejor empresa eléctrica de América con respecto a la calidad, continuidad, solidaridad, universalidad y precio competitivo del servicio, a la satisfacción de los clientes, al desarrollo sostenible de los recursos energéticos renovables y al manejo del medio ambiente; y ser reconocida como un factor fundamental para el desarrollo económico y social del país, como un símbolo de la capacidad y la democracia costarricense y como un líder de la integración eléctrica de América Central".

De la misma figura 1.1 se observa que a su vez el área de Energía se subdivide en dos grandes secciones o empresas que son la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y el ICE Electricidad (ICELEC), este último se subdivide en Unidades Estratégicas de Negocio, estableciendo de esta forma seis nuevas divisiones dentro del área de Energía.

Para poder hablar sobre el Departamento donde se está realizando la practica de especialidad hay que remitirse a la UENTE (Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad) y de esta realizar una nueva diversificación de tareas las cuales se presentan en la figura 1.2.



AUTOCAD 2002

FIGURA 1.2 Organigrama de la UEN de Transporte.

La UEN Transporte de Electricidad se divide en cuatro Departamentos denominados Procesos de Explotación, tres basados en las grandes divisiones geográficas que se hicieron del país concerniente a la electrificación, Región Huetar Brunca, Región Central, Región Chorotega y un cuarto Departamento que estudia la expansión de la Fibra Óptica en el territorio nacional, más específicamente en la comunicación entre subestaciones de diversos parámetros de control, entre estos los dispositivos de protección.

1.2.4 Descripción del Departamento donde se realiza el Proyecto

El proyecto de “*Implementación del Sistema OPLAT*” está bajo la supervisión del Departamento **Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones**. Este Departamento es una rama del Proceso de Explotación Fibra Óptica y trabaja basado en la siguiente enmienda:

“La función primordial del Área es proveer servicios de comunicación a los Sistemas de Protección en Líneas de Alta Tensión. Además proporcionar conectividad a otros elementos del Sistema Nacional Interconectado.”

Este Departamento trabaja en conjunto con los otros tres Departamentos del Proceso de Explotación de Fibra Óptica, junto al Departamento de Fibra Óptica establece cuáles protecciones y que enlaces dentro del SIN pueden llevarse a cabo por medio de fibra y establece la conectividad entre los equipos y tira las líneas de transmisión óptica; con el Departamento de Control de Subestaciones implantan el control que se le dará a las protecciones y la gente de control se encargan del monitoreo de los posibles fallos; ante cualquier eventualidad avisan a este Departamento que sale a brindar el soporte técnico al equipo; por último el Departamento de Informática trabaja en el soporte del software utilizado en el control de las Teleprotecciones.

El Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones es el más reciente de los Departamentos, creado y autorizado por la UEN Transporte de Electricidad en el año 2001 ante la necesidad de establecer sistemas de comunicación entre las protecciones existentes en las Subestaciones para garantizar un óptimo servicio en el suministro de estas, evitando al máximo las pérdidas de potencia no entregada causadas por interrupciones en las líneas de transmisión. Se recuerda que ante la falta de comunicación entre las Subestaciones (Teleprotecciones) si se presentaba, por ejemplo, una descarga atmosférica se abrían varias protecciones a la vez, pues no contaban con la capacidad de establecer entre qué puntos se presentó el fenómeno de fallo.

1.2.5 Ubicación y Organización del Departamento

El Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones está ubicado en el edificio de Energía en la Subestación de Colima, en el cantón de Tibás, provincia de San José. Cuenta con un espacio físico reducido en el tercer piso de este edificio, el cual comparte con el Departamento de Fibra Óptica y con el Departamento de Control de Subestaciones. La máxima jerarquía de este Departamento, que es directamente el jefe de la UEN Transporte de Electricidad, está ubicada en el Edificio del 2x1 en La Sabana, distrito del cantón Central, provincia de San José.

El Departamento está conformado por solamente cinco miembros lo que justifica el espacio tan reducido; estos cinco miembros están distribuidos de la siguiente manera:

Jefe del Departamento	Ing. Alejandro Mata Castro
Asistente de Jefatura	Ing. Bernardo Arce Delgado
Técnicos	Sr. Vladimir Chaves Cantillano Sr. Andrés Brenes Oses Sr. Esteban Solís Fallas

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

“Implementar dentro del Sistema Nacional Interconectado (SNI), el Sistema de Onda Portadora en Líneas de Alta Tensión (OPLAT), método de comunicación entre las Teleprotecciones de la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca.”

1.3.2 Objetivos Específicos

- I. Crear manuales de capacitación para el personal técnico que está a cargo de manejo y mantenimiento de equipos, sobre temas relacionados con la implementación que se desarrollará y que son desconocidos.
- II. Evaluar las características técnicas necesarias en una configuración de sistemas de comunicación por OPLAT, que sea adecuada al SEP.
- III. Establecer principios que rigen la selección por criticidad de cada enlace.
- IV. Identificar las características técnicas de cada equipo que se utilizará.
- V. Valorar la información relacionada con el montaje y calibración de equipos que se instalarán. Esto mediante la elaboración de un informe técnico para el ICE en el cual se analizan las pruebas realizadas en Alemania sobre el equipo de potencia.
- VI. Definir un adecuado mapa de frecuencias de portadora para ser utilizado a nivel nacional en la implementación del sistema.
- VII. Definir, dentro del informe administrativo, varios aspectos de los documentos elaborados para licitaciones, transporte de materiales y requisiciones de los equipos.

CAPÍTULO N° 2

“Antecedentes”

2.1 Antecedentes

Actualmente en el Instituto Costarricense de Electricidad la mayoría de las subestaciones del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado, son operadas en forma convencional, es decir la operación de los módulos de línea, módulos de transformador (conocidos como bahías de la subestación) y de mayor interés los sistemas de protección se efectúan por medio de botoneras ubicadas en miniaturizados elaborados en tableros de control dentro de las salas de operación; además el sistema de alarmas y eventos registrados por las mismas en la subestación deben ser interpretadas por medio de luces piloto ubicadas en dicho tablero. La mayoría de las luces utilizadas son de tipo incandescente las cuales tienen una vida útil relativamente corta, para agregar complicaciones, tanto las perillas selectoras como las bombillas de las luces de indicación son difíciles de encontrar como repuestos, además representan un mayor conglomerado de cables dentro del tablero e incrementan los puntos de falla, entorpeciendo el trabajo de mantenimiento y futuras ampliaciones del sistema de control de la subestación.

Adicional a eso, la revisión, mantenimiento y corrección de los equipos de protección que se encuentran instalados en las subestaciones eléctricas se realiza en forma manual. Cuando ocurre una avería el personal técnico del área se dirige a la subestación, localiza el equipo que sufrió el fallo, el tipo de avería y procede a realizar la reparación correspondiente. Mientras estos procesos de mantenimiento se están dando, el abonado del servicio eléctrico es el gran perjudicado, pues deja de recibir el servicio por un lapso de tiempo indeterminado, mientras se ubica la falla y se pone en servicio de nuevo. Al mismo tiempo el equipo, incapaz de responder sobre la ubicación exacta del problema dentro del Sistema Nacional Interconectado puede deshabilitar varias secciones o tramos críticos del mismo, ocasionando no solo paros en la producción cotidiana de las empresas que requieren del servicio, sino pérdidas económicas bastantes altas para el ICE como institución.

Entonces se puede establecer, con respecto a lo anterior, que el estado en el cual se encuentra el Sistema Nacional Interconectado, es crítico debido a que son operados en regímenes cercanos a los límites de seguridad; esto por causa del atraso que generalmente existe en el desarrollo del Sistema Nacional Interconectado, con respecto del crecimiento en la demanda. Esta situación se presenta por diversas causas y en niveles diferentes en todo el mundo. Costa Rica no es una excepción; esto se confirma en el hecho de que la demanda del Sistema Nacional Interconectado, ha crecido a un promedio anual de 5.7 %, en los últimos 10 años; mientras, las líneas eléctricas han crecido sólo al 0,5% y la capacidad de los transformadores lo ha hecho al 2.8%.

Al ser el estado crítico, se requieren por tanto, protecciones capaces de eliminar las fallas y otras condiciones anormales en forma confiable y rápida. Se debe recordar que el Sistema de Protección del SNI contribuye a asegurar la calidad de la energía y a reducir la duración de las interrupciones transitorias de alimentación a los usuarios, que son dos parámetros indicadores importantes de la calidad de la energía eléctrica y a su vez es una carta de presentación muy lucrativa a la hora de que se establezcan nuevas empresas transnacionales, recuerde que una empresa de alta tecnología y que maneja datos de producción con ganancias consideradas macro no va a instalar su compañía en un país donde el servicio de energía no sea continuo o presente fluctuaciones en su servicio.

2.2 Definición del Problema y su Importancia

El problema actual del ICE consiste en que no se cuenta con un sistema de comunicación adecuado para monitoreo remoto de los sistemas de protección ubicados en las subestaciones eléctricas, entiéndase por éste que no se ha instalado un medio físico en forma permanente para la supervisión del estado de las protecciones en forma automática.

El proyecto se desarrolla por etapas, se seleccionan dos subestaciones y se entrelazan estableciendo comunicación una con la otra; se busca en forma global entrelazar todas las subestaciones eléctricas y con esto formar una gran red la cual permita monitorear los enlaces entre las diferentes subestaciones utilizando diferentes rutas de acceso (anillos), esto análogamente a como opera una red de computadoras.

Por el momento, el sistema de monitoreo del funcionamiento de las protecciones se realiza manualmente; cuando se produce una falla el personal técnico del área de protección y medición se traslada a la subestación y con la ayuda de una computadora portátil y el empleo “software” especializado llevan a cabo la recopilación de datos para evaluarlos y determinar cual fue la causa que ocasionó que la protección se activará. Por tal motivo se desea implementar un sistema autónomo, con equipos propios de monitoreo y comunicación remota para equipos de protección.

El punto medular del problema consiste en que los nuevos equipos de protección para los transformadores de las subestaciones son fabricados con la capacidad de establecer comunicación remota, lo cual facilita la detección de fallas, valoración de causas de falla, rapidez en el restablecimiento y puesta en operación cuando han sufrido averías eléctricas, u otros. Por ello, en este momento, se busca desarrollar un proyecto interdepartamental para poder desarrollar un sistema o plataforma de comunicación que permita la comunicación de los equipos.

No obstante, el problema no se limita solo a los puntos mencionados anteriormente, sino que además en el Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones se presenta un problema de conocimiento técnico. Los funcionarios del área pertenecen al sector de energía, las funciones de la UEN, a la que pertenecen, es transportar electricidad de las subestaciones en las plantas generadoras a las subestaciones ubicadas en los centros urbanos y cómo este proyecto involucra conocimientos en las áreas de telecomunicaciones y electrónica

los técnicos del área en cuestión desconoce acerca de terminología, funcionamiento, y principios y fundamentos referentes al área de comunicaciones eléctricas y enlaces en red, todo esto tomando en consideración que es un equipo que viene entrando al país y nadie tiene noción de cómo operarlo.

Es importante también definir la prioridad del proyecto para el Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones y la forma en que los efectos del proyecto repercuten en altos beneficios para el ICE. Beneficios como lo es el poseer sistemas de monitoreo de fallas lo cual ayudaría a detectar y solucionar las averías en líneas más rápidamente.

En lo que respecta al Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones se citan, a continuación, en forma esquematizada, algunos de los beneficios directos que se obtendrían:

- Confiabilidad del sistema de transmisión y recepción de energía.
- Selectividad porque el sistema escogería la ruta óptima.
- Menos trabajo de campo con reducción en planillas.
- Análisis estadístico de las fallas y su origen, para desarrollar planes de mantenimiento preventivo o cambio a nuevos equipos de ser necesario.

2.3 Zona de Implementación Inicial

De todo lo anterior y basado, en gran parte en la lista de prioridad entregada por el Departamento de Calidad de la UEN-TE, se establece que el anillo de transmisión Chorotega de 230 kV, tiene un alto grado de criticidad para el Sistema Nacional Interconectado, esta condición ha llevado a plantear en esta zona los primeros enlaces del Sistema OPLAT como medio de control entre Teleprotecciones. Dentro de la implementación de estos nuevos equipos electrónicos es fundamental realizar una serie de pruebas a los mismos para garantizar su adecuado funcionamiento a la hora de ser instalados en subestaciones de alta tensión las

cuales están expuestas a grandes campos electromagnéticos y descargas atmosféricas, ellos deben soportar confiablemente y en un tiempo oportuno cualquiera de estos eventos antes mencionados y evitar así la consecuente interrupción del servicio eléctrico.

2.4 Enlace que se Realizará Basado en Prioridades

Luego de un estudio realizado por la gente de la UEN de Transporte de Electricidad, específicamente, el Departamento de Calidad se seleccionó como el primer lugar de implementación del nuevo sistema el enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca por considerarse de gran importancia para el SNI y por presentar condiciones muy críticas para el sistema. Para la selección de este enlace como prioridad, el Departamento de Calidad realizó un estudio basado en la potencia pérdida anualmente si las protecciones no operaran. Es importante recalcar la frase *“si las protecciones no operaran”*, pues dentro del proyecto la finalidad de la implementación del Sistema de Comunicación por medio de Onda Portadora para Líneas de Alta Tensión (OPLAT) es evitar que estas puedan fallar, para ello se establecerá un sistema de comunicación entre las mismas que mantenga al tanto de su estado a los operarios de los cuartos de control y así garantizar no solo que no van a existir paros NO programados, sino que no hayan caídas del sistema que afecten el bienestar del país.

La Prioridades de los enlaces tiene en cuenta la cantidad de módulos de línea y de unidad de generación de cada subestación, además la carga de las líneas y de los generadores y las veces que las líneas han salido de servicio en los últimos cinco años. El Departamento de Calidad confiesa que algunos detalles deben aún perfeccionarse un poco, pero probablemente el resultado final será sensiblemente el mismo, por ende el primer esbozo de criticidad entre los enlaces que unen las subestaciones del Sistema Nacional Interconectado debe servir como una buena guía para determinar la prioridad de la instalación de los servicios de comunicaciones. En el apéndice A-1 se muestra la lista entregada por el

Departamento de Calidad de la UEN-TE, esta brinda en orden de prioridad los diez primeros enlaces que deben realizarse en todo el territorio nacional.

2.5 Justificación

Como se ha comentado en este documento, lo que se pretende es implementar un Sistema de Comunicación entre Teleprotecciones dentro del SNI, el cual pretende evitar colapsos dentro del Sistema Eléctrico de Potencia, llevar un registro exacto de sus eventos y alarmas en archivos electrónicos y reducir la cantidad de material y equipo adicional que se requiere para el control de la subestaciones dentro de la sala de operaciones; este sistema le permitirá al operador tener toda la información concentrada en un solo sitio (su PC) con el fin de ejecutar sus acciones operativas de manera más segura, brindando la información necesaria en tiempo oportuno con el propósito de evitar cometer errores en la operación de la subestación e incluso agilizar la reposición de los circuitos ante eventos imprevistos, además cabe la posibilidad de ejecutar el control de una subestación a remoto.

El presente informe denominado "*Implementación del Sistema OPLAT*", documenta cuales son los pasos a seguir para la implementación y montaje de dicho Sistema de Comunicación, definiendo de esta forma la conveniencia de establecer este tipo de control. Se propone la instalación de los equipos Siemens como los encargados estrictamente del control, esto mediante la aplicación de parámetros que se regulan mediante el uso de un software especializado y además la instalación del equipo requerido para tal fin, el cual cuenta con las exigencias necesarias para ser utilizados en subestaciones de alta tensión, el nuevo Sistema viene compuesto por una Trampa, un Condensador de Acoplamiento, un Sintonizador, cable de Radio Frecuencia y la repisa de control la cual adicionalmente trae el software antes mencionado para su configuración.

Actualmente, la tecnología de control numérico ha reducido notablemente el la cantidad de componentes discretos o equipos, lo cual ha aumentado la disponibilidad del sistema y ha reducido los costos asociados al mismo. Adicionalmente, el uso de

redes LAN (“Local Area Network”) de alta velocidad para la transmisión de datos ahorra de manera considerable, el volumen de cableado, y permite, gracias a su inmunidad a las interferencias electromagnéticas (equipo especial de inyección de Onda Portadora) su utilización lo más cerca posible del proceso primario. Por otra parte el uso de sistemas electrónicos inteligentes, basados en microprocesadores ofrece nuevas posibilidades tales como auto supervisión, análisis de señales, facilidades computacionales para los algoritmos de protección y control, almacenamiento de datos, manejo de eventos y análisis de fallas.

Los desarrollos en esta área, aprovechando las nuevas tendencias tecnológicas, han logrado una significativa reducción de espacio físico requerido para la instalación de los sistemas de protección, así como una considerable disminución en la cantidad de cable utilizado, lo cual se refleja directamente en una baja en el costo del proyecto, mejoras en la operación, reducción y planificación del mantenimiento brindando una serie de beneficios que representan ventajas importantes en el momento de adquirirlos con los sistemas convencionales.

Por lo anterior es que las subestaciones que son las encargadas de la transmisión y distribución de energía eléctrica en el territorio nacional, deben estar incluidas en los mejores sistemas de protección, pues esto impedirá que se conviertan en sistemas fluctuantes, brindando así una energía pura y continua a sus usuarios.

2.6 Implementación de un Nuevo Proyecto

Como hasta este momento se decide buscar una solución a la problemática, no existe parámetro o punto de partida en el país. Por lo tanto el problema no cuenta con antecedentes de una solución automatizada, sino que esto sería totalmente improvisado para el Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones, por su parte quedará de referencia para proseguir con mejoras en lo referente a comunicación remota en sistemas de protección y subestaciones, de aquí la

importancia que se le ha dado a la lectura de los manuales de montaje y ensamble del equipo brindados por la Siemens y es de gran importancia la capacitación brindada por un Ingeniero Alemán de la corporación Siemens de Alemania, el cual como función principal explica los pasos a seguir a la hora de implementar este sistema.

Asimismo la supervisión, mantenimiento, revisión y corrección de los equipos será la misión de los Ingenieros y Técnicos de este Departamento, por lo que se pretende brindarles una ayuda mediante la creación de manuales de mantenimiento preventivo (para un futuro) y en casos necesarios establecer cuándo y en qué lapsos se deben realizar paros programados para darle soporte técnico a los equipos que así lo requieran.

2.7 Pretensiones del Sistema OPLAT

Adicionados al constante fallo, debido a la caída de los sistemas por motivo de las descargas atmosféricas o fallos de los dispositivos de protección, están otros tipos de perturbaciones, como las provocadas por la desconexión de elementos del SEP o los problemas asociados con la estabilidad del sistema, entre otras. Los cortos circuitos son las perturbaciones más frecuentes y más dañinas en los SEP. Los altos valores de corriente asociados, ponen en riesgo de daño térmico o mecánico, los equipos; los cortos circuitos en ciertos puntos de la red de transmisión, comprometen también la estabilidad del sistema. Los cortos circuitos monofásicos a tierra, son los más frecuentes y en ocasiones son difíciles de detectar, por los altos valores de impedancia que presentan. Los cortos circuitos trifásicos, son por lo general los más peligrosos para la estabilidad y para los equipos del sistema.

Un sistema de eliminación de fallas, es la configuración completa de protección de un elemento del SEP y puede estar compuesto por uno o varios esquemas de protección. En el caso de las líneas de transmisión, se tiene un sistema de eliminación de fallas en cada terminal o subestación; cada uno de los cuales debe de respaldar a la siguiente subestación; en caso de que su sistema falle,

con esto, se logra conformar un anillo de protección, lo anterior se da por el efecto que se produce en los sistemas polifásicos, al variar una de sus fases, obteniéndose una variación en el resto de los sistemas. La propiedad de eliminar el disturbio, mediante la desconexión del menor número de elementos, durante el menor tiempo posible es la función principal de un sistema de eliminación de fallas. Esto garantiza afectar, lo menos posible, la continuidad del servicio del sistema.

2.8 Sobre el Proyecto

Dada la magnitud del proyecto los beneficios esperan verse a mediano plazo, estos se visualizarán de acuerdo con el progreso del equipo técnico a cargo y de la disposición de girar recursos por parte de instancias superiores. Se estima que la implementación de este proyecto tendrá una duración aproximada de tres años, o sea se pretende que este finalizando para el año 2007.

Con relación a la necesidad de poner en marcha el proyecto, el Departamento lo considera de alta prioridad. El montaje de estos equipos es de importancia para el ICE, ya que marcará el inicio de un proceso de modernización de los sistemas de protección electrónicos existentes en el SNI, con lo que se espera alcanzar un nivel de calidad internacional en el servicio prestado a sus abonados.

2.9 Alcance y Limitantes del Proyecto

2.9.1 Alcance

El alcance del proyecto a corto plazo (durante el semestre) será la implementación del primer enlace OPLAT en Costa Rica entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca, adicional a esto demostrar que con la instalación de este sistema en las líneas de transmisión la estabilidad y fiabilidad del SIN mejora en comparación al estado actual. A largo plazo se espera (durante la implementación de todos los enlaces) establecer un anillo de comunicación entre

todas las subestaciones del país garantizando un servicio de calidad de energía y una fiabilidad de los sistemas gracias a la interacción entre las subestaciones.

2.9.2 Limitantes

- Es necesario trabajar con las líneas de transmisión energizada, debido a la importancia de la misma para el sistema. El bloqueo por tiempo indeterminado del enlace Arenal-Barranca puede ocasionar, no solo grandes pérdidas económicas al ICE, sino disturbios en la operación normal del SEP.
- Se dispone de poco tiempo para realizar las diferentes labores de práctica, pues se pretende que la puesta en marcha del Sistema OPLAT se realice con la mayor brevedad posible.
- Es necesario un adecuado manejo del presupuesto, definido por autoridades superiores del ICE, para el proyecto. Esta puede ser una de las mayores trabas ante las dificultades económicas que no son desconocidas dentro del Instituto Costarricense de Electricidad.
- El ICE no cuenta actualmente con equipo para calibrar y probar los sistemas que se instalarán. Se hace necesario adecuar ciertos equipos existentes para realizar las parametrizaciones y ejecutar acciones de maniobra.
- Debido a la carencia de estudios sobre el problema a nivel nacional, se hace imprescindible buscar información en fuentes externas al país, para tratar de acondicionarlas al sistema nacional. En ciertas ocasiones la comunicación con los contactos en Alemania se hace un poco difícil vía correo electrónico, por lo que se establecieron nuevos soportes técnicos con allegados de México y Argentina.

- No existe información sobre los efectos económicos que estas mejoras le puedan brindar al ICE. (Proyecto novedoso)
- Por último los tiempos de instalación del Sistema OPLAT entre enlaces puede tardar bastante por la falta de experiencia del personal en este tipo de comunicación, se espera que conforme el tiempo transcurra, los técnicos y conocedores del nuevo sistema lo implementen en tiempos mucho menores y con cero accidentes en cuanto a daños a los equipos o lesiones a trabajadores.

CAPÍTULO N° 3

“Desarrollo de Requerimientos Teóricos”

3.1 Ambiente donde se desarrollará el proyecto

Durante el desarrollo del presente proyecto los ambientes laborales fueron, primero la oficina donde se digitalizó toda la parte escrita y se montó la exposición que se requiere, como requisito fundamental, para aprobar este curso, en la misma se tuvo acceso a Internet, fax, impresoras y cualquier otro dispositivo requerido en la práctica. En segundo plano está el lugar donde se realizó propiamente el proyecto que fue dentro del Sistema Eléctrico de Potencia en sus Líneas de Transmisión, específicamente las Líneas entre Arenal-Barranca y dentro de las subestaciones, específicamente la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca.

3.1.1 Sistema Eléctrico de Potencia (SEP)

Sistema encargado de brindar la energía eléctrica necesaria para alimentar incondicionalmente a sus abonados. El objetivo primordial de cualquier sistema de potencia es básicamente generar, transmitir y distribuir la potencia eléctrica, con un máximo de disponibilidad y un mínimo de pérdida de potencia, tomando en cuenta regularmente otros aspectos importantes como lo son seguridad, desarrollo, otros.

Como se estableció específicamente se trabajara en las líneas de transmisión, pues la idea es conectarse a las mismas para inyectar en la línea una señal modulada que viaje a través de ellas y pueda dar información sobre variaciones mínimas que ocurran dentro de las mismas, debido a fluctuaciones del sistema o descargas atmosféricas.

3.1.2 Líneas de Transmisión Críticas.

Como se comentó en pasados capítulos dentro del informe, las Prioridades de las líneas de transmisión dependen exclusivamente de la pérdida que genere la interrupción de la misma en el Sistema Nacional Interconectado.

El índice de potencia pérdida que es el producto del número de salidas de cada línea por su carga promedio, es el que determina la severidad de fallo que puede ocasionar el colapso de una de las líneas, de ahí la importancia que amerita este estudio de criticidad que al igual que en los enlaces es realizado por el Departamento de Calidad. En este caso no interesa mejorar el desempeño de las líneas como tales sino minimizar el riesgo de salida de servicio de las subestaciones conectadas por cada línea. Para ello es factible asociar a cada línea la potencia asociada a las subestaciones que interconecta y multiplicarla por el número de salidas de operación anuales.

La Tabla 3.1 muestra la potencia pérdida de las subestaciones asociadas a cada una de las diez primeras líneas del sistema y como puede verse, el enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca ocupa en este caso la segunda casilla, por ende, también es de suma importancia y viene a justificar y ratificar la importancia de realizar este primer enlace.

TABLA 3.1 “Lista de prioridad de las Líneas de Transmisión”

Línea de transmisión	Pot. Pérdida (kW)
Cañas-Barranca	8631
Arenal-Barranca	8458
Arenal-La Caja	7791
Cañas-Liberia	5723
Corobicí-Cañas	5475
Arenal-Corobicí	5301
Barranca-Lindora	5248
Miravalles-Arenal	4683
Cañas-Colorado	4606
Lindora-La Caja	4581

EXCEL 2000

3.1.3 La subestación

Los generadores de la Planta producen la corriente eléctrica a relativamente bajo voltaje, esto haría imposible que el servicio en los centros de consumo, fuese de buena calidad, pues como en todo medio de transición de energía parte de esta se pierde en forma de calor o mecánicamente. Por tal motivo, es necesario utilizar la subestación, que cuenta con otra serie de equipo que permiten regular dicho servicio. La subestación se instala contiguo o cerca de la Planta generadora y cuenta con los siguientes dispositivos mínimos:

- *Transformadores de potencia*: se usan para elevar el voltaje al nivel adecuado de transmisión.
- *Disyuntores*: Sirven para interrumpir el paso de la corriente.
- *Seleccionadores*: Empleados para aislar sectores de consumo.
- *Aisladores de paso*: Sostienen las partes energizadas y aíslan los cables de unión entre los distintos equipos.
- *Pararrayos*: Para la protección de los equipos contra las descargas atmosféricas (rayos).
- *La malla a tierra*: Es un enrejado subterráneo de cables que descargan los voltajes inducidos en las estructuras.
- *Hilos - guarda*: Es una malla aérea de protección para evitar la caída de las descargas atmosféricas directamente, sobre los equipos de la subestación.

3.1.4 Subestaciones Críticas

Para poder priorizar, adecuadamente, trabajos como la sustitución de las protecciones, implementación de mejores sistemas de comunicación, mejoras de mantenimiento, entre otras cosas; es necesario tomar en cuenta la importancia relativa de cada subestación dentro del sistema de alta tensión.

La práctica actual considera para ello, la noción de subestación crítica, es decir aquella subestación cuya pérdida dentro de las condiciones normales de operación compromete la estabilidad del sistema. De aquí que lo que se debe tener en consideración son las razones que hacen que se pierda una subestación. Motivos para que se pierda la subestación pueden ser los siguientes:

- Por respaldo remoto si falla el relé y no existe redundancia, sin importar si la barra es única o partida ni si existe o no protección de falla de interruptor.
- Por respaldo remoto si falla el interruptor y no existe protección de falla de interruptor, sin importar si existe o no redundancia de relés o barra partida.
- Por respaldo local si falla el interruptor, existe protección de falla de interruptor pero no existe barra partida.
- Por respaldo local si falla el interruptor, existe protección de falla de interruptor y barra partida.

El Departamento de Calidad de la UEN-TE se encargó de suministrar la lista de las prioridades que existen entre subestaciones y al igual que en el caso de criticidad de las líneas de transmisión, tanto la Subestación de Arenal que ocupa la primera casilla, como la Subestación de Barranca en tercer puesto, son de suma importancia si cualquiera de estas presenta una falla, recuerde que aparte de estas prioridades se realizó unas específicas para la implementación del Sistema OPLAT, es de esta que surge y se decreta que el primer enlace debe ser entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca. La tabla 3.2 brinda la lista de las diez primeras subestaciones en importancia de pérdidas, la que está en primer lugar es la más crítica, pues si esta colapsa ocasiona mayor cantidad de pérdidas.

TABLA 3.2 “Lista de prioridad de las Subestaciones”

Subestación	Carga (kW)
Arenal	702
La Caja	622
Barranca	576
Rio Macho	548
Angostura	441
Lindora	434
Cachi	430
San Miguel	419
Corobicí	402
Cañas	382

EXCEL 2000

3.1.5 Potencia pérdida

El valor de potencia pérdida resulta de multiplicar la carga promedio de un determinado elemento de la red, sea módulo, barra o subestación, por el número de veces que estadísticamente sale de servicio cada año.

Esta potencia pérdida puede asociarse a un módulo, en cuyo caso sería la potencia de la línea, unidad de generación o transformador alimentado por el módulo en cuestión.

Puede asociarse también a una barra, sumando la potencia pérdida de todos los elementos conectados a esa barra y a una subestación, sumando la potencia pérdida de toda la subestación

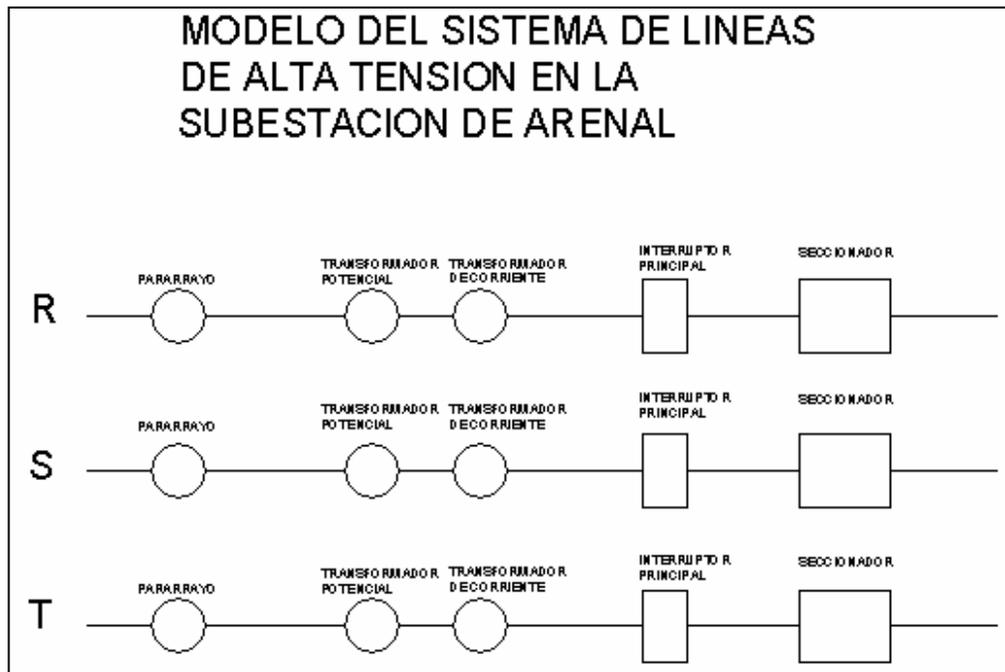
3.2 Estructura General de una Subestación de Alta Tensión

La subestación eléctrica es un conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus funciones principales son las de recibir la energía de alta tensión transportada desde las estaciones generadoras, reducir esa tensión a un valor apropiado para uso local y ofrecer medios de conmutación, además las subestaciones se utilizan como fuentes de suministro de energía en las zonas locales donde se encuentran ubicadas.

Otras funciones de la subestación son; por ejemplo, la de proporcionar puntos en los que pueden instalarse dispositivos de seguridad para desconectar circuitos o equipos en caso de fallas. Es un lugar conveniente para hacer mediciones a fin de verificar el funcionamiento de las diversas partes del sistema.

3.2.1 Definición de los Elementos de la Subestación

Las subestaciones están constituidas por distintas bahías (módulos o secciones). Según su función principal se pueden nombrar las bahías de líneas de transmisión o distribución, bahías de lado de baja del transformador o autotransformador y su respectivo lado de alta, bahía de enlace de barras, de banco de condensadores y de reserva. Cada una de ellas está conformada por los siguientes elementos a ser operados y monitoreados para una eficiente operación. En la figura 3.1 se muestra la composición básica de toda subestación, pero específicamente se hace referencia a la Subestación de Arenal, como se observa, los componentes básicos son el pararrayo, el transformador potencial, el transformador de corriente, el interruptor principal y por último las seccionadoras. Cada uno de estos componentes se explican a continuación.



AUTOCAD 2002

FIGURA 3.1 Diagrama Básico de la Subestación de Arenal.

3.2.1.1 Pararrayos

Los pararrayos son aparatos eléctricos que están formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas o desbalance en el sistema. Una vez desaparecida la sobretensión y reestablecida la tensión normal, el dispositivo de protección debe ser capaz de interrumpir la corriente y esto se logra con los pararrayos.

Adicional a lo anterior los pararrayos sirven como descarga de sobretensiones cuando se alcanza el valor máximo de tensión disruptiva de diseño, conducen a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones, desaparece la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones, no opera con sobretensiones temporales de baja frecuencia y la tensión de estabilización debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen. Los pararrayos no tienen elementos que tengan que ver con el sistema de baja tensión de la subestación.

3.2.1.2 Transformadores de Potencial (TP)

Los transformadores de potencial son equipos de potencia encargados de convertir la tensión primaria en una tensión secundaria proporcional y fiel a la primaria para alimentar equipos de medición y protección de la subestación. Se fabrican para servicio interior y exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sintéticas para tensiones bajas o medias, mientras que para altas tensiones se usan aislamientos de papel, aceite y porcelana. Los transformadores de potencial podrán ser inductivos o capacitivos (divisores capacitivos de potencia).

- *Transformadores de voltaje magnéticos*: Son económicos y se utilizan en voltajes hasta de 145 kV.

- *Transformadores de voltaje capacitivos*: Se utilizan en niveles de voltaje superiores a 145 kV.

Cada esquema de protección de un elemento debe recibir la señal de potencial desde devanados independientes de los transformadores de potencial. Es recomendable que los instrumentos de medición dispongan también de un devanado dedicado; pero se admitirá alimentar un esquema de protección y el sistema de medición, desde un mismo devanado. Los transformadores de potencial tendrán como mínimo, dos devanados secundarios en elementos críticos y semicríticos, y un devanado secundario en elementos no críticos. Si se dispone de transformadores de potencial en barras y líneas, cada uno de ellos podrá tener un solo devanado secundario, aunque se trate de elementos críticos. En este caso, uno de los esquemas de protección primaria de cada línea, se alimentará desde el transformador de potencial de la línea y el otro esquema se alimentará del transformador de potencial de la barra.

Debe instalarse un transformador de potencial por fase, en cada sección de barras de la red de transmisión (esto equivale a un conjunto de transformadores de potencial en barras simples y dos conjuntos en barras dobles con interruptor de enlace y en barras con configuración del interruptor y medio). Las líneas críticas y semicríticas deben tener transformadores de potencial.

Estos se instalarán preferiblemente al lado línea de los transformadores de corriente. Se evitará en lo posible, la utilización de transformadores de potencial auxiliares, en los sistemas de protección. Cuando por excepción se utilice un mismo devanado secundario de un transformador de potencial para alimentar más de un dispositivo de protección o medición, deben instalarse conductores independientes desde el devanado secundario protegidos por fusibles. El voltaje nominal secundario de los transformadores de potencial será de 57,74 V, que equivale a 100 V, entre fases en la conexión estrella.

En cuanto a la precisión, para la medición en un transformador de potencial se designa por el máximo admisible en por ciento, que el transformador de potencial puede introducir en la medición de potencia operando con su tensión nominal primaria y la frecuencia nominal. Se debe garantizar para valores entre 90% y 110% de la tensión nominal.

3.2.1.3 Transformadores de Corriente (TC)

Los transformadores de corriente son dispositivos de potencia en que la corriente secundaria, en condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque un poco desfasada.

Los "TC" se encargan de transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. Un transformador de corriente puede tener uno o varios secundarios. Algunos devanados (los de mayor precisión) se utilizan para la medición mientras que los otros se utilizan para alimentación de las entradas de corriente de las protecciones asociadas al módulo o

sección. Los devanados secundarios utilizados para las protecciones deben ser tales que sus núcleos provoquen saturaciones menores.

Se fabrican transformadores de corriente para interiores y exteriores, los de uso interior son más económicos y se fabrican para tensiones de servicio de hasta 25kV. Los de servicio exterior y para tensiones medias se fabrican con aislamiento de porcelana y aceite, aunque ya se utilizan aislamientos a base de resinas que soportan las condiciones climatológicas. Para altas tensiones se utilizan aislamientos a base de papel y aceite dentro de un recipiente metálico con boquillas de porcelana. La tensión de aislamiento de un "TC" debe ser al menos igual a la tensión más elevada del sistema al cual está conectado. Existen tres tipos de transformadores de corriente según su función:

1. *Transformador de medición:* Se encargan de enviar la señal de corriente al sistema de control correspondiente que reproduzca fielmente la relación primaria en magnitud y ángulo. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de la corriente nominal del orden del 10% hasta un exceso de corriente del orden del 20% sobre el valor nominal.
2. *Transformador de protección:* Se encarga de llevar la señal de corriente al relevador encargado de la protección de la sección correspondiente. Se requiere conservar la fidelidad del valor de la corriente hasta un valor de siete veces el valor de la corriente nominal.
3. *Transformadores mixtos:* Estos transformadores poseen devanados de alta precisión para lo que es la medición instantánea y de alta saturación para las protecciones asociadas. Como ya se vio, existen devanados dedicados para medición y los dedicados para protección, para lo cual se define la precisión. En la siguiente tabla se definen las distintas precisiones que se pueden dar.

Es de suma importancia que antes de abrir el circuito de uno de los devanados secundarios de un transformador de corriente, estos se pongan en cortocircuito, de lo contrario un alto voltaje se producirá en ellos poniendo en riesgo al personal y los

equipos. En los casos en que el operador de mantenimiento debe accionar algún mecanismo manualmente en los sitios en los que estos equipos se encuentran instalados, se expone a un gran peligro pues algunos de estos no cuentan con sistemas de seguridad que protejan la integridad del personal y se corre el riesgo de sufrir un accidente por descarga eléctrica.

Deben cumplir con los requerimientos de los esquemas de protección de que forman parte en cuanto a exactitud y saturación. Se recomienda que todos los transformadores de corriente asociados a una barra, sean de la misma clase. Cada esquema de protección de un elemento, debe recibir la señal de corriente desde núcleos y devanados independientes de los transformadores de corriente. Los instrumentos de medición deben también disponer de un núcleo y devanado dedicados.

Los transformadores de corriente de elementos críticos y semicríticos tendrán como mínimo cuatro núcleos (y devanados secundarios), tres de protección y uno de medición. Los transformadores de corriente de elementos no críticos, tendrán como mínimo tres núcleos (y devanados), dos de protección y uno de medición.

La distancia entre transformadores de corriente e interruptores debe ser mínima, para reducir la probabilidad de cortocircuitos en esa sección. Las cuchillas de derivación o de transferencia (si existe) deben instalarse en el lado de barras del transformador de corriente. Se evitará en lo posible la utilización de transformadores de corriente auxiliares en los sistemas de protección.

3.2.1.4 Interruptores de potencia

El interruptor es un equipo de potencia que realiza el cierre y la apertura de la continuidad del circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, así como para condiciones de falla. Se utiliza para insertar o retirar cualquier equipo energizado como generadores, líneas de transmisión o distribución, transformadores y autotransformadores. Es junto con el transformador de potencia el equipo más

importante de la subestación y su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

El tiempo de operación de interruptores, debe ser no mayor que 4 ciclos (69 MS); en los elementos críticos y semicríticos (se recomienda interruptores de 2 ciclos en los elementos críticos). Los interruptores de los elementos no críticos, pueden tener tiempos de operación de hasta 8 ciclos (138 MS). El interruptor está formado por los siguientes elementos:

A. Cámara de extinción del arco que es la encargada de extinguir los arcos de voltaje cuando se realiza la operación del interruptor con carga, es decir con la barra energizada.

B. Estructura que soporta la cámara de extinción encargada de proteger eléctrica y mecánicamente al interruptor, ofrece puntos de levantamiento y transporte del interruptor, así como espacio para la instalación de los accesorios y soporta los recipientes de aceite (si los hay) y el gabinete de control.

El interruptor puede ser del tipo monopolar o tripolar. El interruptor monopolar es aquel que opera con 3 bobinas de cierre, 3 de apertura y 3 de disparo (una por cada fase). En los últimos tiempos se están utilizando interruptores monopolares con doble juego de bobinas de disparo, mientras que el interruptor tripolar solamente opera con una bobina de cada tipo.

C. Una lógica de control alambrada que cuenta con bobinas de cierre, antibombeo, bobinas de apertura, bobinas de disparo, elementos sensores de la presión de gas para alarmas, selectores de operación local y remota para indicación y otros.

D. Contactos auxiliares para indicación de posición local y remota, y enclavamientos propios y de otros equipos de potencia.

E. Motor para las operaciones de apertura y cierre así como calefacción para el gabinete de control.

F. Contactos auxiliares de los dispositivos sensores de gas e interruptores termomagnéticos que se utilizan para las respectivas alimentaciones en corriente directa y alterna.

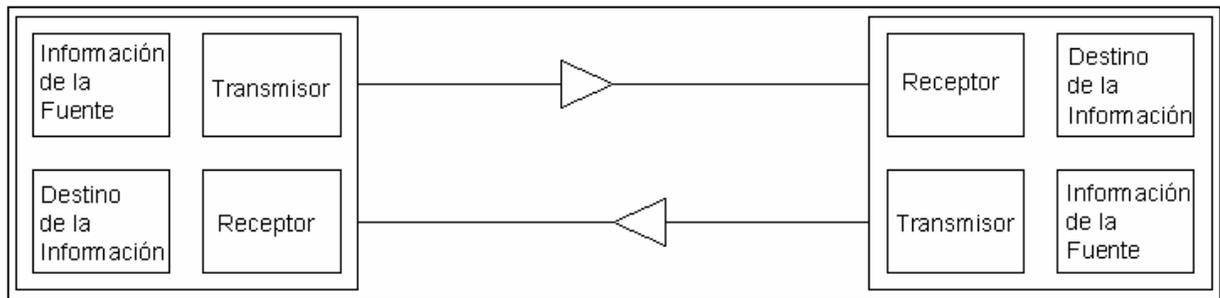
3.2.1.5 Seccionadoras de línea, barra y tierra

Las seccionadoras sirven para la conexión o desconexión de algunas partes de la instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o mantenimiento. Solamente pueden operar en condiciones sin carga, debido a que no cuentan con un medio de extinción del arco eléctrico como el interruptor, por lo que para su operación (apertura o cierre) será necesario que el interruptor se encuentre totalmente abierto, además su operación no deberá efectuarse en forma automática según normas establecidas en la operación de subestaciones.

3.3 Teoría Fundamental para la Implementación del Proyecto

3.3.1 Comunicaciones

En las comunicaciones eléctricas se tiene como esencia la transmisión, la recepción y el procesamiento de información usando circuitos eléctricos, esta información puede ser de forma *analógica* (voz humana, imágenes de vídeo, música) o de forma *digital* (gráficos, códigos, información de base de datos). Toda información debe ser convertida en energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones. Como se muestra en la figura 3.2, un sistema de comunicaciones electrónicas consta de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (tal como un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre), y el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.



AUTOCAD 2002

FIGURA 3.2 Sistema de comunicaciones básico (Emisión-Transmisión-Recepción).

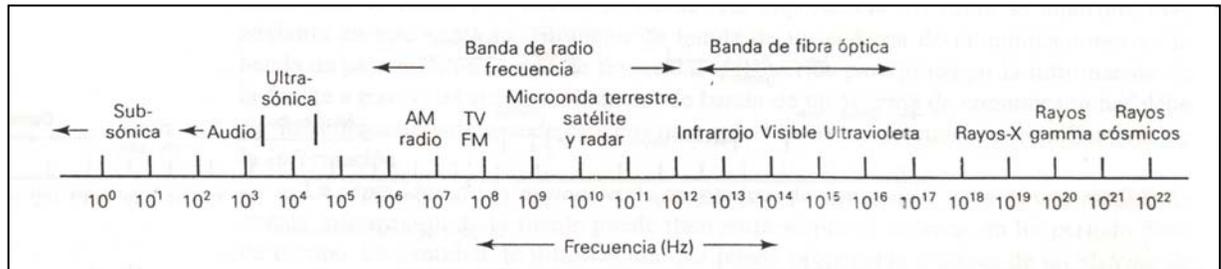
La teoría sobre las comunicaciones comenzó a mediados del siglo XIX con el físico inglés, James Clerk Maxwell. Las investigaciones matemáticas de Maxwell indicaron que la electricidad y la luz viajan en forma de ondas electromagnéticas, y por lo tanto, están relacionadas una con otra. Maxwell predijo que era posible propagar ondas electromagnéticas por el espacio libre utilizando descargas eléctricas.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollado en 1837 por Samuel Morse; usando la inducción electromagnética, pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios por medio de un cable metálico. Le llamó a su invento el telégrafo. En 1876, un canadiense educador y terapeuta del lenguaje llamado Alexander Graham Bell y su asistente, Thomas A. Watson, transmitieron exitosamente una conversación humana a través de un sistema telefónico funcional usando cables metálicos como medio de transmisión.

3.3.2 Espectro Electromagnético

El propósito de un sistema de comunicaciones es comunicar información entre dos o más ubicaciones (normalmente llamadas *estaciones*). Esto se logra, como se explicó anteriormente, transformando la información de la fuente original a energía electromagnética y luego transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde de nuevo adquiere su forma original. Esta energía puede propagarse en varios modos; por ejemplo, en forma de voltaje, corriente, ondas de radio, por espacio libre o como ondas de luz por fibra óptica. Esta energía está distribuida a través de un rango de

frecuencias casi infinito. El espectro total de frecuencias se muestra en la figura 3.3, donde se observa desde las frecuencias subsónicas hasta los rayos cósmicos. El espectro total de frecuencia está, dividido en subsectores o bandas. Cada banda tiene un nombre y límites.



SCANNER ACER

FIGURA 3.3 Banda Espectral (Ubicación de diversas señales).

El *espectro de radio frecuencia* (RF) totalmente utilizable se divide en bandas de frecuencias más angostas, las cuales son designadas con nombres descriptivos y números de banda. También es importante manejar que las dos limitaciones más significativas en el funcionamiento de un sistema de comunicaciones son: el *Ancho de Banda* y el *Ruido*.

3.3.3 Ancho de Banda

El ancho de banda de un sistema de comunicaciones es la banda de paso mínima requerida para propagar la información de la fuente a través del sistema, este debe ser lo suficientemente grande para dejar pasar todas las frecuencias significativas de la información. Es un número que representa el rango de frecuencias en consideración, sin especificar cuáles son sus límites inferior y superior.

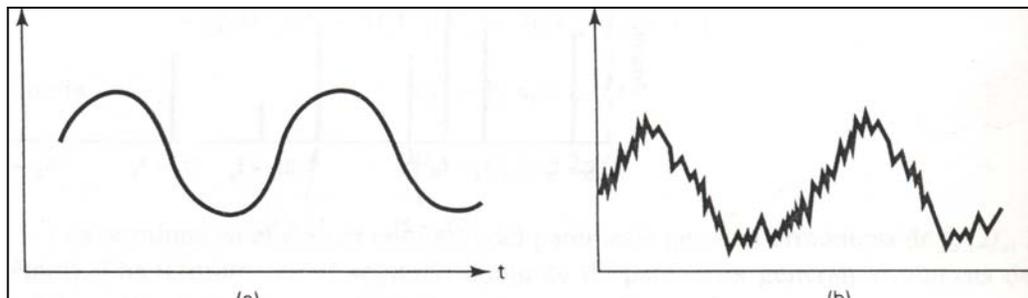
La *capacidad de información* de un sistema de comunicaciones es una medida de cuánta información de la fuente puede transportarse por el sistema, en un período dado de tiempo. La cantidad de información que puede propagarse a través de un sistema de transmisión es una función del ancho de banda del sistema y el tiempo de transmisión.

3.3.4 Ruido e Interferencia

El ruido eléctrico se define como cualquier energía eléctrica no deseada presente en la pasabanda útil de un circuito de comunicaciones. La figura 3.4 muestra el efecto del ruido sobre una señal sinusoidal pura. El ruido tiene muchas subdivisiones u orígenes y ocasionalmente depende de factores ajenos al sistema en sí. La señal viene siendo la información deseada en una transmisión, y el ruido viene siendo como la información no-deseada.

De aquí en adelante se va a emplear el término *ruido* para señales no deseadas de fuentes naturales, y el término *interferencia* para señales no deseadas de fuentes hechas por el hombre.

Los receptores de FM tienen menor ruido que los receptores de AM. La razón es que existe mayor ruido e interferencia en la señal portadora modulada en amplitud, y los sistemas FM están diseñados para eliminar las señales no deseadas de la portadora en amplitud modulada.



SCANNER ACER

FIGURA 3.4 Efecto del ruido en una Onda Sinusoidal pura.

En la proximidad de las obras eléctricas de alta tensión se observa la presencia de una molestia en la recepción de señales de radio y de televisión (perturbaciones). Estas molestias son producidas localmente en ciertos puntos; se originan en descargas, y se irradian al espacio, o se transmiten por conducción a las líneas y se propagan finalmente al espacio. El disturbio producido por las líneas es

naturalmente más importante por su mayor área de influencia, comparativamente la estación es prácticamente una obra puntual. El disturbio de la estación no es en general importante si no intervienen las líneas en propagarlo. Si el disturbio total producido por la estación es menor en magnitud que el correspondiente a las líneas, su importancia entonces no será decisiva.

Resumiendo, se plantea que pueden darse dos casos de interacción perjudicial o como se la denomina técnicamente, *incompatibilidad electromagnética*:

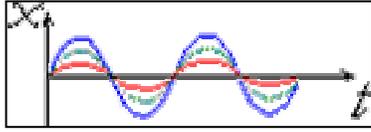
1 - Incompatibilidad entre un equipo no generador específico de RF y un receptor.

2 - Incompatibilidad entre un transmisor de RF y un equipo electrónico cualquiera.

3.3.5 Onda Portadora

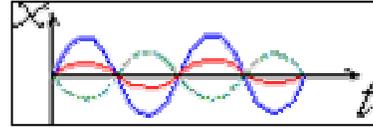
El tipo de onda más sencillo es la onda monocromática, cuando la variación del estado sucede armónicamente con determinada frecuencia (sinusoidal o cosenoidal). Ondas que se repiten periódicamente en el tiempo no comunican nada nuevo, no transmiten información. En otras palabras al transmitir la señal, la onda, en cada momento posee una determinada extensión en el espacio. Utilizando señales de diferente longitud se puede transmitir no solo información sobre un tema específico, sino sobre cualquier otro tema. Lo más interesante es que cualquier señal se puede imaginar como la suma de ondas monocromáticas con diferentes frecuencias (o sea composición de estas ondas).

Esta posibilidad da el principio de interferencia: *al propagarse una onda las oscilaciones en cada lugar del espacio se suman*. En dependencia de la diferencia de fase, entre las oscilaciones, ellas pueden reforzarse unas a otras (cuando la diferencia de fase es cero se obtienen oscilaciones de amplitud doble, ver figura 3.5), o pueden debilitarse (si las oscilaciones se encuentran en contrafase, pueden aniquilar una a otra, ver figura 3.6).



AUTOCAD 2002

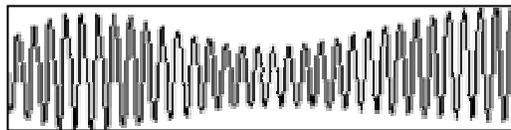
FIGURA 3.5 Ondas de igual fase aumentan.



AUTOCAD 2002

FIGURA 3.6 Ondas en contrafase disminuyen.

Para transmitir información se utilizan generalmente las ondas electromagnéticas, capaces de propagarse a grandes distancias. Con ellas se forma una u otra señal. Por ejemplo se puede obligar a las ondas electromagnéticas a transportar ondas audibles. Para esto se genera una onda monocromática (*ella se llama frecuencia portadora*) y la amplitud se varía a la par con la onda acústica a transportar. De esta manera se forman secuencias de señales que transmiten la información necesaria. En el punto de recepción la señal se descifra (se detecta), se separa la envolvente que corresponde a las señales acústicas. Este método se llama amplitud modulada y se puede visualizar en la figura 3.7, mostrada a continuación.



INTERNET

FIGURA 3.7 Método de transmisión de Amplitud Modulada.

Es conocido que cualquier número se puede escribir en sistema binario en forma de series de ceros y unos. Exactamente de esta manera cualquier información se puede codificar, escribirla en forma de series de señales y sus envíos poseer determinada duración. Las señales se pueden transmitir utilizando la modulación de la amplitud. Entre mayor sea la velocidad con que se quiere transmitir la información más cortas deben ser estas señales. Para transmitir confiablemente información la duración de la señal no debe ser menor que el periodo de la onda portadora. Esto da una limitación a la velocidad de transmisión de la información. Si quiere aumentar la velocidad de transmisión de la señal se debe aumentar la frecuencia de la onda portadora.

3.3.5.1 Descripción General de la Técnica de Onda Portadora

La técnica consiste en transmitir un número ilimitado de señales codificadas, a través de la red eléctrica existente, utilizándola como soporte de la transmisión. Esto por medio de un transmisor desarrollado para tal fin, en ciertos casos se puede utilizar los mismos conductores que transportan la energía eléctrica denominándose de esta forma como control por Onda Portadora. Cada transmisor opera con el cambio de estado del sensor o detector conectado al mismo. En este caso genera un código según la programación predeterminada, y lo envía por la instalación eléctrica. Se evita con esta forma de transmisión la instalación de nuevas líneas y se eliminan falsas alarmas. Las centrales de control reconocen las señales de control de los transmisores, identificando cada código individualmente, sin necesidad de conexiones especiales, dando distintos tipos de información según el tipo y tamaño de unidad receptora de que se trate. El sistema permite la activación de señalizaciones de alarma y control de todo tipo, garantizando al usuario una protección completa y segura. La filosofía de este sistema permite, asimismo, la integración funcional y mejora de las instalaciones ya existentes, combinando alarmas existentes con este nuevo sistema. La puesta en marcha no requiere obras especiales, ni interfieren en las actividades del usuario.

3.3.5.2 Selección de la Frecuencia de Transmisión

La línea de transmisión de energía eléctrica no está diseñada para transportar señales de Radiofrecuencia (RF), ya que se encuentra formada por un conjunto de resistencias y reactancias, distribuida en serie y paralelo a lo largo de esta, lo que dificulta, en gran medida, el desplazamiento de la señal RF a través de la línea. Este problema encuentra solución en la adecuada selección de la frecuencia en que se inyectará la onda portadora. Como las líneas de energía eléctrica son muy distintas unas de otras, no se puede especificar una frecuencia única de portadora, pero si se puede contar con una serie de características que facilitan la selección de la *Frecuencia de la Portadora* para cada sistema en particular. Con el fin de evitar

importantes variaciones en la señal portadora, debido al efecto de las ondas estacionarias, se debe seleccionar frecuencias bajas donde el efecto de la longitud de las líneas es insignificante; en general se busca que el mayor trayecto de la onda portadora no deberá ser más que un 10% de la longitud total de la onda de la frecuencia de trabajo. La mayoría de los sistemas de onda portadora trabajan en frecuencias por debajo de las utilizadas en radiodifusión, comúnmente entre 60 y 180 kHz. Al igual que seleccionar la frecuencia de la onda portadora es importante es de sumo cuidado la adecuada selección de la *Frecuencia de Modulación*; como regla fundamental se establece que se debe evitar la frecuencia de línea (50 y 60 Hz) y sus armónicas. Una elección ideal de la frecuencia de control es utilizar tonos del tipo DTMF (Dual Tone Multi Frequency), ya que estas frecuencias fueron elegidas de manera que no coincidieran con las frecuencias de las líneas de alimentación y sus armónicas, además del hecho de que cada dígito está representado por dos tonos simultáneos por ende ante la presencia de un solo tono no se puede ejecutar el sistema pues requiere de las dos señales.

3.3.6 Modulación

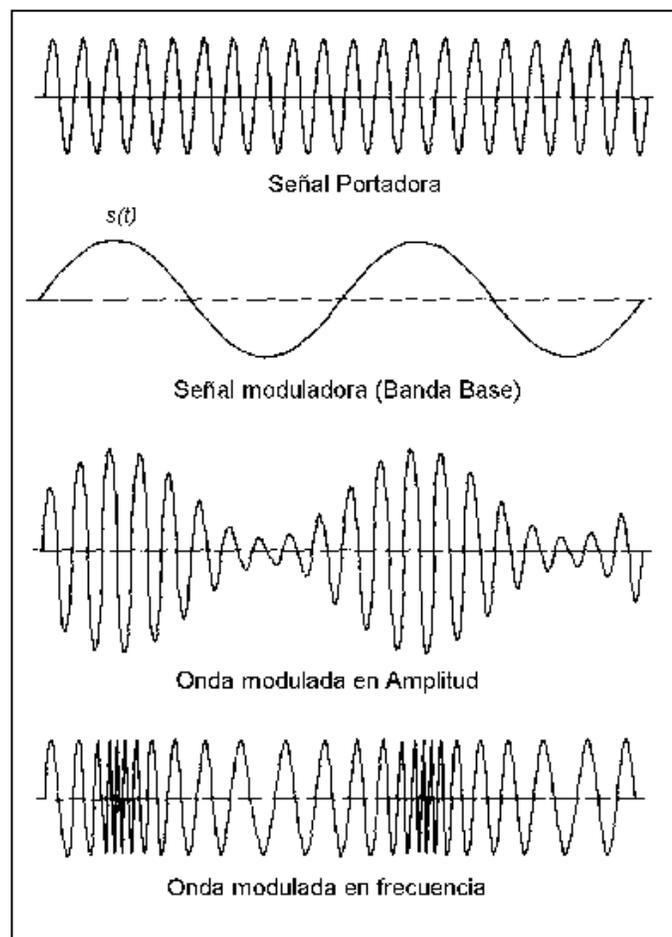
Muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente hacia el canal, como vienen del transductor. Para eso se modifica una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de comunicación en cuestión, para representar el mensaje.

Definiciones:

"La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación"

"Las señales de banda base producidas por diferentes fuentes de información no son siempre adecuadas para la transmisión directa a través de un canal dado. Estas señales son en ocasiones fuertemente modificadas para facilitar su transmisión."

Una portadora es una senoide de alta frecuencia, y uno de sus parámetros (tal como la amplitud, la frecuencia o la fase) varía en proporción a la señal de banda base $s(t)$. De acuerdo con esto, se obtiene la modulación en amplitud (AM), la modulación en frecuencia (FM), o la modulación en fase (PM). La figura 3.8 muestra una señal de banda base $s(t)$ y las formas de onda de AM y FM correspondientes. En AM la amplitud de la portadora varía en proporción a $s(t)$, y en FM, la frecuencia de la portadora varía en proporción a $s(t)$.



INTERNET

FIGURA 3.8 Formas de modulación en AM y FM.

Existen varias razones para modular, porque:

- Se facilita la *propagación* de la señal de información por cable o por el aire.
- Se ordena el *radioespectro*, distribuyendo canales a cada información distinta.
- Se disminuye *dimensiones* de antenas.
- Se optimiza el ancho de banda de cada canal
- Se evita *interferencia* entre canales.
- Se protege a la Información de las degradaciones por *ruido*.
- Se define la *calidad* de la información transmitida.

Existen, básicamente, dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información; por ejemplo, la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- Modulación Analógica: AM, FM, PM
- Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM

Se estableció que existen tres tipos básicos de modulación analógica que son la Frecuencia Modulada (FM), la Amplitud Modulada (AM) y la Fase Modulada (PM); siendo las últimas dos las importantes para el proyecto de implementación del Sistema OPLAT.

3.3.6.1 Modulación por Amplitud (AM)

En un sistema de transmisión, es imprescindible la existencia de un equipo transmisor, un canal de comunicación y un dispositivo receptor. Las características del transmisor y del receptor deben ajustarse a las características del canal. Uno de los métodos empleados en la búsqueda de estos ajustes, es el llamado *amplitud modulada* [AM], que consiste en variar la amplitud de la onda. Cuando una señal de

baja frecuencia [BF], controla la amplitud de una onda de alta frecuencia [RF], tenemos una modulación por amplitud. En la transmisión existen dos procesos fundamentales. El primero, imprimir la Información [BF] en la Portadora [RF], proceso al que llamamos *Modulación*. El segundo, es el proceso decodificador, es decir la recuperación de la información, procedimiento que denominamos *Demodulación* o *Detección*.

Para presentar lo que es la modulación en amplitud, comencemos con una etapa amplificadora, donde la señal de entrada se amplifica con una ganancia constante. En ese caso la salida del amplificador, es el producto de las dos variables anteriores. Supongamos ahora que la ganancia de la etapa amplificadora es variable en función del tiempo, entre 0 (cero) y un valor máximo, regresando a 0 (cero). Lo anterior significa, que la etapa amplificadora multiplica el valor de entrada por un valor diferente de amplificación en cada instante. La descripción efectuada en el proceso anterior, es lo que denominamos Modulación en Amplitud. Por lo tanto, la modulación en amplitud es un proceso de multiplicación. Al multiplicador se le puede considerar también, como un dispositivo de ganancia controlada por una tensión.

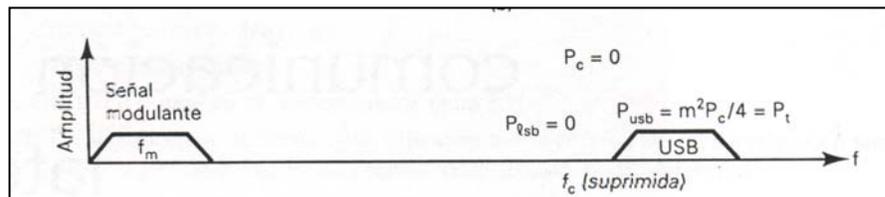
3.3.6.2 Modulación de Fase (PM)

Sistema de modulación en el cual la fase de la señal portadora varía o es modulada conforme al valor instantáneo de la amplitud de la señal moduladora. Se puede reconocer a la modulación PM dentro de la familia de las AM. Este tipo de modulación encierra al BLU (Banda Lateral Única), el cual es de alta importancia en la transmisión de datos en el sistema OPLAT. Los sistemas convencionales de doble banda lateral en AM, como los ya comentados, tienen varias desventajas inherentes y relevantes. Por el hecho de que dos tercios de la potencia transmitida se encuentra en la portadora, por lo que no hay información en la portadora, sino que la información viaja por las bandas laterales y como, tanto la banda lateral superior como la banda lateral inferior, transportan la misma información esto se vuelve una redundancia. En consecuencia, la AM convencional es ineficiente tanto en potencia

como en el ancho de banda, que son dos de las consideraciones más importantes al diseñar un sistema de comunicación electrónica.

La banda lateral única se reconoció oficialmente y se comprendió matemáticamente a comienzos de 1914; sin embargo, hasta 1923 se otorgo la primera patente en un enlace entre Inglaterra y Estados Unidos. Hay muchos tipos diferentes de sistemas de comunicaciones de *banda lateral*. Algunos conservan el ancho de banda, algunos conservan la potencia, y otros conservan ambos.

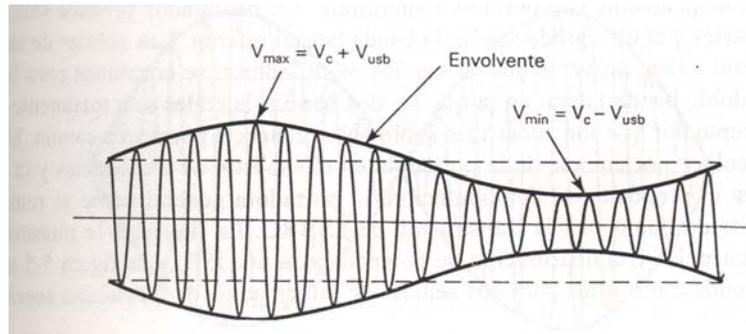
De interés en este proyecto es la AM de *banda lateral única con portadora suprimida* (SSBSC) es una forma de modulación de amplitud donde la portadora se suprime totalmente y se quita una de las bandas laterales. Por lo tanto, el SSBSC requiere de la mitad del ancho de banda que la AM convencional de doble banda lateral y considerablemente menos potencia transmitida. El espectro de frecuencias y la distribución relativa de la potencia para SSBSC con transmisión de banda lateral superior se observa en la figura 3.9, donde se puede observar que la potencia de la banda lateral comprende el 100% total de la potencia transmitida.



SCANNER ACER

FIGURA 3.9 Banda Lateral Única con Portadora Suprimida.

También mediante el uso de la figura 3.10 se puede establecer como es la forma de onda de un SSBSC para una señal modulante de frecuencia sencilla. En ese caso la onda no es una envolvente, es simplemente una onda sinusoidal a una frecuencia sencilla igual a la frecuencia de la portadora más la frecuencia de la señal modulante, o la frecuencia de la portadora menos la frecuencia de la señal modulante, dependiendo de la banda lateral por la que se transmita,.



SCANNER ACER

FIGURA 3.10 Forma de Onda de la BLU Suprimida.

3.3.7 Modos de Transmisión

Las señales pueden hacer referencia a una señal patrón o reloj (*SINCRÓNICAS*) o no (*ASINCRÓNICAS*). En este último caso, la sincronización se hace mediante una señal de referencia. La sincrónica es más efectiva ya que evita estos bits de más. Otra división se hace según el sentido de transmisión:

Simplex (SX) : las transmisiones son en un único sentido, o sea sólo para recibir o solo para transmitir, pero no ambos.

Half-duplex (HDX) : transmisiones pueden ser en ambos sentidos alternativamente, o sea nunca al mismo tiempo. Llamados sistemas con alternativa de dos sentidos.

Full-duplex (FDX) : transmisiones pueden ocurrir en ambos sentidos al mismo tiempo, pero entre dos estaciones definidas. Son denominados sistemas simultáneos de doble sentido.

Full/full-duplex (F/FDX) : transmisiones pueden ocurrir simultáneamente y además entre distintas estaciones, este es el sistema utilizado en el área de comunicaciones para la transmisión de datos.

3.3.8 Multicanalización

Un multicanalizador o Multiplexor (“mux”) es un dispositivo de telecomunicaciones que tiene como entrada muchos canales de información y que los combina (multicanaliza) para transmitirlos por un solo canal de comunicaciones. En el otro extremo debe existir otro de “mux” que realiza el proceso contrario, es decir, desmulticanaliza la entrada en varias salidas. Los canales de entrada pueden ser de diferentes fuentes (voz, datos, vídeo, fax,..).

Existen dos técnicas fundamentales de multicanalización:

- **FDM** *Frequency Division Multiplexing*: multicanalización por división de frecuencia
- **TDM** *Time Division Multiplexing*: Multicanalización por división de tiempo

En resumen los multicanalizadores optimizan el canal de comunicaciones y tienen las siguientes características:

- Permiten que varios dispositivos compartan un mismo canal de comunicaciones
- Útil para rutas de comunicaciones paralelas entre dos localidades
- Minimizan los costos del comunicaciones, al rentar una sola línea privada para comunicación
- Normalmente los “mux”es” se utilizan en pares, un “mux” en cada extremo del circuito
- Los datos de varios dispositivos pueden ser enviados en un mismo circuito por un “mux”. El “mux” receptor separa y envía los datos a los apropiados destinos.

3.4 Líneas de Transmisión

Dentro del proyecto que se realiza se trabajará básicamente con dos tipos de Líneas de Transmisión, las líneas de alta tensión que viajan de una subestación a la otra y el cable RF usado entre el sintonizador y la repisa de control.

Entonces se dice que *“Una línea de transmisión es un sistema de conductores, semiconductores, o la combinación de ambos, que puede emplearse para transmitir información, en forma de energía eléctrica o electromagnética, entre dos puntos”*. En ciertos libros se define simplemente como un sistema conductor metálico utilizado para transferir energía eléctrica de un lugar a otro. Una línea de transmisión puede ser tan corta como unos cuantos centímetros o puede extenderse a varios miles de kilómetros. Estas pueden ser utilizadas para propagar CD o CA de baja frecuencia (como energía eléctrica de 60 ciclos y señales de audio); también se puede utilizar para propagar frecuencias muy altas (como señales de radio e intermedias). Al propagar las señales de baja frecuencia, es bastante sencillo y predecible el comportamiento de la línea de transmisión. Sin embargo, al propagar las señales de alta frecuencia las características de las líneas de transmisión se vuelven más complicadas y su comportamiento poco peculiares, por lo que su estudio se vuelve más complejo.

3.4.1 Características de las Líneas de Transmisión

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor.

Estas propiedades, a su vez, determinan las constantes eléctricas primarias que son denominadas constantes kilométricas, ya que van en función del kilómetro de longitud de la Línea de Transmisión:

- Resistencia de CD en serie (R),
- Inductancia en serie (L),
- Capacitancia de derivación (C),
- Conductancia de derivación (G).

La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea, mientras que entre los dos conductores ocurren la capacitancia y la conductancia. Las constantes primarias se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea, por lo tanto, se les llama comúnmente parámetros distribuidos. Los parámetros distribuidos se agrupan en una longitud unitaria dada, para formar un modelo eléctrico artificial de la línea.

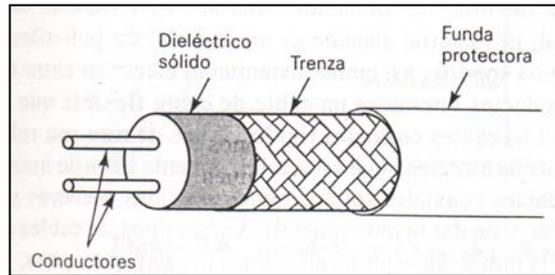
Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con las cuatro constantes primarias. Las constantes secundarias son impedancia característica, reactancia de autoinducción, susceptancia, admitancia y constante de propagación.

3.5 Cable utilizado para la Conexión RF

Es importante recalcar que el cable RF utilizado para conectar el sintonizador AKE100-A2 con la repisa de control ESB2000i, puede ser considerado como la permutación de dos tipos especiales de cables de transmisión, esto claro análogamente, estos dos cables por separado se explican a continuación.

3.5.1 Par de Cables Protegido con Armadura

Para reducir las pérdidas por radiación e interferencia, frecuentemente se encierran las líneas de transmisión de dos cables paralelos en una malla metálica conductiva. La malla se conecta a tierra y actúa como una protección. La malla también evita que las señales se difundan más allá de sus límites y evita que la interferencia electromagnética llegue a los conductores de señales.

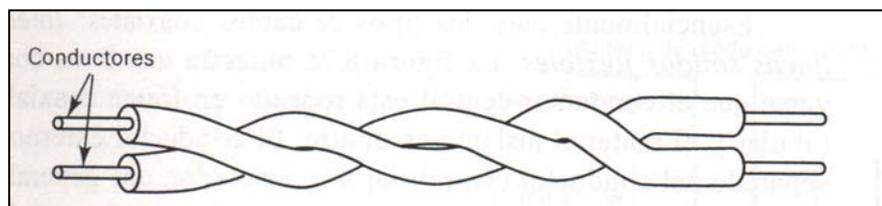


SCANNER ACER

FIGURA 3.11 Par de cables protegidos con armadura.

3.5.2 Cable de Par Trenzado

Un cable de par trenzado se forma doblando (trenzado) dos conductores aisladores juntos. Los pares de trenzan frecuentemente en unidades, y las unidades, a su vez, están cableadas en el núcleo. Estas se cubren con varios tipos de funda, dependiendo del uso que se les vaya a dar. Los pares vecinos se trazan con diferente inclinación (largo de la trenza) para poder reducir la interferencia entre los pares debido a la inducción mutua. Las constantes primarias del cable de par trenzado con sus parámetros eléctricos (resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia), que están sujetas a variaciones con el ambiente físico como temperatura, humedad y tensión mecánica, y que dependen de las variaciones en la fabricación.



SCANNER ACER

FIGURA 3.12 Par de cables trenzado.

3.6 Comunicación por Línea de Potencia

En 1997 se dio a conocer una nueva tecnología capaz de transmitir datos por las principales redes eléctricas a velocidades de un megabit por segundo. La omnipresencia de los cables de electricidad hace adecuada esta tecnología para la fácil diseminación de datos, y podría reducir el dominio absoluto de los operadores de telecomunicaciones oficiales en los futuros servicios de banda ancha. En un momento en que se ha comprobado que la liberalización de las telecomunicaciones no ha tenido éxito en el logro de competencia en el bucle local (local-loop), el uso de la red eléctrica como red de datos podría colocar a las compañías eléctricas como principales protagonistas de la Sociedad de la Información del mañana.

PowerLine Communication (PLC, Comunicación por línea de potencia) es el nombre genérico para la transmisión de datos por el segmento de baja tensión de las redes eléctricas, que va desde la subestación eléctrica al domicilio u oficina del cliente, pero puede ser aplicada en alta tensión como líneas de transmisión entre subestaciones.

A pesar de sus características prometedoras, la PLC todavía tiene algunas limitaciones inherentes que superar, como su sensibilidad a las interferencias electromagnéticas (que afectan particularmente a los cables aéreos), que dan como resultado inaceptables interferencias a altas frecuencias. También su topología tiene similitudes con las redes de cable en el sentido de que, como medio compartido, la anchura de banda óptima anunciada podría reducirse conforme aumente el número de usuarios simultáneamente conectados a la misma subestación eléctrica.

Estas limitaciones no permitirán que la PLC se convierta inmediatamente en una tecnología revolucionaria, en especial ya que los operadores presentes están empezando a introducir DSL e Internet vía satélite.

Durante muchos años las compañías eléctricas han utilizado la red de alta y media tensión para transmitir datos para su propio funcionamiento, por ejemplo, control de subestaciones a distancia, vigilancia de redes e identificación de fallos, pero se limitaban a la transmisión de datos con fines internos.

Más recientemente, algunas compañías como Energis en el Reino Unido han instalado cables de fibra óptica junto con sus torres eléctricas y derechos de paso con el fin de ofrecer servicios de telecomunicaciones competitivos de larga distancia. La PLC es un complemento útil de bucle local para estos servicios de larga distancia. Compañías eléctricas posicionadas inicialmente como operadores de telecomunicaciones de larga distancia podrían, por tanto, utilizar la PLC para transformarse ellas mismas en operadores de telecomunicaciones polivalentes que ofrecen telefonía local y de larga distancia, tomando así las dimensiones de un genuino operador alternativo. La baja rentabilidad de la infraestructura del bucle local podría también compensarse por operaciones internas más rentables de larga distancia y por los servicios de valor añadido relacionados con la energía.

Irónicamente, desde el punto de vista técnico, sería difícil imaginar una infraestructura peor para transmitir datos, dada la incompatibilidad esencial entre el ruido eléctrico pulsante y los datos.

La PLC podría por tanto considerarse como un impulsor de la competencia en un sector en el que, hasta ahora, la competencia de los distribuidores locales ha sido difícil. La apertura de esta área beneficiará claramente al consumidor puesto que los resultados probables incluyen la reducción de los colapsos eléctricos y será otro catalizador de la información en el área de Teleprotecciones.

CAPÍTULO N° 4

“Descripción del Sistema OPLAT”

4 Descripción del Sistema OPLAT

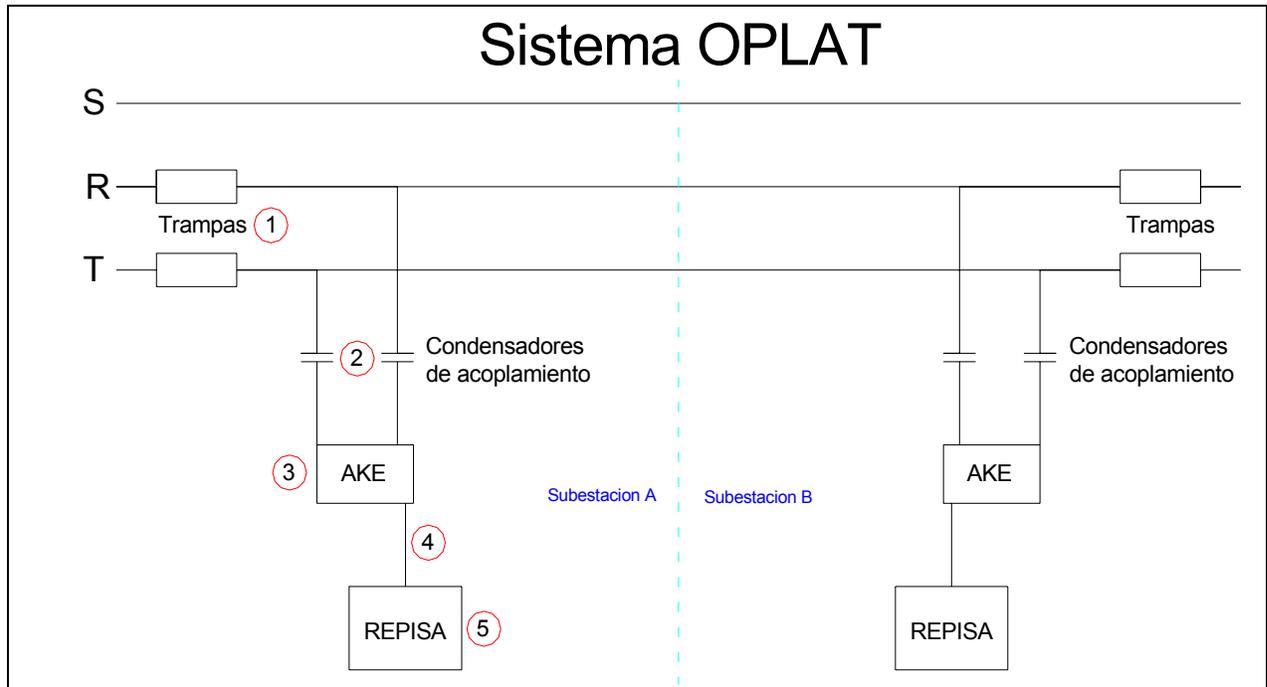


FIGURA 4.1 Diagrama Básico de la Conexión de un Sistema OPLAT.

Descripción del Sistema OPLAT:

TABLA 4.1 “Lista de componentes del Sistema OPLAT”

Componente	Descripción	Modelo	Marca
1	Trampa de Onda Portadora	0.2/1250	Arteche
2	Capacitor de Acoplamiento	DFN 245	Arteche
3	Sintonizador	AKE 100 A2	Siemens
4	Cable simétrico de 150 Ω	RF	Leoni
5	Sistema Digital de Onda Portadora	ESB 2000i	Siemens

EXCEL 2000

4.1 Trampa de Onda Portadora o Bobina de Bloqueo

Aplicación: Enlace entre Subestación de Arenal – Subestación de Barranca

Modelo: 0.2/1250

Marca: Arteché

Sitio web: www.arteché.es



*Ver dimensiones en el apéndice A-2.

4.1.1 Descripción

Las bobinas de bloqueo, también denominadas circuitos tapón o trampas de onda, son esencialmente filtros eléctricos de autoinducción-capacidad en conexión paralelo. Se montan en serie con los conductores, en determinados puntos del sistema eléctrico, con el objeto de confinar la alta frecuencia, portadora de la información, dentro de unas secciones de línea prefijadas. Dentro de la banda 50-490 kHz, las administraciones pueden restringir parcialmente la utilización de algunas bandas de frecuencia para evitar interferencias con otros servicios. Por otra parte, la creciente elevación de las corrientes de cortocircuito en la línea de Alta Tensión hace que las bobinas de bloqueo deban poder soportar grandes esfuerzos mecánicos sin que se vean afectadas eléctrica ni mecánicamente.

4.1.2 Fabricación

La parte principal de la bobina de bloqueo la constituye una autoinducción formada por un cable de aluminio que es recorrido por la corriente de la red, y se calcula en función de los parámetros de esta. El cable de aluminio va arrollado helicoidalmente y apoyado sobre unos separadores de fibra de vidrio y “epoxy”, a fin de mantener fijas las distancias relativas. Va recubierto de un filamento continuo de fibra de vidrio impregnado en resina “epoxy” y ambos extremos del mismo terminan

en crucetas colectoras de perfil de aluminio. Las bobinas de bloqueo están dimensionadas para la clase de temperatura “F”, según la norma CEI-353.

4.1.3 Sintonizador (*Tuner*)

El cálculo del sintonizador, así como su ajuste, se realiza mediante un programa de ordenador debido a los diversos parámetros a tener en cuenta, como son las tolerancias de condensadores y de la inductancia de la bobina, el tipo de pararrayos que se coloca y la variación en los valores de la autoinducción con la frecuencia.

El pararrayos autoválvula, montado en el interior de la bobina principal, sirve de protección a la unidad de sintonización. Se calcula para que solamente cebe con sobretensiones de tipo impulso y permanezca insensible a la tensión de la red durante un cortocircuito. La intensidad de descarga del pararrayos es de 5 kA aunque, si se especifica, puede ser de mayor valor.

4.1.4 Conexiones

Los terminales pueden ser cilíndricos o en forma de pletina. Están dimensionados en función de la intensidad nominal de la bobina.

4.1.5 Calidad

Control de entrada a todos los materiales y componentes en nuestro laboratorio físico-químico. Ensayos finales de rutina a todos los aparatos bajo normas internacionales y/o especificaciones.

4.1.6 Montaje

Se puede realizar en:

- Ejecución suspendida: Puede ser mediante cáncamo o pletinas de aluminio dependiendo del tamaño de la bobina.

- Ejecución apoyada: Sobre soporte desmontable que se suministrará bajo pedido.

No precisan ninguna herramienta especial para su montaje.

Están libres de mantenimiento regular y no requieren repuestos.

En los apéndices se presenta las dos posibilidades de trampas que se manejan dentro de la licitación, con sus respectivas características y valores de importancia para el apoderado, la primera que es la más factible es el modelo 0.2/1250 de la marca Artech (Ver apéndice A-3), pero también se maneja la posibilidad del modelo 0.5/1250 de la marca Artech (Ver apéndice A-4).

Para el caso específico del enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca se utilizará la trampa modelo 0.2/1250 de la marca Artech sus características y dimensiones se pueden observar en los apéndices A-2 y A-3. Se maneja que el peso promedio de las trampas que serán colocadas en las líneas R y T de Alta Tensión es de aproximadamente 200 kgrs, por medio de este dato se puede establecer si las estructuras ya instaladas en las distintas subestaciones tienen la capacidad de soportar este peso adicional sin que exista la posibilidad de que estas torres colapsen o se produzcan fisuras en sus juntas. Recuerde que el peso de las trampas se le adiciona al peso de los conductores de Alta Tensión de ahí la importancia de su análisis.

4.2 Condensador de Acoplamiento

Aplicación: Enlace Subestación de Arenal – Subestación de Barranca

Modelo: DDN-245

Marca: Arteché

Sitio web: www.arteche.es



*Ver dimensiones en el apéndice A-5.

4.2.1 Descripción

Formado por unidades condensadoras en serie. Los elementos condensadores constan de armadura de aluminio y dieléctrico de papel con o sin popileno, impregnado en aceite. Los paquetes de condensadores se colocan en el interior de la porcelana y van comprimidos por muelles, por lo que presentan una capacidad muy estable a lo largo del tiempo. Compensación de la variación de volumen de aceite por medio de compensadores de acero inoxidable. El calentamiento propio es muy reducido y los cambios de temperatura ambiente afectan de modo despreciable a la capacidad, por lo que ésta no se pierde a lo largo del tiempo.

4.2.2 Utilización

Los condensadores de acoplamiento permiten utilizar las líneas de alta tensión para comunicación mediante corriente portadora de alta frecuencia.

4.2.3 Fabricación

El ambiente en el que se fabrican es especialmente limpio. Los condensadores se realizan en una sala aislada y climatizada, con control de temperatura y humedad. El aceite es desgasificado y filtrado con anterioridad a la impregnación.

4.2.4 Calidad

Control de entrada a todos los materiales y componentes en nuestro laboratorio físico-químico. Ensayos finales de rutina a todos los aparatos, bajo normas internacionales y/o especificaciones.

4.2.5 Transporte, Montaje Y Mantenimiento

Las distintas unidades condensadoras se desmontan para embalar. Todo va en la misma caja y en posición vertical. No precisan ninguna herramienta especial para su montaje. Son herméticos, están libres de mantenimiento regular y no requieren repuestos.

En todo el territorio Nacional el enlace entre subestaciones está determinado por Líneas de Transmisión Aéreas de dos tipos únicos de voltajes, el primero a 138 kV y el segundo tipo de enlace es de 230 kV, siendo este último de nuestro interés ya que es la magnitud de voltaje que se maneja en el enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca. Se detalla las dos posibilidades de condensadores de acoplamiento que se manejan dentro de la licitación, además de sus principales características y valores nominales, el primero es el modelo DDN 145 de la marca Artech (Ver apéndice A-6), este es utilizado en los enlaces entre subestaciones donde el voltaje entre las líneas de transmisión es de 138 kV, el segundo es el modelo DFN 245 de la marca Artech (Ver apéndice A-7), este es utilizado en los enlaces entre subestaciones donde el voltaje entre las líneas de transmisión es de 230 kV.

Para el caso específico del enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca se utilizará el condensador de acoplamiento modelo DFN 245 de la marca Arreche; sus características se muestran en el apéndice A-7, mientras que sus dimensiones se pueden observar en el apéndice A-5 que se despliega en la sección de Apéndices.

Entonces al igual que en el caso de las trampas un dato de suma importancia es el peso de este equipo, pues se debe recordar que requieren ser montadas sobre una columna estructural, la cual va a ser diseñada según el peso del Condensador de Acoplamiento y la tensión que se pueda generar entre los cables de conexión e instalación. Además de que obviamente la base donde ira montado el Capacitor debe ser de un tamaño adecuado para que este pueda ser fijado firmemente a la estructura, sin que presente problemas en falta de espacio o sobrediseño. Se adelanta que se requieren dos estructuras por subestación en cada enlace y que estas se deben colocar lo más cerca posible de las trampas de onda portadora y de los ductos que transportan los conductores dentro de la planta, asimismo que tendrán un cimiento de concreto como base, una estructura de metal elaborada posiblemente con vigas "C" y por último una platina sobre la que se afianzará el condensador de acoplamiento.

4.3 Unidad de Acoplamiento Tipo Pasa-Banda para Acoplar Fase-Fase con un Terminal a Tierra

Aplicación: Enlace Subestación de Arenal – Subestación de Barranca

Modelo: AKE-100-A2

Marca: Siemens

Sitio web: <http://www.siemens.com>



*Ver dimensiones del AKE-100 en el apéndice A-8.

4.3.1 Acoplamiento de ondas portadoras a líneas de alta tensión.

Las empresas eléctricas hacen uso de sus propias líneas de alta tensión, con el fin de lograr seguridad en la transmisión de información. Con ayuda de equipos especiales de onda portadora (equipos OPLAT) se transmiten, muchas veces a través de largas distancias, señales de una manera segura e independiente de otras redes de comunicaciones, servicios importantes como son comunicaciones telefónicas, datos y Teleprotección.

Para la transmisión de frecuencias portadoras por líneas de alta tensión, las corrientes de alta frecuencia de los equipos de transmisión tienen que aplicarse a las líneas o derivarse de ellas en puntos adecuados. Al hacerlo, ni el personal de servicio, ni los equipos conectados deberán peligrar debido a la alta tensión.

En las líneas de alta tensión se emplean trampas de onda de alta frecuencia (bobinas) que impiden el flujo de señales de frecuencias portadoras en una dirección no deseada o a la instalación de alta tensión. Las trampas de onda no oponen ninguna resistencia considerable al transporte de la energía eléctrica en la línea de alta tensión. A través de condensadores de acoplamiento suficientemente resistentes

contra alta tensión y dimensionados para la tensión nominal, la potencia de la frecuencia portadora es acoplada a la línea de alta tensión y asimismo tomada de la misma. El filtro de acoplamiento, el sistema de protección de acoplamiento, el seccionador de tierra y el transformador de aislamiento se encuentran en la unidad de acoplamiento AKE 100.

Se ha escogido para la AKE 100 un circuito pasa alto, que permite, a partir de una frecuencia mínima f_u , determinada por el tamaño de los condensadores de acoplamiento, transmitir hasta 500 kHz en la banda de frecuencias portadoras previstas para OPLAT. La AKE consta de un equipo básico, que se suministra en diferentes versiones. De esta manera se abarcan todos los casos de acoplamiento que se puedan presentar en la práctica. Una unidad para acoplamiento entre dos fases también puede ser empleada para acoplamiento fase tierra. De la misma manera es posible, mediante el empleo de elementos suplementarios, ampliar una unidad de acoplamiento entre fase y tierra a un acoplamiento entre dos fases. La unidad de acoplamiento puede ser conectada en ambos casos a distintos tipos de condensadores de acoplamiento. La tabla 4.2 muestra la relación de costos, atenuación y seguridad de transmisión entre los distintos tipos de acoplamientos.

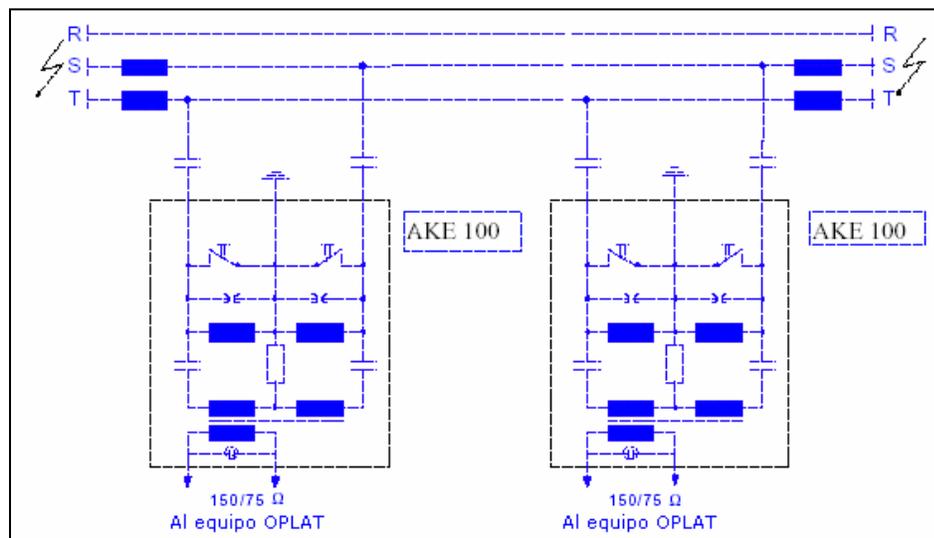
TABLA 4.2 “Información de caracterización de cada tipo de acoplamiento”

	Costos	Atenuación	Seguridad de Transmisión
<i>1. Acoplamiento entre fase y tierra.</i>	Mínimo	Máxima	Ninguna garantía
<i>2. Acoplamiento entre dos fases.</i>	Doble que 1	Menor que 1	Garantía al cortarse la fase
<i>3. Acoplamiento entre sistemas.</i>	Doble que 1	Menor que 1	Garantía en corto circuito.

WORD 2000

En la mayor parte de las tareas de Teleprotección de la línea es, sin embargo, necesario el empleo de acoplamiento entre dos fases o entre sistemas, sin dar importancia al alto costo, que éstos representarían.

Para el enlace que se realizará entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca se requiere de un acoplamiento entre dos fases, por ende se le da especial énfasis a este tipo de acoplamiento. En la figura 4.2 se muestra un circuito de acoplamiento entre dos fases.



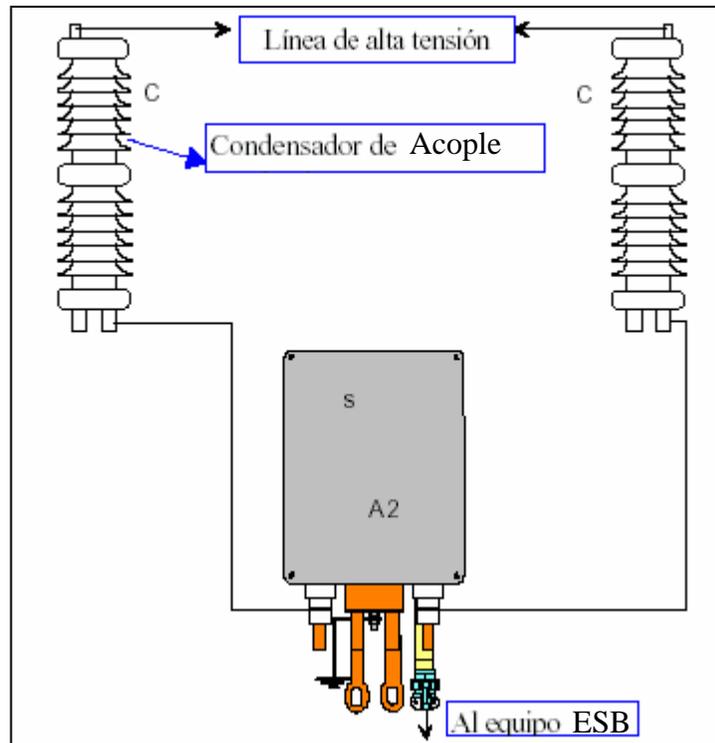
FOLLETO PDF DE LA SIEMENS

FIGURA 4.2 Diseño Visual Interno del Equipo AKE 100 de la Siemens y su conexión al sistema OPLAT.

Las vías de comunicación representadas en la figura anterior corresponde en este caso, a líneas aéreas de alta tensión, por lo tanto, el equipo requerido es el AKE 100 A2. Se recuerda que dentro de la familia de los Sintonizadores AKE 100 existen el A2, A3, A4, así hasta el AKE 100 A7 donde cada tipo de sintonizador tiene características muy propias según la aplicación que se requiera del equipo.

Por razones económicas se emplea con frecuencia el acoplamiento fase a tierra, el cual en general es también técnicamente suficiente, siempre que no se trate de líneas de altísima tensión con nivel alto de perturbación de señal o de grandes

distancias. Por consiguiente una vista más real de la instalación del AKE 100 A2 sería la figura 4.3, mostrada a continuación.



FOLLETO PDF DE LA SIEMENS

FIGURA 4.3 Esquema de la conexión de un equipo AKE 100 A2.

4.3.2 Estructura de la AKE 100

Con excepción de los seccionadores de tierra, todos los elementos de la AKE van instalados en una caja de fundición a presión, prensada en aluminio, resistente al agua de mar, recubierta con una superficie de laca especial para intemperie. Esta caja está expuesta al exterior mediante una apertura circular a la entrada de los cables, la cual es segura contra la acción de los insectos. Es decir, que también los componentes de la AKE son resistentes a la intemperie y construidos para la gama de temperatura de -25°C hasta 50°C .

4.3.3 Composición interna del AKE 100

4.3.3.1 Seccionador de puesta a tierra

Uno o dos seccionadores de puesta a tierra para 250 A con ojete para accionarlos con una varilla de conexión, cumplen con la recomendación de IEC con el fin de lograr una segura puesta a tierra del condensador de acoplamiento. La parte de la cuchilla del seccionador de puesta a tierra puede ser retirada fácilmente si las instrucciones locales determinan la toma a tierra exclusivamente con el cable de puesta a tierra. La parte del seccionador de puesta a tierra que se encuentra a la entrada del AKE va combinada con un borne doble macizo, para la línea de acoplamiento. Mediante esta se puede sujetar la línea de acoplamiento hasta a 10 mm de diámetro o 70 mm² de sección.

4.3.3.2 Descargador primario

El descargador primario protege los aparatos de una conexión OPLAT contra sobretensiones que pueden presentarse por defectos en el condensador de acoplamiento o que son debidas a las sobretensiones que pueden pasar por dicho condensador (por ejemplo, al hacer maniobras o debidas a los rayos).

4.3.3.3 Bobina de derivación y sintonía

La bobina de derivación y sintonía cumple con dos importantes funciones de la AKE 100. Deriva por una parte la corriente reactiva capacitiva del condensador de acoplamiento definida por la tensión de red, frecuencia de la red y la capacidad del condensador de acoplamiento en forma segura a tierra, y por otra parte ofrece inductividades variables de sintonización para la adaptación de la impedancia del acoplamiento a la línea de alta tensión.

4.3.3.4 Condensador de corte

Teniendo en cuenta que la corriente reactiva de 60 Hz puede ocasionar una caída de tensión sobre la impedancia de la bobina de derivación de unos voltios, se hacen necesarios los condensadores de corte, para así evitar una excitación alta, inadmisibles a la frecuencia de red del transformador de aislamiento. Están dimensionados con 0.1 μF (o bien, 1 μF en caso del condensador de acoplamiento de cable) de manera tal que no tienen una influencia importante sobre la respuesta de frecuencia de los filtros de acoplamiento dentro del rango de transmisión.

4.3.3.5 Descargador de sobretensión en atmósfera de gas

Tensiones de perturbación a las que el descargador primario no reacciona, son puestas en cortocircuito por los descargadores de sobretensión en atmósfera de gas. Estas tensiones perturbadoras pueden presentarse no sólo en el lado de alta tensión como impulsos abruptos de tensión sino también desde un cable de RF influido por alta tensión. La tensión continua nominal de reacción de cada descargador de sobretensión, en atmósfera de gas, es de 230 V.

Los descargadores de sobretensión en atmósfera de gas están dimensionados de manera que por un lado limitan las sobretensiones peligrosas, por otro lado se evita el eflujo de ellos debido a tensiones de RF.

4.4 Cable Simétrico de 150 Ω

Aplicación: Enlace Subestación de Arenal – Subestación de Barranca

Modelo: Elaborado exclusivamente por Leoni para Siemens

Marca: Leoni

Sitio web: <http://www.leoni-special-cables.com/english/home.html>



4.4.1 Aplicación

Este cable es utilizado en la transmisión de señales de Telecomunicaciones mayores a 20 MHz. También son utilizados en sistemas digitales y en sistemas de interrupción.

4.4.2 Construcción

La construcción de este tipo de cables que es especial varía según los requerimientos eléctricos y mecánicos del sistema. Por reglamentos de seguridad los cables son diseñados según el campo de trabajo en el que van a operar.

4.4.3 Diseño

Conductor

Alambre de cobre descubierto

Ø 1.4 mm

Aislamiento de Polietileno (PE) espumado con piel

Ø 4.4 mm

Núcleo

2 hilos, Rojo y Amarillo trenzados a un par de relleno con huecos

Hilo de identificación

2 Plásticos laminado, solapado

Forro Laminado

Polietileno (PE) Negro

Espesor de pared aproximadamente 1.8 mm

Ø 14.0 ± 0.5 mm

Armadura: 32 hilos de acero galvanizado 1.4 mm

Forro

Policloruro de vinilo (PVC) Negro

Espesor de pared aproximadamente 1.4 mm

Ø 19.5 +1.0 –0.5 mm

Símbolo impreso: Auricular de teléfono

Intervalos de texto aproximadamente 50 mm

Características térmicas y mecánicas

Material aislante según la norma DIN VDE 0819

Material aislante del forro según la norma DIN VDE 0819

Material del forro según la norma DIN VDE 0207

Características térmicas y mecánicas

Rango permisible de temperatura

-5°C hasta +70°C

Diámetro de doblamiento permitido

Múltiple 15X Ø

Solo 10X Ø

Peso del PVC con Phthalate

2.2 kg/km

Peso del PVC sin Phthalate

108.6 kg/km

Peso aproximado

670 kg/km

1000 m en carretes no retornables

Fuente: Hoja de datos técnicos (Visitar página en Internet)

4.4.4 Cable para Radiofrecuencia

Formado por dos conductores de cobre suave, trenzados y aislados colocados en el centro; a continuación una cubierta aislante y después una capa metálica contra la humedad, después otra capa aislante, después una capa metálica contra roedores y finalmente una cubierta de polietileno para intemperie:

- Para un rango de frecuencias de 35-500 kHz.
- Diámetro máximo: 20 mm.
- Atenuación ≤ 5 dB/km (35-500 kHz).
- Aislamiento $\geq 10,000$ M Ω /km.
- Voltaje de prueba entre conductores (2 minutos): 500 V rms.
- Voltaje de prueba entre conductor y blindaje (2 minutos): 4 kV.

Nota: Este cable se instalará en la Subestación de Arenal desde el sintonizador (AKE 100 A2) hasta la repisa en sala de control (ESB 2000i).

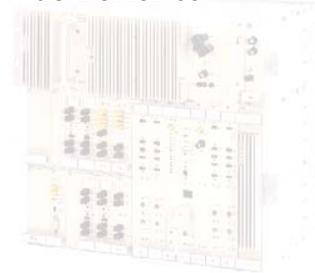
4.5 Sistema Digital de Onda Portadora

Aplicación: Enlace Subestación de Arenal – Subestación de Barranca

Modelo: ESB 2000i

Marca: Siemens

Sitio web: <http://www.siemens.com>



4.5.1 Aplicación

Los equipos del sistema ESB 2000i permiten transmitir por onda portadora (OPLAT) telefonía, fax y datos, así como señales de tele maniobra y de protección de red en un rango de frecuencias entre 24 kHz y 500 kHz a través de:

- Líneas aéreas y cables de media y alta tensión
- Líneas aéreas de telecomunicaciones influenciadas por alta tensión y cables de onda portadora.

Los equipos de onda portadora (OPLAT) deben tener en consideración las propiedades especiales de las líneas de alta tensión. EL elevado nivel de ruido en los enlaces de transmisión y la alta atenuación en los tramos largos exigen una alta potencia de salida. Sobre todo en combinación con la transmisión de señales de protección de red se imponen severos requisitos en cuanto a la fiabilidad y disponibilidad. Para el aprovechamiento óptimo del rango de frecuencias disponibles se requiere una elevada selectividad.

Todas las señales hasta 20 kHz. - excepto en los módulos de interfaz - se procesan en procesadores digitales (DSP) controlados y supervisados por un microprocesador. Las funciones técnicas de transmisión de los componentes que integran los procesadores de señales se determinan mediante un “firmware” cargable en el microprocesador.

La parametrización del equipo y la selección de la función de transmisión deseada (variante del equipo) pueden ajustarse a través de un PC conectable al equipo. Mediante una orientación al usuario, controlada por menús, es posible ajustar, si fuera necesario, en forma fácil, el equipo para las funciones nuevas que exige su empleo.

4.5.2 Modo de Transmisión

Las informaciones se transmiten según el método de banda lateral única (modulación de amplitud) con supresión de la portadora:

- Grandes alcances aprovechando la energía al máximo para la transmisión de las informaciones.
- Un ancho de banda mínimo y, en consecuencia, un aprovechamiento óptimo de las posiciones de frecuencia dentro del margen de frecuencias admisibles para la transmisión.
- Interceptación dificultosa debido a la supresión de la portadora.

Para los diversos casos de aplicación, los equipos pueden completarse integrando módulos para la transmisión de datos y señales de protección, así como para diversos dispositivos telefónicos.

Un sistema de supervisión y alarma controlado por procesador, así como su elevada compatibilidad electromagnética, garantizan una amplia disponibilidad del sistema.

4.5.3 Construcción

En el sistema ESB 2000i, los equipos monocanales y bicanales constan de dos porta módulos: la sección de onda portadora (sección OP) y la sección de línea (sección de PLE). En la sección PLE se diferencia entre una potencia de transmisión de 20/40 W o de 80 W. Al requerirse una potencia de transmisión de 80 W se

necesita un segundo amplificador de 40 W. Los equipos están diseñados según el acreditado sistema de construcción ES 902-C. Las dimensiones de los porta módulos corresponden al diseño de 19" según la norma DIN 41494 y pueden montarse, sin escuadras de sujeción adicionales, directamente en armarios con marcos giratorios o bastidores de 19'. En los portadores de sistema con medida de montaje de 504 mm, se montan los portamódulos mediante escuadras de sujeción.

Todas las conexiones entre los módulos de un porta módulo se realizan mediante una placa de circuito impreso posterior (backplane) con correspondientes bornes, o bien, conectores. La interconexión entre los porta módulos se efectúa a través de conexiones enchufables con cables confeccionados.

4.5.4 Sección de onda portadora (sección OP)

El porta módulo de la sección de OP consta, uniformemente para todas las variantes posibles de los equipos monocanales y bicanales, de un portamódulos de 6 unidades de altura. Gracias a ello, pueden realizarse, sin problemas, ampliaciones posteriores de equipos monocanales a bicanales sin modificar el equipamiento del armario o bastidor.

4.5.4.1 Distribución

En la parte derecha van dispuestos - uno al lado del otro - hasta 7 módulos del formato 230 mm x 160 mm y en la parte izquierda, hasta 12 módulos del formato 100 mm x 160 mm, en dos hileras superpuestas de 6 módulos cada una. EL equipamiento depende de la variante. Los módulos están asegurados contra caídas.

4.5.4.2 Placas Frontales

En las placas frontales de los módulos se hallan diodos luminiscentes para indicar el estado de servicio, así como elementos de manejo tales como conectores de corte, conmutadores y enchufes de medición para la puesta en servicio y mantenimiento de los equipos.

4.5.4.3 Lado Posterior

En la parte posterior se encuentra el panel de conexiones. Aquí se conducen hacia el exterior, a través de conectores enchufables, todas las entradas y salidas de BF separadas según los diferentes servicios y canales, así como los circuitos de control y de alarma. Todas las conexiones eléctricas entre los módulos, así como entre módulos y conectores, se realizan a través de una placa de circuito impreso multicapa dispuesta en la parte posterior del portamódulo.

Los portamódulos están protegidos contra contacto mediante una cubierta en la parte posterior. La parte superior del equipo está cubierta por una placa perforada (según IP20). Lugares de montaje no ocupados son equipados con placas frontales.

4.5.5 La sección de línea PLE de onda portadora de 40 W

La etapa del equipo "sección de línea" consta de un portamódulo de una sola hilera (3 unidades de altura) y contiene la fuente de alimentación, la unidad enchufable VE 40 con el amplificador y el módulo de recepción EM. La unidad enchufable VE40-1 es un marco arriba y abajo abierto, cuya placa frontal y parte posterior están formadas por aletas de refrigeración de aluminio. En este marco está montado, en forma fija, el circuito impreso con el amplificador, los circuitos impresos KPK y SWK con los condensadores del filtro de línea, el circuito impreso con el transformador de línea y una placa de aluminio con las inductancias del filtro de línea. EL circuito impreso AS con el circuito de balance, necesario en algunos equipos, puede equiparse (VE40-2), o bien, desmontarse fácilmente. En la parte libre de aletas de refrigeración en la placa frontal están ubicados además de los bornes de medición y los conectores de puente los elementos de mando para el circuito de balance.

El portamódulo PLE se instala sobre la sección de OP. Un segundo PLE, equipado parcialmente, puede emplearse para duplicar la potencia de transmisión montándose sobre el primer PLE. La segunda unidad de línea PLE, equipada parcialmente, solamente lleva la fuente de poder SV, la unidad de amplificación VE40-3 y no contiene módulo de recepción EM. La VE40-3 está provista solamente con un circuito impreso LTG40-2 equipado parcialmente y tampoco contiene en caso de servicio de banda contigua el circuito de balance AS. La interconexión del PLE superior con el PLE inferior se realiza a través de un cable confeccionado mediante conectores.

4.5.6 Los módulos de Interfaces

Los módulos de Interfaces constituyen la interconexión entre la etapa de OP y los equipos conectados externamente. Se dispone de los siguientes módulos:

- NFS para la conexión de centrales telefónicas
- TLN circuito para conexión de un abonado
- NFD para la conexión de equipos de transmisión de datos audio frecuentes y de señales de protección
- FWT 2000i módulos KS 2000i, S 2000i, E 2000i
- SWT 2000 F6 módulos PU y IF4

CAPÍTULO N° 5

“Proyecto Técnico”

5 Proyecto Técnico

5.1 Selección del Proyecto Técnico

Dentro del Instituto Costarricense de Electricidad se elaboraron una gran gama de proyectos con enfoque técnico, entre los que destacan el cableado de un sistema de Teleprotecciones por medio de fibra óptica entre la Subestación de La Caja y la Subestación de Belén, además de la realización de pruebas a los nuevos equipos del Sistema OPLAT, montaje de equipos de potencia dentro de subestaciones, mediciones de tiempos de respuesta de las protecciones, simulacro de fallas para verificación de las señales de respuesta de los equipos y mucho otros de menor peso que los mencionados anteriormente, pero el de mayor importancia fue la elaboración de un informe técnico que debía ser entregado a la Jefatura de la UEN Transporte de Electricidad acerca de las pruebas de potencia realizadas en Alemania por los dos Ingenieros enviados a ese país.

El informe técnico elaborado para la empresa ICE y el cual fue muy bien visto por el ingeniero a cargo de su presentación (Ing. Bernardo Arce) y por los funcionarios del departamento; se presentó a la junta de la UNE-TE el 10 de mayo teniendo gran aprobación, de ahí la idea de presentar este como principal proyecto en la rama técnica. El informe original es un documento que consta de 63 páginas, las cuales dan un análisis detallado de los datos que fueron recopilados en las pruebas realizadas a los equipos de potencia en Alemania y adicionalmente a la implementación del enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca. El análisis de cada uno de esos datos y las conclusiones que se pueden sacar de los mismos se ejecutaron en la oficina, asimismo todos los gráficos y tablas que justifican el porqué del análisis y sus conclusiones.

Como criterio de selección se presume que la inclusión del informe completo dentro del presente trabajo no es necesario, pues es muy extenso y la idea es enfocar cada uno de los proyectos, tanto el Técnico, como el Administrativo, de ahí que se seleccionó trabajar sólo sobre las pruebas realizadas a la trampa de bloqueo.

5.2 Cronograma de Pruebas Eléctricas a los Equipos de Potencia.

A continuación se presenta el protocolo de pruebas que se realizó en la planta de Fúrrth (Siemens) en la ciudad de Múnich en Alemania, a los equipos de potencia, como parte de los requerimientos de instalación de los mismos en cada una de las subestaciones en Costa Rica, luego de la ejecución de cada una de estas pruebas se procedió a tabular todos los datos obtenidos y la importancia de ciertos parámetros a la hora de la implementación del proyecto. La toma de los datos se pudo realizar en la semana del 5 al 9 de abril del 2004 para el caso de la Trampa de Bloqueo y su configuración según el mapeo de frecuencia, mientras que del 12 al 16 de abril del 2004 se ejecutaron las pruebas al condensador de acople, para finalizar las pruebas aquí en Costa Rica con la parametrización y configuración del equipo en la repisa (ESB2000i) para el enlace de la Subestación de Arenal con la Subestación de Barranca.

Con los datos obtenidos y tabulados en Alemania se debe presentar al ICE un informe técnico sobre lo que dicen estos rangos o valores obtenidos, y las conclusiones que de los mismos se pueden esclarecer. El cronograma completo de las pruebas aparece en la tabla 5.1, donde se muestra cuales fueron las pruebas realizadas y el día en que se ejecutaron.

Posterior a la lista de pruebas realizadas se procedió a presentar parte del informe técnico entregado al ICE, específicamente el análisis de las pruebas que se le aplicaron a la trampa de bloqueo. Fueron un total de 18 pruebas ejecutadas solo sobre la trampa de bloqueo, más 8 pruebas ejecutadas al condensador de acoplamiento y 6 realizadas al equipo ESB2000i para la parametrización y configuración del Sistema OPLAT en el enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca.

TABLA 5.1 “Cronograma de pruebas”

Fecha	Pruebas que se Realizarán
	Trampas de Onda
05/Abril/2004	1. Conexión del dispositivo de sintonía en la trampa de onda. 2. Pruebas de la inducción en 100 Hz y 100 kHz. 3. Medición de los componentes de la unidad de sintonía.
06/Abril/2004	<p style="text-align: center;"><i>Pruebas al Dispositivo A</i></p> 4. Pruebas de resistencia X frecuencia. 5. Pruebas de impedancia X frecuencia. 6. Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia. 7. Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia. 8. Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia.
07/Abril/2004	<p style="text-align: center;"><i>Pruebas al Dispositivo B</i></p> 9. Pruebas de resistencia X frecuencia. 10. Pruebas de impedancia X frecuencia. 11. Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia. 12. Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia. 13. Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia.
08/Abril/2004	<p style="text-align: center;"><i>Pruebas al Dispositivo C</i></p> 14. Pruebas de resistencia X frecuencia. 15. Pruebas de impedancia X frecuencia. 16. Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia. 17. Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia. 18. Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia.
	Acopladores Capacitivos
10/Abril/2004	19. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial (en seco)
	20. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial (en húmedo)
12/Abril/2004	21. Pruebas de impulso tipo rayo.
13/Abril/2004	22. Pruebas de descarga parcial. 23. Medición de capacidad y factor de disipación después del ensayo de aislamiento.
14/Abril/2004	24. Onda portadora – Capacidad de frecuencia y resistencia serie equivalente. 25. Capacidad de coeficiente de temperatura. 26. Pruebas mecánicas.
	Pruebas de Enlace Arenal-Barranca
En proceso	27. Parametrización/Configuración de los equipos ESB2000i 28. Ajuste de niveles del equipo ESB 2000i 29. Parametrización/Configuración del multiplexor. 30. Pruebas de transmisión de datos. 31. Pruebas de telefonía. 32. Pruebas de Teleprotección.

WORD 2000

5.3 Descripción de la Trampa de Bloqueo

Cliente: **ICE** (Instituto Costarricense de Electricidad)

Item: Trampa de onda

Laboratorio: Siemens Alemania

Norma aplicable: IEC 353/1989

Características:

Inductancia nominal: 0.315 mH

Corriente nominal: 1250 Amp

Frecuencia nominal: 60 Hz

Resistencia mínima: 600 Ω

Banda de frecuencia: 210 - 500 kHz

Icc térmica: 31.5kArms/1 seg.

Icc dinámica: 80.3 kAp

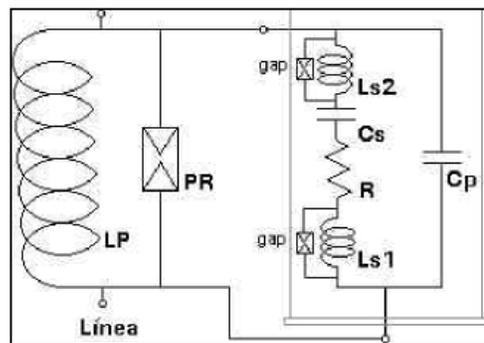
Año: 2004

N° de serie: 203611-91

Pararrayos tipo: Zno - 6kV/10kA

Prueba N° 1 “Conexión del dispositivo de sintonía en la trampa de onda”

Esta prueba busca verificar que los técnicos estén en la capacidad de parametrizar correctamente el equipo de sintonía a la trampa, de manera que se pueda configurar el filtro. Para la configuración de este filtro se hace uso del AKE100A2, del cual se ha hecho mención en capítulos anteriores (Ver capítulo 4.3). El filtro, dentro de la trampa de bloqueo, presenta el circuito de la figura 5.1.



SCANNER ACER

Donde:

- LP = Inductor principal
- PR = Pararrayos
- R = Resistor
- Cp = Condensador Paralelo
- Cs = Condensador Serie
- Ls1 = Inductor Serie
- Ls2 = Inductor Serie

FIGURA 5.1 Circuito del Filtro en la Trampa de Bloqueo.

Es de suma importancia recalcar el hecho de que el equipo de la sala de control (ESB2000i) tiene un rango de frecuencia de operación de 24kHz hasta 500kHz, por ende la configuración de este filtro debe estar dentro de este rango permisible, es por esto que se establecen tres posibles bandas de operación en las trampas de bloqueo, denominadas:

- Configuración A (Frecuencia esta entre 52-72 kHz)
- Configuración B (Frecuencia esta entre 72-128 kHz)
- Configuración C (Frecuencia esta entre 128-448 kHz)

Prueba N° 2 “Pruebas de la inducción en 100 Hz y 100 kHz”

El propósito de esta prueba es verificar que los valores prácticos obtenidos de las mediciones de la inductancia a 100 Hz y a 100 kHz, sea mayor que el establecido como parámetro de confianza. Para el caso de las trampas con las que se van a trabajar se establece este valor en 0.2875 mH.

TABLA 5.2 “Valores medidos de Inductancia”

N° de serie del equipo	L_{100HZ} (mH)	L_{100kHz} (mH)
203611-91	0,350	0,3220

WORD 2000

Como se puede verificar en la toma de los datos prácticos que se tabulan en la tabla 5.2, estos valores son superior a 0.2875 mH, por lo que determina que esta prueba fue aprobada con éxito.

Prueba N° 3 “Medición de los componentes de la unidad de sintonía”

La medición de los componentes de la unidad de sintonía o filtro de la trampa tiene como finalidad recopilar datos de operación inicial, o sea no se pretenden comparar contra datos teóricos del fabricante, sino que el propósito de estos es que sirvan como referencia para futuras mediciones prácticas que se le realicen al equipo. Se debe recordar que todo equipo tiene tiempos de operación o vida útil y al cabo de ciertos años es bueno establecer la variación que surgen entre las medidas del equipo el día de puesta en marcha con las mediciones realizadas en caso de requerir mantenimiento. Estos parámetros prácticos recopilados en la tabla 5.3, sirven como soporte a la hora de realizar paros programados para Mantenimiento Preventivo y velar porque el equipo se encuentre en condiciones óptimas de operación para evitar colapsos en el sistema.

TABLA 5.3 “Valores nominales de la Trampa de bloqueo”

N° de serie del equipo	Ls1 (μH)	Ls2 (μH)	Cs (nF)	Cp (nF)	R (kΩ)	T Amb (°C)
203611-91	0,180	0,183	0,667	0,579	0,616	21,9

WORD 2000

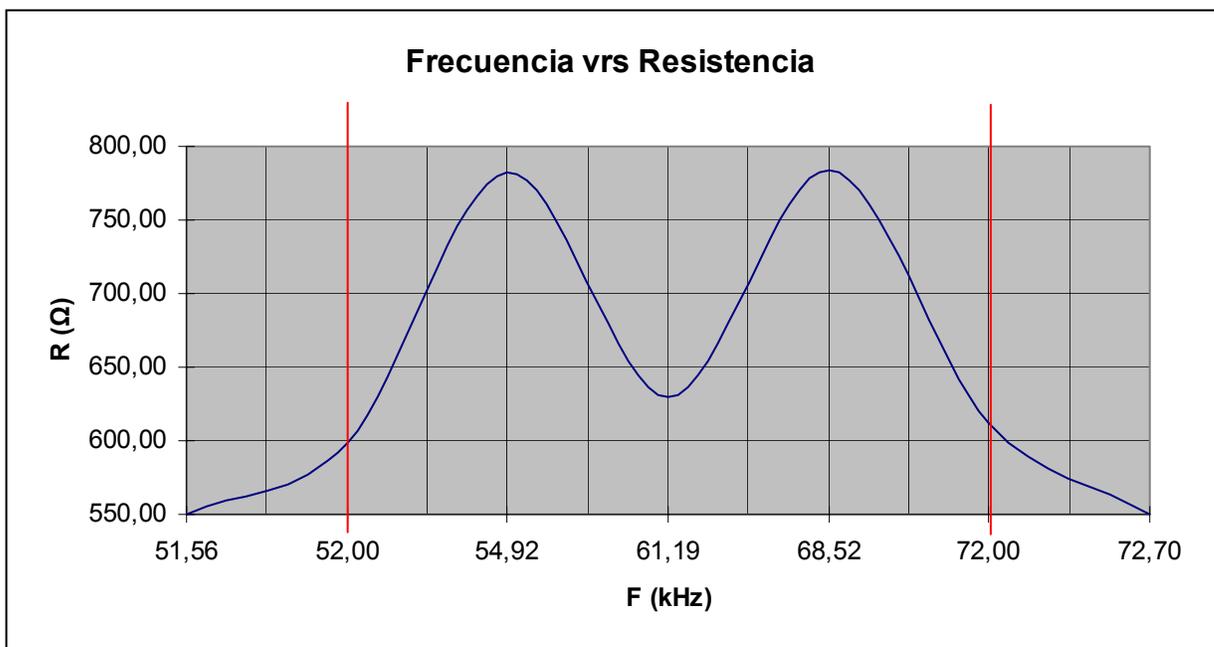
Prueba N° 4 “Pruebas de resistencia X frecuencia”

Esta prueba está dirigida a las Trampas de Bloqueo que tienen su filtro sintonizado como configuración A, o sea entre un rango de 52-72 kHz. El fabricante establece que para este rango de frecuencia el valor de la resistencia de la Trampa debe ser superior a 550 Ω y para ello se toman una serie de datos a diferentes frecuencias para observar el comportamiento de la resistencia versus la variación de la frecuencia, estos datos se recopilan en la tabla 5.4 y luego para su mayor comprensión se grafican en la figura 5.2.

TABLA 5.4 “Valores obtenidos de Resistencia”

F (kHz)	R (Ω)
51,56	550,00
52,00	598,29
54,92	781,95
61,19	630,36
68,52	783,93
72,00	612,29
72,70	550,00

EXCEL 2000



ELABORADA EN EXCEL 2000

FIGURA 5.2 Gráfica de Frecuencia vrs Resistencia en Configuración A.

Como se ve en el gráfico de la figura 5.2, las líneas rojas encierran el rango exacto de frecuencias permisibles en el dispositivo A. Como se puede observar de la tabla 5.4 cuando la frecuencia está en 52 kHz la resistencia tiene un valor de 598.29 Ω y cuando tiene un valor exacto de 72 kHz la resistencia tiene un valor de 612.29 Ω , además a esto en ningún momento dentro del rango de frecuencias la resistencia esta por debajo de los 550 Ω permisibles por el fabricante esto se puede observar mucho más fácil gracias a que el corte en el gráfico se hace en exactamente los 550 Ω . Adicional a la verificación de la resistencia gracias al gráfico se puede establecer las frecuencias críticas, tanto superior como inferior, para que el filtro no funcione adecuadamente, si en algún momento la frecuencia descendiera de los 52 kHz y llegara hasta un valor aproximado de 51.56 kHz la resistencia caería hasta los 550 Ω lo que llevaría a un fallo en el sistema, de igual forma si la frecuencia fuera superior a los 72 kHz hasta un valor de 72.70 kHz la resistencia caería hasta los 550 Ω lo que haría que el sistema colapsara.

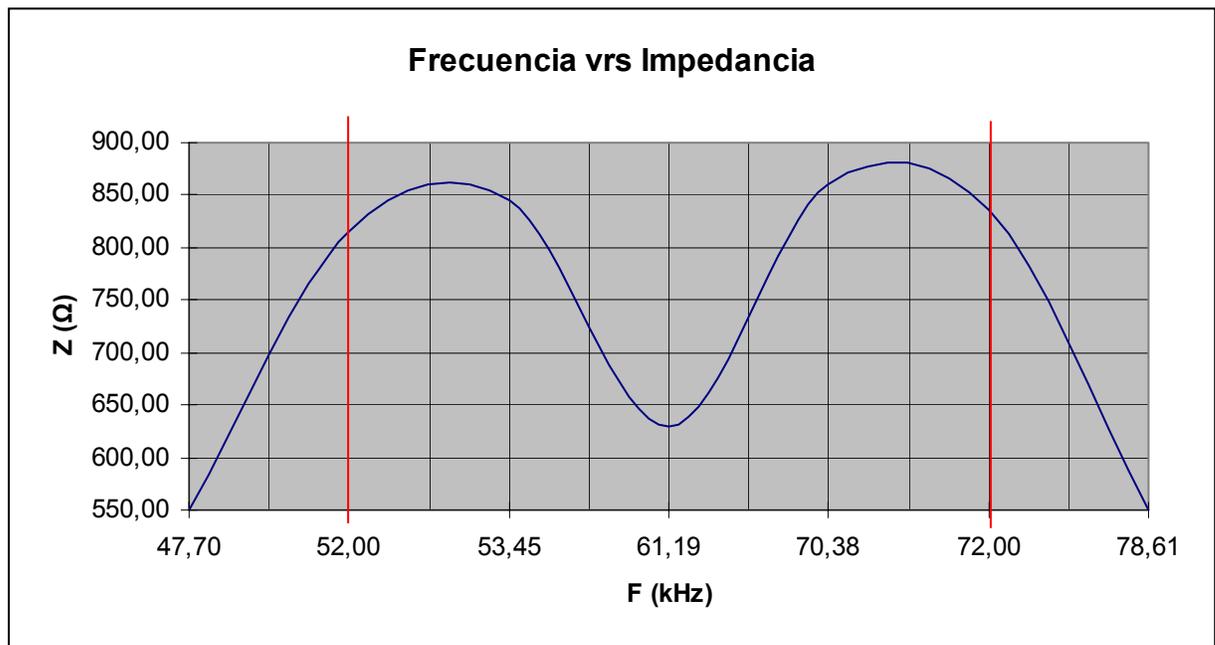
Prueba N° 5 “Pruebas de impedancia X frecuencia”

Esta prueba está dirigida a las Trampas de Bloqueo que tienen su filtro sintonizado como configuración A, o sea entre un rango de 52-72 kHz. El fabricante establece que para este rango de frecuencia el valor de la impedancia de la Trampa debe ser superior a 550 Ω y para ello se toman una serie de datos a diferentes frecuencias para observar el comportamiento de la impedancia versus la variación de la frecuencia, estos datos se recopilan en la tabla 5.5 y luego para su mayor comprensión se grafican en la figura 5.3.

TABLA 5.5 “Valores obtenidos de Impedancia”

F (kHz)	Z (Ω)
47,70	550,00
52,00	814,42
53,45	845,16
61,19	629,96
70,38	860,80
72,00	836,37
78,61	550,00

EXCEL 2000



ELABORADA EN EXCEL 2000

FIGURA 5.3 Gráfica de Frecuencia vs Impedancia en Configuración A.

De manera similar al análisis de la resistencia en el gráfico de la figura 5.3, se puede establecer que las líneas rojas encierran el rango exacto de frecuencias permisibles en el dispositivo A. Como se puede observar de la tabla 5.5 cuando la frecuencia está en 52 kHz la impedancia tiene un valor de 814.42 Ω y cuando tiene un valor exacto de 72 kHz la impedancia tiene un valor de 836.37 Ω , además a esto, en ningún momento dentro del rango de frecuencias la impedancia está por debajo de los 550 Ω permisibles por el fabricante esto se puede observar mucho más fácil gracias a que el corte en el gráfico se hace en exactamente los 550 Ω . Adicional a la

verificación de la impedancia gracias al gráfico se puede establecer las frecuencias críticas, tanto superior como inferior, para que el filtro no funcione adecuadamente, la frecuencia mínima permisible es un valor aproximado de 47.70 kHz en este caso la impedancia caería hasta los 550 Ω lo que llevaría a un fallo, de igual forma la frecuencia máxima permisible es de aproximadamente 78.61 kHz en este caso la impedancia caería hasta los 550 Ω lo que haría que el sistema colapsara.

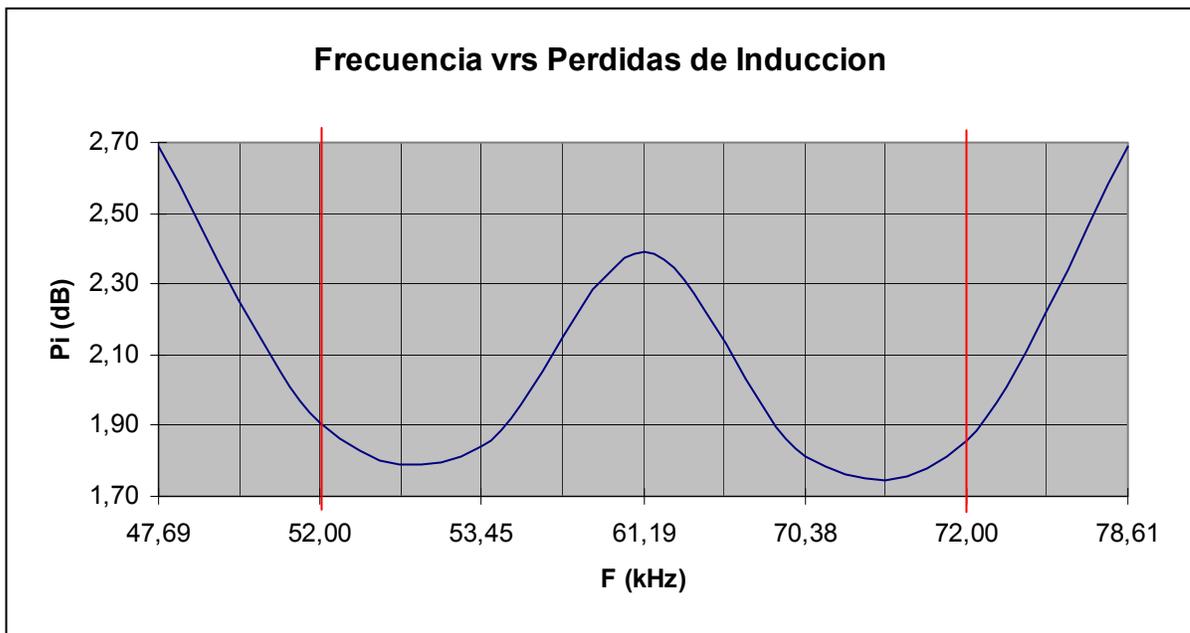
Prueba N° 6 “Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia”

Esta prueba está dirigida a las Trampas de Bloqueo que tienen su filtro sintonizado como dispositivo A, o sea entre un rango de 52-72 kHz. El fabricante establece que para este rango de frecuencia el valor de la pérdida por inducción de la Trampa debe ser inferior a 2.7 dB y para ello se toman una serie de datos a diferentes frecuencias para observar el comportamiento de la pérdida por inducción versus la variación de la frecuencia, estos datos se recopilan en la tabla 5.6 y luego para su mayor comprensión se grafican en la figura 5.4.

TABLA 5.6 “Valores obtenidos de Pérdidas por Inducción”

F (kHz)	Pi (dB)
47,69	2,69
52,00	1,91
53,45	1,84
61,19	2,39
70,38	1,81
72,00	1,86
78,61	2,69

EXCEL 2000



ELABORADA EN EXCEL 2000

FIGURA 5.4 Gráfica de Frecuencia vs Pérdidas de Inducción en Configuración A.

En el gráfico de la figura 5.4, se puede establecer que las líneas rojas encierran el rango exacto de frecuencias permisibles en el dispositivo A. Como se puede observar de la tabla 5.6 cuando la frecuencia está en 52 kHz la pérdida por inducción tiene un valor de 1.91 dB y cuando tiene un valor exacto de 72 kHz la pérdida por inducción tiene un valor de 1.86 dB, además de esto en ningún momento dentro del rango de frecuencias, la pérdida por inducción está por encima de los 2.7 dB permisibles por el fabricante, esto se puede observar mucho más fácil gracias a que el corte en el gráfico se hace en, exactamente, este valor. Adicional a la verificación de la pérdida por inducción gracias al gráfico se puede establecer las frecuencias críticas, tanto superior como inferior, para que el filtro no funcione adecuadamente, la frecuencia mínima permisible es un valor aproximado de 47.69 kHz, mientras que la frecuencia máxima permisible es de aproximadamente 78.61 kHz en este caso la pérdida por inducción estaría fuera del rango de operación normal.

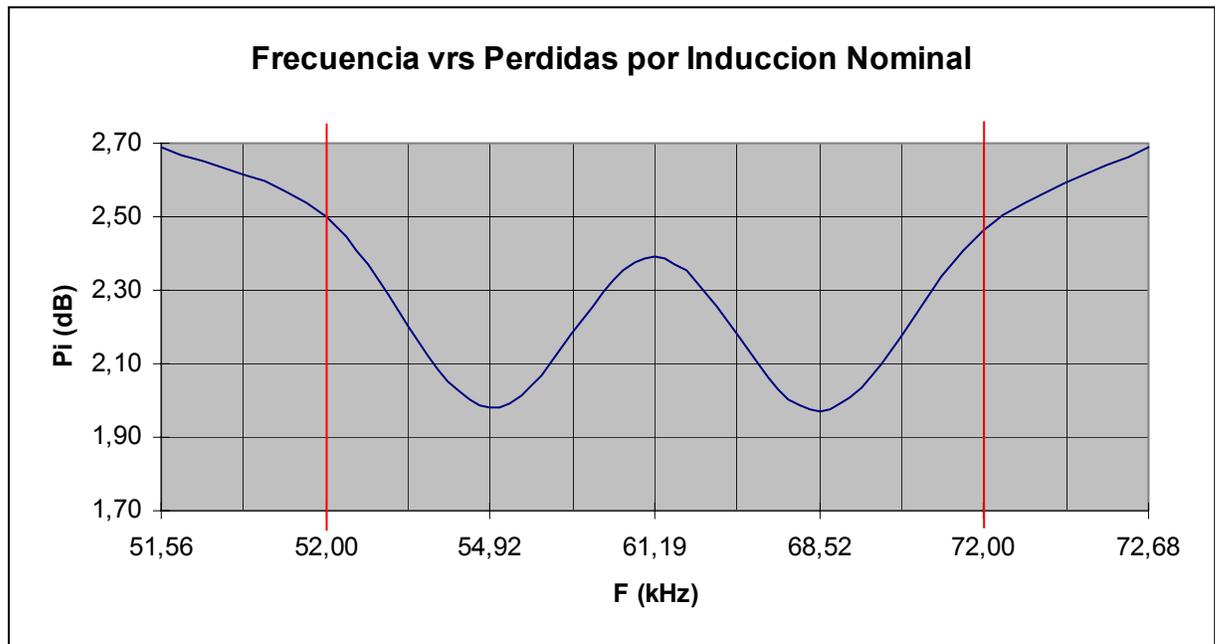
Prueba N° 7 “Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia”

Esta prueba está dirigida a las Trampas de Bloqueo que tienen su filtro sintonizado como dispositivo A, o sea entre un rango de 52-72 kHz. El fabricante establece que para este rango de frecuencia el valor de la pérdida por inducción nominal de la Trampa debe ser inferior a 2.7 dB y para ello se toman una serie de datos a diferentes frecuencias para observar el comportamiento de la pérdida por inducción nominal versus la variación de la frecuencia, estos datos se recopilan en la tabla 5.7 y luego para su mayor comprensión se grafican en la figura 5.5.

TABLA 5.7 “Valores obtenidos de Pérdidas por Inducción Nominal”

F (kHz)	Pin (dB)
51,56	2,69
52,00	2,50
54,92	1,98
61,19	2,39
68,52	1,97
72,00	2,46
72,68	2,69

EXCEL 2000



ELABORADA EN EXCEL 2000

FIGURA 5.5 Gráfica de Frecuencia vs Pérdidas de Inducción Nominal en Configuración A.

Al observar el gráfico de la figura 5.5, se establece que las líneas rojas encierran el rango de frecuencias permisibles en el dispositivo A. Como se puede observar de la tabla 5.7 cuando la frecuencia esta en 52 kHz la pérdida por inducción nominal tiene un valor de 2.50 dB y cuando tiene un valor exacto de 72 kHz la pérdida por inducción nominal tiene un valor de 2.46 dB, además de esto, en ningún momento dentro del rango de frecuencias la pérdida por inducción nominal está por encima de los 2.7 dB permisibles por el fabricante esto se puede observar mucho más fácil gracias a que el corte en el gráfico se hace en exactamente el valor de 2.7 dB. Adicional a la verificación de la pérdida por inducción nominal del gráfico se puede establecer las frecuencias críticas, tanto superior como inferior, para que el filtro no funcione adecuadamente, la frecuencia mínima permisible es un valor aproximado de 51.56 kHz, mientras que la frecuencia máxima permisible es de aproximadamente 72.68 kHz en este caso la pérdida por inducción estaría fuera del rango de operación normal y el equipo puede presentar fallas.

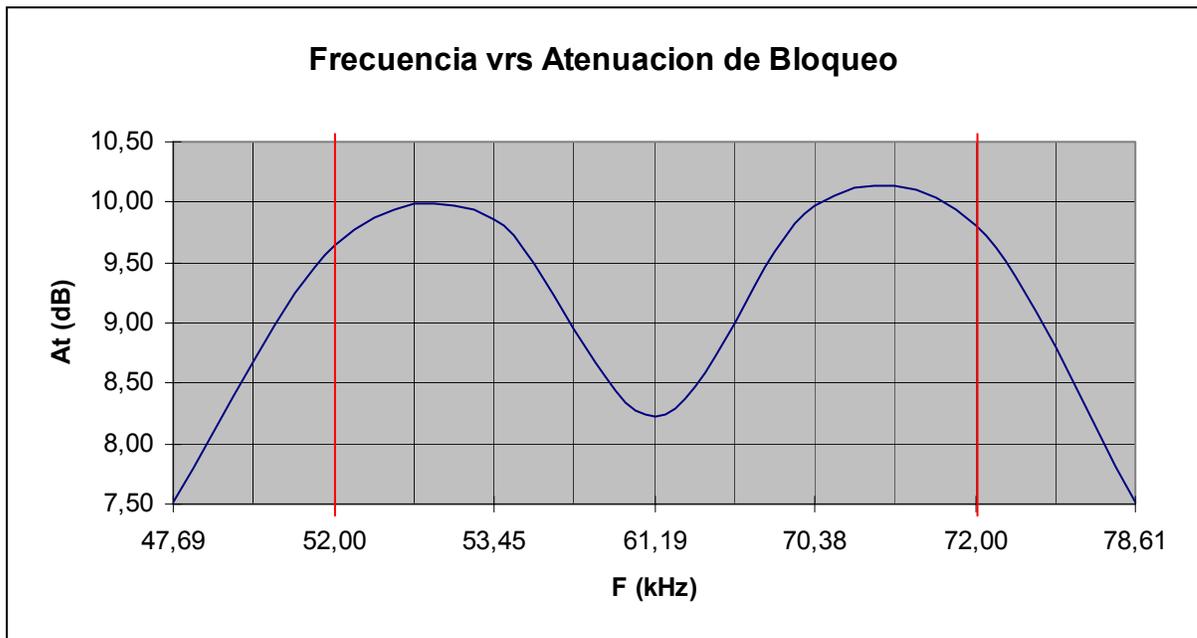
Prueba N° 8 “Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia”

Esta prueba está dirigida a las Trampas de Bloqueo que tienen su filtro sintonizado como dispositivo A, o sea entre un rango de 52-72 kHz. El fabricante establece que para este rango de frecuencia el valor de la atenuación de bloqueo de la Trampa debe ser superior a 7.50 dB y para ello se toman una serie de datos a diferentes frecuencias para observar el comportamiento de la atenuación de bloqueo versus la variación de la frecuencia, estos datos se recopilan en la tabla 5.8 y luego para su mayor comprensión se grafican en la figura 5.6.

TABLA 5.8 “Valores obtenidos en Pérdidas por Inducción Nominal”

F (kHz)	At (dB)
47,69	7,51
52,00	9,65
53,45	9,86
61,19	8,22
70,38	9,97
72,00	9,80
78,61	7,51

EXCEL 2000



ELABORADA EN EXCEL 2000

FIGURA 5.6 Gráfica de Frecuencia vs Atenuación de Bloqueo en Configuración A.

Como se ve en el gráfico de la figura 5.6, las líneas rojas encierran el rango de frecuencias permisibles en el dispositivo A. Se observa de la tabla 5.8, que cuando la frecuencia está en 52 kHz la atenuación de bloqueo tiene un valor de 9.65 dB y cuando tiene un valor exacto de 72 kHz tiene un valor de 9.80 dB, además a esto en ningún momento dentro del rango de frecuencias la atenuación de bloqueo está por debajo de los 7.50 dB permisibles por el fabricante. Adicional a la verificación de la atenuación de bloqueo gracias al gráfico se puede establecer las frecuencias críticas, tanto superior como inferior, para que el filtro no funcione adecuadamente,

si en algún momento la frecuencia descendiera de los 52 kHz y llegara hasta un valor aproximado de 47.69 kHz la atenuación de bloqueo caería hasta los 7.50 dB lo que llevaría a un fallo en el sistema, de igual forma si la frecuencia fuera superior a los 72 kHz hasta un valor de 78.61 kHz la atenuación de bloqueo caería hasta los 7.50 dB lo que haría que el sistema no trabaje correctamente.

NOTA: Las pruebas numeradas en el cronograma de la 9 a la 13 son idénticas a las demostradas desde la prueba N° 4 hasta la prueba N° 8 con la salvedad de que se varia a la configuración B, de igual manera las pruebas numeradas de la 14 a la 18 son idénticas, pero en este caso es la configuración C la que es aplicada (Ver lo de las configuraciones en la prueba N° 1, página 85 de este informe).

Estas tablas y Gráficas con sus respectivos rangos y valores principales se muestran en los apéndices numerados del A-9 hasta el A-18, según la tabla 5.9:

TABLA 5.9 “Ubicación de las pruebas en los apéndices”

<i>Pruebas a la Configuración B</i>	
A-9	Pruebas de resistencia X frecuencia.
A-10	Pruebas de impedancia X frecuencia.
A-11	Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia.
A-12	Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia.
A-13	Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia.
<i>Pruebas a la Configuración C</i>	
A-14	Pruebas de resistencia X frecuencia.
A-15	Pruebas de impedancia X frecuencia.
A-16	Pruebas de pérdidas de inducción X frecuencia.
A-17	Pruebas de pérdidas de inducción nominal X frecuencia.
A-18	Pruebas de atenuación de bloqueo X frecuencia.

WORD 2000

5.4 Equipo Utilizado

El equipo utilizado para obtener los datos en el laboratorio de F urth (Siemens) en la ciudad de Munich en Alemania es el que se describe a continuación, es de suma importancia incluir dentro de este equipo datos como el modelo, su numero de serie y especialmente bajo qué certificado de calibración se respaldan las medidas tomadas.

- HP Impedance analyzer
- Modelo 4192A
- No de serie 2514JO5277
- Certificado de calibración No. R1855993601
- Laboratorio: Agilent Technologies.

CAPÍTULO N° 6

“Proyecto Administrativo”

6 Proyecto Administrativo

6.1 Selección del Proyecto Administrativo

Dentro del proyecto administrativo está la mayoría de trabajos y proyectos realizados en el Instituto Costarricense de Electricidad, esto debido a que el énfasis del proyecto realizado es la Implementación del Sistema OPLAT, como medio de comunicación entre Protecciones. La palabra *implementación* encierra en sí misma la necesidad de mucho papeleo, como lo son Licitaciones, Requisiciones, Transporte de Material, Compra de Material, Almacenaje en Bodega, Traducción de Manuales y en prioridad Creación de Manuales de Montaje y Mantenimiento.

En este CAPÍTULO N° 6 se busca brindar al lector una gama de micro proyectos realizados, desde la forma en que operan las licitaciones, hasta cómo se deben elaborar los documentos que se requieren para maniobrar con esta nueva implementación, debe recordarse que es un proyecto novedoso en Costa Rica, por ende se comenzó desde cero con este proyecto y la idea es terminar con él.

Dentro de los proyectos administrativos se encuentra el proyecto principal de la tesis o el “Proyecto de Exposición”, que está enfocado en manuales que se elaboraron para el ICE, en el que se propone cómo montar el equipo de Potencia dentro de las Subestaciones y la conexión del equipo sintonizador; estos manuales serán distribuidos a cada una de las subestaciones del país para que el personal técnico que en ellas labora, sepa cómo debe hacerse la conexión, montaje e implementación del nuevo equipo de potencia dentro de sus líneas, esto bajo la supervisión del Área Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones.

A continuación se establecen varios temas administrativos en los cuales se participó y laboró en forma continua, dando especial énfasis en el ítem 6.18 del cual se establecen extractos del manual elaborado para el montaje de los equipos de potencia.

6.2 Alcance del suministro

El alcance del suministro debe incluir el diseño, fabricación, suministro de materiales y accesorios que constituyen el equipo de comunicación; incluyendo los recubrimientos anticorrosivos, pintura, empaque, preparación para embarque, embarque y transporte al sitio, de todo los equipos y materiales, montaje y supervisión del montaje, pruebas, puesta en servicio y supervisión de la puesta en servicio, garantías, seguros, servicios, aranceles, impuestos y en general toda la información y documentación requerida por la Institución.

El licitante debe proporcionar algunos equipos del Sistema de Comunicaciones que se deben instalar en la subestación Arenal, para lo cual se deben considerar para estos equipos como parte del alcance de suministro los siguientes conceptos:

- El suministro de los equipos a ser instalados en la subestación Arenal,
- Proporcionar al ICE la ingeniería de montaje y cableado de los equipos,
- Desarrollo de las pruebas locales (en la subestación Arenal),
- Desarrollo de las pruebas de enlace finales de puesta en servicio de los equipos (entre la subestación Arenal y la subestación Barranca).

NOTA: El ICE se encargará del montaje y cableado de los equipos que se instalarán en la subestación Arenal, con base en la ingeniería de montaje y cableado proporcionada por el licitante ganador, para este caso en particular es la marca Siemens.

A continuación se establece una relación que incluye, pero no limita según lo que la experiencia del fabricante considere necesario; los equipos, componentes, sistemas y servicios que integran el alcance del suministro solicitado para los equipos de comunicaciones. En el anexo A-19 del presente informe, se muestra, en una lista, el alcance del suministro requerido para este primer enlace.

6.3 Transporte al sitio

Se deben considerar todas las requisiciones necesarias para el transporte de los equipos, además para el traslado de una bodega a otra. En el anexo A-20 se puede observar la requisición que fue elaborada para transportar dos carruchas de cable RF desde la bodega de Colima hasta la bodega en Cañas, lugar de donde luego será más fácil transportar este cable a la subestación de Arenal.

6.4 Capacitación

Dentro del plan de implementación de este nuevo Sistema de Teleprotección, se ha de tomar en cuenta la capacitación requerida para el personal que va a estar a cargo de dicho sistema en Costa Rica, este punto fue tratado desde la licitación donde Siemens se compromete a mandar a un especialista para que dé el curso de capacitación sobre el Sistema OPLAT.

La capacitación Técnica cuenta con material didáctico para 10 personas y tendrá una duración de tres semanas en Costa Rica. Dentro de esta capacitación se trataran los siguientes temas:

- Instalación y mantenimiento del sistema de onda portadora.
- Parametrización del sistema de onda portadora.
- Desarrollo del proyecto con PLC.

Se estima dejar dentro del cronograma de capacitación al menos tres enlaces realizados, con el fin último de garantizar un adecuado entendimiento entre los técnicos encargados dentro del país, como es de conocimiento, el prioritario es el enlace entre la subestación de Arenal y la subestación de Barranca.

Se establece que los seis miembros actuales del Área de Sistemas de Comunicación para Teleprotecciones estén presentes, más dos miembros de la Región Chorotega y dos miembros de la Región Huetar-Brunca.

6.5 Características Técnicas

6.5.1 Equipo De Comunicación Por Onda Portadora (OPLAT) De BLU

- Sin interfase digital de 64 kbps.
- Canal 1: Protección Canal 2: No especificado aún
- Con señal de RF analógica y transmisión continua.
- Bandas RF separadas.
- Con fuente de alimentación redundante para 48 VDC.
- Potencia del amplificador: 40 W.
- Impedancia de RF: 150 Ohms (nominal).
- Para impedancias de línea de 50-350 Ohms para pérdidas de retorno ≥ 10 dB.
- Ancho de banda en RF: no menos de 5 kHz en cada sentido.
- Con ecualización automática de línea a intervalos programables.
- Con módulo para la conexión óptica remota del equipo de tonos de audio para Teleprotección.
- Frecuencias de operación en RF, reprogramables en campo (rango de 35 a 500 kHz), sin adición o cambio de componentes.
- Con circuito telefónico de servicio y teléfono integrados.
- Con tarjeta de extensión para mediciones, cables para medición y accesorios de montaje y alambrado.
- Con regleta terminal para el cableado de la interfase, para la conexión del cable de RF, con dos descargadores de gas, tres varistores en la alimentación y mufa para el cable de RF.
- Montado y completamente alambrado en repisa con marco de 19" (un equipo por repisa), con ventilación.
- Este suministro incluye la ingeniería de alambrado, el "software" para la programación y manuales de servicio.
- Un equipo debe ser instalado en la subestación Arenal y otro en la subestación Barranca.

6.5.2 Unidad De Acoplamiento Sin Híbrido

- Conexión: fase a tierra.
- Rango de 35–500 kHz.
- Potencia máxima aplicable: 600 W.
- Pérdidas de retorno: ≥ 12 dB.
- Impedancia hacia los equipos OPLAT: 150 Ohms
- Impedancia hacia la línea de AT: 200 a 400 Ohms.
- Con descargador en atmósfera de gas del lado de los equipos OPLAT.
- Con cuchilla de puesta a tierra integrada.
- En caja hermética para intemperie.
- Debe cumplir con la recomendación IEC 481.

6.5.3 Cable Para Radiofrecuencia

- Para un rango de frecuencias de 35-500 kHz.
- Diámetro máximo: 20 mm.
- Atenuación ≤ 5 dB/km (35-500 kHz).
- Aislamiento $\geq 10,000$ M Ω /km.
- Voltaje de prueba entre conductores (2 minutos): 500 V rms.
- Voltaje de prueba entre conductor y blindaje (2 minutos): 4 kV.

6.6 Partes de repuestos

Dentro de la licitación realizada, se toma en cuenta una serie de equipos de repuestos por si fuera necesario en futuras modificaciones del sistema. Por considerar como equipos críticos que requieren repuestos se debe considerar los aisladores de las trampas, ya que estos son discos cerámicos muy fáciles de romper por lo que la destrucción de algunos, durante la etapa de transporte y almacenaje es muy probable.

6.7 Características generales de fabricación

Dentro de las características de fabricación la principal es su construcción para interactuar a la intemperie. Bajo los siguientes rangos de operación.

- Temperatura -10°C a 55°C
- Humedad 0 % a 95 %

6.8 Planteamiento de la Licitación de los Gabinetes

Los gabinetes van a ser elaborados por una empresa nacional llamada DIMMSA (Diseños Metalmecánicos SA), esta empresa fue la ganadora de la Licitación 2730-0030-03 elaborada por el Departamento de Sistemas de Comunicación. El procedimiento para la adjudicación de una licitación en el Instituto Costarricense de Electricidad presenta la siguiente evolución.

Primero el solicitante del servicio brinda un documento legal donde se estipula todos los parámetros, materiales y condiciones que deben poseer los gabinetes requeridos. Luego este documento es entregado a Proveeduría quien se encarga de autenticar el documento y publicarlo para su licitación en el periódico La Gaceta, luego de un cierto plazo se recogen todas las ofertas realizadas por los oferentes se decide cuál de estos es más beneficioso para el ICE, mediante la implementación de un estudio técnico, de detalles como duración de entrega, garantías del servicio brindado, transporte hasta las bodegas del ICE, precios, entre otros tantos detalles. Se selecciona entre las ofertas la mejor y se entrega un resumen del porque de dicha escogencia, mediante un breve Informe Técnico.

En el caso de los tableros de control las especificaciones requeridas son las siguientes: dimensiones 600mm de ancho, 600mm de fondo y 2200 mm de altura, del tipo celdas, con racks roscadas adelante para alojar equipo de 19 pulg. Queda establecido por el equipo Siemens que solo se pueden almacenar dos equipos

ESB2000i por tablero o gabinete, por ende cuando se requieran más de tres enlaces es necesario instalar dentro de la sala de control un gabinete más.

Los tableros deben ser fabricados con chapas de acero, laminada en frío con un espesor de 2mm. Lleva dos puertas totalmente metálicas (atrás y adelante) con llavines tipo stuv-Aleman IP-65 de llave universal. Bisagras tipo disimulado que permiten girar las puertas hasta 105°. Reten de puerta para evitar que se dañen las bisagras.

Techo con tapa apta para en un futuro, adicionar ventiladores. Tableros diseñados para fijarse con pernos al piso. Se incluye los dispositivos de fijación y ganchos de aterrizaje. Ventiladores en los costados parte inferior que permiten el ingreso de aire al interior de la celda. Lleva un tomacorriente polarizado doble y normalizado alambrado a bornes de 15 A y 120 V C.A. Barra de cobre perforada para el aterrizaje de los equipos.

Celda acabada en color Beige Ral 7032 en su exterior, estructura interior, racks, canaletas en color negro gofrado, acabados en pintura en polvo aplicada electrostáticamente horneada. Celda tratada químicamente contra la corrosión. Tablero cumple NEMA 1. Techo y piso con perforaciones para cables analógicos y eléctricos, para futuras acometidas y alambrados.

La empresa DIMMSA asegura cumplir con esta licitación y entregó su oferta de los tableros, el diseño del mismo se presenta en el apéndice A-21.

6.9 Criterio de fallas

Cualquier operación anormal que ocurra durante las pruebas y que requiera intervención en el equipo o programación, debe ser considerada como una falla, tales fallas o defectos pueden ser:

a) Fallas de componentes

Corrección por reemplazamiento del componente por otro idéntico.

b) Falla de diseño

En este caso, la corrección involucra la alteración del diseño o el reemplazo del componente dañado por otro de calidad superior. Las formas de manifestación de fallas en diseño son:

- Falla repetitiva de un mismo componente,
- Dos o más fallas simultáneas o sucesivas en cualquier punto del sistema,
- Falla causante de la destrucción de otras componentes,
- Cualquier defecto ligado a la programación,
- Cualquier parte del sistema que no cumpla con las especificaciones en alguno de los aspectos,
- Cualquier defecto no atribuible a la avería de un componente, a un error de programación o ajuste incorrecto.

c) Defectos específicos.

Cuando se realicen las pruebas en fábrica, cualquier ajuste, modificación, corrección, ya sea del equipo o de los programas, deben considerarse como una falla de diseño. Lo mismo se aplica a una falla en la documentación del sistema.

6.10 Viáticos

Con la implementación del Sistema OPLAT se necesita estar viajando constantemente a zonas alejadas del país, para lo cual se requiere contar con una serie de viáticos que cubran las necesidades básicas, como lo son alimentación y hospedaje, además del transporte. Para esto el ICE tiene una serie de montos determinados según para la zona donde se vaya a realizar el trabajo, en el

apéndice A-22 puede verse la tabla de viáticos que es empleada para cotizar los gastos máximos que se pueden tener fuera del Área Metropolitana.

6.11 Servicios

La principal aplicación a ser utilizada del OPLAT es la transferencia de señales de Teleprotección; sin embargo, no es la única función. Se pueden contar con otras aplicaciones como: telefonía de respaldo selectiva, fax, transmisión de datos a velocidades de 9.6 Kbits/s a 64 Kbits/s y telecontrol.

6.12 Mapeo de frecuencias

El rango de frecuencia de operación del sistema OPLAT se realiza entre 24 y 500 Khz. Costa Rica cuenta con más de 47 subestaciones eléctricas, pero la creación de más subestaciones ya está en proceso.

Por estas razones es prioritario la creación de un mapeo de frecuencia o lo que es igual una distribución de frecuencias en función de las subestaciones existentes y el posible crecimiento del sistema eléctrico. Esto permitirá una mejor administración del espectro de frecuencia disponible. Recuerde que lo establecido por el Sistema OPLAT indica que la frecuencia entre cada enlace debe variar en rangos de 5 kHz, además según la distancia entre los enlaces y luego de tres enlaces punto a punto es permisible repetir las frecuencias en el sistema de comunicación para las protecciones.

6.13 Sintonía

La sintonización de los sistemas va a permitir una operación eficiente de los mismos sin la presencia de fenómenos no deseados como: traslapes de frecuencia, atenuación de la señal transmitida, operaciones erróneas, transferencias de disparo falsas etc. Buscando tener un sistema confiable, requisito indispensable para un sistema de comunicación para protecciones.

6.14 Creación del protocolo de prueba

Todos los dispositivos que se utilizaran son fabricados en Europa por lo que sus protocolos de puesta en servicio, operación y mantenimiento deben ser adaptados a las condiciones de funcionamiento propias de nuestro país.

Para dicha labor se debe tomar en cuenta la documentación existente en el ICE en lo que se refiere a normas, procedimientos y operación de equipos en infraestructuras de transmisión de energía.

6.15 Elaboración de los cimientos

Los cimientos fueron elaborados por el Área de Subestaciones de cada una de las tres regiones que componen la UENTE. Para el caso en particular del enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca los encargados son los de la Región Chorotega y en especial el Ing. McDonald.

Los cimientos son elaborados con un marco de varillas de construcción de 3/8 de pulgada y luego esta base se ubica dentro de una fosa cavada para tal fin, según la ubicación establecida por el personal de Sistemas de Comunicación. Luego de que la base es colocada en su sitio se procede a rellenar con cemento y darle la forma y las dimensiones deseadas, al lado de estos cimientos se construye una caja de registro, por donde pasa el cable que sale del sintonizador a la repisa y otro que enlaza los dos condensadores de acople. Finalmente se rellenan los espacios con la tierra y piedra removida y el sobrante es desechado de la subestación.

Adicional al cimiento esta la caja de registro cuyas dimensiones se ven en el apéndice A-23 y se agregan a continuación:

- Ancho 30 mm
- Largo 30 mm
- Profundidad 34 mm

La función de la caja de registro es permitir el paso del conductor RF del AKE100A2 hasta la repisa de control donde está el ESB2000i, además del cable desnudo de 6 mm que viaja desde uno de los condensadores de acoplamiento hasta el AKE100A2 esto mediante la interconexión que existe entre cada una de las cajas de registros ubicadas en la base de las torres monopolares, el paso de los conductores se realiza por tubos PVC de 2 ½ pulgadas.

6.16 Elaboración de las estructuras

Las estructuras metálicas fueron concedidas por Licitación, la cual fue ganada por la empresa nacional CEMESA (Central Metalmecánica S.A.), estos se encargaron en realizar las estructuras dependiendo de las requerimientos mínimos solicitados por el litigante, en este caso el ICE, la empresa oferente se limitó a seguir las dimensiones establecidas y dar la garantía de que el material utilizado es fiel al solicitado.

6.17 Sobre cables de aterrizaje

El personal de subestaciones debe prever en conjunto con la instalación de los cimientos dejar las previstas de los cables que se conectaron a la malla de tierra subterránea, recuerdese que en el momento que se hizo la excavación para el anclaje de los cimientos se tiene acceso a la malla de tierra subterránea, por ende es más fácil hacer la instalación subterránea de una vez y dejar por fuera dos cables destinados uno a aterrizar la estructura metálica que soportará el cimiento y sobre la cual se monta el condensador de acoplamiento y el otro cable se utiliza para aterrizar el sintonizador (AKE100A2) y asegurar el equipo para su correcto funcionamiento.

6.18 Proyecto de Exposición

El proyecto que se presentará ante el comité evaluador de la tesis está basado en dos de los manuales realizados para el Instituto Costarricense de Electricidad, el primero de estos lleva por nombre *“Montaje del Equipo de Potencia del Sistema OPLAT dentro de Subestaciones”* y está basado en cómo debe montarse la Trampa de Bloqueo en el arco de la estructura que sostiene las líneas de Alta Tensión, cantidad de aisladores requeridos, forma en que debe ser conectada y terminales necesarias, asimismo habla del montaje del Condensador de Acoplamiento sobre la torre monopolar, cómo se debe afianzar, conexiones a la malla tierra y otros detalles de importancia; el segundo manual empleado en la presentación es el llamado *“Conexiones del equipo Sintonizador AKE-100-A2”* este último explica cómo se debe conectar todos los conductores al Sintonizador AKE-100-A2, tanto la tierra, como el cable de 6 mm que va al condensador de acoplamiento y el cable especial RF que viaja hasta la repisa ubicada en la sala de control, donde está ubicado el modulo ESB2000i, esto dentro de la subestación.

Lo que se buscó con la elaboración de estos manuales de implementación del equipo de potencia y del sintonizador dentro de las subestaciones es dar una guía a los encargados de las distintas subestaciones acerca de cómo se debe instalar y conectar los equipos de potencia del Sistema OPLAT dentro del patio de interruptores de la subestación y al mismo tiempo brinda una lista de los materiales que se requieren para la implementación. Estos montajes siempre se harán bajo la supervisión de la gente del Área de Sistemas de Comunicaciones para Teleprotecciones.

A continuación se presenta en la tabla 6.1 la lista de los materiales que se requiere estén en las subestaciones para el día en que se planeo la implementación, recuerdese que el orden con que se realice el montaje y contar con todo el equipo necesario es vital para lograr una implementación del sistema con éxito, más que todo por el hecho de que un paro programado dentro de una subestación es muy

difícil de coordinar y una vez que se logra establecer un día y un tiempo por parte de la UEN-CENCE para el montaje del equipo de potencia debe realizarse de la forma más rápida y ordenada posible.

TABLA 6.1 “Materiales requeridos en cada Implementación por Subestación”

LISTA DE MATERIALES	
Cantidad	Descripción del material
8 Unid.	Pernos de 1 pulgada que sostienen la torre monopolar a la base del cimiento, con sus respectivas tuercas y arandelas de presión.
8 Unid.	Pernos de ¾ de pulgada que sostienen el condensador de acople a la torre monopolar, con sus respectivas tuercas y arandelas.
6 Unid.	Conectores tipo placa de 600/900 MCM para ambos lados de la trampa de bloqueo y para el lado superior del condensador de acople.
4 Unid.	Conectores tipo TEE de 600/900 MCM para la unión de la línea con la trampa de bloqueo y el condensador de acople. (Uno de estos conectores es el que ya está implementado para la conexión de la línea de alta tensión y el transformador potencial).
6 Unid.	Terminales de ojo para los cables que se requieren para aterrizar los equipos, para el AKE es de 12 mm y para la torre monopolar y el condensador de acople son de 19 mm.
2 Unid.	Cadena de aisladores tipo disco cerámico 10” X 5¾” de 6 unidades en el caso específico de enlaces a 230 kV.
Carrucha	Cabos de cable desnudo de 19 mm, para conexiones del condensador de acople con la línea de alta tensión y para las conexiones de ambos lados de la trampa de bloqueo con la línea de alta tensión y con el transformador potencial.
Carrucha	Cable de 6 mm para la conexión del condensador con el AKE-100-A2. Además de los terminales de ojo para esta conexión.
Carrucha	Cable especial RF para la conexión del AKE-100-A2 con el ESB2000i. Además de los terminales de ojo para esta conexión.

WORD 2000

Adicional

- Contar con todas las herramientas que se requieren para los montajes.
- Contar con una grúa para subir el condensador de acople a la torre monopolar y para colgar la trampa de bloqueo a la estructura de la subestación, donde están soportadas las líneas de alta tensión.

6.18.1 Establecimiento del Paro Programado

Lo primero que se debe hacer es programar un paro entre la UEN-TE y la UEN-CENCE, para esto debe estar confirmada la existencia de todos los materiales dentro de la subestación, además este paro debe realizarse a una hora donde el consumo de energía sea mínimo, por ende cabe la posibilidad de trabajar los días sábado aprovechando propiamente esta limitación, un punto favorable es la época lluviosa pues es más fácil que las otras plantas hidroeléctricas brinden el faltante de energía eléctrica que ocasione tener una subestación en fuera de servicio.

El montaje debe hacerse en el menor tiempo posible por lo que se requiere adelantar todo lo que sea posible de tal forma que el paro sea lo más breve posible. Originalmente se tenía planeado dos paros programados uno para el montaje del condensador de acoplamiento y otro para la implementación de la trampa de bloqueo, pero tener que enfriar las líneas de alta tensión dos veces lleva más complicaciones y adicional a esto puede que el tiempo entre paros programados se extendiera mucho en ciertos casos hasta semanas, por eso se decidió que en un solo paro programado se ejecuten todas las acciones necesarias, el tiempo máximo de paro estipulado por la gente de la UEN-CENCE es de dos horas, de ahí la importancia de un gran orden y coordinación por parte de las entes participantes en estos montajes.

6.18.2 Montaje del Condensador de Acoplamiento

Primero se coloca la estructura metálica (torre monopolar) sobre el cimiento y se afianza fuertemente al mismo mediante el uso de cuatro pernos de 1 pulgada cada uno, colocados en los cuatro vértices de la torre monopolar todos a 30 cm equidistantes.

Se aterriza la torre monopolar utilizando la prevista dejada por la gente de subestaciones, este cable ya está conectado a la malla de tierra subterránea y se sujeta a la torre mediante el uso de un terminal de ojo de 19 mm y un perno colocado

en la parte inferior de la torre monopolar. Es importante establecer que de la malla tierra vienen dos cables desnudos de tierra, el más corto es el utilizado para aterrizar la torre monopolar, mientras que el más largo es utilizado posteriormente para proteger o mandar a tierra el condensador de acoplamiento, este también se conecta a la parte inferior del condensador mediante el uso de un perno, un ojo y cable desnudo de cobre de 19 mm. Adicional a estas dos conexiones se requiere de una tercera tierra para aterrizar el AKE-100-A2, este es de cable desnudo de 12 mm y sale de la torre monopolar, debe dejarse la prevista de esta conexión. En todos los casos son utilizados terminales de ojo para las conexiones.

Se debe colocar el condensador de acoplamiento sobre la torre monopolar y afianzarla fuertemente a esta por medio de pernos de fijación de $\frac{3}{4}$ de pulgada, en ciertos casos donde la medida de los huecos de la placa base de los condensadores no calza con los pernos previstos en la torre se procede a realizar huecos del estilo “ojo chino” eso si sobre las placas de la base de la torre, para evitar cualquier posible daño que pueda sufrir el condensador de acople por aplicar el taladro en él. Para la colocación del condensador es requerido el uso de una grúa, pues este equipo es exageradamente pesado, manejar una grúa grande dentro de la subestación requiere el enfriamiento de las líneas de poder, aquí se justifica el porque del paro programado. Luego se conecta mediante el uso de un “jumper” (cabo de cable desnudo de cobre de 19 mm, usado en las subestaciones para conectar elementos) el condensador de acople con la línea de alta tensión, tanto la línea R, como la línea T del sistema trifásico nacional, para esto se utiliza un conector tipo “T” el cual se afianza mediante el uso de tornillos al cable de alta tensión y se usa un conector de placa para conectar el otro extremo al condensador de acoplamiento.

Por último se debe dejar la prevista del cable desnudo de cobre de 6 mm que va conectado desde el condensador de acoplamiento hasta el AKE-100-A2, este se conecta en un tornillo ubicado en la parte inferior del condensador y se lleva por el interior de la torre monopolar hasta el sintonizador, debe recordar que son dos líneas

en las que se monta el condensador de acoplamiento y ambos mandan este cable de 6 mm hasta el mismo sintonizador de ahí la importancia de la elaboración de las cajas de registro para transportar este conductor a través de este canal.

6.18.3 Montaje de la Trampa de Bloqueo

El siguiente paso que se realizará es colgar las trampas de bloqueo en la estructura que sostiene los cables de alta tensión dentro de las subestaciones. Para esto se requiere que en la estructura o marco de la subestación se cuente con una platina de soporte para poder colgar de esta el gancho que sostiene primero la cadena de aisladores de disco cerámico, que para el caso específico de las líneas de 230 kV cuenta con un total de seis discos las dimensiones de cada disco y su selección bajo la condición crítica, que sería bajo la lluvia se ven en el apéndice A-24; al final de la misma se cuelga la trampa de bloqueo mediante el uso de un garfio que viene incorporado en la trampa. Tanto la trampa como la cadena de aisladores requieren del uso de una grúa para su implementación y lo que también justifica un paro programado.

La trampa de bloqueo también debe unirse a las líneas R y T del Sistema Eléctrico de Potencia específicamente se conecta en serie con cada una de estas líneas entre el pararrayos y el transformador potencial. Para esta conexión al igual que en el caso del condensador de acoplamiento hace uso de conectores, primero requiere un conector en "T" (Ver dimensiones en apéndice A-25) para pegarse a la línea de alta tensión y luego al otro extremo del jumper se coloca un conector de placa (Ver dimensiones en apéndice A-26) que luego se afianza a la parte superior de la trampa para su primer conexión, luego se utiliza otro conector de placa para unir desde la parte inferior de la trampa de bloqueo hasta el transformador potencial, el extremo del "jumper" se pega al transformador potencial y no requiere conector, pues el transformador ya cuenta con una entrada de conexión y sino fuese el caso ya tiene un conector propio para su instalación.

6.18.4 Conexiones del Sintonizador AKE-100-A2

6.18.4.1 Montaje del conductor de tierra

Una puesta a tierra directa con baja resistencia, entre la AKE y la tierra de servicio de la instalación de alta tensión es indispensable para el funcionamiento y seguridad del servicio OPLAT. Por esto es que se ha de dar mucha importancia a la colocación mecánica y eléctrica de la puesta a tierra. Para la conexión del conductor puesta a tierra a la AKE, se dispone de racores de acero de 12 mm. Estos están ubicados en la parte inferior de la unidad detrás de la cubierta.

La sección mínima del conductor para la puesta a tierra es de 35 mm y no debe ser menor que la sección del conductor de acoplamiento. Generalmente se recomienda un tamaño mayor. El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre o un fleje de acero galvanizado y debe ser conectado directamente, sin derivación, a la puesta a tierra de la instalación de alta tensión. Si, en casos excepcionales, no es posible la instalación directa a la puesta a tierra de servicio de alta tensión, también es posible conectar la unidad de acoplamiento a tierra utilizando la construcción de acero de la instalación de alta tensión. La AKE se conecta entonces vía un conductor de cobre con una sección suficiente a la construcción de acero sin resistencia y libre de corrosión. La puesta a tierra de la AKE a la construcción de acero no debe ser utilizada para otros equipos.

Construcciones de acero sólo pueden servir como suficientes puestas a tierra para el servicio de OPLAT, si en su totalidad están conectadas en forma segura con la malla a tierra del servicio de alta tensión.

6.18.4.2 Montaje del conductor de acoplamiento

Como en el caso del conductor de puesta a tierra también en el conductor de acoplamiento debe prestarse atención a un montaje perfecto tanto eléctricamente como mecánicamente. Este conductor de acoplamiento debe ser de cobre con una sección mínima de 35 mm². El diámetro típico utilizado en las subestaciones será de

6 mm. Debería ser tan corto como sea posible, para evitar que trabaje como antena e intercepte señales que brinden disturbios al sintonizador.

En el caso de que la AKE se encuentra al alcance para el accionamiento manual, está prescrito un conductor aislado de acoplamiento. La tensión de aislamiento debería ser de al menos 3 kV, pero mejor aún de 10 kV.

Los bornes de conexión de la AKE para los conductores de acoplamiento (para acoplamiento entre dos fases) se encuentran debajo de la unidad al lado derecho (e izquierdo) junto a la conexión de la puesta a tierra de la carcasa. Los conductores de acoplamiento deben fijarse, llegando de la derecha (y de la izquierda), debajo de las zarpas de sujeción de las conexiones de los conductores de acoplamiento. Para esto es necesario abrir los lados correspondientes de las cubiertas protectoras de goma. Es posible conectar conductores de acoplamiento hasta una sección de 70 mm². Los extremos de los conductores de acoplamiento deberían coincidir con el canto izquierdo o derecho de las zarpas, además es conveniente guiar los conductores de acoplamiento con un leve declive fuera del equipo para mantener alejado gotas de agua de los bornes.

6.18.4.3 Instalación y conexión del cable de RF

La instalación de los cables de RF debe efectuarse de tal manera que no puedan ser puestos en peligro por la alta tensión. Para los cables de RF deberá escogerse siempre el recorrido más corto, siendo imprescindible observar las diferencias de largos prescritos. El tendido puede efectuarse en las partes de construcción de la instalación, en canaletas de cables o en tierra.

En lo posible se ha de evitar un tendido paralelo del cable de RF con cables de alta tensión. Al aproximarse a los cables de alta tensión debe asegurarse que no exista peligro para el cable de RF. La distancia mínima se ha de observar con la mayor exactitud posible, y si es necesario se ha de recurrir a tabiques de separación.

El tendido del cable de RF se ha de llevar a cabo de tal manera que haya una protección contra averías. En la tierra se ha de cubrir con ladrillos huecos. La instalación de los cables en la tierra, así como en lugares de entrada y salida de la misma, debe ser levemente arqueada, para facilitar que con un hundimiento posterior de la tierra removida, el cable se pueda estirar y ceder. Cada cable de RF se ha de fijar en las partes de construcción de la instalación de conexión de tal manera que no se presenten esfuerzos de tracción en las cajas terminales de los cables.

El radio de flexión de un cable debe ser por lo menos 20 veces más grande que el diámetro exterior del mismo. Al doblar un cable con envoltura PVC (envoltura de material plástico) se ha de tener en cuenta que no exista peligro de roturas del material plástico en tiempo de heladas. Cables de RF simétricos, de papel aislante se han de proteger contra la humedad hasta el momento de elaboración final de la caja terminal. Para lograr un factor de reducción favorable el recubrimiento de metal (blindaje), es decir, la forma de protección de un cable de RF tiene que ser eléctricamente conectado a todo lo largo del cable, y los terminales se han de poner a tierra. Para utilizarse junto con la AKE 100 se ha de disponer de cables simétricos de una impedancia característica de 150Ω .

Cable con un diámetro exterior hasta de 19 mm pueden introducirse a través del empalme roscado de los tubos de la AKE. En caso de utilizar cables con un diámetro mayor (hasta 24 mm^2) se pueden retirar los empalmes roscados e introducir los cables hermetizando correspondientemente el lado inferior de los tubos. Para ello se han de tomar en consideración las indicaciones del fabricante de los cables y del material de relleno, en cuanto al montaje y tratamiento.

Al rellenar se forma una protección segura contra la penetración de humedad al cable de RF. Al emplearse un acoplamiento entre fases o entre sistemas con híbrido de RF solamente deben utilizarse cables de RF de una misma impedancia característica para conectarse al circuito híbrido.

6.18.5 Mantenimiento del Equipo AKE

La resistencia a la intemperie de la AKE permite en gran parte una ausencia de mantenimiento. Sin embargo, se deben controlar, a menudo, si el tabique circular que se encuentra entre la caja y los dos tubos de entrada y que sirve para la climatización, y la salida de agua de condensación está abierta y libre de impurezas. Se debe evitar al pintar, cubrir el orificio con pintura ya que se puede formar un microclima en el interior y puede tener como consecuencia un depósito indeseado de condensación. También debe revisarse si la protección contra el contacto de los bornes de conexión y los casquetes de caucho estén limpios y sin deterioros. Los descargadores primarios deberían de tiempo en tiempo, sobre todo en regiones con frecuentes tempestades eléctricas, revisarse, o bien, abrirse y limpiarse. En caso dado, se debe pulir las superficies y los cantos de los electrodos.

6.19 Diseños de las salas de control modificadas

Como otro de los proyectos administrativos realizados se procedió a la modificación de los planos de las salas de control de las distintas subestaciones con el fin de implantar en ellas los nuevos tableros del Sistema OPLAT, las dimensiones que se muestran en cada uno de estos diseños son las reales del cuarto de control y lo que se está realizando es una actualización de los mismos conforme se va implementando en cada una de las subestaciones el Sistema de Onda Portadora.

Para este caso en particular se puede observar en el apéndice A-27 la sala de control de la subestación de Arenal luego de la ubicación del tablero OPLAT 60x60 cm, se destaca mediante el uso de color magenta como indicador, de la misma forma en el apéndice A-28 se representa la colocación del tablero OPLAT 60x60 cm en la sala de control de la subestación Barranca y se representa en el diseño mediante el uso de color magenta. Ambos planos se realizaron en el “software” denominado AutoCad 2002.

CAPÍTULO N° 7

“Conclusiones y Recomendaciones”

7.1 Conclusiones

1. La implementación del Sistema OPLAT permite establecer:
 - ✓ La comunicación entre las protecciones dentro de las subestaciones por medio de la utilización de la técnica de Onda portadora.
 - ✓ Facilita la ubicación de fallas dentro del Sistema Nacional Interconectado de Costa Rica.
 - ✓ Reduce el tiempo de ubicación de fallas para su pronta reparación y puesta en servicio.
 - ✓ Brinda conocimiento sobre el enlace en que sucedió el percance y da información acerca del tipo de fallo y posibles causas del mismo.
 - ✓ Brinda tiempos de respuesta más rápidos a otros dispositivos de protección, impidiendo de esta forma que no se abran más que las líneas propiamente afectadas, evitando colapsos en distintos enlaces que no sufrieron fallo de operación.

2. La utilización de tecnología OPLAT para los equipos terminales de comunicación y monitoreo entre subestaciones eléctricas es adecuada, esto porque dichos aparatos permiten la transmisión y recepción tanto de datos, vídeo y voz dada la capacidad de su ancho de banda y con ello es posible el aprovechamiento de estos en varias operaciones como alquiler de anchos de banda a empresas, conexión en etapa futura de algunos pares de líneas al cable maya y otras.

3. La información técnico-académica que se le proporciona al personal del área por medio de los manuales confeccionados, brindará un mayor aprovechamiento del recurso humano y del tiempo de instalación del nuevo sistema, pues al impartir capacitación al personal sobre cómo ejecutar la implementación disminuirá la posibilidad de daño de los equipos por desconocimiento y también se hará de su conocimiento las precauciones que con dichos dispositivos debe tenerse.

4. Con el montaje del primer enlace entre la Subestación de Arenal y la Subestación de Barranca se inicia la red de comunicación por anillos más grande que se ha hecho en el país, con el único fin de que las protecciones estén comunicadas entre sí y brinden estabilidad al Sistema Eléctrico de Potencia.
5. Con cada uno de los dispositivos de potencia utilizado se especifican sus características técnicas, así como sus dimensiones y forma de montaje. Al mencionar equipos de potencia se le da especial énfasis al Condensador de acoplamiento y a la Trampa de bloqueo.
6. Queda documentada y expuesta la forma correcta de las conexiones que se le deben de realizar a los equipos de potencia, adicional se brinda un resumen pautado de la forma de instalar el sintonizador AKE-100-A2.
7. En la rama técnica se comprobó que la trampa de bloqueo aprobó todas las pruebas de operación y puesta en marcha a las que fue sometida, además de soportar pruebas de condiciones críticas para garantizar, esto en los tres tipos de configuraciones posibles: en la trampa y según el mapeo de frecuencia realizado para la zona Chorotega.

7.2 Recomendaciones

1. El sistema se diseña pensando en tener rápido acceso a las protecciones y varias rutas de acceso a una misma subestación, pero el mismo no posee ningún sistema redundante de apoyo, por aquello de averías en más de una ruta. Lo anterior se refiere a que si en determinado momento la ruta principal y la alterna de comunicación de una subestación fallan y salen de operación porque se dañen, no existe ninguna otra opción (otra ruta de consulta) para comunicarse y chequear el estado de las protecciones más que la presencia física de la cuadrilla de mantenimiento. Por tal razón se recomienda un sistema auxiliar el cual podría considerarse como un sistema paralelo que

opera con el Sistema OPLAT para en caso de fallo del principal el otro entre a funcionar. De ahí surge la idea de aumentar la velocidad de cableado OPGW, de fibra óptica, para utilizar este medio de transmisión como soporte del Sistema OPLAT, mediante el uso del Sistema SDH, que realiza funciones muy similares al OPLAT, pero en vez de usar la técnica de onda portadora, usa la fibra óptica.

2. Una segunda recomendación es referida a los manuales, los cuales son elaborados con el objetivo de brindar capacitación y procedimientos de implementación al personal involucrado en el montaje e instalación del nuevo Sistema OPLAT, entonces quizás se dé un breve curso, ya sea por el ingeniero encargado o por un profesional externo al Departamento, esto con el fin de evitar que se causen daños en dispositivos por desconocimiento de los conceptos teóricos y se conozca las precauciones que con los dispositivos de tecnología OPLAT debe tenerse.
3. Es importante a la hora de seleccionar al fabricante o proveedor de los equipos terminales solicitar que dicha compañía debe de facilitar un curso teórico-práctico acerca del manejo y programación de los mismos. Esto porque los equipos de trabajo tienen un alto costo económico y es necesario que el personal que los pondrá en marcha cuente con un adecuado adiestramiento, lo anterior para evitar daños en los dispositivos por falta de precauciones motivadas por ignorancia.
4. Como última recomendación se aconseja establecer un cronograma muy ordenado de los futuros enlaces que se harán, para garantizar un correcto montaje y una excelente maniobra de operación por parte de todos los involucrados en cada una de estas implementaciones.

“Bibliografía”

LIBROS CONSULTADOS

- Keithley, Edwin Schreiner, Phillip J. Manual para la elaboración de tesis, Monografías e informes. Edición Única. Illinois: 1980.
- Altuve Ferrer, Hector. Protecciones de la Red de Transmisión. Primera Edición, Editorial Hispana. México: 1996.
- H. Altuve, Protección de redes eléctricas, Ministerio de Educación Superior Universidad Central de Las Villas. La Habana, Cuba: 1998.
- Clay, R. Teoría de Comunicación. Editorial Tecnológico. Cartago: 1981.
- Caballero, José M. Redes de Banda Ancha. Alfaomega Grupo Editor S.A. Barcelona, España: 1998.

DOCUMENTOS CORPORATIVOS

- Sin Autor. EL I.C.E. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica: 1997.
- OLADE. Índices para el Sistema de Transmisión de Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad. 1987 – 1996.
- Rivas, Carlos. Normas de Diseño Sistemas de Protección para Subestaciones y líneas de Transmisión. Instituto Costarricense de Electricidad. San José: 2002.
- Sin Autor. Memoria 50 Aniversario del Instituto Costarricense de Electricidad. I.C.E. 1999.

FOLLETOS DE FABRICANTE

- ARTECHE. Instruction Manual for Coupling Capacitor Voltaje Transformers. Boletín 20-95-05. Brasil. 2004.
- ARTECHE. Instruction Manual for Tramp. Boletín 20-95-05. 2004.
- SIEMENS. Communications Equipments for the Power Industry. Coupling Unit AKE 100. Germany. 2002.
- SIEMENS. Power Network Telecommunications SWT 3000 protection signaling system. Germany. 2002.
- SIEMENS. Power Line Carrier System ESB 2000i. Innovative-Integrated-Digital. Germany. 2002.
- BURNDY ELECTRICAL. Electrical Master Catalog. The Electrical Connector Selector. England. 2000.

INTERNET

- Sistemas Inteligentes S.A. Onda Portadora. Consultado el 15 marzo 2004. Disponible en <http://www.sciargentina.com.ar/OndaPortadora.htm>
- All Circuits. Teoría de Líneas de Transmisión. Consultado el 31 marzo 2004. Disponible en <http://es.geocities.com/allcircuits5/lineas.htm>
- Educación, Ciencia y Tecnología. Tipos de Modulación. Consultado el 20 abril 2004. Disponible en <http://www.siste.com.ar/modulacion.htm>

“Apéndices”

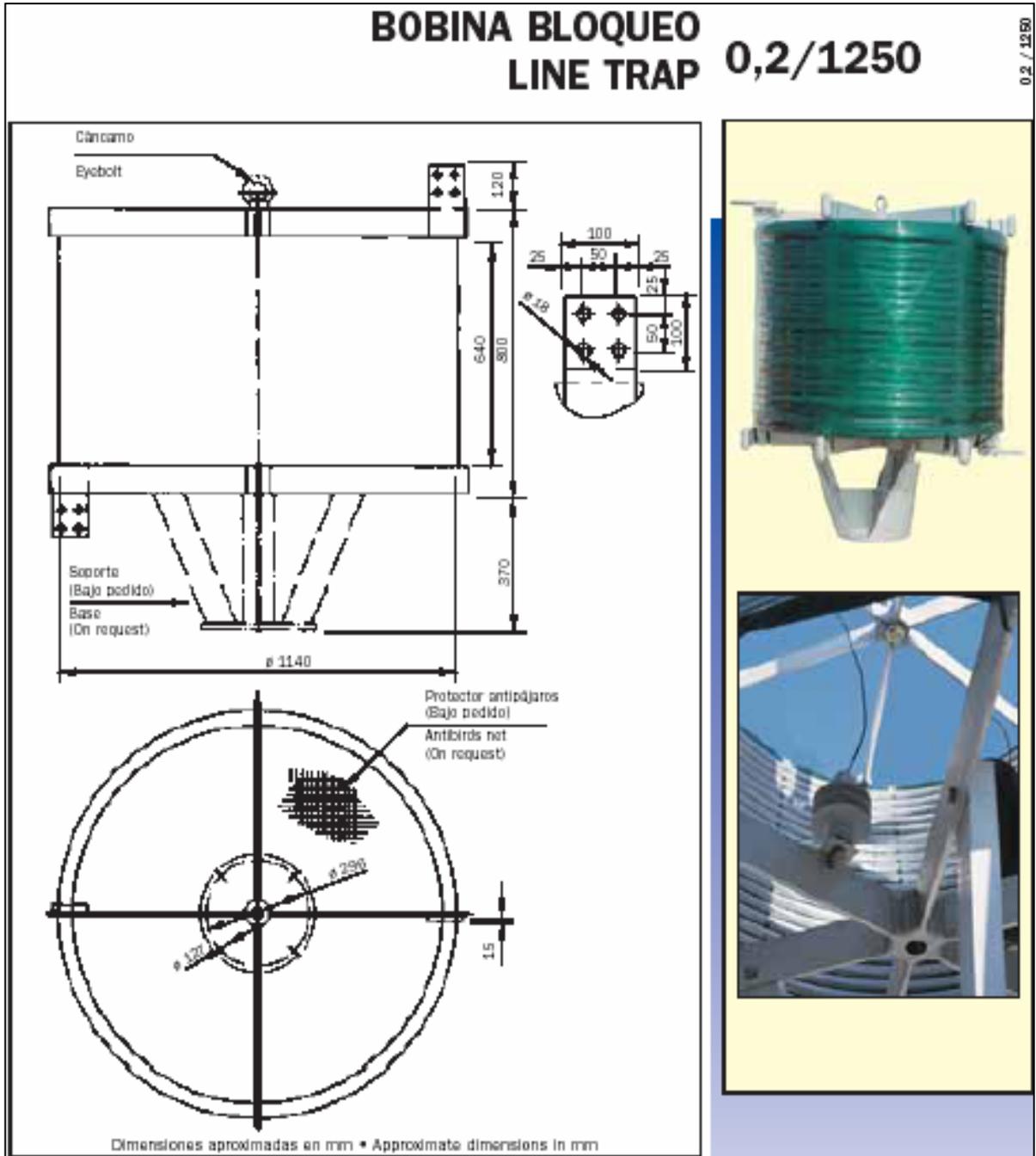
A-1 Lista de los Primeros Diez Enlaces y Nomenclatura.

<i>Prioridad de enlaces</i>	<i>Líneas</i>
1	ARENAL- BARRANCA
2	ARENAL-PEÑAS BLANCAS
3	ARENAL-COROBICÍ
4	ARENAL-MIRAVALLS
5	GARITA-CAJA
6	CAJA-COLIMA
7	SAN MIGUEL-SABANILLA
8	EL COCO-CAJA
9	CAJA-HEREDIA
10	RÍO MACHO-SAN MIGUEL

Para guiarse dentro del esquema de conexiones en sistema OPLAT se brinda la siguiente nomenclatura, la cual rige para todo esquema que se presente:

- Arenal (**ARE**)
- Barranca (**BAR**)
- Peñas Blancas (**PBL**)
- Corobicí (**COR**)
- Miravalles (**MIR**)
- Garita (**GAR**)
- Caja (**CAJ**)
- Colima (**COL**)
- San Miguel (**SMI**)
- Sabanilla (**SAB**)
- El Coco (**COC**)
- Heredia (**HER**)
- Río Macho (**RMA**)
- Liberia (**LIB**)
- Guayabal (**GUA**)
- Cañas (**CAS**)
- Colorado (**COD**)
- Juanilama (**JUA**)
- Alajuelita (**ALA**)
- Toro (**TOR**)
- Angostura (**ANG**)
- Cachí (**CAC**)

A-2 Dimensiones de la Trampa de Bloqueo



A-3 Características de Trampa 02/1250

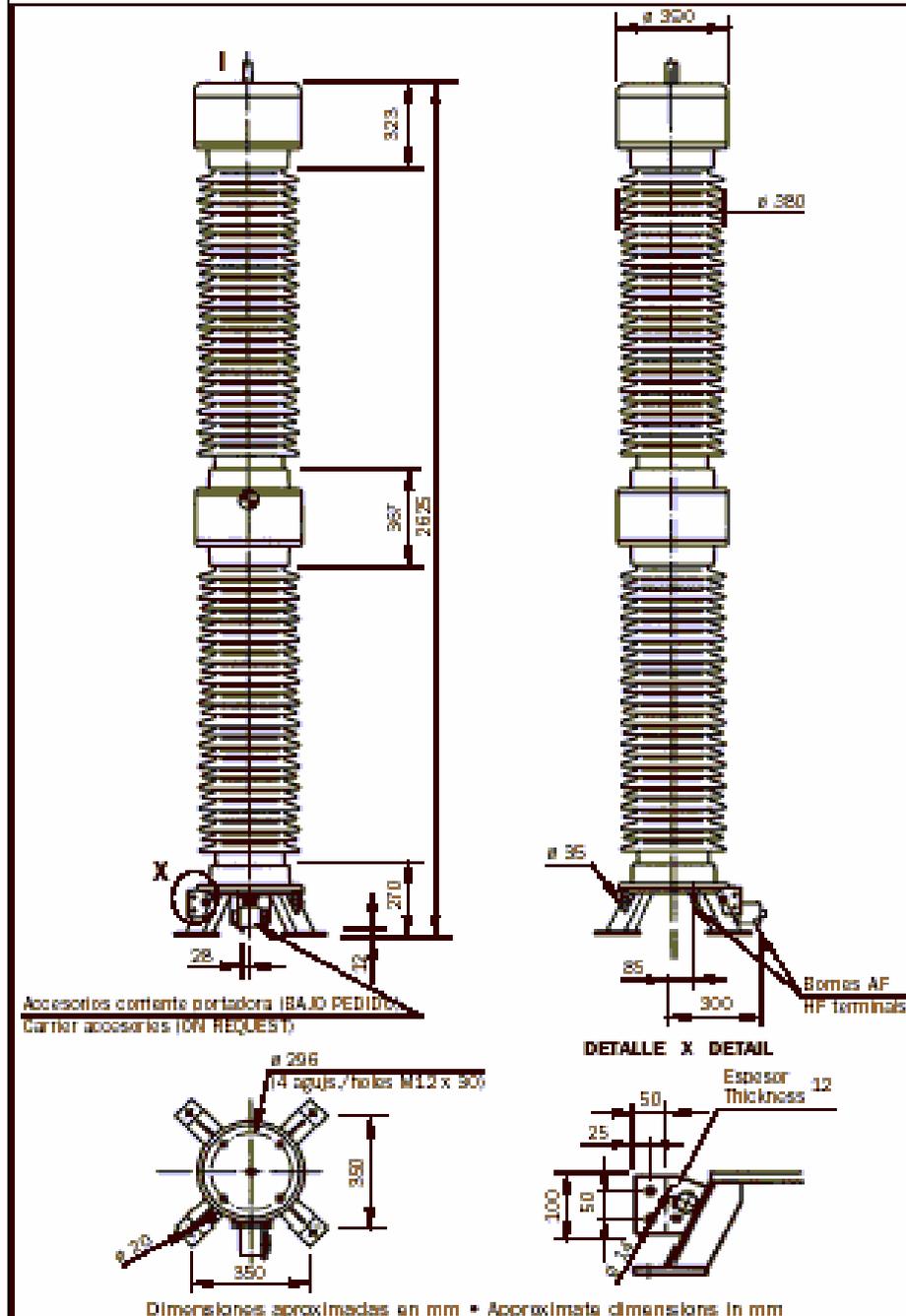
 ARTECHE						
BOBINA BLOQUEO	0,2/1250	LINE TRAP				
CARACTERISTICAS MECANICAS		MECHANICAL CHARACTERISTICS				
Peso total _____	200 Kg/440,9 Lbs	Total weight _____				
CARACTERISTICAS ELECTRICAS (*)		ELECTRICAL CHARACTERISTICS (*)				
Inductancia nominal (mH) _____	0,2	Rated inductance (mH) _____				
Intensidad nominal (A) _____	1250	Rated current (A) _____				
Nivel de aislamiento del sintonizador a onda de choque 1,2/50 µs		Insulation tuning level 1,2/50 µs				
• S1 (kV) _____	11	• S1 (kV) _____				
• S2 (kV) _____	11	• S2 (kV) _____				
PRESTACIONES ORIENTATIVAS		ORIENTATIVE SERVICES				
Pérdidas watiadas totales a 25 °C Total losses at 25 °C (kW)	Corr. corto valor eficaz Rated short time current (kA)		Tensión nominal pararrayos Lightning arrester nominal voltage (kV ef)		Corr. dinámica (valor de pico) Dynamic current (peak value) (kA)	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
<3	31,5	40	3	3	81	102

A-4 Características de Trampa 05/1250

 ARTECHE						
BOBINA BLOQUEO	0,5/1250	LINE TRAP				
CARACTERISTICAS MECANICAS		MECHANICAL CHARACTERISTICS				
Peso total _____	330 Kg/727,5 Lbs	Total weight _____				
CARACTERISTICAS ELECTRICAS (*)		ELECTRICAL CHARACTERISTICS (*)				
Inductancia nominal (mH) _____	0,5	Rated inductance (mH) _____				
Intensidad nominal (A) _____	1250	Rated current (A) _____				
Nivel de aislamiento del sintonizador a onda de choque 1,2/50 µs		Insulation tuning level 1,2/50 µs				
• S1 (kV) _____	26	• S1 (kV) _____				
• S2 (kV) _____	26	• S2 (kV) _____				
PRESTACIONES ORIENTATIVAS		ORIENTATIVE SERVICES				
Pérdidas watiadas totales a 25 °C Total losses at 25 °C (kW)	Corr. corto valor eficaz Rated short time current (kA)		Tensión nominal pararrayos Lightning arrester nominal voltage (kV ef)		Corr. dinámica (valor de pico) Dynamic current (peak value) (kA)	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
<5	31,5	40	6	12	81	102

A-5 Dimensiones del Condensador de Acople

CONDENSADOR DE ACOPLAMIENTO COUPLING CAPACITOR



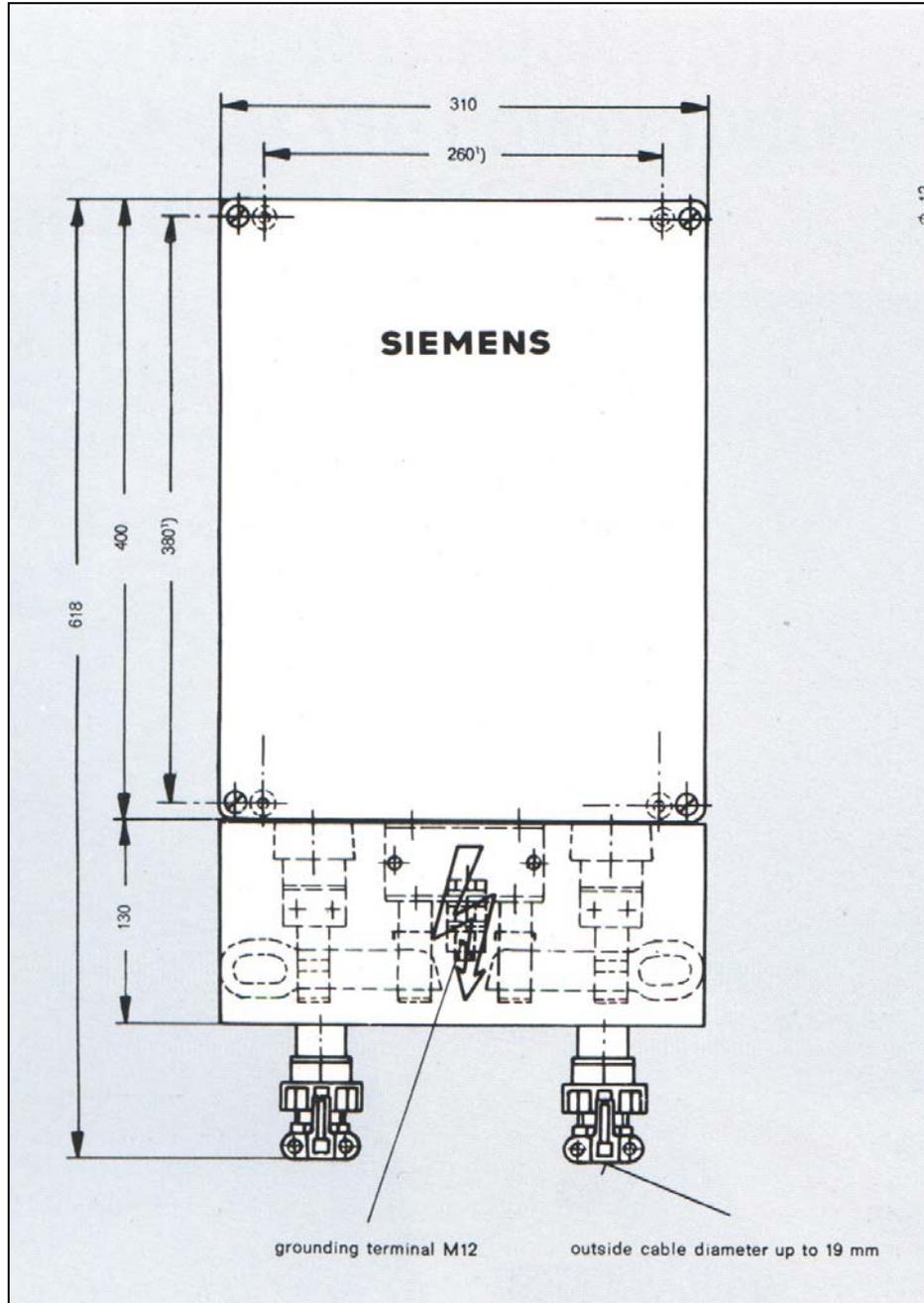
A-6 Características del Condensador DDN 145

 ARTECHE		CONDENSADOR	DDN 145	CAPACITOR
CARACTERISTICAS MECANICAS		MECHANICAL CHARACTERISTICS		
Peso total	_____	150 Kg/330,65 Lbs	_____	Total weight
Peso de aceite	_____	18 Kg/39,7 Lbs	_____	Oil weight
Esfuerzos garantizados en los terminales primarios (Kg)*		150	_____	* Guaranteed efforts on primary terminals (Kg)
CARACTERISTICAS ELECTRICAS		ELECTRICAL CHARACTERISTICS		
		CEI*IEC	IEEE	
Tensión nominal de aislamiento (kV)	_____	145	138	_____ Highest voltage (kV)
Tensión máx. servicio (kV)	_____	145	145	_____ Highest system voltage (kV)
Tensiones de ensayo (kV)	_____	275/650	275/650	_____ Test voltages (kV)
Línea de fuga standard (mm)*	_____	3625	3625	_____ *Standard creepage distance (mm)
PRESTACIONES ORIENTATIVAS		ORIENTATIVE SERVICES		
		Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacitance (pF)	
		6.000	17.700	

A-7 Características del Condensador DFN 245

 ARTECHE		CONDENSADOR	DFN 245	CAPACITOR
CARACTERISTICAS MECANICAS		MECHANICAL CHARACTERISTICS		
Peso total	_____	255 Kg/532,3 Lbs	_____	Total weight
Peso de aceite	_____	25 Kg/55,1 Lbs	_____	Oil weight
Esfuerzos garantizados en los terminales primarios (Kg)*		150	_____	* Guaranteed efforts on primary terminals (Kg)
CARACTERISTICAS ELECTRICAS		ELECTRICAL CHARACTERISTICS		
		CEI*IEC	IEEE	
Tensión nominal de aislamiento (kV)	_____	245	230	_____ Highest voltage (kV)
Tensión máx. servicio (kV)	_____	245	242	_____ Highest system voltage (kV)
Tensiones de ensayo (kV)	_____	460/1050	460/1050	_____ Test voltages (kV)
Línea de fuga standard (mm)*	_____	6125	6125	_____ *Standard creepage distance (mm)
PRESTACIONES ORIENTATIVAS		ORIENTATIVE SERVICES		
		Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacitance (pF)	
		3.600	12.400	

A-8 Dimensiones de la Caja AKE-100-A2



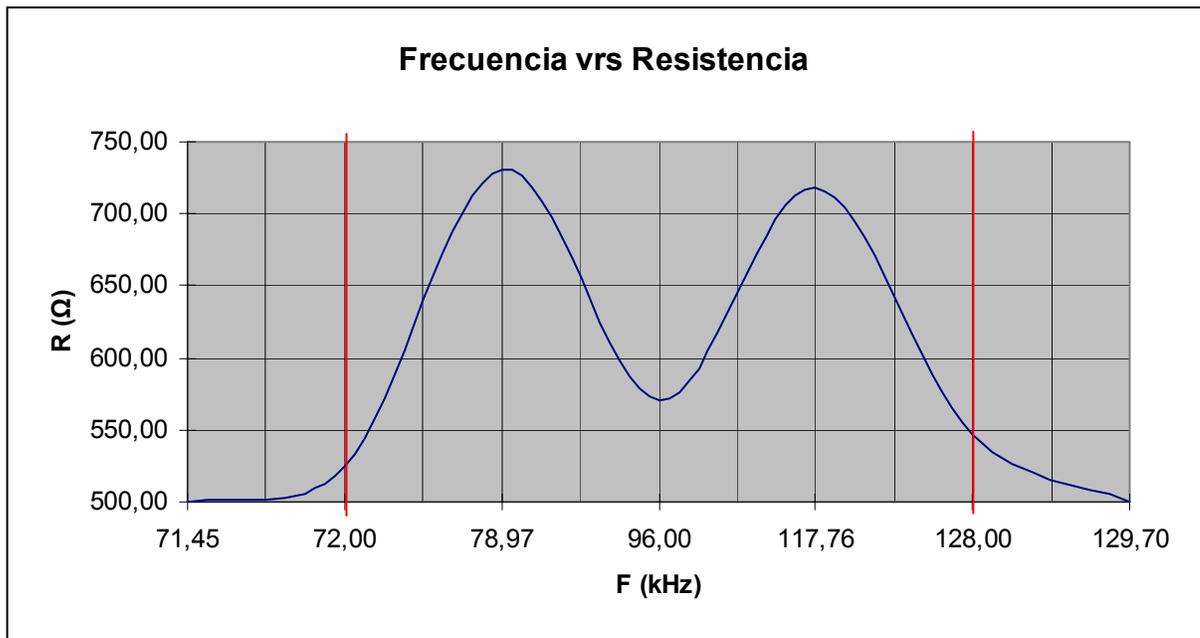
A-9 Prueba de Resistencia X Frecuencia

Configuración B

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	R (Ω)
71,45	500,00
72,00	525,52
78,97	730,16
96,00	570,24
117,76	717,61
128,00	547,30
129,70	500,00

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$R > 500 \Omega$$

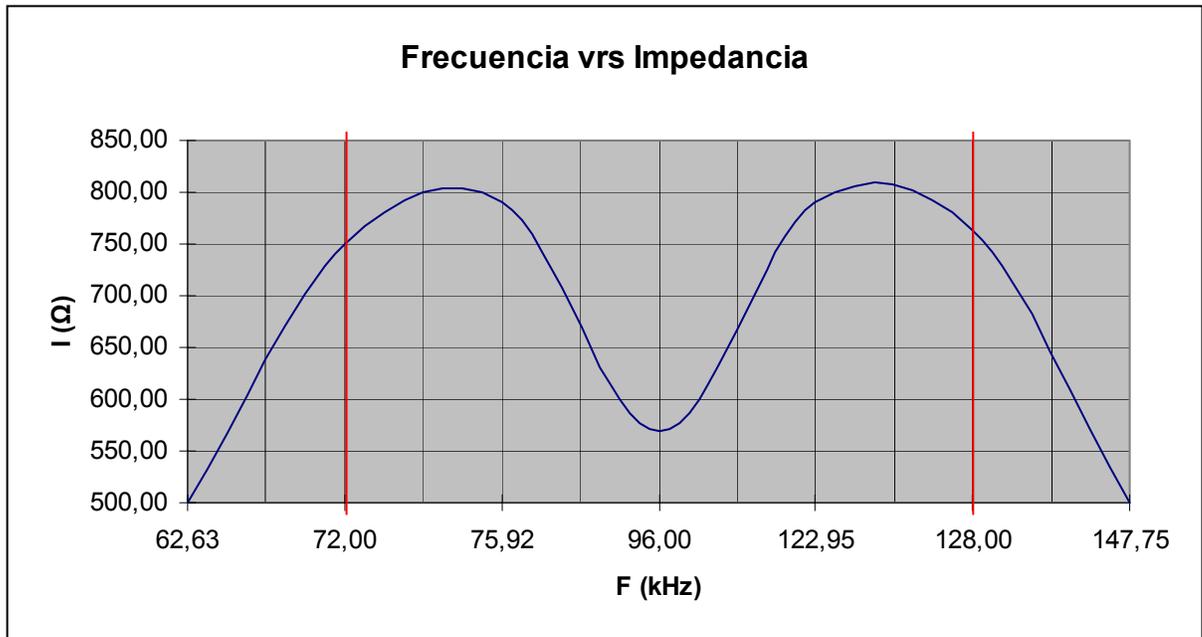
A-10 Prueba de Impedancia X Frecuencia

Configuración B

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Z (Ω)
62,63	500,00
72,00	749,26
75,92	789,53
96,00	569,95
122,95	790,38
128,00	764,30
147,75	500,00

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$Z > 500 \Omega$$

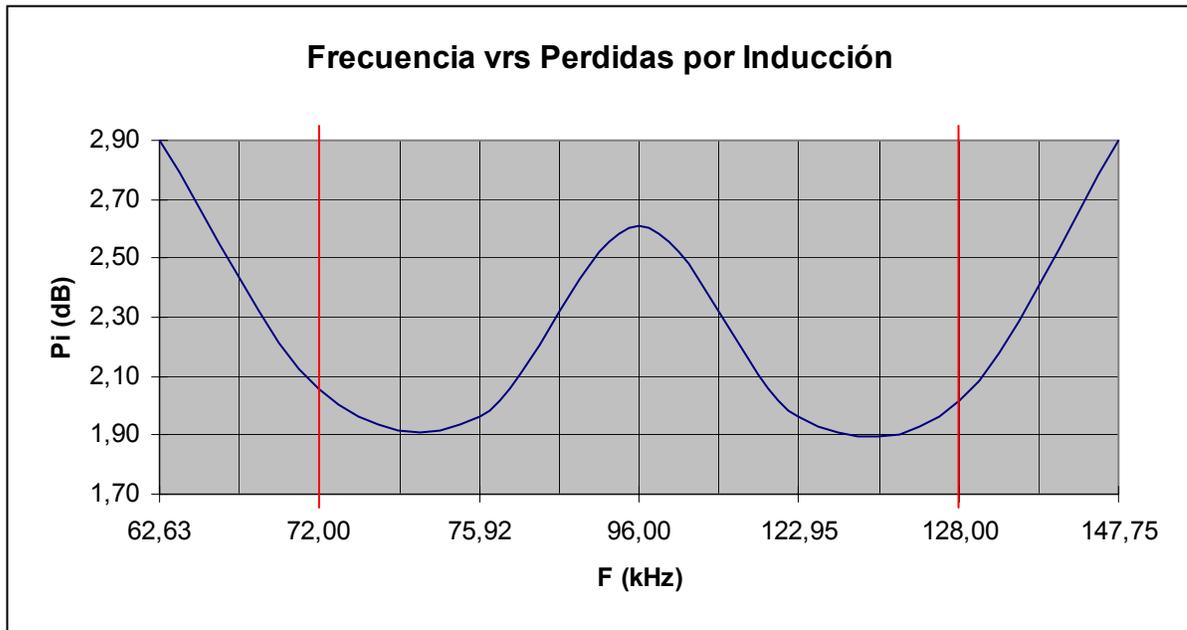
A-11 Prueba de Pérdida por Inducción X Frecuencia

Configuración B

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Pi (dB)
62,63	2,90
72,00	2,06
75,92	1,96
96,00	2,61
122,95	1,96
128,00	2,02
147,75	2,90

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$Pi < 2.90 \text{ dB}$$

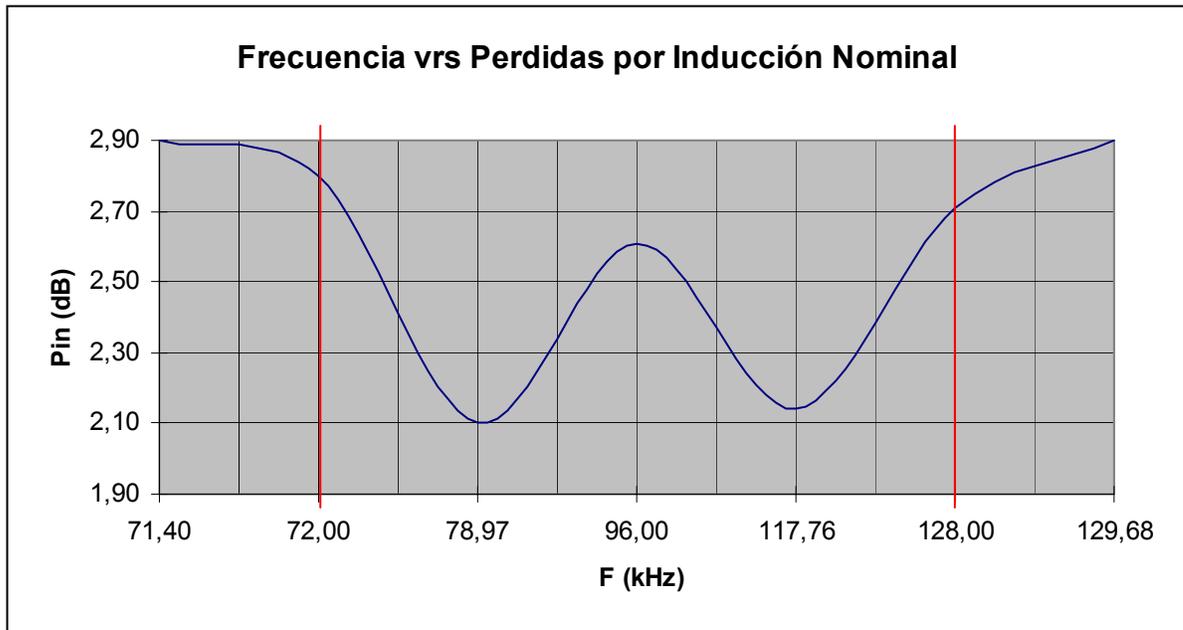
A-12 Prueba de Pérdida por Inducción Nominal X Frecuencia

Configuración B

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Pin (dB)
71,40	2,90
72,00	2,80
78,97	2,10
96,00	2,61
117,76	2,14
128,00	2,71
129,68	2,90

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$\text{Pin} < 2.90 \text{ dB}$$

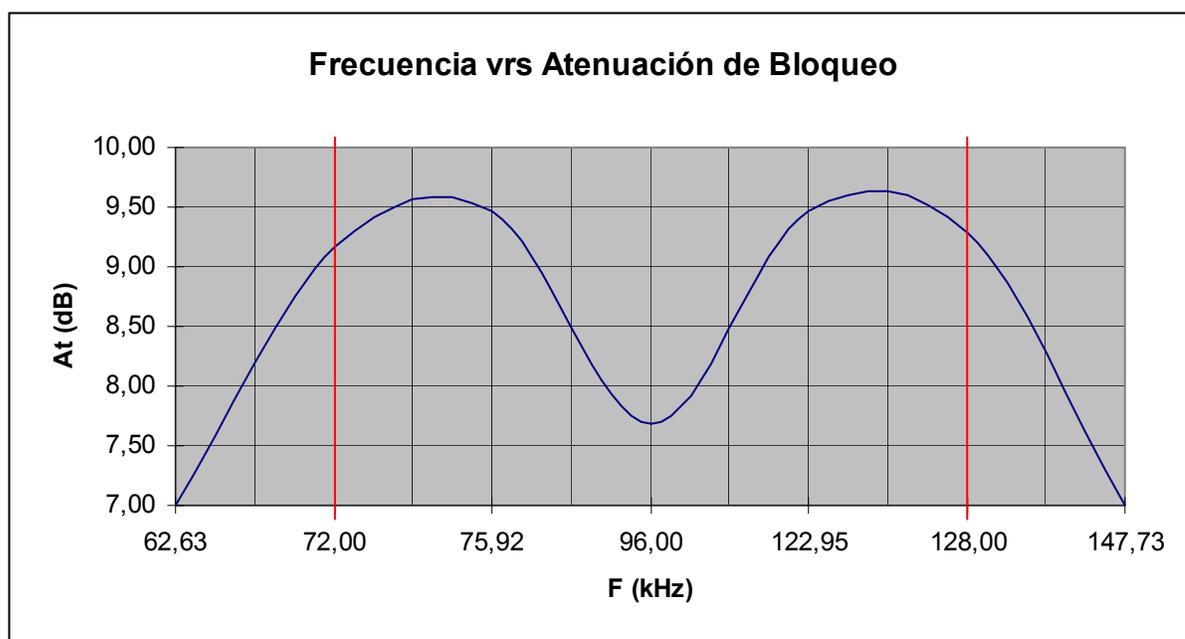
A-13 Prueba de Atenuación de Bloqueo X Frecuencia

Configuración B

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	At (dB)
62,63	7,00
72,00	9,17
75,92	9,47
96,00	7,69
122,95	9,47
128,00	9,28
147,73	7,00

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$At > 7.00 \text{ dB}$$

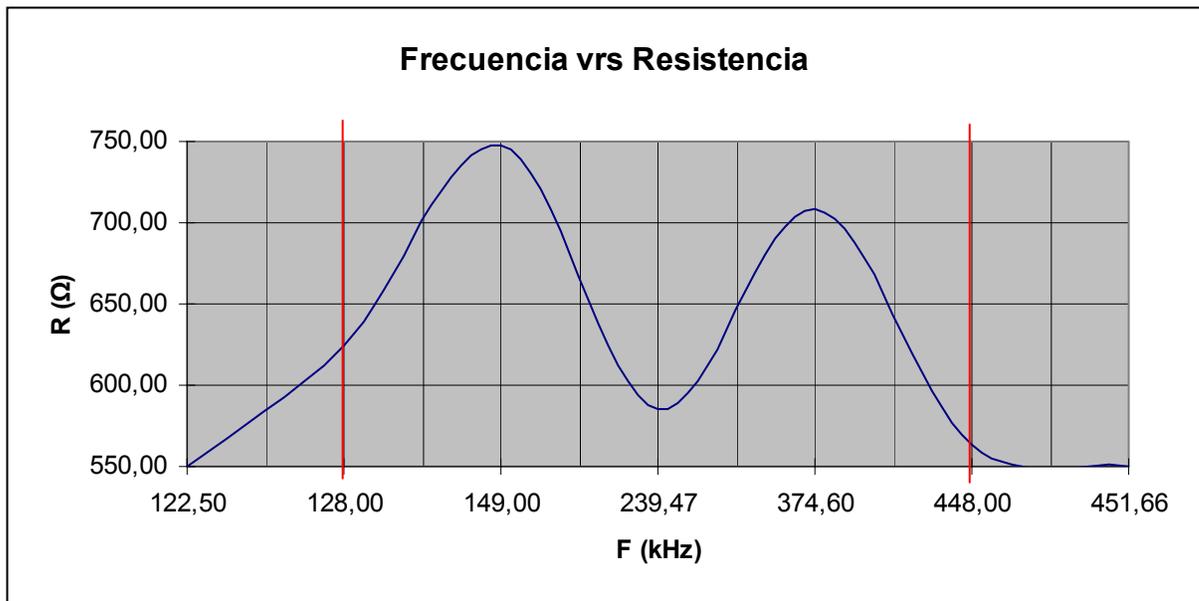
A-14 Prueba de Resistencia X Frecuencia

Configuración C

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	R (Ω)
122,50	550,00
128,00	624,52
149,00	747,26
239,47	585,13
374,60	708,33
448,00	562,94
451,66	550,00

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$R > 550 \Omega$$

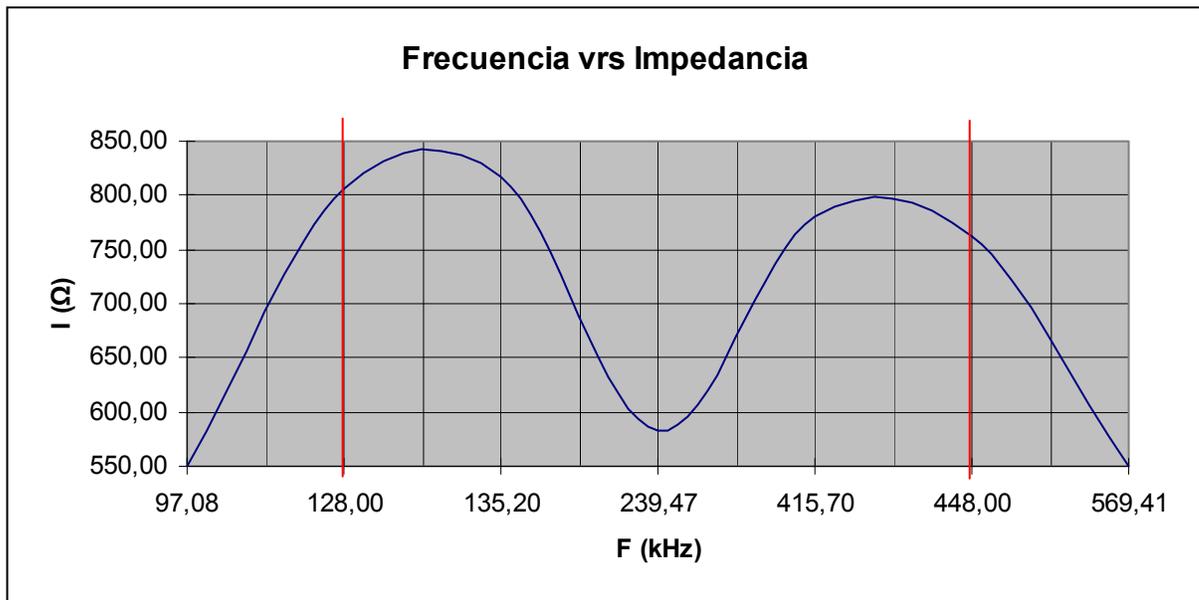
A-15 Prueba de Impedancia X Frecuencia

Configuración C

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Z (Ω)
97,08	550,00
128,00	805,40
135,20	817,25
239,47	583,62
415,70	780,24
448,00	761,82
569,41	550,00

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$Z > 550 \Omega$$

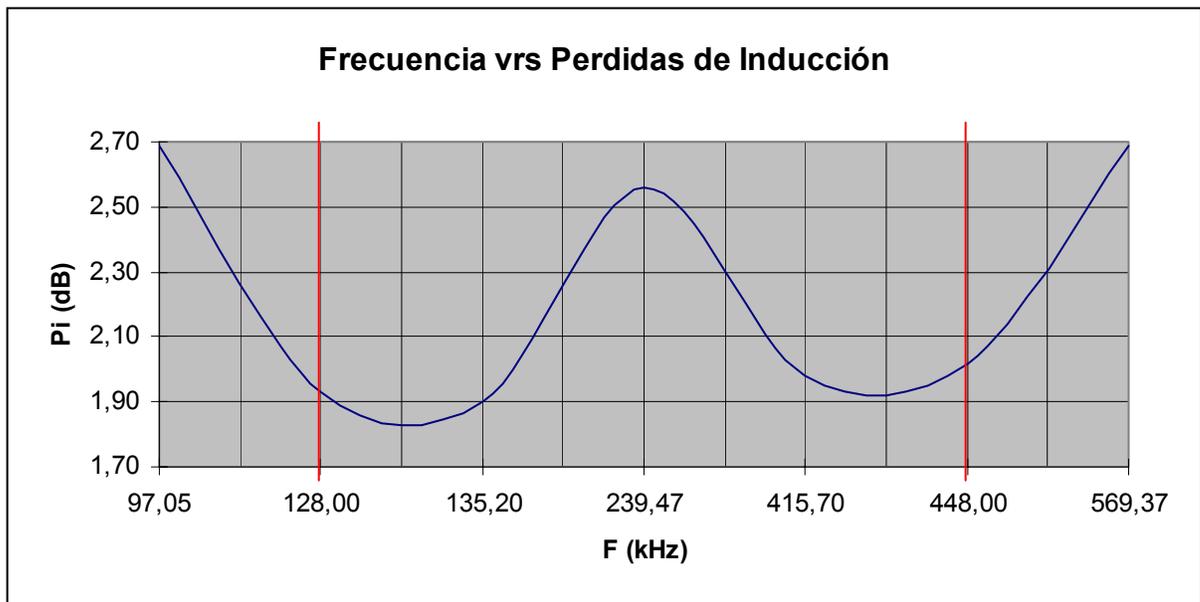
A-16 Prueba de Pérdida de Inducción X Frecuencia

Configuración C

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Pi (dB)
97,05	2,69
128,00	1,93
135,20	1,90
239,47	2,56
415,70	1,98
448,00	2,02
569,37	2,69

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$Pi < 2.70 \text{ dB}$$

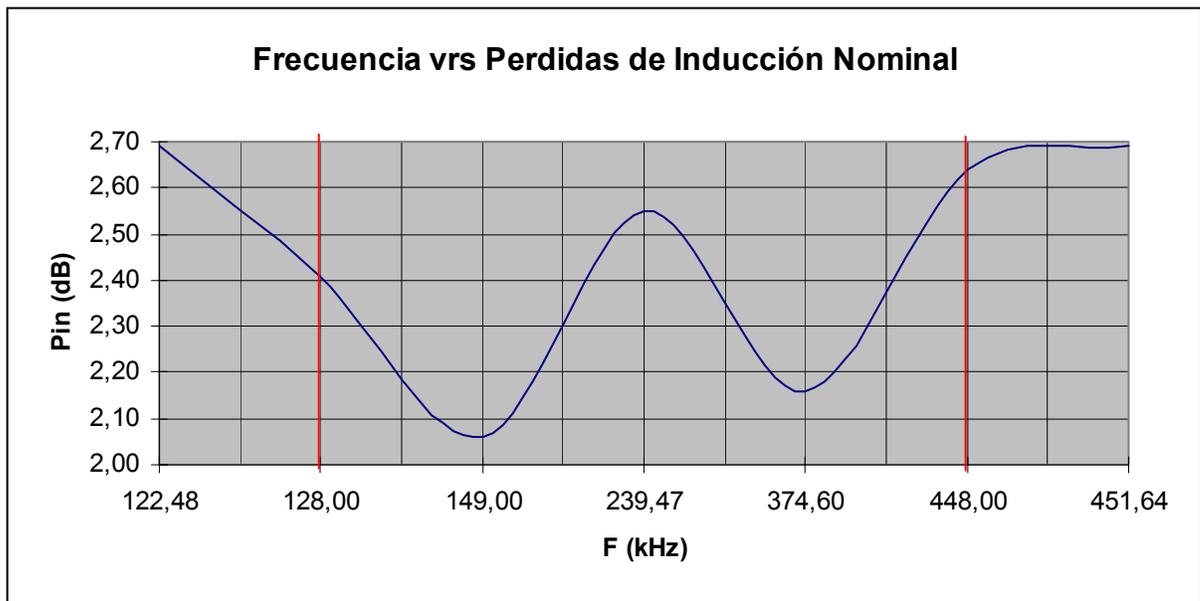
A-17 Prueba de Pérdida de Inducción Nominal X Frecuencia

Configuración C

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	Pin (dB)
122,48	2,69
128,00	2,41
149,00	2,06
239,47	2,55
374,60	2,16
448,00	2,64
451,64	2,69

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

$$\text{Pin} < 2.70 \text{ dB}$$

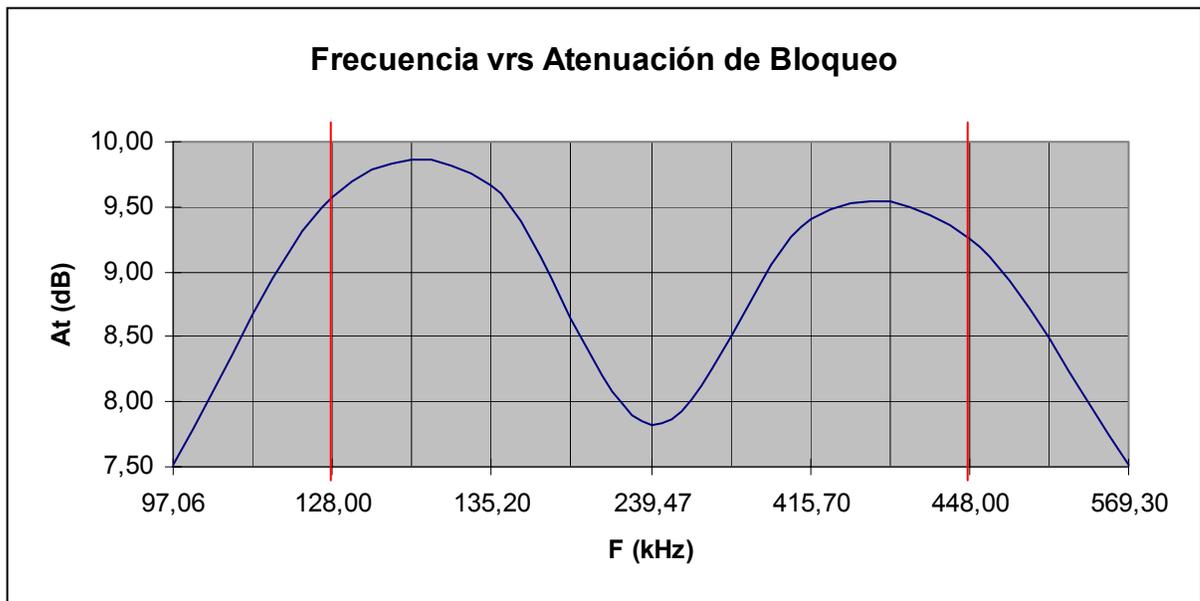
A-18 Prueba de Atenuación de Bloqueo X Frecuencia

Configuración C

Tabla de datos tabulados

F (kHz)	At (dB)
97,06	7,51
128,00	9,58
135,20	9,67
239,47	7,82
415,70	9,40
448,00	9,26
569,30	7,51

Gráfica de los datos tabulados



Criterio de Fabricante:

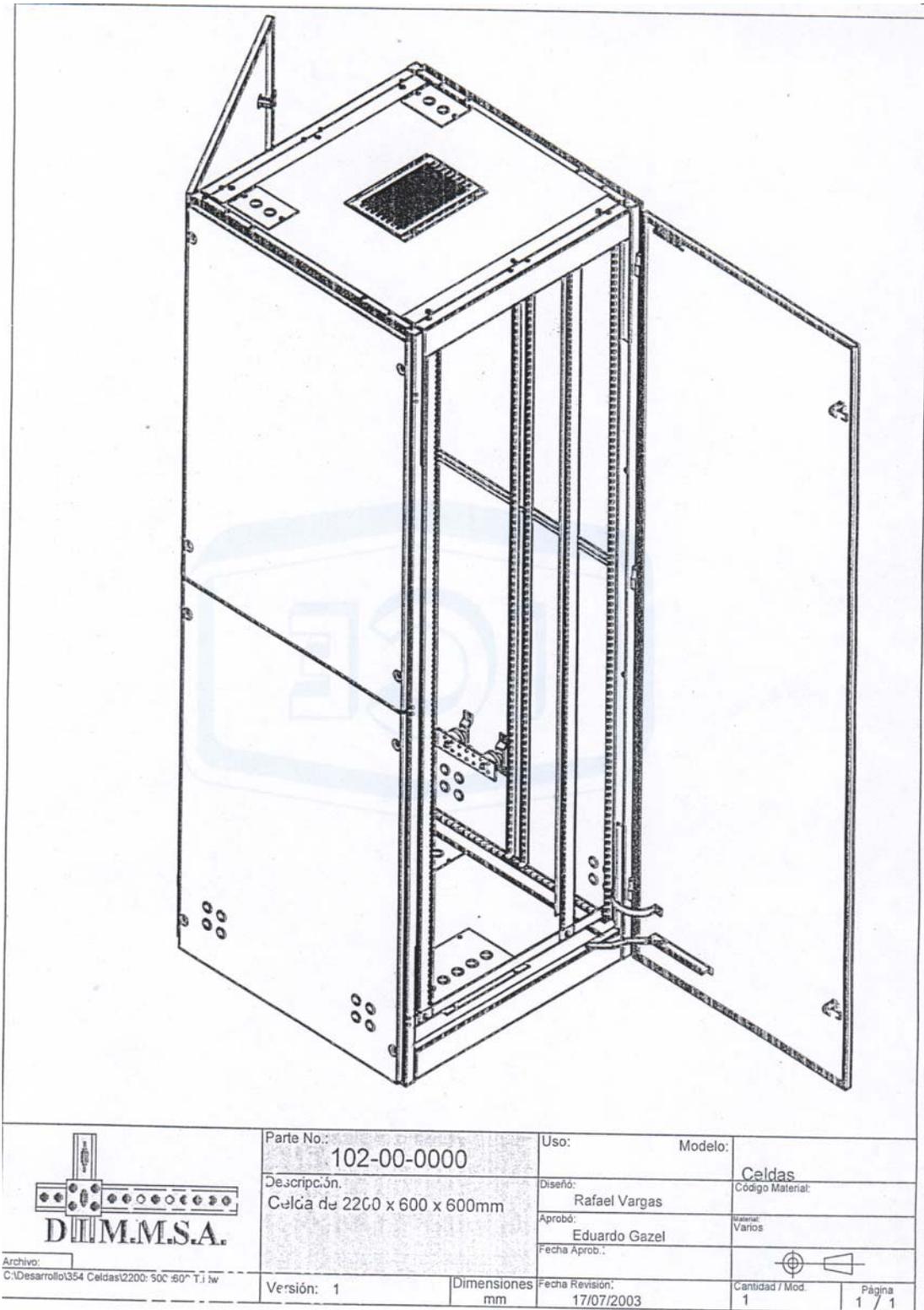
$$At > 7.50 \text{ dB}$$

A-19 Alcance de Suministro

Debe incluir básicamente lo siguiente:

- 1.- SISTEMA DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA.
Cantidad: _1_ pieza.
- 2.- TORRE Y CIMIENTO DEL SISTEMA DE POTENCIA.
Cantidad: _1_ lote.
- 3.- EQUIPO DE COMUNICACIÓN POR ONDA PORTADORA (OPLAT) DE BLU.
Cantidad: _2_ piezas.
- 4.- EQUIPO DE TONOS DE AUDIO PARA TELEPROTECCIÓN.
Cantidad: _2_ piezas.
- 5.- UNIDAD DE ACOPLAMIENTO SIN HÍBRIDO.
Cantidad: _2_ pieza.
- 6.- CABLE PARA RADIOFRECUENCIA.
Cantidad: _1_ (un) lote.
- 7.- EQUIPO DE MEDICIÓN Y DE PRUEBA.
Cantidad: _1_ lote.
- 8.- PARTES DE REPUESTO.
Cantidad: _1_ (un) lote.

A-21 Diseño de los Tableros (DIMMSA)



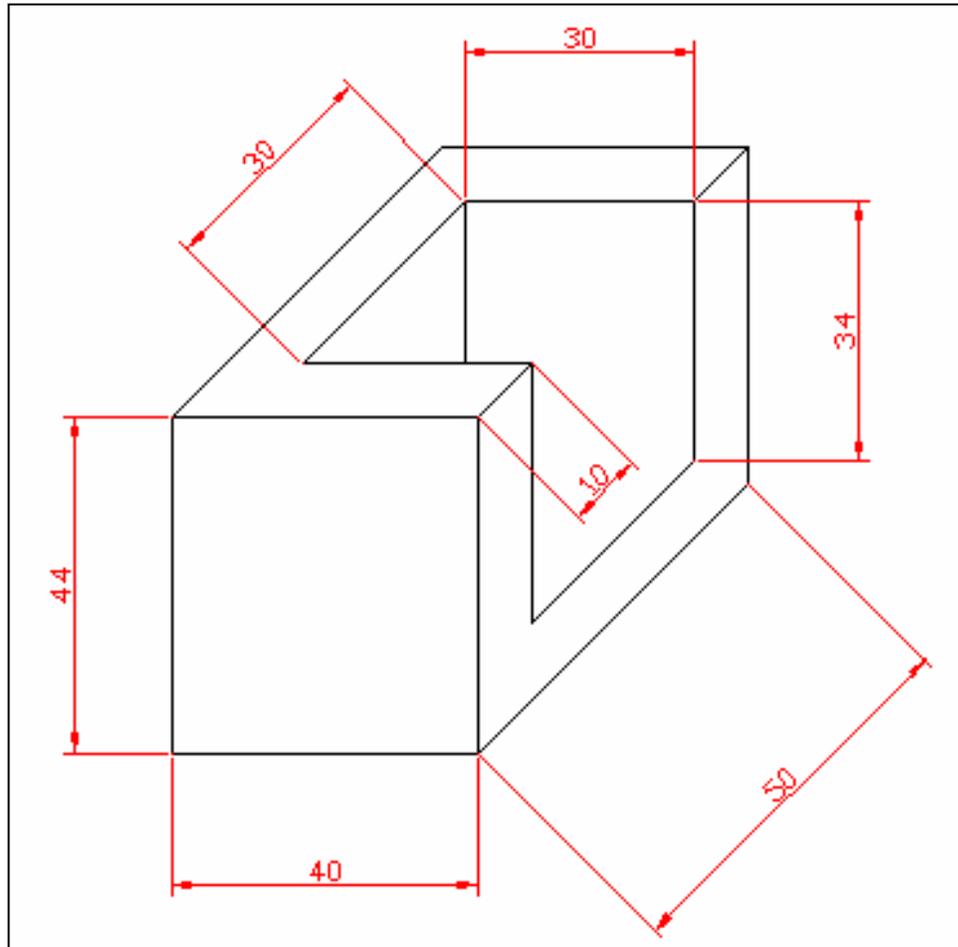
A-22 Tabla de Viáticos

Sistema	I (Op. y Mant.)	II (Reg. Cent.)	III Obra	IV Proceso	V Actividad	Objeto de gasto	Descripción de cuenta
02	930 (Gest. Prod.)	04 (Reg. Cent.)		615	72	SOLO SI APLICA	Apoyo a la gestión informática
02	930 (Gest. Prod.)	04 (Reg. Cent.)		615	(66-99)	SOLO SI APLICA	Actividades Secundarias (VER ABAJO)
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	XX	SOLO SI APLICA	Mantenimiento
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	10	SOLO SI APLICA	Planificación, registro y control
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	37	SOLO SI APLICA	Sistemas de Comunicación para Protecciones
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	15	SOLO SI APLICA	Mantenimiento Predictivo
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	16	SOLO SI APLICA	Mantenimiento Preventivo
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	17	SOLO SI APLICA	Mantenimiento Correctivo No Planeado
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	18	SOLO SI APLICA	Mantenimiento Correctivo Planeado
02	910 (Op. y Mant.)	03 (Subestac)	VER ABAJO	615	19	SOLO SI APLICA	Inspección de Obras y Equipos
02	930 (Gest. Prod.)	04 (Reg. Cent.)		615	97	SOLO SI APLICA	Cuenta Vacaciones
02	930 (Gest. Prod.)	04 (Reg. Cent.)		615	96	SOLO SI APLICA	Cuenta Capacitación
02	930 (Gest. Prod.)	04 (Reg. Cent.)		615	99	SOLO SI APLICA	Cuenta combustible
OBJETOS DE GASTO							
						40	
OBRRAS							
ALAJUELITA	3238 (40)						Alimentación, hospedaje
ANGOSTURA	3008 (4)						Alimentación, hospedaje
ANONOS	3210 (25)						Terrestre, aéreo, marfilino y fluviales
ARENAL	3015 (6)						Reparac. y mant. equipo de oficina
BARRANCA	3204 (20)						Otros servicios externos
BELÉN	3205 (21)						Alquileres
CACHÍ	3004 (2)						Consultorías
CAÑAS	3225 (36)						Otros gastos
CIUDAD QUESADA	3221 ()						Combustible y lubricantes
COLIMA	3201 (16)						Material eléctrico y telefónico
COLORADO	3245 (44)						Material de construcción
CONCAVAS	3236 (37)						Repuestos
COROBICÍ	3024 (14)						Formularios, papelería y útiles
DESAMPARADOS	3238 (39)						Otros materiales
EL COCO	3211 (26)						
EL ESTE	3220 (32)						
ESCAZÚ	3208 (24)						
GARITA	3036 (16)						
GUAYABAL	3224 (35)						
HEREDIA	3213 (27)						
JUANILAMA	3217 (31)						
LA CAJA	3214 (28)						
LEESVILLE	3243 (42)						
LIBERIA	3215 (29)						
LINDORA	3206 (22)						
MIRAVALLLES	3012 (7)						
MOJIN	3010 (5)						
NARANJO	3202 (19)						
PARRITA	3231 ()						
PEÑAS BLANCAS	3451 ()						
ACTIVIDADES SECUNDARIAS							
066							Coord. y Superv. de labores del Centro de Gestión.
067							Todo trabajo que le brinde soporte a los centros de gestión
072							Actividades generales de apoyo informático hacia los usuarios y al mant. de equipos
076							Adm. de la calidad, participación en proyectos específicos, planeam, mejoram y aseguram de la calidad
079							Recursos utilizados para brindar servicios a otras áreas institucionales, a empresas, o emp. externas al ICE
080							Recursos utilizados para ejecutar trabajos o servicios de asesoría, para apoyar la Gestión Administrativa
086							Charlas, seminarios, talleres, pasantías para la formación y preparación del personal.
087							Incapacidades INS, CCSS, permisos conlón goce de salario, vacaciones, ausencias...
Impuesto Venta: 02-241-03-05							
RIO CLARO	3216 (30)					SANTA RITA	3246 (45)
RIO MACHO	3003 (1)					SKIRRES	3242 (41)
SABANILLA	3237 (38)					TORO I	3019 (10)
SAN ISIDRO	3020 (11)					TRAPICHE	3248 (47)
SAN MIGUEL	3222 (34)					TURRUBA	3207 (23)
SANDILLAL	3037 (17)						
Impuesto Renta: 02-530-04-04							



ESTRUCTURA PRESUPUESTARIA 2004
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

A-23 Diseño de la Caja de Registro



Caja de Registro elaborada de cemento y colocada en la base de la torre monopolar, justamente a un costado del cimiento que soporta la torre.

El dibujo representa un diseño previo de la forma de la caja de registro, que no dista mucho de la real.

A-24 Dimensiones de los Aisladores y Tablas de Selección

Dimensiones del disco de la Cadena de Aisladores

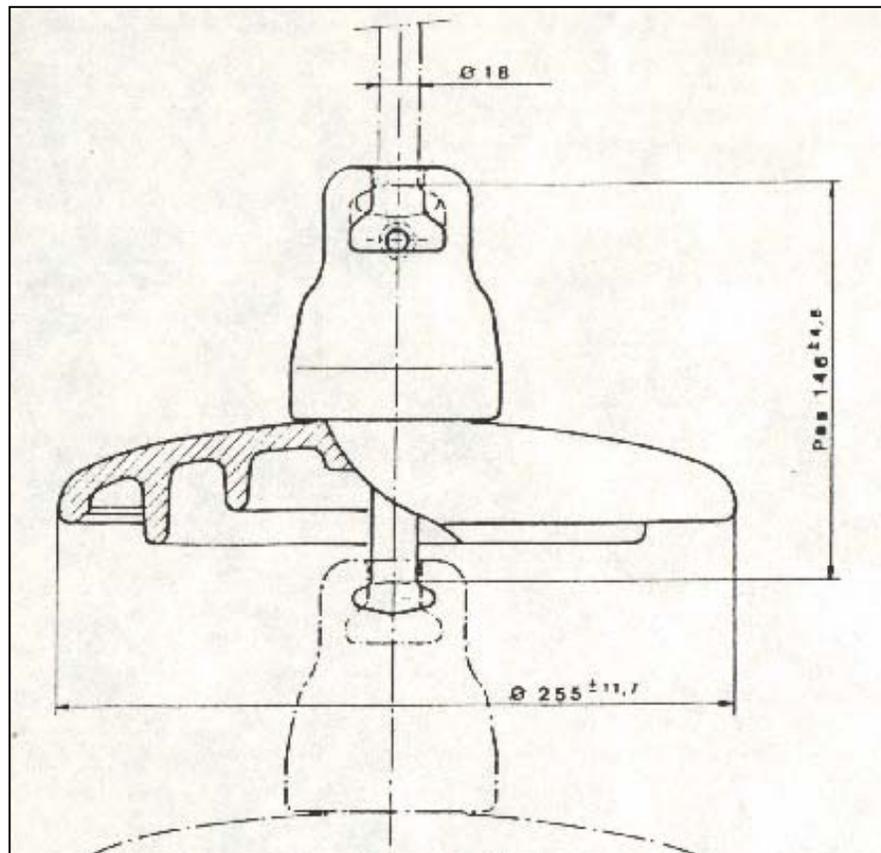


Tabla para Selección del número de discos necesarios en la Cadena de Aisladores

Cantidad de Aisladores	Disco x Paso			
	254 mm x 146 mm 10" x 5 ³ / ₄ "		280 mm x 146 mm 11" x 5 ³ / ₄ "	
	Tensión de Contorneo en Frecuencia Industrial		Tensión Crítica bajo Onda de Impulso Atmosférico	
	A seco	Bajo lluvia	+	-
	kV	kV	kV	kV
2	155	90	255	255
3	215	130	355	345
4	270	170	440	420
5	325	215	525	495
6	380	255	610	585
7	435	295	695	670
8	485	335	700	760
9	540	375	860	845
10	590	415	945	930

NOTA:

Para el voltaje de línea que maneja el enlace Arenal-Barranca que es de 230 kV, se debe ver la condición más crítica que se pueda presentar; en este caso es bajo la lluvia por ende se requiere como medida de seguridad de seis discos por cadena.

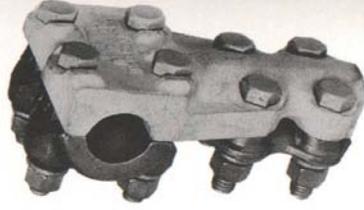
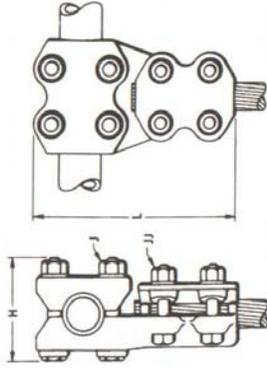
A-25 Especificaciones del Conector "T"

TYPE NNTR-A

T-CONNECTOR

FOR ALUMINUM & COPPER TUBE TO CABLE

Aluminum alloy T-Connector for tube run, range of cable tap. Properly proportioned to permit use on copper-aluminum combinations. One-wrench installation. PENETROX joint compound recommended on contact surfaces.



Catalog Number	Conductor				H	J	JJ	L
	Run	Alum. or Cu.	ACSR	Tap				
NNTR14A29A	3/4	1/0 Str. - 250	1/0 (6-1) - 4/0 (6-1)		3 1/8			5 7/8
NNTR14A36A	3/4	350 - 600	336.4 (18-1) - 477 (30-7)		3 1/8			6 3/8
NNTR15A36A	1	350 - 600	336.4 (18-1) - 477 (30-7)		3 3/8			6 5/8
NNTR15A42A	1	600 - 900	477 (30-7) - 795 (54-7)		3 3/8			6 7/8
NNTR16A29A	1 1/4	1/0 Str. - 250	1/0 (6-1) - 4/0 (6-1)		3 3/8			6 1/2
NNTR16A32A	1 1/4	250 - 400	4/0 (6-1) - 397.5 (18-1)		3 3/8			6 3/4
NNTR16A42A	1 1/4	600 - 900	477 (30-7) - 795 (54-7)		3 3/8	1/2	1/2	7 1/4
NNTR17A29A	1 1/2	1/0 Str. - 250	1/0 (6-1) - 4/0 (6-1)		3 7/8			6 3/4
NNTR18A29A	2	1/0 Str. - 250	1/0 (6-1) - 4/0 (6-1)		4 1/2			7 5/8
NNTR19A42A	2 1/2	600 - 900	477 (30-7) - 795 (54-7)		4 5/8			8 7/8
NNTR20A32A	3	250 - 400	4/0 (6-1) - 397.5 (18-1)		5			9
NNTR22A46A	4	1250 - 1600	1113 (54-9) - 1431 (45-7)					9 1/4



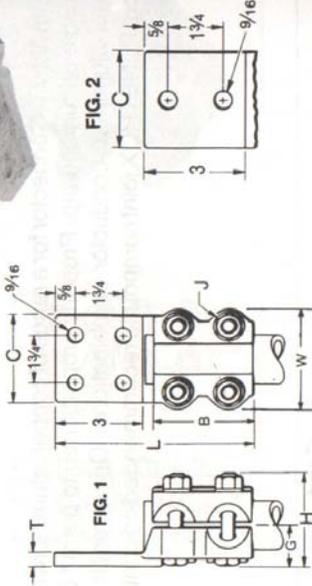
A-26 Especificaciones del Conector "Placa"

TYPE NA-A TERMINAL

FOR ALUMINUM & COPPER TUBE TO FLAT

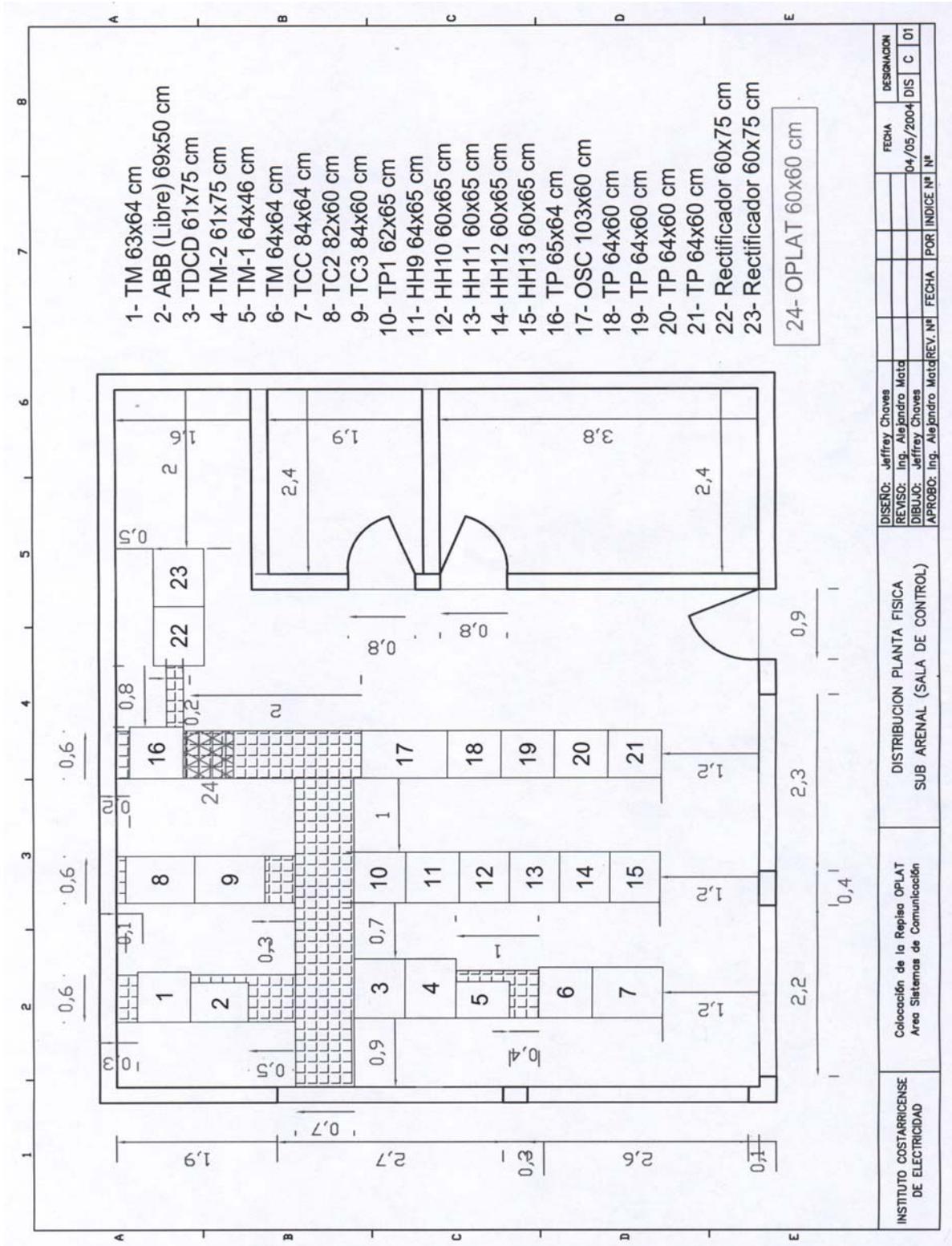


Aluminum alloy terminal for joining copper or aluminum tube to copper or aluminum pad. Properly proportioned to minimize conductor corrosion due to galvanic action. Drilling in pad conforms to NEMA standards. One-wrench installation. PENETROX joint compound recommended on contact surfaces.



CATALOG NUMBER	CONDUCTOR	FIG. NO.	B	C	G	H	J	L	T	W
NA15A-2N	1	2	3 1/2	1 7/8	1.50	3 3/8	1/2	6 3/4	3/8	3 7/16
NA15A-4N	1	1	3 1/2	3	1.50	3 3/8	1/2	6 3/4	3/8	3 7/16
NA16A-4N	1 1/4	1	3 3/4	3	1.60	3 3/8	1/2	7	1/2	3 7/16
NA17A-2N	1 1/2	2	4	2 1/2	1.76	3 7/8	1/2	7 1/2	1/2	3 7/16
NA17A-4N	1 1/2	1	4	3	1.76	3 7/8	1/2	7 1/2	1/2	3 7/16
NA18A-2N	2	2	4 1/4	2 3/4	2.05	4 1/2	5/8	7 1/2	1/2	4 1/2
NA18A-4N	2	1	4 1/4	3 1/8	2.05	4 1/2	5/8	7 1/2	1/2	4 1/2
NA19A-4N	2 1/2	1	4 1/2	3 3/4	2.19	5	5/8	7 3/4	3/4	5
NA20A-4N	3	1	5	4 3/8	2.43	5 1/2	5/8	8 3/8	3/4	5 5/8
NA22A-4N	4	1	6	5 1/4	2.94	6 1/4	5/8	9 3/8	7/8	6 5/8

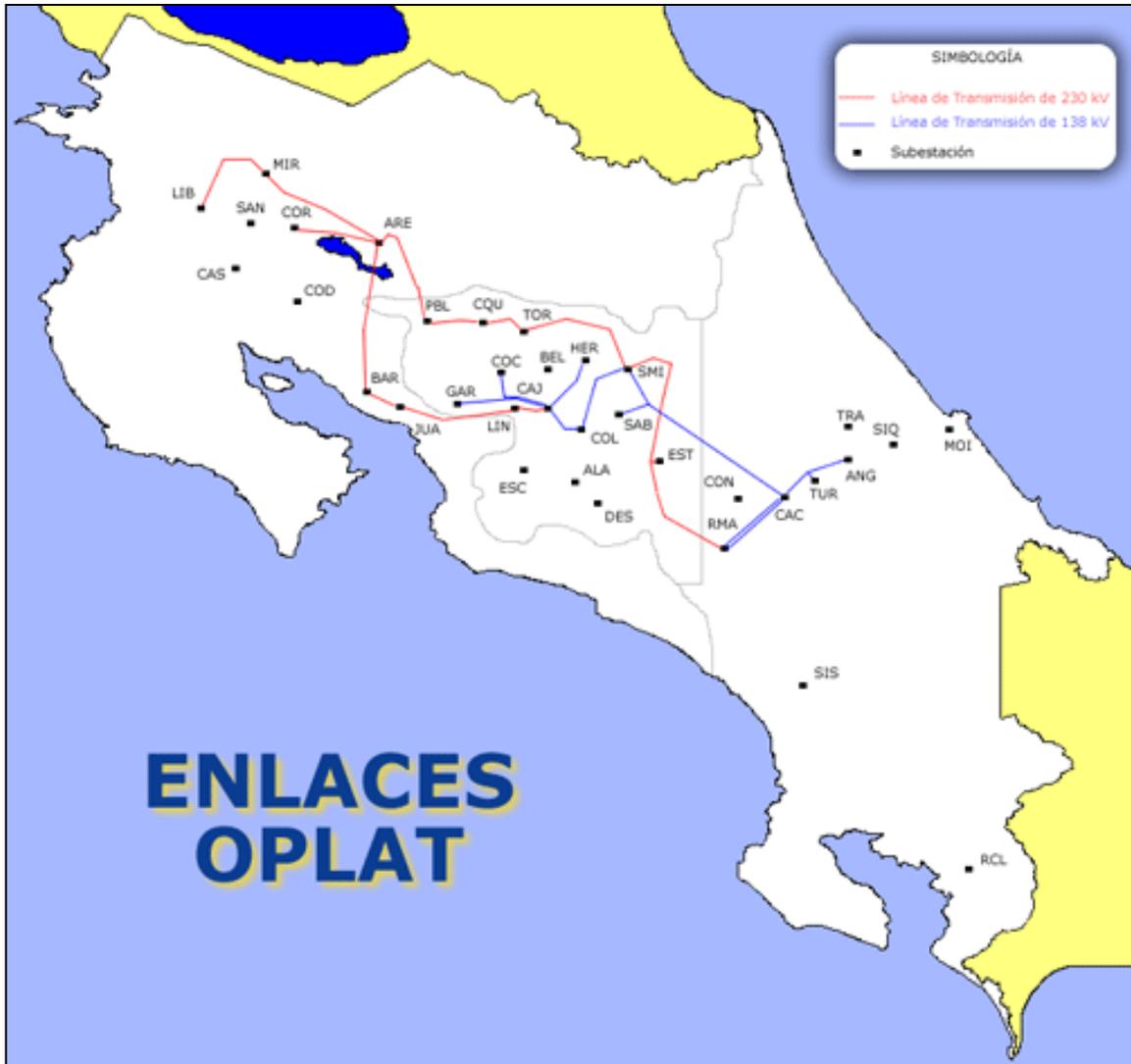
A-27 Sala de Control de Arenal



A-29 Mapa de Subestaciones por Regiones



A-30 Mapa de Conexión OPLAT en Costa Rica



“Glosario”

AKE:

Sintonizador del sistema OPLAT es el encargado de establecer el rango de operación del ESB2000i, según el mapeo de frecuencias.

Ancho de Banda:

Es un número que representa el rango de frecuencias en consideración, sin especificar cuales son sus límites inferior y superior.

Cable RF:

Cable simétrico de 150 Ω utilizado para llevar la información desde el AKE hasta la repisa de control ESB2000i.

Enlace:

Es la unión física existente entre dos subestaciones por medio de líneas de alta tensión.

Frecuencia:

Es el número de ciclos completados por un segundo o el número de oscilaciones por segundo este valor se expresa en Hz.

Información:

Datos que han sido procesados en forma inteligible. La información se añade a una representación y se dice al receptor algo que no le era conocido antes.

Líneas AT:

Son las líneas de alta tensión. En Costa Rica se trabaja solo con dos valores de voltaje: 138 kV y 230 kV.

Multicanalizadores:

El término multicanalizar se aplica a dispositivos más o menos inteligentes, que básicamente consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones.

Multiplexores:

Son dispositivos del equipo de cómputo que logran transmitir varios mensajes en un solo canal reuniendo varias señales de baja velocidad y transmitiéndolas posteriormente a todas a través de un canal de alta velocidad.

OPLAT:

Nuevo sistema de Comunicaciones entre Teleprotecciones, basado en el principio de Onda Portadora a través de las líneas de Alta Tensión.

Ruidos:

Señales eléctricas indeseadas que se introducen por imperfecciones en los componentes de los circuitos o por perturbaciones naturales, las cuales tienden a degradar la función de los canales de comunicaciones.

Señal Portadora:

Será la señal que viaja a través del canal de comunicaciones con sus parámetros alterados de amplitud, frecuencia y fase, o alguna mezcla de ellos, de manera que a través de ella viaja la información.

SEP:

Sistema Eléctrico de Potencia.

SIN:

Sistema Nacional Interconectado. Término utilizado en Costa Rica para representar al SEP.

“Galería de Fotos”



Llegada de materiales y equipos a bodegas. En la foto se esta revisando que los equipos no vengan golpeados y sean los correctos.



Carruchas de cable simétrico de 150 Ω. Cada carrucha es de 2000 mts.



Carruchas de cable desnudo de $\text{Ø} = 19 \text{ mm}$ para aterrizar los equipos. Cada carrucha es de 2000 mts.



Cadenas de aisladores de disco. Cada cadena esta compuesta de seis discos de $\text{Ø} = 255 \text{ mm}$.



Revisión del estado y puntos de conexión de las trampas de bloqueo a su llegada.



Revisión del estado y puntos de conexión de los condensadores de acoplamiento.



Estructura base de los cimientos de las torres monopolares.



Cimiento y Caja de registro en la subestación de Arenal. Tierra y pernos listos para montaje.



Tubo PVC de 2 pulg. que llega al ducto principal que va hasta la sala de control.



Montaje de la torre monopolar.



Conexión de la malla de tierra a la torre monopolar y extensión para el AKE.



Montaje de los condensadores de acople sobre las torres monopolares.



Montaje del sintonizador AKE.



Sistema OPLAT en funcionamiento en la subestación de Arenal. Al fondo trampa de bloqueo que cuelga de la estructura de las líneas de alta tensión.

“Normativas y Especificaciones”

NORMATIVAS Y ESPECIFICACIONES

Los instrumentos, controles, dispositivos, tableros, gabinetes, componentes electrónicos, cableado, cajas terminales y accesorios cubiertos en este informe final, deben cumplir con las normas, recomendaciones y especificaciones que a continuación se indican:

ANSI C37.1	Definition, Specification And Analysis of Systems Used for Supervisory Control, Data Acquisitions.
ANSI-C37.90.2	Systems to Radiated Electromagnetic Interference from Transceivers.
ANSI-C37.90A	Surge Withstand Capability (SWC) Test.
EIA-RS-232-C	Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange.
IEC-60068-2-1	Enviromental Testing Part 2Tests-Tests A
IEC-60068-2-2	Basic Enviromental Testing Procedures Part 2: Tests-Tests B.
IEC-60068-2-3	Basic Enviromental testing Procedures Part 2: Tests-Tests Ca. Damp Heat, Steady State.
IEC-60068-2-6	Enviromental Testing Part 2: Tests FC Vibration (Sinusoidal).
IEC-60255-0	Contact Performance of Electrical Relays.
IEC-60255-1-00	Electrical Relays- All or Nothing Electrical Relays Part 10.
IEC-60481	Coupling Devices For Power Line Carrier Systems.
IEC-60801-2	Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment Part 2: Electrostatic Discharge Requirements.
IEC 60834-1	Teleprotection Equipment of Power Systems- Performance and Testing- Part 1: Command Systems.
IEC-61000-4-12	Part 4: Testing and Measuring Techniques- Section 12: Oscillatory Waves Immunity Tests-Basic EMC Publication Electromagnetic Compatibility (EMC).

ISA S5.1	Instrumentation Symbols and Identification.
ISA S51.1	Process Instrumentation Terminology.
ITU-T G.652	Characteristics of a Single-Mode Optical Fibre Cable.
ITU-T G.653	Characteristics of a Dispersion- Shifted Single-Mode Optical Fibre Cable.
ITU-T G.654	Characteristics of a 1550 nm Wavelength Loss-Minimized Single-Mode Optical Fibre Cable.
ITU-T G.703	Terminal Equipments-General; Physical/Electrical Characteristics of Hierarchical Digital Interfaces.
ITU-T G.704	Terminal Equipments; Synchronous Frame Structures and Used at 1544, 6312, 2048 and 44736 Kbit/s Hierarchical Levels.
ITU-T G.707	Synchronous Digital Hierarchy Bit Rates.
ITU-T G.711	Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies.
ITU-T G.712	Transmission Performance Characteristics of Pulse Code Modulation.
ITU-T G.713	Performance Characteristics of PCM Channels Between 2-Wire Interfaces at Voice Frequencies.
ITU-T G.714	Separate Performance Characteristics for The Encoding and Decoding Sides of PCM Channels Applicable to 4-Wire Voice-Frequency Interfaces.
ITU-T G.715	Separate Performance Characteristics for The Encoding and Decoding Sides of PCM Channels Applicable to 2-Wire Interfaces.
ITU-T G.958	Digital Line Systems Based on The Synchronous Digital Hierarchy for Use on Optical Fibre Cables.
NOM I-64-CT-1984	Productos electrónicos, teléfonos de mesa y pared con señalización de multifrecuencia.
NOM-J-136	Abreviaturas, Números y Símbolos Usados en Planos y Diagramas Eléctricos.

NOM-J-235	Gabinetes para Equipos Eléctricos de Control y Distribución.
UL-486	Safety Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs.
ASTM A 123	Specification for Zinc (Hot – Dip Galvanized) coatings on Iron and Steel Products.
ISO 2178	Non – magnetic coatings on magnetic substrates Measurement of coating thickness – magnetic method.
ISO 5455	Technical drawings – Scales
ISO 9000	Quality management and quality assurance standards Guidelines for selection and use.
ISO 9001	Quality systems – Model for quality assurance in design / development, production, installation and servicing.
ISO 9002	Quality systems – Model for quality assurance in production and installation.
ISO 9003	Quality systems – Model for quality assurance in final inspection and test.