

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN ENTRE LOS
SWITCHGEAR DE LAS LÍNEAS I Y II DEL
COMPLEJO I DE CVG VENALUM.

REALIZADO POR:
DANIEL ALEJANDRO INDRIAGO GUZMÀN

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial
para optar al Título de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Barcelona, Mazo de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN ENTRE LOS
SWITCHGEAR DE LAS LÍNEAS I Y II DEL
COMPLEJO I DE CVG VENALUM.**

Revisado y Aprobado por:

Ing. Santiago Escalante
Asesor Académico

Firma

Barcelona, Marzo de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN ENTRE LOS
SWITCHGEAR DE LAS LÍNEAS I Y II DEL
COMPLEJO I DE CVG VENALUM.**

JURADO

El Jurado hace constar que ha asignado a esta Tesis la calificación de:

EXCELENTE

Ing. Santiago Escalante
Asesor Académico

Prof. Melquiades Bermúdez
Jurado Principal

Prof. Pedro Rodríguez
Jurado Principal

Barcelona, Marzo de 2009.

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados con otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario.”

DEDICATORIA

A nuestro creador.

A mi Madre y a mi Padre.

A mis hermanos.

A mis tres hijos.

A mi Abuela.

A mis Tías y Tíos.

A mis amigos.

A mi Patria Venezuela.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Dios por ser el guía en la realización de las metas y participe de nuestra existencia.

A mis padres Tirza Guzmán y Pedro Indriago por darme más de lo que podría pedir o tener “EL SER”.

A mis hijos Luis Daniel y Yeliannys esto es la recompensa por las vacaciones, cumpleaños y días de ausencia “Vendrán días mejores” **¡se los prometo!**

A mi gran y especial amor Frineth por el apoyo incondicional y trasnochos causados. Gracias TE AMO.

A mis hermanos Silvia, Pedro, Carlos, Pedrito y Deliannys que de una u otra forma me inspiraron e impulsaron a este logro. De manera especial a ti Silvia, formas parte de mi formación Profesional.

A mi abuela Silvia por formarme y enseñarme valores, educación y respeto. Fueron muy “ÚTILES”; eres fuente de inspiración.

A mi tía Juana por creer en mí en todo momento.

A mis tíos Jamin y Juanita por el apoyo brindado.

A la Universidad de Oriente por permitirme formar parte de esta grandiosa casa de estudio.

Al Departamento de Electricidad y a todos el personal que da vida día tras día para hacer de todos nosotros los profesionales del mañana. De manera especial a: Santiago Escalante, Pedro López, Melquiades Bermúdez y Carmencita.

A todos mis amigo, especialmente a los que en los momentos más difíciles me brindaron un gran apoyo Gregory, Omar, Víctor, José González, Juan José, Carlos Dos Santos, Julio, Reivis, Neyfi, José Javier, Antonio, Chuo Zaraza, Eimmy, Ortiz, Ángela, Sonrisa, Sombay, Reguetón y Pan.

A la industria Venezolana del Aluminio CVG VENALUM por permitir el desarrollo de mis pasantías.

Al señor Cruz Sánchez por ser ejemplo a seguir en el entorno laboral y humano.

A mis amigos de pasantía Sigmonin, Rafael, José, Jenny y Douglas.

RESUMEN

Una interconexión es la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, esenciales para permitir la unión de redes eléctricas y la interoperabilidad de los sistemas. Este trabajo de grado esta dirigido a la utilización de parámetros eléctricos técnicos que permita interconectar los equipos de interrupción (Switchgear) de la línea 1 y 2, que dota de energía eléctrica al área de reducción I de La industria Venezolana del aluminio (CVG Venalum). En busca de la mejora de las aéreas y como medida de seguridad al personal; se desarrollo un análisis factible, a fin de determinar parámetros necesarios para le realiza la interconexión. De igual forma mejorar el mantenimiento preventivo, para evitar paradas no previstas y costosas que causan pérdida de producción en las industrias, la colocación de Conmutadores en línea, permitirá comodidad en el mantenimiento, y elimina los riesgos eléctricos al personal, logrando una integración de todas las aéreas y subsistemas, y obtener una mayor precisión en los procesos, y con ello aumentar la vida útil de los equipos, para reducir costos y salvaguardar vidas humana

CONTENIDO

	Pág.
RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN.....	VIII
CONTENIDO	IX
LISTA DE FIGURAS	XVI
LISTA DE TABLAS	XVII
CAPITULO I: EL PROBLEMA	19
1.1 EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	21
1.4 RESEÑA HISTÓRICA.....	22
1.4.1 Espacio Físico	25
1.4.2 Ubicación Geográfica.....	25
1.4.3 Descripción de la Empresa.....	27
1.4.4 El Sector Productivo	27
1.4.5 El Tipo de Mercado.....	28
1.4.6 La Misión	28
1.4.7 La Visión.....	28
1.4.8 La Política de Calidad y Ambiente	28
1.4.9 Los Objetivos Estratégicos – Las Estrategias	29
1.4.10 Las Funciones	30
1.4.11 La Organización y Estructura.....	31

1.4.11.1 La Junta Directiva	32
1.4.11.2 La Presidencia	32
1.4.11.3 La Economía Social y el Desarrollo Endógeno	32
1.4.11.4 La Consultoría Jurídica	32
1.4.11.5 La Contraloría Interna.....	32
1.4.11.6 La Gerencia de Planificación y Presupuesto.....	32
1.4.11.7 La Gerencia de Ingeniería Industrial.....	33
1.4.11.8 La Gerencia de Administración y Finanzas	33
1.4.11.9 La Gerencia de Sistemas y Organización.....	33
1.4.11.10 La Gerencia de Logística	33
1.4.11.11 La Gerencia de Investigación y Desarrollo.....	34
1.4.11.12 La Gerencia de Personal.....	34
1.4.11.13 La Gerencia de Comercialización	34
1.4.11.14 La Gerencia General de Planta.....	34
1.4.11.15 La Gerencia de Mantenimiento Industrial.....	34
1.4.11.16 La Gerencia de Suministros Industriales.....	35
1.4.11.17 La Gerencia de Control de Calidad y Procesos.....	35
1.4.12 Proceso Productivo	35
1.4.12.1 La Planta de Carbón	35
1.4.12.2 La Planta de Reducción.....	35
1.4.12.3 La Planta de Colada	36
1.5 LA JUSTIFICACION	37
1.6 LA PLATAFORMA Y LAS NORMAS.....	38
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	39
2.1 LOS ANTECEDENTES.....	39
2.2 LA FACTIVILIDAD	40
2.2.1 La Factibilidad Operativa.....	40
2.2.2 La Factibilidad Técnica.....	40

2.2.3	Factibilidad Económica.....	41
2.2.4	Los Objetivos de la Factibilidad.....	41
2.3	EL MANTENIMIENTO.....	42
2.3.1	La Importancia del Mantenimiento.....	42
2.3.2	Los Tipos de Mantenimiento.....	43
2.3.2.1	Los Mantenimiento Preventivo.....	43
2.3.2.2	El Mantenimiento Predictivo.....	43
2.3.2.3	El Mantenimiento Correctivo.....	43
2.3.2.4	El Mantenimiento Proactivo.....	44
2.4	EL EQUIPO DE INTERRUPCION (SWITCHGEAR).....	45
2.5	EL TRANSFORMADOR.....	45
2.5.1	El Transformador Elevador.....	45
2.5.2	El Transformador Reductor.....	46
2.6	EL CONMUTADOR EN LÍNEA.....	46
2.5	LA TERMOGRAFIA.....	47
2.6.1	La Termografía en el Mantenimiento Industrial Preventivo.....	48
2.6.2	Aplicaciones de la Termografía en el Mantenimiento Preventivo Industrial.....	48
2.6.3	Ventajas del Mantenimiento Preventivo por Termovisión.....	48
2.7	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.....	49
2.7.1	Tipos De Cortocircuitos.....	50
2.7.1.1	La Falla Trifásica.....	51
2.7.1.2	La Falla Monofásica a Tierra.....	51
2.7.1.3	La Falla de Línea a Línea.....	52
2.7.2	Prevención de Fallas.....	52
2.7.3	La Disminución de los Efectos de una Falla.....	53
2.7.4	Los Fundamentos de las Componentes Simétricas.....	53
2.7.5	Las Fallas en un Sistema de Potencia.....	55
2.8	LA CAÍDA DE TENSIÓN.....	56

2.9 EL ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)	57
2.8.1 Potencialidades del Módulo STAR del ETAP:.....	58
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	59
3.1. EL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	59
3.2 EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.3 LA POBLACIÓN	61
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	61
3.4.1 La Observación Directa, Participante	62
3.4.2 La Entrevista No Estructurada	62
3.4.3 La Revisión Documental.....	63
3.5 LOS PROCEDIMIENTOS Y EL ANÁLISIS DE LOS DATOS	63
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DESCRICION DEL SISTEMA.....	64
4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE ESTARÁN SOMETIDOS A LA INTERCONEXIÓN	64
4.1.1 El Armario de Potencia	64
4.1.2 El Equipo de Interrupción	64
4.1.2.1 Las Normas que rigen las pruebas eléctricas a los Equipos de Interrupción.	64
4.1.3 El Panel de Potencia.....	64
4.1.3.1 Las Normas eléctricas que rigen a los paneles de potencia.	65
4.2 LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS QUE SE REALIZAN A LOS ARMARIOS DE POTENCIA DURANTE EL MANTENIMIENTO.	65
4.2.1 Parte del mantenimiento preventivo de los armarios de potencia	65
4.2.1.1 El Aspirado	65
4.2.1.2 El Lavado	65
4.2.1.3 El Soplado	66
4.2.1.4 La Prueba de Funcionabilidad de Equipo	66

4.2.1.5 El Ajuste de Contactos en Sistemas e Instalaciones	66
4.2.2 La Medición de la Resistencia de Aislamiento	66
4.2.3 La Termografía.....	67
4.3 CARGAS ELÉCTRICAS, CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO Y LAS FALLAS A TIERRA EN LOS PANELES DE POTENCIA.	67
4.3.1 Las Cargas Eléctricas	67
4.3.1.1 La Capacidad de Corriente.....	69
4.3.1.2 Caída de Tensión	69
4.3.2 La Corriente de Cortocircuito	72
4.3.4 Las Fallas a Tierra.....	86
4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CONMUTADORES EN LÍNEA Y CONDUCTORES QUE ESTARÁN SUJETO A LA INTERCONEXIÓN.....	87
4.4.1 El Conmutador en Línea	87
4.4.1.1 Características Generales	87
4.4.1.2 Las Normas	88
4.4.1.3 Las Certificaciones.....	89
4.4.1.4 Las Especificaciones Técnicas.....	89
4.4.1.5 Las Dimensiones	90
4.4.1.6 Caja Para el Conmutador	90
4.4.1.7 Los Accesorios.....	91
4.4.2 Conductor.....	92
4.4.2.1 Las Normas	93
4.4.2.2 El Aislamiento.....	93
4.4.2.3 El Conductor	93
4.4.3 Las Canalizaciones.....	94
4.4.3.1 El Cálculo de las Bandejas.....	98
4.4.4 Los Voltímetros.....	99

4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PRODUCTOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN	101
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADO.....	104
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍAS	109
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO E	¡Error! Marcador no definido.
Plano 01 - 01 - ED – 4002 (Distribución Eléctrica del Complejo I);	¡Error! Marcador no definido.
Plano 01 - 01 - EB – 4017 (Diagrama General de Carga);	¡Error! Marcador no definido.
50 - 01 - EA - 4020 (Ubicación de los Paneles de Potencia);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4001 (Paneles de Potencia 50-PP-21 y 50-PP-22);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4002 (Paneles de Potencia 50-PP-23 y 50-PP-25);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4003 (Paneles de Potencia 50-PP-26 y 50-PP-27);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4004 (Paneles de Potencia 50-PP-11 y 50-PP-12);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4005 (Paneles de Potencia 50-PP-13 y 50-PP-15);	¡Error! Marcador no definido.
50-01-EP-4006 (Paneles de Potencia 50-PP-16 y 50-PP-17);	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO F	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO G.....	¡Error! Marcador no definido.
Espacios Disponibles para Ubicación de los Conmutadores en Línea;	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO H.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO I	¡Error! Marcador no definido.
Proceso Productivos	¡Error! Marcador no definido.

ANEXO J;Error! Marcador no definido.

ANEXO K.....;Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1.1 Ubicación geográfica de CVG Venalum.....	8
1.2 Estructura organizacional de CVG Venalum.....	18
2.1 Switchgear.....	26
2.3 Armario de transformador.....	27
2.4 Conmutador en línea.....	27
2.5 Conmutador en línea.....	28
2.6 Falla trifásica.....	31
2.7 Falla de fase a tierra.....	32
2.8 Falla de fase a fase.....	32
2.9 Componente simétrica.....	35
2.10 Vista general del programa ETAP.....	36
4.1 El Análisis Termográfico de la de la conexión de la barra	45
4.2 Diagrama eléctrico de la línea 1 de Complejo I.....	54
4.3 Diagrama eléctrico en MVA de la línea 1 de Complejo I.....	56
4.4 Diagrama eléctrico simplificado en MVA.....	57
4.5 Diagrama eléctrico de la línea 2 de Complejo I.....	62
4.6 Voltímetro indicadores de fallas fase-fase a tierra.....	65
4.7 Conmutador en línea (transferidor).....	67
4.8 Dimensiones en (mm) Conmutador en línea (transferidor).....	69
4.9 Caja o armario para Conmutador en línea (transferidor).....	69
4.10 Cerradura de seguridad del Conmutador.....	70
4.11 Eje prolongado del Conmutador.....	71
4.12 Carrete de cable.....	71
4.13 Bandeja.....	73
4.14 Voltímetro.....	77
4.15 Dimensiones del Voltímetro.....	78

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1.1 Espacio físico de CVG Venalum.....	8
1.2 Objetivos estratégicos de CVG Venalum.....	12
2.1 Tasa de ocurrencia de fallas en equipos eléctricos.....	36
4.1 Carga eléctrica conectada.....	46
4.2 Resistencia eléctrica y reactancia inductiva para cable de cobre.....	48
4.3 Factor de potencia.....	49
4.4 Alimentador del sistema.....	52
4.5 Transformadores del sistema.....	52
4.6 MVA de los alimentadores pertenecientes a la línea 1 del Complejo I...	54
4.7 MVA de las barras pertenecientes a la línea 1 del Complejo I.....	55
4.8 Valores teóricos de la corriente de cortocircuito (I_{cc}) en las barras SB1 y SB2.....	61
4.9 Valor teórico de I_{max} , $I_{cc(inst)}$, $I_{cc(rupt)}$ en las barras SB1 y SB2.....	61
4.10 MVA de los alimentadores pertenecientes a la línea 2 del Complejo I...	63
4.11 MVA de las barras pertenecientes a la línea 2 del Complejo I.....	64
4.12 Valores teóricos de la corriente de cortocircuito (I_{cc}) en las barras SB3 y SB4.....	64
4.13 Valor teórico de I_{max} , $I_{cc(inst)}$, $I_{cc(rupt)}$ en las barras SB3 y SB4.....	65
4.14 Corrientes nominales de los conmutadores en línea.....	67
4.15 Intensidad térmica, rapidez dieléctrica de los conmutadores en línea....	67
4.16 Apertura, cierre y números de ciclos de los conmutadores en línea.....	68
4.17 Capacidad del conmutador en línea.....	68
4.18 Intensidad de empleo del conmutador en línea.....	68
4.19 Potencia de empleo y comportamiento ante cortocircuito del conmutador.....	68

4.20	Descripción de Caja Para conmutador	70
4.21	Especificaciones de los conductores de potencia	72
4.22	Especificaciones de bandejas PVC M1	73
4.23	Especificaciones de bandejas PVC Bandequint	73
4.24	Dimensiones de bandejas	74
4.25	Tipo de soporte de bandeja	75
4.26	Especificaciones del conductor para selección de bandeja	75
4.27	Capacidad de carga y transportar conductores en bandeja	76
4.28	Información de conductores para calculo de bandeja	76
4.29	Información y dimensiones de Voltímetros	78
4.30	Modelo y dimensiones de Voltímetro	78
4.31	Análisis económico general de los productos y materiales	79

1.1 EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La corporación Venezolana de Guayana (CVG) galante de los desarrollos industriales engloba en su conglomerado a una potencia del aluminio, como es CVG. VENALUM. La industria Venezolana del aluminio, se constituyo el 29 de agosto de 1973, con el objetivo de producir aluminio primario en diversas formas con fines de exportación, convirtiéndose en una empresa mixta, con una capacidad instalada de 430.000 toneladas al año; desde su inauguración oficial, se ha convertido, paulatinamente en uno de los pilares fundamentales de la economía venezolana, y constituye a su vez la planta más grande de Latinoamérica en su tipo. Esta produce y comercializa aluminio y con la participación de sus trabajadores mejora de forma continua su sistema de gestión, en este sentido garantiza los requerimientos de sus clientes, además prevee la contaminación asociada a las emisiones atmosféricas, afluentes líquidos y desechos, y así cumple con la legislación y otros requerimientos que suscriba la empresa en materia de calidad y ambiente; y se rige por estándares internacionales como las normas ISO 9001-2000 y la marca norven en materia de calidad. También cuenta con un desarrollo de las normas ISO 14000 y FONDO NORMA en materia de ambiente y seguridad.

Perteneciente a esta gerencia se encuentra el Complejo I, el cual lleva a cabo en las celdas el proceso de reducción electrolítica, que hace posible la transformación de la alúmina en aluminio. El departamento de ingeniería de mantenimiento industrial, es el encargado de velar por el buen funcionamiento de las celdas electrolíticas, es por ello que su gestión de mantenimiento preventivo incluye aspirado, lavado, soplado (alta presión de aire), funcionabilidad del equipo, ajustes de contactos en sistemas e instalaciones.



El mantenimiento preventivo ahorra paradas no previstas y costosas que causan pérdida de producción en las líneas I y II, que enmarca el complejo I de la CVG VENALUM, es por ello que una de las formas de optimizar el mantenimiento de los equipos de interrupción, sería la colocación de Conmutadores en línea que contengan indicadores auxiliares que permitan la visualización de las líneas antes de transferir de una a otra, con el fin de evitar cortocircuito en las líneas a causa de fallas a tierra; ya que actualmente hay que realizar cortes momentáneos (aproximadamente 5 min.) del servicio eléctrico que alimenta a los equipos de interrupción, dejando inhabilitado los paneles de potencia que alimenta las áreas de control de las celdas electrolíticas.

Debido a esto, el personal encargado del mantenimiento, debe estar presente en cada uno de los puntos del sistema para su respectiva revisión. Esto implica riesgos al personal por las altas temperaturas, el ambiente contaminante y las grandes estructuras que se localizan en el área del complejo I; la interconexión de los equipos de interrupción de la línea I (S_1 , S_2) con los de la línea II (S_1 , S_2) permitirá un adecuado mantenimiento que garantizará la vida útil del equipo, y se resguardara la salud de los empleados, además se ahorra en la producción y se evitan pérdidas humanas; y de esta manera se cumple con las normas de calidad y seguridad industrial.

El trabajo de grado esta dirigido a obtener los parámetros necesarios para realizar un sistema de interconexión entre los equipos de interrupción de la línea I (S_1 , S_2) con los paneles de distribución de potencia de los equipos de interrupción (S_3 , S_4), de igual forma permitirá la interconexión entre los equipos de interrupción de la línea II (S_3 , S_4) con los paneles de distribución de potencia de los equipos de interrupción (S_1 , S_2); esta interconexión estará sujeta a un sistema de Conmutadores en línea (transferidores), a fin de proporcionar más comodidad en el mantenimiento, y eliminar los riesgos eléctricos al personal, para lograr una integración de todas las aéreas y subsistemas, y obtener una mayor precisión en los procesos, y con ello aumentar la vida útil de los equipos, para reducir costos y salvaguardar vidas humana.



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar la factibilidad de interconexión entre los Switchgear de las líneas I y II del Complejo I de CVG VENALUM.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Describir los elementos que estarán sometidos a la interconexión de los paneles de potencia que conforman los Switchgear de las líneas I y II.
2. Identificar las pruebas eléctricas que se realizan a los armarios de potencia durante el mantenimiento preventivo.
3. Determinar las cargas eléctricas, corrientes de cortocircuito y fallas a tierra en los paneles de potencia.
4. Elaborar especificaciones técnicas de los Conmutadores en línea y conductores que estarán sujeto a la interconexión.
5. Realizar un análisis económico de productos y materiales necesarios para la implementación de la interconexión.

1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La industria Venezolana del Aluminio (CVG VENALUM), constituye la mayor planta productora de aluminio primario del país, la cual lo comercializa en el mercado nacional como internacional, a precios competitivos y ofrece de forma permanente a sus clientes productos que satisfacen sus expectativas, tanto en calidad como en cantidad y costo. Para esto cuenta con diversas áreas que intervienen directa o indirectamente en el proceso productivo, entre las cuales resaltan: carbón, colada y reducción; esta última es la encargada de manera directa de la obtención de aluminio líquido a través de procesos electrolíticos con grandes potenciales de Voltaje y



corrientes operados las 24 horas del día y los 365 días del año en sus cinco líneas de producción.

1.4 RESEÑA HISTÓRICA

La Industria Venezolana de Aluminio, C.A. (CVG VENALUM), se constituyó el 29 de Agosto de 1973, con el objeto de producir aluminio primario en diversas formas con fines de exportación, convirtiéndose en una empresa mixta, con una capacidad de 150.000 toneladas al año y un capital mixto de 34.000 millones de bolívares; donde el 80% fue suscrito por seis empresas japonesas y el 20% por la Corporación Venezolana de Guayana.

En 1974 el 80% del capital, fue representado por la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), y un 20% de capital extranjero, suscrito por el consorcio japonés integrado por Showa Denko K.K., Kobe Steel Company Ltd, Sumimoto Chemical, Mitsubishi Material Corp., Mitsubishi Aluminium Co. y Marubeni Corporation.

Posteriormente la propuesta fue considerada por el Ejecutivo Nacional, para Octubre de 1974 VENALUM amplía su capacidad a 280.000 toneladas al año y se negocia con los socios japoneses, no solo el incremento del capital social, sino también un cambio estructural que favorece a Venezuela, para lo cual la CVG toma posesión del 80% de las acciones, mientras que la participación japonesa se reduce al 20%.

El 11 de Diciembre de 1974 el capital fue aumentado a 550.000.000 bolívares, por resolución de la asamblea general Extraordinaria de Accionistas. En Octubre de 1978 el capital se incrementó a 750.000.000 bolívares. Donde este aumento fue totalmente suscrito por el Fondo de Inversiones de Venezuela (F.I.V.). Finalmente el 12 de Diciembre de 1978 por resolución de la Asamblea de Accionistas, el capital fue aumentado a 1000.000.000 bolívares, quedando conformado de la siguiente manera:



Tanto la construcción, tecnología, entrenamiento del personal y la asistencia técnica, para el arranque de la planta fue suministrada por la compañía japonesa SHOWA DENKO. Luego, al obtener la CVG una participación mayoritaria, se contrata a REYNOLDS INTERNATIONAL INCORPORATED para prestar asesoramiento técnico a la construcción de una planta con una capacidad para 280.000 toneladas al año.

Con la finalidad de aumentar la producción de aluminio se realizó un proyecto de mejoras operativas y la expansión de una línea de celdas (V Línea), que constituye el proyecto más sólido realizado por VENALUM, al permitir la instalación de 180 celdas de reducción electrolítica.

En cuanto a la ampliación, la planta tendría ahora cuatro líneas de reducción de 280 celdas cada una, para un total de 720 celdas, con la alimentación central y un sistema de control automatizado del proceso.

En 1977 se inicia el funcionamiento de la planta de cátodos y el muelle de carga y descarga sobre el margen del Río Orinoco para atracar barcos de hasta 30.000 toneladas. El 27 de Enero de 1978 arranca la celda 302 de la sala 3, línea II. Al día siguiente se produce aluminio por primera vez en VENALUM.

La primera línea de celdas fue puesta en marcha el 27 Enero de 1975 y fue terminada en Diciembre de 1978 y la última línea de las primeras cuatro se comenzó el 27 de Octubre de 1978.

Desde su inauguración oficial, VENALUM se ha convertido, paulatinamente en uno de los pilares fundamentales de la economía venezolana, y constituye a su vez la planta más grande de Latinoamérica en su tipo, con una fuerza laboral de 3.200 trabajadores aproximadamente y una de las instalaciones más modernas del mundo; con lo cual se producen 440.000 toneladas de aluminio primario por año. Parte de este producto se integra al mercado nacional, mientras un mayor porcentaje es destinado a la exportación, de tal manera que el 75% de la producción esta destinado



a los mercados de los Estados Unidos, Europa y Japón, mientras que el 25% restante es colocado en el mercado nacional.

El periodo económico fue cerrado con 400 celdas en funcionamiento y una producción de 112.503 toneladas de aluminio. Para 1980 se logra culminar el proyecto al entrar en funcionamiento las 720 celdas y se alcanza la operación a plena capacidad de producción en 1981. Para el año 1985 se comienza a construir un complejo de reducción de aluminio que lleva por nombre V Línea, el cual estaría formado por 180 celdas electrolíticas del tipo Niagara, La V Línea fue terminada de construir y puesta en funcionamiento en el año 1987 y entra en plena operación en 1989, con una capacidad de producción de 1.722 Kg de aluminio por día.

En el año 1986 se dio inicio a un ambicioso programa de ampliación de la planta con una nueva línea de producción: V Línea, el más sólido proyecto consolidado por la Operadora de Aluminio, al permitir la instalación de 180 celdas de reducción electrolítica, equipada con ánodos precocidos que operan a 230 kA y 93% de eficiencia de corriente, convirtiéndose en la segunda reductora de aluminio en el ámbito mundial, con capacidad de producción superior a las 400.000 toneladas al año.

Para el año 1993, la industria del aluminio CVG VENALUM se une administrativamente a la CVG BAUXILUM. En 1996 por primera vez en su historia VENALUM alcanzó su máxima capacidad de producción instalada, 430.000 toneladas de aluminio primario, un logro sin precedentes, lo cual coloca a esta industria como líder en el mercado internacional, especialmente como la mayor planta productora de metal en el mundo occidental.

La constitución de esta nueva sociedad trajo consigo complejidades e ineficiencia en el desenvolvimiento competitivo de las Empresas del Aluminio en los mercados, fue entonces cuando la Asamblea General de Accionistas de la Empresa Corporación de Aluminios de Venezuela (CAVSA) conjuntamente con el Directorio de la Corporación Venezolana de Guayana, aprobó el 4 de Abril de 2002, la



disolución de esta sociedad de tal forma que cada empresa obtuvo su autonomía de gestión.

A raíz de la disolución de estas Empresas, la CVG VENALUM, C.A. modificó su estructura organizativa y decidió adecuarse a la nueva versión de la ISO 9001:2000, la cual especifica los requisitos para los Sistema de Gestión de la Calidad aplicables a toda organización.

CVG VENALUM, C.A. al trabajar sobre esta nueva meta, logró cumplir con todos los requisitos exigidos por la ISO 9001:2000, e implantó satisfactoriamente el Sistema de Gestión de la Calidad, el 30 de Enero de 2004 en el proceso de Colada y toda la línea de productos, y se motiva así a continuar por el Sendero de la Excelencia, y se orienta hacia el logro del Mejoramiento Continuo.

1.4.1 Espacio Físico

La empresa cuenta con un área suficiente para su infraestructura actual y para desarrollar aun más su capacidad en el futuro (ver tabla # 1.1):

**Tabla No. 1.1 Espacio Físico de CVG VENALUM.
Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM.**

AREA TOTAL	1.455.634,78 M2
Área Techada	233.000 m ² (Edificio Industrial)
Área Construida	14.808 m ² (Edificio administrativo)
Áreas Verdes	40 Hectáreas
Carreteras	10 Km.

1.4.2 Ubicación Geográfica

La CVG VENALUM esta ubicada en la zona Industrial Matanzas en Ciudad Guayana, urbe creada por decreto presidencial el 2 de Julio de 1961 mediante fusión de Puerto Ordaz y San Félix. La escogencia de la zona de Guayana, como sede de la



gran industria del aluminio, no obedece a razones fortuitas; sino por reunir innumerables recursos naturales, ya que esta zona está integrada por los Estados Bolívar, Delta Amacuro y Amazonas, y además ubicada al sur del Río Orinoco y con una porción de 448.000 Km², ocupa exactamente la mitad de Venezuela.

El agua constituye el recurso básico por excelencia en la región guayanesa, regada por los ríos más caudalosos del país, como el Orinoco, Caroní, Paraguas y Cuyuní, entre otros.

La planta hidroeléctrica “Raúl Leóni” en Gurí, con una capacidad de generación instalada de 10 millones de Kw, es una de las plantas hidroeléctricas de mayor potencia instalada en el mundo, y su energía es requerida por las empresas de Guayana, para la producción de acero, alúmina, aluminio, mineral de hierro y ferro silicio. La navegación a través del Río Orinoco en barcos de gran calado en una distancia aproximada de 184 millas náuticas (314 Km) hasta el Mar Caribe. Todos estos privilegios y virtudes habidos en la región de Guayana, determinan su notable independencia en materia de insumos y un alto grado de integración vertical en el proceso de producción de aluminio, (ver figura No. 1.1).



Figura No. 1.1 Ubicación Geográfica de CVG VENALUM.
Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM.

1.4.3 Descripción de la Empresa

La empresa CVG VENALUM se encarga de la producción del aluminio, y utiliza como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio, litio y magnesio). Este proceso de producir aluminio se realiza en celdas electrolíticas.

Dentro del proceso de producción de la planta industrial principal, existen otras plantas de alimentación que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma, los cuales son: la Planta de Carbón, Planta de Colada, Planta de Reducción e instalaciones auxiliares.

1.4.4 El Sector Productivo

La industria del aluminio C.V.G. VENALUM, es una empresa de sector productivo secundario, ya que esta se encarga de transformar la alúmina (materia prima) en aluminio, el cual es procesado en diferentes formas: cilindros, pailas, lingotes, etc., de acuerdo a los pedidos realizados por sus clientes.



1.4.5 El Tipo de Mercado

La estructura de mercado de esta industria es del tipo Monopolio de Estado, por ser una de las dos industrias del aluminio existentes en el país, las cuales no compiten entre sí por pertenecer a la misma corporación.

1.4.6 La Misión

La CVG VENALUM tiene por misión producir y comercializar productos de aluminio con la participación protagónica de sus trabajadores, accionistas, clientes, proveedores y la comunidad organizada bajo un sistema de gestión que garantice productividad, calidad integral, seguridad, salud y la conservación del ambiente a fin de impulsar el Desarrollo Endógeno Industrial del país.

1.4.7 La Visión

La CVG VENALUM se convertirá en el epicentro del Desarrollo Endógeno de la industria nacional del aluminio, contribuyendo así a la transformación del modelo económico que garantice la soberanía productiva del país.

1.4.8 La Política de Calidad y Ambiente

La CVG VENALUM, con la participación de sus trabajadores y proveedores, produce, comercializa aluminio y mejora de forma continua su sistema de gestión, comprometiéndose a:

- Garantizar los requerimientos del cliente.
- Prevenir la contaminación asociada a las emisiones atmosféricas, efluentes líquidos y desechos.
- Cumplir la legislación y otros requisitos que suscriba la empresa en materia de calidad y ambiente.



1.4.9 Los Objetivos Estratégicos – Las Estrategias

La CVG VENALUM ha logrado posicionarse en el mercado nacional e internacional satisfactoriamente mediante el establecimiento de objetivos y estrategias claras. Estrategias que permiten el cumplimiento de las metas organizacionales e individuales de la empresa (ver tabla No. 1.2)

Tabla No. 1.2 Objetivos Estratégicos de CVG VENALUM.
Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM.

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Impulsar el desarrollo de la cadena transformadora nacional.	<ul style="list-style-type: none"> - Promover la reactivación, desarrollo, fortalecimiento y creación de empresas transformadoras. - Incrementar la capacidad instalada mediante la participación protagónica de los trabajadores incrementando la inversión nacional y extranjera.
Garantizar el suministro a la industria transformadora nacional	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el volumen de venta al sector transformador nacional. - Garantizar la rentabilidad de la empresa. - Contribuir a reactivar el parque metalmeccánico nacional.
Contribuir a la transformación del nuevo Modelo económico.	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyar a las Misiones sociales e impulsar iniciativas autogestionadas.
Facilitar la participación de los trabajadores en la acción empresarial.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar la Responsabilidad Social Empresarial.
Diversificar las relaciones internacionales de la República.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar las ventas directas a mercados naturales de Latinoamérica y el Caribe. - Promover la inversión.



Alcanzar altos niveles de calidad en nuestro propio procesos y productos.	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar satisfacción de clientes y asegurar el cumplimiento de sus expectativas. - Garantizar el sistema de gestión a través de mantenimiento y de mejora continua. - Garantizar trabajadores capacitados y motivados que laboren en condiciones seguras. - Promover la consolidación de proveedores corresponsables. - Adecuar la empresa a las regulaciones ambientales vigentes para contribuir a mejorar la calidad de vida de los trabajadores y las comunidades de su entorno.
Contribuir al Desarrollo del Eje Orinoco – Apure	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir al desarrollo rural integrado.

1.4.10 Las Funciones

La industria venezolana del aluminio, tiene con principal función producir y comercializar aluminio primario y sus derivados en forma rentable. Para cumplir con este propósito la CVG VENALUM se orienta hacia aquellos productos y mercados que resulten estratégicamente atractivos. Es una empresa dedicada a la excelencia, a los costos más bajos posibles de la industria y participar en aquellos negocios que ofrezcan las mayores posibilidades de crecimientos y utilidad. Entre las funciones que conforman la industrial del aluminio se pueden mencionar:

Producción: alcanzar el nivel óptimo de productividad, para responder a las exigencias del mercado bajo controles de calidad establecidos, asegurar las mejores condiciones de rentabilidad y seguridad, en concordancia con la capacidad instalada y de acuerdo a las exigencias de los mercados internacionales con relación a calidad, costo y oportunidad.

La Comercialización: optimizar la gestión de comercialización para elevar las ventas de la empresa y cumplir oportunamente con los requerimientos y necesidades del mercado.



La Tecnología: establecer y desarrollar la tecnología adecuada para alcanzar una producción eficiente, que aumente la competitividad de la industria del aluminio.

La Mercado y Ventas: maximizar los ingresos de la empresa mediante la venta de productos, cumpliendo oportunamente con los clientes, con la calidad requerida y a precios competitivos.

La Procura: Garantizar la adquisición de materia prima, equipos, insumos y servicios en la calidad y oportunidad requerida a costos competitivos.

La Finanzas: mantener una adecuada estructura financiera que contribuya a mejorar la competitividad y el valor de la empresa.

La Organización: disponer de una óptima estructura organizativa de los sistemas de soportes que faciliten el cabal cumplimiento de los objetivos de la empresa.

La Recursos Humanos: disponer de un recurso humano competente, identificado con la organización de la empresa y asegurar que sea el más efectivo y especializado.

La Imagen: proyectar a la CVG VENALUM como una empresa rentable competitiva vinculada con el desarrollo nacional y regional.

1.4.11 La Organización y Estructura

La estructura organizativa de CVG Venalum C.A, es de tipo lineal y de asesoría, las líneas de autoridad y responsabilidad se encuentran bien definidas. Fue reestructurada y aprobada por la Corporación Venezolana de Guayana, después de la suspensión de funciones de la Corporación Venezolana de Aluminio (CAVSA).

Está constituida por gerencias administrativas y operativas, y seguidamente se señala una breve descripción de cada unidad organizacional (ver Figura # 1.2).



1.4.11.1 La Junta Directiva

Esta es la principal unidad que conforma la estructura de la empresa. Su función es dirigir los movimientos realizados en la empresa. Está constituida por los accionistas japoneses y venezolanos.

1.4.11.2 La Presidencia

Es una unidad de línea, adscrita directamente a la Junta Directiva. Su misión es orientar la administración y funcionamiento de la organización hacia el logro de los objetivos previstos, en concordancia con las disposiciones de la Junta Directiva y de la Asamblea de Accionistas. Además, tiene como apoyo a la Consultoría Jurídica y la Gerencia de Enlace con accionistas.

1.4.11.3 La Economía Social y el Desarrollo Endógeno

Es una unidad staff a la presidencia.

1.4.11.4 La Consultoría Jurídica

Es otra unidad de apoyo a la Presidencia, cuya obligación es mantener las actuaciones de la compañía dentro del marco legal vigente, orientado a la administración sobre leyes decretos y reglamentos legales, judiciales y extrajudiciales que le sean confiados.

1.4.11.5 La Contraloría Interna

Es otra unidad de apoyo adscrita a la Presidencia, cuyo objetivo es asegurar la salvaguarda de los intereses de la sociedad, vela por el cumplimiento de las disposiciones legales reglamentarias y por la normativa interna vigente.

1.4.11.6 La Gerencia de Planificación y Presupuesto

Es otra unidad de apoyo adscrita a la Presidencia, cuya función es controlar la



situación económica y financiera de la empresa.

1.4.11.7 La Gerencia de Ingeniería Industrial

Es otra unidad de apoyo adscrita a la Presidencia y se encarga de suministrar los servicios de asesoría y asistencia técnica en materia de Ingeniería de Métodos y Económica, para garantizar la calidad y conllevar a la optimización en el uso de los recursos, así como la mejora continua de sus procesos.

1.4.11.8 La Gerencia de Administración y Finanzas

Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia. Su gestión es dirigir la tarea administrativa, financiera y contable, garantiza las operaciones presentes y futuras, dentro de la política y estrategias aprobadas por la Alta Dirección, con apego a las leyes y disposiciones que rigen la materia.

1.4.11.9 La Gerencia de Sistemas y Organización

Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia, cuya misión es dirigir la instalación, mantenimiento y control de los sistemas de computación, además de diseñar, organizar e implementar los procesos administrativos de la empresa.

1.4.11.10 La Gerencia de Logística

Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia, cuyo objetivo es garantizar la gestión de procura de insumos, bienes y servicios en las mejores condiciones de oportunidad, calidad, costos y resguardo, control y despacho de los materiales requeridos para asegurar la continuidad de los procesos de extracción de bauxita y de producción de alúmina y aluminio.



1.4.11.11 La Gerencia de Investigación y Desarrollo

Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia, cuyo cometido es generar innovaciones tecnológicas y determinar la factibilidad de adaptación de nuevas tecnologías, con el fin de aumentar la rentabilidad, competitividad e imagen de la empresa.

1.4.11.12 La Gerencia de Personal

Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia, que se asegura de la disponibilidad de recursos humanos cónsonos con los requerimientos de la empresa y las condiciones para que la actividad laboral se desarrolle en concordancia con los parámetros de eficiencia y productividad exigidos.

1.4.11.13 La Gerencia de Comercialización

Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia, que se encarga de garantizar la colocación y transporte oportuno de los productos terminados y subproductos industriales, en los mercados nacionales e internacionales, así como el traslado de la materia prima, bienes y materiales de importación.

1.4.11.14 La Gerencia General de Planta

Es una unidad de apoyo, adscrita a la Presidencia, la cual garantiza la producción de aluminio primario y sus aleaciones en condiciones de eficiencia y productividad definidas en los planes y metas propuestos.

1.4.11.15 La Gerencia de Mantenimiento Industrial

Es una unidad lineal de servicios a las áreas de producción, adscrita a la gerencia general de planta. Su misión es garantizar los planes de mantenimiento y servicios de ingeniería, instrumentación, talleres e industriales en concordancia con los parámetros de calidad, rentabilidad y oportunidad, de acuerdo a los requerimientos de las áreas de producción, mediante una gestión integral y



mejoramiento continuo de sus procesos, condiciones de trabajo y medio ambiente.

1.4.11.16 La Gerencia de Suministros Industriales

Esta adscrita a la Gerencia General de Planta es una unidad de línea y de servicios a las Gerencias de Producción.

1.4.11.17 La Gerencia de Control de Calidad y Procesos

Es una unidad funcional de servicios a las áreas de producción, logística, comercialización y esta adscrita a la Gerencia General de Planta.

1.4.12 Proceso Productivo

La empresa realiza tres (3) procesos principales distribuidos en tres plantas: la de carbón, la de reducción y la de colada.

1.4.12.1 La Planta de Carbón

En la Planta de Carbón y sus instalaciones se fabrican los ánodos que hacen posible el proceso electrolítico. En el Área de Molienda y Compactación se construyen los bloques de ánodos verdes a partir de choqué de petróleo, alquitrán y remanentes de ánodos consumidos. Los ánodos son colocados en hornos de cocción, con la finalidad de mejorar su dureza y conductividad eléctrica. Luego el ánodo es acoplado a una barra conductora de electricidad en la Sala de Envarillado.

La Planta de Pasta Catódica produce la mezcla de alquitrán y antracita que sirve para revestir las celdas, que una vez cumplida su vida útil, se limpian, se reparan y reacondicionan con bloques de cátodos y pasta catódica.

1.4.12.2 La Planta de Reducción

En las celdas se lleva a cabo el proceso de reducción electrolítica que hace posible la transformación de la alúmina en aluminio. El área de Reducción esta



compuesta por Complejo I, II, y V Línea para un total de 900 celdas, 720 de tecnología Reynolds y 180 de tecnología Hydro Aluminium. Adicionalmente, existen 5 celdas experimentales V-350, un proyecto desarrollado por ingenieros venezolanos al servicio de la empresa. La capacidad nominal de estas plantas es de 430.000 t/año. El funcionamiento de las celdas electrolíticas, así como la regulación y distribución del flujo de corriente eléctrica, son supervisados por un sistema computarizado que ejerce control sobre el voltaje, la rotura de costra, la alimentación de alúmina y el estado general de las celdas.

1.4.12.3 La Planta de Colada

El aluminio líquido obtenido en las salas de celdas es trasegado y trasladado en crisoles al área de Colada, donde se elaboran los productos terminados. El aluminio se vierte en hornos de retención y se le agregan, si es requerido por los clientes, los aleantes que necesitan algunos productos.

Cada horno de retención determina la colada de una forma específica: lingotes de 10 Kg. con capacidad nominal de 20.100 t/año., lingotes de 22 Kg. con capacidad de 250.000 t/año, lingotes de 680 Kg. con capacidad de 100.000 t/año, cilindros con capacidad para 85.000 t/año y metal líquido. Concluido este proceso el aluminio esta listo para la venta a los mercados nacionales e internacionales.

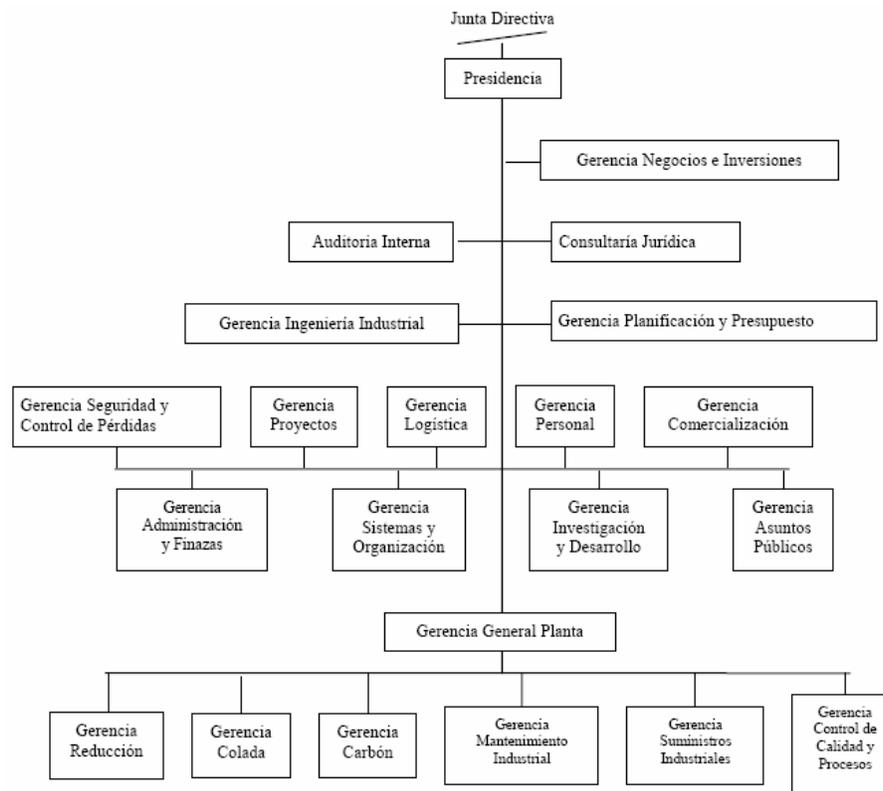


Figura No. 1.2 Estructura organizacional de CVG VENALUM.
Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM.

1.5 LA JUSTIFICACION

El estudio de factibilidad de la interconexión de los equipos de interrupción de las línea I y II, tiene un impacto directo sobre la seguridad eléctrica y la operación continua de los instrumentos y equipos que controlan el funcionamiento de las celdas electrolíticas usadas en la reducción de aluminio, de igual forma evita los riesgos al personal en la ejecución del mantenimiento.

En vista de esto, se requiere determinar los parámetros para la ejecución de dicha interconexión eléctrica cumpliendo con las condiciones de funcionamiento a la



cual estará expuesta; determinando los niveles de carga y cortocircuito que manejará. De igual forma se requiere de un estudio económico de materiales y equipos para la implementación de la misma.

1.6 LA PLATAFORMA Y LAS NORMAS

Para la realización del estudio planteado se tomarán en cuenta la siguiente normativa:

- IEEE Std 399 1997 Power System Analysis – the Brown Book
- IEEE Std 141 1993 Electric Power Distribution for Industrial Plants – the Red Book
- IEC 781 Application guide for calculation of short-circuit currents in low voltage radial systems.
- IEC 60909-0 2001 Short-Circuit Currents in Three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of Currents
- IEC 60909-4 2000 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents

El estudio será realizado utilizando el software especializado de ingeniería eléctrica ETAP PowerStation (Electrical Transient Analyzer Program). Es un programa gráfico de análisis transitorio de sistemas eléctricos de potencia, que permite construir diagramas unifilares, disposición de alimentadores en canalizaciones subterráneas, malla de tierra, entre otros. Desarrollar estudios de flujo de carga AC y DC, cortocircuito, arranque de motores, armónicos, estabilidad transitoria, coordinación de protecciones, capacidad amperimétrica de cables, descarga de baterías, etc.

2.1 LOS ANTECEDENTES

En esta parte del proyecto se plasma hechos anteriores que guardan relación con la presente investigación, con el fin de aprovechar las teorías ya existentes, de tal manera que los investigadores puedan interpretar la problemática planteada con una mejor perspectiva y ampliar la información obtenida reforzando los conceptos.

- En el año 1990, el Ing. Castro Luís realizó el estudio del mantenimiento preventivo de los de los equipos de interrupción S1 y S2 de la línea I de producción del complejo I de CVG. VENALUM, Este trabajo trata fundamentalmente en describir todas las especificaciones necesarias para el mantenimiento preventivo de los switchgear S1 y S2 de la línea I de producción del complejo I. Este proyecto permite determinar las pruebas necesarias para el diagnóstico de elementos del sistema eléctrico.
- En el año 2001, el Ing. Rodríguez Riaza desarrollo el estudio de carga en los paneles de potencia de los equipos de interrupción S3. Este estudio trata esencialmente de evaluar y conocer las condiciones eléctricas en las cuales se encuentran los paneles de potencia del switchgear S3, provenientes de las áreas de trabajo de la empresa, con propósito de garantizar y verificar el buen funcionamiento de los mismos. Este estudio permitirá establecer las pruebas necesarias para el análisis de elementos del sistema eléctrico.
- En el año 2006, el Ing. Cruz Sánchez realizó un estudio de carga en el complejo I de CVG. VENALUM. Este análisis se caracteriza por poseer la información detallada acerca de las características y del comportamiento en servicios del sistema eléctrico, a través de la actualización de las mallas



operacionales, así mismo se logro actualizar los planos, paneles y tableros del sistema eléctrico en niveles de 480 y 208 Vac. Este trabajo permitirá establecer especificaciones técnicas del sistema eléctrico.

2.2 LA FACTIBILIDAD

Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos:

2.2.1 La Factibilidad Operativa.

Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarlo a cabo.

- Operación garantizada.
- Uso garantizado.

2.2.2 La Factibilidad Técnica.

Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc, que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.

- La mejora del sistema actual.
- La disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.



2.2.3 Factibilidad Económica.

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse, como el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee.

- El Tiempo del analista.
- El Costo de estudio.
- El Costo del tiempo del personal.
- El Costo del tiempo.
- El Costo del desarrollo / adquisición.

El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada una de los tres aspectos anteriores. El estudio de Factibilidad sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación.

Los objetivos de un estudio de factibilidad están sujeto a:

- Auxiliar a una organización a lograr sus objetivos.
- Cubrir las metas con los recursos actuales en las siguientes áreas.

2.2.4 Los Objetivos de la Factibilidad.

La investigación de factibilidad en un proyecto que consiste en descubrir cuáles son los objetivos de la organización, luego determinar si el proyecto es útil para que la empresa logre sus objetivos. La búsqueda de estos objetivos debe contemplar los



recursos disponibles o aquellos que la empresa puede proporcionar, nunca deben definirse con recursos que la empresa no es capaz de dar.

En las empresas se cuenta con una serie de objetivos que determinan la posibilidad de factibilidad de un proyecto sin ser limitativos. Estos objetivos son los siguientes:

- La reducción de errores y la mayor precisión en los procesos.
- La reducción de costos mediante la optimización o eliminación de los recursos no necesarios.
- La integración de todas las áreas y de los subsistemas de la empresa.
- La actualización y el mejoramiento de los servicios a los clientes o a los usuarios.
- La aceleración en la recopilación de los datos.
- La reducción en el tiempo de procesamiento y ejecución de las tareas.
- La automatización óptima de los procedimientos manuales.

2.3 EL MANTENIMIENTO

Son todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlos a dicha condición.

2.3.1 La Importancia del Mantenimiento

Las instalaciones eléctricas deben tener una vida útil de unos 30 años, El objeto es lograr que dichas instalaciones tengan una disponibilidad al cien por ciento, así como una alta confiabilidad; esto quiere decir que no debe afectarse en absoluto la continuidad de la transmisión y que el equipo opere sin riesgos de fallas; que las fallas se detecten por diagnóstico antes de que puedan ocurrir. [1]



2.3.2 Los Tipos de Mantenimiento

2.3.2.1 Los Mantenimiento Preventivo

Es la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; (MPP).

Su propósito es prever las fallas y mantener los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de las causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc. [1]

2.3.2.2 El Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. [1]

2.3.2.3 El Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo” tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:



- Se producen paradas no previstas en el proceso productivo, y se disminuyen las horas operativas.
- Se afectan las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se tendrán que detener a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Se presentan costos no presupuestados por reparación y por repuestos, por lo que se puede dar el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

2.3.2.4 El Mantenimiento Proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores. [1]



2.4 EL EQUIPO DE INTERRUPCION (SWITCHGEAR)

Es un dispositivo automático con graduación de disparo instantáneo y rápido cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico (ver figura No. 2.1). Estos son dominados por un armario de fusibles (fusegear) y por un transformador. A su vez son los equipos que gobiernan toda la parte de 480 Vac hasta 110 Vac.



Figura No. 2.1 Equipo de Interrupción (Switchgear).

Fuente: Sala de Equipo de Interrupción 1 Complejo I.

2.5 EL TRANSFORMADOR

Un transformador es un aparato estático, el cual mediante inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de un punto del sistema conectado a la fuente de energía, a otro conectado a la carga, variando generalmente parámetros de entrada (voltaje y corriente) para adaptarlos al centro de consumo(ver figura No. 2.3).

Los transformadores pueden ser elevadores ó reductores de acuerdo a las necesidades del sistema en el cual sea empleado. [2]

2.5.1 El Transformador Elevador

Un Transformador es Elevador, cuando el devanado primario es el devanado de baja tensión, su función es elevar la tensión. [3]



2.5.2 El Transformador Reductor

Un Transformador Reductor, tiene la función de reducir la tensión, en este caso el devanado de alta tensión se trata de un devanado reductor.



Figura No. 2.3 Armario de un Transformador.

Fuente: Sala de Armarios de Potencia Complejo I.

2.6 EL CONMUTADOR EN LÍNEA

Es un equipo que se usa para suplir la carga directamente de otra fuente de alimentación durante trabajos de mantenimiento o reparación. El interruptor del inversor estático abre automáticamente después de cerrar el interruptor del conmutador. Este sistema permite el uso de varias líneas de alimentación para un circuito determinado y fue totalmente diseñado para garantizar confiabilidad y comodidad.

Un Conmutador en línea es un sistema permanente y fácil de usar para transmitir energía desde varias líneas de alimentación al circuito que desee alimentar, esto quiere decir, si por ejemplo, se tiene dos alimentadores A y B, para conectar una carga C; la cual se encuentra normalmente conectada en A (esta en operación). A la hora de hacer un mantenimiento en el alimentador A se puede transferir la carga C al alimentador B y viceversa (ver figura No. 2.4 y 2.5).

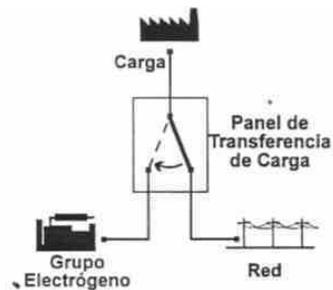


Figura No. 2.4 Conmutador en línea.

Fuente: <http://telergia.blogspot.com/telergia/images>.



Figura No. 2.5 Conmutador en línea.

Fuente: www.telergon-es

2.5 LA TERMOGRAFIA

La Termografía con luz Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La Física permite convertir las mediciones de la radiación de luz infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación de luz emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación de luz infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores especiales, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.



La radiación de luz infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala determinada, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

2.6.1 La Termografía en el Mantenimiento Industrial Preventivo

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico o de fabricación; están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la supervisión de temperatura con sistema de termovisión por luz infrarroja. Mediante la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. Es posible minimizar el riesgo de una falla en equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

2.6.2 Aplicaciones de la Termografía en el Mantenimiento Preventivo Industrial

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.

2.6.3 Ventajas del Mantenimiento Preventivo por Termovisión

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.



- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

2.7 CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

La planificación, el diseño y la operación de los sistemas eléctricos de potencia, requiere de acuciosos estudios para evaluar su comportamiento, confiabilidad y seguridad. Los estudios típicos que se realizan son: los flujos de potencia, la estabilidad, la coordinación de protecciones, el cálculo de cortocircuito, etc. Un buen diseño debe estar basado en un cuidadoso estudio en que se incluye la selección de voltaje, un adecuado tamaño del equipamiento y la selección apropiada de protecciones.

La mayoría de los estudios necesita de un complejo y detallado modelo que represente al sistema de potencia, generalmente establecido en la etapa del proyecto. Los estudios de cortocircuito son típicos ejemplos de éstos, y es esencial para la selección de los equipos, y para el ajuste de sus respectivas protecciones.

La duración del cortocircuito es el tiempo en segundos o ciclos durante el cual, la corriente de cortocircuito circula por el sistema. El fuerte incremento de calor generado por tal magnitud de corriente, puede destruir o deteriorar los aislantes del sistema eléctrico, por lo tanto, es de vital importancia reducir este tiempo al mínimo mediante el uso de las protecciones adecuadas. [12]

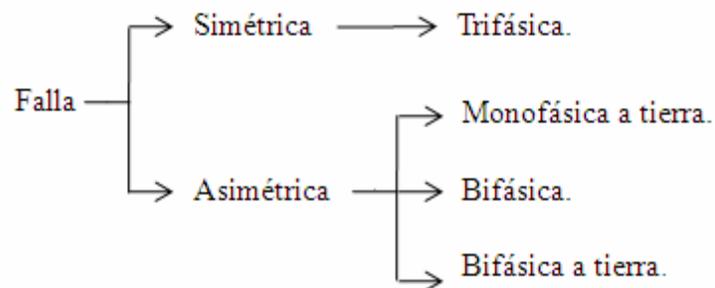
Los resultados obtenidos del cálculo de cortocircuito son:

- La corriente en los diferentes componentes del sistema.
- Las tensiones después de la falla en todas las barras del sistema eléctrico.



2.7.1 Tipos De Cortocircuitos.

Un cortocircuito se manifiesta por la disminución repentina de la impedancia de un circuito determinado, lo que produce un aumento de la corriente. En los sistemas eléctricos trifásicos se pueden producir distintos tipos de fallas, las cuales son:



En los sistemas de distribución, para los efectos de evaluar las máximas corrientes de fallas, sólo se calculan las corrientes de cortocircuito trifásico y monofásico. Las fallas monofásicas a tierra pueden generar corrientes de falla cuya magnitud pueden superar a la corriente de falla trifásica. Sin embargo, esto es más frecuente que ocurra en los sistemas de transmisión o de distribución en media tensión, sobre todo cuando la falla se ubica cerca de la subestación. Es poco frecuente que la corriente de falla monofásica supere en amplitud la corriente generada por una falla trifásica. Sin embargo la magnitud de la falla monofásica puede superar a la generada por una falla trifásica en el mismo punto, en el caso de que la falla no involucre la malla de tierra. [14]

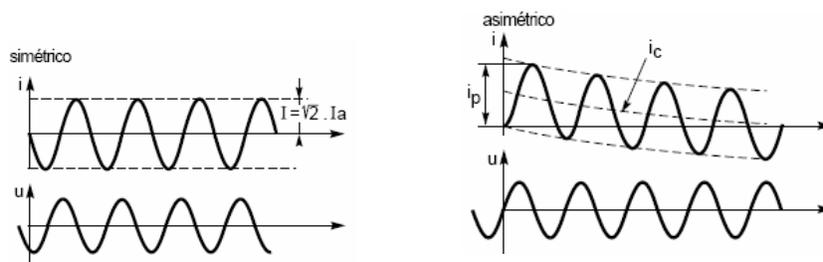


Gráfico No. 2.1 Casos Extremos de una Corriente de Cortocircuito.



2.7.1.1 La Falla Trifásica

Este tipo de falla, es la menos frecuente y sus causas son accidentales, esta corriente es la que somete a los equipos de una instalación a sus mayores esfuerzos debido a los efectos térmicos y electrodinámicos productos de las grandes potencias de cortocircuito generadas por la falla.

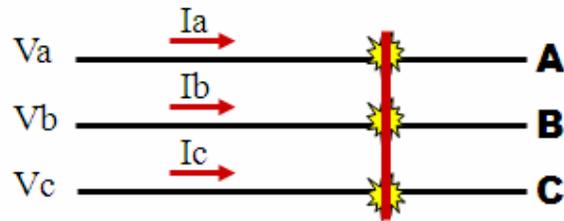


Figura No. 2.6 Falla Trifásica.

2.7.1.2 La Falla Monofásica a Tierra

Este tipo de falla es la común, porque puede tener como origen diferentes causas, entre las cuales tenemos: falla de aislamiento, contacto del conductor de fase con la estructura, descargas atmosféricas, contactos de ramas de árboles con conductores.

La corriente de cortocircuito para este tipo de falla se ve afectada por la forma en que están los neutros de los equipos y aparatos conectados a tierra ya que representan los puntos de retorno de las corrientes de secuencia cero por lo tanto para este tipo de estudio es muy importante saber cómo están conectadas las redes de secuencia de acuerdo al punto de falla y en particular en la llamada secuencia cero que está constituida por las impedancias de secuencia cero de los elementos del sistema.

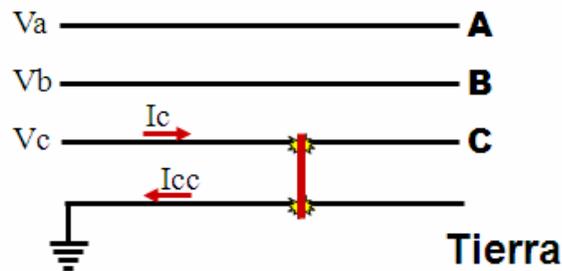


Figura No. 2.7 Falla de Fase a Tierra.

2.7.1.3 La Falla de Línea a Línea

Se origina por el contacto de dos fases, su magnitud es aproximada igual al 87% de la falla trifásica.



Figura No. 2.8 Falla de Fase a Fase.

2.7.2 Prevención de Fallas

Al diseñar cualquier sistema de potencia, se trata en lo posible, de prevenir la ocurrencia de fallas, estas se minimizan de la siguiente manera:

- Si se utiliza el aislamiento necesario de acuerdo a la tensión de servicio, a las condiciones de operación y a la localización de los elementos del sistema de potencia.
- Si se coordina adecuadamente el aislamiento en las diferentes partes del sistema.



- Si se utiliza cables de guarda, para interceptar las descargas atmosféricas.
- Con el uso adecuado de los pararrayos.
- Al evitar sobretensiones en el sistema.
- Con el mantenimiento adecuado en el sistema para detectar las fallas incipientes y evitar que se conviertan en fallas severas.
- Con una buena resistencia mecánica del diseño, para disminuir las probabilidades de falla originadas por animales, polvo, etc.

2.7.3 La Disminución de los Efectos de una Falla

Consiste en diseñar el sistema de tal manera de disminuir las magnitudes de las corrientes de fallas, para ello se debe evitar la concentración excesiva de generación en un solo punto y además los equipos deben tener suficiente impedancia para limitar las corrientes de fallas.

Diseñar los equipos para que puedan soportar la máxima corriente de falla durante un breve tiempo sin sufrir deterioros, bien sea por efecto dinámico o térmico.

Desconexión rápida de la falla, para evitar mayores daños a los equipos; para esto se utilizan dispositivos de protecciones que detecten la falla y aíslen la falla, como los interruptores de potencia o disyuntores. [5]

2.7.4 Los Fundamentos de las Componentes Simétricas

Las componentes simétricas sirven para transformar un sistema de vectores desbalanceados a un sistema de "n" vectores balanceados, este proceso se conoce también como las transformaciones nodales el cual por ser en esencia matemático tiene muchas aplicaciones, y es particularmente útil para los estudios de redes



eléctricas desbalanceadas. Los "n" vectores de cada conjunto de componentes son iguales en magnitud y los ángulos entre ellos son iguales entre ellos también. El método es aplicable para "n" vectores desbalanceados, pero se utilizara para sistemas trifásicos. [12]

Los tres vectores desbalanceados se pueden descomponer en tres sistemas balanceados de vectores parar su solución. Estos tres sistemas son los siguientes:

- Los componentes de secuencia positiva que consiste en tres factores de igual magnitud defasado uno del otro 120 grados y con la misma secuencia de fase que el sistema original de vectores.
- Los componentes de secuencia negativa que consiste en tres fasores de igual magnitud defasado uno de otro 120 grados con una secuencia de fase opuesta a la del sistema original.
- Los componentes de secuencia cero que consiste en tres fasores de

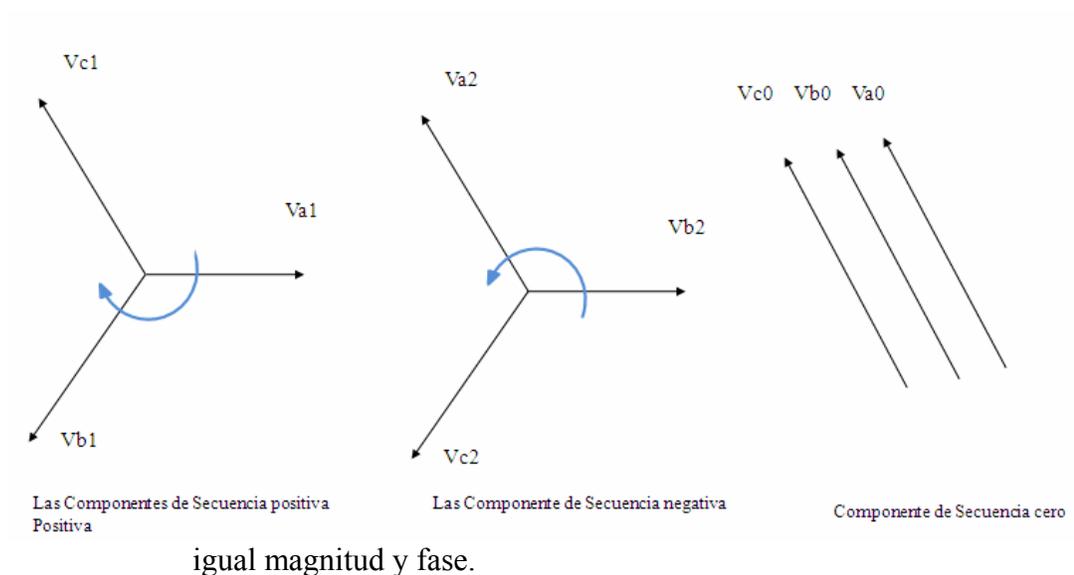


Figura No. 2.9 Componente Simétrica.



2.7.5 Las Fallas en un Sistema de Potencia

Las fallas en un sistema de potencia son originadas por las pérdidas del aislamiento, debido a los contactos eléctricos entre fases o entre fase y tierra.

Los efectos de las fallas sobre el sistema son variados:

- Se originan, debido a las corrientes elevadas que se producen, y se crean efectos dinámicos y térmicos sobre los equipos; los cuales se pueden ver afectados severamente si la falla no se despeja rápidamente.
- Las fallas generalmente producen variaciones transitorias de tensión, que causan problemas a muchos procesos industriales debido a la magnitud y duración de esta.
- Las fallas producen oscilaciones en los rotores de las maquinas sincrónicas, que pueden poner en peligro la estabilidad del sistema.

Las causas de los cortocircuitos son múltiples. En la distribución eléctrica en baja tensión se deben con mayor frecuencia al deterioro mecánico del aislante. En líneas subterráneas se deben principalmente a la ruptura del material aislante causado por movimientos del terreno, golpes de picota, filtración de humedad a través del envolvente de plomo deteriorado (corrosión química y electrolítica, retornos importantes de corriente por él cuando están vecinos a líneas de tracción eléctrica), etc. En líneas aéreas, los cortocircuitos son mucho más frecuentes y en la mayoría de los casos se deben a ruptura o contaminación de las cadenas de aisladores, cortadura de conductores, balanceo de los conductores por la acción del viento, contacto accidental de la línea con cuerpos extraños, etc.



Tabla # 2.1 Tasa de Ocurrencia de Fallas en Equipos Eléctricos.

Equipo	% Ocurrencia
Líneas de Transmisión Aérea	50
Cables	10
Switchgear	15
Transformadores de poder	12
Transformadores de Medida	2
Equipos de Control	3
Otros	8

2.8 LA CAÍDA DE TENSIÓN

Es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de un conductor. Este valor se mide en voltios y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por ese conductor. Así mismo, la caída de tensión es medida frecuentemente en tanto por ciento de la tensión nominal de la fuente de la que se alimenta. Por lo tanto, si en un circuito alimentado a 400 Voltios de tensión se permite una caída máxima de tensión del 5% para una instalación, esto significará que en dicho tramo no podrá haber más de 20 voltios de caída de tensión, que sería la tensión perdida con respecto a la tensión nominal. No existe un conductor puro, pues todos presentan una resistividad al paso de la corriente por muy pequeña que sea, por este motivo un conductor incrementa la oposición al paso de la corriente, a medida que aumente su longitud. Si esta resistencia aumenta, por consiguiente aumenta el desgaste de fuerza, es decir, la caída de tensión.

Se puede decir que la caída de tensión de un conductor viene determinada por la relación que existe entre la resistencia que ofrece este al paso de la corriente, la carga prevista en el extremo más lejano del circuito y el tipo de tensión que se aplicará a los extremos.



2.9 EL ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)

El ETAP PowerStation (Electrical Transient Analyzer Program) es un programa gráfico de análisis transitorio de sistemas eléctricos de potencia, que permite:

- Construir diagramas unifilares, disposición de alimentadores en canalizaciones subterráneas, malla de tierra, entre otros.
- Desarrollar estudios de flujo de carga AC y DC, cortocircuito, arranque de motores, armónicos, estabilidad transitoria, coordinación de protecciones, capacidad amperimétrica de cables, descarga de baterías, entre otros. [17]

A su vez suministra una variedad de opciones que permiten realizar:

- Múltiples presentaciones del sistema eléctrico.
- Revisiones sobre la base de datos.
- Estados de operación de los elementos del sistema eléctrico (configuraciones).

Adicionalmente, el ETAP PowerStation posee una librería con ejemplos de parámetros de cables, motores, etc. Fácilmente accesible desde la base de datos, la cual es expandible o ajustable a los requerimientos del usuario.

Permite desarrollar estudios de:

- Flujo de Carga.
- Cortocircuito.
- Arranque de Motores.
- Estabilidad Transitoria.
- Coordinación de Protecciones.
- Capacidad Amperimétrica de Cables.
- Flujo de Carga Armónico.



2.8.1 Potencialidades del Módulo STAR del ETAP:

- Totalmente integrado al módulo de edición de diagramas unifilares.
- Amplia librería de elementos de protección (relés, interruptores, OL y fusibles).
- Posibilidad de ampliar la librería por parte del usuario.
- Curvas de Coordinación de Protecciones en fase y tierra.
- Presenta curvas de arranque de motores.
- Verificación de márgenes de coordinación.
- Verificación de secuencia de eventos al simular fallas en elementos del sistema.

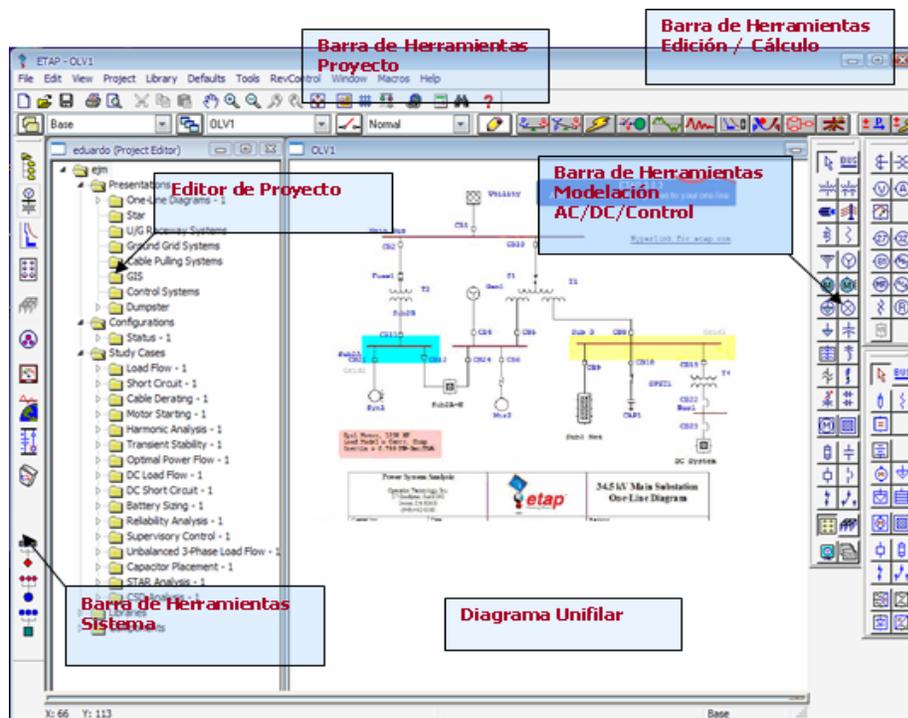


Figura No. 2.10 Vista General del Programa ETAP.

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

Balestrini (2002), comenta:

“El marco metodológico es la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”. (Pág. 126).

3.1. EL TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este tipo de estudio dada la característica presentada se ubica dentro de una investigación de campo a nivel descriptivo, bajo el enfoque de la modalidad de proyecto factible, por cuanto se presenta una solución viable ante una problemática planteada.

En virtud de ello Narváez (1997), argumenta que la investigación descriptiva es aquella que se encarga de “describir, registrar, analizar e interpretar la naturaleza actual, la composición o los procesos de fenómenos para presentar una interpretación correcta”. (Pág. 35). [6]

Según Sabino, (1986); define: “La investigación descriptiva, se propone conocer grupos homogéneos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento”. (Pág. 384). [7]

Este tipo de investigación tiene el firme propósito de detallar los aspectos principales de un proceso, bajo determinados parámetros o criterios que responden a las necesidades de la investigación, permitiendo visualizar las características del fenómeno, resaltando su estructura y mostrando el efecto del mismo en todas las partes que lo componen.



Se define investigación De Campo debido a que los datos se recopilaron en forma directa en el área de Complejo I, división adscrita a la Gerencia de Reducción de la CVG Venalum C.A, lo cual permite realizar la investigación; Sabino (2000), señala que:

“El Diseño de Campo son todos aquellos de interés que se recoge en forma directa de la realidad, mediante el trabajo correcto del investigador y su equipo. Este se basa en la información o datos primarios obtenidos directamente de la realidad como al igual con datos secundarios que son recolectados de otras investigaciones”. (Pág. 93).

Para la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2001).

“La investigación de campo: “es el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o producir su ocurrencia haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoque de investigación conocido o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos de forma directa de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios” (Pág. 5).

Para la realización de esta investigación y de acuerdo con el objetivo del tema que consiste en, analizar la factibilidad de interconexión entre los Switchgear de las líneas I y II del Complejo I, división adscrita a la Gerencia de Reducción de la CVG VENALUM.

Se requiere de una serie de aspectos que complementen su contenido y que son necesarios para el desarrollo de la misma.



3.2 EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el estudio que se realizara la metodología es: Según el propósito de la investigación, según el nivel de conocimientos es de tipo descriptivo y según la estrategia empleada es documental y de campo.

3.3 LA POBLACIÓN

Mario Tamayo y Tamayo (1998), en su libro de Metodología de la Investigación, define la población como:

“La población es la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (Pág. 114). [8]

Según Balestrini, (2002)

“Define población: “Un conjunto finito de personas, casos o elementos que presentan características comunes, de los cuales pretendemos indagar, para el cual serán validas las conclusiones obtenidas en la investigación”. (Pág. 137).

En esta investigación los datos que permiten la evaluación a objeto de estudio, serán la totalidad de los elementos que conforman la interconexión entre los Switchgear de las líneas I y II del Complejo I de la CVG Venalum C.A.

3.4 LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Son los recursos de los que dispone el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. Dicha recolección depende en gran parte del tipo de investigador y del problema que se planteó.



Según Arias, F. (1997) “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”. (Pág. 35).

Para el desarrollo de toda investigación es necesario el uso de ciertos métodos que permitirán recabar información a objeto de estudio, las técnicas utilizadas para el desarrollo de la investigación fue:

- Observación Directa, Participante.
- Entrevista no estructurada.
- Revisión Documental.

3.4.1 La Observación Directa, Participante

Se utiliza esta técnica para obtener los datos necesarios a fin de conocer los valores reales de las cargas, corrientes, fallas, etc. Que abarca el sistema de los equipos de interrupción de Complejo I de la CVG Venalum C.A.

3.4.2 La Entrevista No Estructurada

En este método, se obtuvo todos los datos necesarios mediante preguntas formales, en el cual las respuestas tienden a ser espontáneas o por lo menos surjan con mayor libertad.

Esta técnica fue de gran ayuda puesto que parte de la información necesaria para la investigación se obtuvo de las personas que laboran en el departamento de planificación ingeniería y mantenimiento, como también del área de reducción I y el departamento de alto voltaje.

Según Hernández, Fernández y Baptistas (2003),

“Son aquellas que “se fundamentan en una guía general con temas no específicos y el entrevistador tiene toda la flexibilidad para manejarlas” (Pág. 455).



3.4.3 La Revisión Documental

Esta técnica se aplicó con el objeto de recolectar elementos teóricos, primarios, libros, planos, manuales, informes que estén relacionados directamente con la empresa. Y elementos secundarios, como tesis que se relacionen con la investigación.

Esta técnica permitió la adquisición y autenticidad de la información específica que se investigó; la cual se consolidó en la documentación que se necesitó, para respaldar las bases teóricas de la factibilidad de interconexión de los switchgear de reducción I.

Acevedo y otros (1990),

Define que “Se basa en el estudio de documentos, entendiendo por tales, todo aquello que bajo en forma de relativa permanencia puede servir para suministrar o conservar la información” (Pág. 118).

3.5 LOS PROCEDIMIENTOS Y EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez recopilada la información necesaria a través de los instrumentos diseñados para tal fin, se procedió a la cuantificación y sistematización de los resultados para luego realizar la evaluación respectiva y finalmente tabularlos.

Esta técnica establece reglas a través de las cuales los datos pueden representarse gráficamente, para ello, se utilizarán cuadros comparativos, también se realizó un análisis cualitativo de los datos obtenidos de las entrevistas no estructuradas aplicadas al personal a fin de obtener una visión amplia a cerca del desarrollo de la investigación.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE ESTARÁN SOMETIDOS A LA INTERCONEXIÓN DE LOS PANELES DE POTENCIA QUE CONFORMAN LOS EQUIPOS DE INTERRUPCION DE LAS LÍNEAS I Y II.

La descripción de los elementos que estarán sometidos a la interconexión, se logró a través de la recolección y revisión bibliográfica de manuales e informes técnicos y por medio de entrevistas no estructuradas al personal que labora en el Departamento de Planificación e Ingeniería de Mantenimiento (PIM) y Departamento de Reducción I (Complejo I).

4.1.1 El Armario de Potencia

Es el cajón metálico de varios compartimientos para incorporar diversos instrumentos y equipos según su funcionamiento eléctrico.

4.1.2 El Equipo de Interrupción

Es un dispositivo eléctrico automático con graduación de disparo instantáneo y rápido cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

4.1.2.1 Las Normas que rigen las pruebas eléctricas a los Equipos de Interrupción.

- Normas Internacionales: IEC 62271-100

4.1.3 El Panel de Potencia

Es una caja rectangular o cuadrada de metal o fibra, diseñada para ensamblaje



de los interruptores, la cual contiene un sistema de barras para niveles de tensión de 480 Vac, este dota de energía a los paneles de distribución (alumbrados, tomacorrientes, equipos, entre otros).

4.1.3.1 Las Normas eléctricas que rigen a los paneles de potencia.

- Código Eléctrico Nacional: 373-6, 384-20 y 384-35.
- Normas Internacionales: IEC 439-1 y IEC 529.

4.2 LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS QUE SE REALIZAN A LOS ARMARIOS DE POTENCIA DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

La CVG Venalum realiza pruebas eléctricas no destructivas como parte del mantenimiento preventivo a sus equipos de potencia con el fin de supervisar el estado de los mismos y reducir la probabilidad de falla del sistema de transmisión, sin embargo el tiempo requerido para la realización de cada una de estas pruebas a los equipos de potencia es mayor al tiempo con que cuenta el personal especializado para realizarlas es por ello que el Departamento de Alto Voltaje mediante un análisis de las pruebas y de los equipos de potencia logra obtener un diagnostico del estado en que se encuentran los equipos obviando algunas pruebas.

4.2.1 Como parte del mantenimiento preventivo a los armarios de potencia se realiza aspirado, lavado, soplado, pruebas de funcionalidad de equipos, ajustes de contactos en sistemas e instalaciones.

4.2.1.1 El Aspirado

Este se realiza después del corte del servicio eléctrico, con el fin de extraer partículas solidas (residuos de alúmina) que ingresan dentro del mismo.

4.2.1.2 El Lavado

Este se realiza después del aspirado a fin de eliminar restos de sólidos (residuos



de alúmina) que no fueran removidos a través del aspirado.

4.2.1.3 El Soplado

Este se realiza con altas presiones de aire para eliminar los restos de humedad causados por el lavado; el mencionado proceso se debe llevar a cabo con sumo cuidado, puesto que los residuos de alúmina se encuentran presente en el área.

4.2.1.4 La Prueba de Funcionabilidad de Equipo

Este tiene como objeto la revisión visual y la verificación de su vida útil mediante equipos especializados.

4.2.1.5 El Ajuste de Contactos en Sistemas e Instalaciones

Esto se realiza a fin de evitar falsos contactos y puntos calientes que puedan causar inestabilidad o pérdidas en el sistema eléctrico; incluye los ajustes en las barras y en las uniones.

4.2.2 La Medición de la Resistencia de Aislamiento

Con el equipo de interrupción sin tensión, se procede a extraer todos los interruptores. Con el megger BM21 y BM11D se realiza el megado en las barras, colocando cada fase a tierra (fase a-tierra, fase b-tierra, fase c-tierra) y luego fase entre fase (fase a-fase b, fase b-fase c, fase c-fase a), con una tensión de prueba de 1.000 V, se toman las lecturas a los 30 segundos y al minuto, tomando en cuenta la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

Para el caso de los interruptores, primero con cámara cerradas y luego con cámara abierta, esta última se cortocircuita y se coloca a la tierra del equipo. Con el megger BM21 y BM11D se aplica una tensión de prueba de 1.000 V y se toma lectura a los 30 segundos y al minuto, tomando en cuenta la temperatura y la humedad relativa del ambiente.



4.2.3 La Termografía

La Termografía con luz Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial de tipo eléctrico están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la supervisión de temperatura con sistema de Termovisión con luz Infrarroja. La implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones y cuadros eléctricos, minimiza el riesgo de un falla en los equipos y sus consecuencias; a la vez, es una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.



Figura No. 4.1 El Análisis Termográfico de Conexiones en Barra.

4.3 LAS CARGAS ELÉCTRICAS, LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO Y LAS FALLAS A TIERRA EN LOS PANELES DE POTENCIA.

La determinación de estos valores se realizó por medio de datos obtenidos de planos y mediciones en el área (Complejo I), a fin de manejar valores que garanticen una interconexión confiable y segura, que de cumplimiento con las normas de calidad y seguridad exigidas por la empresa.

4.3.1 Las Cargas Eléctricas

Las cargas se determinaron de forma teóricas usando los parámetros del cálculo



de potencia.

$$P = \sqrt{3} V I \text{fp} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Tomando en cuenta que:

$$V = 480$$

$$\text{fp} = 0,8$$

Se obtuvo los siguientes resultados

Tabla No. 4.1 Cargas Eléctricas Conectadas.

Equipo de Interrupción	Panel Principal	Corrientes (A)		Carga Conectada (Kw)	
		Valor del Plano	Valor Real	Valor del Plano	Valor Real
50 – 1 – S₁	50 – PP – 11	292	24	180	15.97
	50 – PP – 12	241	35	180	23.28
	50 – PP – 13	265	93	113	61.86
50 – 1 – S₂	50 – PP – 15	284	88	212	58.53
	50 – PP – 16	209	30	156	19.96
	50 – PP – 17	209	28	156	18.63
50 – 2 – S₁	50 – PP – 21	239	32	179	21.29
	50 – PP – 22	238	36	178	23.95
	50 – PP – 23	291	52	218	34.59
50 – 2 – S₂	50 – PP – 25	316	83	236	55.21
	50 – PP – 26	213	35	159	23.28
	50 – PP – 27	211	30	158	19.96

Nota: Los valores de corriente (valores reales) se midieron directamente del área respectiva. Tomando el valor más alto de las fases.

Debido a requerimientos exigidos por la empresa y puesto que, los materiales y los equipos que se encuentran actualmente en servicio tienen la capacidad; los valores de corrientes por panel de potencia se normalizaron de la siguiente manera:

$$P = \sqrt{3} V I \text{fp}$$

$$V = 480$$

$$I = 100$$

$$P = \sqrt{3}(480)(100)(0,8)$$

$$P = 66,43 \text{ Kw}$$



$$fp = 0,8$$

Nota: Los efectos de este cálculo tendrán análisis en el simulador “short-circuit analysis” de la herramienta ETAP 5.03. Este simulador permite obtener el estudio de carga mediante la norma americana ANSI y la norma europea IEC, a fin de determinar cualquier anomalía o consecuencia que pueda ocasionarse a raíz de este.

4.3.1.1 La Capacidad de Corriente

De acuerdo con los requerimientos exigidos por la empresa, cada panel debe tener un margen de corriente de cien Amperios (100 A), y una corriente total para los paneles sujetos a la interconexión de 300 A.

Sumando los valores de plano de los paneles de potencia 50-PP-11, 50-PP-12 y 50-PP-13; pertenecientes al equipo de interrupción **50 - 1 - S₁** (ver tabla No. 4.1) se tiene que:

$$I_{(plano)} = 798A$$

Sabiendo que:

$$I_{(requerida)} = 300A$$

$$I = 798 - 300 = 498A$$

Al restar la $I_{(plano)}$ con la $I_{(requerida)}$ se demuestra que el equipo de interrupción esta en la capacidad de aguantar la carga generada por cualquier suma de paneles, de cualquier equipo de interrupción sujeto al estudio. Esto a su vez permite establecer el diámetro del conductor a usar.

Dado que la corriente requerida es de 300 A, la tabla de capacidad de corriente (Anexo No. A) muestra que el conductor es THW de 500 AWG o Kcmil.

4.3.1.2 Caída de Tención



De acuerdo con el valor de la corriente de operación para la interconexión se calcula la caída de tensión del conductor (%V).

$$Z_{EF} = R \cos \theta + X_L \operatorname{Sen} \theta \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$\Delta V_{FASE-NEUTRO} = Z_{EF} \cdot L \cdot I \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$\Delta V_{FASE-FASE} = \sqrt{3} \cdot \Delta V_{FASE-NEUTRO} \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$\%V = \frac{\Delta V_{FASE-FASE}}{V_r} \times 100 \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde:

Z_{EF} = Impedancia Eficaz (Ω/Km).

R = Resistencia de Cable en CA (Ω/Km).

X_L = Reactancia Inductiva (Ω/Km).

L = Longitud (Km).

I = Corriente (A).

V_r = Voltaje de Operación (V).

$\%V$ = Caída de Tensión (%).

Para conductor THW de 500 AWG o Kcmil, de cobre, a 75 °C. Se tomó los valores de resistencia eléctrica y reactancia inductiva en conduit de PVC.



Tabla No. 4.2 Resistencia Eléctrica y Reactancia Inductiva para Cable de Cobre.

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Cobre, instalación trifásica para 600V a 60Hz y 75°C. Tres conductores sencillos en tubo conduit					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X _L (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

Donde:

$$L = 0.125 \text{ Km}$$

$$I = 300 \text{ A}$$

De la tabla 4.2 se tiene que:

$$R = 0.089 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$X_L = 0.128 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

De la tabla 4.3 se tiene que:

$$fp = \text{Cos } \theta = 0,8$$

Tabla No. 4.3 Factor de Potencia.

FP = Cos θ	Sen θ
1.00	0.00
0.95	0.31
0.90	0.44
0.85	0.53
0.80	0.60
0.75	0.66
0.70	0.71



$$\text{Sen}\theta = 0,6$$

$$Z_{EF} = (0.089 \times 0.8) + (0.128 \times 0.60) \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$Z_{EF} = 0.1480 \Omega / Km$$

$$\Delta V_{FASE-NEUTRO} = (0.1480) \times (0.150) \times (300) \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$\Delta V_{FASE-NEUTRO} = 6.66V$$

$$\Delta V_{FASE-FASE} = \sqrt{3} \times 6.66 \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$\Delta V_{FASE-FASE} = 11.5355V$$

$$\%V = \frac{11.5355V}{480V} \times 100 \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$\%V = 2.4032\%$$

Con este porcentaje de caída de tensión se demuestra que el conductor es el adecuado para la interconexión.

4.3.2 La Corriente de Cortocircuito

Las consecuencias de un cortocircuito se deben tanto a los efectos de la sobrecorriente como a los de las caídas de tensión originadas por ésta. En general, las corrientes de cortocircuito alcanzan magnitudes mucho mayores que los valores nominales de los generadores, transformadores y líneas. Si se permite que estas corrientes circulen por un período prolongado, pueden causar un serio daño térmico al equipo y problemas de estabilidad de funcionamiento en el sistema eléctrico de potencia. En este aspecto, el tipo de cortocircuito más severo es el trifásico, el que



además de dar valores elevados de corriente, reduce a cero la capacidad de transmisión de una línea, le siguen los cortocircuitos, bifásico y finalmente el monofásico. En cambio, el tipo más frecuente es el monofásico (aproximadamente el 75% de los casos) y el menos frecuente es el trifásico (aproximadamente el 5% de los casos).

Se calculó los niveles de cortocircuito de manera teórica mediante el método de los MVA, el cual consiste en calcular los equivalentes en MVA de todas las cargas pertenecientes al sistema eléctrico del Complejo I.

Para el cálculo del equivalente en MVA de cada motor se utilizó la siguiente ecuación:

$$MVA(\text{equipo}) = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_n}{X'' d} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Donde:

U : Voltaje de operación.

I_n : Corriente nominal.

$X'' d$: Reactancia subtransitoria.

El cálculo de los transformadores se realizó usando la siguiente ecuación:

$$MVA(\text{transformador}) = \frac{S}{Z(\%)} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Donde:

S : Potencia aparente del equipo.



$Z(\%)$: Impedancia de cortocircuito.

El cálculo de la línea se realizó usando la siguiente ecuación:

$$MVA(línea) = \frac{U^2}{Z_L \times L} \quad \text{Ec. 4.8}$$

Donde:

U : Voltaje de operación (KV).

Z_L : Impedancia de línea (Ω/Km).

L : Longitud de la línea (Km).

Nota: La Ec. 4.8 (MVA(línea)), fue la más utilizada en la realización de este cálculo teórico, ya que el plano 01 – 01 – ED – 4017 facilitado por la industria, contenía los valores en MVA requeridos para el mismo.



Tabla No. 4.5 Transformadores del Sistema.
Fuente: Plano 01-01-ED-4017 del Complejo I

IDENTIFICACION TRANSF	CAPACIDAD (KVA)	RELACION TRANSF	Z(%)	X/R
33-T2, EA-LAB	500		500	4
EA-ECO	750		575	5
EA-T1, EA-T2 50-I-T3, 50-I-T4 50-II-T3, 50-II-T4 12-T1, 12-T2 20-T1 50-4-T1, 50-4-T2 30-T1, 50-1-T1 50-1-T2, 50-2-T1 22-T1 23-T2 23-T1 18-T3 40-T1 28-T1, 29-T1, 40-T3 40-T4	1000/1120		575 722 724 726 732 734 739 741 759 816 818 825	6
29-T1	1500	13800-480V/277	575	6
50-3-ET1 (EGUV) 50-3-T2, 50-3-T1 20-T6, 20-T7, 24-T6 50-I-T5, 50-II-T5 22-T6, 22-T7 24-T6 24-T2, 24-T3 PM-T1 50-2-ET1 (EGUV) 50-2-T2, 40-T2 20-T4	2000		727 79 800 81 79 771 58	7.7 7.7 8.6
20-ET1 (EGUV 20-T2 20-T3, 20-T9, 02-T1) 30-ET1 (EGUV 31-T1 33-T3, 33-T4, 30-T3) 22-ET1 (EGUV 22-T2 22-T3, 22-T4, 22-T5) 24-ET1 (EGUV 24-T4, 24-T5)	4000		722 736 804	10.5
47-1-T1 47-4-T1 18-T1, 18-T2 47-3-T1 47-2-T1	2500/2800	13800-2400V/388	518 520 522 524 525	8.2
50-E-T1, 50-I-T2 50-II-T1, 50-II-T2 22-T8 20-T8	3000		575 61	8.6
40-T5, 40-T6 40-T7, 40-T8 40-T9	4000	15800-1500V/324	60	10.5
	2000/2500/3000/33-30	15000-13800V/7967	757	18

Tabla No. 4.4 Alimentadores del Sistema.
Fuente: Plano 01-01-ED-4017 del Complejo I

IDENT ALIMENTADOR	LONG. (MTS)	CONDUCTOR	IMPEDANCIA (L/KMS)
FR-8	427		
FR-12	140		
FR-16	9	1C-#500MCM/FASE	0.092 + J0.14
FR-50	141	GEN KENE PVC-CU	
FR-1019	800		
FR-1	94		
FR-2	738		
FR-4	450		
FR-5	275		
FR-6	225		
FR-7	925		
FR-9	94		
FR-21	9		
FR-30	360		
FR-35	150		
FR-1000	1000	2C-#500MCM/FASE	0.046 + J0.057
FR-1001	600	GEN KENE PVC-CU	
FR-1003	290		
FR-1005	1500		
FR-1006	800		
FR-1008	1020		
FR-1016	75		
FR-1017	1300		
FR-1018	500		
FR-1020	20		
FR-1021	1200		
FR-3	800		
FR-56	425	3C-#500MCM/FASE	0.031 + J0.038
FR-1004	800		
L1	4720		
L2	4720	4C-#1024.5MCM/FASE	0.015 + J0.196
L4	5000	ACAR	0.016 + J0.243
FR-A	200		
FR-B	337	3C-#556.5MCM/FASE	0.126 + J0.261
FR-C	337	ACSR	
FR-D	370		
FR-E	500	1C-#10AWG/FASE	0.420 + J142
FR-F	200		
FR-G	800	GEN KENE -PVC	
FR-H	500		

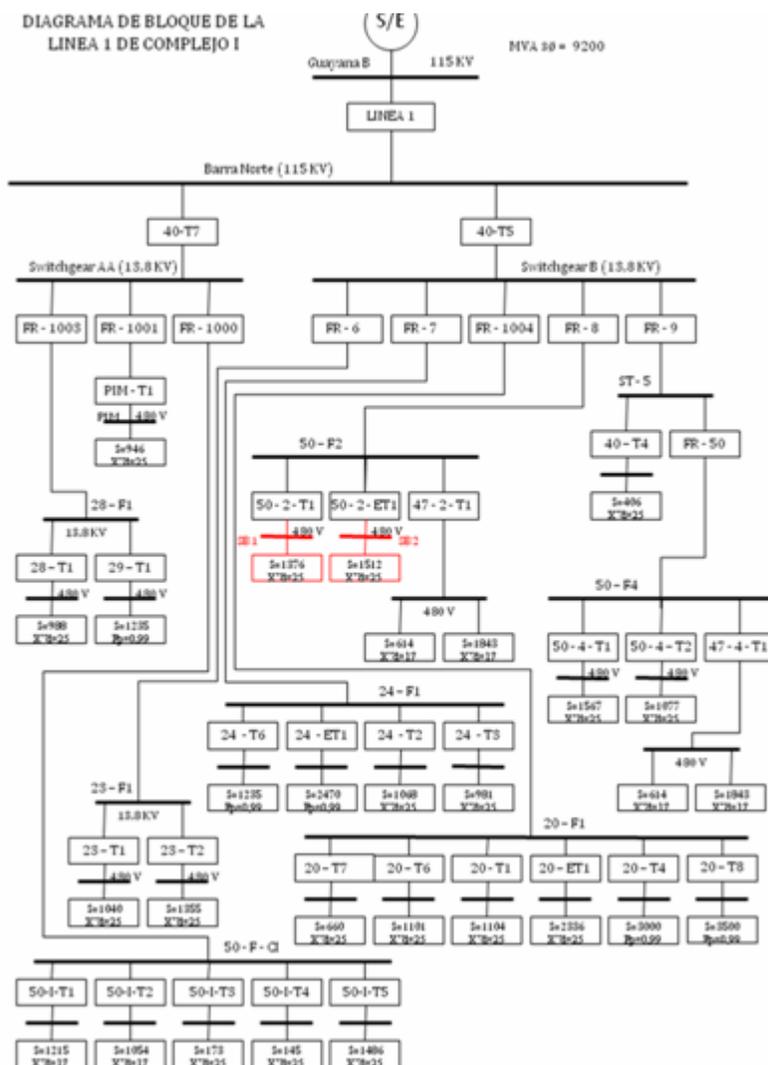


Figura No. 4.2 Diagrama Eléctrico de la Línea 1 del Complejo I.

SB: Sistema de Barra.

Nota: Lo mostrado en color rojo, es el sistema a objeto de estudio para la interconexión.

Tabla No. 4.6 MVA de los Alimentadores Pertenecientes a la Línea 1 de Complejo I.

Cálculo de los MVA(línea) para los alimentadores pertenecientes a la Línea 1 de Complejo I.				
Identificador del Alimentador	Voltaje (KV)	Impedancia (Ω /Km)	Longitud (Km)	MVA(línea)
L - 1	115	(0.015+j0.038)	4.720	2689.8305
FR - 1003	13.8	(0.046+j0.057)	0.290	14275.8621



FR - 1001	13.8	(0.046+j0.057)	0.600	6900
FR - 1000	13.8	(0.046+j0.057)	1	4140
FR - 6	13.8	(0.046+j0.057)	0.225	18400
FR - 7	13.8	(0.046+j0.057)	0.925	4475.6757
FR - 1004	13.8	(0.031+j0.038)	0.800	7679.0323
FR - 8	13.8	(0.046+j0.057)	1.020	4847.7752
FR - 9	13.8	(0.046+j0.057)	0.094	2386.2269
FR - 50	13.8	(0.092+j0.114)	0.141	14680.8511

Tabla No. 4.7 MVA de las Barras Pertencientes a la Línea 1 del Complejo I.

MVA de las barras pertenecientes a la Línea 1 del Complejo I.		
Identificador de la Barra	Voltaje (KV)	MVA de la Barra
Barra Norte	115	39.9766
Switchgear AA	13.8	25319.7422
28 - F1	13.8	1.0496
PIM	0.480	0.946
50 - F - CI	13.8	2.1884
Switchgear B	13.8	52486.2001
23 - F1	13.8	1.0852
24 - F1	13.8	3.6450
20 - F1	13.8	6.5725
50 - F2	13.8	2.6793
ST - 5	13.8	14683.5080
50 - F4	13.8	2.3681
SB1	0.480	1.376
SB2	0.480	1.512

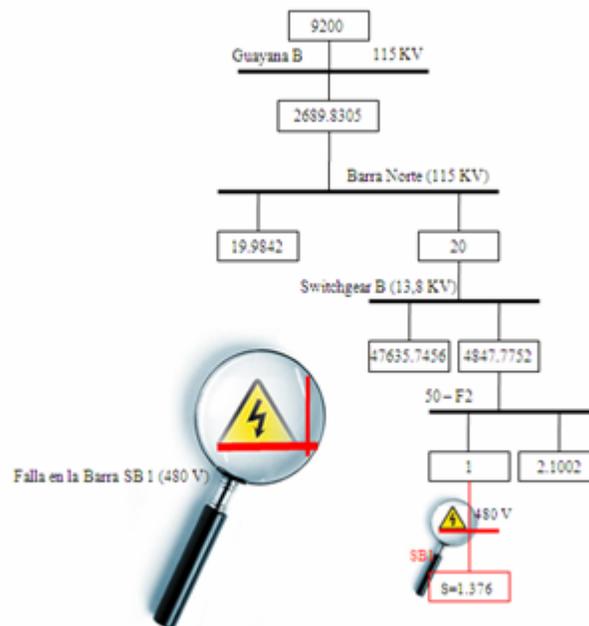
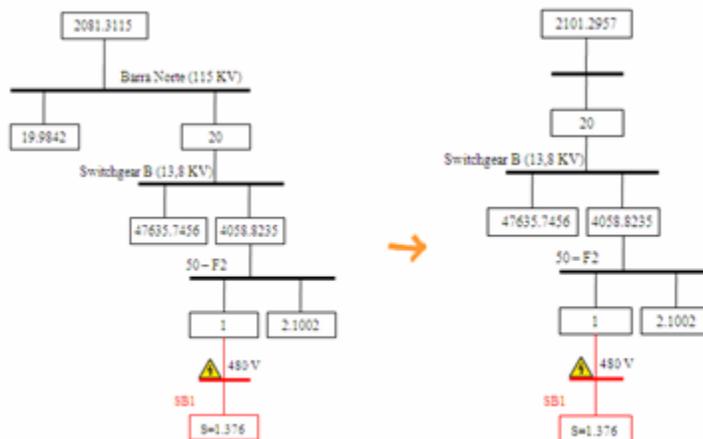
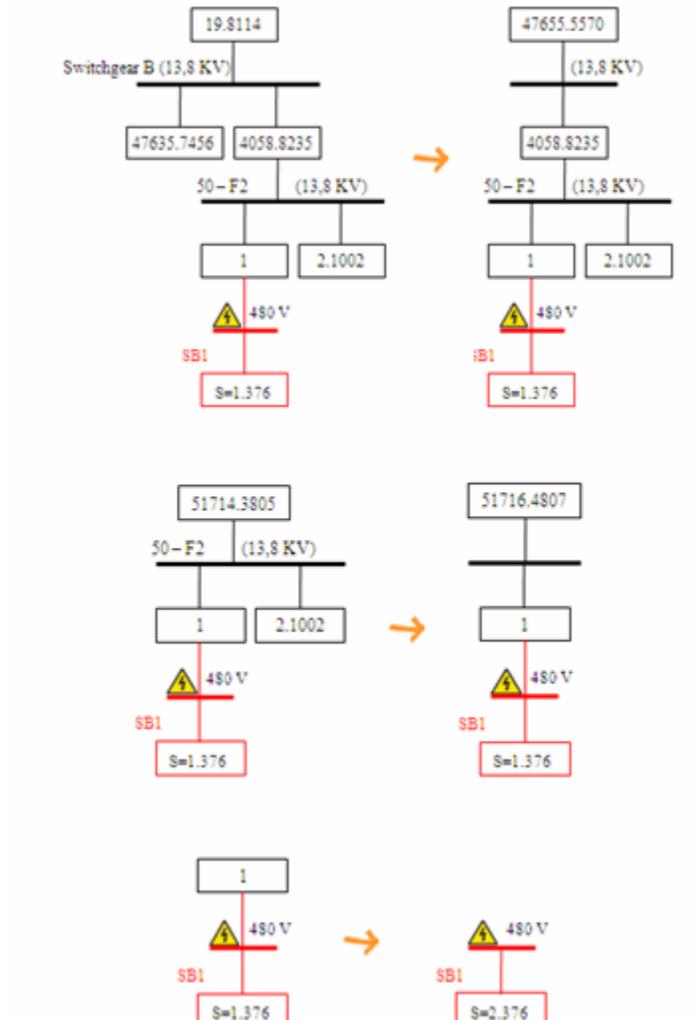


Figura No. 4.4 Diagrama Eléctrico Simplificado en MVA.

Se procedió al cálculo de la corriente de cortocircuito colocando una falla en SB1.





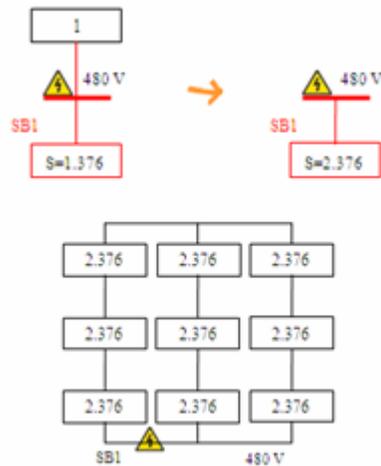
Una vez simplificado el diagrama en su expresión mínima se procede a obtener la corriente de cortocircuito 3Ø.

$$I_{cc_{3\phi}}(SB1) = \frac{MVA}{\sqrt{3} \times V} = \frac{18.6592 \times 10^6 VA}{\sqrt{3} \times 480V}$$

$$I_{cc_{3\phi}}(SB1) = 22.4435 kA$$



Para la evaluación de la falla monofásica en el sistema de barra SB1, se procedió de la siguiente manera:

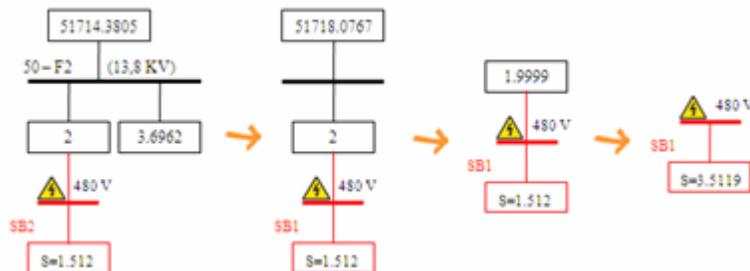


$$MVA_{1\phi}(SB1) = 3x(2.376 // 2.376 // 2.376) = 2.7360 MVA$$

$$I_{cc_{1\phi}}(SB1) = \frac{27.360 \times 10^6 VA}{\sqrt{3} \times 480V}$$

$$I_{cc_{1\phi}}(SB1) = 28.579 kA$$

Basándose en la misma metodología del cálculo, se obtuvo los valores del Sistema de Barra (SB2).

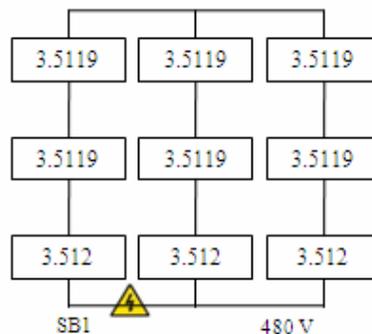




$$I_{cc_{3\phi}}(SB2) = \frac{19.6582 \times 10^6 VA}{\sqrt{3} \times 480V}$$

$$I_{cc_{3\phi}}(SB2) = 23.6451kA$$

Para la evaluación de la falla monofásica en el sistema de barra SB2, se procedió de la siguiente manera:



$$MVA_{1\phi}(SB2) = 3 \times (3.5119 // 3.5119 // 3.512) = 3.1519 MVA$$

$$I_{cc_{1\phi}}(SB1) = \frac{31.519 \times 10^6 VA}{\sqrt{3} \times 480V}$$

$$I_{cc_{1\phi}}(SB2) = 37.912kA$$

Tabla No. 4.8 Valores Teóricos de la Corriente de Cortocircuito (Icc) en las Barras SB1 y SB2.

Corriente de Cortocircuito (Icc)	
Sistema de Barra SB1 (Línea 1)	$I_{cc_{3\phi}}(SB1) = 22.4435kA$
Sistema de Barra SB1 (Línea 1)	$I_{cc_{1\phi}}(SB1) = 28.579kA$
Sistema de Barra SB2 (Línea 1)	$I_{cc_{3\phi}}(SB2) = 23.6461kA$
Sistema de Barra SB2 (Línea 1)	$I_{cc_{1\phi}}(SB2) = 37.912kA$



Una vez determinada I_{cc} en las Barras señaladas para la Línea 1, se procedió al cálculo de la intensidad de choque (I_{max}), la intensidad de cortocircuito instantáneo ($I_{cc(inst)}$) y la intensidad de cortocircuito de ruptura ($I_{cc(rupt)}$). Por medio de las siguientes ecuaciones:

$$I_{max} = 1.8x\sqrt{2}xI_{cc} \quad \text{Ec. 4.9}$$

$$I_{cc(inst)} = 1.6xI_{cc} \quad \text{Ec. 4.10}$$

$$I_{cc(rupt)} = 1.2xI_{cc} \quad \text{Ec. 4.11}$$

Tabla No. 4.9 Valores Teórico de I_{max} , $I_{cc(inst)}$, $I_{cc(rupt)}$ en las Barras SB1 y SB2.

Corrientes	SB1 _{3Ø}	SB1 _{1Ø}	SB2 _{3Ø}	SB2 _{1Ø}
I_{cc}	22.4435kA	28.579 kA	23.6461kA	37.912 kA
I_{max}	57.1318kA	72.75 kA	60.1931kA	76.508 kA
$I_{cc(inst)}$	35.9096kA	45.726 kA	37.8338kA	38.659 kA
$I_{cc(rupt)}$	26.9322kA	34.295 kA	28.3753kA	32.494 kA

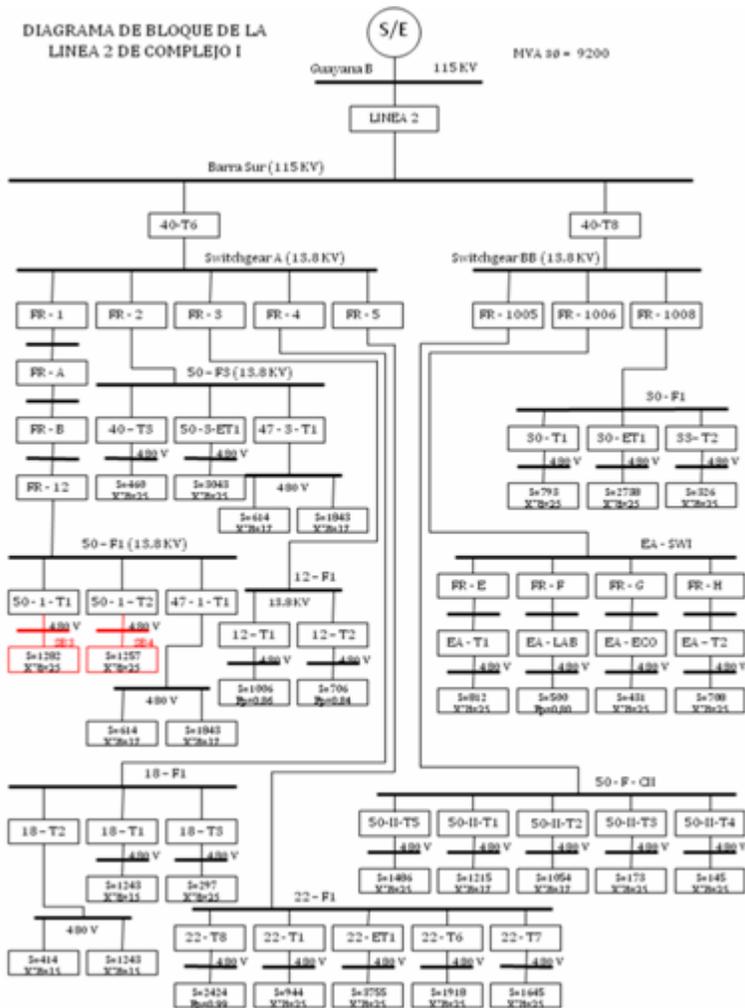


Figura No. 4.5 Diagrama Eléctrico de la Línea 2 del Complejo I.

SB: Sistema de Barra.

Nota: Lo mostrado en color rojo, es el sistema a objeto de estudio para la interconexión.

Tabla No. 4.10 MVA de los Alimentadores Pertenecientes a la Línea 2 de Complejo I.

Cálculo de los MVA(línea) para los alimentadores pertenecientes a la Línea 2 de Complejo I.				
Identificador del Alimentador	Voltaje (KV)	Impedancia (Ω /Km)	Longitud (Km)	MVA(línea)
FR - Equi	13.8	(0.39+j0.693)	0.771	633.3433
FR - 2	13.8	(0.046+j0.057)	0.738	5609.7561
FR - 3	13.8	(0.031+j0.038)	0.800	7679.0323



FR - 4	13.8	(0.046+j0.057)	0.450	9200
FR - 5	13.8	(0.046+j0.057)	0.275	15054.5455
FR - E	13.8	(0.420+j142)	0.5	906.8571
FR - F	13.8	(0.420+j142)	0.2	2267.1429
FR - G	13.8	(0.420+j142)	0.8	566.7857
FR - H	13.8	(0.420+j142)	0.5	906.8571
FR - 1005	13.8	(0.046+j0.057)	1.5	2760
FR - 1006	13.8	(0.046+j0.057)	0.8	5175
FR - 1008	13.8	(0.046+j0.057)	1.020	4058.8235

Tabla No. 4.11 MVA de las Barras Pertenecientes a la Línea 2 del Complejo I.

MVA de las barras pertenecientes a la Línea 2 del Complejo I.		
Identificador de la Barra	Voltaje (KV)	MVA de la Barra
Barra Sur	115	39.9655
Switchgear A	13.8	38190.4119
50 - F1	13.8	2.3579
50 - F3	13.8	2.7610
12 - F1	13.8	0.9153
18 - F1	13.8	2.0557
22 - F1	13.8	5.6448
Switchgear BB	13.8	16647.8891
50 - F - CII	13.8	2.7714
EA - SWI	13.8	4649.0292
50 - F1	13.8	12.2650



Tomando en cuenta el procedimiento para el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica ($I_{cc_{3\phi}}$) y monofásica ($I_{cc_{1\phi}}$) de la Línea 1, en los sistemas de barras SB1 y SB2. Se procedió al cálculo de las mismas en los sistemas de barras SB3 y SB4, de la Línea 2.

Tabla No. 4.12 Valores Teóricos de la Corriente de Cortocircuito (I_{cc}) en las Barras SB3 y SB4.

Corriente de Cortocircuito (I_{cc})	
Sistema de Barra SB3 (Línea 2)	$I_{cc_{3\phi}}(SB3) = 27.448kA$
Sistema de Barra SB3 (Línea 2)	$I_{cc_{1\phi}}(SB3) = 27.448kA$
Sistema de Barra SB4 (Línea 2)	$I_{cc_{3\phi}}(SB4) = 37.147kA$
Sistema de Barra SB4 (Línea 2)	$I_{cc_{1\phi}}(SB4) = 27.147kA$

Una vez determinada I_{cc} en las Barras señaladas para la Línea 2, se procedió al cálculo de la intensidad de choque (I_{max}), la intensidad de cortocircuito instantáneo ($I_{cc_{(inst)}}$) y la intensidad de cortocircuito de ruptura ($I_{cc_{(rupt)}}$). Por medio de las siguientes ecuaciones: Ec. 4.9; Ec. 4.10 y Ec. 4.11.

Tabla No. 4.13 Valores Teórico de I_{max} , $I_{cc_{(inst)}}$, $I_{cc_{(rupt)}}$ en las Barras SB3 y SB4.

Corrientes	SB3 _{3φ}	SB3 _{1φ}	SB4 _{3φ}	SB4 _{1φ}
I_{cc}	27.448kA	27.448kA	27.147kA	27.147kA
I_{max}	69.871 kA	69.871kA	69.105kA	69.105kA
$I_{cc_{(inst)}}$	43.917kA	43.917kA	43.435kA	43.435kA
$I_{cc_{(rupt)}}$	32.938kA	32.938kA	32.576kA	32.576kA

4.3.4 Las Fallas a Tierra

Las fallas expuestas en este punto del proyecto se basan en aquellas que suceden cuando dos líneas se ponen a tierra. A pesar de no suceder con frecuencia, éstas pueden ocasionar severos daños a los equipos y personal que las opere. Los accidentes eléctricos de este tipo pueden ocurrir en este sistema cuando haya una fase



de la línea 1 a tierra (en uno de los circuitos pertenecientes a los paneles de potencia) y en la línea 2 haya también otra fase a tierra la cual no sea la misma que la de la línea 1. Y se realice una transferencia de línea, creando una diferencia de potencial, con elevados flujos de corriente en tiempos extremadamente cortos, dando origen a un cortocircuito.

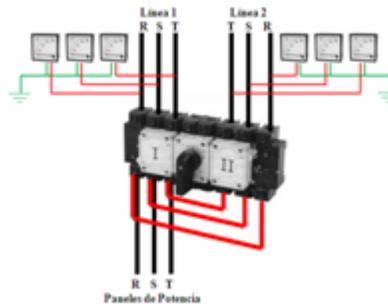


Figura No. 4.6 Voltímetros Indicadores de Falla de Fase - Fase a Tierra.

4.4 LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CONMUTADORES EN LÍNEA Y CONDUCTORES QUE ESTARÁN SUJETO A LA INTERCONEXIÓN.

4.4.1 El Conmutador en Línea

La Especificación de este equipo pretende abarcar los requerimientos técnicos necesarios, para el funcionamiento adecuado del mismo; estableciendo condiciones eléctricas seguras. En este sentido, tener una implementación 100% satisfactoria del sistema de interconexión propuesto como proyecto factible.

4.4.1.1 Características Generales

Son interruptores seccionadores, de maniobra manual independiente, diseñados para ser utilizados en circuitos de distribución y en circuitos de motores en baja tensión. Soporta e interrumpe corrientes en condiciones normales de operación,



incluyendo operaciones de sobrecarga en servicio, así como también condiciones anormales de operación, tales como corrientes de cortocircuito.

- Apropriados para seccionamiento, según la norma IEC/EN 60947-3.
- Tres (3) funciones de mando I-0-II, Con total enclavamiento.
- Intensidad de corte de hasta ocho (8) veces la intensidad de empleo.
- Establece y soporta intensidades de cortocircuito de hasta 100 kA.
- Contactos de tipo cuchilla con acción autolimpiante en la superficie de contacto, cuya disposición proporciona:
 - Alto poder de cierre.
 - Contacto sin rebote en entornos vibratorios
- Zona de trabajo de contacto libre de desgaste producido por arco eléctrico; existe una sección adicional para soportarlo.
- Gran resistencia a la Humedad (tropicalizados).
- Amplia gama de accesorios.

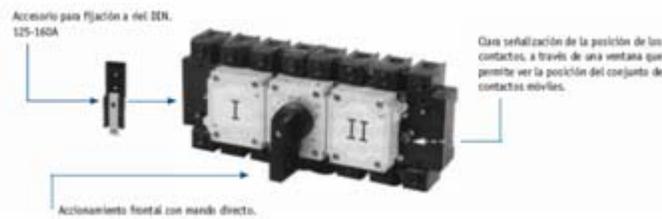


Figura No. 4.7 Conmutador en Línea (Transferidor).

4.4.1.2 Las Normas

- IEC 947-3:1990
- EN-60947-3:1992
- UNE-EN 60947.3:1994



4.4.1.3 Las Certificaciones

- KEMA.
- BUREAU VERITAS.
- LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING.

4.4.1.4 Las Especificaciones Técnicas

De acuerdo con los valores de tensión, carga y niveles de cortocircuito se dio escogencia al conmutador de línea (transferidor), que satisface las necesidades del sistema planteado. Este es el TC-50160 perteneciente a la serie 5000L de Telergon.

Tabla No. 4.14 Corrientes Nominales de los Conmutadores en Línea.

Interruptor	Tensión de aislamiento (V)	Corriente nominal AC-21 (A)			Corriente nominal AC-22 (A)			Corriente nominal AC-23 (A)		
		415 V	500 V	690 V	415 V	500 V	690 V	415 V	500 V	690 V
TC-50160	800	160	160	140	160	160	125	160	140	100

Tabla No. 4.15 Intensidad Térmica, Rapidez Dieléctrica de los Conmutadores en Línea.

Interruptor	Intensidad térmica Ith (A)	Rigidez dieléctrica (V)	Tensión de impulso Uimp (kV)	Corriente de corta duración admisible 1 seg Icm (kArms)	Poder de cierre en cortocircuito Icw (kApico)	Intensidad de cortocircuito Ip (kArms)
TC-50160	160	5.000	8			100

Tabla No. 4.16 Apertura, Cierre, Potencia y N° de Ciclos de los Conmutadores en Línea.

Interruptor	Tensión de aislamiento (V)	Capacidad @415V (kA) categoría AC-23		Potencia (kW) motores trifásicos		N° de ciclos	
		Apertura	Cierre	415 V	500 V	Con carga AC-23 A/B	Sin carga AC-23 A/B
TC-50160	800	1,28	1,6	90	90	1000/200	20.000

Tabla No. 4.17 Capacidad del Conmutador en Línea.

Capacidad interruptor (A)	160
Intensidad térmica, Ith en ambiente @40°C	160
Tensión de aislamiento	800
Rigidez dieléctrica	4000
Tensión de impulso	8



Tabla No. 4.18 Intensidad de Empleo del Conmutador en Línea.

Intensidad de empleo AC, Ie				160
A	400V	A	160	

Tabla No. 4.19 Potencia de Empleo y Comportamiento Ante Cortocircuito del Conmutador.

Potencia de empleo AC, Pe				160
	kW	3/4 00V	AC23A	55
Potencia reactiva	kVAR	400V		75
Capacidad de interrupción	A	400V		1000
Capacidad de cierre	A	400V		1250
Comportamiento ante cortocircuitos				
Intensidad pico máxima establecida, I _{cm}	kA			8,5
Intensidad eficaz soportada durante 1s, I _{ow}	kA rms			5
Intensidad eficaz de cortocircuito condicional	kA rms			100
Intensidad pico limitada máxima	kA			20
Energía disipada máxima (I ² t)	A ² (x10 ³)			198
N° mínimo de maniobras con carga	ciclos	400V	AC23	1000
Cable rígido (Cu)	mm ²			95
Torque máximo	Nm			4

4.4.1.5 Las Dimensiones

Este punto es uno de los más importantes ya que ofrece una perspectiva del tamaño del equipo, generando un patrón para dimensionamiento de los paneles y accesorios.

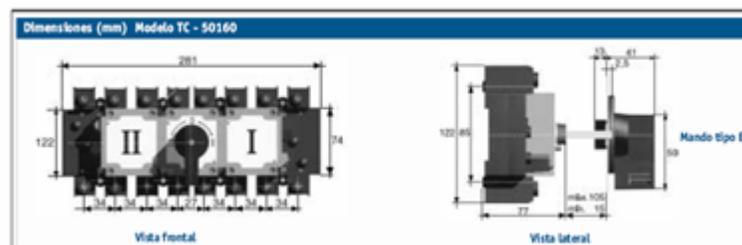


Figura No. 4.8 Dimensiones en (mm) del Conmutador en Línea (transferidor).

4.4.1.6 Caja Para el Conmutador

Las cajas o gabinetes para los conmutadores son las que da protección a los



mismos evitando el deterioro o manipulaciones no deseadas del equipo. Entre sus características generales se encuentran las siguientes:

- Grado de protección IP55.
- Salida de conductores inferior y superior.
- Enclavamiento en puerta en “T”.
- Puentes Incluidos.

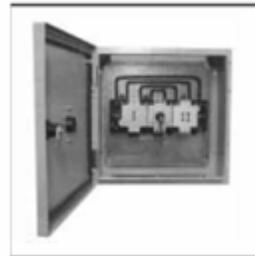


Figura No. 4.9 Caja o Armario Para el Conmutador en Línea (transferidor).

Tabla No. 4.20 Descripción de Caja para el Conmutador.

Serie 55000L					
Modelo	Descripción	Amperaje (A)	Dimensiones (mm)		
			A	B	C
TC-50160-CH		160	500	400	230
TC-50250-CH		250	500	400	230
TC-50400-CH	Gabinete fabricado en lámina de acero galvanizado	400	700	500	270
TC-50630-CH		630	800	600	300
TC-50160-PVC		160	500	400	230
TC-50250-PVC		250	500	400	230
TC-50400-PVC	Gabinete fabricado en PVC	400	700	500	270
TC-50630-PVC		630	800	600	300

4.4.1.7 Los Accesorios

La Cerradura de Seguridad

Este dispositivo de bloqueo puede ser simple o doble, para los efectos de la interconexión es vital que permita el bloqueo y extracción de la llave solamente en la posición de su normal enclavamiento. Es decir, si su normalmente cerrado se



encuentra en la posición I, es allí donde debe permitir este fenómeno; a fin de mantener las cargas balanceadas y evitar manipulaciones no estratégicas.

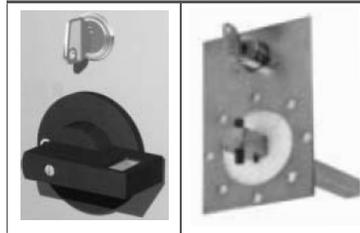


Figura No. 4.10 Cerradura de Seguridad del Conmutador.

Los Ejes Prolongados

Este permite que se conmute el equipo sin la necesidad de abrir la caja del mismo. Cabe resaltar la importancia de implemento, ya que se minimiza los riesgos al personal aislándolo del contacto con las partes energizadas del sistema.

Tamaño	L. máx. (mm)
1	400
2	560
3	400
	600

Figura No. 4.11 Ejes Prolongados del Conmutador.

Cubre Bornes

La gama dispone de tapas aislantes para los bornes de entrada y/o salida, este lo proporcionan en juegos de tres (3). Este protege al personal en caso de que por descuido o negligencia se haya dejado la caja abierta.

4.4.2 Conductor

La Presente especificación tiene como objetivo cubrir los requerimientos



técnicos necesarios que deben cumplir los conductores de potencia (Cables), que formará parte del sistema de interconexión propuesto como proyecto factible de las líneas 1 y 2 del Complejo de reducción I de la CVG Venalum.



Figura No. 4.12 Carrete de Cable.

4.4.2.1 Las Normas

Salvo que se indique lo contrario, el diseño, fabricación y pruebas de los cables, debe hacerse conforme lo establecido en la más reciente edición de las siguientes normas y estándares:

- Covenin 397
- Código eléctrico Nacional.

4.4.2.2 El Aislamiento

El aislamiento de los cables será de tipo termoplástico a base de cloruro de polivinilo (PVC). Para una temperatura de 75°C. Este debe cumplir con los requerimientos mecánicos y eléctricos indicados en las normas mencionadas.

4.4.2.3 El Conductor

Los Cables de Potencia deben ser THW 600V y estar diseñados para trabajar



bajo la presente especificación:

Tabla No. 4.21 Especificaciones de los Conductores de Potencia.

Calibre AWG/MCM	Nº de hilos	Espesor aislamiento (mm)	Diámetro exterior (aprox.) (mm)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Capacidad (Amp) @ 30°C		Peso (aprox.) Kg / Km
					Al aire	Canalizados	
500	37	2,41	27,4	137	620	380	2.694

4.4.3 Las Canalizaciones

Para las canalizaciones del proyecto se utilizarán bandejas diseñadas para canalizar y distribuir grandes cantidades de conductores, entre sus características se tiene:

- Elaboradas en PVC.
- Perfil de la bandeja de estructura alveola el cual ofrece mayor resistencia mecánica, comparada con las bandejas macizas.
- Treinta (30%) más livianas que las bandejas de estructura maciza.
- Diseñadas para ser instaladas en ambientes hostiles: resistentes a la corrosión, interperie y a la radiación UV.
- Tapa de seguridad de fácil fijación, garantizando alta protección contra cuerpos sólidos, resistente a impactos.



Figura No. 4.13 Bandeja.

Tabla No. 4.22 Especificaciones de Bandejas PVC M1.

Especificaciones técnicas del PVC M1	
Material	PVC Clasificación M1, UNE 23.727-90.
Resistencia al envejecimiento	Resultado satisfactorio a los ensayos de laboratorio. Cálculo acelerado por radiaciones ultravioleta, cálculo de pérdida de propiedades mecánicas por impacto.
Rigidez dieléctrica	258 kV/cm.



Tabla No. 4.23 Especificaciones de Bandejas PVC Bandequint.

Especificaciones técnicas de las bandejas de PVC Bandequint	
Protección contra daños mecánicos	IPXX9, según UNE 20.324-89 y NFC 20-010.
Ensayo de resistencia al impacto de bajas temperaturas	Resultado satisfactorio, según NFC 68-102.
Ensayo de fijación de tapa	Resultado satisfactorio.
Protección contra la penetración de cuerpos sólidos:	Bandeja lisa IP-4XX. Bandeja perforada: IP-2XX. según UNE 20.324-89.
Certificaciones y homologaciones	CE, Bureau Veritas, Telefónica, EQNet, UNE, EN, ISO 9001, Premio de diseño industrial otorgado por IF en Hannover.

Tabla No. 4.24 Dimensiones de Bandejas.

Dimensiones (mm)		300 x 40	300 x 60	300 x 100	400 x 40	400 x 60	400 x 100	600 x 100
Bandejas 	Modelo/Perforadas	BP-304	BP-306	BP-310	BP-404	BP-406	BP-410	BP-610
	Modelo/Lisas	BL-304	BL-306	BL-310	BL-404	BL-406	BL-410	BL-610
	Dimensiones A x B x L (mm)	300 x 40 x 3000	300 x 60 x 3000	300 x 100 x 3000	400 x 40 x 3000	400 x 60 x 3000	400 x 100 x 3000	600 x 100 x 3000
	Material	PVC M1/ Gris						
	Función	Canalización de grandes cantidades de conductores.						
Tapas para bandejas 	Modelo	CU-300	CU-300	CU-300	CU-400	CU-400	CU-400	CU-600
	Dimensiones A x L (mm)	300 x 3000	300 x 3000	300 x 3000	400 x 3000	400 x 3000	400 x 3000	600 x 3000
	Material	PVC M1/ Gris						
	Función	Protección contra penetración de cuerpos sólidos en la bandejas.						
Tapas finales	Modelo	FC-304	FC-306	FC-310	FC-404	FC-406	FC-410	FC-610



Tabla No. 4.25 Tipo de Soportes de Bandeja.

--



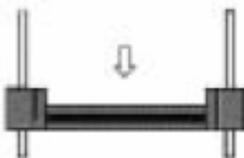
Tipo de soporte	Modelos	Carga máxima @ 30°C (Kg)
Cónsolas Horizontales 	CH-100	175
	CH-150	175
	CH-200	175
	CH-300	225
	CH-400	275
	CH-400	300
	CHF-600	350
Cónsolas de suspensión 	CS-100	62
	CS-150	74
	CS-200	82
	CS-300	105
	CS-400	115
	CS-600	123

Tabla No. 4.26 Especificación del Conductor para Selección de Bandeja.

Tabla I.- Especificación de conductores.			
<i>Secciones y pesos de conductores THW (AWG/MCM) de uso habitual</i>			
<i>Los valores de las tablas son informativos.</i>			
Calibre (AWG)	Peso (kg/m)	Ø Diámetro exterior d (mm)	Sección a=d (mm ²)
12	0,05	7,4	54,46
10	0,073	8	64
8	0,118	10,4	109
6	0,174	11,54	133
4	0,259	12,84	165
2	0,39	14,34	205
2/0	0,767	19,86	394
4/0	1,18	22,86	522
250	1,4	25,72	661
500	2,69	32,22	1.038
750	4	38,9	1.513
1000	5,26	43	1.849

Tabla No. 4.27 Capacidad de Carga y Transportar Conductores en Bandeja.



Tabla II.- Sección útil de las bandejas

Capacidad útil de la bandeja para cargar y transportar los conductores, se calcula con base a:

Distancia entre soportes de 1,5 m.

Cargas uniformemente distribuidas (Kg/m) @ 40°C.

Ensayos realizados según proyecto de NORMA prEN.

Bandeja	Alto (mm)	Ancho (mm)	Sección útil mm ²	Carga (Kg/m) (distancia entre soportes 1,5m)
BL-BP-94	90	40	2.945	7,2
BL-BP-106	100	60	5.050	18,2
BL-BP-154	150	40	5.075	18
BL-BP-156	150	60	7.685	28,2
BL-BP-204	200	40	6.825	28
BL-BP-206	200	60	10.315	38,2
BL-BP-210	200	100	16.290	72,7
BL-BP-304	300	40	10.325	48,0
BL-BP-306	300	60	15.740	58,2
BL-BP-310	300	100	25.040	84,5
BL-BP-404	400	40	13.825	68
BL-BP-406	400	60	21.720	76
BL-BP-410	400	100	33.765	96,3
BL-BP-610	600	100	51.260	120

4.4.3.1 El Cálculo de las Bandejas

Tabla No. 4.28 Información de Conductores para Calculo de Bandeja.

Nº de Conductores	Calibre AWG	Ø Exterior (mm)	Kg/m	Sección Necesaria	Sección a=d (mm ²)	Sección Total (S)
12	500	32.22	2.69	2.69	1038	12456

k = Coeficiente Corrector

R = % reserva para ampliaciones

S = Sección total

ST = Ancho de la bandeja

$$ST = \frac{k(100 + R)}{100} * S \quad \text{Ec. 4.9}$$



$$ST = \frac{1.4(100 + 10)}{100} * 12456$$

$$ST = 19182.24 \text{ mm}^2$$

La bandeja BL-BP 406 cumple con los parámetros, ya que su sección útil es $> 19182.24 \text{ mm}^2$

C = Carga Prevista

P = Peso total

$$C = \frac{(100 + R)}{100} * P \quad \text{Ec. 4.10}$$

$$C = \frac{(100 + 10)}{100} * 32.28$$

$$C = 35.51 \text{ Kg} / m$$

Observando la tabla de sección útil de las bandejas, se constata que la bandeja BL-BP 406, es apta según los requerimientos de carga y tamaño.

4.4.4 Los Voltímetros

Estos equipos permitirán visualizar si una de las líneas tiene falla a tierra, a fin de evitar el cierre del conmutador de línea y ocasionar un corto línea-línea a tierra en el momento de la transferencia o conmutación del equipo.

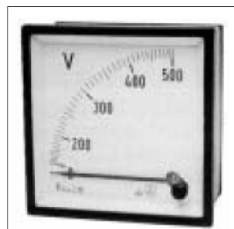


Figura No. 4.14 El Voltímetro.



Tabla No. 4.29 Información y Dimensiones de Voltímetro.

Modelos	EC5V	EC4V	EC3V	EC2V				
Dimensiones (mm)	48 x 48	72 x 72	96 x 96	144 x 144				
Escala (°)	90	90	90	90				
Frecuencia de operación (Hz)	15...100	15...100	15...100	15...100				
Consumo (V)	1,5 - 3	1,5 - 3	1,5 - 3	1,5 - 3				
Peso (kg)	0,09	0,2	0,25	0,5				
Precisión (%)	1,5	1,5	1,5	1,5				
Escalas	Rangos							
V	Directo	.../110	Directo	.../110	Directo	.../110	Directo	.../110
6	*		*		*		*	
10	*		*		*		*	
15	*		*		*		*	
25	*		*		*		*	
30	*		*		*		*	
60	*		*		*		*	
150	*		*		*		*	
300	*		*		*		*	
400	*		*		*		*	
500	*		*		*		*	
600	*		*		*		*	
Múltiplos		*		*		*		*

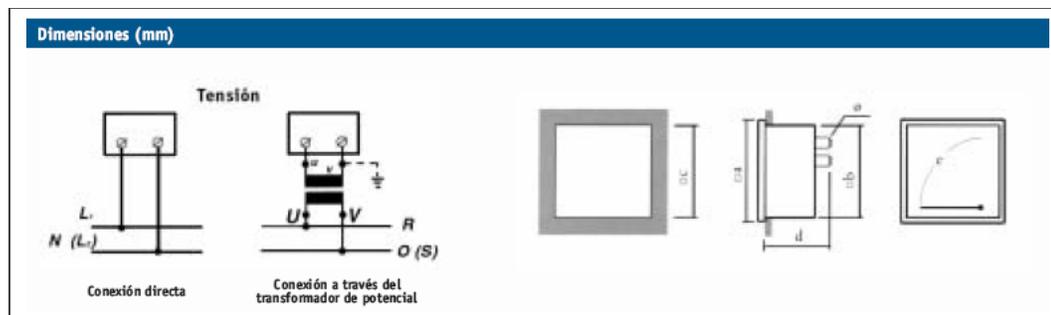


Figura No. 4.15 Dimensiones de Voltímetro.

Tabla No. 4.30 Modelo y Dimensiones de Voltímetro.

Modelos	Dimensiones					
	a	b	c	d	e	f
EC5V	48	44,5	45	59	38	M4
EC4V	72	66,5	68	60	65	M4
EC3V	96	89	92	59	100	M4
EC2V	144	135	138	59	140	M4



4.5 EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PRODUCTOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN.

Tabla No. 4.31 Análisis Económico General de los Productos y Materiales.

Análisis de Costo				
Equipo o Material	Costo Unitario (BsF)	Cantidad		Costo Total (BsF)
		Nº de Equipo	Metros	
Conmutador en Línea, Cubre Bornera, Eje Prolongado, Caja para el Conmutador (300x400x200), Cerradura de Seguridad y Cerradura de la Caja.	4.356,90	4	-	17.427,60
Kit para Fijación de Caja	132,50	4	-	530,00
Voltímetro	242,36	24	-	5.816,64
Cable THW, 500 Kcmil, Cobre, 75°C	36.662	-	1800	659.923,02
Bandeja	505	50	150	25.250,00
Tapa para Bandeja	304	50	150	15.200,00
Derivación de 90° con Tapa	326	4	-	1.304
Uniones para Bandeja	31	120	-	3.720,00
Soporte Horizontal	373	12	-	4.476,00
Soporte de Suspensión	111	100	-	11.100,00
Angulo Concabo con Tapa	1.585	2	-	3.170,00
Monto Total (BsF)				747.917,26

Nota: Estos precios se obtuvieron el 15/03/2009.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADO

Este capítulo muestra la evaluación del sistema en estudio en el simulador ETAP PowerStation (Electrical Transient Analyzer Program), el cual es un programa gráfico de análisis transitorio de sistemas eléctricos de potencia. Esto con el fin de determinar posibles anomalías del sistema y comprobar que cumple satisfactoriamente con los resultados esperados.

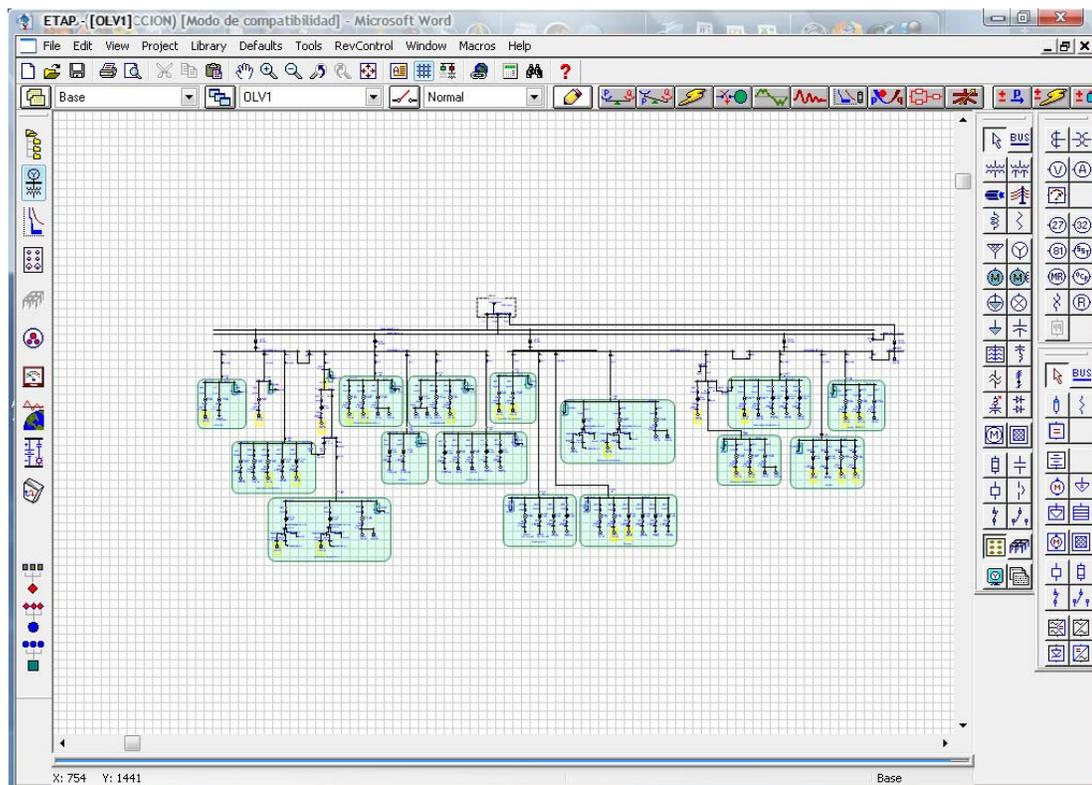


Diagrama Unifilar de CVG Venalum.

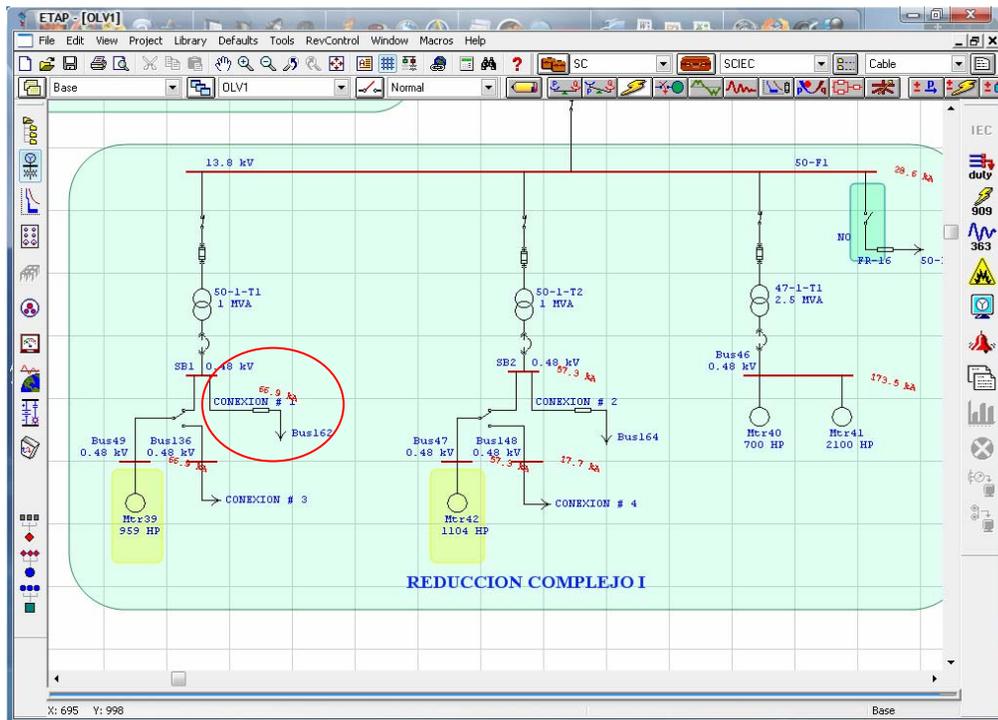


Diagrama Unifilar de la interconexión en la Sala 1 del Complejo I.

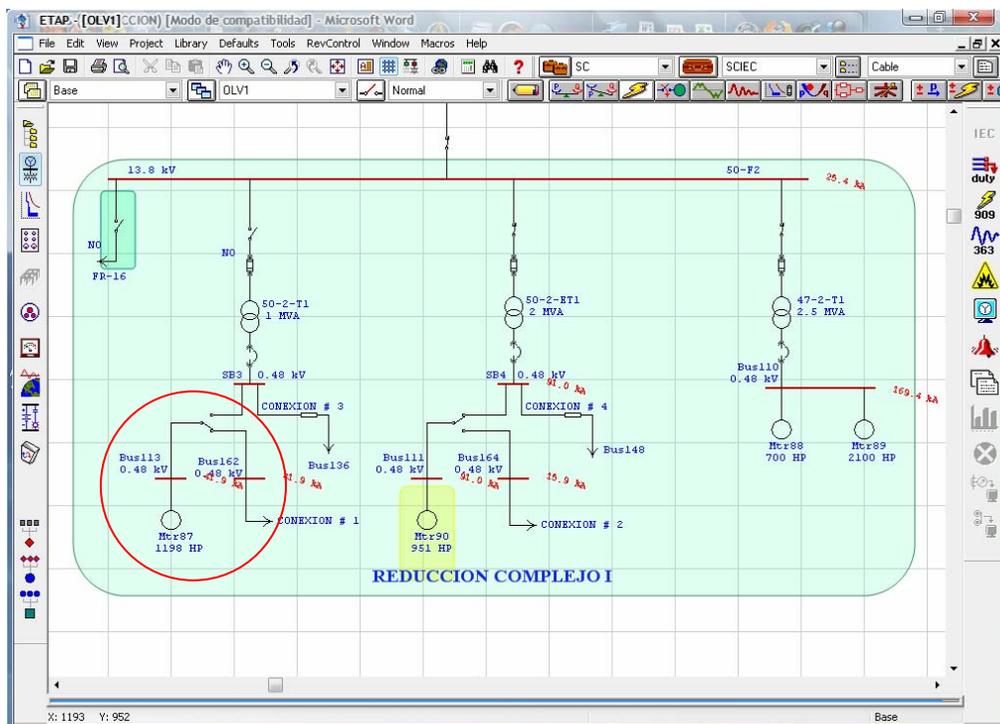


Diagrama Unifilar de la interconexión en la Sala 2 del Complejo I.



C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\PENDRIVE\CVGVenalum\SCIEC.S11 - PSRept

Project: **ETAP** Page: 81
 Location: **5.0.3Z** Date: 04-07-20
 Contract: SN: 85OT130
 Engineer: Study Case: SC Revision: Base
 Filename: CVGVenalum Config: Norr

3-Phase fault at bus: **Bus162**
 Nominal kV = 0.480 Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)
 Peak Value = 41.903 kA (Method C)
 Steady State = 8.027 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
Bus162	Total	0.00	6.260	-19.164	3.1	20.160
SB1	Bus162	65.18	4.594	-8.050	1.8	9.269
Mtr87	Bus113	104.35	1.666	-11.114	6.7	11.238

Reporte de la Icc₃₀ en la Barra 162 Pertenciente a la interconexión 50-1-S1 con 50-2-S1

C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\PENDRIVE\CVGVenalum\SCIEC.S12 - PSRept

Project: **ETAP** Page: 5
 Location: **5.0.3Z** Date: 04-07-2009
 Contract: SN: 85OT130125
 Engineer: Study Case: SC Revision: Base
 Filename: CVGVenalum Config: Normal

Bus				Initial Voltage		
ID	Type	Nom. kV	Base kV	Sub-sys	%Mag	Ang.
Bus159	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
Bus161	Load	0.480	0.480	1	999.00	-60.00
Bus162	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
Bus164	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
EA-SWI	Load	13.800	13.800	1	100.00	-30.00
Guayana B	SWNG	115.000	115.000	1	100.00	0.00
PIM	Load	13.800	13.800	1	100.00	-30.00
SB1	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
SB2	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
SB4	Load	0.480	0.480	1	100.00	-60.00
ST-1	Load	13.800	13.800	1	100.00	-30.00
ST-2	Load	13.800	13.800	1	100.00	-30.00

Reporte de la Icc_{LLG} en la Barra 162 Pertenciente a la interconexión 50-1-S1 con 50-2-S1



CONCLUSIONES

1. Los valores nominales de corriente y de carga de los paneles de potencia, que ofrece los planos están muy por encima de los valores reales medidos en el área.
2. Se Normalizaron los valores de corrientes para los paneles de potencia.
3. El conmutador en línea y conductor seleccionado cumple con los requerimientos de capacidad de corriente y tensión de ruptura para este proyecto.
4. Reducción de costos en mantenimiento y reparaciones.
5. Aumento de la eficiencia, integración y confiabilidad en el área operativa de la planta.

En líneas generales se considera que el proyecto cumple con todas las normativas tanto nacionales como internacionales, es importante que en la ingeniería de detalle se siga con cada uno de los lineamientos que se consideraron en la ingeniería básica, para que de esta forma se garantice el normal funcionamiento del sistema.



RECOMENDACIONES

1. Implementar un estudio basado en el balance de las cargas de los paneles de potencia, a fin de actualizar los valores de los conductores, la corriente y la carga que ofrece los planos.
2. Realizar un historial de los valores obtenidos de las pruebas eléctricas realizadas a los equipos de potencia.
3. Implementar la colocación de serraduras, como también, un grupo de supervisión de alarmas de fallas a tierra, puesto que estos dispositivos están siendo manipulados arbitrariamente por el trabajador (Ver Anexo B).
4. Una vez realizada la ejecución del proyecto se debe verificar que los dispositivos de seguridad del conmutador en línea “Cerradura de la caja y posición de bloqueo” (Ver Figura No. 4.10) estén en la posición correcta; para evitar desbalance de las cargas en los sistemas de interrupción.
5. El conmutador en línea, caja para conmutador, voltímetros, bandejas, herrajes y otros dispositivos del transfer; son de la marca TELERGON. Para el uso de otras marcas debe tomarse en cuenta que estas cumplan con las especificaciones técnicas realizadas en este estudio.
6. Los conmutadores en línea, se deben ubicar en el lado derecho de los sistemas de interrupción, sujeto en la pared; puesto que hay espacio disponible y el operador tenga fácil acceso al mismo (Ver Anexo B).
7. Realizar un estudio socioeconómico más profundo con el fin de afianzar la factibilidad, este debe incluir vida útil y costos de los equipos que se encuentran actualmente en el área.



BIBLIOGRAFIAS

- [1] Castro, L. **“Estudio del Mantenimiento Preventivo de los Switchgear S1 Y S2 de la Línea I de Producción del Complejo I de CVG. VENALUM,”**. Informe técnico, Departamento Ingeniería de Mantenimiento Industrial CVG. VENALUM, Ciudad Guayana (1990).
- [2] Gilberto, H. **Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica** (volumen 2). Febrero de 1978.
- [3] José, R. **Instalaciones Eléctricas Generales** Barcelona-20, España. Agosto de 1987.
- [4] José, R **Instalaciones de Baja Tensión Cálculos de Líneas Eléctricas** Barcelona, España. Marzo de 1990.
- [5] Manual de Dirección de Proyectos de CVG Venalum (2002).
- [6] Rojas de Narváez, R. (1.997). **Orientación Práctica para la Elaboración de Informes de Investigación**. Venezuela: (2da. Edición).
- [7] Sabino, C. (2002). **El Proceso de Investigación**. Caracas- Venezuela. Editorial Panapo, C.A. (Nueva Edición).
- [8] Tamayo y Tamayo, M. (1.997). **El proceso de la Investigación Científica**. México- D.F.: Editorial Limusa. Tercera Edición.



-
- [9] Universidad Nacional Abierta. (1.999). **Proceso de la Investigación**. Caracas–Venezuela.
- [10] Sabino, C. (2001). **Como Hacer una Tesis**, Caracas: Editorial Panapo.
- [11] Catálogo SESWG/I 4022 es Versión 1. [1998-09]. ABB Switchgear AB. Suecia
- [12] Grainger, J. & Stevenson W. [1.996]. **Análisis de Sistemas de Potencia**. Primera Edición, México.
- [13] IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Building. (Std 241-1990) (Gray Book)
- [14] IEC 60781: Guía de aplicación para el cálculo de corrientes de cortocircuito en la redes BT radiales.
- [15] IEC 60909: Cálculos de las corrientes de cortocircuito en redes trifásicas de corriente alterna.
- [16] “**Catálogos de cables eléctricos**”. ICONEL. CABEL.
- [17] GARCÉS, S. **Introducción al ETAP**. Venezuela: Inflexconsult Proyectos 95, S.A.



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	Análisis de la Factibilidad de Interconexión Entre los Switchgear de las Líneas I Y II del Complejo I de CVG Venalum.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Indriago G. Daniel A.	CVLAC: 16.625.601 E MAIL: danielindriago84@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Interconexión

Factibilidad



Switchgear

Análisis

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencia Aplicadas	Ingeniería Eléctrica

RESUMEN (ABSTRACT):

Una interconexión es la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, esenciales para permitir la unión de redes eléctricas y la interoperabilidad de los sistemas. Este trabajo de grado está dirigido a la utilización de parámetros eléctricos técnicos que permita interconectar los equipos de interrupción (Switchgear) de la línea 1 y 2, que dota de energía eléctrica al área de reducción I de La industria Venezolana del aluminio (CVG Venalum). En busca de la mejora de las aéreas y como medida de seguridad al personal; se desarrollo un análisis factible, a fin de determinar parámetros necesarios para le realiza la interconexión. De igual forma mejorar el mantenimiento preventivo, para evitar paradas no previstas y costosas que causan pérdida de producción en las industrias, la colocación de Conmutadores en línea, permitirá comodidad en el mantenimiento, y elimina los riesgos eléctricos al personal, logrando una integración de todas las aéreas y subsistemas, y obtener una mayor



precisión en los procesos, y con ello aumentar la vida útil de los equipos, para reducir costos y salvaguardar vidas humana

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Ing. Santiago Escalante	CVLAC:				
	E_MAIL	Sescalante@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
Ing. Melquiades Bermúdez	CVLAC:				
	E_MAIL	mbermudez@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
Ing. Pedro Rodriguez	CVLAC:				
	E_MAIL	prodriguez@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
Ing. Cesar Viamonte	CVLAC:				
	E_MAIL	Cesar_viamontes@venalumi.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009 AÑO	03 MES	27 DÍA
-------------	-----------	-----------

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS: Factibilidad de interconexión de equipos de interrupción .doc	Aplication/Microsoft Word

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Planificación y Mtto. Industrial CVG Venalum (OPCIONAL)

TEMPORAL: 32 Semanas (8 meses) (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Electricidad

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente / Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo N° 44 del Reglamento de Trabajo de Grado:
“Los trabajos de Grado son exclusivamente propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines
con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo
participará al Consejo Universitario”.

Daniel Indriago

AUTOR

Santiago Escalante

TUTOR

Melquiades Bermúdez

JURADO

Pedro Rodríguez

JURADO

Prof. Verena Mercado

POR LA SUBCOMISION DE TESIS