

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CONSIDERANDO EL
CONTROL DE ENERGÍA EN UN PROCESO MINERO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

GOTTARDO LINCOLN HUAMÁN RIVAS

**PROMOCION
2003 - II**

**LIMA – PERÚ
2007**

**DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
CONSIDERANDO EL CONTROL DE ENERGÍA
EN UN PROCESO MINERO**

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación
lo dedico a mis padres

SUMARIO

El Perú es un país minero y uno de los más grandes productores del mundo, siendo el segundo productor de plata, el tercero en zinc, estaño y cobre, y el octavo en producción de oro. En la última década el crecimiento de la producción minera alcanzó un promedio de ocho por ciento anual, siendo uno de los sectores más dinámicos de la economía. En tanto nuestra minería tiene presencia en 18 departamentos del País y representa el 45% de las divisas. Es por ello que la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. que viene desarrollando una de sus exploraciones de minerales en la Unidad Minera de Colquijirca - Mina Subterránea Marcapunta Oeste y posteriormente Marcapunta Norte, en el Departamento de Pasco, provincia de Cerro de Pasco, distrito de Tinyahuarco, donde se encuentra operando desde una subestación provisional con un transformador de 6 MVA, 50/10.5 KV, el cual al no tener la capacidad de poder atender las nuevas demandas de energía de un nuevo frente de explotación, La Sociedad Minera el Brocal S.A.A. ha visto por conveniente efectuar la ampliación de su sistema de potencia en la subestación Eléctrica de Marcapunta Oeste haciendo una nueva subestación de 12 MVA, 50/10.5 KV en la previsión futura y realizar el cambio de la subestación provisional existente por otra subestación nueva de 12 MVA, 50/10.5 KV, según el avance en la capacidad de exploración de minerales, por lo cual se explicará detalladamente el diseño, proceso de instalación, montaje y puesta en operación de la subestación mencionada considerando el control de energía, tema principal del presente proyecto.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Breve Historia de la Mina Marcapunta Oeste	10
1.2 Alcances del Proyecto	13

CAPITULO II: DELIMITACION DEL AREA DE INFLUENCIA

2.1 Ubicación Geográfica	15
2.2 Condiciones Meteorológicas	16
2.3 Vías de Comunicación	16
2.4 Reconocimiento y delimitación del área de influencia	17

CAPITULO III: ESTUDIO DE LA DEMANDA ELECTRICA

3.1 Introducción	18
3.2 Información Utilizada	18
3.3 Metodología de la proyección y definición de la Demanda Máxima	21

CAPITULO IV: DEFINICION DEL SISTEMA ELECTRICO

4.1 Análisis del sistema eléctrico en estado estacionario	22
4.1.1. Criterios y Premisas	23
4.1.2. Simulaciones	30
4.1.3. Resultados	31
4.2 Niveles de Cortocircuito	36
4.2.1. Criterios	36
4.2.2. Resultados	36
4.3 Conclusiones	37

CAPITULO V: CRITERIOS BASICOS DE INGENIERIA

5.1 Subestación de Potencia	38
5.1.1. Introducción	39
5.1.2. Ubicación de la Subestación	40
5.1.3. Extensión del área de la Subestación	40
5.1.4. Sistemas de barras	41
Celdas de alta tensión: Criterio de selección	
5.1.5. Niveles de Tensión	48
5.1.6. Diseño de la subestación: Criterios	48
5.1.7. Coordinación de Aislamiento	48
5.1.8. Procedimiento y cálculo del sistema de pararrayos	58
5.1.9. Procedimiento y definición de las Distancias de Seguridad ...	58
5.1.10. Calculo de los Niveles de Cortocircuito	61
5.2 Sistemas de Control y Comunicaciones	61
5.2.1. Definición del sistema de control: alternativas.....	62
5.2.2. Comunicaciones	64

5.3 Obras Civiles	65
5.3.1. Normas de Diseño	65
5.3.2. Materiales.....	66
5.3.3. Cargas de Considerar.....	67
5.3.4. Cálculos de los Esfuerzos de Diseño para los equipos.....	68

CAPITULO VI: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SUMINISTRO

6.1 Equipamiento Principal.....	74
6.1.1. Interruptores.....	74
6.1.2. Seccionadores.....	78
6.1.3. Fusibles.....	79
6.1.4. Transformadores de corriente.....	80
6.1.5. Transformadores de Tensión.....	81
6.1.6. Pararrayos.....	82
6.1.7. Cables y Conductores	85
6.1.8. Acopladores Capacitivos.....	87
6.1.9. Sistema de barras colectoras.....	87
6.1.10. Control, protección, medición y Telecomunicaciones.....	87
6.2 Transformadores de Potencia.....	91
6.2.1. Parte activa	91
6.2.2. Parte pasiva.....	93
6.2.3. Accesorios	93
6.2.4. Conexiones en los transformadores de potencia	94
6.2.5. Pruebas al transformador.....	96
6.3 Equipo de protección, mando y señalización.....	98
6.4 Equipo de comunicaciones	99
6.5 Servicios Auxiliares.....	100
6.6 Suministro de Equipos y Materiales.....	101

CAPITULO VII: DESCRIPCION DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

7.1 Sistema de red de Puesta a Tierra	108
7.1.1. Objetivos.....	108
7.1.2. Sistema de puesta a tierra de una subestación.....	109
7.1.3. Red de tierra Superficial.....	113
7.1.4. Red de tierra Profunda.....	114
7.1.5. Conductor	114
7.1.6. Electrodo de puesta a tierra.....	114
7.1.7. Conexiones.....	115
7.1.8. Trabajos a ser ejecutados en la Subestación	115
7.2 Obras Civiles a ser construidas en la Subestación.....	116
7.2.1. Trabajos de Movimientos de Tierra	116
7.2.2. Patio de Llaves	116
7.2.3. Edificio de Control y Distribución 10.5 KV	117
7.2.4. Sistema de Drenaje	117

CAPITULO VIII: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE

8.1 Montaje de interruptor de potencia	119
8.2 Montaje de seccionadores.....	120
8.3 Montaje de equipos menor	122
8.4 Montaje de tablero de control, protección y medición	122
8.5 Tendido y conectado de cables de control	122
8.6 Sistema de iluminación	123
8.7 Cables de energía	124

CAPITULO IX: CONTROL DE ENERGIA

9.1 Descripción funcional.....	127
9.2 Funciones del Sistema de Control	128
9.3 Compensación de Energía Reactiva.....	128
9.4 Supresión de Transitorios	129
9.5 Sistema de corrección de potencia reactiva	130
9.6 Almacenamiento de los datos Históricos.....	131

CAPITULO X: CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DE EJECUCION DE LA OBRA

10.1 Cronograma.....	133
10.2 Presupuesto.....	134
10.3 Metrado	135

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

Mundialmente es reconocida la tradición y riqueza minera que ostenta el Perú. Donde nuestra minería actualmente es la principal fuerza exportadora del país con 3,500 millones de dólares anuales, en tanto la unidad minera Colquijirca de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. contará con una subestación eléctrica de mayor capacidad en la Mina Marcapunta Oeste, para lo cual es muy importante el diseño de subestaciones para proveer mayores demandas de energía eléctrica para mayores frentes de explotación de minerales, por lo cual el objetivo principal del presente proyecto de tesis es presentar los procedimientos de cálculo y análisis que se deben de efectuar en el diseño de una subestación eléctrica para el control de energía en un proceso minero, dándose una debida importancia a las normas y reglamentos nacionales e internacionales aplicables. Siendo la proyección de exploración en el diseño de la subestación hasta el año 2015. El presente proyecto de investigación consta de 10 capítulos:

Capítulo I.- Es referente a los antecedentes del proyecto de tesis, en el cual se indica una breve historia de la Mina Marcapunta Oeste, indicando como se originó la explotación en esta mina, asimismo se plasma los alcances del proyecto para lo cual se da a conocer el objetivo del proyecto.

Capítulo II.- En este capítulo se trata la delimitación del área de influencia, dándose ha conocer la ubicación geográfica, condiciones meteorológicas y las vías de comunicación referente a la mina Marcapunta Oeste en el cual se va ha rediseñar la subestación eléctrica existente.

Capítulo III.- Se describe detalladamente el Estudio de la Demanda, en el cual se realiza una breve introducción, como también que información se ha empleado y finalmente la metodología plasmada en el estudio de la demanda.

Capítulo IV.- Trata sobre el tema de la Definición del Sistema Eléctrico de la Mina Marcapunta Oeste, indicándose el análisis de sistema eléctrico en estado estacionario para el cálculo de flujo de carga y niveles de cortocircuito.

Capítulo V.- Con este capítulo se da inicio con el diseño de la subestación eléctrica en si, indicándose los criterios básicos de ingeniería que comprende la subestación eléctrica de potencia, sistemas de control y comunicaciones, como también referente a las obras civiles para la instalación de la nueva subestación eléctrica en la Mina Marcapunta Oeste.

Capítulo VI.- Básicamente en este capítulo se ve las especificaciones técnicas de suministro de equipos y materiales del equipamiento de la subestación para poder describir en forma resumida y didáctica para la comprensión del lector, los cuales comprende: interruptores, seccionadores, fusibles, transformadores de corriente y tensión, pararrayos y otros tales como el transformador de potencia y finalmente el suministro de equipos y materiales.

Capítulo VII.- Este capítulo se refiere a la descripción de los sistemas complementarios en una subestación y son de vital importancia, los cuales vienen ha ser el sistema a puesta a tierra, las obras civiles a ser construidas y el sistema de drenaje que sin ellos la subestación no estaría instalada en forma completa y no trabajaría eficientemente y libre de accidentes.

Capítulo VIII.- Este capítulo se refiere a las Especificaciones técnicas para el montaje electromecánico de la subestación Marcapunta Oeste, tienen por objeto definir las exigencias y características del trabajo a ejecutar, y en algunos casos los procedimientos a seguir.

Capítulo IX.- Este capítulo es muy importante y se refiere al Control de Energía, donde se empleará un control por Telemetría (Transmisión de datos por ondas de radio), el cual se controlará desde la estación centralizada (Oficina del área de control de energía) y recopilara la data de la sala de control de la Subestación Smelter y la Subestación Marcapunta Oeste. Donde se explica en forma resumida y comprenderá la descripción funcional y redes de comunicación.

Capítulo X.- Viene ha ser el último capítulo es referente al tema del cronograma y presupuesto de ejecución de la obra.

Finalmente se indica, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía, del presente proyecto de tesis.

CAPITULO I

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Breve Historia de la Mina Marcapunta Oeste.

La palabra Colquijirca, proviene de la transformación del término “Golguejirca”, que proviene etimológicamente de los vocablos aymará “Golgue” = Plata y “Jirca” = Cerro, que en castellano significaría: "Cerro de Plata". Los inicios de la actividad minera en Colquijirca, data desde la época preinca; pues los Tinyahuarcos, grupo étnico de origen aymará (perteneciente al Yaro Yanamate), asentados en Marcapunta (Putaj Marca), ya extraían plata del cerro contiguo, es decir del cerro Colquijirca.

La producción minera de Colquijirca, debió ser muy importante, ya que los registros históricos indican que el 12 de marzo de 1533, los españoles sorprendieron a los Tinyahuarcos, conduciendo 400 arrobas de plata fina y 150 arrobas de oro para pagar el rescate del Inca Atahualpa.

Si bien el hermetismo de los indios dificultó en general la localización de los antiguos yacimientos, ya a principios del siglo XVII existía "La Villa Pasco", lugar de residencia de los españoles que trabajaban la mina Colquijirca, por medio de tajeos a cielo abierto y medias barretas, siendo la zona más trabajada la llamada Colquijirca Alta, al oeste del cerro.

A partir de 1562, una gran cantidad de aventureros se afincan en "La Villa Pasco", para luego ir a trabajar a Colquijirca. La mina, al parecer, siguió produciendo hasta 1726; y desde esa fecha hasta 1880, no se tiene información alguna, al parecer los trabajos fueron abandonados a causa de la presencia de agua en profundidad.

Ya para entonces, en el año 1880, la mina Colquijirca, era propiedad del ciudadano español Manuel Clotet, quién cedió dicha mina a Eulogio Fernandini, casado con su hija, Isolina Clotet Valdizán.

En el año 1896, se inician los trabajos del socavón principal de Colquijirca que posteriormente se llamó el "Socavón Fernandini". La ejecución de la obra de 900 metros de longitud, tomó 13 años llegando por fin con tenacidad y esfuerzo a encontrar la famosa veta de plata, plomo y zinc.

Para 1899, se tenía instalada la Fundición de Huaraucaca, para la producción de barras de plata, cuya instalación y manejo estuvo a cargo del ingeniero Antenor Rizo Patrón. Esta, se encontraba a 2 Km. al SO de la Fundición de Tinyahuarco, de propiedad de la Cerro de Pasco Mining Corporation. En ella, se realizaban diversos procesos, tales como: preparación mecánica, fundición, amalgamación, lixiviación de plata y bismuto, cianuración, etc., para la obtención de mejores rendimientos según la composición y riqueza de las minas. Se beneficiaron minerales sulfurados y oxidados de cobre, en hornos de mangas o water jackets, previa calcinación en reverberos.

En 1921, la empresa, Negociación Minera Eulogio E. Fernandini, decidió cerrar la fundición y reemplazarla por una planta de flotación ubicada en el mismo lugar. En esa época, la flotación era una tecnología revolucionaria que reemplazó rápidamente a las fundiciones primitivas que hacían las veces de concentradoras.

A la muerte de Eulogio Fernandini, en 1938, sus hijos se hicieron cargo de la empresa, modificando su nombre a "Negociación Minera Fernandini Clotet Hermanos". El 7 de mayo de 1956, se registró como "Sociedad Minera El Brocal S.A."

Finalmente, desde el 14 de abril del 2003, la razón social de la empresa es Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

En 1960, se instala un molino de barras y en 1962 la planta concentradora producía 480 TMD y en 1972, se llega a 510 TMD. En 1973, se inician los trabajos del tajo abierto "Mercedes-Chocayoc", mientras que en la zona de Marcapunta, se explotaba por el método subterráneo, utilizando palas para el carguío y volquetes para el acarreo, es decir; minería sin rieles.

En 1974, se abandonan las zonas de explotación subterránea convencional, para intensificar la producción de cobre en Marcapunta, para aprovechar el repunte de su cotización de US\$ 1.5/lb. En 1975, se intensifica el desbroce del tajo abierto. Este año

se logra beneficiar 580 TMD, para declinar al año siguiente. En 1976, se dejó de utilizar definitivamente la explotación convencional subterránea en Colquijirca.

Entre 1976 y 1978, la empresa atravesó una etapa de falencia económica, al quedar descapitalizada la mina. El 22 de mayo de 1979, se ingresó a un período de reactivación económica, gracias a una inyección de capitales, provenientes principalmente de los grupos Buenaventura y Romero.

Entre 1980 y 1981, llegaron equipos para las operaciones en el tajo abierto, lográndose tratar en la planta concentradora 1,500 TMD de mineral. En 1990 y 1991, se tratan 1,750 TMD y 2,000 TMD de mineral respectivamente, proveniente de los tajos Principal y Mercedes-Chocayoc.

A partir de 1994, se inicia un programa agresivo de exploraciones a través de perforaciones diamantinas, lo cual permitió identificar y cuantificar los Proyectos San Gregorio y Marcapunta. En el caso del primero, se logró estimar como recursos minerales alrededor de 70'000,000 de TM, con 8.06 % de zinc y 2.26 % de plomo. En el caso del segundo, alrededor de 50'000,000 de TM, con 1.90 % de cobre.

En noviembre de 1996, la planta concentradora de Huaraucaca comienza con la flotación selectiva de zinc, plata y plomo, ya que anteriormente se obtenía un concentrado bulk. Al mismo tiempo, la producción llega hasta 2,200 TMD el cuál se incrementó progresivamente hasta llegar a 3300 TMD en el 2003, con el objeto de soportar los bajos precios internacionales de los metales entre el 2000 y 2003

Es importante mencionar, que en agosto de 1995; el Dpto. de Seguridad existente, se renombra como Dpto. de Seguridad y Medio Ambiente, con el objeto de iniciar la implementación de las buenas prácticas de protección ambiental y el cumplimiento de las regulaciones ambientales al interior de la organización. Una de las actividades mas importantes, fue la elaboración (1996) y ejecución del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), entre 1997 y 2001, cuyo cumplimiento mereció el reconocimiento y aprobación del Ministerio de Energía y Minas (MEM), a través de la R.D. N° 306-2002-EM/DGM, del 08 de noviembre del 2002, luego de una rigurosa Auditoria Especial.

Paralelamente, la empresa observó la necesidad de una mejor relación con las comunidades campesinas y poblaciones vecinas, ya que éstas mostraban una

creciente preocupación por la contaminación de aguas, pastizales, aire, etc., lo cuál induce a tomar la decisión de crear el Dpto. de Asuntos Ambientales y Comunidades Campesinas, en julio de 1999, con el objeto de armonizar la ejecución de las operaciones minero-metalúrgicas de la empresa, con los intereses de las poblaciones aledañas, a través de un mutuo beneficio.

A fines del año 2002, la empresa toma la decisión de implementar un Sistema Integrado de Gestión en Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional (SIGMASS), con el objeto de mostrar su compromiso voluntario por la mejora continua en cuanto al cuidado del medio ambiente y la integridad física de su personal, lo cuál obligó a la elaboración, cumplimiento y seguimiento de políticas, manuales, procedimientos, instrucciones, etc. del sistema, para ser sometido luego, a una auditoria externa. Esta implementación se realizó durante los años siguientes, para culminar con el logro de la Certificación en ISO-14001 y OHSAS-18001, el 24 de marzo del 2004.

Como podrá apreciarse, durante la última década, Sociedad Minera El Brocal S.A.A., logró dar un salto cualitativo y cuantitativo importante en cuanto al crecimiento integral de la organización y sus operaciones, lo cuál lo ubica dentro del grupo de empresas mineras que realizan su negocio con responsabilidad social.

1.2 Alcances del Proyecto

El Sistema Eléctrico de Sociedad Minera El Brocal cuenta con dos subestaciones con transformación 50/10.5 KV, suministrada por Electroandes:

- 1ª **Subestación Smelter** 5 MVA - ONAF, 50/10.5 KV.
(Subestación existente).
- 2ª **Subestación Marcapunta Oeste** 6 MVA – ONAF – 50/10.5 KV.
(Subestación a rediseñar).

La primera suministra energía eléctrica a Planta Concentradora y a la unidad minera de Colquijirca (Tajo abierto).

Y la segunda alimenta a la mina subterránea Marcapunta Oeste y a planta de reciclaje de agua.

A fin de atender las nuevas demandas de energía derivadas de un nuevo frente de explotación, Sociedad Minera el Brocal efectuara la ampliación de su sistema de potencia en la Subestación Marcapunta Oeste.

Dicha ampliación tendrá dos fases de equipamiento, de acuerdo a la evolución de la explotación minera.

La primera etapa, implementar una nueva subestación de 10 -12 MVA, 50/10.5KV, en la previsión futura dejada de la subestación Marcapunta Oeste.

La segunda etapa, cambio de transformador de la subestación provisional de 6 MVA por uno de 10 -12 MVA, 50/10.5KV, que será complementado con otros equipos acorde con los resultados mineros que se vayan logrando.

Como también proyectar un sistema de Control de energía en la subestación de Marcapunta Oeste (Telemetría – Estación centralizada). Tecnología de punta.



FIG 1.1 Zona de Explotación Mina Marcapunta Oeste

CAPITULO II

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

2.1 Ubicación Geográfica

La unidad Minera Colquijirca, propiedad de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. se encuentra ubicada geográficamente en el poblado de Colquijirca, distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, a una altura de 4300 m.s.n.m.

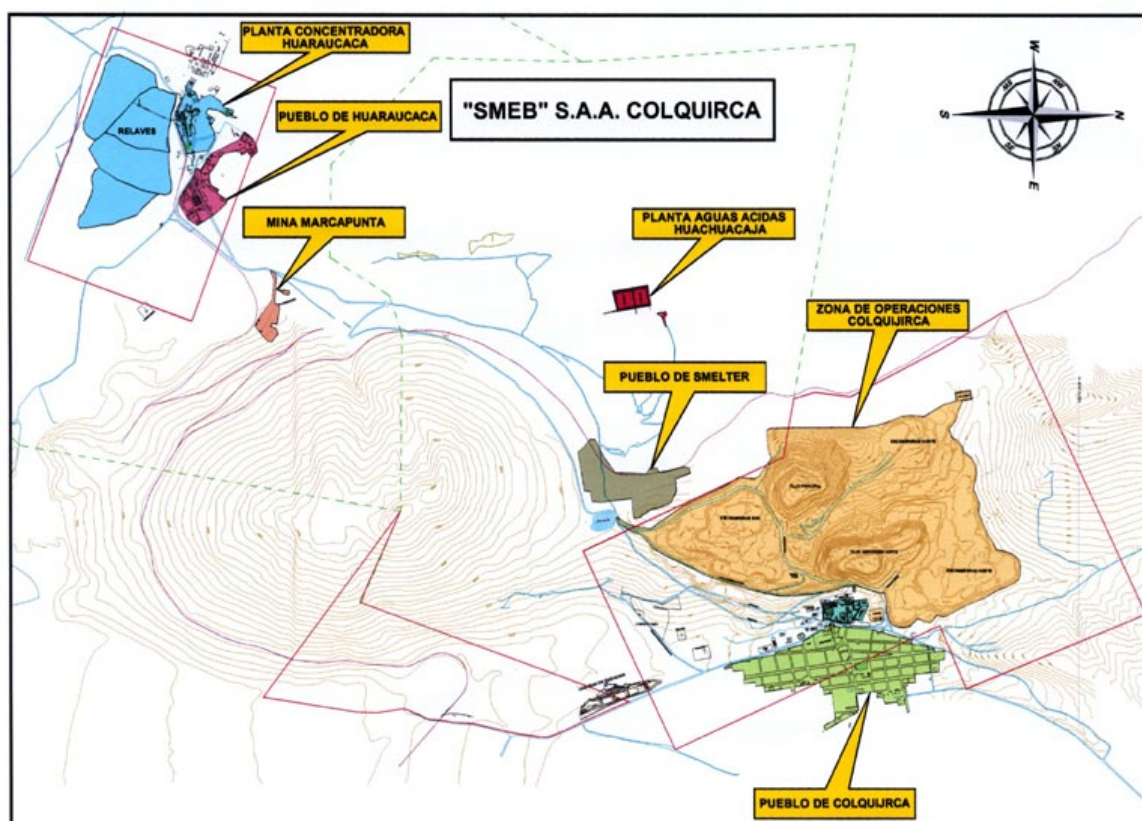


FIG. 2.1 Ubicación geográfica de la Mina Marcapunta Oeste

2.2 Condiciones Meteorológicas

El clima es típico de una zona de sierra alta, frío y seco casi todo el año, teniendo una temperatura media anual de 15 °C. En los meses de verano se producen abundantes precipitaciones fluviales y con frecuentes descargas atmosféricas.

2.3 Vías de comunicación

Las vías de acceso al lugar del proyecto son:

- Por la carretera central desde Lima hasta Colquijirca se encuentra con una carretera asfaltada de 288 Km.
- Desde Colquijirca hasta la Subestación Marcapunta Oeste 4 Km. La carretera se encuentra sin asfaltar, donde la superficie es de tierra, donde en épocas lluviosas el terreno se vuelve muy accidentado, con presencia de lodo y empozamientos de agua que dificulta el transporte hacia la mina.



FIG. 2.2 Carretera de Acceso a la Mina Marcapunta Oeste

2.4 Reconocimiento y delimitación del área de influencia

El área de influencia del proyecto se ubica en la Subestación Marcapunta, (8'807,473 Norte, 359,779 Este) referencia ingreso a la subestación, poblado de Huaracaca, distrito de Tinyahuarco, provincia Cerro de Pasco, departamento de Pasco. Por estar un tanto separado del centro poblado más cercano, la subestación a proyectarse, alimenta exclusivamente a la mina.

CAPITULO III

ESTUDIO DE LA DEMANDA ELECTRICA

3.1 Introducción

La subestación Smelter, en el mes de agosto del 2006 registraba una potencia medida de 5.3 MVA y la subestación Marcapunta Oeste con 1.2 MVA.

Teniendo la necesidad de atender la nueva demanda del nuevo frente de explotación para los proyectos de: Circuito Cobre (Proceso del mineral) y Marcapunta Norte (Extracción del mineral), es necesario incrementar la capacidad de potencia de la Subestación Marcapunta Oeste.

3.2 Información Utilizada

Presentamos los siguientes cuadros como base de la información utilizada:

- Análisis de flujo de potencia actual y proyectado (tomando como base la factura de consumo de energía)
(Ver Cuadro 3.1)
- Consumo de Energía por mineral tratado (Evaluación de requerimiento de mas energía por procesó de producción, Ver Cuadro 3.2)

CUADRO 3.1

ANALISIS FLUJO DE POTENCIA - 60 Hz

ITEM	DEMANDA	POTENCIA INSTALADA (KVA)	POTENCIA INSTALADA (KW)	POTENCIA ACTUAL LEIDA (KW) AGOSTO 2006		POTENCIA INCREMENTO DE PRODUCCION 2007		POTENCIA PROYECTADA INCREMENTO DE PRODUCCION 2015	
				KW	KVA	KW	KVA	KW	KVA
1	SUBESTACION SMELTER	5,000	4,000						
1.1	Planta concentradora			3,600		2,500		0	
1.2	Colquijirca			700		700		700	
1.3	Marcapunta Norte			100		800		1,500	
	SUB-TOTAL		4,000	4,400	5,176	4,000	4,706	2,200	2,588
2	SUBESTACION MARCAPUNTA OESTE	2,000	1,600						
2.1	Marcapunta Oeste			900		900		1,500	
2.2	S.E. Reciclaje de agua y cancha de relave			200		400		600	
2.3	Planta concentradora			0		3,000		8,500	
2.4	Planta de cobre			0		0		4,000	
	SUB-TOTAL		1,600	1,100	1,294	4,300	5,059	14,600	17,176
	DEMANDA TOTAL	7,000	5,600	5,500	6,471	8,300	9,765	16,800	19,765

CUADRO 3.2
CONSUMO DE ENERGIA POR MINERAL TRATADO EN KWH/TNS-AÑO 2006

MES	MINERAL TRATADO TNS	GENERACION PROPIA	COMPRA DE ENERGIA	ENERGIA TOTAL	KWh/TNS	ENERGIA PLANTA KWh	KWh/TNS (PLANTA)
ENERO	110,555.0	1,261,171.0	3,135,157.0	4,396,328.0	39.77	3,688,391.0	33.36
FEBRERO	102,216.0	1,237,034.0	2,878,220.0	4,115,254.0	40.26	3,591,796.0	35.14
MARZO	119,610.0	1,409,689.0	3,266,447.0	4,676,136.0	39.09	4,092,066.0	34.21
ABRIL	108,700.0	1,342,751.0	3,056,955.0	4,399,706.0	40.48	3,867,985.0	35.58
MAYO	125,015.0	1,312,332.0	3,402,171.0	4,714,503.0	37.71	4,103,073.0	32.82
JUNIO	124,012.0	1,151,444.0	3,448,288.0	4,599,732.0	37.09	3,946,321.0	31.82
JULIO	119,350.0	1,127,666.0	3,581,921.0	4,709,587.0	39.46	3,982,166.0	33.37
AGOSTO	123,515.0	1,121,001.0	3,574,917.0	4,695,918.0	38.02	3,990,349.0	32.31
SETIEMBRE	113,418.0	1,258,926.0	3,015,077.0	4,274,003.0	37.68	4,462,573.0	39.35
OCTUBRE	134,405.0	1,582,051.0	3,213,788.0	4,795,839.0	35.68	5,282,563.0	39.30
NOVIEMBRE	140,750.0	1,590,512.0	3,354,988.0	4,945,500.0	35.14	5,611,024.0	39.87
	PROMEDIO TNS/DIA 4,004.68						PROMEDIO KWh/TNS 35.19

CALCULO : POTENCIA ACTUAL= $35.19 \text{ KWh/TNS} \times 4,004.68 \text{ TNS/DIA} \times 1 \text{ DIA} / 24 \text{ h}$
 POTENCIA ACTUAL= **5,872** KW

CALCULO : POTENCIA PARA PRODUCIR: **9,000.00** TNS/DIA

SI
PARA PRODUCCION DIARIA
DE

4,004.68 TNS/DIA CONSUME 5,872 KW

PARA UNA PRODUCCION DE

9,000.00 TNS/DIA SE REQUIERE **13,198** KW
REQUIERE EN KVA 16,497 KVA

SE REQUIERE INCREMENTAR LA POTENCIA, CON UN

10%

DE RESERVA TOTAL:

18,147

KVA

3.3 Metodología de la proyección y definición de la Demanda Máxima

El presente proyecto deberá cubrir la demanda proyectada para una planta de 9,000 toneladas métricas secas por día, actualmente se cuenta con 5,000 toneladas métricas secas por día, para lo cual se deberá contar con una subestación eléctrica confiable, segura capaz de monitorear los parámetros eléctricos en los diferentes procesos de planta concentradora a fin de corregir en tiempo real las desviaciones que se presentan.

La demanda de energía eléctrica utilizada en este estudio es considerada en los cuadros 3.1 y 3.2 del ítem.3.2, referente a la información utilizada, para ello se a tenido en cuenta la información de la facturación de energía y su proyección estimada ver cuadro 3.1, además se considera la proyección de exploración del mineral, hasta el año 2015 ver cuadro 3.2, dando como resultado de dichos cuadros que se deberá contar con una subestación de 24 MVA, 50/10.5 KV, considerándose las perdidas que se producen en el sistema, como también la adquisición de 2 transformadores 10 -12 MVA(ONAN/ONAF), 50/10.5 KV, para cubrir la demanda estimada, asimismo se considera que la demanda máxima no debería sobrepasar la capacidad máxima de la barra principal suministrada por Electroandes S.A. ubicada en la Subestación Smelter. En la FIG 3.1 se muestra la subestación Marcapunta Oeste, agosto del año 2006 así como la previsión futura dejada para la implementación de otra subestación.



Figura 3.1 Subestación Marcapunta Oeste

CAPITULO IV

DEFINICIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1 Análisis del sistema eléctrico en estado estacionario

De acuerdo a los cuadros presentados en el capítulo precedente, cuadros de flujo de potencia, se muestra los diagramas unifilares del sistema eléctrico de la unidad minera Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

- Sistema Eléctrico Agosto 2006, Plano DU – 1/3, Anexo A
- Sistema Eléctrico Incremento de producción 2007, Plano DU – 2/3, Anexo A
- Sistema Eléctrico Incremento de producción 2015, Plano DU – 3/-, Anexo A

Considerando los siguientes parámetros eléctricos:

En base a los diagramas unifilares y considerando los siguientes parámetros eléctricos: potencia total, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, tensión, corriente, caída de tensión, potencia de cortocircuito, corriente de cortocircuito, se han efectuado simulaciones de flujo de potencia para las siguientes etapas:

- Simulación Sistema Eléctrico Agosto (2006)
- Simulación Sistema Eléctrico Planta Incremento de producción (2007)
- Simulación Sistema Eléctrico Planta Incremento de producción (2015)

4.1.1 Criterios y Premisas

En la operación estacionaria del sistema, evaluada mediante los análisis de flujo de potencia, se han considerado los siguientes criterios:

- Son niveles de tensión aceptables en condiciones de operación normal:
 - 0.90 a 1.05 p.u. para barras sin carga
 - 0.90 a 1.05 p.u. para barras con carga
- Se tolera una sobrecarga en transformadores de 20%.
- La Empresa Electroandes suministra energía eléctrica a la Sociedad Minera el Brocal, tomando como punto de entrega la barra de S.E. Fundición o la denominada Subestación Smelter. Dicha Subestación es alimentada a través de la barra Excelsior proveniente de la Subestación Carhuamayo.
- Se ha considerado una red equivalente que alimentara a sistema eléctrico de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A., tomando como base el estudio de operatividad de la Central Hidroeléctrica Yuncan 130 MW, que ingresó en agosto del 2005 al sistema interconectado Nacional SEIN.

Dicho estudio comprende en resumen los siguientes cuadros:

- Análisis del sistema en estado estacionario: Flujo de carga
- Análisis de cortocircuito

En los siguientes cuadros en adelante, se muestra los estudios de operatividad en la Central Hidroeléctrica de Yuncan. Donde de los cuadros, se toma en cuenta los datos de las filas resaltadas, que pertenece a la barra de fundición (Subestación Smelter), y que dicha subestación es alimentada por la barra Excelsior proveniente de la subestación de Carhuamayo.

Cuadro 4.1: Máxima corriente de falla en operación Normal con la Central de Yuncan.

Cuadro 4.2: Mínima corriente de Falla en Operación Normal con la Central de Yuncan.

Cuadro 4.3: Demandas de barras – Año 2006, En Avenida.

Cuadro 4.4: Demandas por barras – Año 2006, En Estiaje.

CUADRO 4.1
ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE YUNCÁN
MÁXIMA CORRIENTE DE FALLA EN OPERACIÓN NORMAL CON LA
CENTRAL YUNCÁN

Barra	Descripción	kVbase	Falla Trifásica		Falla Monofásica		Falla Bifásica a Tierra		
			kA	MVA	kA	MVA	kA circuito	MVA circuito	kA tierra
C.ARMIÑO	Campo Armiño 220 kV	220.00	13.856	5279.8	16.447	6267.0	16.306	6213.4	21.476
CARHUAMA_B	Carhuamayo 220 kV	220.00	4.759	1813.6	4.543	1731.2	4.758	1813.1	4.330
OROYANUE_B	Oroya Nueva 220 kV	220.00	6.829	2602.1	5.651	2153.4	6.490	2472.8	4.865
PACHACHA	Pachachaca 220 kV	220.00	10.063	3834.5	7.596	2894.4	9.408	3584.9	6.196
PARAGSH2_B	Paragsha 2 220 kV	220.00	3.806	1450.2	4.154	1583.0	4.058	1546.4	4.589
PARAMONU_B	Paramonga Nueva 220 kV	220.00	3.335	1270.6	3.028	1153.9	3.242	1235.4	2.830
TINGMARI_B	Tingo María 220 kV	220.00	2.514	958.1	2.271	865.4	2.420	922.0	2.100
VIZCARRA	Vizcarra 220 kV	220.00	3.194	1217.0	3.307	1260.2	3.293	1254.7	3.481
YUNCAN_B	Yuncan 220 kV	220.00	4.242	1616.3	4.696	1789.4	4.526	1724.8	5.190
CARHUAMA	Carhuamayo 138 kV	138.00	3.266	780.8	2.908	695.0	3.162	755.7	2.635
CARIPA	Caripa 138 kV	138.00	3.010	719.4	3.134	749.0	3.089	738.3	3.292
OROYANUE	Oroya Nueva 138 kV	138.00	3.409	814.9	3.736	893.1	3.659	874.6	4.168
PARAGSH2	Paragsha 2 138 kV	138.00	4.488	1072.7	5.668	1354.8	5.585	1334.9	7.750
PARAGSHA	Paragsha 1 138 kV	138.00	4.323	1033.4	5.287	1263.6	5.119	1223.6	6.853
TINGMARI	Tingo María 138 kV	138.00	1.666	398.3	1.938	463.3	1.887	451.1	2.326
YAUPI	Yaupi 138 kV	138.00	4.103	980.6	4.872	1164.5	4.745	1134.1	6.235
YAUPI2	Yaupi 138 kV	138.00	0.460	110.0	0.571	136.6	0.553	132.1	0.766
YUNCAN	Yuncán 138 kV	138.00	4.283	1023.8	4.836	1156.0	4.685	1119.7	5.679
ALAMBRON	Alambrón 50 kV	50.00	9.856	853.5	11.033	955.5	10.735	929.7	12.749
CARHUAMA_C	Carhuamayo 50 kV	50.00	4.423	383.0	4.335	375.4	4.516	391.1	4.277
CASADFUE	Casa de Fuerza 50 kV	50.00	8.556	741.0	8.762	758.8	8.686	752.2	9.123
COTRELL	Cotrell 50 kV	50.00	8.652	749.3	8.956	775.6	8.834	765.0	9.433
CURIPATA	Curipata 50 kV	50.00	5.198	450.2	4.173	361.4	4.847	419.8	3.520
EXCELSIOR	Excelsior 50 kV	50.00	4.547	393.8	5.540	479.8	5.399	467.6	7.171
MALPASO	Malpaso 50 kV	50.00	6.966	603.3	7.596	657.8	7.720	668.6	8.622
MAYUPAMP	Mayupampa 50 kV	50.00	9.221	798.5	9.064	785.0	9.304	805.8	9.044
OROYA_B	Oroya 50 kV	50.00	7.194	623.0	6.536	566.1	6.906	598.1	6.077
OROYANUE_D	Oroya Nueva 50 kV	50.00	11.727	1015.6	15.001	1299.2	14.825	1283.9	21.310
PACHACHA_C	Pachachaca 50 kV	50.00	4.939	427.7	5.246	454.3	5.348	463.1	5.677
PARAGSH1	Paragsha 1 50 kV	50.00	4.739	410.4	6.247	541.0	6.310	546.4	9.286
PLANTZIN	Planta de Zinc 50 kV	50.00	10.000	866.1	11.355	983.4	11.003	952.9	13.380
YUNCAN_C	Yuncan 22.9 kV	22.90	5.118	203.0	0.000	0.0	4.420	175.3	0.000
YAUPI1	Yaupi 13.8 kV	13.80	32.568	778.4	0.100	2.4	27.299	652.5	0.052
YAUPI2_B	Yaupi 13.8 kV	13.80	24.455	584.5	0.067	1.6	20.560	491.4	0.034
YUNCAN1	Yuncan G1 13.8 kV	13.80	22.216	531.0	0.011	0.3	19.820	473.7	0.005
YUNCAN2	Yuncan G2 13.8 kV	13.80	22.216	531.0	0.011	0.3	19.820	473.7	0.005
YUNCAN3	Yuncan G3 13.8 kV	13.80	22.216	531.0	0.011	0.3	19.820	473.7	0.005

Notas

- 1) Se considera en operación la central Yuncán
- 2) Año 2006 en avenida en máxima demanda. Yuncán en 220 kV y Yaupi en 138 kV a Carhuamayo.
- 3) La tensión prefalla es igual a 1.000 pu
- 4) Se ha utilizado reactancias subtransitorias saturadas

CUADRO 4.2
ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE YUNCÁN
MÍNIMA CORRIENTE DE FALLA EN OPERACIÓN NORMAL CON
LA CENTRAL YUNCÁN

Barra	Descripción	kVbase	Falla Trifásica		Falla Monofásica		Falla Bifásica a Tierra		
			kA	MVA	KA	MVA	kA circuito	MVA circuito	kA tierra
C.ARMIÑO	Campo Armiño 220 kV	220.00	12.594	4798.8	15.200	5792.2	15.141	5769.5	20.424
CARHUAMA_B	Carhuamayo 220 kV	220.00	4.194	1598.1	4.145	1579.6	4.256	1621.8	4.106
OROYANUE_B	Oroya Nueva 220 kV	220.00	6.057	2308.1	5.167	1969.0	5.813	2215.1	4.562
PACHACHA	Pachachaca 220 kV	220.00	8.559	3261.3	6.907	2632.1	8.119	3093.9	5.904
PARAGSH2_B	Paragsha 2 220 kV	220.00	3.409	1298.9	3.700	1409.8	3.610	1375.7	4.076
PARAMONU_B	Paramonga Nueva 220 kV	220.00	3.180	1211.8	2.969	1131.2	3.123	1190.1	2.848
TINGMARI_B	Tingo María 220 kV	220.00	1.933	736.4	1.919	731.2	1.936	737.5	1.935
VIZCARRA	Vizcarra 220 kV	220.00	2.950	1124.0	3.122	1189.7	3.083	1174.8	3.377
YUNCAN_B	Yuncan 220 kV	220.00	3.664	1396.3	4.190	1596.7	4.023	1533.2	4.873
CARHUAMA	Carhuamayo 138 kV	138.00	3.249	776.6	2.897	692.6	3.150	752.9	2.630
CARIPA	Caripa 138 kV	138.00	2.962	708.1	3.088	738.0	3.044	727.7	3.248
OROYANUE	Oroya Nueva 138 kV	138.00	3.337	797.5	3.677	878.9	3.595	859.3	4.130
PARAGSH2	Paragsha 2 138 kV	138.00	4.570	1092.4	5.759	1376.6	5.666	1354.4	7.862
PARAGSHA	Paragsha 1 138 kV	138.00	4.399	1051.4	5.364	1282.1	5.186	1239.5	6.939
TINGMARI	Tingo María 138 kV	138.00	1.579	377.3	1.856	443.6	1.809	432.4	2.263
YAUPI	Yaupi 138 kV	138.00	3.697	883.7	4.474	1069.3	4.375	1045.7	5.908
YAUPI2	Yaupi 138 kV	138.00	0.458	109.4	0.569	136.0	0.550	131.6	0.764
YUNCAN	Yuncán 138 kV	138.00	3.896	931.1	4.490	1073.2	4.341	1037.6	5.440
ALAMBRON	Alambrón 50 kV	50.00	9.480	821.0	10.729	929.2	10.442	904.3	12.567
CARHUAMA_C	Carhuamayo 50 kV	50.00	4.351	376.8	4.288	371.3	4.445	385.0	4.253
CASADFUE	Casa de Fuerza 50 kV	50.00	8.152	706.0	8.479	734.3	8.363	724.3	8.968
COTRELL	Cotrell 50 kV	50.00	8.245	714.0	8.664	750.4	8.508	736.8	9.271
CURIPATA	Curipata 50 kV	50.00	5.114	442.9	4.132	357.9	4.768	413.0	3.501
EXCELSIOR	Excelsior 50 kV	50.00	4.553	394.3	5.545	480.2	5.397	467.4	7.177
MALPASO	Malpaso 50 kV	50.00	5.614	486.1	6.480	561.2	6.542	566.6	7.836
MAYUPAMP	Mayupampa 50 kV	50.00	8.766	759.2	8.775	760.0	8.938	774.1	8.907
OROYA_B	Oroya 50 kV	50.00	6.819	590.6	6.328	548.0	6.605	572.0	5.985
OROYANUE_D	Oroya Nueva 50 kV	50.00	11.192	969.2	14.439	1250.5	14.312	1239.4	20.814
PACHACHA_C	Pachachaca 50 kV	50.00	4.879	422.5	5.172	447.9	5.267	456.1	5.585
PARAGSH1	Paragsha 1 50 kV	50.00	4.749	411.3	6.256	541.8	6.314	546.8	9.299
PLANTZIN	Planta de Zinc 50 kV	50.00	9.545	826.6	10.967	949.8	10.627	920.3	13.121
YUNCAN_C	Yuncan 22.9 kV	22.90	5.011	198.7	0.000	0.0	4.325	171.6	0.000
YAUPI1	Yaupi 13.8 kV	13.80	26.274	628.0	0.067	1.6	22.128	528.9	0.034
YAUPI2_B	Yaupi 13.8 kV	13.80	23.795	568.8	0.067	1.6	19.987	477.7	0.034
YUNCAN1	Yuncan G1 13.8 kV	13.80	21.755	520.0	0.011	0.3	19.408	463.9	0.005
YUNCAN2	Yuncan G2 13.8 kV	13.80	21.755	520.0	0.011	0.3	19.408	463.9	0.005
YUNCAN3	Yuncan G3 13.8 kV	13.80	12.836	306.8	0.000	0.0	11.122	265.8	0.000

Notas

- 1) Se considera en operación la central Yuncán
- 2) Año 2006 en avenida en máxima demanda. Yuncán en 220 kV y Yaupi en 138 kV a Carhuamayo.
- 3) La tensión prefalla es igual a 1.000 pu
- 4) Se ha utilizado reactancias subtransitorias saturadas

CUADRO 4.3
ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE YUNCÁN
DEMANDA POR BARRAS - AÑO 2006 EN
AVENIDA

Barra	kV	Demanda Máxima		Demanda Media		Demanda Mínima	
		MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
BELLAVIS	50.00	0.67	0.20	0.28	0.08	0.57	0.17
CARACONC	50.00	2.98	0.89	3.63	1.09	3.55	1.06
CARAMINA	50.00	1.13	0.34	1.38	0.41	1.35	0.40
CARHUAMA_C	50.00	0.60	0.18	0.59	0.18	0.38	0.11
CONDORCO	138.00	17.20	5.16	19.07	5.72	16.45	4.93
CASAPALC_B	2.40	4.31	1.29	4.35	1.30	4.12	1.24
CASAPALC	4.16	0.62	0.18	0.55	0.17	0.53	0.16
CASAPALC_C	50.00	2.39	0.72	1.48	0.44	4.90	1.47
CHUMPE_B	12.00	2.23	0.67	1.49	0.45	2.20	0.66
CHUMPE_C	2.40	2.60	0.78	1.73	0.52	2.62	0.79
CASAPNOR	4.16	0.19	0.06	0.19	0.06	0.12	0.03
CASAPIED	12.00	5.07	1.52	4.76	1.43	3.63	1.09
CURIPATA_B	10.00	0.52	0.15	0.36	0.11	0.20	0.06
MILPO_B	50.00	4.59	1.38	5.26	1.58	5.24	1.57
AUSDUVAZ	50.00	1.71	0.51	1.87	0.56	1.83	0.55
EXCELSI1	2.40	1.01	0.30	0.94	0.28	0.92	0.28
EXCELSI2	2.40	0.76	0.23	0.72	0.22	0.74	0.22
PLANTZIN	50.00	38.35	11.51	43.72	13.12	54.73	16.42
GOYLLAR	50.00	0.34	0.10	0.32	0.10	0.14	0.04
HUARON	50.00	6.55	1.96	4.86	1.46	5.06	1.52
HUICRA_B	2.40	0.52	0.16	0.47	0.14	0.51	0.15
JUNIN	50.00	0.56	0.17	0.46	0.14	0.24	0.07
LA FUNDICION	50.00	4.21	1.26	4.22	1.27	3.78	1.13
MAYUPAMP_B	2.40	0.54	0.16	0.35	0.10	0.41	0.12
MOROCOCH_B	2.40	1.76	0.53	2.28	0.68	1.77	0.53
MOROCOCH	50.00	2.65	0.80	2.06	0.62	2.39	0.72
MAHRTUNE_B	2.40	3.13	0.94	3.81	1.14	3.71	1.11
OROYA_B	50.00	0.75	0.22	0.51	0.15	0.51	0.15
PACHACHA_B	2.30	0.30	0.09	0.23	0.07	0.21	0.06
PACHACAY	69.00	0.25	0.07	0.12	0.04	0.13	0.04
PARAGSH1_B	12.00	18.98	5.70	18.22	5.47	16.31	4.89
UCHUCHAC	138.00	12.16	3.65	14.25	4.28	14.51	4.35
PARAGSH1	50.00	4.70	1.41	4.21	1.26	3.50	1.05
SANCRIST_C	2.40	1.35	0.41	1.64	0.49	1.60	0.48
HUARON	50.00	0.11	0.03	0.11	0.03	0.06	0.02
SANJUAN_E	11.00	0.82	0.25	0.93	0.28	0.93	0.28
SANJUAN_D	2.40	1.34	0.40	1.19	0.36	1.30	0.39
SANMATEO_C	50.00	0.14	0.04	0.13	0.04	0.14	0.04
TICLIO	50.00	0.11	0.03	0.14	0.04	0.11	0.03
YAUPI1	13.80	1.32	0.39	0.80	0.24	0.78	0.23
YAULIALP	50.00	3.16	0.95	2.74	0.82	3.06	0.92
BELLAVIS	50.00	4.88	1.46	4.27	1.28	3.42	1.03
SANANTON_B	4.16	0.67	0.20	0.82	0.24	0.80	0.24
SANCRIST_B	4.16	0.99	0.30	1.20	0.36	1.18	0.35
SANMATEO_C	50.00	3.20	0.94	2.80	0.84	2.24	0.66

CUADRO 4.4
ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE YUNCÁN
DEMANDA POR BARRAS - AÑO 2006 EN
ESTIAJE

Barra	kV	Demanda Máxima		Demanda Media		Demanda Mínima	
		MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
BELLAVIS	50.00	0.67	0.20	0.28	0.08	0.57	0.17
CARACONC	50.00	2.98	0.89	3.63	1.09	3.55	1.06
CARAMINA	50.00	1.13	0.34	1.38	0.41	1.35	0.40
CARHUAMA_C	50.00	0.60	0.18	0.59	0.18	0.38	0.11
CONDORCO	138.00	17.20	5.16	19.07	5.72	16.45	4.93
CASAPALC_B	2.40	4.31	1.29	4.35	1.30	4.12	1.24
CASAPALC	4.16	0.62	0.18	0.55	0.17	0.53	0.16
CASAPALC_C	50.00	2.39	0.72	1.48	0.44	4.90	1.47
CHUMPE_B	12.00	2.23	0.67	1.49	0.45	2.20	0.66
CHUMPE_C	2.40	2.60	0.78	1.73	0.52	2.62	0.79
CASAPNOR	4.16	0.19	0.06	0.19	0.06	0.12	0.03
CASAPIED	12.00	5.07	1.52	4.76	1.43	3.63	1.09
CURIPATA_B	10.00	0.52	0.15	0.36	0.11	0.20	0.06
MILPO_B	50.00	4.59	1.38	5.26	1.58	5.24	1.57
AUSDUVAZ	50.00	1.71	0.51	1.87	0.56	1.83	0.55
EXCELSI1	2.40	1.01	0.30	0.94	0.28	0.92	0.28
EXCELSI2	2.40	0.76	0.23	0.72	0.22	0.74	0.22
PLANTZIN	50.00	38.35	11.51	43.72	13.12	54.73	16.42
GOYLLAR	50.00	0.34	0.10	0.32	0.10	0.14	0.04
HUARON	50.00	6.55	1.96	4.86	1.46	5.06	1.52
HUICRA_B	2.40	0.52	0.16	0.47	0.14	0.51	0.15
JUNIN	50.00	0.56	0.17	0.46	0.14	0.24	0.07
LA FUNDICION	50.00	4.21	1.26	4.22	1.27	3.78	1.13
MAYUPAMP_B	2.40	0.54	0.16	0.35	0.10	0.41	0.12
MOROCOCH_B	2.40	1.76	0.53	2.28	0.68	1.77	0.53
MOROCOCH	50.00	2.65	0.80	2.06	0.62	2.39	0.72
MAHRTUNE_B	2.40	3.13	0.94	3.81	1.14	3.71	1.11
OROYA_B	50.00	0.75	0.22	0.51	0.15	0.51	0.15
PACHACHA_B	2.30	0.30	0.09	0.23	0.07	0.21	0.06
PACHACAY	69.00	0.25	0.07	0.12	0.04	0.13	0.04
PARAGSH1_B	12.00	18.98	5.70	18.22	5.47	16.31	4.89
UCHUCHAC	138.00	12.16	3.65	14.25	4.28	14.51	4.35
PARAGSH1	50.00	4.70	1.41	4.21	1.26	3.50	1.05
SANCRIST_C	2.40	1.35	0.41	1.64	0.49	1.60	0.48
HUARON	50.00	0.11	0.03	0.11	0.03	0.06	0.02
SANJUAN_E	11.00	0.82	0.25	0.93	0.28	0.93	0.28
SANJUAN_D	2.40	1.34	0.40	1.19	0.36	1.30	0.39
SANMATEO_C	50.00	0.14	0.04	0.13	0.04	0.14	0.04
TICLIO	50.00	0.11	0.03	0.14	0.04	0.11	0.03
YAUPI1	13.80	1.32	0.39	0.80	0.24	0.78	0.23
YAULIALP	50.00	3.16	0.95	2.74	0.82	3.06	0.92
BELLAVIS	50.00	4.88	1.46	4.27	1.28	3.42	1.03
SANANTON_B	4.16	0.67	0.20	0.82	0.24	0.80	0.24
SANCRIST_B	4.16	0.99	0.30	1.20	0.36	1.18	0.35
SANMATEO_C	50.00	3.20	0.94	2.80	0.84	2.24	0.66

De dichos cuadros se considerara la red equivalente que permitirá la simulación del sistema eléctrico de la minera el Brocal con los siguientes parámetros:

$$P = 4.21 \text{ MW}$$

$$Q = 1.26 \text{ MVAR}$$

$$S_{cc} \ 3\Phi = 393.8 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} \ 3\Phi = 4.547 \text{ KA.}$$

Demanda del Sistema

Se tomara en cuenta los diagramas unifilares del sistema eléctrico de la unidad minera Sociedad Minera El Brocal, que se muestran en el Anexo A, para simular el flujo de potencia y cortocircuito, se ha utilizado el programa de simulación Neplan versión 5.19.

El programa de simulación Neplan, utiliza las siguientes ecuaciones para el cálculo de flujo de potencia y cortocircuito basándose en el método Newton Raphson:

Se presenta el proceso de cálculo del programa Neplan:

a. Teoría de Cálculos de Flujo de Carga (Neplan)

El punto de inicio del cálculo de flujo de carga es:

$$\text{La ecuación de la red: } I = Y \cdot V \quad (4.1) \text{ y}$$

$$\text{La ecuación de potencia: } S = V \cdot I^* \quad (4.2)$$

Donde:

I: Vector de corrientes de nodo

V: Vector de voltajes de nodo

Y: Matriz de admitancia de la red

S: Vector de potencias de nodo

Al eliminar el vector de las corrientes de nodo en la ecuación de potencia, es obvio que el problema de Flujo de Carga se convierte en un sistema de ecuaciones no lineales cuadráticas para los voltajes de nodo desconocidos y las potencias de nodo dadas. Existen varios métodos para solucionar el problema, por ejemplo el método de Gauss - Seidel, el método de Newton - Raphson o el método de Newton Raphson Desacoplado Rápido. Los métodos usados por este programa son.

- Un método de Inyección de Corrientes con la matriz Y reducida y factorizada.
- El método de Newton - Raphson.

- Método de Inyección de Corrientes con la Matriz Y Reducida y Factorizada

El método de Inyección de Corrientes consta de dos pasos:

Cálculo de las corrientes de nodo I_{red} a partir de las potencias dadas de los nodos S_{red} y de los voltajes de nodo V_{red} de acuerdo a:

$$I_{red} = S_{red}^* \cdot V_{red}^{*-1} \quad (4.3)$$

por lo cual se ajusta un valor estimado para V_{red} en el primer paso de la iteración.

Cálculo de los voltajes de nodo de acuerdo a:

$$V_{red} = Y_{red}^{-1*} \cdot (I_{red} - Y_{sl} V_{sl}) \quad (4.4)$$

Donde:

- V_{red} : Vector de los voltajes de nodo complejos sin nodos slack
- I_{red} : Vector de las corrientes de nodo complejos sin nodos slack
- Y_{red} : Matriz de admitancia sin la fila y la columna del nodo slack
- Y_{sl} : Columna del nodo slack en la matriz Y
- V_{sl} : Voltaje complejo del nodo slack

Los dos pasos de la iteración se inician con un valor $V=1.0$ p.u., o con un valor predefinido "Archivo de inicialización", y se realiza el proceso iterativo hasta que el criterio de convergencia.

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n \left| \frac{V_{i_{u+1}} - V_{i_u}}{V_{i_u}} \right| \quad (4.5)$$

Se cumple "Error de Conv", donde $V_{i_{\mu+1}}$ y $V_{i_{\mu}}$ son los voltajes en el nodo i en las iteraciones $(\mu+1)$ o (μ) y n representa el número de nodos en la red.

Si el algoritmo diverge, el proceso iterativo se detiene después del número máximo iteraciones permitidas. Este valor se indica en los Parámetros de Cálculo, campo de entrada "Máx.iteraciones".

Los nodos PV requieren un algoritmo adicional. La velocidad del algoritmo depende del factor de aceleración, el cual se puede indicar a través de la máscara Parámetros de Cálculo (campo de entrada "Factor aceler.").

- El Método de Newton - Raphson

El método de Newton - Raphson parte de la ecuación de error para el nodo i:

Los voltajes complejos V_k se obtienen de forma tal que ΔS_i tienda a cero. P_i y Q_i son las potencias activas y reactivas predefinidas. Y_{ik} es un elemento de la matriz Y de la i-ésima fila y k-ésima columna. La solución a la ecuación de error anterior consta de los siguientes tres pasos:

- Cálculo de los errores de potencia por medio de los voltajes de cada nodo

$$\Delta S_i = S_{esp_i} - S_{cal_i} \quad (4.6)$$

- Cálculo las variaciones de voltaje para cada nodo con la matriz Jacobiana J

$$\Delta V = J^{-1} \cdot \Delta S \quad (4.7)$$

- Cálculo de los voltajes de nodo

$$V_{nue_i} = V_{vie_j_i} - \alpha \cdot \Delta V_i \quad (4.8)$$

Los dos pasos de la iteración se inician con $V=1.0$ pu o con un valor y se debe realizar hasta que el criterio de convergencia se cumpla.

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n |\Delta S_i| \quad (4.9)$$

b. Teoría de Cálculos de Cortocircuito (Neplan)

La teoría se encuentra en el tutorial del programa Neplan y algunas fórmulas que se indican son:

- Cortocircuito Trifásico:
- Cortocircuito Monofásico.

$$\begin{aligned} IK_1'' &= \frac{VO_k}{Z_{k1}} & IK_1'' &= \frac{VO_k}{Z_{k1} + Z_{k2} + Z_{k0}} \\ IK_2'' &= 0 & IK_2'' &= IK_1'' \\ IK_0'' &= 0 & IK_0'' &= IK_1'' \end{aligned} \quad (4.10)$$

4.1.2 Simulaciones

En el Anexo B, se muestran las simulaciones efectuadas del flujo de potencia en el programa Neplan 5.19.

4.1.3 Resultados

a). De los resultados correspondientes a la simulación correspondiente al flujo de potencia Agosto (2006); Se aprecia que las tensiones en las barras están dentro de los rangos normales de operación.

- Subestación Smelter:

El transformador de la Subestación Smelter, de 5 MVA ONAF, 50/10.5KV. suministra energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Unidad Colquijirca
- Planta Concentradora
- Marcapunta Norte

Dicho transformador se encuentra con 4% de capacidad de reserva, lo que significa que el transformador empieza a recalentarse debido a que esta cerca de su capacidad limite sobre todo en horas punta de mayor consumo de energía.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a la unidad Colquijirca, actualmente cuenta con un conductor de cobre desnudo de 70 mm², el cual soporta una capacidad de 348 A. (Ver Anexo C), se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 41 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a la Planta Concentradora, actualmente cuenta con un conductor de Aleación de Aluminio de 70mm², el cual soporta una capacidad de 235 A. (Ver Anexo C), se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 218 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción pero empezará a tener un recalentamiento debido a que su valor de conducción se encuentra cerca a la capacidad limite de conducción.

Transformador de la Subestación Marcapunta Norte de 1 MVA, 10.5/ 0.46 - 0.23V, actualmente suministra energía para el nuevo frente de explotación (Extracción de Cobre)

Dicho transformador cubre la demanda debido a que recientemente se están empezando las exploraciones. Por tal motivo su carga aun no es considerable pero a medida que se avance con la extracción de dicho mineral, aumentara su carga provocando un colapsó en la Subestación Smelter, por tal motivo se deberá realizar cambios en el sistema eléctrico de Brocal.

- Subestación Marcapunta Oeste

El transformador de la Subestación Marcapunta Oeste de 2 MVA, ONAF, 50/10.5 KV, suministra energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Interior Mina (Subterránea)
- Reciclaje de Agua

Dicho transformador se encuentra con 50% de capacidad de reserva, pero debido a que la demanda aumentara en los diferentes frentes de explotación dicho transformador fue sustituido por un transformador de 6MVA, 50/10.5 KV.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a interior Mina, actualmente cuenta con un conductor de Aleación de Aluminio de 70 mm², el cual soporta una capacidad de 235 A. (Ver Anexo C), se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 51 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Transformador de la Subestación Interior Mina de 2 MVA, 10.5/ 0.46 – 0.23V, actualmente suministra energía eléctrica para el frente de explotación subterránea (Extracción de los minerales Plomo y Zinc) el transformador cubre la demanda que actualmente registra un consumo de 900 KW y que a futuro se estima crecerá en 1.5 MW, dicha estimación va de acuerdo con el tiempo de vida estimada para la extracción de dichos minerales, aun así el transformador cubrirá dicha demanda.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a planta Reciclaje de agua, actualmente cuenta con un conductor de Aleación de Aluminio de 70 mm², el cual soporta una capacidad de 235 A. (Ver Anexo C), se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 11 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Transformador de la Subestación Reciclaje de Agua, de 400 KVA, 10.5/ 0.46V, actualmente suministra energía eléctrica para la planta de tratamiento de agua mineralizada y el sistema de bombeo del relave final de los frentes de explotación, el transformador cubre la demanda que actualmente registra un consumo de 200 KW y que a futuro se estima crecerá en 600 KW, dicha estimación va de acuerdo con el crecimiento de la planta. Por lo tanto a futuro se requerirá cambiar por un nuevo transformador de 2 MVA, 10.5/0.46 KV.

b). Los resultados correspondientes a la simulación correspondiente al flujo de potencia Incremento de producción - Año 2007.

Para esta siguiente etapa se debe solicitar a Electroandes, subir la demanda máxima contratada a 8,000 KW.

Se asumirá una red equivalente que permitirá la simulación del sistema eléctrico de la minera el Brocal para el año 2007 con los siguientes parámetros:

$P = 8 \text{ MW};$

$Q = 3 \text{ MVAR};$

$S_{cc} 3\Phi = 700 \text{ MVA};$

$I_{cc} 3\Phi = 8 \text{ KA};$

- Subestación Smelter

El transformador de la Subestación Smelter, de 5 MVA ONAF, 50/10.5KV.continuara suministrando energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Unidad Colquijirca
- Planta Concentradora
- Marcapunta Norte

Se aprecia de la simulación que dicho transformador se encuentra con 15% de capacidad de reserva. Lo que significa que dicho transformador ya no continuará recalentándose debido a que se a pasado parte de la carga de planta a la subestación Marcapunta Oeste.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a la unidad Colquijirca, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 41 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción, como ya se analizo en la simulación anterior.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a la Planta Concentradora, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 148 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción pero existe un recalentamiento del cable debido a que su valor de conducción es cercano a la capacidad limite de conducción, como ya se analizo en la simulación anterior.

Transformador de la Subestación Marcapunta Norte de 2 MVA, 10.5/ 0.46 - 0.23V, su carga aun sigue siendo no considerable pero a medida que se avance con la extracción de dicho mineral aumentara su carga provocando un colapsó en la Subestación Smelter.

- Subestación Marcapunta Oeste

Se ha cambiado el transformador de 2MVA por un transformador de 6 MVA, 50/10.5KV, actualmente suministra energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Interior Mina (Subterránea)
- Reciclaje de Agua
- Planta concentradora (Ampliación)

Dicho transformador se encuentra con 23% de capacidad de reserva.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta al interior de Mina, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 52 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Transformador de la Subestación Interior Mina de 2 MVA, 10.5/ 0.46 – 0.23V, dicho transformador cubre aun dicha demanda.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a planta Reciclaje de agua, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 200 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción. Se estima a futuro que aumentara la carga por tal motivo dicho conductor no tendrá la capacidad de conducir el nuevo incremento por lo tanto se tendrá que cambiar dicho conductor o construir una nueva línea que alimente al Circuito de Cobre y a Planta Concentradora debido a que la subestación Marcapunta Oeste incrementara su potencia y podrá asumir mas cargas.

Transformador de la Subestación Reciclaje de Agua, de 2 MVA, 10.5/ 0.46V, con dicho cambio de transformador se cubre la demanda.

Para satisfacer la demanda en los próximos años se proyecta realizar la implementación de la subestación en el patio de llaves mediante un pórtico de llegada seguido de un pórtico para el sistema de barras en 50 KV. con una celda de acoplamiento longitudinal.

Equipamiento para instalar un nuevo transformador de potencia de 10-12 MVA sobre una nueva plataforma así como la edificación de una sala de control y distribución en 10.5 KV.

Luego a futuro se cambiara la unidad de 6 MVA por otra de 10-12 MVA, con los equipos complementarios correspondientes. Se tiene que esta previsión esta fijada hasta el año 2015.

c). Los resultados correspondientes a la simulación correspondiente al flujo de potencia Proyectada - 2015:

Para esta siguiente etapa final se debe solicitar a Electroandes, subir nuestra demanda máxima a 16, 000 KW.

Se asume una red equivalente que permitirá la simulación del sistema eléctrico de la minera el Brocal para el año 2015 con lo siguientes parámetros:

$P = 16 \text{ MW};$

$Q = 4 \text{ MVAR};$

$S_{cc} 3\Phi = 1,200 \text{ MVA};$

$I_{cc} 3\Phi = 14 \text{ KA};$

Considerada la etapa final del proyecto para lo cual se realizaran los siguientes cambios al sistema eléctrico de Brocal:

- **Subestación Smelter**

El transformador de la Subestación Smelter, de 5 MVA ONAF, 50/10.5 KV. suministrara energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Unidad Colquijirca
- Marcapunta Norte

Se aprecia de la simulación que dicho transformador se encuentra con 50% de capacidad de reserva regresando a su modo de enfriamiento natural 4MVA ONAN.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a la unidad Colquijirca, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 41 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción como ya se analizo en las simulaciones anteriores.

Transformador de la Subestación Marcapunta Norte de 2 MVA, 10.5/ 0.46 - 0.23V, se encuentra con 40% de capacidad de reserva cubriendo al demanda proyectada.

- **Subestación Marcapunta Oeste**

Los dos transformadores de la Subestación Marcapunta Oeste uno de 12 MVA, 50/10.5 KV, suministrará energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Interior Mina (Subterránea)
- Circuito de Cobre

Así mismo otro transformador de 12 MVA ONAF, 50/10.5KV, suministrará energía eléctrica a las siguientes áreas:

- Reciclaje de Agua
- Planta Concentradora

Ambos transformadores de 12 MVA, cubren la demanda proyectada de energía para la explotación de minerales, teniéndose una subestación total de 24 MVA de capacidad.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a interior Mina, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 88 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Transformador de la Subestación Interior Mina de 2 MVA, 10.5/ 0.46 - 0.23 V, se encuentra con 25% de capacidad de reserva cubriendo al demanda proyectada.

Sistema de transmisión en 10.5 KV, que alimenta a planta Reciclaje de agua, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 37 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción.

Nuevo sistema de transmisión en 10.5 KV, con un conductor seleccionado de acuerdo a la simulación de Aleación de Aluminio con alma de acero de 300 mm²., que alimenta a Planta Concentradora, se aprecia de la simulación que dicho conductor esta conduciendo 500 A. lo que significa que esta dentro de su capacidad de conducción pues dicho conductor tiene una capacidad nominal de 340 A. El transformador de la Subestación Reciclaje de Agua, de 1 MVA, 10.5/ 0.46 V, continua cubriendo la demanda proyectada.

4.2 Niveles de Cortocircuito

4.2.1 Criterios

Se han considerado los siguientes criterios:

- La configuración de la red y las condiciones de generación corresponden exactamente a los respectivos casos de flujo de potencia para las condiciones de operación estudiadas.
- La ocurrencia de cortocircuitos trifásicos.

4.2.2 Resultados

Se muestra en el Anexo D, las respectivas simulaciones correspondientes a la etapa inicial y final del proyecto debido a que en la etapa final se hará el respectivo cálculo de equipos.

4.3 Conclusiones

Los resultados correspondientes a los casos simulados, solo se analizará el caso de la Subestación Marcapunta Oeste, debido a que con estos resultados se podrá seleccionar las magnitudes de los nuevos equipos.

Simulación correspondiente al Cortocircuito 2006:

S.E. Marcapunta Oeste:

Barra Principal

Lado de 50 KV

Sc_{cc} = 400 MVA

I_{cc} = 5 KA

Lado de 10.5 KV

Sc_{cc} = 63 MVA

I_{cc} = 3.4 KA

Simulación correspondiente al Cortocircuito 2015:

S.E. Marcapunta Oeste:

Barra Principal

Lado de 50 KV

Sc_{cc} = 966.6 MVA

I_{cc} = 11.6 KA

Lado de 10.5 KV

Sc_{cc} = 128.8 MVA

I_{cc} = 7 KA

CAPITULO V

CRITERIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

5.1 Subestación de Potencia

Una Subestación de potencia viene a ser un conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia, donde su función principal es la de transformar tensiones y derivar circuitos de potencia.

Las Subestaciones Eléctricas para su mejor entendimiento se clasifican:

- Subestaciones elevadoras
- Subestaciones reductoras
- Subestaciones de enlace
- Subestaciones radiales
- Subestaciones de switcheo

Por lo tanto la subestación a diseñar 24 MVA, 50/10.5 KV correspondiente a la Mina Marcapunta Oeste, se encuentra según la clasificación anterior como subestación radial, pues solo tiene un solo punto de alimentación y no se interconecta con otras.

En el siguiente cuadro se muestra las especificaciones técnicas del transformador de potencia 6 MVA, 50/10.5 KV, adquirido para la subestación de Marcapunta Oeste.

Transformador de Potencia:

CUADRO 5.1

TRANSFORMADOR:	DELCROSA S.A.	NORMA:	370.002 IEC 76
POTENCIA:	6MVA	ACEITE:	4600 Kg.
TIPO:	TO-C-ONAN	ALTURA:	4200 m.s.n.m.
N°:	160643T	GRUPO:	Dyn1
FASES:	3	BILL:	Ext. 325/95
TENSIÓN:	50/10 KV.		Int. 250/95
CORRIENTE:	69.3/346.4 A.	PARTE ACTIVA:	7,900 Kg.
FRECUENCIA:	60 Hz.	TANQUE:	5,250 Kg.
TENSIÓN CC:	7.16	PESO TOTAL:	17,750 Kg.

La figura 5.1, se muestra el transformador adquirido a la empresa Electroandes S.A. de 6 MVA, 50/10.5 KV



FIG 5.1 Transformador de 6 MVA instalado en la Subestación Marcapunta Oeste.

5.1.1 Introducción

En este capítulo del presente proyecto de investigación tratará referente al diseño de la subestación eléctrica cuyo objetivo es la ampliación del sistema de potencia en la Subestación de Marcapunta Oeste, que proveerá energía eléctrica a todos los frentes de explotación, con la finalidad de atender la demanda de energía.

Para lo cual el diseño comprenderá: Los criterios de efectuar las diversas conexiones entre los elementos que integran la subestación, disposiciones para su instalación; dimensionamiento de las distancias entre las diferentes partes de la subestación de acuerdo con los diagramas unifilares indicados, el diagrama esquemático de protección, los niveles de tensión fijados, las distancias de seguridad considerados, las dimensiones del equipo y la disposición física del mismo, donde todo se plasma en los planos eléctricos de la subestación con vistas de planta, elevaciones y detalles (Ver planos de diseño Etapa Final, Anexo N).

5.1.2 Ubicación de la Subestación

La Subestación eléctrica de Marcapunta Oeste, está ubicada en el poblado de Colquijirca, distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, a una altura de 4,250 m.s.n.m. y para el traslado del equipamiento vía terrestre desde Lima, se recomienda la siguiente ruta: Lima – La Oroya – Pasco la Capital – Colquijirca (Mina Marcapunta Oeste) cuya ruta es asfaltado.

Para poder comprender la ubicación de la subestación indicaremos el recorrido de la línea existente de 50 KV (Línea 518) en el tramo de la Subestación Smelter hasta llegar a la Subestación Marcapunta.

El recorrido empieza en la subestación existente Smelter hasta el vértice V0 (coordenadas 8'809,615 Norte y 360,555 Este) con una distancia de 51.94 m.

Sigue un tramo recto de 523.73 m., hasta alcanzar el vértice V1 (8'809,225 Norte, 360,185 Este), siguiendo un trazo intermedio entre la línea férrea y la actual línea de 10 KV.

Continúa un segundo tramo de 487.76 m., hasta el vértice V2 (8'808,843 Norte y 359,923 Este).

El tercer tramo de 695.17 m., hasta el vértice V3 (8'808,167 Norte, 359,762 Este) cruzando por arriba la línea telefónica hasta el costado de la carretera afirmada.

Finalmente un cuarto tramo de 693.28 m., hasta el punto fin de línea (8'807,473 Norte, 359,776 Este) previo al ingreso a la nueva subestación Marcapunta.

La distancia horizontal acumulada es 2451.88 m.

Actualmente el recorrido de la línea empieza después del interruptor de potencia en el patio de la subestación Smelter. Esto hace que el circuito para la subestación Marcapunta dependa de la subestación Smelter.

El nuevo proyecto contempla la independización de las subestaciones desde el punto de entrega de energía de Electroandes (Torre de llegada línea 518).

5.1.3 Extensión del área de la Subestación

La Sociedad Minera el Brocal en la actualidad posee un transformador en la Subestación Marcapunta Oeste provisional existente de 6 MVA, 50/10.5 KV como ya se había indicado anteriormente, y que dejaron una previsión para una futura ampliación, la cual ahora es motivo de estudio del presente proyecto de investigación de ampliación de la subestación indicada, donde la extensión del área cercada de la subestación es de 26.0 m por 34.0 m incluyendo la malla de tierra profunda (Área 884 m²) y ha de indicarse que interiormente se encuentra un área

construida existente que consta de la sala de control y distribución con una área techada de 6.0 m por 4.0 m. resultando un área de 24 m².

Para la situación definitiva la nueva sala de control y distribución en 10.5 KV, constara de un área de 208 m², incluyendo a la existente de 24m².

5.1.4 Sistemas de barras - celdas de alta tensión: Criterios de selección

El diseño de un sistema de barras implica la selección apropiada del conductor en lo referente al material, tipo y forma del mismo, a la selección de los aisladores y sus accesorios, y a la selección de las distancias entre apoyos y entre fases. El diseño se hace con base en los esfuerzos estáticos y dinámicos a que están sometidas las barras, y según las necesidades de conducción de corrientes, disposiciones físicas, etc. La selección final de las barras se hace atendiendo aspectos económicos, materiales existentes en el mercado y las normas establecidas.

Se puede utilizar conductores rígidos, barras macizas o tubulares, o conductores flexibles, cableados, formados por alambres. El material a usarse debe ofrecer la resistencia mecánica adecuada. Por razones económicas el conductor más usado es el aluminio, aunque también puede utilizarse el cobre.

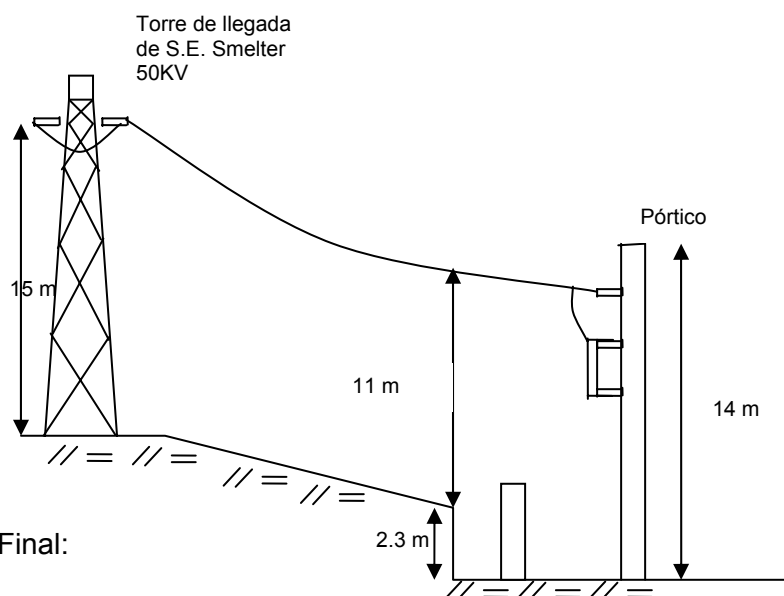
La subestación Marcapunta Oeste es una subestación es de tipo convencional con aislamiento en aire y dado que la flexibilidad y la confiabilidad están directamente relacionados con el costo se determino que la configuración del sistema de barras sea de barras flexibles.

El diseño de sistema de barras flexibles implica tener las siguientes consideraciones:

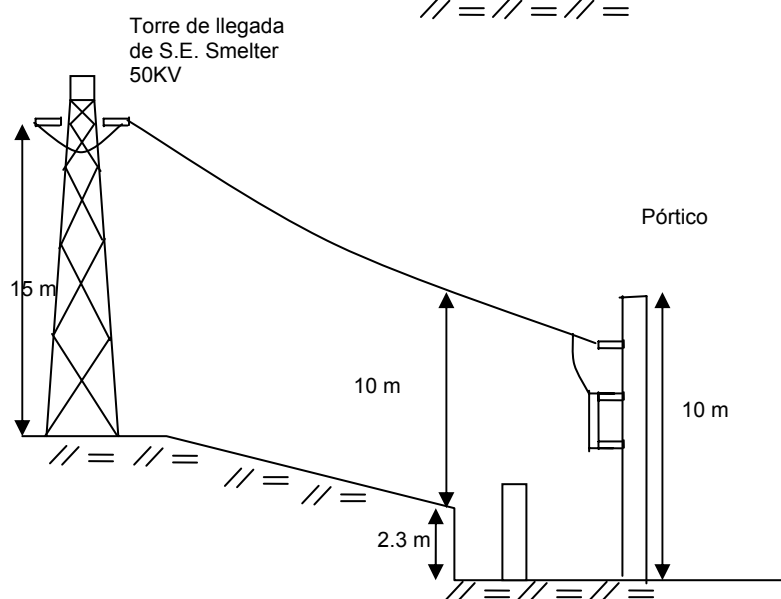
- a) La localización del bus en la subestación y su proximidad a otro equipo.
- b) Ampliaciones futuras de la subestación
- c) Selección del conductor
- d) Cargas de viento y hielo
- e) Resistencia mecánica de aisladores
- f) Longitud de claro
- g) Flechas y tensiones
- h) Variaciones de temperatura

Antes de realizar los cálculos del sistemas de barras, justificaremos la altura del pórtico propuesto para la etapa final de la subestación Marcapunta Oeste.

Diseño inicial:



Diseño Final:



La altura del pórtico metálico para la etapa final esta cumpliendo la distancia mínima del conductor a tierra para zonas rurales con un nivel de tensión 50 KV, la cual es de 7.0 m.

Así mismo se verificará el cumplimiento de la Norma internacional IEC 60071-2, sobre altura de pórticos que se muestra en la siguiente figura 5.2:

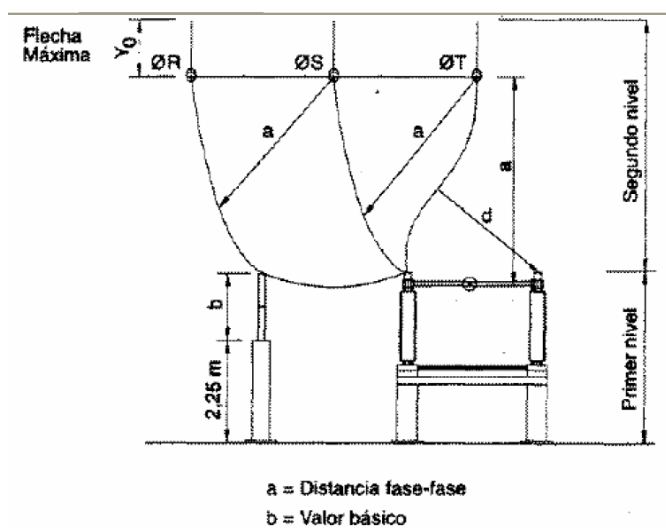


FIG. 5.2 Altura de Pórtico según Norma IEC 60071-2

Donde el primer nivel de conexión que se encuentra esta conformado por la conexión de los equipos, cuya altura esta determinada por las distancias mínimas de seguridad.

El segundo nivel esta conformado por los barrajes, cuya altura debe estar por encima del nivel de equipos en distancia por lo menos igual a la distancia mínima fase-fase.

Para la subestación Marcapunta Oeste:

Distancia primer nivel de acuerdo a los equipos que se tienen = 5.4 m

D fase – fase de la torre (50 KV) = 1.6 m

$$H_{\text{mínima}} = 7 \text{ m} < H_{\text{diseño}} = 10 \text{ m}.$$

Para el diseño de buses flexibles en subestaciones, se puede aplicar el siguiente procedimiento.

- a) Seleccionar el material y tamaño del conductor basado en los requerimientos del valor continuo de corriente que circulara.

El requerimiento de la capacidad de corriente para la etapa final de la subestación Marcapunta Oeste, para el transformador de 12 MVA, según el flujo de potencia realizado es de $I = 120 \text{ A}$. Así mismo se deberá tener en consideración el cálculo para la selección del sistema de barras flexibles en régimen de cortocircuito por

estabilidad térmica (Anexo E), concluyéndose utilizar un conductor de Aluminio, de 120mm^2 .

- b) Determinar la distancia entre los centros de fases, estas distancias dadas para buses rígidos, se deben incrementar al menos 50% para buses flexibles.

Distancia mínima entre fases para un nivel de tensión de 50 KV es de 63 cm según Norma. El sistema de barra para la Subestación Marcapunta Oeste es de buses flexibles la distancia entre los centros de fases y para conexión entre equipos será:

$$d_{\min} = 63 + \frac{63}{2} = 94.5\text{cm.}$$

$$d_{\min} = 1\text{m}$$

- c) Seleccionar la cantidad de aisladores requerida.

Los valores de la tabla sería:

Ambiente ligeramente polucionado fuera de la ciudad $G_a = 1.40 \text{ cm/kV}$

Los aisladores Antineblina $10'' \times 5 \frac{3}{4}''$ tienen una $L_f = 43.2 \text{ cm}$

La corrección de la altura: $f_h = 1 + 0.0125 * \left(\frac{h-1000}{100}\right)$ (5.1)

$$h = 4300 \text{ m.s.n.m,} \quad f_h = 1 + 0.0125 * \left(\frac{4300-1000}{100}\right) = 1.4$$

$$\text{Numero de aisladores} = \frac{G_a * f_h * xV \text{ max}}{L_f * x\sqrt{3}} \quad (5.2)$$

$$\text{Numero de aisladores} = 4.22 = 5 \text{ unidades}$$

- d) Calcular la carga total sobre el conductor, para esto, hacer uso de los valores para carga por hielo y carga por viento.

La Carga por hielo se determinar a partir de las siguientes ecuaciones:

$$W_I = 0.724 * (d_1^2 - d_2^2) \quad (5.3)$$

W_I = Carga por hielo N/m

d_1 = Diámetro exterior del conductor con hielo, cm.

d_2 = Diámetro exterior del conductor con hielo, cm.

La carga por viento se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$f_w = 0.01 * P_w * d_1 \quad (5.4)$$

f_w = Carga por viento, N/m

P_w = Presión del viento en Pascal, según el cuadro siguiente

Cuadro de Criterios de carga para conductores según la National Electrical Safety Code:

CUADRO 5.2

CARGA	PESADA	AREA MEDIA	AREA LIGERA
Espesor radial del hielo en cm.	1.27	0.635	0
Presión horizontal del viento en Pascal	191.5	191.5	430.9
Temperatura en C	-18	-9.4	-1.1
Constante (K) que se debe agregar a la resultante	4.38	4.38	0.73

La carga total del conductor se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$f_T = [f_w^2 + (W_c + W_i)^2]^{1/2} + K \quad (5.5)$$

f_T = Carga total sobre el conductor, N/m

f_w = Carga por viento, N/m

W_c = Peso del conductor, N/m

W_i = Carga por hielo N/m

K=Constante (Tabla anterior)

e) Calcular la máxima flecha del conductor.

f) Calcular el efecto de los aisladores en suspensión en la flecha del conductor

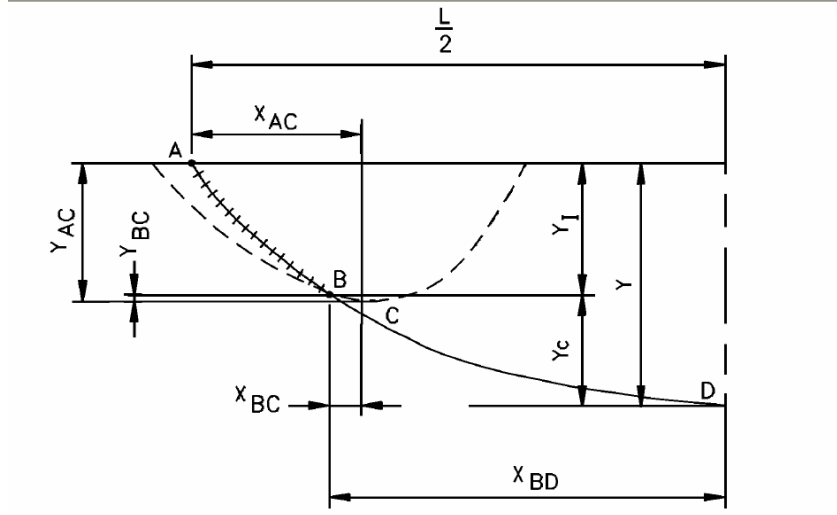


FIG. 5.3 Efecto de aisladores en suspensión en la flecha del conductor

$$C_I = \frac{T_C}{W_{IN}} \quad (5.6)$$

$$C_C = \frac{T_C}{W_C} \quad (5.7)$$

$$X_{BC} = \frac{C_I}{C_C} * X_{BD} \quad (\text{Asumir } X_{BD} = \frac{L}{2} - L_{AB}) \quad (5.8)$$

$$Y_{BC} = C_I * \left[\cosh \frac{X_{BC}}{C_I} - 1 \right] \quad (5.9)$$

$$L_{AC} = L_{AB} + C_I * \sinh \frac{X_{BC}}{C_I} \quad (5.10)$$

$$X_{AC} = C_I * \sinh^{-1} \frac{L_{AC}}{C_I} \quad (5.11)$$

$$Y_{AC} = C_I * \left[\cosh \frac{X_{AC}}{C_I} - 1 \right] \quad (5.12)$$

$$Y_I = Y_{AC} - Y_{BC} \quad (5.13)$$

$$Y = Y_I + Y_C \quad (5.14)$$

Donde:

C_I = Constante de la catenaria del aislador, m

C_C = Constante de la catenaria del conductor, m.

X_{AC} = Distancia horizontal del punto de soporte del aislador al centro de la catenaria del aislador, m.

X_{BC} = Distancia horizontal del punto de conexión de la cadena de aisladores y conductor al centro de la catenaria del aislador, m.

X_{BD} = Distancia horizontal del punto de conexión de la cadena de aisladores y conductor al centro de la catenaria del conductor, m.

L_{AB} = Longitud de la cadena de aisladores, m.

L_{AC} = Longitud del arco del punto de soporte de los aisladores al centro de la catenaria de los aisladores, m.

Y_{AC} = Flecha del soporte del aislador al punto de la catenaria del aislador, m.

Y_{BC} = Flecha del punto de conexión de la cadena de aisladores y conductor al centro de la catenaria de los aisladores, m.

Y_I = Flecha de los aisladores, m.

Y_C = Flecha del conductor, m.

Y = Flecha total al bus, incluyendo aisladores y conductores, m.

L = Longitud del claro, m.

En el Anexo E, se muestra las hojas de cálculo del sistema de barra flexible de donde podemos concluir, la adecuada selección del conductor y que la carga total del conductor por efectos de hielo y viento es mucho menor que la carga total de ruptura del conductor.

Así mismo el efecto de la cadena de aisladores en suspensión sobre la fecha bus es mínimo lo que no afectaría significativamente en el acercamiento de las fases por el efecto del viento.

Celdas de Alta Tensión: Criterios de Selección

El tipo de tablero utilizados son del tipo Metal Clad, cuyas características son del tipo antiexplosión para uso tanto de la subestación como dentro de la mina subterránea, pues cuentan con mecanismos de seguridad que impiden la abertura de cubículos si están energizados y si aun así llegasen a abrir las puertas otros mecanismos de seguridad desconectan los circuitos energizados para proteger y evitar contactos peligrosos. Estos tableros se fabrican con lamina de acero rolada en frío, calibre 2.78 mm., para la estructura, sólida, soldada y atornillada, formando los perfiles de acero estructural para las columnas y la estructura necesaria para los compartimientos independientes, con la misma lamina 1.98 mm para los paneles

laterales, barreras, cubiertas y puertas interiores y exteriores. Para la base se usa la placa 4.8 mm, con lo que se obtiene mayor rigidez, estabilidad y durabilidad. Además son del tipo blindado, están completamente segregados por divisiones metálicas conectadas a tierra y ofrecen una protección confiable y seguridad al personal operacional.

5.1.5 Niveles de Tensión

La red eléctrica del sistema eléctrico de potencia de Sociedad Minera el Brocal, se opera a distintos niveles de voltaje:

Subtransmisión : 50 KV

Distribución : 10.5 KV

La red de subtransmisión recibe potencia de sistema o red de transmisión en distintos puntos ubicados en las subestaciones de transmisión de Electroandes.

5.1.6 Diseño de la subestación: Criterios

La ubicación de la subestación Marcapunta Oeste se determinó por la facilidad de acceso así mismo la facilidad amplia de entrega de energía las cargas que alimentaría es cercana a la mina Marcapunta zona de explotación, es importante mencionar que el terreno presenta una inclinación significativa por lo cual se buscó la posibilidad de acomodarse al terreno natural mediante elevaciones a las bases de los equipos.

También posee un fácil acceso para la línea de transmisión que conecta a la subestación Marcapunta Oeste debido a que se encuentran cercanas a una vía principal como también se encuentra aleja de las zonas urbanas existentes.

Las dimensiones de la subestación 34 m x 26 m, se efectuaron por medio del cálculo de las distancias eléctricas entre las partes vivas del equipo, entre estas y las estructuras, muros y el suelo, como son distancias entre fases, distancias a tierra, distancias de aislamiento, distancias entre secciones.

5.1.7 Coordinación de Aislamiento

La coordinación de aislamiento de la instalación eléctrica, se refiere al ordenamiento de los niveles de aislamiento de los diferentes equipos, de tal manera que al presentarse una onda de sobretensión, esta se descargue a través del elemento adecuado, que llamaremos pararrayos, sin producir arcos ni daños a los equipos adyacentes.

La coordinación de aislamiento compara las características de operación de un pararrayos, dadas por sus curvas tensión tiempo, contra las características de respuesta de aislamiento del equipo por proteger, dadas también por sus propias curvas tensión tiempo. Dicho de otra forma, la coordinación de aislamiento se refiere a la correlación entre los esfuerzos dieléctricos aplicados y los esfuerzos dieléctricos resistentes. En el sistema eléctrico ha diseñarse en el presente proyecto es muy importante coordinar los aislamientos entre todos los equipo de la instalación, para ello se considerará tres niveles de aislamiento:

Un Nivel 1, también llamado nivel alto. Se utiliza en los aislamientos internos no autorrecuperables (sin contacto con el aire), de aparatos como: transformadores, cables o interruptores.

Nivel 2, también llamado nivel medio o de seguridad. Está constituido por el nivel de aislamiento autorecuperable de las partes vivas de los diferentes equipos que están en contacto con el aire. Este nivel se adecua de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar de la instalación y se utiliza en todos los aisladores de los aparatos, buses y pasamuros de la subestación que están en contacto con el aire.

Nivel 3, también llamado nivel bajo o de protección. Está constituido por el nivel de tensión de operación de los pararrayos de protección.

Respecto a los intervalos entre los niveles de tensión, se considera que la diferencia entre los niveles medio y alto puede ser entre 0 y 25%. La diferencia entre los niveles medio y bajo (pararrayos) suele ser suficiente con un 15%. Sin embargo como los pararrayos pueden ser instalados a una distancia algo mayor que la debida de los aparatos por proteger, las sobretensiones que llegan a los equipos pueden ser ligeramente superiores a las de operación del pararrayos. Por tanto también es conveniente, fijar una diferencia de 25% entre los niveles 2 y 3.

A continuación se detallan los cuadros referentes a la coordinación de aislamiento.

a. Determinación de los Niveles de Aislamiento

Se determinará los niveles de aislamiento para la Ampliación de la S.E. Marcapunta Oeste 50/10.5 KV.

- Condiciones Geográficas y Climáticas de la zona
 - a) Altitud Promedio: 4300 m.s.n.m.
 - b) Contaminación ambiental: Escasa
 - c) Descargas Atmosféricas: Con frecuencia

a.1. Efectos de la altitud.

Según la Publicación IEC N° 71-A, el factor de corrección de incremento de la tensión de diseño de los equipos, es de 1,25% por cada 100 metros de exceso a partir de los 1000 m.s.n.m.

$$f_c = 1 + 0.0125 \left(\frac{msnm - 1000}{100} \right) \dots\dots\dots (5.15)$$

Las Subestaciones están ubicadas en lugares cuyas alturas se encuentran en el promedio de 4300 m.s.n.m., se tendrá la siguiente corrección por altura:

- Para la tensión nominal de 50 KV:

$$50KV \left[1 + 0.0125 \left(\frac{4300 - 1000}{100} \right) \right] = 70.625KV$$

Por lo tanto, la tensión de diseño normalizado es de 100 KV

- Para la tensión nominal de 10.5 KV:

$$10.5KV \left[1 + 0.0125 \left(\frac{4300 - 1000}{100} \right) \right] = 14.83KV$$

La tensión de diseño normalizado es de 36 KV

a.2. Efectos de la contaminación ambiental.

En la zona del proyecto, no se tiene gran contaminación ambiental por lo tanto no se considerará ningún factor de corrección por este concepto.

a.3. Efectos de las descargas atmosféricas.

En la zona del proyecto, se tiene un nivel isoceraunico frecuente entre 40 – 60 como valores de registro anual de días con tormentas, por lo que por consideraciones de seguridad se instalará pararrayos.

a.4. Selección de los niveles de aislamiento.

- Niveles de Aislamiento Recomendado por la IEC

Según las Tablas I y III de la Publicación N° 71-3 (Cuadro 5.3) se tiene:

Nivel de 50 KV

Para una tensión máxima del equipamiento de 100 KV le corresponde una tensión de resistencia a la onda de impulso de 450 KV pico.

CUADRO 5.3

NIVELES DE AISLAMIENTO NORMALIZADOS PARA EQUIPOS DE LA CATEGORIA B				
Tensión nominal del Sistema. KV eficaz	Tensión máxima de diseño KV eficaz	Nivel básico de Aislamiento nominal (NBI) de fase a tierra. Kvcresta	Nivel básico de Aislamiento nominal NBI de fase a fase. KV cresta	Tensión resistente nominal a 60Hz de fase a tierra. KV (eficaz).
52	52	250	250	95
69	72.5	325	325	140
		350	350	
115	123	450	450	185
		550	550	230
138	145	450	550	185
		550	550	230
		650	650	275
161	170	550	650	230
		650	650	275
		750	750	325
230	245	650	750	230
		750	850	275
		850	950	350
		950	1050	395
		1050	1125	460

Nivel de 10.5 KV

Para una tensión máxima del equipamiento de 36 KV le corresponde una tensión de resistencia a la onda de impulso de 170 KV pico.

b. Dimensionamiento de los Pararrayos

b.1 Generalidades

Los pararrayos que se utilizarán, serán del tipo óxido de zinc.

Para la selección de la tensión nominal de los pararrayos se tiene que observar los siguientes conceptos:

- Sobretensión Temporal (TOV): Tensión que excede a la tensión nominal del sistema y que se presentan debido a fallas.

$$TOV = Ke \frac{Um}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (5.16)$$

Donde:

K_e = Factor de puesta a tierra

K_e = 1,4 para sistemas con neutro aterrado

K_e = $\sqrt{3}$ para sistemas aislados

U_m = Tensión máxima de servicio

- Tensión Máxima de Operación Continua (MCOV): Es la tensión máxima que puede aparecer en operación continua, en los terminales del pararrayos.

$$MCOV = K_e \frac{U_m}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (5.17)$$

Donde:

K_e = 1,0 para sistemas con neutro aterrado

K_e = $\sqrt{3}$ para sistemas aislados

U_m = Tensión máxima de servicio

Nivel de 50 KV (Sistema Aterrado)

$$TOV = K_e \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1.4 \frac{50}{\sqrt{3}} = 40.42$$

$$MCOV = K_e \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1.0 \frac{50}{\sqrt{3}} = 28.85$$

De acuerdo a los catálogos de los fabricantes el pararrayo que se acerca más a estos valores es un pararrayos con una tensión nominal de 48 KV. (Cuadro 5.4)

Nivel de 10.5 KV

$$TOV = K_e \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \frac{10.5}{\sqrt{3}} = 10.5$$

$$MCOV = K_e \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \frac{10.5}{\sqrt{3}} = 10.5$$

De acuerdo a los catálogos de los fabricantes el pararrayo que se acerca más a estos valores es un pararrayo con una tensión nominal de 12 KV. (Cuadro 5.4)

CUADRO 5.4

Electrical data

Supply system with isolated or resonant earthed neutral	Supply system with solidly earthed neutral	Supply system with impedance earthed neutral	Surge arrester type	Enclosure size*	Rated voltage	Continuous operating voltage	Maximum residual voltage with wave			
							30/60 μ s		8/20 μ s	
							500 A	5.0 kA	10.0 kA	20.0 kA
U_n kV	U_m kV	U_n kV			U_r kV	U_c kV	kV	kV	kV	kV
72	7.2	7.2	3EK7 060-4C	S	6	4.8	13.7	16.6	18.0	20.6
	12		3EK7 090-4C	S	9	7.2	23.0	27.8	30.2	34.5
12	12	12	3EK7 105-4C	S	10.5	8.4	25.2	30.5	33.1	37.8
	17.5		3EK7 120-4C	S	12	9.6	29.8	36.1	39.2	44.7
12	17.5	12	3EK7 150-4C	S	15	12	34.5	41.7	45.3	51.7
			3EK7 150-4V	S	15	12	30.4	36.8	39.9	45.5
24	17.5	17.5	3EK7 180-4C	M	18	14.4	41.3	50.0	54.3	62.0
	24	17.5	3EK7 210-4C	M	21	16.8	46.0	55.6	60.4	68.9
24	30	24	3EK7 240-4C	L	24	19.2	52.8	63.9	69.4	79.2
	36	24	3EK7 270-4C	L	27	21.6	64.3	77.8	84.5	96.4
24	36	24	3EK7 300-4C	L	30	24	68.9	83.4	90.6	103.3
			3EK7 300-4V	L	30	24	60.7	73.5	79.8	91.0
36	52	36	3EK7 360-4C	X	36	28.8	80.4	97.3	105.7	120.5
			3EK7 390-4C	X	39	31.2	87.2	105.6	114.7	130.8
36	52	36	3EK7 420-4C	X	42	33.6	91.9	111.2	120.8	137.8
			3EK7 450-4C	X	45	36	98.7	119.5	129.8	148.0
36			3EK7 450-4V	X	45	36	87.8	106.2	115.4	131.6

*Other sizes of enclosure available to order.

b.2 Nivel de Protección de los Pararrayos

Tomando en cuenta la Publicación IEC N°99-4 "Pararrayos de óxido de metal", se tiene un valor por unidad de 2.8 de la tensión nominal para la tensión residual máxima de los pararrayos.

- Nivel de 50 KV (Sistema Aterrado)

Nivel de protección de los pararrayos al impulso por sobretensiones atmosféricas (N_p):

$$N_p = 2.8 \times 50 = 140 \text{ KV pico}$$

- Nivel de 10.5 KV

Nivel de protección de los pararrayos al impulso por sobretensiones atmosféricas (N_p):

$$N_p = 2,8 \times 10.5 = 29.4 \text{ KV pico}$$

b.3 Coeficiente de Protección de los Pararrayos

El margen de protección o coeficiente de seguridad que ofrecen los pararrayos esta dado por:

$$C_p = \frac{BIL}{N_p} \geq 1.2 \dots \dots \dots (5.18)$$

- Nivel de 50 KV (Sistema Aterrado)

$$BIL = 450 \text{ KVpico}$$

$$Np = 140 \text{ KVpico}$$

$$Cp = \frac{BIL}{Np} = \frac{450}{140} = 3.21 \geq 1.2$$

- Nivel 10.5 KV

$$BIL = 170 \text{ KVpico}$$

$$Np = 29.4 \text{ KVpico}$$

$$Cp = \frac{BIL}{Np} = \frac{170}{29.4} = 5.78 \geq 1.2$$

b.4 Distancia de Protección

$$L = \frac{BIL - NP}{2x \frac{de}{dt}} x V \dots\dots\dots (5.19)$$

Se considera:

$$\text{Velocidad de Propagación: } V = 300 \frac{m}{\mu s}$$

$$\text{Pendiente del frenado de onda: } \frac{de}{dt} = 1000 \frac{Kv}{\mu s} \dots\dots\dots (5.20)$$

- Nivel de 50 KV (Sistema Aterrado)

$$BIL = 450 \text{ KVp}$$

$$NP = 140 \text{ KVp}$$

$$L = \frac{BIL - NP}{2x \frac{de}{dt}} x V = \frac{450 - 140}{2x1000} x 300 = 46.5m$$

- Nivel de 10.5 KV

$$BIL = 170 \text{ KVp}$$

$$NP = 29.4 \text{ KVp}$$

$$L = \frac{BIL - NP}{2x \frac{de}{dt}} x V = \frac{170 - 29.4}{2x1000} x 300 = 21.09m$$

b.5 Conclusiones y Recomendaciones

Para el equipamiento de las subestaciones se recomienda los siguientes niveles de aislamiento: (IEC).

Tensión Nominal de Red	50 KV	10.5 KV
Tensión Máxima de diseño	100	36
Tensión a la resistencia de onda	450	170
Tensión de resistencia a la frecuencia	185	70

c. Dimensionamiento del Transformador de Potencia

c.1 Potencia del Transformador (Subestación Marcapunta Oeste 50/10.5 KV)

De las simulaciones del flujo de potencia efectuada en esta parte del Sistema Interconectado Electroandes asociada con el presente Proyecto de Ampliación de potencia eléctrica y tomándose en consideración el Estudio de Mercado Eléctrico realizado para esta área de Ampliación de Potencia Eléctrica, se definió que la demanda de la potencia requerida será un promedio de 5 MVA. Sin embargo, para ajustarse a los lineamientos de normalización administrados por el Ministerio de Energía y Minas, se seleccionó como capacidad nominal del transformador de potencia el valor de 6 MVA., como segunda etapa, asimismo la demanda aumentara considerado la ultima etapa con un adicional de 10 MVA, seleccionándose como capacidad nominal del segundo transformador de potencia el valor de 12 MVA. Este tema ha sido tratado en su amplitud en los capítulos 3 y 4.

c.2 Nivel de Aislamiento

En 50/10.5 KV

- Aislamiento interno del transformador de potencia:

Vn (Tensión Nominal) (KV)	=	50	10.5
Vmax.sist. (1.05 Vn) (KV)	=	52.5	11.0
Vm (Tensión Máx.del Equipo) (KV)	=	100	36
Tens. Norm. de Sost. a la F.Ind (KV)	=	140	29.4
BIL (KVp)	=	450	170

- Aislamiento exterior del transformador de potencia

Para 4300 m.s.n.m. Se requiere un factor de corrección de:

$$F_s = 1 + \frac{1.25}{100} \left(\frac{msnm - 1000}{100} \right) = \left[1 + 0.0125 \left(\frac{4300 - 1000}{100} \right) \right] = 1.4125$$

Por lo tanto, de los siguientes valores para altitud menor de 1000 m.s.n.m:

Tensión Nominal (KV)	:	50	10.5
Tensión de Sostenimiento al Impulso Atmosféricas (BIL) (KVp)	:	450	170
Tensión de Sostenimiento a la Frec. Industrial (KV)	:	140	29.4

Para 4,300 m.s.n.m.:

Tensión Sost. el Impulso Atm. (BIL) (KVp)	:	450	170
Tensión Sost. a la Frec. Industrial (KVp)	:	140	29.4
Tensión Máxima del Equipo (KV)	:	100	36

d. Dimensionamiento de los Transformadores de Medida

d.1 Transformadores de Corriente:

Los Transformadores de Corriente, su dimensionamiento se ajusta a los siguientes criterios:

- Relación de transformación:

La corriente del primario depende de la corriente nominal del transformador de potencia en sus lados correspondientes (50/10.5 KV); pero considerando que inicialmente la demanda en el transformador de potencia es relativamente baja, se ha seleccionado para el primario del transformador de corriente un valor menor que la indicación anterior y del tipo multi-relación.

La corriente del secundario del T.C. será normalizado a 1 A.

- La capacidad y precisión de los T.C. se ha de estandarizar a :

Medición	:	30 VA – CL 0,2
Protección	:	30 VA – 5 P20

En las líneas, la relación de transformación depende de la carga que fluye.

La capacidad y precisión, también se ha estandarizado a:

Medición : 30 VA – CL 0,2

Protección : 30 VA – 5P20

d.2 Transformadores de Tensión

En todos los casos, la tensión inducida al secundario de los transformadores de tensión es de $110/\sqrt{3}$ V, con dos secundarios donde uno es de protección y el otro es de medición. Para el caso de una protección homopolar, el secundario de protección tendrá una tensión inducida de $110/3$ V.

La capacidad y precisión de los mismos también se han estandarizado a:

Medición : 30 VA – CL. 0,2

Protección : 30 VA – 3 P

d.3 Niveles de Aislamiento

Están dimensionados para los niveles de aisladores indicados en a.4 y c.2, tratados anteriormente.

e. Dimensionamiento de los Interruptores de Potencia

e.1 Corriente Nominal de los Interruptores

Esta magnitud que caracteriza a los interruptores de potencia es asumida a los valores que se viene estandarizando; como son:

- En 50 KV : 800 A

- En 10.5 KV : 630 A

Estos valores están muy por encima de la corriente normal máxima que puede circular continuamente por los interruptores

e.2 Corriente de Cortocircuito de los Interruptores.

De los cálculos de cortocircuito del Capítulo IV, Ítem 4.3, efectuados para este sistema se tiene los siguientes resultados:

- Lado 50 KV : 970 MVA; (Pcc)
12 KA; (Icc)
- Lado 10.5 KV : 130 MVA; (Pcc)
7 KA; (Icc)

En general, manteniendo los criterios de estandarización de equipos, la capacidad de los interruptores para soportar estos valores de cortocircuito han sido definidos a los siguientes valores:

- En 50 KV : 25 KA
- En 10.5 KV : 12 KA

e.3 Niveles de Aislamiento de los interruptores

Se ajusta a los niveles de aislamiento ya indicados en los puntos anteriores.

5.1.8 Procedimiento y cálculo del sistema de pararrayos

Los cálculos referentes al procedimiento y cálculo del sistema de pararrayos se detallan en el subcapítulo anterior 5.1.7, en el cual se sugiere por ser comerciales los pararrayos de 48 KV para el lado de 50 KV y 12 KV para el lado de 10.5 KV.

5.1.9 Procedimiento y definición de las Distancias de Seguridad

Las Normas nacionales e internacionales recomiendan las denominadas distancias de seguridad, basándose en los trabajos reportados por los comités de estudio, como el de la IEC 60071-2, en donde se hacen consideraciones relacionadas con la seguridad del personal para la operación y mantenimiento de una subestación eléctrica, específicamente las de alta tensión: partiendo de la base de que las denominadas partes vivas deben quedar siempre fuera del alcance del personal.

Para el establecimiento de las distancias de seguridad, se deben considerar los siguientes casos:

- Maniobras de los operadores o personal en cualquier punto de la instalación, considerando que cualquier trabajo se debe realizar con el

máximo de seguridad, las distancias de seguridad en las zonas de trabajo deben ser de 3.0 metros del suelo a la parte viva, como mínimo.

- Circulación del personal en la subestación, la altura mínima debe ser igual a la distancia mínima de fase a tierra, que es función de la clase de aislamiento al impulso y aumentada en 2.25 m. que es la altura recomendada para un operador con los brazos en alto.
- Circulación de vehículos por la subestación, que normalmente corresponde a las subestaciones eléctricas grandes que en el caso de la subestación Marcapunta Oeste no se toma en consideración.
- El ancho de la subestación dependerá del tipo de sistema de barras que se utilice rígidos o flexibles, así como también las dimensiones de los equipos.
- La longitud de campo no está determinada por la distancia mínima, sino más por razones de mantenimiento, montaje y estética. Se considera una distancia mínima entre los terminales de equipos de 1 a 1.5 m. para subestaciones con nivel de tensión menor a 50 KV. Partiendo de esta base y de las dimensiones de los diferentes equipos se puede determinar la distancia entre equipos en el mismo campo. Asimismo cuando se tiene equipos de aspecto similar, pero dimensiones ligeramente distintas, se puede, por razones estéticas, adoptar distancias iguales entre equipos.
- La distancia desde el último equipo hasta el cerco perimetral se es necesario considerar la vía perimetral, espacio para carcamos de control, iluminación perimetral y espacio para cunetas de obras civiles. En tal sentido en subestaciones donde no se tenga a considerar lo anterior se tendrá en cuenta la distancia mínima y de seguridad entre las partes energizadas y el cerco perimetral la cual para tensiones menores de 50 KV es de 3.7 m.

Las distancias de seguridad según la norma IEC 60071-2, se pueden resumir, tal como se muestra en el cuadro 5.5, para el nivel de tensión 50 KV, que se muestra en dicha tabla.

CUADRO 5.5

Up (KV) (Valor pico) (1)	Distanci a minima según IEC (m) (2)	Valor básico			Circulación de personal			Valor básico			
		Cantidad que se adiciona		Valor básico	Bajo conexiones		(m) (8)	Horizontal		Vertical	
		% (3)	(m) (4)	(m) (5)=(2)+(4)	Zona de segurida d (m) (6)	Valor total (m) (7)=(5)+(6) ()		Zona de seguridad (m) (9)	Valor total (m) (10)=(5)+(9)	Zona de seguridad (m) (11)	Valor total (m) (12)=(5)+(11)
60	0,09	10	0,01	0,10	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
75	0,12	10	0,01	0,13	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
95	0,16	10	0,02	0,18	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
125	0,22	10	0,02	0,24	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
170	0,32	10	0,03	0,35	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
200	0,36	10	0,04	0,40	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
250	0,48	10	0,05	0,53	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
325	0,63	10	0,07	0,70	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
380	0,75	10	0,08	0,83	2,25	3,08	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
450	0,90	10	0,10	1,00	2,25	3,25	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)
550	1,10	10	0,11	1,21	2,25	3,46	2,25	1,75	2,96	1,25	(*)
650	1,30	10	0,13	1,43	2,25	3,68	2,25	1,75	3,18	1,25	(*)
750	1,50	10	0,15	1,65	2,25	3,90	2,25	1,75	3,40	1,25	2,90
850	1,70	10	0,17	1,87	2,25	4,12	2,25	1,75	3,62	1,25	3,12
950	1,90	10	0,19	2,09	2,25	4,34	2,25	1,75	3,84	1,25	3,34
1050	2,10	10	0,21	2,31	2,25	4,56	2,25	1,75	4,06	1,25	3,56
1175	2,35	10	0,24	2,59	2,25	4,84	2,25	1,75	4,34	1,25	3,84
1300	2,60	10	0,26	2,86	2,25	5,11	2,25	1,75	4,61	1,25	4,11
1425	2,85	6	0,17	3,02	2,25	5,27	2,25	1,75	4,77	1,25	4,27
1550	3,10	6	0,19	3,29	2,25	5,54	2,25	1,75	5,04	1,25	4,54

Notas

:

(*) El valor mínimo recomendado es 3m, pero puede ser menor según la experiencia, dependiendo de condiciones locales, procedimientos, etc

Del Cuadro 5.5 verificamos el cumplimiento de las distancias de seguridad, para el caso de la Subestación Marcapunta Oeste, que se muestran en los planos SEF-5/8 y SEF-6/8, Anexo N.

5.1.10 Cálculo de los Niveles de Cortocircuito

El sistema eléctrico de Sociedad Minera el Brocal, puede estar expuesto a fallas o cortocircuitos, en tal situación en falla requiere ser aislado del resto en forma segura, de manera que no se tenga daño o se minimice el efecto de falla.

Es importante considerar el sistema de la empresa suministradora Electroandes, donde el flujo de corriente hacia la falla sea una de las fuentes principales de alimentación del cortocircuito, para tal caso se debe requerir a Electroandes el valor de las corrientes de cortocircuito trifásico y de fase a tierra, así como la base sobre la cual se calcularán en el punto de interconexión, tema analizado en el capítulo IV, subcapítulo 4.1.1.

Los valores de cortocircuito que han sido definidos en el capítulo IV, subcapítulo 4.2 y 4.3, que fueron calculados mediante la simulación en el Programa Neplan y son:

- En el lado de 50 KV : 12 KA
- En el lado de 10.5 KV : 7 KA

5.2 Sistemas de Control y Comunicaciones

En el complejo de una subestación eléctrica donde intervienen los instrumentos de maniobra, medición, control, señalización y mando, la conexión eléctrica entre estos constituyen la instalación la que se divide genéricamente en dos categorías: Los tableros y los circuitos principales de la subestación.

En las instalaciones de pequeña potencia y baja tensión es común que el equipo principal de los aparatos de maniobra y control se monte junto a los aparatos que deben accionar o sea los propios tableros de distribución.

En instalaciones grandes los aparatos de control, maniobra y medición normalmente no se pueden instalar juntos en los mismos tableros por lo que todo lo que corresponden a aparatos de corte se instalan por separado y es frecuente tener un puesto de mando central lo que hace necesario efectuar un alambrado de interconexión controlado por diagramas de interconexión que faciliten la acción de los operadores.

5.2.1 Definición del sistema de Control: alternativas

Se denomina sistema de Control de una subestación eléctrica, al conjunto de instalaciones de baja tensión, interconectadas entre sí, que son necesariamente para efectuar maniobras en forma manual o automática en las instalaciones de alta y de baja tensión.

a. Tipos de Control. El control puede operarse manual o automáticamente y también puede ser de aplicación local o remota (Telecontrol).

- **Control Local.** El sistema de control local se utiliza en subestaciones que cuentan con turnos permanentes de operadores, que vigilan y operan las diferentes instalaciones, haciendo uso de los mecanismos de mando manual, auxiliados por los sistemas automáticos de control y protección de la subestación. Donde también el control local se utiliza en forma mixta, en las subestaciones telecontroladas, para que puedan operarse en forma manual por el personal de mantenimiento, cuando se requieran maniobras especiales después de reparar cualquier equipo.
- **Control Remoto.** El telecontrol se utiliza bastante en la actualidad, sobre todo en grandes subestaciones controladas desde el centro de operación permanente y se controlan desde un centro de operación remoto. Sólo en casos especiales se operan localmente.

b. Dispositivos y elementos usados en el control. En las instalaciones de Control de subestaciones comprenden los siguientes elementos:

- **Elementos ejecutores.** Dentro de este grupo se consideran los siguientes elementos de mando tales como: Interruptores; cuchillas de fase; cuchillas de Tierra; cambiadores automáticos de derivaciones bajo carga. Estos aparatos se utilizan para operar, a través de los interruptores y cuchillas, el equipo de alta tensión y el equipo auxiliar necesario.
- **Dispositivos de control automático.** Dentro de este grupo se consideran los siguientes dispositivos: recierre de interruptores, sincronización, cambiadores de derivaciones en transformaciones, transferencia de alimentadores y transferencia de potenciales.
- **Dispositivos de Alarma.** Son dispositivos de aviso sonoro y luminoso que operan cuando existen condiciones anormales en el funcionamiento de algún aparato eléctrico de alta tensión, como los transformadores, interruptores etc. Dentro de este grupo se consideran los cuadros de alarma y zumbadores o timbres.

- **Dispositivos de protección.** Entre estos dispositivos se consideran: Transformadores de corriente; Transformadores de potencial; relés de protección – auxiliares y equipos de comunicación. Los relés de protección y auxiliares son dispositivos que van ligados con elementos de control y trabajan simultáneamente con ellos en el libramiento de las fallas.
- **Dispositivos de Medición.** Los dispositivos de medición, que sirven para poder medir las magnitudes eléctricas y controlar que estén dentro de los rangos normales, están conformados por los amperímetros, voltímetros, medidores de energía, cosfímetros, frecuencímetros e instrumentos registradores entre otros, el desarrollo tecnológico hace que ahora se tengan equipos compactos de medición que incluyen todos los dispositivos anteriormente mencionados, además cuentan con alta precisión. Los dispositivos de medición pueden ser del tipo indicador, registrador o totalizador, y se acostumbra ligarlos con el equipo de control para detectar el estado de carga del circuito o instalación, en el momento necesario.
- **Aparatos Registradores.** En este conjunto se consideran: Los registradores de eventos y Oscilopertubógrafos. Estos aparatos registran la información que se produce como resultado de un disturbio dentro o fuera de la subestación, en cuyo caso sería un oscilopertubógrafo, o bien aquellos que registran operaciones secuenciales de relevadores e interruptores, en cuyo caso sería un registrador de eventos, que se detecta la secuencia de maniobras y señalizaciones de un sistema o parte de él. Se propone adquirir dicho Oscilopertubógrafo portátil Power Samte 30, para la sala de control principal se muestra todos sus detalles en el Anexo F, y dos analizadores Power Workstation para la sala de control de las subestaciones Smelter y Marcapunta Oeste, se muestra todos sus detalles en el Anexo G.
- **Dispositivos de mando y señalización.** Dentro de este tipo de dispositivos se puede considerar: Tableros de control, Conmutadores de control, Lámparas de señalización, bus mímico, contactores, arrancadores, detectores, pulsadores, pulsadores de emergencia, llaves selectoras, estaciones pulsadoras en caja, luces indicadores, enclavamientos. Automatismos, controladores programables, transferencias automáticas y manuales. Estos equipos están destinados al control manual de los sistemas, ya sea a los interruptores y seccionadores en el área de la subestación o a otros a distancia. Los equipos de mando manual, se complementan con los equipos de señalización pues estos indican el estado de los sistemas y se puede observar claramente si se han realizado o no las

operaciones de mando. Estos sistemas también usan la onda portadora u otro sistema de comunicación para accionar los dispositivos que estos controlan.

- **Cables de control.** Los cables de control sirven para interconectar las distintas partes de las instalaciones de control, réles de protección y los aparatos de medición, a partir de los transformadores de protección y medición correspondientes.
- **Tableros.** Son los soportes de los aparatos de protección, medición control, alarmas, lámparas de señalización y bus mímico, a través de los cuales se controla toda la instalación de que se trate.

El sistema de comunicación en la primera etapa de la Subestación Marcapunta Oeste, no se considera un sistema de control de parámetros eléctricos y de comunicación por razones que dicha subestación alimentaba a cargas no muy significativas (Explotación de mineral en la bocamina y sistemas auxiliares).

Pero en la etapa final la subestación alimentará a la planta de procesamiento la cual es un carga muy importante y no debe tener ninguna interrupción por falta de energía en tal sentido se implementara un sistema de control de monitoreo de parámetros y un sistema de comunicación por telemetría para el envío de dicha información.

Cabe mencionar que la subestación Marcapunta Oeste contara con un interruptor de acoplamiento, con la finalidad de que la subestación no salga totalmente de servicio sea por falla o mantenimiento y dicho interruptor reducirá a la mitad los circuitos que se pierdan, protegiendo a las cargas mas importantes.

5.2.2 Comunicaciones

El sistema de comunicación que se empleará será un control por telemetría mediante el uso de radios MODEM X8200, Ver Anexo H. (Envío de datos por ondas de radio), el cual se instalara en la sala de control de la Subestación Smelter, la Subestación Marcapunta Oeste, en la antena de comunicaciones Marcapunta debido a que las ubicaciones de las subestaciones no son vistas a largo alcance en tal sentido se necesitara un radio Modem adicional como repetidora que a su vez tendrá vista de largo alcance con la estación centralizada a la cual se le enviara los datos para su monitoreo y que se ubicara temporalmente en una oficina dentro de la planta de procesamiento.

Se muestra toda la implementación del sistema de comunicaciones que se instalara en la segunda etapa en el plano SEF-8/- (Anexo N)

5.3 Obras Civiles

5.3.1 Normas de Diseño.

Las Normas Técnicas aplicables para la elaboración de los Diseños Definitivos de Ingeniería serán los establecidos por la Dirección ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas, que se listan como sigue:

- MEM/DEP - 110 Especificaciones Técnicas Generales para el suministro de materiales y equipos de líneas de Transmisión y Subestaciones.
- MEM/DEP - 221 Especificaciones Técnicas para el suministro de materiales y equipos principales para Subestaciones.
- MEM/DEP - 222 Especificaciones Técnicas para el suministro de equipos y Materiales complementarios para Subestaciones.
- MEM/DEP - 223 Especificaciones Técnicas de montaje electromecánico para Subestaciones.
- MEM/DEP -224 Especificaciones Técnicas de obras civiles para Subestaciones.

Igualmente serán aplicables, las prescripciones de las siguientes Normas:

- Código Nacional de Electricidad, suministro 2001.
- Ley de Concesiones Eléctricas.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- Especificaciones Técnicas de suministros normalizados por Electroandes
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Reglamento Nacional de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub-Sector Eléctrico.

Asimismo se tomarán en cuenta las Normas Internacionales:

- NESC (National Electrical Safety Code).
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering).
- ANSI (American National Standard Institute)
- IEC (International Electrotechnical Commission).

5.3.2 Materiales

Referente a las obras civiles los materiales a emplearse será en:

a. Pórtico de Llegada o Soporte Línea

Obras civiles para ocho estructuras metálicas de 10.00m de alto, unidas con cuatro vigas de 6.50 m de largo y dos vigas de 6.00 m. de ancho para anclar los tres conductores y dos cables de guarda en cada vano.

Adicionalmente dos vigas metálicas para soportar los seccionadores de barras en cada vano, dos vigas metálicas para soportar los tres pararrayos en cada vano a la llegada de la línea, dos vigas metálicas para soportar los tres seccionadores fusibles en cada vano, dos vigas metálicas para soportar los tres transformadores de corriente en cada vano, una viga metálica para soportar el interruptor de potencia para el acoplamiento.

El proveedor presentara los cálculos justificativos previa fabricación.

Los materiales a emplearse son:

Ángulos de medida tales como: 2 ½" x 2 ½" x 3/16"; 3" x 3" x ¼", etc.

Plancha de ½" x 150mm.x200mm.

Canales "U" de: 4" x 2" x 640mm; 4" x 2" x 4300mm, etc.

Materiales para bases de concreto tales como: Cemento, fierros, pernos etc.

b. Soporte de Pararrayos 50 KV.

Materiales para los pararrayos que serán diseñados para la instalación exterior de oxido metálico (ZnO) con aislamiento polimérico.

Los materiales empleados en el pararrayos son:

Ángulos de medida tales como: 2" x 2" x ¼"x1.538m ; 2" x 2" x ¼" x230mm, etc.

Plancha de ½" x 149mm.x149mm. ; 3/8" x 332mm.x332mm

Materiales para bases de concreto tales como: Cemento, fierros, pernos etc.

c. Soporte del Seccionador de Barra

El seccionador es tripolar de barra de apertura central con mando manual, para servicio exterior y montaje horizontal sobre estructura metálica, con cuchillas de puesta a tierra con mando manual y eléctrico, cuenta con enclavamiento mecánico entre seccionador de barra y cuchillas de puesta a tierra. Los materiales a emplearse son ángulos, planchas, pernos, similar a las estructuras anteriores.

d. Soporte del Interruptor de Potencia y Transformador de Tensión.

Para servicio exterior y montaje horizontal sobre estructura metálica. Los materiales a emplearse son ángulos, planchas, pernos, similar a las estructuras anteriores.

e. Red de tierra

Conjuntamente con las obras civiles se instalará el sistema de red de puesta a tierra, empleando cable desnudo de cobre de acuerdo a los cálculos obtenidos más adelante en el numeral 8.1.2.

Los materiales a ser empleados en la red de tierra serán:

Conexiones de la malla serán con uniones autofundentes tipo Cadwell

En los extremos se colocaran varillas copperweld de $5/8''\phi \times 2.40$ m.

Los detalles se muestran de acuerdo al diseño en el plano SE-4/5 y SEF-7/8 de los planos de diseño, Anexos M y N.

5.3.3 Cargas de Considerar.

Se esquematiza la columna y los equipos como superiores sobre los que se considera las acciones de las cargas, sismo o viento, las cargas de montaje, el peso, etc. Se determina la carga con la que el equipo actúa sobre el soporte, que se utiliza para verificar el soporte, también se determina la carga que el soporte transmite a la fundación.

Los valores a considerarse son:

- Fuerzas de Compresión, peso.
- Fuerzas de corte.
- Momento flector

a). Soporte de Equipos. Los soportes de equipos pueden tener formas muy simples como una columna hasta configuraciones relativamente complejas, como pequeños pórticos.

Sobre los equipos actúan fuerzas por ejemplo, fuerzas de sismo o viento, fuerza transmitida por los cables de conexión que deben ser soportados por estos que a su vez cargan soportes.

b). Soportes Complejos.- En algunos casos los soportes de barras o los soportes de seccionadores tienen formas complejas como podrían ser estructuras aporticadas o con brazos. Cada caso requiere un estado adecuado y este comienza con una buena estimación de las cargas.

5.3.4 Cálculos de los Esfuerzos de Diseño para los equipos.

El criterio más importante en el diseño de las subestaciones es que los elementos tales como estructuras metálicas del pórtico, líneas de alta tensión, soportes metálicos y de concreto de los equipos tales como del: transformador de tensión, seccionador de barra, interruptor de potencia, pararrayos etc., deben funcionar adecuadamente y con seguridad. En la mayoría de los casos las dimensiones de las estructuras metálicas y de concreto, están basados en la resistencia del material y en los esfuerzos máximos admisibles. Algunas dimensiones en un diseño se basan en las deflexiones máximas permitidas. Para cualquiera de los casos, el problema principal consiste en seleccionar el modelo analítico que representa el diseño propuesto y al sistema de carga fijado. Pero el objetivo del presente proyecto de investigación de informe de tesis no es profundizar en el campo de la Resistencia de Materiales y su diseño en la subestación se muestra en el Anexo I (Estudio de Geología y Geotecnia), mas solamente se indicará las fórmulas que son consideradas en el diseño las cuales son:

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad \dots\dots\dots (5.21)$$

$$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} \quad \dots\dots\dots (5.22)$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad \dots\dots\dots (5.23)$$

$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{N} \quad \dots\dots\dots (5.24)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times h}{I} = \frac{M}{\left(\frac{I}{h}\right)} = \frac{M}{S} \quad \dots\dots\dots (5.25)$$

Donde el significado de los parámetros es:

- σ : Esfuerzo de diseño.
- P : La carga considerada.
- L : Longitud del material.
- δ : Deformación Longitudinal.
- E : Módulo de Young ($E_{\text{acero}} = 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$)
- N : Factor de Seguridad.
- u : Coeficiente de Poison ($U_{\text{acero}} = 0.3$)
- ε : Deformación Unitaria.
- σ_w : Esfuerzo admisible.
- σ_y : Esfuerzo Límite de fluencia.
- σ_{max} : Esfuerzo Máximo.
- M : Momento flector.
- I : Momento de Inercia de la sección
- S : Módulo de Resistencia de la sección.

Cabe indicarse para poder realizar el diseño de fundaciones se utilizara el Método RUS (Rural Utilities Service), boletín 1724E-205, en donde se detalla las fundaciones tipo cuadrada las cuales comprenden una estructura anclada a un único pedestal. Las columnas de los pórticos usualmente tienen un pedestal por montante, salvo que estos tengas poca separación y se han usado durante mucho tiempo en subestaciones, normalmente se usa en la base de transformadores, y demás equipos eléctricos.

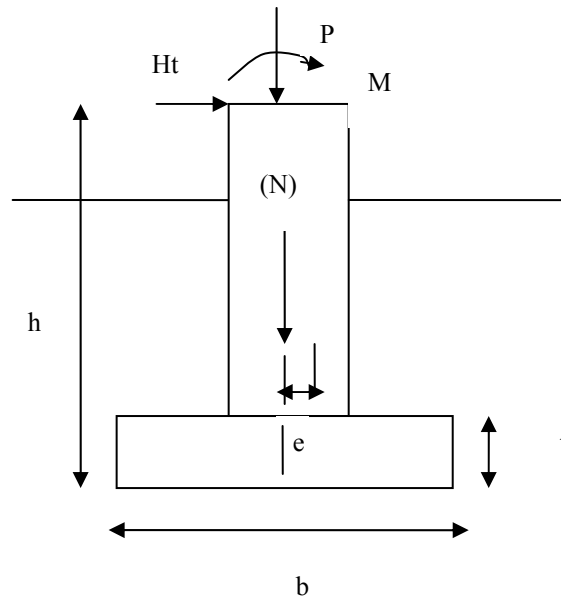
Asimismo son baratos pues se requiere una pequeña cantidad de cimentación, además son fiables y fáciles de diseñar.

Las cimentaciones de las estructuras de equipos representan generalmente la principal obra civil de una subestación. Aunque se trata de estructuras livianas y equipos no muy pesados, las acciones de las cargas debidas al tiro de conductores y al sismo o viento, determinan que son estructuras que se diferencian de las cimentaciones de edificaciones por tener una fuerte excentricidad de la carga.

Los planos contractivos deben mostrar los detalles de todas las fundaciones, así como de los pernos de anclaje, indicando el espaciamiento entre estos, longitud libre de rosca y dimensiones de los pernos que generalmente estas

informaciones técnicas de cada equipo adquirido indican las dimensiones proporcionadas por los fabricantes para la cimentación y fijación correspondiente.

Procedimiento:



Momento Volcador:

$$Mot = M + Hth \quad (5.26)$$

Momento resistente:

$$M_R = \frac{Nb}{2} \quad (5.27)$$

Factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{M_R}{Mot} \quad (5.28)$$

Excentricidad:

$$e = \frac{Mot}{N} \quad (5.29)$$

Por la forma (equipos no muy pesados) de los equipos eléctricos a instalarse en una subestación se considerara el caso:

$$\text{Si } e \leq \frac{b}{6}$$

$$p = \frac{N}{A} \pm \frac{Mot}{S} \quad (5.30)$$

p: Presión de la tierra, kN/m²

A: Área de la estructura, m²

S: Volumen del pedestal, m³

$$S = \frac{db^2}{6} \quad (5.31)$$

d: Ancho de pedestal

b: Largo de pedestal

Se considerará una altura base de 660 mm de la fundación que sobre el nivel del suelo en todos los equipos en la subestación Marcapunta Oeste, debido a la inclinación significativa del terreno por lo que se considero dicha elevación, tratando de acomodarnos al terreno natural con la amenaza de inundación, debido a las condiciones climatológicas de la zona especialmente por el hielo y las fuertes lluvias, tanto para protección de los soportes metálicos en los cuales irán instalados los equipos eléctricos así como también con el cumplimiento de las distancias de seguridad.

Diseño de fundación de Transformador 12 MVA, 50/10.5 KV:

Datos de fabricante:

Núcleo y bobinas : 7056 Kg.

Tanque y accesorios : 5280 Kg.

Aceite : 2904 Kg.

Peso Total : 15240 Kg.

Distancia entre ejes de las ruedas de la base: 1500 mm

Dimensiones base del transformador: 840 mmx2400 mm

Fundación propuesta y existente 1030 mmx4030 mmx1750 mm

Para minimizar la posibilidad de que un incendio se extienda en caso de falla de transformadores u otros equipos que contienen aceite en cantidades importantes, se diseña en el sitio de su cimentación un pozo colector para los equipos, con descarga a un tanque que separa y almacena el aceite derramado.

Deberá verificarse que cuando se disminuya el volumen de la fundación base para los reservorios que captaran el volumen de aceite, no varía significativamente la capacidad de soporte en la fundación base para el transformador, se muestra en la hoja de cálculos de fundación para el transformador.

Se considera en el diseño del reservorio un reservorio al centro para que capte todo el volumen de aceite del transformador y otros dos debajo de los radiadores del transformador y cada uno de estos se considera que captara la mitad del volumen de aceite del transformador.

Verificación del diseño de reservorios:

Reservorio central según diseño:

$$V=0.99\text{m}\times 3.73\text{m}\times 1.15\text{m}$$

$$V=4.2 \text{ m}^3$$

El volumen de aceite para el transformador de 12 MVA, requiere de un volumen de 3 m^3 .y es menor al volumen diseñado lo que garantiza que en caso de fuga de aceite pueda acumularse sin problemas.

Reservorios auxiliares según diseño:

$$V=0.49\text{m}\times 3.73\text{m}\times 1.15\text{m}$$

$$V=2.1 \text{ m}^3$$

El volumen de aceite para el transformador de 12 MVA, requiere de un volumen de 3 m^3 .por lo tanto cada reservorio auxiliar requiere acumular 1.5 m^3 y es menor al volumen diseñado lo que garantiza que en caso de fuga de aceite pueda acumularse sin problemas.

Diseño de fundación de Pararrayos:

Para el diseño de la fundación del pararrayos se considera también el diseño de un soporte metálico para cumplir con las distancias de seguridad referente a la distancia mínima vertical de un equipo eléctrico respecto al suelo.

Datos de fabricante:

Peso equipo: 220 Kg

Distancia entre pernos de la base del pararrayos 48 KV: 254 mm.

En tal sentido la plancha que soportaran el soporte metálico será de 300mmx300mmx1/2". (Se muestra en la hoja de cálculos de fundación para el pararrayo, Anexo J).

Los diseños de fundación del interruptor de potencia, seccionador de barras, pórtico y transformador de tensión se muestran en el Anexo J, en las hojas de cálculo de fundaciones.

Donde podemos verificar del Anexo J, que dichas dimensiones que se consideraron en la etapa inicial del diseño para las bases para los equipos eléctricos de la subestación Marcapunta Oeste, satisfacen los requerimientos para soportar el peso de dichos equipos y con la posibilidad de incrementar dichos pesos dados sus factores de seguridad.

CAPITULO VI

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SUMINISTRO

En este capítulo se intenta describir, en una forma resumida sobre las características más importantes del equipamiento en la subestación de la Mina Marcapunta Oeste a instalarse y en el sub capítulo 6.6 se detalla sus especificaciones técnicas de acuerdo al diseño calculado.

6.1 Equipamiento Principal

6.1.1 Interruptores

Los interruptores son los elementos cuya función es desconectar los circuitos bajo condiciones de corriente nominal, vacío o cortocircuito, es decir con condiciones normales o anormales. Su operación o ciclo de trabajo puede consistir de lo siguiente:

- Desconexión normal.
- Interrupción de corriente de falla.
- Cierre con corrientes de falla.
- Interrupción de corrientes capacitivas.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Fallas de línea corta (falla kilométrica).
- Oposición de fase durante las salidas del sistema.
- Recierres automáticos rápidos.
- Cambios súbitos de corriente durante las operaciones de maniobra.

El interruptor es junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas de varios

cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kilo amperes (cortocircuito).

a. Los valores nominales.

Los valores nominales de un interruptor deben considerar las condiciones de operación posibles mencionadas anteriormente, o sea que su diseño debe considerar estos factores y desde luego que debe estar diseñado y construido para conducir las corrientes de plena carga del sistema en el que se encuentra y soportar los esfuerzos electrodinámicos debidos a las corrientes de cortocircuito. Las normas internacionales recomiendan que como mínimo se deban especificar las siguientes características nominales de un interruptor:

- Tensión nominal y corriente nominal.

Durante las condiciones normales de operación de un sistema la tensión no es constante, por lo que los fabricantes deben garantizar la correcta operación del interruptor a la tensión máxima de diseño, por lo general mayor que la tensión nominal de operación.

La tensión máxima de diseño de un interruptor es el máximo valor para el cual el interruptor está diseñado y representa el límite superior de tensión al cual el interruptor puede operar.

Asimismo la corriente nominal de un interruptor es el valor eficaz de la corriente expresada en amperes, para el cual está diseñado y que debe ser capaz de conducir continuamente sin exceder los límites recomendables de elevación de temperatura.

- Frecuencia nominal.

Es la frecuencia a la cual está diseñado para operar el interruptor, y corresponde a la frecuencia del sistema del cual se va a conectar, para nuestro caso es 60 Hz.

- Capacidades de interrupción simétrica y asimétrica.

Las corrientes de cortocircuito están formadas de varias componentes, en general son asimétricas con relación a un eje de referencia de tal manera que el valor eficaz de la corriente varía con el tiempo.

Después del instante de la falla, la corriente de cc decae de un alto valor inicial a un valor sostenido, el tiempo propio de los relés que envían la señal de apertura

debe ser agregado, por lo que el valor real de la corriente interrumpida es menor que el valor inicial de la corriente de cc.

La corriente de interrupción en el instante de separación de los contactos se expresa por dos valores, la corriente simétrica, que es el valor eficaz de la componente de corriente alterna y la corriente asimétrica que es el valor eficaz del valor total de la corriente que comprende las componentes de ac y dc.

- Capacidad de cierre en cortocircuito.

Este valor caracteriza la capacidad de cierre de un interruptor para cerrar sus contactos en condiciones de cc en el sistema. La corriente de cierre de un interruptor cuando cierra sobre un cc es el valor eficaz de la corriente total (incluyendo componentes ac y dc) y que se miden de la envolvente de la onda de corriente en su primer valor cresta.

La corriente de cierre de un interruptor es aquella que corresponde a esta maniobra a la tensión nominal del mismo, la ausencia de este valor en la placa de características implica un cálculo de diseño.

- Máxima duración de la corriente de cortocircuito o corriente nominal de tiempo de corto.

La corriente nominal de tiempo corto es el valor eficaz de corriente que el interruptor puede conducir en posición cerrada sin sufrir daño para intervalos de tiempo cortos especificados. Estas corrientes se expresan por lo general en KA para un periodo de 1 seg o 4 seg.

- Ciclo de operación nominal.

El ciclo de operación de un interruptor consiste de un número de operaciones establecidas con intervalos de tiempo dados. Por ejemplo un interruptor con un ciclo doble de operación o – 15 seg – co significa que cuando ocurre una falla abre (o), deja transcurrir 15 segundos y cierra siguiendo de una apertura si la falla persiste (co).

b. Condiciones de operación.

En diferentes circunstancias, los interruptores se pueden ver sometidos a diferentes esfuerzos (una gran variedad), por ejemplo, la corriente varía de unos cuantos amperes cuando se tienen transformadores en vacío hasta valores muy grandes de corriente que pueden llegar a ser del orden de kilo amperes, pudiendo también

operar para conectar líneas en vacío o cables en vacío, de tal forma que mientras las corrientes de carga son mas o menos óhmicas, las corrientes de cc son puramente inductivas y la desconexión de líneas en vacío puramente capacitivas.

Los interruptores no solamente deben interrumpir sino también cerrar circuitos, esto produce algunos problemas especialmente cuando el interruptor se encuentra cercano al cortocircuito debido a que la corriente a través del arco producido por la ruptura dieléctrica pueden dañar los contactos. Esta situación en general no es deseable debido a que el interruptor debe estar en posibilidad de abrir sus contactos una vez mas ya que alrededor de un 20% de los cortocircuitos que ocurren persisten, de manera que el interruptor inmediatamente después de un recierre debe estar en posibilidad de abrir. Esta condición de operación es muy severa especialmente si el interruptor interrumpe corrientes muy grandes.

Las principales condiciones de operación a las que se ve sometido un interruptor y que se pueden mencionar son en adición a la capacidad interruptiva y a la capacidad de cierre sobre cortocircuito, las siguientes:

- Interrupción de cortocircuito.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Desconexión de capacitores.
- Desconexión asíncrona.
- Interrupción con falla de línea corta (falla kilométrica).

c. Métodos de extinción del arco.

Cuando los contactos de un interruptor se abren es necesario favorecer la extinción del arco e inmediatamente después la recuperación del aislamiento (rigidez dieléctrica) entre los contactos mismos de manera que la rigidez dieléctrica entre estos sea superior a la tensión de restablecimiento. Para facilitar la extinción del arco se busca aumentar artificialmente la separación y disminuir la temperatura.

El fenómeno de interrupción aparece al iniciarse la separación de los contactos, apareciendo un arco a través de un fluido, que lo transforma en plasma y que provoca esfuerzos en las cámaras, debido a las altas presiones y temperaturas. Al interrumpirse la corriente, durante el paso de la onda por cero, aparece entre los contactos la llamada tensión transitoria de restablecimiento. Durante la interrupción del arco, aparecen los siguientes fenómenos:

- Altas temperaturas debido al plasma creado por el arco.

- Altas presiones debido a la alta temperatura del plasma.
- Flujos turbulentos del gas que adquieren velocidades variables entre 100 y 1000 metros entre segundo y que producen el soplado del arco, su alargamiento y, por lo tanto, su extinción.
- Masas metálicas en movimiento (contacto móvil) que se aceleran en pocos milésimos de segundo hasta adquirir velocidades del orden de 10 metros por segundo.
- Esfuerzos mecánicos debidos a la corriente de cortocircuito.
- Esfuerzos dieléctricos debidos a la tensión de restablecimiento.

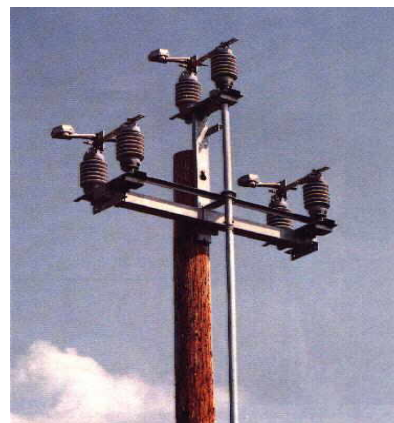


FIG. 6.1 Interruptor

6.1.2 Seccionadores

Son dispositivos capaces de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, pueden ser maniobrables bajo tensión pero en general sin corriente ya que poseen una capacidad interruptiva casi nula.

Su empleo es necesario en los sistemas ya que debe existir seguridad en el aislamiento físico de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantizar un aislamiento eléctrico. Estas garantizan un aislamiento dieléctrico a tierra y sobre todo en la apertura.

Clasificación de los seccionadores.

- Por su operación.
 - o Con carga (con tensión nominal).
 - o Sin carga (con tensión nominal).
- Por su tipo de accionamiento.
 - o Manual.
 - o Automático.

- Por su forma de desconexión.

- o Con tres aisladores, dos fijos y uno giratorio al centro (horizontal), llamado también de doble arco.

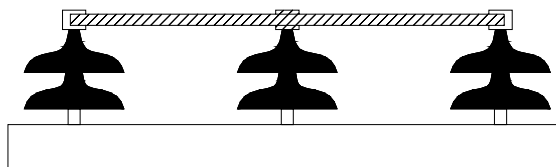


FIG. 6.2 Seccionador

6.1.3 Fusibles

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y como elemento de protección.

El empleo de los fusibles en los sistemas es cada vez menor, se usa generalmente en subestaciones de baja tensión.



FIG. 6.3 Fusible

El uso de interruptores es mucho más común y sólo es necesario interruptores o fusibles en una subestación.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible figura 6.3, que se encuentra dentro del cartucho de desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de la corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño. Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles, de acuerdo con el empleo que se les dé. Entre los principales podemos mencionar:

- Cuchillas desconectadoras (seccionadores).
- Cuchilla tipo A. V.
- Cuchillas de operación vertical con brazo horizontal.

Para cuchillas de operación vertical y tipo “AV” el mando se hace generalmente con pértiga hasta 25 KV; por barra, motor eléctrico o accionamiento neumático en instalaciones mayores y a la intemperie.

6.1.4 Transformadores de corriente

Se conoce como transformador de corriente a aquel cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se pueden alimentar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wattímetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los



FIG. 6.4 Transformador de Corriente

instrumentos que se van a alimentar, y puede ser 15, 30, 50, 60 y 70 VA.

Estos transformadores son generalmente de tamaño reducido y el aislamiento que se emplea en su construcción tiene que ser de muy buena calidad, pudiendo ser en algunos casos resinas sintéticas (compound), aceite o líquidos no inflamables (pyranol, clorextol, etc.).

Como estos transformadores normalmente van a estar conectados en sistemas trifásicos, las conexiones que pueden hacerse con ellos son las conexiones normales trifásicas entre transformadores (delta delta, delta estrella, etc.). Es muy importante en cualquier conexión trifásica que se hagan conectar correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad, y siempre conectar el lado secundario a tierra.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas; estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que el primario lo constituye la línea a la que van a conectarse. En este caso a los transformadores se les denomina tipo dona.

La representación de un transformador de corriente en un diagrama unifilar es la siguiente:

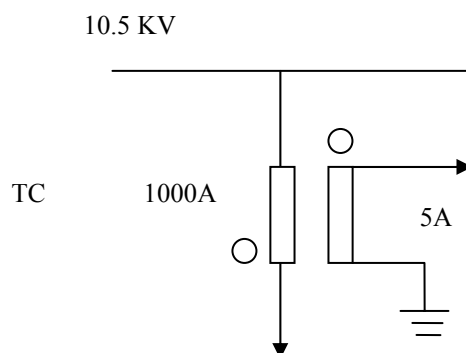


FIG.6.5 Diagrama Unifilar

Las relaciones de transformación son de diferentes valores, pero la corriente en el devanado secundario normalmente es de 5 amperes.

Especificaciones.

- Función a desempeñar.
- Relación de transformación (voltaje primario).
- Colocación de las boquillas (en caso de subestación a la intemperie).
- Clase de precisión y tolerancia.

6.1.5 Transformadores de Tensión

Los transformadores de tensión tienen como función principal transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieran señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar, y varían de 15 a 60 VA. Los aislamientos empleados son de muy buena calidad y son en general los mismos que se usan en la fabricación de los transformadores de corriente.

Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente 110 V. Para sistemas trifásicos se conectan

en cualquiera de las conexiones trifásicas conocidas, según las necesidades. Debe tenerse cuidado de que sus devanados estén conectados correctamente de acuerdo con sus marcas de polaridad.

Representación de un transformador de tensión en un diagrama unifilar:

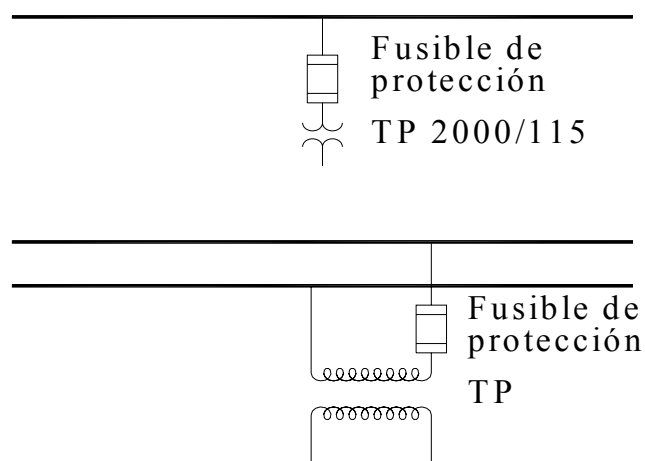


FIG. 6.6 Diagrama Unifilar

Especificaciones.

- Función a desempeñar.
- Relación de transformación (voltaje primario).
- Colocación de las boquillas (en caso de subestación a la intemperie).
- Clase de precisión y tolerancia.

6.1.6 Pararrayos

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

- Sobre tensiones de origen atmosférico.
- Sobre tensiones por fallas en el sistema.

El pararrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobre tensiones de origen atmosférico.

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y daña el equipo si no se le tiene debidamente protegido; para la protección del mismo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:



FIG. 6.7 Pararrayo

- Descargas directas sobre la instalación.
- Descargas indirectas.

De los casos anteriores el más interesante, por presentarse con mayor frecuencia, es el de las descargas indirectas.

El pararrayos, dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobre tensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

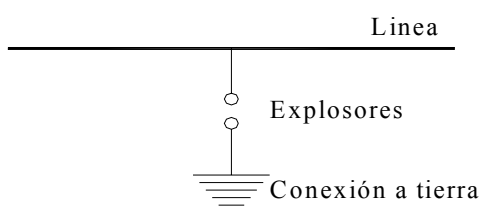


FIG. 6.8 Principio General

Se fabrican diferentes tipos de pararrayos, por ejemplo los más empleados son los conocidos “pararrayos tipo autovalvular” y “pararrayos de resistencia variable”.

El pararrayos tipo autovalvular consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representa una gran seguridad de operación.

El pararrayos de resistencia variable figura 6.9, funda su principio de operación, en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

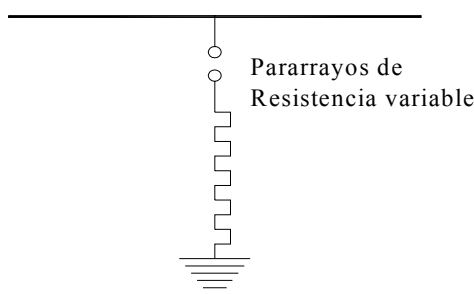


FIG. 6.9 Pararrayos de Resistencia Variable

La función del pararrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Las ondas que normalmente se presentan son de 1.5 x 40 microseg. (onda americana) y 1 x 40 microseg. (onda europea). Esto quiere decir que alcanza su valor de frente en 1.5 a 1 microseg. (tiempo de frente de onda). La función del pararrayos es cortar su valor máximo de onda (aplanar la onda).

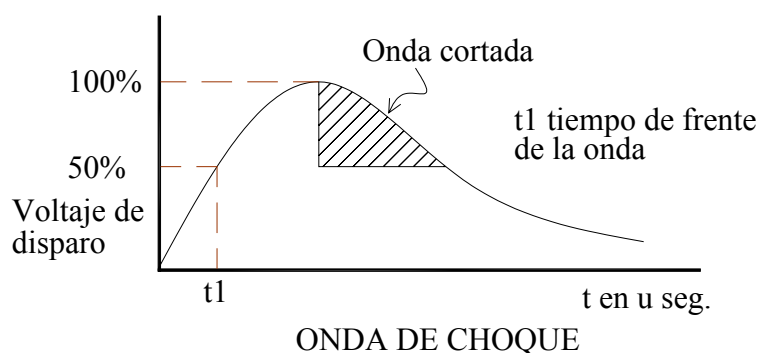


FIG. 6.10 Onda de Choque del Rayo

Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz.

Los pararrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tienen un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda.

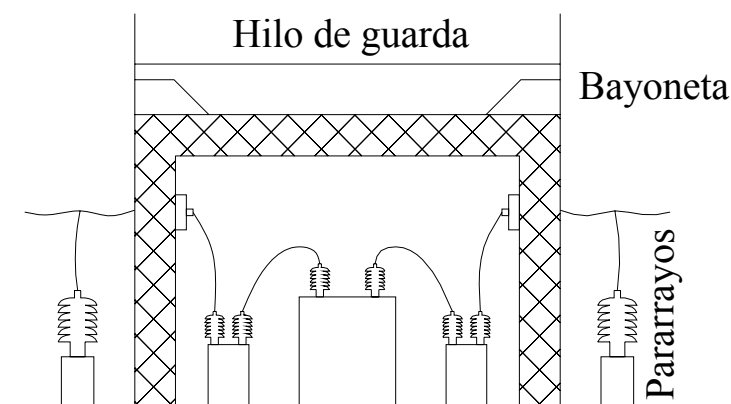


FIG. 6.11 Bayoneta y Hilo de Guarda

La tensión a que operan los pararrayos se conoce técnicamente como tensión de cebado del pararrayos. El condensador se emplea como filtro con los pararrayos de los generadores.

6.1.7 Cables y Conductores

Los cables de potencia cuya finalidad es la alimentación de motores, iluminación, etc. Dentro de aplicaciones especiales su utilización va encaminada a ofrecer una protección en lugares donde existe riesgo de atmósferas explosivas, líquidos inflamables así como aparatos destinados al control y medición.

CABLES DE POTENCIA
(DISTRIBUCION SOTERRADA) XLPE-UD

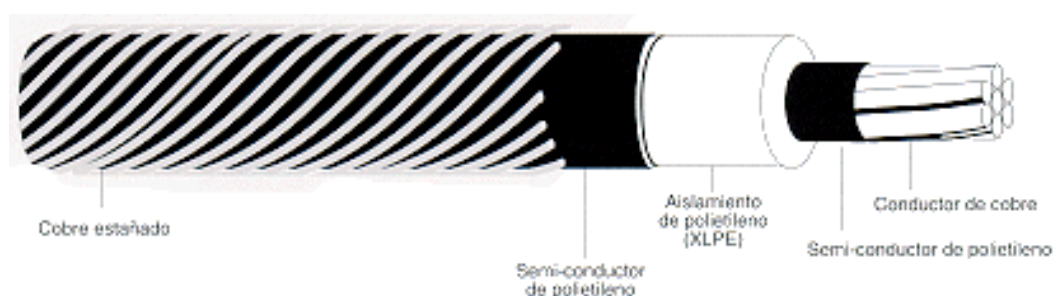


FIG. 6.12 Cable de Potencia

Las capacidades de corriente de los cables aislados con Polietileno Vulcanizado PVC están basadas en una temperatura del conductor de 90^oC. La temperatura máxima que pueden soportar estos cables en periodos de sobre carga es de 130^oC, por un tiempo total que no exceda de 100 horas en la vida del cable sin que se afecte su vida útil. La temperatura de operación del conductor en condiciones de corto circuito es de 250^oC, durante un período que no exceda de 100 Hz.

Puede utilizarse en alimentación y distribución primaria de industrias, donde las características de resistencia mecánica, química, y térmica son importantísimas, tales como en la industria del acero, en plantas químicas, armaduras, etc.

Cable tipo XLPE-UD con neutro concéntrico reducido con chaqueta y sin chaqueta. Este tipo de cable se utiliza en instalaciones trifásicas y lleva un conductor neutro concéntrico de cobre suave, cuya área es igual a un tercio del área del conductor central.

El aislamiento de Polietileno Vulcanizado es un material termofijo, a base de polietileno de cadena cruzada vulcanizado (XLPE). La estructura molecular de cadena cruzada de este material da como resultado un polietileno estable, que

combina las mejores propiedades térmicas de los elastómeros y las dieléctricas del polietileno, en un mismo aislamiento.

Este cable presenta las siguientes características de trascendente importancia en el funcionamiento y vida útil de un conductor eléctrico:

- Menor costo de operación, dado que las pérdidas dieléctricas son mínimas.
- Larga vida en servicio, debido a su excelente resistencia al envejecimiento, en cualquier condición de operación.
- Mayores capacidades de corriente para el mismo calibre de conductor, debido a las excelentes propiedades térmicas de este aislamiento, lo que permite una alta temperatura de operación de conductor, tanto en condiciones normales como de emergencia.

El Polietileno Vulcanizado, mantiene una alta rigidez dieléctrica durante muchos años de servicio aún bajo las más severas condiciones. La estabilidad y bajo valor del factor de potencia del Polietileno Vulcanizado, son dos características de gran importancia al evaluar su alta calidad como aislamiento.

- Excelente resistencia al ataque de sustancias químicas y de atmósferas corrosivas.
- Magnífica resistencia a la electrocorrosión y a la humedad.
- Facilidad en la elaboración de empates y terminales.

Aplicaciones.

Las excelentes propiedades del Polietileno Vulcanizado tales como su termoestabilidad, resistencia a la humedad, a los agentes químicos, a la abrasión, al impacto, al ozono y al efecto corona, hacen que las aplicaciones de este cable sean muy variadas. Son altamente recomendables en:

- Redes soterradas de distribución primaria en zonas comerciales donde la densidad de carga es elevada.
- Distribución primaria aérea en zonas urbanas donde existan condiciones tales que no permitan el uso de conductores desnudos.
- Interconexiones aéreas o soterradas entre los equipos de subestaciones y plantas generadoras.

6.1.8 Acopladores Capacitivos

Los acopladores capacitivos forman una parte importante en el sistema de onda portadora, que sirve como sistema de mando y sistema de comunicaciones, estos acopladores sirven como filtros de la onda portadora, además en las mismas instalaciones, la ayuda de los capacitores de acoplamiento requeridos para la onda portadora



FIG. 6.13 Capacitores

pueden ser usados también como capacitores de potencial, tomando su poder expansivo de los transformadores (potencial expansivo), los cuales pueden ser otra vez utilizados para muestras de voltaje a través de los relevadores de protección.

6.1.9 Sistema de barras colectoras

La manera más simple de unir un determinado número de circuitos a una misma tensión todos es hacer llegar todos a un sistema de barras colectoras. Con el objeto de mejorar la seguridad, facilitar el mantenimiento y aumentar la flexibilidad en la operación de los sistemas de potencia se han elaborado distintos arreglos y configuraciones durante varios años, llegándose al final a algunos arreglos modernos, más o menos complejos y con tendencias de normalización.

6.1.10 Control, protección, medición y Telecomunicaciones

Equipo de protección. El equipo de protección lo conforman los relés, estos dispositivos de protección se localizan en los tableros de protección.

Los sistemas eléctricos están expuestos a diferentes contingencias (condiciones anormales de operación) tales como sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, sobretensiones por maniobra (desconexión o conexión) de interruptores en las redes, pérdidas de carga, efecto ferranti, etc, y a otro tipo de fallas que pueden tener su origen en las anteriores como son los cortocircuitos en los distintos puntos de las instalaciones.

Con el objetivo de proteger al personal y a los equipos mismos, se deben adoptar medidas de protección para evitar en lo posible los accidentes o pérdidas de suministro de energía, según sea el caso. Estas medidas de protección forman parte del diseño o proyecto de los sistemas e instalaciones eléctricas y cubren una gama muy amplia en posibilidades.

La filosofía general de protección con relés establece principalmente que los sistemas eléctricos en principio deben ser suficientemente confiables, es decir, deben tener un mínimo de interrupciones de servicio; en otras palabras, los usuarios deben de disfrutar de un servicio continuo y con características de calidad adecuadas.

Para cumplir con lo anterior y partiendo de la base de que los sistemas eléctricos están expuestos a diferentes tipos de falla de las denominadas internas, se deben diseñar esquemas de protección que sean selectivos, es decir, que en las distintas partes de un sistema se minimice el número de usuarios que queden sin servicio cuando ocurre un disturbio.

Los relés tienen la función de localizar rápidamente las fallas y dispara el interruptor correspondiente que interrumpirá la corriente que fluye dentro del elemento fallado aislando de esta manera la falla. El efecto de la rapidez de despeje de la falla es doble, primero, minimiza daños a equipos fallados, luego, reduce el tiempo y costo de reparación, permitiendo una restauración mas rápida de la falla; segundo, minimiza la seriedad y duración de las interferencias de las fallas en operación normal de partes del sistema no fallados, permitiendo continuar entregando su potencia normal.

Existen diferentes tipos de relés, cada uno controlando diferentes parámetros en el sistema, pero todos ellos finalmente tienen que accionar un interruptor y señalizar en los tableros de control que una falla se ha producido, para poder hacer esto, utilizan sistemas de comunicación y envían señales, que deben de ser precisas y sin interferencias, pues de otra forma podrían causar errores de operación, entre los sistemas mas usados para este fin se encuentra la onda portadora, los sistemas microondas y los sistemas satelitales, el mas confiable es el de la onda portadora, que tiene la ventaja de usar las redes de transmisión existentes para transmitir la información, se usan filtros para poder seleccionar solo las ondas que se requieren.

- Onda portadora o PLC (Power Line Carrier)

La comunicación digital ha abierto todo un nuevo mundo de posibilidades en un amplio rango de dispositivos para comunicación, pero las ondas portadora (PLC) todavía es necesitado por que no hay ningún sistema que use las mismas líneas de transmisión como el medio de propagación de la onda, todos los sistemas necesitan de una red adicional de líneas, que pueden ser de telefonía, fibra óptica, etc.

La onda portadora todavía es uno de los sistemas mas confiables de comunicación para sistemas de protección y es uno de los sistemas mas bajos en costo cuando se trata de transferir volúmenes moderados de información a través de largas distancias.

La técnica consiste en transmitir un número ilimitado de señales codificadas, a través de la red eléctrica existente, utilizándola como soporte de la transmisión. Esto por medio de un transmisor desarrollado para tal fin, que posee un microprocesador especialmente diseñado para cada producto.

Cada transmisor opera con el cambio de estado del sensor o detector conectado al mismo. En este caso genera un código según la programación predeterminedada, y lo envía por la instalación eléctrica. El rango de códigos por producto es de 4096 puntos diferentes, en modulación ON/OFF a una frecuencia de 112 Hz (ASK). Se evita con esta forma de transmisión la instalación de nuevas líneas y se eliminan falsas alarmas.

Las centrales de control reconocen las señales de control de los transmisores, identificando cada código individualmente, sin necesidad de conexiones especiales, dando distintos tipos de información según el tipo y tamaño de unidad receptora que se trate.

El sistema permite la activación de señalizaciones de alarma y control de todo tipo, garantizando al usuario una protección completa y segura. La filosofía de este producto permite asimismo la integración funcional y mejora de instalaciones ya existentes, combinando alarmas existentes con este nuevo sistema.

- Sistema de Protección

El sistema de protección para la subestación Marcapunta Oeste, se enfocara a la protección de los transformadores de 12 MVA, debido a su importancia en tal sentido la protección será efectuada por relés de sobrecorrientes.

La protección de sobrecorriente será entre fases (50/51) y entre fases y tierra, siendo esta instantánea (50N/51N), así mismo tendrá una protección diferencial (87) y regulador de tensión (90)

- Sistema de Medición

Para el sistema de medición de los parámetros eléctricos, se considera emplear un equipo Oscilopertubógrafo que registre:

- Potencia activa.
- Potencia reactiva.
- Energía activa.
- Energía reactiva
- Voltaje.
- Amperaje.

Igualmente se instalará un medidor de energía electrónico multifunción con emisión de pulsos KYZ de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia. Los instrumentos indicadores de energía electrónicos multifunción, tendrán memoria no volátil, con clase de precisión 1.0 y 0.5 para las variables de indicación y registro respectivamente.

Dichos medidores deberán tener una interfase RS232 ó RS485, para poder transmitir los datos en tiempo real tanto a los Oscilopertubógrafo instalados en el lugar como a los radios Modem X8200 (Anexo H), los cuales enviarán estos datos a la oficina de energía para su control y monitoreo.

Ambos sistemas tanto de medición como protección se muestra en los planos SEF-1/8 al 4/8 (Etapa Final, Anexo N), correspondientes a la implementación que se realizar en la subestación Marcapunta Oeste.

6.2 Transformadores de Potencia

Un transformador de potencia es una máquina electromagnética estática, destinada a transformar un sistema primario de corriente alterna en otro, secundario, con la misma frecuencia, pero con otras características, en particular, tensión y corrientes distintas.

Un transformador se considera formado por tres partes principales, la parte activa, la parte pasiva y los accesorios.

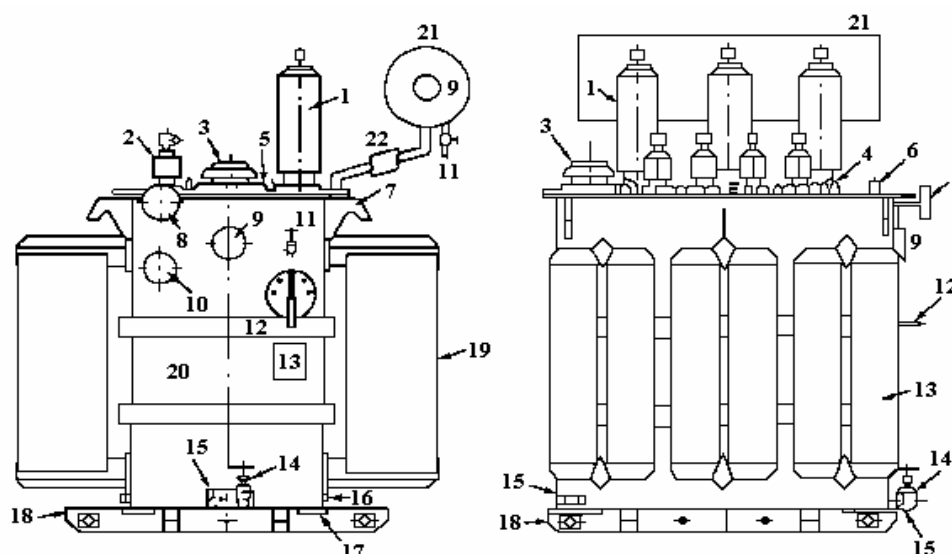


FIG. 7.14 Transformador de Potencia

- | | |
|--|---|
| 1. Boquillas para alta tensión. | 12. Maneral para operación sin excitación del cambiador de derivaciones, con seguro para candado e indicador de posiciones. |
| 2. Boquillas para baja tensión. | 13. Placa de características. |
| 3. Relevador mecánico de sobrepresión. | 14. Válvula para drenaje. |
| 4. Orejas con ojo para levantar la tapa. | 15. Válvula para muestreo. |
| 5. Registro. | 16. Placas para conexión a tierra. |
| 6. Cople con tapón para llenado al vacío. | 17. Refuerzos para palanqueo o soportes para gato. |
| 7. Orejas de gancho para izaje del conjunto. | 18. Base deslizable. |
| 8. Manómetro - vacuómetro. | 19. Radiadores fijos o desmontables. Con o sin válvulas. |
| 9. Indicador magnético de nivel sin o con contactos para alarma. | 20. Caja. |
| 10. Indicador de temperatura del aceite con o sin contactos para alarma. | 21. Tanque conservador. |
| 11. Válvula superior para conexión a filtro prensa. | 22. Relevador de gas (Bucholz) |

6.2.1 Parte activa

Se forma por elementos aislados del tanque principal, y que participan en la conducción eléctrica o de flujo magnética dentro del transformador.

Sus elementos componentes son:

- Núcleo.

Éste constituye el circuito (o paquete) magnético, está fabricado en láminas de acero silicoso, con un espesor de 0.28 mm. La norma que utiliza el fabricante para el diseño del núcleo no establece formas ni condiciones especiales para poder fabricarlo.

Para su construcción se busca la estructura más adecuada a las necesidades y capacidades del diseño. Por ejemplo, el núcleo puede ir unido a la tapa y levantarse junto con ella, o puede ir unido a la pared del tanque, lo cual proporcionaría una mayor resistencia durante las maniobras mecánicas de transporte a las que se someterá al transformador.

- Bobinas.

Éstas constituyen el circuito (ó paquete) eléctrico. Se fabrican utilizando alambre de cobre o de aluminio. Los conductores se forran de modo que queden eléctricamente aislados, el aislamiento puede tener diferentes características, de acuerdo con la tensión de servicio de la bobina, la temperatura y el medio en que va a estar sumergida.

Los devanados deben tener conductos de enfriamiento radiales y axiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior. Además, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debidos a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromagnético que se producen durante los cortocircuitos.

Las bobinas, según la capacidad y tensión del transformador pueden ser de tipo rectangular para pequeñas potencias, de tipo cilíndrico para potencias medianas y de tipo galleta para las potencias altas.

- Bastidor.

Está formado por un conjunto de elementos estructurales que rodean el núcleo y las bobinas, y cuya función es soportar los esfuerzos mecánicos y electromagnéticos que se desarrollan durante la operación del transformador.

- Cambiador de Derivaciones.

Constituye el mecanismo que permite regular la tensión de la energía que fluye de un transformador. Puede ser de operación automática o manual, puede instalarse en el lado de alta o de baja tensión dependiendo de la capacidad y tensión del aparato, aunque conviene instalarlos en alta tensión, debido a que su costo disminuye en virtud de que la intensidad de corriente es menor.

6.2.2 Parte Pasiva

Consiste en el tanque donde se aloja la parte activa; se utiliza en los transformadores cuya parte activa va sumergida en líquidos.

El tanque debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales.

6.2.3 Accesorios

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan las labores de mantenimiento.

a. Tanque conservador.

Es un tanque extra colocado sobre el tanque principal del transformador, cuya función es absorber la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura, provocados por los incrementos de carga. El tanque se mantiene lleno de aceite aproximadamente hasta la mitad. En caso de una elevación de temperatura, el nivel de aceite se eleva comprimiendo el gas contenido en la mitad superior si el tanque es sellado, o expulsado el gas hacia la atmósfera si el tanque tiene respiración.

b. Boquillas.

Son los aisladores terminales de las bobinas de alta y baja tensión que se utilizan para atravesar el tanque o la tapa del transformador.

c. Tablero.

Es un gabinete dentro del cual se encuentran los controles y protecciones de los motores de las bombas de aceite, de los ventiladores, de la calefacción del tablero, del cambiador de derivaciones bajo carga, etc.

d. Válvulas.

Es un conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

e. Conectores de tierra.

Son unas piezas de cobre soldadas al tanque, donde se conecta el transformador a la red de tierra.

f. Placa de características.

Esta placa se instala en un lugar visible del transformador y en ella se graban los datos más importantes como son potencia, tensión, por ciento de impedancia, número de serie, diagramas vectorial y de conexiones, número de fases, frecuencia, elevación de temperatura, altura de operación sobre el nivel del mar, tipo de enfriamiento, por ciento de variación de tensión en los diferentes pasos del cambiador de derivaciones, peso y año de fabricación.

6.2.4 Conexiones en los transformadores de potencia

Se debe de seleccionar el tipo de conexión, evaluando las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de mayor uso (estrella-estrella, delta-delta, delta-estrella, estrella-delta).

Para poder seleccionar correctamente un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas.

a. Estrella-estrella.

Sus características principales son:

- Aislamiento mínimo.
- Cantidad de cobre mínimo.
- Circuito económico para baja carga y alto voltaje.

- Alta capacitancia entre espiras, que reduce los esfuerzos dieléctricos durante los transitorios debidos a tensión.
- Los dos neutros son accesibles.
- Neutros inestables, si no se conectan a tierra.

b. Delta-delta.

Es una conexión raramente usada. Se utiliza en tensiones bajas y medias. Sus características son:

- En caso de que a un banco de transformadores se le dañe una fase, se puede operar utilizando la conexión delta abierta o V.
- Circuito económico para alta carga y bajo voltaje.
- Las dos deltas proporcionan un cambio cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante, lo cual elimina los voltajes de tercera armónica.
- No se pueden conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utilizar un banco de tierra, lo cual encarece más el banco.
- Se necesitan mayores cantidades de aislamiento y de cobre.
- La conexión delta se usa con aislamiento total y rara vez se usa para tensiones superiores a 138 KV por el alto costo del aislamiento.

c. Delta-estrella.

Se acostumbra utilizar en transformadores elevadores de tensión. Sus características son:

- Al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero.
- Se eliminan los voltajes de tercera armónica, porque la corriente magnetizante de tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del primario.
- La conexión estrella se usa con aislamiento graduado hasta el valor de la tensión del neutro.

e. Estrella-delta.

Se acostumbra utilizar en transformadores reductores de tensión. Sus características son:

- No se puede conectar a tierra el lado secundario.

- Se eliminan los voltajes de tercera armónica porque la corriente magnetizante de la tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del secundario.

6.2.5 Pruebas al transformador

Las pruebas mínimas que deben efectuarse a los transformadores de potencia antes de su salida de la fábrica son:

- Inspección del aparato. Se verifica el cumplimiento de las Normas y las especificaciones.
- Aceite aislante. Se debe verificar la rigidez dieléctrica y la acidez.
- Resistencia de aislamiento. Se mide con un Megger de 1000 Volts, durante un minuto, corrigiendo la lectura a 20 °C. La medición se efectúa en tres pasos, primero se mide la resistencia de los devanados entre alta y baja tensión, después se mide entre alta tensión y tierra y finalmente entre baja tensión y tierra.
- Inspección del alambrado de control. Se comprueba la continuidad y la operación de los circuitos de control, protección, medición, señalización, sistema de enfriamiento, cambiador de derivaciones y transformadores de instrumentos.
- Relación de transformación. Esta prueba se efectúa para determinar que las bobinas han sido fabricadas, de acuerdo con el diseño y con el número de vueltas exacto.
- Polaridad. Se requiere su comprobación para efectuar la conexión adecuada de los bancos de transformadores.
- Potencial aplicado. Sirve para comprobar el aislamiento de los devanados con respecto a tierra. Consiste en juntar por un lado todas las terminales del devanado que se va a probar y, por otro lado, se conectan entre sí todas las terminales de los otros devanados y éstas a su vez se conectan a tierra. La prueba consiste en aplicar, entre el devanado que se prueba y los otros devanados más tierra, durante un minuto, la tensión de prueba a la frecuencia nominal, sin que falle el aislamiento.
- Potencial inducido. Sirve para comprobar el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados. Consiste en inducir entre las terminales de un devanado, una tensión doble de la nominal durante un minuto, y a una frecuencia doble de la nominal, para que no se sature el núcleo. Esta prueba somete al aislamiento a gradientes de tensión elevados. Si se miden las descargas parciales durante esta prueba, se pueden detectar los puntos débiles en el aislamiento.

- Pérdidas en el hierro y por ciento de la corriente de excitación. Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores máximos permitidos, que se llaman valores garantizados.
- Pérdidas de carga y por ciento de impedancia. Como en el caso anterior, también se fijan los valores garantizados.
- Temperatura. Estas pruebas por ser caras, se efectúan a una unidad de cada lote; se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posición de pérdidas máximas y trabajando el sistema de enfriamiento correspondiente a plena capacidad.
- Impulso. Es una prueba de tipo opcional; simula las condiciones producidas por la descarga de un rayo y consiste en aplicar sucesivamente al aislamiento de un transformador una onda de impulso completa a tensión reducida, dos ondas de impulso cortadas en la cola y una onda de impulso completa a tensión plena. Dicha prueba sirve para mostrar las resistencias de un aislamiento a las descargas atmosféricas.
- Ruido. Es una prueba de tipo opcional que muestra si el transformador cumple con los niveles de ruido establecidos en las normas correspondientes.
- Descargas parciales. Es una prueba opcional, pero en la actualidad, en muchas especificaciones se está solicitando como prueba de rutina, ya que un transformador puede pasar todas las pruebas anteriores y sin embargo, en caso de existir descargas parciales en su aislamiento, puede a llegar a fallar en un periodo de tiempo relativamente corto.



FIG 6.15 Muestra el transformador de 6 MVA, 50/10.5 KV, en pleno funcionamiento en la Subestación Marcapunta Oeste

6.3 Equipo de protección, mando y señalización

En el complejo de una subestación eléctrica donde intervienen los instrumentos de maniobra, de medición, de control, señalización y mando, la conexión eléctrica entre estos que constituyen la instalación se divide genéricamente en dos categorías: Los tableros y los circuitos principales de la subestación.



FIG. 6. 16 Maniobra en Tableros Eléctricos

En las instalaciones de pequeña potencia y baja tensión se común que el equipo principal de los aparatos de maniobra y control se monte junto a los aparatos que deben accionar o sea los propios tableros de distribución.

En instalaciones grandes los aparatos de control, maniobra y medición normalmente no se pueden instalar juntos en los mismos tableros por lo que todo lo que corresponden a aparatos de corte se instalan por separado y es frecuente tener un puesto de mando central lo que hace necesario efectuar un alambrado de

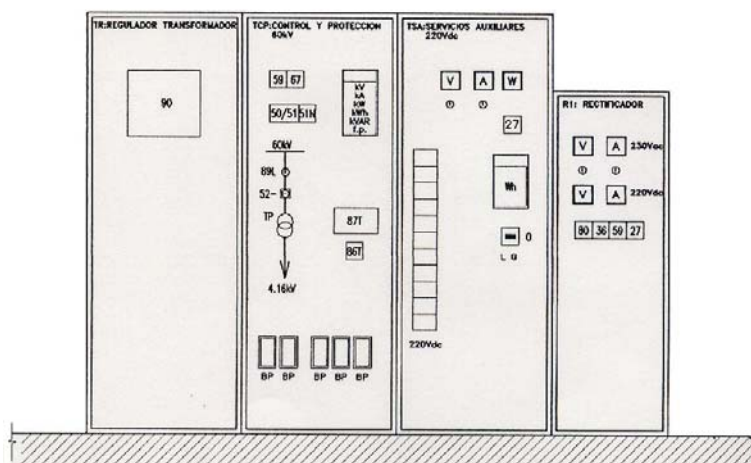


FIG. 6.17 Tableros Eléctricos

interconexión controlado por diagramas de interconexión que faciliten la acción de los operadores.

a. Equipos de protección.

Se adjunta planos referentes al sistema de protección y equipos que se utilizaran en la subestación Marcapunta Oeste (Ver plano SEF-1/8 al 4/8 del diseño final de la Subestación Marcapunta Oeste, Anexo N)

b. Equipo de mando y señalización.

En el equipo de mando y señalización están incluidos contactores, arrancadores, detectores, pulsadores, pulsadores de emergencia, llaves selectoras, estaciones pulsadoras en caja, luces indicadores, enclavamientos. Automatismos, controladores programables, transferencias automáticas y manuales. Estos equipos están

destinados al control manual de los sistemas, ya sea a los interruptores y seccionadores en el área de la subestación o a otros a distancia.

Los equipos de mando manual, se complementan con los equipos de señalización pues estos indican el estado de los sistemas y se puede observar claramente si se han realizado o no las operaciones de mando. Estos sistemas también usan la onda portadora u otro sistema de comunicación para accionar los dispositivos que estos controlan. En la figura se observan equipos de señalización:

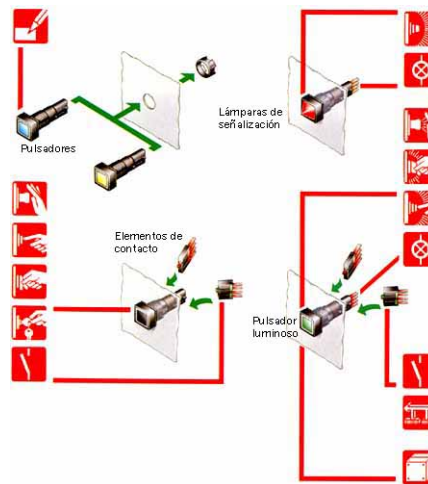


FIG. 6.18
Equipos de Mando y Señalización

6.4 Equipo de comunicaciones

El sistema de comunicación que se empleará será un control por telemetría (Envío de datos por ondas de radio), el cual se instalara en la sala de control de la Subestación Smelter, la Subestación Marcapunta Oeste, en la antena de comunicaciones Marcapunta debido a que las ubicaciones de las subestaciones no son vistas a largo alcance en tal sentido se necesitara un radio Modem adicional como repetidora que a su vez tendrá vista de largo alcance con la estación centralizada a la cual se le enviara los datos para su monitoreo y que se ubicara temporalmente en una oficina dentro de la planta de procesamiento.

El uso de la telemetría en comunicaciones, transmite los datos por frecuencia de radio, lo que hace que el sistema de protección funcione rápidamente y sin interferencias. La ventaja de usar telemetría es principalmente el tema si se tiene

una línea de fibra óptica y sufre un daño sea por rayos o hurto el tiempo de demora en reponerlo nuevamente puede ser perjudicial y el costo elevado mediante la implementación de Microondas es muy significativo.

Dicha implementación por telemetría se realizara con Radios MODEM X8200, en donde se muestra todas sus características técnicas en el Anexo H.

6.5 Servicios Auxiliares

Se entiende por servicios auxiliares, las instalaciones para el suministro de potencia en baja tensión que permita la operación de la subestación, tanto en condiciones normales como en condiciones de falla.

En este sentido existen dos tipos de servicios auxiliares:

- En corriente alterna
- En corriente continua

a. Servicios auxiliares en corriente alterna.

Típicamente está formado por un transformador de potencia, el cual es alimentado desde el nivel de menor tensión existente en la subestación. En las subestaciones importantes muchas veces es necesario poseer una alimentación alternativa desde un punto ajeno a la subestación, a veces que incluye, en el caso de subestaciones de gran importancia, un grupo electrógeno de emergencia.

La energía se distribuye desde un tablero de distribución y las cargas que se alimentan son, entre otras, las siguientes:

- Alumbrado interior y exterior.
- Mando motorizado de interruptores y seccionadores.
- Rectificadores.
- Tomas de fuerza.

En vista de la importancia de una rápida detección y señalización de falta de tensión, se utiliza para este fin un relé de mínima tensión.

b. Servicios auxiliares en corriente continúa.

La fuente de corriente continua está formada por un rectificador – cargador, el cual trabaja en paralelo con un banco de acumuladores. En funcionamiento normal el rectificador alimenta directamente la carga en c.c. y los acumuladores solamente operan en caso que el suministro en corriente alterna sea suspendido.

Se tiene un tablero en corriente continua desde donde se distribuye la energía y las cargas que se alimentan entre otras, son las siguientes:

- Tensiones de mando.
- Tensiones de señalización y alarmas acústicas y/o visuales.
- Iluminación de emergencia

Normalmente se instalan relés de mínima tensión para detectar la falta de tensión y señalar esta anomalía. Igualmente se debe detectar la puesta a tierra de uno de los polos del sistema de corriente continua.

6.6 Suministro de Equipos y Materiales.

El suministro de equipos y materiales tienen las siguientes especificaciones técnicas:

a). Patio de llaves 50 KV

- TRANSFORMADOR DE TENSION DE 50 KV.

Nivel de aislamiento	: 140 – 350 KV
Tensión máxima	: 72 KV
Frecuencia	: 60 Hz.
Potencia	: 100 VA
Clase	: 0.5

- SECCIONADOR DE BARRA CON PUESTA A TIERRA 72.5 KV.

Voltaje de control	: 110 V
--------------------	---------

- INTERRUPTOR DE POTENCIA 50 KV.

Tipo	: SF6
Tensión	: 72.5 KV.
Poder de corte	: 25 KA.
Al impulso tipo rayo (LIWL)	: 325 KV.
Poder de cierre	: 62.5 KA.
Corriente nominal	: 2500 A.
Frecuencia	: 60 Hz.
Presión de gas SF6	: +20 °C
Máx. de operación	: 0.90 MPA.

➤ PARARRAYO 50 KV.

Tensión nominal (fase – fase)	: 48 KV.
Tensión máxima	: 52 KV.
Tensión de ensayo a la onda de Choque	: 325 KV.
Frecuencia nominal	: 60 Hz.
Corriente nominal de descarga	: 10 K Ap.
Corriente limitador presión	: 65 K A.
Clase	: 3
Altura de operación	: 4350 m.s.n.m.

➤ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

Tipo	: Bushing – 72 KV – 350 KVp
Alta Tensión	
Relación	: 75/5 A 50/5 A
Potencia	: 10 VA
Clase	: 5 P20
Frecuencia	: 60 Hz.
Baja Tensión	
Relación	: 300/5 A 250/5 A
Potencia	: 15 VA
Clase	: 3
Frecuencia	: 60 Hz.

➤ TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Normas de ejecución	: I.E.C.
Potencia nominal continua	: 10-12 MVA
Frecuencia	: 60 Hz
Altitud de servicio	: 4,250 m.s.n.m.
Relación de transformación en vacío	: 50000 / 10500 V.
Grupo de conexiones	: Yd5
Tensión de cortocircuito	: 5 %
Enfriamiento	: ONAN/ONAF

b) Lado de 10.5 KV.

➤ INTERRUPTOR DE POTENCIA 10.5 KV.

Tipo	: SF6
Voltaje	: 17.5 KV.

Frecuencia	: 60 Hz.
Tensión nominal de impulso 1,2/50 us (valor de cresta)	: 95 KV.
Tensión nominal de impulso 50 hz/1min. (Cresta)	: 38 KV.
Corriente Nominal	: 630 A.
Voltaje auxiliar	: 110 V.
Motor	: 110 V.
Tiempo de cierre (aprox.)	: 60 ms.

➤ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Potencia	: 100 VA
Relación	: 300 / 5 A
Clase	: 1.0

➤ TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

Potencia	: 100 VA
Tensión primaria	: 10500 % v 3 v
Clase	: 0.5
Tensión secundaria	: 100 % v 3 v
Montaje	: Interior
Nivel de aislamiento	: 12/25/70 KV
Altura de operación	: 4350 m.s.n.m.

➤ CABLE DE ENERGIA

Conductores de cobre electrolítico recocido, cableados concéntricos redondo, cinta semiconductora sobre el conductor. Aislamiento de polietileno. Cinta semiconductora y cinta de cobre electrolítico sobre cada fase. Chaqueta exterior de PVC rojo.

Característica Particular

El aislamiento de polietileno le otorga inmejorables características dieléctricas. La chaqueta exterior de PVC es resistente a ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. No propaga la llama.

Tipo : Cable unipolar con aislamiento termoplástico N2YSY para 15 KV.

➤ TABLEROS DE CONTROL – DESCRIPCION GENERAL

Fabricación

De panel autosoportado, para instalación al interior, de ejecución modular, constituido por plancha doblada de acero laminada en frío de 2mm. de espesor y ángulo de 1 ½" x 1 ½" x 1/8".

Esta provisto de frente fijo ó puerta posterior, chapa con llave y empaquetadoras, techo plano, protecciones laterales y empaquetadoras en puertas.

Grado de protección IP54.

Los cables de control y medición son de cobre electrolítico de temple blando, con un calibre de 14 AWG. y aislamiento de cloruro de polivinilo TW 75 °C; disponiendo una reserva de bornes libres de 20 %, cuenta además con platinas de tierra 5 x 30 mm.

➤ TABLERO DE CONTROL, MEDIDA Y ALARMAS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA (T1)

Equipamiento:

- Esquema sinóptico de acrílico en colores, representando el sistema eléctrico 50/10.5 KV.
- Sistema electrónico anunciador de alarmas con 20 señales de indicación de fallas con 110 V. lámparas, pulsadores de prueba reconocimiento y cancelación de alarmas.
- Una bocina de alarma, uso exterior, 110 Vcc.
- Dos conmutadores de mando y señalización, tipo Giro - Empuje, con lámpara incorporada 110 Vcc. Para interruptor de potencia y seccionador de línea en 50 KV. 500 V. 18 A. – 5 polos.
- Dos conmutadores de mando y señalización, tipo Giro - Empuje, con lámpara incorporada 110 Vcc. Para interruptor de 10.5 KV. 500 V. 18 A. – 5 polos.
- Un indicador de posición para la cuchilla de puesta a tierra de 50 KV. – 110 V.
- Un Medidor Multifunción Electrónico programable, montaje sobre panel, digital, para las siguientes características

Número de fases : 3

Número de hilos : 3

Tensión nominal	: 120 Vac.
Corriente nominal	: 5 A.
Modbus	:232/485
Clase de precisión	: 0.2

- Equipo de iluminación interior 220 V. 60 Hz.
- Equipo de calefacción interior 220 V. 60 Hz.
- Fusibles borneras placas.

➤ TABLERO DE MEDIDA Y PROTECCION DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA (T2)

Equipamiento:

a) Una unidad de protección de Transformador, electrónico y digital basado en microprocesador, con las siguientes funciones de protección:

- Relé de Sobrecorriente Trifásico, protección Fase–Fase, Fase–Tierra, función (50/51/50N/51N), lado 50 KV.
- Relé de Protección Diferencial, función (87).
- Relé de Sobrecorriente Trifásico, protección Fase–Fase, función (50/51), lado 10.5 KV.
- Valores nominales 5 A. tensión auxiliar 110 Vcc.

b) Un relé de bloque, función 86, 110 Vcc.

c) Un Medidor Multifunción Electrónico programable, montaje sobre panel, digital, para las siguientes características

Número de fases	: 3
Número de hilos	: 3
Tensión nominal	: 120 Vac
Corriente nominal	: 5 A.
Modbus	: 232/485
Clase de precisión	: 0.2

d) Un equipo de iluminación y calefacción interior 220 Vac

➤ **TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES 380/220 Vac. (T3)**

Equipamiento:

- a) Tres Transformadores de corriente 1 KV., 30/5A, 60 Hz. 10 VA.- Clase 1.0 para medida.
- b) Tres Transformadores de tensión 1 KV, 380, 10 VA – Clase 1.0 para medida.
- c) Un Amperímetro electromagnético clase 1.5, rango 5 A, escala 90 ° C., 0 – 30 A., con su selector de fases de 4 posiciones.
- d) Un Voltímetro electromagnético clase 1.5, rango 120 V, escala 90 °, 0 – 380 (500) V, con su conmutador de 4 posiciones
- e) Interruptor termomagnético 500 V, 125 A, 25 KA en 220 V, con relé fijo de 100 A. Montaje fijo, mando manual, contacto auxiliar 1 NA.
- f) Interruptores tripolares termomagnéticos 500 V, 25 KA en 220 V, con relé fijo de 20 A. Montaje fijo, mando manual, contacto auxiliar 1 NA para alarma.
- g) Célula fotoeléctrica 220 V, 1000 W.
- h) Contactor tripolar electromagnético 690 V, con contactos auxiliares 1 NA + 1NC, bobina de mando en 220, 60 Hz.
- i) Equipo de iluminación y calefacción interior 220 Vac.

➤ **TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES 110 Vcc. (T4)**

Equipamiento:

- a) Amperímetro para corriente continua, clase 1.5, 50 A de rango (shunt), escala 90 °, 0 – 60 A, con su selector de posiciones: 0 – 1.
- b) Voltímetro para corriente continua, clase 1.5, rango 110 Vcc, escala 90°, 0 – 150 Vcc. con su conmutador de posiciones: 0 – 1.
- c) Un relé de mínima tensión y falla a tierra en corriente continúa 110 Vcc.
- d) Interruptor termomagnético 100 Vcc, 100 A, 50 KA, con relé fijo de 100 A, montaje fijo, mando manual, contacto auxiliar 1NA.
- e) Diez interruptores termomagnéticos 110 Vcc, 20 A, 16 KA, con relés fijos de 20 A, con contacto auxiliar 1NA para alarma.
- f) Equipo de iluminación y calefacción interior 220 Vcc.

➤ **TABLERO RECTIFICADOR – CARGADOR**

Diseñado para tensiones de alimentación alterna de: 220 Vac, 380 Vac, según se configure el transformador de entrada, la frecuencia de trabajo del equipo es de 60 Hz, con variaciones admisibles de más menos 5 %.

Características Eléctricas

Entrada	: 220 Vac
Salida	: 110 Vcc – 50 A.
Potencia	: 5.5 KVA
Frecuencia	: 60 Hz.

➤ TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Normas de ejecución	: I.E.C.
Potencia nominal continua	: 50 KVA
Frecuencia	: 60 Hz
Altitud de servicio	: 4,250 m.s.n.m.
Relación de transformación en vacío	: 10500 / 380-220 V.
Grupo de conexiones	: Dyn5
Enfriamiento	: ONAN

CAPITULO VII

DESCRIPCION DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

Los sistemas complementarios en una subestación son de vital importancia, tales como el sistema a puesta a tierra, las obras civiles a ser construidas y el sistema de drenaje que a continuación lo trataremos:

7.1 Sistema de red de Puesta a Tierra

En toda subestación eléctrica de alta tensión la presencia de corrientes de falla de decenas de kiloamperes, no son raras sobre todo teniendo en cuenta la zona por las condiciones climatológicas esta expuesta a descargas atmosféricas que de no realizar un diseño adecuado de un sistema de puesta a tierra con el máximo cuidado posible. Por eso uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en la subestación de Marcapunta Oeste es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectarán los neutros de los equipos tales como: los pararrayos, los cables de guarda, los pórticos, los transformadores de tensión, seccionadores, transformadores de potencia y todas aquellas otras partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

7.1.1 Objetivos

Los objetivos de contar con un sistema red de puesta a tierra en la subestación de Marcapunta Oeste son los siguientes:

- Proveer un camino hacia la puesta a tierra de las corrientes bajo condiciones normales y en casos de falla sin que se excedan los límites de operación de los equipamientos ni se afecte la continuidad de servicio.

- Asegurar que una persona en la cercanía de las instalaciones del sistema de red de puesta a tierra, no esté expuesta al peligro de un choque eléctrico crítico ante la ocurrencia de una falla a tierra, tanto la tensión de paso como la tensión de toque se limiten a valores seguros.
- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que, se deban a una falla de cortocircuito o a la operación de un pararrayos. La resistencia de la malla a tierra debe ser lo suficientemente baja como para asegurar el funcionamiento satisfactorio de los relés, cuando se produzca una falla a tierra en la subestación a lo largo de la línea de transmisión.
- Evitar que, durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, significando un peligro para el personal.

7.1.2 Sistema de puesta a tierra de una Subestación

El diseño se hará basándonos en la publicación de la norma técnica IEEE std 80-2000, .Se verifica que los voltajes de paso y de toque son menores a sus máximos valores hallados.

$I_{CC} = 12 \text{ kA}$	Máxima corriente de falla a tierra dado por el estudio de cortocircuito.
$I_m = 2.1 \text{ kA}$	Máxima corriente I_G que circula por la malla.
$t = 0.5 \text{ seg.}$	Tiempo de duración de la falla.
$\rho_o = 100 \text{ Ohm - m}$	Resistividad aparente del terreno.
$\rho_s = 3500 \text{ Ohm - m}$	Resistividad de la capa de grava.
$T_m = 362 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura máxima admisible por el cable.
$T_a = 15 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura ambiente.
$h_o = 0.8 \text{ m}$	Profundidad de enterramiento del cable.
$h_s = 0.1 \text{ m}$	Espesor de la capa de grava.

Área de la subestación a en mallar:

Longitud total del conductor:

Distribución del conductor = 456m

+ Conductor de llegada a equipos = 60 m

+ Conductor de derivación a equipos = 20 m

Longitud Total del conductor : 536 m

Cuadrículados 4 m x 4 m

Sección mínima del conductor de malla formula de Onderdonk para conductores de cobre

Datos:

$I_{cc} = 12 \text{ KA}$

$t = 0.5 \text{ seg.}$

$T_m = 362 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_a = 15^\circ\text{C}$

$$S = \frac{I_{cc}}{1973 \sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}{33t}}} = 40.12 \text{ mm}^2 \quad (7.1)$$

Como la sección es menor a los 70 mm^2 , entonces escogemos la sección del cobre que será de 70 mm^2

Diámetro: $d = 0.0094 \text{ m.}$

Potenciales Máximos Admisibles

Datos:

$\rho_o = 100 \text{ Ohm} - \text{m} .$

$\rho_s = 3500 \text{ Ohm} - \text{m}$

$h_s = 0.1 \text{ m}$

De:

Factor de reflexión:

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s} \quad (7.2)$$

$$C_s(h_s, K) = \frac{1}{0.96} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + \left(2n \frac{h_s}{0.08} \right)^2}} \right] \quad \text{Para } n = 40 \quad (7.3)$$

Calculo de la sumatoria con n= 40 términos

De la hoja de cálculo para cuadrículas 4mx4m es obtiene:

$$K = -0.944$$

$$C_s(h_s, h) = 0.5390$$

Máximas Tensiones de Toque y de Paso

Datos:

$$C_s(h_s, h) = 0.5390$$

$$t = 0.5 \text{ seg.}$$

$$\rho_o = 100 \text{ Ohm} - \text{m}$$

$$V_r^{\max} = \left[1000 + 1.5 C_s(h_s, K) \rho_s \right] \frac{0.166}{\sqrt{t}} \quad (7.4)$$

Para personas que pesan aproximadamente 70 Kg.

$$V_t \text{ máx.} = 899.19 \text{ Volts.}$$

$$V_p^{\max} = \left[1000 + 6 C_s(h_s, K) \rho_s \right] \frac{0.166}{\sqrt{t}} \quad (7.5)$$

$$V_p \text{ máx.} = 2892.49 \text{ Volts.}$$

Resistencia de la Malla

Datos:

$$\rho_o = 100 \text{ Ohm} - \text{m} .$$

$$h_o = 0.8 \text{ m} \quad \text{Profundidad de la malla} .$$

$$L = 34 \text{ m} \quad \text{Largo}$$

$$A = 26 \text{ m} \quad \text{Ancho}$$

$$Ae = 884 \text{ m} \quad \text{Área equivalente}$$

$$L_t = 456 \text{ m} \quad \text{Longitud total del conductor.}$$

$$R_{malla} = \rho_0 \left[\frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20A_e}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A_e}}} \right) \right] \quad (7.6)$$

$R_{MALLA} = 1.64 \text{ Ohm.}$

Potencial de Malla durante la falla

Datos:

$d = 0.0094 \text{ m}$ Diámetro del conductor seleccionado.

$h = 0.8 \text{ m}$ Profundidad de la malla

$h_o = 1.0 \text{ m}$ Profundidad de referencia de la malla.

Aplicando:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}} \quad (7.7)$$

$K_h = 1.34164$

$N_a = 9$

$N_b = 7$

$$N = \sqrt{N_a N_b} \quad (7.8)$$

$N = 7.93$

$$K_i = 0.656 + 0.172 N \quad (7.9)$$

$K_i = 2.012$

$$K_{ii} = \frac{1}{2N^2} \quad (7.10)$$

$K_{ii} = 1$; para las mallas con las barras de tierra a lo largo del perímetro, o en las esquinas de la malla, así como a lo largo del perímetro y a través del área de la malla.

$E_a = 4$

$E_b = 4$

$e = \text{mayor} \{E_a, E_b\}$

$e = 4$

El factor debido a la geometría de la malla con respecto a las varillas:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{e^2}{16hd} + \frac{(e+2h)^2}{8ed} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_s}{K_s} \ln \left(\frac{8}{\pi(2N-1)} \right) \right] \quad (7.11)$$

$$K_m = 0.6461$$

$$V_{malla} = \frac{\rho K_m K_i I_m}{L_t} \quad (7.12)$$

$$V_{malla} = 562.06 \text{ Volts}$$

$$V_t \text{ máx.} = 899.19 \text{ Volts.}$$

Diseño correcto!

Potencial de Paso

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{e+h} + \frac{1}{e} (1 - 0.5^{N-2}) \right] \quad (7.13)$$

$$K_p = 0.344$$

$$V_{paso} = \frac{\rho K_p K_i I_m}{L_t} \quad (7.14)$$

$$V_p = 320.40 \text{ Volts}$$

$$V_p \text{ máx.} = 2892.49 \text{ Volts}$$

Diseño correcto!

En el Anexo K, se muestran las hojas para el Cálculo de Malla, verificándose la adecuada selección de cuadrículas 4 mx4 m para el diseño de la malla a tierra, debido a las siguientes consideraciones:

Si colocamos cuadrículas 4.5 mx4.5 m, la tensión de malla es casi próxima a la tensión de toque, lo cual no es muy recomendable.

Si colocamos cuadrículas 3.5 mx3.5 m, por razones económicas la cantidad de conductor de cobre a utilizarse es superior a la cantidad de cobre colocando cuadrículas 4 mx4 m.

7.1.3 Red de tierra Superficial

Desde los bornes de puerta a tierra de cada uno de los equipos y/o estructuras metálicas de la ampliación, de la subestación Marcapunta Oeste se instalará un

conductor de cobre electrolítico, cableado de 70 mm², hasta la red de tierra profunda.

7.1.4 Red de Tierra Profunda

El sistema de red de puesta a tierra ya fue calculado en el acápite 7.1.2. obteniéndose una malla que estará compuesto por 9 conductores de 32 m y 7 conductores de 24 m, donde el conductor instalado en la etapa de construcción de la subestación es de cobre de sección 70 mm² y enterrado a 0.9 m de profundidad, y que este sistema también constará de electrodos (Bastones de Cobre) y conexiones respectivos que se explican más adelante.

7.1.5 Conductor

Los conductores utilizados en el sistema de red de puesta tierra en la subestación de Marcapunta Oeste será como fue considerado en el calculo anterior de cobre, por tener propiedades de mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y, sobre todo, por ser resistente a la corrosión debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

Conductor de Cobre para puesta a tierra:

Las especificaciones técnicas del conductor electrolítico de cobre es: de 99.99% de pureza, conductividad de 100% I.A.C.S. sólido, temple blando, desnudo, fabricado bajo las normas ITINTEC P-370-220; P-370-223, DGE 0-19-CA-2/83 y tendrá las siguientes características:

Sección	:	70 mm ²
Carga de rotura	:	27 KN
Resistencia cc 20° C	:	0.273 ohm/Km

7.1.6 Electrodo de Puesta a Tierra

Son las varillas que se clavarán en toda el área de influencia de la subestación de la mina Marcapunta Oeste de acuerdo al diseño de la red y se ubican en los terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas, y por lo tanto con menor resistividad eléctrica. Donde en el terreno de la subestación se emplearán varillas de copperweld de diámetro 13mm o caso contrario el de 19mm con el cual se estaría disminuyendo la resistencia de la tierra en un 10% con respecto a la varilla de 13 mm de diámetro, el cual consiste en una varilla de fierro a la cual se adhiere una lámina de cobre. Este cobre está soldado sólidamente y en

forma continua a la varilla de fierro. Este material combina las ventajas de alta conductividad, excelente resistencia a la corrosión, buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno y se puede conectar a los conductores de red de tierras a través de los conectores para el sistema a puesta a tierra.

7.1.7 Conexiones

Son los elementos que nos sirven para unir a la red de tierras los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, etc.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente tres tipos:

- Conectores Atornillados
- Conectores a presión
- Conectores soldados.

Todos los tipos de conectores deben de soportar la corriente de la red de tierra en forma continua.

Los conectores atornillados se fabrican con bronces de alto contenido de cobre, formado por bronces al silicio que les da alta resistencia mecánica y a la corrosión.

La utilización del bronce, que es un material no magnético, proporciona una conducción segura para las descargas atmosféricas que son de alta frecuencia.

Los conectores a presión son más económicos que los atornillados y dan mayor garantía de buen contacto.

Los conectores soldados (Cadweld) son los más económicos y seguros por lo que se usan con mucha frecuencia.

Mayormente para el sistema de red de puesta a tierra de la subestación de Marcapunta Oeste se empleará un empalme entre el conductor de tierra superficial y el conductor del Sistema de Tierra profunda del tipo autosoldado o soldado y como también la conexión del cable de tierra superficial y los bornes de tierra de cada equipo y/o estructura metálica podrá ser con unión autosoldada o con bornes terminales de cobre a presión, empernados a los bordes de puesta a tierra.

7.1.8 Trabajos a ser Ejecutados en la Subestación

Los trabajos a efectuarse para la instalación del sistema de red de puesta a tierra son:

Excavaciones para la colocación de la malla de tierra profunda (Instalada)

Armado de la malla de red de tierra superficial.

Ubicación de los electrodos (Jabalinas) y conexión en la red del sistema de puesta a tierra.

Conexión y puesta tierra de los equipos tales como: los pararrayos, los cables de guarda, los pórticos, los transformadores de tensión, seccionador, transformador de potencia y todas aquellas otras partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

Mejoramiento del terreno con componentes químicos tales como el compuesto químico peruano THOR GEL u otros.

7.2 Obras Civiles a ser construidas en la Subestación

Como el objetivo del proyecto es la ampliación de su sistema de potencia en la Subestación Marcapunta Oeste, los trabajos de obras civiles serán los siguientes:

7.2.1 Trabajos de Movimientos de Tierra

Para realizar el mantenimiento del sistema de red de puesta a tierra de la subestación, se realizarán los trabajos de movimientos de tierra, los cuales esencialmente consistirán en la excavación de tierra para poder encontrar los conductores de tierra y realizar el respectivo mantenimiento de acuerdo al diseño efectuado en el subcapítulo 8.1 del presente proyecto de informe de tesis; también para poder reforzar la resistividad del terreno se traerá tierra negra de chacra de otro lugar la cual se requerirá tolvas de transporte de 10m³ de capacidad o más.

7.2.2 Patio de Llaves

Las obras civiles a efectuarse en el patio de llaves en la subestación Marcapunta Oeste, serán los siguientes:

- En la zona 10.5 KV donde se ubicará la ampliación con el nuevo edificio de control y distribución, en el lado de 50 KV, para instalar las nuevas bases de equipos y pórticos se realizará el mantenimiento respectivo, para poder asegurar una buena cimentación de los equipos.
- Tratándose sobre la base del nuevo transformador la cual será similar a la existente pues ya se verifico que puede soportar el peso del nuevo transformador de 10-12 MVA con un peso promedio 16 Toneladas.

- La sala de control se ampliará con nuevos ambientes para la estación remota de la subestación Marcapunta Oeste.
- Las canaletas no presentan signos de fallas, por lo cual se empleará las mismas para la nueva ampliación de potencia de la subestación.
- El cerco perimétrico presenta algunas rajaduras, para lo cual se efectuará el respectivo mantenimiento.

7.2.3 Edificio de Control y Distribución 10.5 KV

El actual edificio de control o sala de control de la subestación Marcapunta Oeste cuenta con un área construida de 24 m² en una primera planta, en la cual se encuentran equipos eléctricos tales como celdas, tableros, etc, pero para poder instalar el nuevo edificio de control de dicha subestación, es necesario la construcción de un ambiente de 128 m², incluido servicios higiénicos existente, se instalará equipos de control y de telecomunicaciones. El funcionamiento e instalación de equipos se explica detalladamente en el capítulo siguiente de control eficiente de energía.

7.2.4 Sistema de Drenaje

El sistema de drenaje del transformador constará de un tanque subterráneo de paredes de concreto de una capacidad de 4 m³, cuyo fin principal es servir de depósito del aceite proveniente del transformador de 10-12 MVA de potencia al realizar el mantenimiento de dicho transformador. En la parte inferior del transformador se construirá un canal de concreto con una inclinación de 10° que conectará a la válvula de drenaje de aceite del transformador y desembocará en el tanque subterráneo de concreto. Las partes del sistema de drenaje son:

Válvulas. Es un conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

Tanque de acero. Es un tanque extra colocado sobre el tanque principal del transformador, cuya función es absorber la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura, provocados por los incrementos de carga. El tanque se mantiene lleno de aceite aproximadamente hasta la mitad. En caso de una elevación de temperatura, el nivel de aceite se eleva comprimiendo el gas contenido en la mitad superior si el tanque es sellado, o expulsando el gas hacia la atmósfera si el tanque tiene respiración.

La tubería entre los dos tanques debe permitir un flujo adecuado de aceite. En ella se instala el relevador de gas (Bucholz) que sirve para detectar fallas internas en el transformador.

Tanque y canal de concreto. Es el tanque que se utiliza para la recepción del aceite utilizado por el transformador cuando se realiza el mantenimiento.



La FIG. 7.1 Muestra las obras civiles para la instalación del transformador de potencia.

CAPITULO VIII

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE

Estas Especificaciones técnicas definen las principales actividades que debe ejecutar el Contratista para el montaje electromecánico de la subestación del Proyecto. Sin embargo el Contratista es responsable de la ejecución correcta de todos los trabajos necesarios para la construcción y operación en conformidad con el Estudio Definitivo y la Ingeniería de Detalle del proyecto, aún cuando dichos trabajos no estén específicamente listados y/o descritos en el presente documento.

8.1 Montaje de interruptor de potencia

Esta especificación de montaje se aplicará a interruptores de potencia, trifásicos, para instalación exterior, autosoportados, trifásicos.

Se entenderá por interruptor trifásico al conjunto de tres unidades de interrupción que podrán estar integrados en una sola estructura, o bien estar constituido por tres interruptores monofásicos que operarán en un sistema trifásico.

En la presentación del presupuesto se analizarán por separado las siguientes actividades, por juego de interruptor trifásico, por tensiones y se integrarán a un sólo precio unitario por juego de interruptores trifásicos.

- Maniobras y traslado al sitio de montaje
- Montaje y nivelación de soportes y bases
- Montaje de aisladores y accesorios
- Tratamiento y llenado de aceite e introducción de gas con la utilización de la maquinaria y accesorios especializados para tal efecto.
- Colocación y conexión del tablero local, conexión a barras y al sistema de tierras
- Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, bases y tableros locales

El Contratista, al recibir los interruptores los revisará minuciosamente para verificar que no hayan señas de daños externos.

Los interruptores se recibirán de fábrica embalados de tal forma que facilite su transporte y su identificación, para hacer el montaje con rapidez.

Normalmente los interruptores se empaquetan con las siguientes partes:

- Bases o caja de control, tanques o cámaras, interruptores de arco eléctrico, bushings o columnas de aisladores y accesorios
- Las cajas en que vienen embalados los interruptores se abrirán ordenadamente en función al proceso de montaje.

Para el montaje de las piezas es imprescindible un aparato de elevación adecuado a los pesos y características de las piezas por montar y se sujetarán a las indicaciones del fabricante.

Se tendrá cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, en forma que la porcelana y los accesorios no se dañen.

En el caso de los tableros de control, si el montaje se prolongará por mucho tiempo y las condiciones climáticas fueran desfavorables, se deberán almacenar adecuadamente, conectando la calefacción de la caja de mando.

El montaje se ajustará a lo indicado en los planos y manuales de instrucción y el personal encargado a ejecutar los ensambles, deberá ser especializado.

Las empaquetaduras de nitrilo y/o corcho-neoprene y en general todos los sellos que se utilicen en el montaje de los accesorios, deberán estar limpios, así como las superficies en que se asentarán y su colocación se hará con cuidado, comprimiéndolos uniformemente para garantizar su hermeticidad.

Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones del funcionamiento establecido en los planos y manuales de instrucción de montaje, serán ejecutadas por el Contratista y verificados por la Supervisión.

8.2 Montaje de seccionadores

Estas especificaciones se aplicarán a seccionadores trifásicos de apertura central, vertical u horizontal al exterior y autosoportados.

Se analizará por separado las siguientes actividades por juego de seccionadores trifásicos, por tensión y se integrarán a un sólo precio unitario, por juego de seccionadores.

Se entenderá por seccionadores al conjunto de tres unidades monopolares que operarán simultáneamente en un sistema trifásico bajo accionamiento manual y/o eléctrico.

- Almacenaje y control de piezas
- Maniobras y traslado al sitio de montaje
- Adaptaciones necesarias para fijar los equipos a la estructura o base (barrenos, soldaduras y cortes)
- Montaje y nivelación de soportes o bases.
- Montaje de aisladores y accesorios
- Calibración y ajuste de cuchillas
- Colocación y conexión de tablero local, conexión a barras y al sistema de puesta a tierra.
- Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en base y tablero local
- Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo
- Ajustes para la operación de los seccionadores según manual.

Los seccionadores vienen embalados de fábrica en tal forma que se facilite su identificación, transporte y su montaje, el Contratista al recibirlos revisará minuciosamente el contenido y verificará que no haya daños externos.

Para el montaje de las piezas se requiere de equipo adecuado a los pesos y características de las piezas por montar; se sujetarán estrictamente a los planos y manuales de instrucción.

Se tendrá especial cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, de tal forma que la porcelana y los accionamientos no se dañen.

Cuando el montaje se prolongue y las condiciones climáticas sean desfavorables, los tableros de control se protegerán y almacenarán adecuadamente contra la humedad o contra cualquier otra causa que provoque su deterioro.

El personal del montaje deberá ser especializado en este tipo de trabajo.

Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones de funcionamiento indicado en los planos y manuales de instrucción del fabricante serán ejecutadas por el Contratista.

8.3 Montaje de equipo menor

Dentro de este concepto se considera la colocación y conexión de los pararrayos, aisladores soporte tipo columna, transformadores de corriente y tensión monofásicos tipo pedestal para servicios intemperie, dispositivos de potencial y transformadores de servicios auxiliares, seccionadores fusibles.

En el caso de que no se instalen de inmediato, el Contratista los mantendrá en su empaque original y los protegerá para evitar daños al aislamiento.

En la presentación del presupuesto deberá analizarse un precio unitario promedio por pieza, para aplicarse a todo el equipo menor de esta área debiendo considerar el Contratista el suministro de la caja de agrupamiento de interconexión de Transformadores de Tensión y Transformadores de Corriente, cuya especificación deberá alcanzar a la Supervisión para su aprobación.

El Contratista al recibir el equipo lo revisará inmediatamente, para verificar que no haya daños externos.

Para el montaje de las piezas se requiere de equipo adecuado, tomando en cuenta el peso y las características de las piezas por montar. Así como la información técnica del fabricante.

Al conectar el equipo con las barras y demás equipos, se vigilará que los conectores estén limpios y se aprieten uniformemente para garantizar un buen contacto.

Las pruebas y verificaciones primarias indicadas en los planos y manuales de instrucción del fabricante serán ejecutadas por el Contratista.

8.4 Montaje de tableros de control, protección y medición

El tablero viene en Paneles ensamblado y alambrado de fábrica, el Contratista lo montará, nivelará en el sitio indicado fijándolo a las anclas de acuerdo a los planos del proyecto y los cableará.

8.5 Tendido y conectado de cables de control

Los conductores vienen integrados en cables y se componen de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 conductores por cable, están aislados con polietileno y a su vez el cable está protegido exteriormente con neoprene para un aislamiento de 600 voltios.

La Contratista colocará los cables sobre los soportes localizados en las canaletas, siguiendo la trayectoria indicada en los planos de proyecto. Durante el tendido se

formarán capas de cables uniéndolos a los soportes de las canaletas con cáñamo para evitar su caída.

Una vez tendido el cable, el Contratista lo conectará a las borneras de interconexión de los tableros de control y/o Servicios Propios y caja de borneras y/o agrupamientos de control de los equipos por medio de Conectores de Presión, para lo cual se emplearán las herramientas adecuadas de acuerdo a las listas de cableado.

El Contratista tendrá el cuidado de no dañar el aislamiento de los cables durante su tendido.

Todos los cables después del tendido se identificarán con los listones o placas, colocadas en los extremos de cada cable, de acuerdo a la lista de cableado.

Los cables serán de una sola pieza y en el caso de que se requieran empalmar, se solicitará la autorización de la Supervisión.

El Contratista prestará el equipo y la asistencia necesaria para efectuar las pruebas en las instalaciones hasta su puesta en servicio.

8.6 Sistema de iluminación

Dentro de este concepto se considera la instalación colocación, conexión, pruebas y puesta en servicio del sistema de Iluminación, exterior e interior del patio y caseta de control en cada subestación incluyendo el alumbrado de emergencia.

El Contratista colocará los cables, soportes luminarias y demás equipos propios del sistema de iluminación localizados en el patio de llaves y caseta de control, siguiendo las indicaciones de los planos de proyecto.

Una vez tendido el cable, el Contratista lo conectará a los interruptores de los tableros de Servicios Propios y caja de borneras y/o agrupamientos de control de los equipos de acuerdo a las listas de cables.

El Contratista tendrá el cuidado de no dañar el cable ni las luminarias durante su tendido e instalación.

Los cables serán de una sola pieza y en el caso de que se requiera empalmar, se solicitará la autorización de la Supervisión.

El Contratista prestará el equipo y la asistencia necesaria para efectuar las pruebas en las instalaciones hasta su puesta en servicio.

8.7 Cables de energía

Dentro de este concepto se considera la instalación, colocación, conexión, pruebas y puesta en servicio de los cables de energía en media tensión que serán instalados en las Subestaciones.

Antes de iniciar la instalación de los cables, el Contratista remitirá a la Supervisión para su aprobación, los planos de instalación, mostrando la ruta y las conexiones de los cables así como todo otro plano que sea necesario.

Durante la instalación de los cables el Contratista tendrá especial cuidado en su manipulación para evitar daños de cualquier tipo. Al desarrollarlos o sacarlos de los carretes a los cables o a sus cubiertas debido a cambios repentinos de curvatura. Se evitará, asimismo, someterlos a curvas innecesarias ni a curvas de radios menores a los mínimos permisibles, debiendo en lo posible, ser tendidos en forma recta. Se evitará apoyarlos contra aristas agudas.

Siempre se mantendrán los extremos de los cables perfectamente sellados. De la misma forma se tratarán los extremos de cables ya instalados que deban permanecer durante algún tiempo sin conectarse a sus puntos terminales.

Al manipular los carretes en que vienen los cables, se tendrá especial cuidado de no dañar los extremos de los mismos que sobresalen por el costado de los carretes, estos se harán rodar únicamente en la dirección indicada en su cubierta. Al quitar la cubierta de los carretes se tendrá especial cuidado de no dañar la cubierta de los cables.

Recorridos de Cables:

El Contratista determinará el recorrido más adecuado de todos los cables de potencia, distribución y control en el patio de llaves y sala de control, por las canaletas diseñados para tal fin.

En la determinación del recorrido del cable, el Contratista buscará:

- Recorridos simples y fáciles.
- Recorridos cortos.
- Reunir los cables del mismo tipo y de la misma función.

Durante la instalación se tratará de evitar en lo posible:

- Paralelismo de cables de potencia y control.
- Cercanía de cables de media y baja tensión.

- Instalación de cables en lugares donde puedan exponerse a accidentes por causas de montajes, trabajos de mantenimiento, goteo de líquidos, escape de gases, etc.

Los cables serán cuidadosos y metódicamente instalados, a fin de que cualquier cable pueda ser fácilmente localizado.

Instalación de los cables:

En el patio de llaves y con excepción de los cables de la red telefónica y de control, los cables estarán colocados principalmente en canaletas y tendidos en ductos, por debajo de pistas o rieles de transformadores.

En pozos, canaletas profundas o pasos oblicuos, los cables se fijarán sobre rieles perfilados horizontalmente y fijados con firmeza. Los hierros se colocarán a una distancia de un metro uno de otro horizontalmente.

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para que durante la manipulación e instalación vertical los cables no deban soportar su propio peso.

Los cables destinados a los servicios internos e iluminación exterior, deberán ser instalados en ductos empotrados en muro o piso, debiendo prever circuitos independientes para corriente continua y corriente alterna.

Los cables deberán montarse obteniéndose un acabado perfecto y satisfactorio. Todos los materiales necesarios a la instalación de los cables, tales como masa compound, cintas aislantes, pernos, tornillos, grapas, estribos, placas de identificación, etc., deberán ser incluidos.

Conexionado:

- Los conductores serán embutidos directamente a los bornes lisos estañados de las borneras.
- No se permitirá que dos o más conductores estén conectados al mismo lado de un borne.
- Los conductores para circuitos miliamperimétricos se conectarán a los bornes mediante soldadura.
- Las armaduras metálicas y las pantallas de los cables serán puestas a tierra sólo por un extremo del cable.
- Cuando varios cables sean idénticos y realicen una función idéntica, los conductores de estos cables, deberán conectarse de manera que el color de aislamiento de los conductores corresponda a cada uno de los cables que realice la misma función.

Pruebas y Controles:

Después de la instalación de los cables, se procederá a los controles y pruebas siguientes:

- Control del aislamiento.
- Control individual de concordancia entre los planos, cableado y la instalación real.
- Control de la señalización de los colores de cada uno de los conductores.

La cinta de cobre, sobre la pantalla de los cables de control debe ser puesta a tierra en la sala de celdas, con los accesorios que se muestran en los planos.

En todos los cables se colocará en cada extremo una banda asegurada al cable en la cual se inscribirá el número de códigos del cable.

Después de la instalación, todos los equipos serán limpiados perfectamente para la entrega de la instalación al Propietario. En forma especial se limpiarán con cuidado todos los aisladores, aisladores pasantes, materiales aislantes y todas aquellas partes que actúan como superficies aislantes.

Durante la instalación se protegerán los líquidos o aceites aislantes contra la posible contaminación.

CAPITULO IX

CONTROL DE ENERGIA

Ya instalado todo el equipamiento en la Subestación de la mina Marcapunta Oeste es necesario establecer un Control de Energía, para ello se empleará un control por telemetría que se está utilizando mucho en la actualidad, sobre todo en grandes subestaciones controladas desde un centro de operación y control. Este sistema ha emplearse es para la subestación de Marcapunta Oeste y Smelter, donde no existe personal de operación permanente y que necesita ser controlado.

9.1 Descripción Funcional

El sistema de Transmisión de datos en tiempo real estará soportado por un sistema de control computarizado y de telecomunicaciones basado en los Radios Modem. Este sistema de telecomunicaciones; transmisión de datos por radio frecuencia de radio será el encargado de coleccionar en la sala de control de la subestación Smelter y Marcapunta Oeste en tiempo real, toda la información para operar, controlar y supervisar remotamente las subestaciones de la mina hacia la sala principal de control. En el plano SEF-8/- (Etapa final, Anexo N) se muestra la configuración del sistema propuesto.

Sala de Control – Subestación Smelter y Marcapunta Oeste

La sala de control y mando para la operación sistema de control remoto, estará ubicado en las instalaciones de la sala de control de la subestación Smelter, en esta sala de control se ubicarán medidores multifunción con Modbus 232/485 con interfaz para el Radio MODEM RX8200. Toda la información será coleccionada por un sistema Scada mediante el software Samte30.

9.2 Funciones del Sistema de Control

- El sistema de control computarizado y de telecomunicaciones del sistema de control por telemetría de la subestación de Marcapunta Oeste y Smelter, tendrá las siguientes funciones:
- Conversión de medidas eléctricas y detección de posiciones de interruptores y alarmas del sistema eléctrico.
- Concentración de toda esta información en la base de datos de tiempo real.
- Ejecución de las secuencias lógicas y programación necesaria entre las señales análogas, de estado y alarmas, pudiendo generar los comandos y consignas adecuadas a la unidad terminal remota como consecuencia de estos automatismos.
- Supervisión del estado operativo del sistema, por medio de herramientas de configuración, diagnóstico y mantenimiento, garantizando la coherencia de la información.
- Generación de reportes de la operación.
- Generación de alarmas, diagramas de tendencias de variable y archivos de datos históricos.
- Monitoreo del sistema eléctrico de potencia del sistema de transmisión de datos en tiempo real vía interfase hombre-máquina.

9.3 Compensación de Energía Reactiva

Las maquinas eléctricas alimentadas con corriente alterna necesitan para su funcionamiento dos tipos de energía: Activa y Reactiva.

La energía reactiva se pone de manifiesto cuando existe un paso de energía activa entre a la fuente y la carga. Generalmente esta asociada a los campos magnéticos internos de los motores y transformadores y se mide en KVARh.

Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras sin producir un trabajo útil es necesario neutralizarla o compensarla, al instalar condensadores se reduce el consumo total de energía, obteniéndose ventajas significativas como son:

- Reducción de los recargos
- Reducción de las caídas de tensión
- Reducción de la sección de conductores
- Disminución de perdidas
- Aumento de la potencia disponible en la instalación

Para tal efecto se instalara en la sala de control a futuro de la subestación Marcapunta Oeste, un banco de capacitares tanto en 50 KV como en el lado 10.5 KV.

9.4 Supresión de Transitorios

La calidad de la energía eléctrica es una variable crítica en la operación de cargas electrónicas. Por la tanto se deben conocer las soluciones disponibles para problemas generados por las perturbaciones y la mala calidad de la energía eléctrica, principalmente las descargas atmosféricas, el ruido de alta frecuencia y los transitorios de tensión.

Conforme la tecnología avanza, cada vez mas los equipos electrónicos e informáticos, las líneas de producción son controladas por circuitos digitales, la información se maneja vía electrónica desde el correo hasta el control total de la organización, los registros de las operaciones diarias quedan guardados en su mayoría de forma digital en grandes servidores de datos, los cuales son cada vez mas rápidos y potentes, sin embargo, también son sensibles a fenómenos eléctricos. Por lo tanto se requiere utilizar un equipo supresor de transitorios cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Instalaciones de equipos sensibles en zonas de influencia eléctrica nociva por ejemplo zonas industriales.
- Alto nivel isoceráunico (Zona geográfica con recurrencia de tormenta eléctricas)
- Equipos en constante conmutación (Cierre-Apertura)
- Proliferación de cargas no lineales (UPS, PC, balastos, conmutadores, copadoras, etc)
- Equipos de alta velocidad de procesamiento (Servidores, PC's, PLC's)
- Equipos de comunicación (Routers, enlaces satelital, Hubs, PBX, otras)
- Equipos sin respaldo de energía ininterrumpible.

Los transitorios son picos de tensión de alta corriente con magnitud típica de 20 KV y 10 KV, con duración de nano o microsegundos, de aparición aleatoria y bipolar. Estos eventos de alta energía se propagan a través de la red eléctrica y dañan los equipos mas sensibles de la instalación.

Los Supresores de transitorios de tensión TVSS (Transient Voltaje Surge Suppressors) son equipos que cortan los impulsos de tensión y desvían la corriente del transitorio para evitar que se produzca daño en las cargas.

Se instalara en la sala de control a futuro de la subestación Marcapunta Oeste, los Surgelocic, equipos supresores de transitorios desarrollados por Square D, el cual se basa en el uso de discos de material cerámico llamados Varistores de Óxidos Metálicos.

Los Varistores son dispositivos que presentan una alta impedancia cuando el nivel de tensión es nominal y cambian a muy baja impedancia cuando se presentan un pico de tensión.

9.5 Sistema de corrección de potencia reactiva

El sistema de corrección de potencia que se instara en la sala de control de la Subestación Marcapunta Oeste, serán los equipos AccuSine PCS (Power Correction Sytem), desarrollados por Square D. Los cuales reducen drásticamente los niveles de armónicos presentes en la instalación y permite la corrección instantánea del factor de potencia.

En consecuencia se obtiene una reducción considerable de los costos operativos al evitar los tiempos de parada de planta y reducir la necesidad de mantenimiento.

Además, permite evitar el sobredimensionamiento del equipamiento de distribución (Cables, interruptor, transformadores, etc) normalmente necesario para compensar los efectos de calentamiento producido por la presencia de los armónicos.

Características principales de los PCS AccuSine:

- Inyección de corriente dinámica para la supresión de armónicos y corrección del factor de potencia.
- Reducción del nivel de armónicos conforme al recalentamiento por la norma IEEE519(1992)
- Disminuye los armónicos relacionados al recalentamiento de los cables, interruptores y transformadores.
- Reduce el tiempo de parada de planta causado por los disparos intempestivos de protección producto de los transitorios generados por los armónicos.
- Aumenta la fiabilidad de las redes eléctricas y reduce los costos de operación.
- Compensa cada fase independientemente.
- Filtra la red entera o cargas específicas dependiendo del punto de instalación.
- La posibilidad de conexión en paralelo permite una sencilla actualización y la instalación de múltiple unidades para grandes redes.

- Excelente reacción a las fluctuaciones de la carga: Tiempo de respuesta de 40 microsegundos para la detección de variación y 8 milisegundos para el cambio completo del paso de compensación.
- Filtra hasta el armónico N° 50.

La empresa suministradora de energía Electroandes realizo en Junio del 2006, el análisis de Calidad de Energía (Ver Anexo L)

9.6 Almacenamiento de los datos históricos

El almacenamiento de los datos históricos se realizará por medio del Software Samte 30, el cual se instalará por extensión de la licencia de propiedad de los proveedores del software indicado.

Además se ofrece el sistema histórico de operación que viene con el operador IT, y que permite, la creación de registros de datos históricos y de reportes para la operación del sistema, así como diagramas de tendencias de medición.









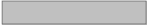

CAPITULO X

CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DE EJECUCION DE LA OBRA

Es necesario establecer un cronograma y un presupuesto para la ejecución de la obra, para ello se muestran a continuación tanto el cronograma de obra como el presupuesto general, obtenido mediante los metrados de suministros, transporte de equipos principales y complementarios, montaje electromecánico y obras civiles.

Id	i	CRONOGRAMA DE OBRA - SUBESTACION MARCAPUNTA OESTE	Duración	Comienzo	Fin						
						junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
1		ACTIVIDAD 1	51 días	dom 01/07/07	vie 31/08/07						
2		OBRAS CIVILES	51 días	dom 01/07/07	vie 31/08/07						
3		Traslado de equipos y herramientas	2 días	dom 01/07/07	lun 02/07/07	01/07	02/07				
4		Movimiento de tierras edificio de control y celdas 10.5KV	4 días	lun 02/07/07	jue 05/07/07	02/07	05/07				
5		Cimentación Edificio de Control	15 días	vie 06/07/07	dom 22/07/07	06/07	22/07				
6		Excavación para bases de transformadores de potencia	3 días	vie 06/07/07	lun 09/07/07	06/07	09/07				
7		Vaciado de bases de transformador y vias de rodamiento	3 días	dom 08/07/07	mar 10/07/07	08/07	10/07				
8		Excavación de canaletas interiores y exteriores	5 días	mié 11/07/07	lun 16/07/07	11/07	16/07				
9		Excavación pozos de puesta a tierra	5 días	vie 06/07/07	mié 11/07/07	06/07	11/07				
10		Excavación pórticos y bases equipos 50KV	5 días	mié 11/07/07	lun 16/07/07	11/07	16/07				
11		Excavación canales de drenaje (pozo séptico)	5 días	mié 11/07/07	lun 16/07/07	11/07	16/07				
12		Eliminación de material excedente	5 días	sáb 21/07/07	mié 25/07/07	21/07	25/07				
13		Enripiado y afirmado patio de llaves	5 días	jue 26/07/07	mar 31/07/07	26/07	31/07				
14											
15		ACTIVIDAD 2	23 días	mié 01/08/07	vie 31/08/07						
16		MONTAJE ELECTROMECHANICO	23 días	mié 01/08/07	vie 31/08/07						
17		Montaje pórticos 50 KV	3 días	mié 01/08/07	vie 03/08/07	01/08	03/08				
18		Montaje sistema de barras 50KV	3 días	vie 03/08/07	mar 07/08/07	03/08	07/08				
19		Montaje estructura soporte equipos de pórtico	3 días	mié 08/08/07	vie 10/08/07	08/08	10/08				
20		Montaje equipos de patio 50KV	5 días	vie 10/08/07	jue 16/08/07	10/08	16/08				
21		Tendido sistema de barras equipos 50KV	2 días	vie 17/08/07	lun 20/08/07	17/08	20/08				
22		Montaje de celdas 50KV	5 días	lun 20/08/07	dom 26/08/07	20/08	26/08				
23		Montaje de tableros de control	5 días	mar 21/08/07	lun 27/08/07	21/08	27/08				
24		Montaje de transformador de potencia	5 días	lun 20/08/07	vie 24/08/07	20/08	24/08				
25		Estructura metálica cables de energía 10.5KV	1 día	mar 21/08/07	mar 21/08/07	21/08	21/08				
26		Cables de energía 10.5 KV	1 día	mié 22/08/07	mié 22/08/07	22/08	22/08				
27		Tendido y conexionado cables de control	5 días	lun 20/08/07	sáb 25/08/07	20/08	25/08				
28		Montaje banco de baterías y rectificado 110Vcc	2 días	jue 23/08/07	sáb 25/08/07	23/08	25/08				
29		Pruebas y puesta en servicio	5 días	lun 27/08/07	vie 31/08/07	27/08	31/08				
30											
31		ACTIVIDAD 3	4 días	lun 27/08/07	jue 30/08/07						
32		ACTIVIDADES ADICIONALES	4 días	lun 27/08/07	jue 30/08/07						
33		Adecuación torre 1 subestación Smelter 50KV	3 días	lun 27/08/07	mié 29/08/07	27/08	29/08				
34		Conexionado torre 1 a torre de llegada 50 Kv	2 días	mié 29/08/07	jue 30/08/07	29/08	30/08				

Proyecto: project
Fecha: sáb 16/06/07

Tarea		Resumen		Progreso resumido		Resumen del proyecto	
Progreso		Tarea resumida		División		Agrupar por síntesis	
Hito		Hito resumido		Tareas externas		Fecha límite	

PRESUPUESTO

PARTE	SECCION	DESCRIPCION	TOTAL (US\$)
1,0		COSTO DE AMPLIACION DE LA SUBESTACION MARCAPUNTA OESTE	
	A.	SUMINISTRO DE EQUIPOS PRINCIPALES SUMINISTRO DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	788.042,96
	B.	TRANSPORTE DE EQUIPOS PRINCIPALES TRANSPORTE DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	38.179,00
	C.	MONTAJE DE EQUIPOS PRINCIPALES Y COMPLEMENTARIOS	74.686,22
	D.	OBRAS CIVILES	155.217,36
		TOTAL COSTOS DIRECTOS	1.056.125,54
		GASTOS GENERALES DIRECTOS	95.051,30
		GASTOS GENERALES INDIRECTOS	15.841,88
		UTILIDADES	42.245,02
		COSTO TOTAL SIN IMPUESTO (US\$)	1.209.263,74

**PROYECTO :SUBESTACIÓN MARCAPUNTA OESTE DE 24 MVA - 50 / 10.5 KV
METRADO DE SUMINISTRO**

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		SUMINISTRO (CIF-ALM OBRA)	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
1 1,1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50/10.5 KV Transformador de Potencia trifásico 50=8x1.25/10.5 KV 10-12 MVA (ONAN)	U	1	358.176,00	358.176,00
2 2,1	INTERRUPTORES DE POTENCIA Interruptor tripolar para 50 KV en SF6, 72.5 KV	U	2	28.562,00	57.124,00
2,2	Interruptor tripolar para 10KV en vacío, 17.5KV 170KVp	U	6	12.744,00	76.464,00
3 3,1	SECCIONADORES 60 KV Seccionador tripolar para 60 KV 72.5 KV 325 KVp BIL	U	2	9.272,00	18.544,00
4 4,1	TRANSFORMADOR DE TENSION 50 KV Transformador de tensión monofásico inductivo para 50 KV SO: V3/0.1.V3 30 VA-CL 0.2	U	6	3.365,00	20.190,00
4,2	Transformador de tensión monofásico inductivo para 10.5 KV 10.5:V3/0.1:V3 KV. 30 VA-CL 0.2	U	6	1.400,00	8.400,00
5 5,1	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50 KV Transformador de corriente monofásico 50 KV 100-200/5-5 A. 30 VA-5P10. 30 VA-CI 0.5	U	6	3.500,00	21.000,00
6 6,1	BARRAS Y CONEXIÓN DE ALTA TENSION Barras flexibles de 50 KV Conductor de aleación de aluminio de 120 mm2 Cadena de aisladores de suspensión de 50 KV Cadena de aisladores de anclaje de 50 KV Conectores de 50 KV para los equipos y el conductor	M U U CJT	40 9 12 1	1,80 93,33 93,33 3.038,00	72,00 839,97 1.119,96 3.038,00
6,2	Conexión de la línea con el pórtico de 50 KV Conectores de 50KV para los equipos y el conductor	U CJT	3 1	85,00 2.342,00	255,00 2.342,00
(*) 7 7,1	BANCO DE CAPACITORES DE 10 KV Banco de capacitores de 1000 KVAR formado por unidades monofásicas con fusibles internos y con accesorios para instalación al exterior	CJT	1	45.000,00	45.000,00
7,2	Banco de capacitores de 500 KVAR formado por unidades monofásicas con fusibles internos	CJT	1	23.000,00	23.000,00

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		SUMINISTRO (CIF-ALM OBRA)	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
8	CELDAS DE 10.5 KV				
8,1	Celda metálica protección transformador servicios auxiliares	CJT	1	20.000,00	20.000,00
8,2	Celda de llegada de transformador de potencia	CJT	1	38.500,00	38.500,00
8,3	Celda del sistema de barras	CJT	4	24.000,00	96.000,00
(* 8,4	Celdas para banco de capacitores	CJT	1	24.000,00	24.000,00
8,5	Celdas de acoplamiento de barras	CJT	1	24.000,00	24.000,00
9	CABLE DE POTENCIA DE 10 KV				
9,1	Cable unipolar 15 KV seco con aislamiento de polietileno reticulado de 1x300 mm ²	m	300	5,00	1.500,00
9,2	Cable tripolar 15 KV seco con aislamiento de polietileno reticulado de de 3x35 mm ²	m	30	2,85	85,50
10	TERMINALES PARA CABLE SECO DE 10 KV				
10,1	Terminal Unipolar de 15 KV tipo exterior para cable seco de 300 mm ²	U	6	459,00	2.754,00
10,2	Terminal Unipolar de 15 KV tipo interior para cable seco de 70 mm ²	U	18	459,00	8.262,00
10,3	Terminal Unipolar de 15 KV tipo exterior para cable seco de 70 mm ²	U	2	284,90	569,80
10,4	Terminal Unipolar de 15 KV tipo interior para cable seco de 70 mm ²	U	2	284,90	569,80
11	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES				
11,1	Transformador trifásico de 50 KVA y 10=2x2.5 % / 0.380-0.220 KV	U	1	25.000,00	25.000,00
12	TABLEROS DE CONTROL, MANDO, PROTECCION, MEDICION, ALARMA Y SEÑALIZACION				
12,1	Tablero de supervisión y mando (cuadro sinóptico)	CJT	1	9.250,00	9.250,00
12,2	Tablero de Regulación automática de tensión de los trafos de potencia 50 KV	CJT	2	10.600,00	21.200,00
12,3	Tablero de protección y medición del transformador potencia	CJT	1	21.600,00	21.600,00
13	TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES				
13,1	Tablero de servicios auxiliares de corriente alterna 380 Vca de tipo autosoportado con interruptores termomagnéticos del tipo extraíble	CJT	1	9.750,00	9.750,00

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		SUMINISTRO (CIF-ALM OBRA)	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
13,2	Tablero de servicios auxiliares de corriente continua 110 Vcc de tipo autosoportado con interruptores del tipo extraible	CJT	1	8.960,00	8.960,00
14	EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA				
14,1	Batería de acumuladores de 110 Vcc del tipo plomo acido de 100 A-h, que incluye fusibles, soportes conexiones y accesorios	CJT	1	6.000,00	6.000,00
14,2	Cargador-rectificador 380 Vca / 110 Vcc 50 A tipo tristor controlado, montado en armario metálico	CJT	1	5.500,00	5.500,00
15	CABLES DE BAJA TENSION				
15,1	Cables 380 Vca. completos e instalados	GBL	1	3.202,40	3.202,40
15,2	Cables 110 Vcc. completos e instalados	GBL	1	3.034,40	3.034,40
15,3	Cables auxiliares de medición, protección, señalización , alarma, etc	GBL	1	5.364,00	5.364,00
16	INSTALACIONES ELECTRICAS	GBL	1	1.683,65	1.683,65
17	RED DE TIERRA SUPERFICIAL				
17,1	Red de tierra profunda con conductor de Cu desnudo 70 mm ² y accesorios	m	510	1,65	841,50
17,2	Pozos de PAT compuesto por :				
17.2.1	Electrodo Cooperweld de DS=5/8" L=8'	U	6	26,85	161,10
17.2.2	Grapa de conexión	U	6	6,98	41,88
18	ESTRUCTURAS METALICAS				
18,1	Pórtico del sistema de barras 50 KV compuesto por : 4 montantes de 12.00 m. 4 montantes de 8.00 m. 4 travesaños de 6.50 m. 4 vigas de 6.50 m. 4 vigas de 6.00 m.	CJT	1	16.848,00	16.848,00
18,3	Empalmes y conexiones	GBL	1	300,00	300,00
18,4	Red de tierra superficial compuesto por conductor de cobre desnudo de 70 mm ² que se conectará a las partes metálicas no vivas.	GBL	1	1.040,00	1.040,00
TOTAL SUMINISTRO S.E. MARCA PUNTA					788.042,96

(*) Equipo no considerado en esta etapa

**PROYECTO : SUBESTACION MARCAPUNTA OESTE DE 24 MVA - 50 / 10.5 KV
METRADO DE TRANSPORTE DE EQUIPOS PRINCIPALES Y COMPLEMENTARIOS**

ITEM	DESCRIPCION	METRADOS		COSTOS (EX FABRICA) (U\$\$)	
		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	EQUIPOS PRINCIPALES				
1,1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA Transformador de Potencia de 50±10x1% / 10.5 kV de 10-12 MVA ONAN-ONAF con soportes para pararrayos, elementos de fijación y tablero de regulación automático de tensión	U	2	7.000,00	14.000,00
2	INTERRUPTORES DE POTENCIA				
2,1	Interruptor Tripolar 72,5 kV, 800 A, 20 kA, BIL de 350 kVp, operación tripolar incluye estructura soporte	U	2	1.290,00	2.580,00
2,2	Interruptor Tripolar 17.5 kV, 630 A, 16 kA, BIL de 170 kVp, operación tripolar incluye estructura soporte	U	6	910,00	5.460,00
3	SECCIONADORES				
3,1	Seccionador de Barras 72,5 kV, 800 A, 350 kV(BIL) con dispositivo de mando eléctrico, incluye estructura soporte	U	2	350,00	700,00
3,2	Seccionador fusible tipo cut-out 48 kV, 100 A, 170 kV(BIL), 16 kA.	U	2	11,00	22,00
4	TRANSFORMADORES DE TENSION				
4,1	Transformador de Tensión inductivo, 72,5 kV 50÷√3/0,1÷√3/0,1 kV, 30 VA 3P, 30 VA - cl 0,2 con estructura soporte y caja de agrupamiento de cables.	U	6	60,00	360,00
4,2	Transformador de Tensión inductivo, 10:√3/0,1:√3 Kv 30 VA - cl 0,2	U	6	50,00	300,00
5	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE				
5,1	Transformador de Corriente 72,5 kV, 125-60/1/1/1A, 2x30 VA-5P20, 30 VA cl.0,2, con estructura soporte y caja de agrupamiento de cables	U	6	275,00	1.650,00
5,2	Transformador de Corriente 17.5 kV, 100-50/1-1A, 2x30 VA-5P20, 30 VA cl.0,2, con estructura soporte y caja de agrupamiento de cables	U	15	45,00	675,00
6	PARARRAYOS				
6,1	Pararrayos ZnO, 45 kV, 10 kA, BIL 250 kVp, clase 3 con contador de descargas y estructura soporte	U	9	80,00	720,00
6,2	Pararrayos ZnO, 8 kV, 10 kA, BIL 125 kVp, clase 2 con estructura soporte	U	6	60,00	360,00
7	EQUIPOS COMPLEMENTARIOS				
7,1	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES Transformador de servicios auxiliares, 10.5±2x2,5% / 0,4-0,23 kV, 50 kVA	U	1	90,00	90,00
8	BARRAS Y CONEXIONES DE ALTA TENSION				
8,1	Sistema de Barras y Conexiones de Alta Tensión en 50 kV	GBL	1	450,00	450,00
8,2	Sistema de Barras y Conexiones de con media Tensión en 10.5 kV	GBL	1	125,00	125,00
8,3	Cable de Guarda y accesorios	GBL	1	75,00	75,00
9	EQUIPOS DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION				
9,1	Tablero Cuadro Sinóptico	GBL	1	899,00	899,00
9,2	Tablero de Protección y Medición de 50 kV	GBL	1	1.460,00	1.460,00
9,3	Tablero de Protección y Medición de 10.5 kV	GBL	1	1.740,00	1.740,00
9,4	Tablero de Protección y Medición de transformador de potencia 10-12 MVA	GBL	2	1.690,00	3.380,00

ITEM	DESCRIPCION	METRADOS		COSTOS (EX FABRICA) (U\$S)	
		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
10	PORTICOS				
10,1	Estructuras Metálicas del Pórtico de Líneas en 50 kV	GBL	1	163,00	163,00
10,2	Estructuras Metálicas del Pórtico de Barras en 50 kV	GBL	1	364,00	364,00
11	TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES				
11,1	Tableros de Servicios Auxiliares Vac	U	1	500,00	500,00
11,2	Tableros de Servicios Auxiliares Vcc	U	1	425,00	425,00
11,3	Banco de Baterías de 110 Vcc	U	1	218,00	218,00
11,4	Cargador Rectificador de 110 Vcc	U	1	594,00	594,00
12	CABLES DE BAJA TENSION				
12,1	Cables de Control	GBL	1	250,00	250,00
12,2	Bandejas para Cables de Control. (Incluye Soportes y Accesorios)	GBL	1	100,00	100,00
13	RED DE TIERRA				
13,1	Sistema de Puesta a Tierra (Profunda y Superficial) - Cable de Cu desnudo 70 mm2 (2/0 AWG) - Conductor de Cu forrado 70 mm2, 1 kV - Varillas de puesta a tierra - Puntos de soldadura (Incluye fulminante, soldadura y moldes) - Conectores	GBL	1	305,00	305,00
14	INSTALACIONES ELECTRICAS				
14,1	Instalaciones Eléctricas - Sistema de Iluminacion y Fuerza Interior - Sistema de Iluminacion y Fuerza Exterior	GBL	1	180,00	180,00
15	SISTEMA CONTRA INCENDIO				
15,1	Extintores Portátiles	U	6	3,00	18,00
15,2	Extintores sobre Carril	U	2	8,00	16,00
COSTO TOTAL TRANSPORTE DE EQUIPOS PRINCIPALES Y COMPLEMENTARIOS (US\$)					38.179,00

**PROYECTO :SUBESTACIÓN MARCAPUNTA OESTE DE 24 MVA - 50 / 10.5 KV
METRADO DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO**

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		MONTAJE	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
1 1,1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 50/10.5 KV Transformador de Potencia trifásico 50=8x1.25/10.5 KV 10-12 MVA (ONAN) con	U	1	15.460,00	15.460,00
2 2,1	INTERRUPTORES DE POTENCIA Interruptor tripolar para 50 KV en SF6, 72.5 KV	U	2	1.300,00	2.600,00
2,2	Interruptor tripolar para 10KV en vacío, 17.5KV 170KVp	U	6	500,00	3.000,00
3 3,1	SECCIONADORES 60 KV Seccionador tripolar para 60 KV 72.5 KV 325 KVp BIL	U	2	983,00	1.966,00
4 4,1	TRANSFORMADOR DE TENSION 50 KV Transformador de tensión monofásico inductivo para 50 KV SO: V3/0.1.V3 30 VA-CL 0.2	U	6	592,00	3.552,00
4,2	Transformador de tensión monofásico inductivo para 10.5 KV 10.5:V3/0.1:V3 KV. 30 VA-CL 0.2	U	6	150,00	900,00
5 5,1	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50 KV Transformador de corriente monofásico 50 KV 100-200/5-5 A. 30 VA-5P10. 30 VA-CI 0.5	U	6	592,00	3.552,00
6 6,1	BARRAS Y CONEXIÓN DE ALTA TENSION Barras flexibles de 50 KV Conductor de aleación de aluminio de 120 mm ² Cadena de aisladores de suspensión de 50 KV Cadena de aisladores de anclaje de 50 KV Conectores de 50 KV para los equipos y el conductor	M U U CJT	40 9 12 1	6,25 35,93 35,93 236,23	250,00 323,37 431,16 236,23
6,2	Conexión de la línea con el pórtico de 50 KV Conectores de 50KV para los equipos y el conductor	U CJT	3 1	35,93 236,00	107,79 236,00
(*) 7 7,1	BANCO DE CAPACITORES DE 10 KV Banco de capacitores de 1000 KVAR formado por unidades monofásicas con fusibles internos	CJT	1		
7,2	Banco de capacitores de 500 KVAR formado por unidades monofásicas con fusibles internos	CJT	1		

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		MONTAJE	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
8	CELDA DE 10.5 KV				
8,1	Celda metálica protección transformador servicios auxiliares	CJT	1	557,00	557,00
8,2	Celda de llegada de transformador de potencia	CJT	4	668,00	2.672,00
8,3	Celda del sistema de barras	CJT	4	668,00	2.672,00
(*) 8,4	Celdas para banco de capacitores	CJT	1	668,00	668,00
8,5	Celdas de acoplamiento de barras	CJT	1	668,00	668,00
9	CABLE DE POTENCIA DE 10 KV				
9,1	Cable unipolar 15 KV seco con aislamiento de polietileno reticulado de 1x300 mm2	m	300	5,50	1.650,00
9,2	Cable tripolar 15 KV seco con aislamiento de polietileno reticulado de de 3x35 mm2	m	30	1,50	45,00
10	TERMINALES PARA CABLE SECO DE 10 KV				
10,1	Terminal Unipolar de 15 KV tipo exterior para cable seco de 300 mm2	U	6	76,00	456,00
10,2	Terminal Unipolar de 15 KV tipo interior para cable seco de 70 mm2	U	18	76,00	1.368,00
10,3	Terminal Unipolar de 15 KV tipo exterior para cable seco de 70 mm2	U	2	65,00	130,00
10,4	Terminal Unipolar de 15 KV tipo interior para cable seco de 70 mm2	U	2	65,00	130,00
11	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES				
11,1	Transformador trifásico de 50 KVA y 10=2x2.5 % / 0.380-0.220 KV	U	1	375,00	375,00
12	TABLEROS DE CONTROL, MANDO, PROTECCION, MEDICION, ALARMA Y SEÑALIZACION				
12,1	Tablero de supervisión y mando (cuadro sinóptico)	CJT	1	634,00	634,00
12,2	Tablero de Regulación automática de tensión de los trafos de potencia 50 KV	CJT	2	634,00	1.268,00
12,3	Tablero de protección y medición del transformador potencia	CJT	1	634,00	634,00
13	TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES				
13,1	Tablero de servicios auxiliares de corriente alterna 380 Vca de tipo autosoportado con interruptores termomagnéticos del tipo extraíble	CJT	1	250,00	250,00

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		MONTAJE	
		UNID	CANT.	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
13,2	Tablero de servicios auxiliares de corriente continua 110 Vcc de tipo autoportado con interruptores del tipo extraible	CJT	1	250,00	250,00
14	EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA				
14,1	Batería de acumuladores de 110 Vcc del tipo plomo acido de 100 A-h, que incluye fusibles, soportes conexiones y accesorios	CJT	1	850,00	850,00
14,2	Cargador-rectificador 380 Vca / 110 Vcc 50 A tipo tristor controlado, montado en armario metálico	CJT	1	350,00	350,00
15	CABLES DE BAJA TENSION				
15,1	Cables 380 Vca. completos e instalados	GBL	1	760,00	760,00
15,2	Cables 110 Vcc. completos e instalados	GBL	1	760,00	760,00
15,3	Cables auxiliares de medición, protección, señalización , alarma, etc	GBL	1	1.085,00	1.085,00
16	INSTALACIONES ELECTRICAS	GBL	1	747,17	747,17
17	RED DE TIERRA SUPERFICIAL				
17,1	Red de tierra profunda con conductor de Cu desnudo 70 mm2 y accesorios	m	510	0,95	484,50
17,2	Pozos de PAT compuesto por :				
17.2.1	Electrodo Cooperweld de DS=5/8" L=8´	U	6	22,00	132,00
17.2.2	Graapa de conexión	U	6	14,00	84,00
18	ESTRUCTURAS METALICAS				
18,1	Pórtico del sistema de barras 50 KV compuesto por : 4 montantes de 12.00 m. 4 montantes de 8.00 m. 4 travesaños de 6.50 m. 4 vigas de 6.50 m. 4 vigas de 6.00 m.	CJT	1	2.800,00	2.800,00
18,3	Empalmes y conexiones	GBL	1	980,00	980,00
18,4	Red de tierra superficial compuesto por conductor de cobre desnudo de 70 mm2 que se conectará a las partes metálicas no vivas.	GBL	1	512,00	512,00
19	INGENIERIA DE DETALLE				
19,1	Ingeniería de Detalle Subestación	GBL	1	8.500,00	8.500,00
20	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO				
20,1	Pruebas y Puesta de Servicio	GBL	1	9.600,00	9.600,00
TOTAL SUMINISTRO S.E. MARCA PUNTA					67.746,22

(*) Equipo no considerado en esta etapa

RESUMEN OBRAS CIVILES SUBESTACION MARCAPUNTA OESTE

PROYECTO : SUBESTACION MARCA PUNTA DE 24 MVA - 50 / 10.5 KV

SECCION : RESUMEN

PARTE	SECCION	DESCRIPCION	TOTAL (US\$)
D.		OBRAS CIVILES	
	1,1	EDIFICIO DE CONTROL Y GUARDIANIA	44.027,68
	1,2	PATIO DE LLAVES	90.569,37
	1,3	ACCESOS	20.620,31
		SUBTOTAL DE COSTO INDIRECTO	155.217,36

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El diseño de la subestación de la Mina Marcapunta Oeste en esta etapa, con un transformador provisional de 6MVA, 50/10.5 KV. Posteriormente en su primera etapa con la instalación definitiva de los equipos de patio comenzando con los pórticos de llegada hasta instalar el transformador de 10 -12 MVA, 50/10.5 KV., Luego en su segunda etapa con el equipamiento respectivo hasta cambiar e instalar un segundo transformador de 10 -12 MVA en el lado del transformador provisional, el cual podrá cumplir eficientemente las nuevas demandas de explotación en la mina hasta el año 2015 con una potencia instalada de 24 MVA, pasado dicho periodo podría evaluarse de acuerdo a la demanda de minerales en el mercado mundial si se podría a efectuarse otra nueva ampliación.
2. Los cálculos efectuados para el sistema de puesta a tierra en la subestación de Marcapunta cumplirán eficientemente en:
Proveer un camino hacia tierra de las corrientes bajo condiciones normales y de falla sin que se excedan los límites de operación de los equipamientos ni se afecte la continuidad de servicio.
La gradiente de potencial dentro y cerca de la subestación deberá ser tal que asegure que una persona u operario en la cercanía de las instalaciones del sistema de red de puesta a tierra, no esté expuesta al peligro de un choque eléctrico crítico, es decir que tanto la tensión de paso como la tensión de toque se limiten a valores seguros.
A la vez proporcionara un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, asegurando el funcionamiento satisfactorio de los relés de protección, ya sea que se deban a una falla de cortocircuito o a la operación de un pararrayos.

3. El sistema de control de energía es de gran importancia para la mina ya que de instalarse se tendría un sistema de transmisión de datos en tiempo real que estaría soportado por un sistema de control computarizado y de telecomunicaciones. Este sistema será el encargado de recolectar en la sala de control de la subestación Smelter y Marcapunta Oeste, en tiempo real, toda la información para operar, controlar y supervisar remotamente las subestaciones de la mina. Y la puesta en funcionamiento de este sistema en la mina sería un gran avance en la aplicación de esta tecnología y podríamos tener una de las minas privilegiadas en la zona de contar con este sistema.

RECOMENDACIONES

1. Los equipos de patio de la Subestación actualmente están operando con los transformador de potencia de 6MVA tendrán que ser cambiados en la etapa correspondiente a la instalación del segundo transformador de 10 -12 MVA, De esta manera los equipos podrán funcionar coordinadamente entregando datos reales de campo para conectarlo al sistema de control de energía.
2. El nuevo diseño de la subestación Marcapunta Oeste requiere una alimentación directa desde el punto inicial de la subestación Smelter (Llegada de la línea torre L-518).
Esto requiere de un diseño de adecuar la conexión actual de la primera torre de la línea Smelter –Marcapunta Oeste, hacia el punto de llegada de la subestación La Fundición.

BIBLIOGRAFIA

1. "Elementos de diseño de subestaciones eléctricas" (2da Edición)
Gilberto Enríquez Harper
Mexico -2002
2. "Instalaciones eléctricas" (1ra Edición)
Gilberto Enríquez Harper
México-1999
3. "Diseño de subestaciones"
C.C.I.E.S.A.M., FIEE, UNI -2004.
4. "Manual de diseño de Subestaciones"
Editado por Relaciones Industriales compañía de luz y fuerza del Centro S.A.
México, D.F. 1978.
5. "Especificaciones de coordinación de aislamiento comisión federal de electricidad "
CFE .
México D.F. 1980.
6. "Diseño de Subestaciones Eléctricas
Derechos reservados 1992, respecto a la primera edición.
McGRAW – HILL/Interamericana de México, S.A. De C.V.
México-1992.
7. "Información Recopilada en Clases"
Universidad Nacional de Ingeniería
Lima Perú.
8. Catalogo Schneider Electric 2006