

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 KV Y 7,5 MVA,  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA  
EN UNA EMPRESA MINERA**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**EDUARDO ALFREDO GARCIA RAMOS**

**PROMOCIÓN 2 000-I**

**LIMA-PERÚ**

**2 013**

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
<b>1.2 UBICACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>1.3 OBJETIVO</b>	<b>6</b>
<b>1.4 JUSTIFICACION</b>	<b>6</b>
<b>1.5 ALCANCES</b>	<b>6</b>
<b>1.6 LIMITACIONES</b>	<b>8</b>
<b>1.7 BENEFICIOS DEL PROYECTO</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE CIA MINERA</b>	<b>10</b>
<b>2.1 INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSION</b>	<b>10</b>
2.1.1 Subestación eléctrica principal y patio de llaves	10

2.1.2	Subestaciones eléctricas	12
2.1.3	Interruptores de potencia de media tensión (Switchgear)	12
2.1.4	Centro de control de motores en media tensión “MT”	13
2.1.5	Centro de control de motores en baja tensión “BT”	13
<b>2.2</b>	<b>INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b>	<b>13</b>
2.2.1	Alumbrado público	13
2.2.2	Alumbrado de oficinas y salas eléctricas	14
2.2.3	Alumbrado de emergencias	14
<b>2.3</b>	<b>TOMA CORRIENTES INDUSTRIALES</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>TABLEROS ELECTRICOS</b>	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>MOTORES ELECTRICOS</b>	<b>15</b>
2.5.1	Motores de jaula de ardilla	16
<b>2.6</b>	<b>OBSERVACIONES DE LAS INSTALACIONES</b>	<b>16</b>
2.6.1	Tableros eléctricos	16
2.6.2	Motores eléctricos	17
2.6.3	Relés de protección	17
 <b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MARCO TEORICO DEL PROYECTO</b>		
<b>3.1</b>	<b>SUBESTACIONES ELECTRICAS</b>	<b>18</b>

<b>3.2</b>	<b>SALA ELECTRICA MODULAR</b>	18
<b>3.3</b>	<b>INTERRUPTORES DE POTENCIA (SWTCHGEAR)</b>	19
<b>3.4</b>	<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM)</b>	19
3.4.1	Centro de control de motores en baja tensión	20
3.4.2	Centro de control de motores en alta tensión	20
<b>3.5</b>	<b>TABLEROS ELCTRICOS</b>	21
<b>3.6</b>	<b>BANCO DE BATERIAS Y CARGADOR DE BATERIAS</b>	22
3.6.1	Banco de baterías	22
3.6.2	Cargadores de batería	22
<b>3.7</b>	<b>MOTORES ELECTRICOS</b>	23
<b>3.8</b>	<b>ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCION</b>	28
<b>3.9</b>	<b>SISTEMA NOMINAL DE TENSION</b>	31
3.9.1	Sistema nominal de tensión (BT)	31
3.9.2	Sistema nominal de tensión (MT)	31
<b>3.10</b>	<b>FUENTE DE ALIMENTACION CONTINUA (UPS)</b>	31

## **CAPITULO IV**

### **CRITERIOS DE DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE COMPAÑÍA MINERA**

<b>4.1</b>	<b>OBJETIVOS</b>	32
------------	------------------	----

4.2	<b>ALCANCE</b>	32
4.3	<b>EXCEPCIONES</b>	33
4.4	<b>NORMAS Y REGULACIONES</b>	33
4.5	<b>NORMAS TECNICAS APLICABLES</b>	33
4.6	<b>CONDICIONES DE SITIO</b>	34
4.7	<b>TENSION DE DISTRIBUCION, UTILIZACION Y CONTROL</b>	36
4.7.1	Tensión nominal de distribución	37
4.7.2	Tensión nominal de utilización	37
4.7.3	Tensión de control	38
4.8	<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>	38
4.8.1	Nivel de aislamiento	38
4.8.2.	Potencia de corto circuito	38
4.8.3	Nivel de alumbrado	39
4.9	<b>ENCLOSURE DE EQUIPOS ELECTRICOS</b>	39
4.9.1	Interruptores de potencia (Swithgear)	39
4.9.2	Centro de control de motores	40
4.9.3	Motores eléctricos	40
4.9.4	Transformadores secos	40
4.9.5	Otros equipos eléctricos	40
4.10	<b>INTERRUPTORES DE POTENCIA (SWITCHGEAR)</b>	41

4.10.1	Interruptores de baja tensión (Switchgear)	41
4.10.2	Interruptores de media tensión (Switthgear)	42
4.11	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	43
4.12	<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>	44
4.12.1	Centro de control de motores en media tensión	44
4.1.2.2	Centro de control de motores de baja tensión	45
4.13	<b>CARGADOR Y BANCO DE BATERIAS</b>	46
4.14	<b>TRANSFORMADORES SECOS</b>	46
4.15	<b>MOTORES ELECTRICOS</b>	47
4.15.1	Motores de media tensión	47
4.15.2	Sensores de temperatura RTD y vibración	47
4.15.3	Rodamientos	48
4.15.4	Calefacturas (Heater)	48
4.16	<b>TOMACORRIENTES</b>	
4.16.1	Toma de fuerza para maquinas de soldar	48
4.17	<b>ALUMBRADO</b>	49
4.17.1	Lámparas de descargas de alta intensidad de luz(HID)	49
4.17.2	Luz florescentes	49
4.17.3	Alumbrado de emergencia	50
4.18	<b>TABLEROS DE ALUMBRADO</b>	50

4.19	<b>SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERUMPIDA “UPS”</b>	51
4.20	<b>INSTRUMENTACION TRANSFORMADORES</b>	51
4.20.1	Transformadores de corriente	51
4.20.2	Transformadores de potencia (PT)	53
4.21	<b>CABLES ELECTRICOS</b>	56
4.21.1	Cables de media tensión	56
4.21.2	Cables de fuerza y control de BT	57
4.21.3	Cables de instrumentación	57
4.21.4	Cables de alumbrado	57
4.22	<b>CANALIZACIONES</b>	58
4.22.1	Tuberías Conduit	58
4.22.2	Tuberías flexible	58
4.22.3	Bandejas portacables	59
4.22.4	Ducteria eléctrica	60
4.23	<b>SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA</b>	60
4.24	<b>CALCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	61
4.24.1	Demanda eléctrica	61
4.24.2	Dimensionamiento de conductores eléctricos	66
4.24.3	Calculo de malla de tierra	83
4.24.4	Calculo de iluminación	96

**CAPITULO V**

<b>CRITERIO DE CONSTRUCCION DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA CIA MINERA</b>	108
<b>5.1 INSTALACIONES ELECTRICAS</b>	108
<b>5.2 INFORMACION ENTREGADA POR EL CLIENTE</b>	110
<b>5.3 MATERIALES ENTREGADOS POR EL CONTRATISTA</b>	112
<b>5.4 RECEPCION Y ALMACENAMIENTO</b>	113
5.4.1 Recepción de materiales y equipos	113
5.4.2 Almacenamiento y protección de materiales y equipos	114
5.4.3 Placa de identificación	116
<b>5.5 CANALIZACIONES ELECTRICAS</b>	117
5.5.1 Tuberías conduit	117
5.5.2 Tubería flexible	121
5.5.3 Bandeja porta cable	122
5.5.4 Canalizaciones enterradas	124
<b>5.6 SOPORTES, ACCESORIOS Y CAJAS DE PASO</b>	126
5.6.1 Soportes	124
5.6.2 Cajas de paso	129
5.6.3 Accesorios	130

5.7	<b>CABLEADO ELECTRICO</b>	128
5.8	<b>EMPALMES Y TERMINACIONES</b>	129
5.9	<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	132
5.10	<b>ALUMBRADO</b>	135
5.11	<b>TABLERO PANELES Y TOMACORRIENTE</b>	137
5.12	<b>TRANSFORMADORES</b>	138
5.13	<b>SEÑALIZACION DE PELIGRO</b>	139

## **CAPITULO VI**

### **PRUEBAS ELECTRICAS DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALCIONES ELECTRICAS DE CIA. MINERA**

6.1	<b>OBJETIVO</b>	141
6.2	<b>ALCANCE</b>	142
6.3	<b>RESPONSABILIDADES</b>	142
6.4	<b>PRUEBA DE ACEPTACION</b>	142
6.5	<b>EQUIPOS DE PRUEBA</b>	143
6.5.1	Inspección y pruebas de equipo s eléctricos	144

**CAPITULO VII**

<b>PRESUPUESTO DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE CIA MINERA</b>	159
7.1 ANTECEDENTES	159
7.2 CRITERIOS DE ESTIMACION	159
7.3 EXACTTUD DE LA ESTIMACION	159
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>RECOMENDACIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS.</b>	

## **PRÓLOGO**

En la actualidad, para obtener concentrados de Cu y Zn, la Industria Minería dispone de una infraestructura electromecánica compleja debido a los diferentes tipos de mineral que se reciben. La producción de concentrados, presenta distintas etapas en el proceso, entre ellas tenemos el chancado y transporte de mineral, molienda, flotación y bombeo de mineral, hasta obtener un producto terminado.

Considerando la magnitud del tonelaje diario que procesa la industria minera, la demanda de energía requerida es significativa, esto se traduce en infraestructura eléctrica, que permitirá la transmisión, transformación y distribución de la potencia, a los diferentes subestaciones que se consideren.

El presente informe “Instalaciones Eléctricas en 23/4,16 kV y 7,5 MVA para una Estación de Bombeo de agua Recuperada en una Empresa Minera”, es parte de un proyecto integral de ampliación de las instalaciones de CIA. Minera, y consiste en la implementación eléctrica para una Estación de bombeo de Agua Recuperada. Es importante precisar que, la ejecución de las obras electromecánicas, terminaron en el mes de diciembre del año 2012.

El Sistema de Bombeo de Agua Recuperada, es considerado de gran importancia para el proceso de recuperación de mineral por flotación, la falta de este recurso (agua recuperada), simplemente paralizaría las operaciones.

EL presente informe se encuentra separado por capítulos, los cuales han sido desarrollados, manteniendo una secuencia lógica para un mejor entendimiento, y su contenido se describe a continuación:

### **Capítulo I**

Se explican las razones y necesidades del proyecto, su objetivo, ubicación, alcances y limitaciones, así como su justificación y beneficio.

### **Capítulo II**

Se presentan una descripción general de cómo se encuentran operando la infraestructura eléctrica de CIA. Minera.

### **Capítulo III**

Se describen los principales equipos eléctricos que forman parte de las instalaciones eléctricas, sus diferentes tipos, funciones y aplicaciones.

### **Capítulo IV**

Se informa sobre las condiciones de sitio, se detallan las exigencias técnicas mínimas que debe tener todo material y equipamiento eléctrico nuevo, se establecen los factores de corrección por altura, tensiones de distribución y utilización, y las normas sobre las cuales se soportara nuestro diseño.

Este capítulo contiene también, una descripción de las fórmulas que utilizaremos para nuestros cálculos, así como su aplicación en nuestro informe.

## **Capítulo V**

Se describen las recomendaciones mínimas de almacenamiento, transporte, ensamble, instalación y control de calidad que debe tener todo equipamiento eléctrico suministrado por CIA. Minera o por el contratista para el presente trabajo.

## **Capítulo VI**

En el presente capítulo, se describen las consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para, la inspección de equipos y materiales eléctricos, además se indica el tipo de pruebas eléctricas que deben ser realizadas de acuerdo a norma y conforme a las recomendaciones del fabricante.

## **Capítulo VII**

Se presenta el presupuesto del proyecto (suministro y ejecución), se explica cómo se encuentra estructurado, y las consideraciones tomadas.

Finalizando los capítulos, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo, las cuales recogen las lecciones aprendidas que se tuvieron durante la etapa de diseño y construcción. Seguido a estos, se detalla la bibliografía utilizada.

Finalmente se presentan en Anexos, que contienen los entregables del proyecto (planos de construcción y documentos de cálculo), los cuales se encuentran detallados en el capítulo I.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES.**

EL informe desarrollado “Instalaciones Eléctricas en 23/4,16 kV y 7,5 MVA para una Estación de Bombeo de Agua Recuperada en una Empresa Minera”, formo parte del proyecto de ampliación de la tasa de producción de CIA. Minera.

Desde el año 2008, CIA. Minera realizo con equipos multidisciplinarios propios (Owner Team) y consultoras internacionales, estudios técnicos y evaluaciones financieras, con diferentes alternativas de incremento de la tasa de producción, teniendo como objetivo, encontrar un caso de negocio para CIA. Minera.

A finales de 2009, se presentó el caso de negocio final a los accionistas de CIA. Minera, para incrementar la producción de 90 000 a 130 000 toneladas métricas día, quedado aprobada y autorizada su ejecución.

El presente trabajo, ha enfocado su atención a la infraestructura eléctrica del Sistema de Bombeo de Agua Recuperada, el cual consiste en reciclar el agua de los relaves de planta, para retornarlas al proceso a través de estaciones de

bombeo. De esta manera, las operaciones mineras no afectan cuerpos de agua alto andino sino que minimiza el empleo de agua fresca en su operación.

## **1.2 UBICACIÓN**

CIA. Minera, es un complejo minero polimetálico que produce concentrados de cobre, zinc, molibdeno, y como subproductos, concentrados de plata y plomo. La mina está ubicada en la sierra norte de Lima, a una altitud promedio de 4300 metros sobre el nivel del mar.

## **1.3 OBJETIVO.**

El objetivo del presente informe, consiste en desarrollar los planos y documentos a nivel de ingeniería de detalle, para la infraestructura eléctrica de una estación de bombeo de agua recuperada.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la ingeniería de detalle del presente trabajo, así como su ejecución, exige de una inversión por parte de los accionistas de CIA Minera, los analistas de finanzas han realizado un análisis integral del proyecto, cuyo monto alcanzo los 1300 millones de dólares con un retorno de la inversión de 5 años.

## **1.5 ALCANCES.**

El alcance de nuestro informe, considera el desarrollo de planos y documentos de detalle, que comprende desde el cable que deriva del poste de fin de línea de 23 kV, hasta el transformador de potencia, sala eléctrica pre-fabricada, y

acometida eléctrica de fuerza y control a cada uno de los motores eléctricos de la estación de bombeo de agua recuperada, también considera el sistema de puesta a tierra, así como la protección del área contra descargas atmosféricas.

Los siguientes planos y documentos de la disciplina de electricidad, forman parte del presente trabajo, y estarán disponibles en el capítulo de Anexos:

- Planos unifilares.
- Esquemáticos de control.
- Plano de disposición de salas eléctricas.
- Planos de canalizaciones eléctricas.
- Memoria de Cálculo de cables eléctricos.
- Memoria de Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- Memoria de cálculos de la máxima demanda.
- Metrado de Materiales Eléctricos.
- Listado de Equipos.
- Presupuesto de construcción.

Toda información técnica entregada por CIA. Minera tales como: planos de las instalaciones existentes, valores de demanda eléctrica y reservas de interruptores o espacios disponibles en salas eléctricas, serán tomados como referencia para el desarrollo del presente informe, debiéndose revisar, verificar y validar la información entregada por CIA Minera.

El alcance de la especialidad de instrumentación y comunicaciones, no es parte del trabajo, sin embargo dentro del mismo informe., serán mencionados para fines explicativos de control y protección.

Las siguientes actividades no serán desarrolladas en nuestro informe, y su implementación será responsabilidad CIA. Minera:

- La ingeniería, instalación y costos del tramo de línea área en 23kV, desde el punto de derivación hasta la ubicación del poste de fin de línea próximo a la estación de bombeo de agua recuperada.
- Estudios de aislamiento (BIL) y corto circuito.
- Estudios medioambientales.
- Análisis y estudios de mercado.
- Marketing de productos
- Evaluación financiera del proyecto.
- Cualquier trabajo fuera del alcance del Proyecto

## **1.6 LIMITACIONES.**

- La principal limitación reconocida, es la geografía accidentada de la zona, y la falta de espacios libres. CIA. Minera lleva operando más de 10 años, y los servicios que soportan la operación tales como: \_ almacenes, talleres y oficinas, han ocupado gran parte de las áreas libres de mina, por esta razón, los espacios propicios son escasos.

- No se dispone centros de transformación próxima a la ubicación de la nueva estación de bombeo, esto demanda instalar una nueva línea aérea en 23 kV así como de Fibra Óptica.

## **1.7 BENEFICIOS DEL PROYECTO.**

- La nueva capacidad de bombeo del Sistema de Agua Recuperada, incrementara su caudal de impulsión de 8500 m<sup>3</sup>/h a 11000 m<sup>3</sup>/h, con esto se atenderá la nueva tasa de procesamiento de 130 000 toneladas métricas por día.
- El nuevo Sistema de Bombeo de Agua Recuperada, operara en paralelo con el sistema existente haciéndolo confiable. además contara con una infraestructura moderna respecto a la existente.
- Se minimiza el empleo de agua fresca, no afectando los cuerpos de agua alto andinos ya que la presa permite recircular el agua empleada por la planta concentradora entre un 93–97%.

## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE CIA. MINERA.**

#### **2.1 INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSION.**

##### **2.1.1 Subestación Eléctrica Principal y Patio de Llaves**

Debido a la magnitud de la demanda eléctrica generada por el proceso de producción de concentrados de mineral, CIA Minera cuenta con un patio de llaves, donde concentra los equipos eléctricos de potencia en Media y Alta Tensión, entre ellos tenemos dos transformadores en aceite de 100 MVA, que son alimentados a través de una línea de transmisión que llega desde una de las Subestaciones Eléctricas (SE) del sistema eléctrico interconectado (SEIN), en 220 kV. El secundario de cada transformador, está conectado de forma independiente y balanceada a sus respectivos buses de barras denominados bus “A” y “B” en 23 kV, ambos buses, podrán ser unidos mediante un interruptor de acoplamiento (TIE-Breaker), de modo que, cualquiera de los transformadores puede absorber la totalidad de la carga en caso de falla o mantenimiento de uno de ellos (secundario selectivo y redundante).

Desde los interruptores de potencia que conforman los buses de barras “A” y “B” en 23 kV, se realiza la distribución de potencia a cada una de las subestaciones eléctricas existentes en Planta Concentradora y Mina.

Con los registros de máxima demanda obtenidos de la Subestación Eléctrica Principal (SEP) de CIA. Minera, más los cálculos de máxima demanda realizados con la totalidad de cargas proyectadas para la nueva tasa de producción, se concluyó tomar las siguientes acciones para reforzar el suministro de potencia:

- Construcción de una nueva línea de transmisión en 220 kV, que llegara a la SEP de CIA. Minera, y se conectara a unos 50 km con el SEIN.
- Ampliación del patio de llaves de CIA. Minera con un nuevo transformador de potencia, de iguales características a los existentes.
- Instalación de nuevo bus de barras denominado “C”, equipado con interruptores de potencia en 23 kV para distribución, dicho bus será unido al bus de barras existente “B”, mediante un interruptor de acoplamiento (TIE- Breaker).

Es importante señalar que, el circuito de 750kcmil en 23 kV, que alimenta a la estación de bombeo existente de Agua Recuperada, toma carga un interruptor de potencia ubicado en el bus de barras “B” en la SEP, y desde aquí, es llevado a través de bandejas y ductos eléctricos hasta un punto donde, la potencia es transmitida una línea trocal aérea de 715 kcmil, desde donde derivan conductores AAAC de 240 mm<sup>2</sup>, hasta la ubicación de la Subestaciones Eléctricas dicho sistema.

El administrador de Sistemas de Potencia de CIA. Minera, ha confirmado que el conductor principal de 750 kcmil, tiene capacidad suficiente para atender la nueva demanda de energía producto de la ampliación, por lo tanto el nuevo sistema eléctrico de agua recuperada, será alimentado desde dicha troncal eléctrica.

### **2.1.2 Subestaciones Eléctricas.**

Las subestaciones eléctricas existente, son para uso exterior y en aceite. El lado primario cuenta con un gabinete donde se ubican y protegen los bushing de media tensión, y los pararrayos de estación, así como el contador de descargas. Los bushing del secundario delos Transformadores, se encuentra conectada a un ducto de barras, a través de barras flexibles. El ducto de barras de cobre metal en closed y no segregado, dispone de heater con el propósito de evitar la humedad y condensación en el interior del ducto.

### **2.1.3 Interruptores de Potencia de Media Tensión (Switchgear)**

Los interruptores extraíbles de potencia (Switchgear), clase 38 kV, uso interior, se encuentran insertos en gabinetes auto soportados, donde se ubican también los relés de protección, transformadores de potencial (PT) y compartimientos donde control. Estos equipos son instalados para protección y seccionamiento del lado primario de los transformadores de potencia, y datan del año 2010.

#### **2.1.4 Centro de Control de Motores en Media Tensión “MT”**

Estos equipos son auto soportados y fabricados en planchas de acero, y de uso interior, cuentan con contactores extraíbles de botellas de vacío tipo One High (un arrancador por columna), clase 7,2 kV, equipados con fusibles dimensionados para la carga. Llevan un transformador de control de 4160/120 V, y un Relé de protección donde se monitorean los principales parámetros de operación del motor, así como de temperatura (rodamiento y bobinados). Se pueden comunicar vía Mod Bus o RS232. La tecnología utilizada, data del año 1999.

#### **2.1.5 Centro de Control de Motores en Baja Tensión “BT”**

Estos equipos son auto soportados y fabricados en planchas de acero y de uso interior, disponen de cubículos extraíbles equipados con arrancadores para motores e interruptores caja moldeada (Feeder) dimensionados para cargas en baja tensión.

### **2.2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO.**

#### **2.2.1 Alumbrado Publico**

Para alumbrado exterior, área de procesos y túneles, se utilizan en mina, luminarias de alta intensidad de descarga (HID), y con lámparas de alta presión de sodio (HPS). Las luminarias, irán montadas sobre postes de acero de 10m de altura, y las conexiones o puentes entre postes, son realizadas en cajas de paso de acero inoxidable de uso exterior.

Luces HID con lámparas de halógenos metálicos, se utilizarán cuando se requiere interpretación de color.

### **2.2.2 Alumbrado de Oficinas y Salas Eléctricas.**

Fluorescentes de rápido arranque, con lámparas de color blanco cálido, se utilizan generalmente para la iluminación de oficinas y salas de equipos.

### **2.2.3 Alumbrado de Emergencia.**

Todas las puertas y pasadizos que conducen a las salidas de emergencia, cuentan con alumbrado de emergencia que funcionan con baterías individuales. Estas baterías se alimentan de los circuitos normales de iluminación. La autonomía de las baterías será de por lo menos 1 1/2 hora.

## **2.3 TOMACORRIENTES INDUSTRIALES.**

Los tomacorrientes dobles para servicio pesado de 2x25 A, 250 V, se encuentran instalados en el interior de salas eléctricas así como en los exteriores, disponen de tapa y son a prueba de agua.

Las de tomas trifásicas para servicio pesado, y uso exterior de 60 A, 480 V, están previstas para eventuales trabajos de soldadura.

## **2.4 TABLEROS ELECTRICOS.**

- **Tablero de Alumbrado (LPA), 3 Ø, 400-230 V**

Fabricados en acero, están conformados por barras de cobre, neutro y tierra, contratapa y mandil de protección, equipados con interruptores

termo magnéticos de 15/20 amperios. En estos, se concentran las cargas de los circuitos de alumbrado y tomacorrientes de uso interior y exterior, además de los circuitos calefactores (heater) de motores y centro de cargas.

- **Tablero de Control (DPJ), 1 Ø, 120 V**

Estos tableros están equipados generalmente con interruptores termo magnéticos de 15A, son utilizados para alimentar a los tableros que concentran las señales de campo (terminal de borneras TBC), desde donde se energizan los sensores, controladores y switches de campo entre otros.

- **Tablero de Tensión Ininterrumpida(DPU), 1Ø, 120 V**

Equipados con interruptores termo magnéticos generalmente de 15A, son utilizados para alimentar cargas críticas, tales como PLC y sistema contra incendios, se advierte que, las instalaciones eléctricas existentes de Agua Recuperada, no cuentan con respaldo (UPS), y ante una falla, se pierden las señales de campo en sala de control, y los registros de falla de los relés de protección.

## **2.5 MOTORES ELECTRICOS**

### **2.5.1 Motores de Jaula de Ardilla.**

Los motores eléctricos jaula de ardilla, trifásicos y de Media Tensión (MT), son los que predominan en planta, y datan del año 2000. Se encuentran dimensionados para condiciones severas de uso (Severe Duty), tales como exposición al polvo abrasivo, lluvia y granizada.

Llevar un cerramiento TEAAC, clase de aislamiento “F”, cuentan con sensores de temperatura (RTD), ubicados en los rodamientos y en los devanados del estator.

La eficiencia de estos motores se puede catalogar como estándar, debido a su antigüedad.

Respecto a los motores de baja tensión, nos son necesarios en nuestro proyecto.

## **2.6 OBSERVACIONES DE LAS INSTALACIONES.**

Con el propósito de recoger las recomendaciones de personal de mantenimiento en Mina, se programaron visitas a las instalaciones de Agua Recuperada de CIA. Minera, se detectaron y registraron, las siguientes deficiencias técnicas que serán tomadas en cuenta en nuestro diseño, alguna de las observaciones representan condiciones inseguras, y han sido remitidas a la jefatura de mantenimiento para las acciones correspondientes.

### **2.6.1 Tableros Eléctricos.**

- Los interruptores termo magnéticos tipo engrampe y caja moldeada, no disponen de dispositivos para bloqueo con candado, esto exige que personal de mantenimiento y construcción cada vez que requieran bloquear uno o más circuitos, tenga que bloquear el tablero completo, o disponer de dispositivos especiales normados para bloqueo de interruptores, y que calcen con el tipo y tamaño de los mismos, esta solución es poco práctica.

- Debido a su antigüedad (10 años), los interruptores termo magnéticos tipo engrampe, se encuentran obsoletos. Esta limitante no permite agregar nuevos dispositivos de protección, y por lo tanto no utilizar la capacidad plena de los Tableros existentes.
- Los Tableros de Alumbrado y Tomacorriente (LPA), no disponen de protección diferencial.

### **2.6.2 Motores Eléctricos.**

- La eficiencia de los motores instalados es estándar, esto se traduce en una mayor facturación. Nuestro diseño considera motores de alta eficiencia.
- Los rodamientos utilizados son antifricción, sin embargo los mismos se encuentran expuestos a un desgaste prematuro por corrientes parasitas. Nuestro diseño considera rodamientos con aislamiento.

### **2.6.3 Relés de Protección.**

- Debido a su antigüedad, los relés de protección del proyecto original, solo dispone de protocolos de comunicación RS 232 y Mod Bus. Nuestro diseño considera relés de protección de última generación, con interfaz de comunicación por fibra óptica.
- Con respecto a la suministro de energía en 120 V, esta será tomada desde el UPS considerado en nuestro diseño.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO**

#### **3.1 SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS**

Equipo eléctrico estático utilizado para la transformación de tensión. Es el principal componente de toda instalación eléctrica, y representa uno de los mayores costos del suministro así como de fabricación.

Debido a la falta de Centros de Transformación próximos a nuestra instalación, se advierte la necesidad de prescindir de una sub estación eléctrica de transformación, con potencia suficiente para atender la demanda eléctrica en los niveles de tensión de utilización para la nueva Estación de Rebombéo.

#### **3.2 SALA ELÉCTRICA MODULAR.**

Las salas eléctricas modulares, son fabricadas a solicitud del cliente, su tamaño y cálculo estructural, dependerá de la cantidad de equipos. Son entregados con un equipamiento básico, conformado por los sistemas de alumbrado, tomacorrientes sistema contra incendio y de presurización de aire. En este se integran electromecánicamente los equipos principales de distribución en

media y baja tensión (MT y BT), control y comunicaciones, dentro de una construcción metálica y transportable

### **3.3 INTERRUPTORES DE POTENCIA (SWITCHGEAR).**

Los Switchgear forman parte del sistema de potencia, y se utilizan para dirigir el flujo de potencia a varios alimentadores y también para aislar aparatos y circuitos del sistema de potencia. Estos equipos incluyen bus de barras, disyuntores, fusibles, dispositivos de desconexión, transformadores de corriente (TC), transformadores de tensión (TT), y la estructura sobre o en la que se montan.

Los switchgear aplican para todo sistema industrial de energía eléctrica, y son principalmente usados como celda de llegada, control y protección de los centros de carga, transformadores de pulsos, transformadores de potencia, centros de control de motores y otros equipos de distribución secundaria.

### **3.4 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM).**

Un CCM es un tablero que alimenta, controla y protege circuitos cuya carga esencialmente consiste en motores y que usa contactor y arranadores como principales componentes de control.

Los CCM, ofrece en la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motor es de distintas áreas de una planta así como el sistema de distribución de la misma, al utilizar este equipamiento, se reducen los costos y aquellas líneas de alimentación llegan a un solo lugar

(CCM) y desde allí salen los cables de poder y de control hacia las cargas finales.

Con respecto al tipo de comunicación, dependerá de la infraestructura de comunicación de planta. Los relés de protección, pueden ser solicitados con interfaz de comunicación por Device Net, Field Bus o Fibra Óptica.

De acuerdo a la clase de tensión, tenemos:

#### **3.4.1 Centro de Control de Motores en Baja Tensión.**

Estructura Metálica auto soportado tipo Metal Enclosed, está provisto de un interruptor principal con Relé de protección, y cada sección contara con cubículos extraíbles equipados para arranque de motores, y feeder de protección de transformadores, tomas de fuerza, motores, cargadores de baterías y válvulas motorizadas entre otros. El centro de control de motores, puede ser para uso exterior o interior.

#### **3.4.2 Centro de Control de Motores en Media Tensión.**

Estructura metálica tipo Metal Clad, se trata de un conjunto de gabinetes, clase 7,2 kV, unidos por un solo juego de barras conformado por una celda de llegada (incoming), celdas de alimentación simple o doble, equipadas con candores de vacío extraíbles, seccionadores bajo carga, transformadores de potencial, transformadores de corriente, relés de protección, luces de señalización y compartimientos de control.

### **3.5 TABLEROS ELÉCTRICOS.**

Son equipos pertenecientes a los sistemas eléctricos, y están destinados a cumplir con algunas de las siguientes funciones: medición, control, maniobra y protección. Constituyen uno de los componentes más importantes de las instalaciones eléctricas y por ende están siempre presentes en ellas, independientemente de su nivel de tensión, su tipo o tamaño.

Los tableros adquieren las más variadas formas y dimensiones de acuerdo con la función específica que les toque desempeñar, como pueden ser aquellos que se emplean en los distintos tipos de inmuebles (viviendas, sanatorios, escuelas, estadios deportivos, etc.) o bien en industrias.

Se puede afirmar que no es posible la ejecución y funcionamiento de ningún tipo de instalación eléctrica sin la utilización de alguna clase de tablero. Es por ello que consideraremos que el conocimiento en sus diversos aspectos, es de fundamental importancia para toda instalación eléctrica.

Para la industria pesada, es fabricado en planchas de acero, con estructura adósable y autosoportada, cuenta con una puerta principal abisagrada, mandil de acero, para protección de la parte caliente del tablero, dispone de una contratapa donde se soporta las barras y a los interruptores.

### **3.6 BANCO DE BATERÍAS Y CARGADOR DE BATERÍAS.**

#### **3.6.1 Banco de Baterías.**

Son utilizados para mantener energizadas las cargas críticas en salas o sub estaciones eléctricas, tales como: cuadro de alarmas, sistemas contra incendio equipo de onda portadora (OPLAT), equipos de micro onda, control de disparo de los interruptores de alta tensión y baja tensión, control de apertura de los interruptores de alta tensión y baja tensión, control de los seccionadores Sistemas de iluminación de emergencia

Los bancos de baterías deben estar alimentados por un cargador rectificador que convierte la corriente alterna en corriente directa para la carga de los mismos. Las baterías utilizan electrolito que pueden ser ácidos o alcalinos.

#### **3.6.2 Cargadores de Batería.**

Dispositivos eléctricos (generadores de CD) o electrónicos, que se utilizan para cargar y mantener en flotación, con carga permanente, la batería de que se trate, el cargador se conecta en paralelo con la batería.

La capacidad de los cargadores, dependerá de la eficiencia de la batería, o sea, del tipo de batería que se adquiera, por ejemplo para una misma demanda impuesta a la batería, se requiere un cargador de mayor capacidad, para el caso de alcalina, por tener esta una eficiencia menor.

### 3.7 MOTORES ELECTRICOS

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica, la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

Entre los motores de corriente alterna que tenemos en el mercado, existen los motores síncronos y asíncronos. Entre los motores asíncronos, tenemos los motores de rotor bobinado y los de jaula de ardilla.

#### a) Motores Síncronos

Los motores síncronos son máquinas utilizadas para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica. Su principal aplicación es en la regulación del factor de potencia, ya que este tipo de máquina al ser sobreexcitado puede hacerse capacitivo o inductivo con lo que se puede corregir el factor de potencia a conveniencia. También es una máquina que brinda confiabilidad en la estabilidad de su velocidad.

Su operación como motor síncrono se realiza cuando el estator es alimentado con un voltaje trifásico de corriente alterna, provocando un campo magnético giratorio y consecutivamente el rotor alimentado con un voltaje en DC, produciendo otro campo magnético, el cual se alineará con el campo del estator es decir lo perseguirá a una velocidad conocida como velocidad síncrona, que es la velocidad a la que gira el flujo magnético rotante que es: por lo que se dice que son motores de velocidad constante y suministran potencia a cargas que son básicamente dispositivos de velocidad constante

La máquina síncrona es una máquina reversible ya que se puede utilizar como generador de corriente alterna o como motor síncrono. Está constituido por dos devanados independientes:

Un devanado inductor, construido en forma de arrollamiento concentrado o distribuido en ranuras, alimentado por corriente continua, que da lugar a los polos de la máquina y que se coloca en el rotor.

Un devanado inducido distribuido formando un arrollamiento trifásico recorrido por corriente alterna ubicado en el estator que está construido de un material ferromagnético, generalmente de chapas de acero al silicio.

La estructura del rotor puede ser en forma de polos salientes o de polos lisos.

## **b) Motores de Inducción**

Los motores de inducción, son aquellos en los cuales la transformación electromecánica de la energía se logra mediante el efecto inductivo o de transformador entre dos juegos de bobinas situadas uno en el estator y el otro en el rotor respectivamente. El primer juego de bobinas usualmente en el estator, es alimentado mediante un sistema de tensión trifásica y simétrica, de una determinada frecuencia, las que generan un campo magnético giratorio en el entrehierro, el segundo juego de bobinas, se sitúa

en el rotor, en las cuales, por efecto inductivo el campo magnético giratorio del entrehierro induce corrientes que interactúan con las corrientes del bobinado del estator produciendo un par que pone y mantiene en rotación a la máquina. En el rotor se establecen corrientes cuya frecuencia se conoce como frecuencia de deslizamiento y que depende de la diferencia de velocidades del campo giratorio del entrehierro que gira a la velocidad síncrona y la velocidad del rotor.

Entre los tipos de motores de inducción, tenemos a los motores de Jaula de Ardilla y los Motores de Rotor Bobinado que son descritos a continuación:

### c) **Motor Jaula de Ardilla**

En este tipo constructivo, el bobinado del rotor consta de un número de barras embebidas en las ranuras del rotor, y sus extremos se encuentran unidos por aros que, generalmente son del mismo material de las barras, lo cual las mantiene permanentemente cortocircuitadas.

En realidad un bobinado tipo jaula de ardilla es un bobinado que consta de un determinado número de fases en función del número de barras y del número de Polos que induce el bobinado del estator.

Generalmente las jaulas de ardilla se fabrican en la actualidad de aluminio inyectado de alta calidad, cobre y latón entre otros materiales, de acuerdo a las características de torque requerido en el proyecto.

Para lograr ciertas características de torque, se recurre a la fabricación de rotores con doble jaula, la primera ubicada junto al entrehierro, trabaja en el arranque por lo cual se la conoce como jaula de arranque y la otra trabaja a la frecuencia de deslizamiento, el campo puede penetrar hasta su ubicación debajo de la jaula de arranque, y es conocida como jaula de trabajo.

De acuerdo a las normas, se fabrican motores con varias características de par, por ejemplo de los tipos NEMA A, B, C, D para diferentes aplicaciones de uso general, con los cuales pueden satisfacerse apropiadamente las condiciones de arranque y performance de los motores.

#### **d) Motor de Rotor Bobinado**

Utilizado para el arranque de cargas de gran inercia y que necesitan de un elevado torque de arranque. Este problema se supera construyendo el rotor con un bobinado polifásico al cual se accede mediante un juego de contactos deslizantes y mediante los cuales se adiciona durante el arranque un juego de resistencias a cada fase, de tal manera que se incrementa la resistencia por fase y con ello el valor de las pérdidas por fase en el rotor.

Al introducir las resistencias en serie en cada fase del rotor se aumenta la impedancia por fase del motor y la corriente de arranque se reduce, variando la posición de reposo del rotor (Deslizamiento  $S=1$ ). El segundo efecto de la introducción de la resistencia de arranque en serie con cada fase del bobinado del rotor, es la disminución del Angulo de la corriente de arranque desde un valor aproximado de unos  $75^\circ$  (valor muy inductivo),

hasta unos  $45^\circ$ , haciendo que esta corriente sea más activa, con esto se varia la característica natural del par en función del deslizamiento o de la velocidad llevando la posición del torque máximo o basculante a la posición de deslizamiento  $S=1$  (momento del arranque). Generalmente se añade en cada fase del rotor un valor de resistencias tal que se realice el arranque con el valor máximo del torque del motor y se limite la corriente de arranque a entre 1, 3 y 2 veces la corriente nominal.

En realidad, un motor de inducción con rotor bobinado es como un transformador cuyo secundario gira. Si el bobinado secundario es puesto en corto circuito y en esa condición se alimenta para arrancar, el par de arranque Será muy pequeño, la corriente de arranque será grande y el rotor si esta aplicado a la carga no se moverá, por esta razón los motores de rotor bobinado deben ser protegidos mediante un determinado en clavamiento contra el arranque accidental, cuando estando el motor detenido, el sistema de anillos por una condición anormal del control haya quedado en cortocircuito.

Cuando el motor de rotor bobinado, opera con los anillos en corto circuito a velocidad nominal, se comporta igual que un motor con rotor tipo jaula de ardilla, la diferencia, como se ha indicado, está en que el arranque que se efectúa con una resistencia adicional trifásica equilibrada, conectada en serie con el circuito retorico constituido por el bobinado y sus terminales conectados a los anillos rozantes que, constituyen el órgano giratorio del sistema de contacto deslizante, y las escobillas y porta escobillas que

constituyen el órgano fijo para la conducción de corriente al circuito externo de fuerza del rotor. Esta característica hace que el motor durante el arranque tenga un par o momento alto y una corriente de inserción baja, por lo cual es apropiado para accionar grandes cargas y momentos de inercia altos, como es el caso de las fajas transportadoras.

### **3.8 ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCIÓN.**

Durante el arranque de un motor, la corriente solicitada es considerable y puede provocar una caída de tensión que afecte al funcionamiento de los receptores del entorno, sobre todo si no se ha tenido en cuenta en los cálculos, la sección de la línea o cable de alimentación.

En los motores de jaula de ardilla, únicamente son accesibles los terminales del devanado del estator (caja de bornes). Dado que el fabricante determina las características del motor, los distintos procesos de arranque consisten principalmente en hacer variar la tensión en bornes del estator. En este tipo de motores cuya frecuencia es constante, la reducción del pico de corriente, conlleva de manera automática una fuerte reducción del par.

Para reducir las corrientes en el momento de la puesta en marcha de un motor, se emplean métodos especiales de arranque, según que la máquina tenga su rotor en forma de jaula de ardilla o con anillos. Los principales métodos de arranque son los siguientes:

**a) Arranque directo**

Es la manera más simple de arrancar un motor de jaula de ardilla, consiste en conectar el o los motores directamente a la red.

En el momento de la puesta bajo tensión, el motor actúa como un transformador cuyo secundario, formado por la jaula de poca resistencia del rotor, está en cortocircuito. La corriente inducida en el rotor es importante. La corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales.

Se obtiene un pico de corriente importante en la red: Iarranque de 5 a 8 In, y un par de arranque medio es: M arranque de 0,5 a 1,5 Mn, el arranque directo tiene una serie de ventajas tales como: sencillez del equipo, elevado par de arranque, arranque rápido y bajo costo.

**b) Arranque por Resistencia Motor de rotor bobinado**

Un motor de anillos no puede arrancar en directo (devanados rotóricos cortocircuitados) sin provocar picos de corriente inadmisibles. Es necesario insertar en el circuito rotórico resistencias que se cortocircuiten progresivamente, al tiempo que se alimenta el estator a toda la tensión de red.

El cálculo de la resistencia insertada en cada fase permite determinar con rigor la curva de par-velocidad resultante; para un par dado, la velocidad es menor cuanto mayor sea la resistencia. Como resultado, la resistencia debe insertarse por completo en el momento del arranque y la plena velocidad se alcanza cuando la resistencia está completamente cortocircuitada.

La corriente absorbida es prácticamente proporcional al par que se suministra. Como máximo, es ligeramente superior a este valor teórico.

El motor de anillos con arranque rotórico se impone, por tanto, en todos los casos en los que las puntas de corriente deben ser débiles y cuando las máquinas deben arrancar a plena carga.

Por lo demás, este tipo de arranque es sumamente flexible, ya que resulta fácil adaptar el número y el aspecto de las curvas que representan los tiempos sucesivos a los requisitos mecánicos o eléctricos (par resistente, valor de aceleración, punta máxima de corriente, etc.).

### **c) Arranque Electrónico**

La alimentación del motor durante la puesta en tensión se realiza mediante una subida progresiva de la tensión, lo que posibilita un arranque sin sacudidas y reduce el pico de corriente. Para obtener este resultado, se utiliza un graduador de tiristores montados en oposición de dos por dos en cada fase de la red.

La subida progresiva de la tensión de salida puede controlarse por medio de la rampa de aceleración, que depende del valor de la corriente de limitación, o vincularse a ambos parámetros.

### **3.9 SISTEMA NOMINAL DE TENSION.**

#### **3.9.1 Sistema Nominal de Tensión (BT).**

Tomando como referencia el código nacional de electricidad (Suministro), el término baja tensión (BT), Su límite superior generalmente es  $U \leq 1 \text{ kV}$ , siendo U la Tensión Nominal.

#### **3.9.2 Sistema Nominal de Tensión (MT).**

Tomando como referencia el código nacional de electricidad (Suministro), el término baja tensión (MT), será utilizado para tensiones nominales de distribución y utilización que se encuentran en el rango de  $1\text{kV} < U \leq 35\text{kV}$

### **3.10 FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONTINUA (UPS).**

Son utilizados para proporcionar alimentación ininterrumpida en CA a los sistemas de control de proceso (PLC), instrumentación crítica para el proceso entre otros. Todos los UPS vienen equipados con un banco de baterías de níquel-cadmio, un cargador de batería, un inversor, un tablero de transferencia, y un circuito de derivación. Las baterías estarán dimensionadas

## **CAPÍTULO IV**

### **CRITERIOS DE DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE COMPAÑIA MINERA**

#### **4.1 OBJETIVOS.**

Establecer los lineamientos eléctricos de todo nuevo diseño en media y baja tensión, a ser instalado en CIA. Minera, tomando como base, criterios de diseño de la planta concentradora existente. También es la fuente de desarrollo de las especificaciones técnicas y hojas de datos de los equipos.

#### **4.2 ALCANCE.**

Informar a nuestros consultores de ingeniería, las normas sobre las cuales se diseñaran o suministraran los equipos eléctricos. De ser requerido, estos criterios serán actualizados con la última revisión de las normas vigentes.

Esta información se utilizara como base de desarrollo del presente informe

### **4.3 EXCEPCIONES.**

Excepciones a los estándares de CIA. Minera, solo serán aceptadas cuando, condicionantes especiales o consideraciones técnico-económicas así lo justifiquen, en particular cuando se trate de ampliar y/o modificar instalaciones ya existentes.

Dichas excepciones serán recogidas en los documentos del proyecto, o bien solicitadas por el Consultor, por escrito, y debidamente justificadas para su aprobación. Únicamente se tomarán en cuenta aquellas excepciones que cuente con la aprobación de CIA. Minera.

### **4.4 NORMAS Y REGULACIONES.**

El diseño eléctrico estará conforme a las siguientes regulaciones:

ANSI/NFPA 70-1999                      The National Electrical Code (NEC)

ANSI C2-1997                              The National Electrical Safety Code

(NESC)

### **4.5 NORMAS TÉCNICAS APLICABLES**

Los nuevos sistemas, equipamiento eléctrico, materiales y componentes, serán diseñados, construidos y probados de acuerdo a los estándares del propietario y considerando los últimos requerimientos, recomendaciones, y guías aplicables de las siguientes organizaciones:

AISI

American Iron and Steel Institute

ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
AES	Illuminating Engineering Society
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
UL	Underwriters Laboratories
FM	Factory Mutual.
CNE-Utilización	Código Nacional de Electricidad Utilización.
CNE-Suministro	Código Nacional de Electricidad Suministro.

Los estándares nacionales podrán ser utilizados primero sí, no contradicen las normas mencionadas, y segundo cuenten siempre con la autorización por escrito de CIA. Minera.

#### **4.6 CONDICIONES DE SITIO.**

A menos que se especifique lo contrario, la instalación se proyectará a partir de los siguientes datos meteorológicos:

**Tabla 4.1**  
**Condiciones Meteorológicas, y Factores de Corrección por Altura**

Altitud sobre el nivel del mar	4300 m
Altitude above mean sea level	
Factor de corrección por altura en tensión para equipos de clase 1km*	0,69 PU
Factor de corrección por altura en tensión para equipos de clase 2km**	0,73 PU
Factor de corrección por altura para equipos de clase 1km*	0,93 PU
Altitude current correction factor for 2 km class** equipment	0,94 PU
Temperatura máxima del ambiente (para equipos eléctricos)	25 ° C
Mínima temperatura ambiente	-5 ° C
Máximo punto de rocío	Later
Mínimo punto de rocío	Later
Nivel de nieve sobre el terreno	48 mm
Máxima velocidad del viento	120 km
Dirección del viento	Later
Zona Sísmica UBC	4

Precipitación anual	1550m
Resistividad del terreno	Later
Nivel Isoceráunico (promedio de días con tormenta por año)	60
Humedad máxima relativa Maximum relative humidity	70%
Humedad mínima relativa	Later

#### **4.7 TENSION DE DISTRIBUCION, UTILIZACION Y CONTROL.**

La alimentación principal llega a mina desde dos líneas aéreas de una terna cada una en 220 kV, la Concentradora cuenta con una sub estación principal en donde se baja el nivel de tensión a 23 kV, utilizando 03 transformadores de potencia.

Desde la barra de 23 kV, se alimentan a las principales cargas de mina, siendo las más importantes, molienda, flotación, molibdeno, mina y agua recuperada entre otras.

Los circuitos principales de distribución en 23 kV en el área de Concentradora, serán canalizados en ducteria enterrada. La distribución de los circuitos de alimentación a mina, campamento permanente, relaves y sistema de agua recuperada, serán realizados a través de líneas a aéreas en 23 kV. Generalmente

las tensiones de distribución de 480 V y 4,16 kV se utilizaran con un sistema de secundario selectivo.

#### **4.7.1 Tensión Nominal de Distribución.**

Las siguientes tensiones en corriente alterna, deben ser utilizadas para la distribución de potencia en mina para una frecuencia de 60 Hz:

- 23 kV, Trifásico, 3-conductores, 200 a 400A de capacidad de resistencia de puesta a tierra.
- 4,16kV, Trifásico, 3-conductores, 400A de capacidad de resistencia de puesta a tierra.
- 480 V, Trifásico, 3-conductores, sólidamente aterrado.
- 400/230 V, Trifásico, 4-conductores, sólidamente aterrado, utilizado para alumbrado y tomacorrientes.

#### **4.7.2 Tensión Nominal de Utilización.**

Las siguientes tensiones de utilización de equipos eléctricos, deben ser utilizadas preferentemente y restringido a los intervalos de carga señaladas a continuación:

- 4,0 kV, Trifásico, para motores mayores a 150 kW.
- 460 V, Trifásico, para motores desde 0,25 kW hasta 150 kW.
- 380/220 V, Trifásico, cuatro conductores para alumbrado solamente.
- 220 V, Monofásico, para tomacorrientes, alumbrado, calefactores y únicamente para motores menores a 0,25 kW.

### **4.7.3 Tensión de Control.**

Para propósitos generales, la tensión de control de motores y calefactores (heater) será de 125 V. Cada cubículo o celda de arranque deberá incluir un transformador de tensión de 480/120 V o 4,16/120 V.

Las tensiones de control para interruptores de media tensión, será de 125 V DC, desde un banco de baterías.

La tensión de los calentadores (heater) será de 230 V y 120 V control.

## **4.8 PARAMETROS DE DISEÑO**

### **4.8.1 Nivel de Aislamiento.**

Los siguientes valores de aislamiento, están dados a nivel del mar:

- Nivel Básico de Aislamiento para una tensión entre fases de 23 kV, toma un valor de 150 kV BIL
- Nivel Básico de Aislamiento para una tensión entre fases de 4,16 kV, toma un valor de 95 kV BIL.

Los valores de aislamiento citados, han sido tomados del CNE-Suministro, Tabla 110-1.

### **4.8.2 Potencia de Corto Circuito.**

Los siguientes valores de potencia de corto circuito, han sido proporcionados por el área de sistemas de potencia de CIA. Minera, y son los siguientes:

- Para una tensión de distribución de 23 kV, la potencia de corto circuito toma un valor de 1500 MW.
- Para una tensión de distribución de 4,16 kV, la potencia de corto circuito toma un valor de 350 MW.
- Para una tensión de distribución de 480 V, la potencia de corto circuito toma un valor de 35 MW.

#### **4.8.3 Nivel de Alumbrado.**

Los niveles de iluminación presentados a continuación, son tomados del CNE-Suministro, Tabla-111-1 (Iluminancia Mantenido en áreas interiores), y con respecto al alumbrado exterior de la Tabla-111-2 (Valores Mínimos de Niveles de Iluminación).

- |   |         |
|---|---------|
| ▪ Talleres, salas eléctricas y mecánicas. | 500 lux |
| ▪ Subestaciones Eléctricas                | 50 lux  |
| ▪ Vías de acceso a la planta              | 10 lux  |
| ▪ Alumbrado de Emergencia                 | 11 lux  |

## **4.9 ENCLOSURE DE EQUIPOS ELECTRICOS**

### **4.9.1 Interruptores de Potencia (Swithgear).**

Todos cerramientos de los swithgear, serán Metal Enclosed, lo switchgear de media tensión con circuitbreaker, serán tipo Metal Clad.

#### **4.9.2 Centro de Control de Motores.**

Todos los centros de control de motores de usos interior, tendrán una protección NEMA 12, y los centros de control de motores instalados al aire libre y en zonas húmedas, tendrán una protección NEMA 3R, a prueba de lluvia, agua y nieve.

#### **4.9.3 Motores Eléctricos.**

Los Motores serán totalmente cerrados, ya sea que lleven ventilación, unidad de enfriamiento no ventilada, con las siguientes excepciones:

- Pequeños motores situados en zonas interiores limpios y secos puede haber a prueba de goteo protegido (DPG) recintos.
- Todos los motores totalmente cerrados desde los 373 kW, serán para servicio severe duty.
- Los motores grandes situadas fuera del concentrador / minas en zonas remotas pueden tener enclosure a prueba de agua (WP II).

#### **4.9.4 Transformadores Secos**

Transformadores de tipo seco instalados en interiores en áreas secas y limpias como las oficinas y las salas de máquinas eléctricas, puede tener cerramientos ventilados. Transformadores de tipo seco instalados en áreas sucias o húmedas tendrán cerramientos no ventilados.

#### **4.9.5 Otros Equipos Eléctricos**

Otros equipos eléctricos tendrán los siguientes cerramientos NEMA:

- NEMA 1, de uso interior en general, tales como salas de control y oficinas.

- Persianas metálicas automáticas, protegerán los elementos del circuito primario cuando este se encuentre en posición de prueba, desconectado y completamente extraído.
- Enclavamientos mecánicos, serán considerados para una apropiada y segura secuencia de operación.

#### **4.10.2 Interruptores de Media Tensión (Swithgear).**

Las características principales del Swithgear de media tensión son las siguientes:

- El dispositivo principal de conmutación e interrupción será extraíble y dispuestos con un mecanismo que le permita moverse entre las posiciones de conectado y desconectado, estará equipado dispositivos de auto-alineación y auto-acoplamiento de conexión y desconexión primario y secundario.
- Los partes principales tales como los dispositivos de interrupción, buses, Transformadores de potencial y transformadores de control de potencia, están completamente encerrados por barreras metálicas conectadas a tierra, que no tienen aberturas intencionales entre compartimentos.
- Todas las partes vivas serán encerradas dentro de compartimentos metálicos conectados a tierra.
- Persianas metálicas automáticas, protegerán los elementos del circuito primario cuando este se encuentre en posición de prueba, desconectado y completamente extraído.

- El Bus principal y derivaciones, serán protegidos con material aislante, para el caso de los empalmes con botas aislantes.
- Enclavamientos mecánicos, serán considerados para una apropiada y segura secuencia de operación.
- Instrumentos, medidores de energía, Relés, dispositivos de control secundario y su cableado, serán aislados por barreras metálicas conectadas a tierra del circuito primario.
- La puerta que permite la extracción e inserción del dispositivo de interrupción, será utilizada para ubicar los instrumentos de medida, relés de protección y acceso a las bornas terminales de conexión.
- Los Switchgear de Media Tensión 23/4,16 kV, serán tipo Metal-Clad, estarán equipados con interruptores de vacío. Para el caso de seccionadores bajo carga, serán del tipo Metal Enclosed.
- Los Switchgear en media tensión, serán para uso interior tales como salas eléctricas ventiladas y presurizadas. Los Relés de protección para 23/4,16 kV serán de última generación.

#### **4.11 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.**

Los transformadores de Potencia sumergidos en aceite, tendrán una temperatura de bobinado promedio de 65 °C, en condiciones de carga, el aislamiento líquido en los transformadores será aceite mineral libre de aire.

Todos los transformadores serán equipados con cuatro posiciones de Tap, de 2,5 % cada uno dos por encima del valor nominal y las otras dos por debajo del

valor nominal del lado primario. La demanda total no excederá el 80% de la capacidad del transformador.

## **4.12 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES**

### **4.12.1 Centro de Control de Motores en Media Tensión.**

Las características técnicas principales que debe tener todo Centro de Control de Motores en media tensión, son las siguientes:

- Los centros de control de motores de media tensión Clase 7,2 kV, serán del tipo “metal enclosed” para instalación interior, diseño modular (dividido en partes iguales) y equipados con contactores en vacío extraíbles.
- El frente de arrancadores debe considerar una sección de llegada (incoming), para recibir los cables de fuerza por la parte inferior de la celda.
- El caso de cargas diferentes, se utilizarán seccionadores de interrupción bajo carga con fusibles limitadores de corriente tipo “E”. Los centros de control de motores en M.T, serán del tipo constructivo “onehigh/tohigh”.
- El centro de control de motores para servicio en 4,16 kV, utilizarán contactores con botella de vacío y fusibles limitadores de corriente tipo “R”. incluidos en cada sección.

- Las barras de distribución horizontales y verticales serán fabricadas de cobre y se aislarán con mangas termocontraíbles en toda su extensión para evitar contactos accidentales.
- Cada arrancador contará con un relé de protección de estado sólido, con capacidad de comunicación además de funciones de protección de corto circuito, rotor bloqueado, sobrecarga, falla a tierra, pérdida y desbalance de fases, ocho (10) entradas como mínimo, para las RTD de estator y rodamientos, con indicación local de voltaje y corriente, el control interno será cableado.
- Deberá haber siempre reserva en cada sección del MCM como máximo hasta dos unidades, con provisiones para una futura expansión.

#### **4.12.2 Centro de Control de Motores en Baja Tensión.**

Las características técnicas principales que debe tener todo Centro de Control de Motores en Baja tensión, son las siguientes:

- Los centros de control de motores en baja tensión, serán equipados cubículos extraíbles conformados por interruptores termomagnéticos, contactores de vacío y contactos auxiliares de 120 V (02NO/02NC) para los enclavamientos que se requieran. El relé será del tipo estado sólido, regulable y compensado por altura.
- Los cubículos para arranque de motores, tamaño “3” o superior, deben considerar protección de falla a tierra.

- La capacidad mínima interrupción para los centros de control de motores de baja tensión será de 65 kA simétrica.
- Cuando sea requerido, los interruptores termomagnéticos, serán suministrados con Shunt Trip.
- Protector de Circuito (Motor Circuit Protector, (MCP); con protección magnética instantánea solamente, regulable entre 3 y 13 veces su capacidad nominal de corriente. Para el nivel de 480 V, serán HMCP.

#### **4.13 CARGADOR Y BANCO DE BATERIAS.**

Las baterías estarán dimensionadas para proporcionar un mínimo de dos ciclos de cierre-apertura de todos los interruptores conectados y futuro, interruptores y luces que indican la posición del interruptor después de 12 horas de descarga normal sin carga. La carga utilizada para dimensionar las baterías, será el máximo esperado considerando cargas futuras más un veinte por ciento de reserva. Los cargadores de baterías se dimensionarán para llevar a 1,2 veces la carga nominal máxima más la carga de baterías completamente descargadas dentro de las 8 horas. Los cargadores de baterías redundantes serán proporcionados para la subestación principal.

#### **4.14 TRANSFORMADORES SECOS.**

Los transformadores secos para alumbrado de uso interior, serán clase de aislamiento 220, incremento de temperatura de 115 °C, con Taps de regulación de carga a 2-½ % por encima y debajo en el lado primario. En general el primario estará conectado en delta y el secundario en estrella sólidamente aterrizado (400Y/230 V).

Los transformadores secos de instrumentación, serán secos para uso interior, clase de aislamiento 220 °C, incremento de temperatura de 115 °C, con Taps de regulación de carga a 2-½ % por encima y debajo en el lado primario. En general el primario estará conectado en delta y el secundario en estrella sólidamente aterrizado (480Y/220 V).

## **4.15 MOTORES ELECTRICOS.**

### **4.15.1 Motores en Media Tensión.**

- Los motores de inducción de Media Tensión, serán de alta eficiencia, tipo jaula de ardilla, trifásico, 60 Hz, NEMA B, clase de aislamiento “F” y factor de servicio 1.0, a menos que, el fabricante del equipo accionado especifique otro valor.
- Los motores eléctricos serán seleccionados para una operación continua.
- La tensión de utilización será de 4000 V, para potencias mayores a los 150 kW.

### **4.15.2 Sensores de Temperatura RTD y Vibración.**

Todos los motores de media tensión serán equipados con detectores de temperatura (RTD) ubicados en los bobinados del motor y rodamientos del mismo.

Switches de vibración, aplicaran de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del equipo accionado.

### **4.15.3 Rodamientos.**

Los motores de media tensión con cojinetes antifricción serán del tipo autoengrasables, anti-fricción, que tienen una vida útil mínima ABMA nominal no menor a L10-60 000 horas.

### **4.15.4 Calefactores (Heater)**

Los calefactores estarán disponibles para todos los motores eléctricos de potencia  $\geq 150$  kW. Los calefactores de los motores, serán energizados desde una fuente separada y distinta a la del Centro de Control de Motores de Media Tensión.

La tensión de alimentación será en 220 V, y la tensión de control en 120 V.

## **4.16 TOMACORRIENTES**

### **4.16.1 Tomas de Fuerza para Maquinas de Soldar**

Tomas de fuerza serán provistas para equipos móviles tales como máquinas de soldar, extractores de aire ventiladores o para áreas que requieran por mantenimiento remover partes tales como tuberías, tanques, celdas de flotación y sistemas que se encuentren alejados de la planta.

Las tomas de fuerza serán especificadas para servicio pesado, de 60 A, Trifásicas, 480 V, 4 Polos, 3 conductores, 60 Hz, con interruptores de desconexión.

#### **4.16.2 Tomacorrientes**

Los tomacorrientes dobles utilizados, serán para uso pesado, de 30 A, 250V, monofásicos, 60Hz, a prueba de agua y con tapas de protección, tipo NEMA 6-20 R.

Todos los tomacorrientes fijos deberán disponer de una conexión de puesta a tierra, y de un interruptor automático diferencial (GFCI), o corriente residual (ID), o estar en un circuito que incluya la protección diferencial; y que esté sometido a pruebas con la frecuencia que según la práctica se considere necesaria.

### **4.17 ALUMBRADO**

#### **4.17.1 Lámparas de descarga de Alta Intensidad de Luz (HID)**

Estas lámparas serán usadas en las diferentes áreas de procesos, túneles y exteriores de la siguiente forma:

- Alumbrado HID son generalmente usadas con lámparas de alta presión de sodio.
- Alumbrado HID serán utilizadas con lámparas de haluro metálico, cuando se requiera obtener detalles en el color.

#### **4.17.2 Luz Fluorescente**

Luz fluorescentes de arranque rápido, serán utilizados para oficinas y salas de máquinas.

### **4.17.3 Alumbrado de Emergencia**

Las luminarias de emergencia, llevarán baterías de níquel cadmio libre de mantenimiento, con lámparas incandescentes estándar o halogenados, contara con interruptor, voltímetro y señal luminosa en caso de baja carga, serán visibles y llevaran cable y plug para ser conectado a tomacorrientes.

Los artefactos de alumbrado de emergencia, serán ubicados en todas las salidas de oficinas, salas eléctricas y mecánicas, escaleras y puertas que conduzcan a las vías de evacuación.

Las luces de emergencia cumplirán con la Norma Técnica Peruana NTP IEC 60598-2-22 adoptada de la Norma de la Comisión de Electrotecnia Internacional IEC 60598-2-22 y con el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú Art. 41 norma A.130 que fija la autonomía de las luces de emergencia como mínimo 1 1/2 hora.

### **4.18 TABLEROS DE ALUMBRADO.**

Los tableros de iluminación de frente muerto serán en 400/230 V, Trifásico, 4 conductores, para ser montado sobre superficie, estarán conformados por 03 barras de cobre, una barra de neutro y otra para tierra, será equipado con un interruptor general con protección LSIG, e interruptores de distribución tipo engrame, de 1x20A. El tablero será provisto con dispositivos que permitan el bloqueo de los interruptores termomagnético principal y de distribución.

#### **4.19 SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA “UPS”**

Suministros ininterrumpidos de energía se utilizará para proporcionar alimentación de CA, cada UPS incluirá baterías de níquel-cadmio, un cargador de batería, un inversor, un interruptor de transferencia estático de salida, y un circuito de derivación. Las baterías serán dimensionados para proporcionar 30 minutos de servicio autónomo con el fin de proporcionar un cierre ordenado de las funciones de control de la planta cuando un fallo de energía se produce en general. Siempre que sea posible, el circuito bypass de será suministrado desde una fuente de energía independiente la fuente que alimenta en forma directa al UPS.

#### **4.20 INSTRUMENTACION TRANSFORMADORES**

##### **4.20.1 Transformadores de Corriente.**

Los transformadores de corrientes usados para medida y protección, serán de fabricación estándar, multiratio, y con un burden (carga conectada en el secundario del transformador) adecuado para las impedancias conectadas. La selección será conforme a la Tabla 4.2, y cumplirán los siguientes requerimientos:

- Los transformadores de corriente, no excederán los límites de temperatura (rise), a plena corriente de carga y a temperatura ambiente.
- Los transformadores de corriente soportaran los valores de corto circuito trifásico, sin exceder los valores de temperatura (rise)

- Los transformadores de corriente serán seleccionados con un nivel adecuado de aislamiento de acuerdo a la tensión de operación.
- Los transformadores de corriente no presentaran saturación para cualquier valor de falla o sobrecorriente que presenten los equipos eléctricos.
- Los transformadores de corriente serán tipo ventana.

El factor de corrección no debe exceder el 10% de cualquier corriente en el rango de 1 a 20 veces la corriente del estándar burden.

**Tabla 4.2**

Transformadores de Corriente

Referencia (IEEE STD C57.13-Tabla 3-1)

Current ratings (A)	Secondary taps		Current ratings (A)	Secondary taps	
600:5	50:5	X2-X3	3000:5	300:5	X3-X4
	100:5	X1-X2		500:5	X4-X5
	150:5	X1-X3		800:5	X3-X5
	200:5	X4-X5		1000:5	X1-X2
	250:5	X3-X4		1200:5	X2-X3
	300:5	X2-X4		1500:5	X2-X4
	400:5	X1-X4		2000:5	X2-X5
	450:5	X3-X5		2200:5	X1-X3
	500:5	X2-X5		2500:5	X1-X4
	600:5	X1-X5		3000:5	X1-X5
	1200:5	100:5		X2-X3	4000:5
200:5		X1-X2	1000:5	X3-X4	
300:5		X1-X3	1500:5	X2-X3	
400:5		X4-X5	2000:5	X1-X3	
500:5		X3-X4	2500:5	X2-X4	
600:5		X2-X4	3000:5	X1-X4	
800:5		X1-X4	3500:5	X2-X5	
900:5		X3-X5	4000:5	X1-X5	
1000:5		X2-X5			
1200:5		X1-X5			
2000:5		300:5	X3-X4	5000:5	
	400:5	X1-X2	1000:5		X4-X5
	500:5	X4-X5	1500:5		X1-X2
	800:5	X2-X3	2000:5		X3-X4
	1100:5	X2-X4	2500:5		X2-X4
	1200:5	X1-X3	3000:5		X3-X5
	1500:5	X1-X4	3500:5		X2-X5
	1600:5	X2-X5	4000:5		X1-X4
	2000:5	X1-X5	5000:5		X1-X5

#### **4.20.2 Transformadores de Potencial (PT)**

Se trata de un transformador convencional con bobinado primario, secundario y un núcleo común. Los PT estándar son monofásicos, diseñados y construidos de forma tal que se obtenga una relación fija con la tensión primaria. La tensión primaria será determinada por el sistema (Fase-Fase, Fase-Tierra. La mayoría de los PT, son diseñados para proporcionar 120 V en los terminales del secundario. Ver relación de transformación estándar, en Tabla 4.3 y la Tabla 4.4.

La clasificación de precisión estándar para PT, está en el rango de 0,3 a 1,2, estos valores representan un porcentaje de la relación de corrección para obtener una relación de transformación, verdadera. Esta precisión es suficientemente alta como para que cualquier transformador estándar sea adecuado para propósitos de protección industrial, siempre y cuando se utilice dentro de sus límites térmicos y tensión al aire libre. Estándar burden para PT, con secundario en 120 V se muestran en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.3**

Relación y Características de los Transformadores de Potencial, con el 100% de la tensión en el lado primario, conectado Fase a Fase o Fase a Tierra

Referencia IEEE 242-Tabla 3-5

Rated primary voltage for rated voltage line to line (V)	Marked ratio	Basic impulse insulation level (kV crest)
120 for 208 Y	1:1	10
240 for 416 Y	2:1	10
300 for 520 Y	2.5:1	10
120 for 208 Y	1:1	30
240 for 416 Y	2:1	30
300 for 520 Y	2.5:1	30
480 for 832 Y	4:1	30
600 for 1040 Y	5:1	30
2400 for 4160 Y	20:1	60
4200 for 7280 Y	35:1	75
4800 for 8320 Y	40:1	75
7200 for 12 470 Y	60:1	110 or 95
8400 for 14 560 Y	70:1	110 or 95

**Tabla 4.4**

Relación y Características de los Transformadores de Potencial, con el primario, conectado Fase a Fase

Referencia IEEE 242-Tabla 3-6

Rated primary voltage for rated voltage line to line (V)	Marked ratio	Basic impulse insulation level (kV crest)
120 for 120 Y	1:1	10
240 for 240 Y	2:1	10
300 for 300 Y	2.5:1	10
480 for 480 Y	4:1	10
600 for 600 Y	5:1	10
2400 for 2400 Y	20:1	45
4800 for 4800 Y	40:1	60
7200 for 7200 Y	60:1	75
12 000 for 12 000 Y	100:1	110 or 95
14 000 for 14 000 Y	120:1	110 or 95
24 000 for 24 000 Y	200:1	150 or 125
34 500 for 34 500 Y	300:1	200 or 150

<sup>a</sup>May be applied line to ground or line to neutral at a winding voltage equal to the primary voltage rating divided by  $\sqrt{3}$ .

**Tabla 4.5**

Transformadores de Potencial, Burden Estándar

Referencia (IEEE 242-Tabla 3-7).

Characteristics on standard burdens <sup>a</sup>			Characteristics on 120 V basis		
Designation	Volt-amperes	Power factor	Resistance ( $\Omega$ )	Inductance (mH)	Impedance ( $\Omega$ )
W	12.5	0.10	115.2	3.04	1152
X	25	0.70	403.2	1.09	576
Y	75	0.85	163.2	0.268	192
Z	200	0.85	61.2	0.101	72
ZZ	400	0.85	30.6	0.0503	36
M	35	0.20	82.3	1.07	411

<sup>a</sup>These burden designations have no significance except at 60 Hz.

## 4.21 CABLES ELECTRICOS

### 4.21.1 Cables de Media Tensión

Para los circuitos de media tensión en 23kV y 4,16kV, se utilizarán cables unipolares de cobre trenzado MV105, apantallamiento de cinta de cobre, aislamiento de etileno propileno rubber (EPR), chaqueta de PVC, resistente al sol y retardante a la llama y con sello UL. Estos cables pueden ser instalados en ambientes húmedos o secos, de uso interior o exterior.

La temperatura de operación del conductor, será de 105 °C, temperatura de sobrecarga 140 °C y temperatura de cortocircuito de 250 °C, a continuación, en la Tabla 4.6, se muestran los valores de aislamiento para los niveles de tensión que aplicaremos en nuestro trabajo:

**Tabla 4.6**

Aislamiento de Cables eléctricos en Media Tensión.

Service Voltage	Rated Voltage	Insulation Level	Copper Shield	Remarks
4 000 V	5 000 V	133%		Si
23000 V	28 000 V	100%		Si

- La sección mínima para tensiones de distribución de 23 kV es # 250kcmil.
- La sección mínima para tensiones de distribución de 4,16 kV es # 2 AWG.

#### 4.21.2 Cables de Fuerza y Control en BT.

Estos cables serán de cobre trenzado con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), tipo XHHW-2, 600 V, TC, sello UL y soportaran una temperatura de operación de 90 ° C en lugares secos y 75 °C en lugares húmedos, con una temperatura de sobrecarga de 130 °C y una temperatura de cortocircuito de 250 °C. La mínima sección de los cables de fuerza será #12 AWG y #14 AWG para control, estos valores superan las recomendaciones de CNE-Utilización/Sección 30.

#### 4.21.3 Cables de Instrumentación

Estos conductores tipo unipolares o multi conductores con aislamiento de PVC90°C, 300 V, llevaran shields individual y grupal, para el caso de multi conductores se debe considerar shields total. Los conductores para RTD serán

de cobre sólido y para otros servicios de control serán de cobre trenzado, sello UL, tipo PLTC.

La sección mínima para cables unipolares será #16 AWG y para multiconductores #2/0 AWG.

#### **4.21.4 Cables de Alumbrado**

Los cables de alumbrado serán unipolares y de cobre cableado, con aislamiento de PVC, 600V etiquetados UL, tipo THWN/THHN, con una temperatura de 90 °C en ambientes secos y 75 ° C para ambientes húmedos, la mínima sección a utilizar será #12 AWG. Estos criterios, superan las exigencias del código nacional de electricidad-Utilización, Sección 30 (#16 AWG para Alumbrado y #12 AWG para Fuerza).

## **4.22 CANALIZACIONES**

### **4.22.1 Tuberías Conduit.**

Las tuberías conduit serán dimensionadas, utilizando el 40% del su sección interior de acuerdo a las recomendaciones del Artículo 344 de la NEC.

Con respecto a su fabricación, las tuberías conduit, serán galvanizados por inmersión en caliente, según la norma ANSI C 80.1 asegurando la protección interior y exterior del tubo con una capa de zinc de mínimo de  $20\mu m$  perfectamente adherida y razonablemente lisa. La calidad del zinc para el revestimiento se garantiza según la norma ASTM B6 SHG (Special High Grade). Los tubos se roscan según norma ANSI B1.20.1 (NTC 332), tipo

NPT y se suministran con una unión conduit de rosca tipo NPS que cumple con la norma UL6 acoplada en un extremo, y en el otro, un protector plástico.

Un mínimo del 20% del total de tuberías instaladas, quedaran de reserva para futuras ampliaciones.

#### **4.22.2 Tuberías Flexible**

Las tuberías flexibles (LiquidTight) serán fabricadas con acero helicoidal, galvanizado en caliente y una capa pesada de Zinc, estará protegida por una chaqueta termoplástica color gris extruida sobre el acero helicoidal, que proporcionara protección contra líquido, petróleo, algunos productos químicos, temperatura, al clima y la luz del sol. Las tuberías flexibles llevaran sello UL.

#### **4.22.3 Bandejas Portacables**

Cuando aplique, las bandejas eléctricas estarán conformadas por cuatro niveles dos de ellos separados para media tensión, y los restantes, serán utilizados para Fuerza, control, comunicaciones y señales de instrumentación, se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

23 kV	Cable de Media Tensión.
4,16 kV	Cable de Media Tensión.
0,48 kV	Cables de Fuerza y Control
120 VDC	Cables de control.

Las bandejas porta cables tipo escalerilla serán generalmente del tipo “heavy-duty”, de 125 mm de altura para escalerillas y 100mm de altura para bandejas de fondo sólido con tapa, con un largo estándar de 3000 mm y 110 mm de separación entre los escalones. Serán fabricadas con planchas de 2,5 mm de espesor y con tapas a dos aguas (doble pendiente) apernadas de 2,5mm de espesor, en caso de ser instaladas en ambientes exteriores.

Su aplicación será en áreas que no expuestas a riesgos y daños mecánicos y de acuerdo a las recomendaciones del artículo 392 de la NEC y a los estándares de CIA. Minera.

#### 4.22.4 Ducteria Eléctrica.

Donde nos cuente con suportaciones, y exista riesgo mecánico de daño, Toda canalización fuera del área de planta concentradora, utilizara ducteria enterrada para canalizar los circuitos de fuerza, control e instrumentación, para cualquier nivel de voltaje.

La profundidad de los ductos enterrados, estará de acuerdo a la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7**

Requerimientos Mínimos de Cobertura (Profundidad), para conductores o canalizaciones directamente enterradas

Referencia CNE-Utilización-Tabla 53

Tensión fase a fase [V]	Minima profundidad de instalación [mm]
Menor o igual a 600	600
601 a 50 000	1 000
50 001 a 250 000	1 500

#### 4.23 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Como requerimientos generales, el sistema de puesta a tierra será diseñado de acuerdo a los requerimientos de la IEEE80.

Como criterio general, la malla de puesta a tierra, estará conformada por cables de cobre electrolítico desnudo, de 19 hilos temple suave, con sello UL. Las secciones que se utilizaran serán #2/0 AWG para mechas y #4/0 AWG para la malla principal, todas las conexiones enterradas serán soldadas, usando soldadura exotérmica tipo heavy duty. Los pozos a tierra tendrán disposición vertical.

Las bandejas porta cables de fuerza tendrá por lo menos un conductor de tierra # 2/0 AWG ( $70 \text{ mm}^2$ ) de 19 hilos a lo instalado largo de las mismas, este conductor se conectara a una barra de cobre sólidamente aterrada a la malla principal.

Las salas eléctricas deberán contar con platinas de cobre, como mínimo dos unidades, en ellas se conectaran todas las bajadas de tierra desde bandejas portacables.

Los valores del sistema de puesta a tierra, no deben ser mayores a 5 ohmios.

## **4.24 CALCULOS JUSTIFICATIVOS.**

### **4.24.1 Demanda eléctrica.**

Toda instalación electromecánica nueva dentro de un complejo industrial, generara una demanda de energía, la cual podría afectar dependiendo de su magnitud, la infraestructura eléctrica existente, por esta razón en todo proyecto de electricidades imprescindible conocer los valores de demanda eléctrica de toda nueva instalación.

Con la determinación de la demanda eléctrica, se dimensionan los principales equipos eléctricos tales como sub estaciones eléctricas, salas eléctricas, centros de carga entre otros.

Los valores de demanda son de gran importancia en toda instalación eléctrica por las siguientes razones:

- Verificar si los circuitos existentes y próximos a nuestra instalación, tienen capacidad para atender la nueva demanda de energía, sin afectar la calidad del servicio.
- Estimar los gastos operativos por consumo de energía, considerando el factor de disponibilidad de planta.
- Asegurar que la infraestructura eléctrica de CIA. Minera, atienda sin restricciones los nuevos consumos de energía reactiva.

Los siguientes términos, factores y relaciones que utilizaremos para estimar los valores de demanda energía, han sido recopilados en gran parte de las recomendaciones de la IEEE, el resto de información debe ser obtenido de la experiencia ganada por los mantenedores de los sistema eléctrico planta.

**a) Demanda Eléctrica “D”.**

Término utilizado para la carga eléctrica promedio en los terminales de recepción durante un intervalo específico de tiempo. Se debe tener en cuenta que, la demanda se expresa en kilovatios, kilovol-amperes, amperios, u otras unidades adecuadas. El intervalo de tiempo de medición es generalmente 15 min, 30 min, o 1 h.

**b) Potencia Instalada“P<sub>i</sub>”**

Es la suma de todas las cargas conectadas al sistema o en cualquier parte del mismo. Este valor puede ser expresado en watts, kW, o HP.

$n$  = Eficiencia del Equipo

$$P_i = \frac{\text{Potencia de Placa}}{n}$$

**c) Carga Conectada**

Es la potencia instalada menos las cargas denominadas stand by.

#### d) Factor de carga “ $F_C$ ”

Es la relación de la carga media de un período de tiempo designado a la carga máxima que se presenta en ese período.

Tenga en cuenta que, aunque no forman parte de la definición oficial, el término factor de carga, es utilizado por algunas empresas de servicios públicos y otros, para describir el número equivalente de horas por cada período de la demanda máxima o promedio debe prevalecer a fin de producir el consumo total de energía para el período.

$D$  Demanda promedio tomado en un intervalo de tiempo “ $t$ ”.

$D_m$  Demanda máxima tomada en un intervalo de tiempo “ $t$ ”.

$$F_C = \frac{D}{D_m}, F_C \leq 1$$

#### e) Pico de Carga

Carga máxima consumida o producida por una unidad o grupo de unidades en un período determinado de tiempo. Puede ser la carga instantánea máxima o la carga máxima promedio durante un período de tiempo designado.

#### f) Demanda Máxima “ $D_m$ ”

Es la mayor de todas las demandas que se han producido durante un período determinado de tiempo, como un cuarto, la mitad o una hora.

Tenga en cuenta que para propósitos de facturación de servicios públicos el período de tiempo es generalmente de un mes.

La suma de las demandas máximas individuales de los circuitos asociados con un centro de carga o tablero, dividido por el factor de diversidad de estos circuitos, dará la demanda máxima en el centro de carga y en el circuito de suministro de la misma.

**g) Factor de demanda "F<sub>d</sub>"**

La relación de la demanda máxima coincidente de un sistema, o parte de un sistema, a la carga total conectada del sistema, o una parte del sistema, bajo consideración. La resultante es siempre es 1,0 o menor y puede estar en un intervalo de 0,8 a 1,0 para tan bajo como 0,15-0,25 para algunas plantas con muy baja diversidad.

$D_m$             Demanda máxima.

$P_i$             Potencia Instalada.

$$F_d = \frac{D_m}{P_i}$$

Para el caso de cables eléctricos, utilizaremos un factor de demanda del 100%.

**h) Factor de diversidad "F<sub>d</sub>"**

Es la relación de la suma de las demandas máximas individuales no coincidentes de varias subdivisiones del sistema a la demanda máxima del sistema completo. El factor de la diversidad es siempre 1 o mayor. La

diversidad (no oficial) de plazo, a diferencia del factor de diversidad se refiere al porcentaje de tiempo disponible que una máquina, equipo o instalación tiene su máxima o carga o demanda nominal (es decir, un medio de la diversidad 70% de que el dispositivo en cuestión funciona a su nivel de carga nominal o máximo 70% del tiempo que está conectado y activado).

$D_{m_i}$  Demanda máxima individual no coincidente.

$D_{m_s}$  Demanda máxima del sistema completo.

$$F_d = \frac{\sum D_{m_i}}{D_{m_s}}$$

#### **i) Estimación de los Valores de Demanda.**

Para nuestro informe “Instalaciones Eléctricas en 23/4,16 kV y 7,5 MVA para una Estación de Bombeo de agua Recuperada”, consideraremos que:

- El sistema eléctrico existente en mina, no verá afectada sus instalaciones de distribución y potencia.
- Para nuestros cálculos, haremos uso de la información disponible de su experiencia, que le permitirá estimar

#### **4.24.2 Dimensionamiento de Conductores Eléctricos.**

##### **A. Ampacidad.**

Los cables eléctricos de toda instalación eléctrica requieren de un análisis de ampacidad. Este análisis se complica ya que la capacidad de corriente de un conductor varía con las condiciones reales de uso.

La capacidad de corriente se define como "la corriente en amperios que un conductor puede llevar continuamente bajo las condiciones de uso (condiciones del medio circundante en el que los cables están instalados) sin exceder su temperatura nominal. Por lo tanto, un estudio ampacidad de un conductor, es el cálculo de aumento de temperatura de los conductores en un sistema bajo condiciones de estado estable.

La capacidad de corriente de un conductor eléctrico, depende de un número de factores, destacando entre estos y de gran preocupación para los diseñadores de sistemas de distribución eléctrica los siguientes:

- Temperatura ambiente
- Características térmicas del medio circundante
- Calor generado por el conductor, debido a sus propias pérdidas
- Calor generado por los conductores adyacentes.

##### **a) Factores de Ampacidad.**

Los valores de ampacidad establecidos por el fabricante del cable y / u otras fuentes autorizadas, como el NEC y IEEE Std 835-1994,

generalmente se basan en condiciones muy específicas relacionadas con el medio ambiente que rodea al cable y son los siguientes:

- Instalación de un solo grupo de cables.
- Instalación de grupos de cables.
- Resistividad térmica del Suelo (RHO) de  $90\text{ }^{\circ}\text{C-cm} / \text{W}$
- La temperatura ambiente de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

El medio circundante en el cual se encuentran instalados los conductores eléctricos se ven afectados en su capacidad por las condiciones mencionadas anteriormente, debido a esto debemos hacer uso de factores de ajuste que permitan acercarnos a las condiciones reales de la instalación.

Para determinar la Ampacidad de los cables eléctricos, utilizaremos un método de cálculo por derrateo de la IEEE-Std 399.

#### **b) Método de Cálculo de Ampacidad Permisible**

Este método se basa en el concepto de ajuste (derrateo) de la capacidad de corriente base para obtener la capacidad de corriente permisible del cable.

$I'$  Es la ampacidad permisible bajo las condiciones reales de la Instalación.

$F$  Factor de Ajuste total de la capacidad de corriente del cable.

$I$  Es la capacidad de corriente base, es decir, la capacidad de corriente especificada por el fabricante o de otras fuentes autorizadas, como el ICEA.

$$I' = FI$$

**c) Factor de ajuste Total “F”**

El factor de ajuste total (F) para cables en general, es un factor de corrección que toma en cuenta las condiciones reales de la instalación y la operación. Este factor establece la capacidad de carga máxima que se produce en un cable real donde:

$F_t$  Es el factor de ajuste que considera las diferencias entre la temperatura ambiente y la temperatura base del conductor.

$F_{th}$  Es el factor de ajuste que considera la diferencia en la resistividad térmica del suelo RHO del valor base especificado (90 ° C-cm / W).

$F_g$  Es el factor de ajuste que considera agrupación de cables.

$F$  Es el factor de ajuste total.

$$F = F_t F_{th} F_g$$

Los factores mencionados, son descritos a continuación:

**d) Factor de ajuste de Temperatura “F<sub>t</sub>”.**

Este factor de ajuste se utiliza para determinar la capacidad de corriente del cable cuando la temperatura ambiente de funcionamiento y / o la temperatura máxima admisible de conductor difieren de las temperaturas originales en las que se especifica la capacidad de corriente de base del cable. La expresión para calcular el efecto de los cambios en el conductor y temperaturas ambiente sobre la base de capacidad de corriente está dada por las Ecuaciones para cables de cobre:

$T_c$  Es la temperatura del conductor en °C, a la ampacidad base especificada.

$T'_c$  Es la máxima temperatura admisible del conductor en operación en ° C.

$T_a$  Es la temperatura ambiente en ° C a la ampacidad base especificada.

$T'_a$  Es la temperatura real (máxima) del suelo a temperatura ambiente en°C.

$$F_t = \left[ \left( \frac{T'_c - T'_a}{T_c - T_a} \right) \left( \frac{234,5 + T_c}{234,5 + T'_c} \right) \right]^{1/2}$$

Para el caso de los conductores de baja tensión las temperaturas dadas por el fabricante a 30 °C de temperatura ambiente son las siguientes:

$$T_c = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T'_c = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para el caso de cables llevados en ducteria enterrada, se tomara como temperatura ambiente de suelo, el siguiente valor:

$$T'_a = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Estos valores son reemplazos en la formula anterior, obteniéndose el siguiente resultado:

$$F_t = \left[ \left( \frac{105^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{90^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} \right) \times \left( \frac{234,5 + 90^\circ\text{C}}{234,5 + 105^\circ\text{C}} \right) \right]^{1/2}$$

$$F_t = 1,08$$

**e) Factor de ajuste por Resistividad Térmica “F<sub>th</sub>”**

Es la resistividad térmica del suelo (RHO), es el parámetro que nos indica la resistencia a la disipación de calor del suelo en ° C-cm / W. La resistividad térmica del suelo depende de un número de factores, tales como la textura del suelo, el contenido de humedad, densidad y disposición estructural de los granos de suelo. En general, un mayor contenido de densidad o humedad de los resultados del suelo significa una mejor capacidad de disipación de calor y meno resistividad térmica.

Hay una gran variación en las resistividades térmica del suelo que van desde una RHO de menos de 40 a más de 300 ° C-cm / W. Basándose en estos hechos, es evidente que la prueba directa del suelo es esencial. Además, es importante que esta prueba se lleve a cabo después de una sequía prolongada a una temperatura alta de verano cuando el contenido de humedad del suelo es mínimo.

El código de electricidad Americano NEC, referente del diseño y construcción para todo proyecto de CIA. Minera, clasifica los tipos de materiales utilizado respecto de sus valores de resistividad térmica, Ver Tabla 4.8.

**Tabla 4.8**

**Resistividad Térmica de Materiales y Terrenos**

Referencia NEC-2008, Código Eléctrico Americano

<b>Material</b>	<b>(°C-cm/W)</b>
Cloruro de polivinilo (PVC)	650
Papel	550
Caucho, yute, textile	500
Polyethylene (PE)	450
Concreto	55–85
Suelo Promedio	90
Suelo muy seco (rocoso o arenoso)	120

Polietileno reticulado

370

Para nuestros cálculos, consideraremos suelo muy seco (arenoso y rocoso), de la Tabla 4.8, tomamos el siguiente valor:

$$RHO = 120 \text{ } ^\circ C - \frac{cm}{W}$$

Para determinar el factor de corrección por resistividad térmica del terreno, debemos identificar a continuación, en cuál de los rangos mostrados líneas abajo, se encuentra la tensión se servicio y

- **Tensión 0-1000 V**

De los planos eléctricos de detalle, se concluye que, la sección de los cables de baja tensión (Ver Tabla 4.9), se encuentran en el rango comprendido por #12-#1 AWG, además para un  $RHO = 120$ , y más de 9 conductores instalados por ducto, obtenemos el siguiente valor:

$$F_{th} = 0,92$$

- **Tensión 1001-35 000 V**

La sección de nuestros conductores eléctricos de media tensión, caen en el rango de 250-1000kcmil y considerando en total, 05 circuitos (01 futuro), obtenemos para un de  $RHO = 120$  de la Tabla 4.10, el factor por resistividad real del suelo.

$$F_{th} = 0,91$$

**Tabla 4.9**

$F_{th}$ : Factor de Ajuste por Resistividad Térmica de **0-1000 V**, Cables en banco de ductos, para un RHO de  $90^{\circ}\text{C-cm/W}$

Referencia IEEE Std 399-Tabla 3-5

Cable Size	Number of CKT	RHO ( $^{\circ}\text{C-cm/W}$ )							
		60	90	120	140	160	180	200	250
#12-#1	1	1.03	1.0	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90
	3	1.06	1.0	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85	0.82
	6	1.09	1.0	0.93	0.89	0.85	0.82	0.79	0.75
	9+	1.11	1.0	0.92	0.87	0.83	0.79	0.76	0.71
1/0-4/0	1	1.04	1.0	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.86
	3	1.07	1.0	0.94	0.90	0.87	0.85	0.83	0.80
	6	1.10	1.0	0.92	0.87	0.84	0.81	0.78	0.74
	9+	1.12	1.0	0.91	0.85	0.81	0.78	0.75	0.70
250-1000	1	1.05	1.0	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85
	3	1.08	1.0	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.77
	6	1.11	1.0	0.91	0.86	0.83	0.80	0.77	0.72
	9+	1.13	1.0	0.90	0.84	0.80	0.77	0.74	0.69

**Tabla 4.10**

$F_{th}$ : Factor de Ajuste por Resistividad Térmica de **1001-35 000 V**, Cables en banco ductos, para un RHO de  $90^{\circ}\text{C-cm/W}$

Referencia IEEE-Tabla 13-6

Cable Size	Number of CKT	RHO ( $^{\circ}\text{C-cm/W}$ )							
		60	90	120	140	160	180	200	250
#12-#1	1	1.03	1.0	0.97	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88
	3	1.07	1.0	0.94	0.90	0.87	0.84	0.81	0.77
	6	1.09	1.0	0.92	0.87	0.84	0.80	0.77	0.72
	9+	1.10	1.0	0.91	0.85	0.81	0.77	0.74	0.69
1/0-4/0	1	1.04	1.0	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85
	3	1.08	1.0	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.75
	6	1.10	1.0	0.91	0.86	0.82	0.79	0.77	0.71
	9+	1.11	1.0	0.90	0.84	0.80	0.76	0.73	0.68
250-1000	1	1.05	1.0	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84
	3	1.09	1.0	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.74
	6	1.11	1.0	0.91	0.85	0.81	0.78	0.75	0.70
	9+	1.12	1.0	0.90	0.84	0.79	0.75	0.72	0.67

**f) Factor por Agrupamiento de Cables “ $F_g$ ”**

Los cables agrupados, tendrán una temperatura superior al de los cables aislados. Este incremento de temperatura en la operación, es debido a la presencia de otros cables en el grupo, los cuales actúan como fuentes de calor. Por lo tanto, este aumento de temperatura debido a otros cables en el grupo, depende de la separación de los cables y del medio circundante.

Para nuestros cálculos, y de acuerdo a la experiencia, tomaremos como base un conductor de 3C-1C#250 kcmil, 5,0 kV al 133% y 8,0 kV al 100% de aislamiento instalados en ductos eléctricos de 2 (filas) x3 (columnas), el valor conservador que tomaremos de la Tabla 4.11 para el factor de agrupamiento en ductos eléctricos enterrados, será el siguiente:

$$F_g = 0,70$$

Debemos anotar que el código Nacional de Electricidad Americano NEC, y la IEEE, solo presentan Tablas de Factor de Agrupamiento de Cables para ductos enterrados de 5,0” pulg de diámetro con separación entre centros de 7,5”, Con respecto a esto, las normas mencionadas recomiendan estimar estos valores de acuerdo a la experiencia o con ayuda de cálculos computacionales avanzados.

**Tabla 4.11**

$F_g$ : Factor de Ajuste por Agrupamiento 5001-35 000 V, 3/C o Cable Tripolar en banco de ducto, y Conduit no Metálico

Referencia IEEE-Tabla 13-9

Cable size	No. of rows	Number of columns														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2/0	1	1.00	.904	.823	.773	.728	.694	.668	.643	.624	.609	.580	.597	.587	.578	.570
	2	.903	.761	.667	.612	.573	.542	.520	.500	.488	.475	.463	.455	.448	.441	.434
	3	.800	.667	.578	.520	.482	.454	.433	.418	.402	.391	.382	.374	.367	.360	.353
	4	.722	.597	.511	.460	.425	.400	.380	.365	.353	.343	.335	.329	.322	.317	.312
3/0	1	1.00	.898	.814	.765	.722	.690	.661	.637	.618	.602	.590	.580	.571	.563	.556
	2	.898	.752	.664	.609	.570	.539	.511	.498	.483	.471	.461	.451	.443	.437	.429
	3	.802	.664	.572	.514	.479	.451	.430	.414	.399	.388	.379	.371	.364	.357	.350
	4	.711	.584	.508	.456	.421	.396	.377	.362	.350	.340	.332	.327	.320	.314	.310
4/0	1	1.00	.894	.811	.762	.717	.682	.653	.631	.612	.597	.585	.574	.566	.558	.550
	2	.896	.743	.656	.603	.565	.536	.513	.496	.480	.468	.459	.449	.441	.434	.427
	3	.795	.656	.564	.513	.474	.447	.427	.411	.397	.386	.377	.369	.362	.355	.349
	4	.701	.584	.502	.450	.417	.392	.374	.359	.348	.338	.329	.324	.317	.311	.307
250	1	1.00	.892	.811	.762	.715	.679	.645	.620	.600	.583	.572	.564	.557	.552	.550
	2	.885	.741	.654	.594	.552	.523	.500	.482	.469	.457	.447	.438	.430	.422	.416
	3	.785	.654	.559	.498	.459	.429	.408	.388	.373	.361	.351	.342	.335	.328	.321
	4	.701	.580	.500	.448	.414	.385	.365	.348	.332	.321	.311	.302	.295	.288	.281
350	1	1.00	.890	.807	.754	.700	.661	.634	.609	.589	.572	.561	.552	.548	.542	.540
	2	.872	.733	.641	.580	.538	.510	.488	.470	.455	.443	.432	.423	.415	.408	.400
	3	.772	.641	.550	.492	.451	.420	.396	.377	.362	.350	.340	.331	.323	.316	.310
	4	.681	.572	.491	.440	.402	.375	.354	.337	.322	.311	.300	.292	.285	.278	.271
500	1	1.00	.885	.801	.745	.692	.650	.620	.593	.573	.559	.548	.539	.533	.529	.526
	2	.862	.728	.634	.572	.531	.502	.480	.462	.447	.435	.425	.415	.407	.400	.391
	3	.765	.634	.542	.483	.446	.415	.391	.373	.358	.346	.335	.327	.319	.311	.305
	4	.676	.574	.497	.444	.409	.385	.367	.353	.342	.333	.326	.319	.315	.311	.308
750	1	1.00	.879	.790	.780	.682	.647	.615	.589	.570	.556	.545	.536	.530	.524	.520
	2	.850	.710	.622	.560	.520	.490	.469	.450	.436	.424	.412	.402	.394	.388	.381
	3	.755	.622	.530	.479	.441	.410	.387	.368	.352	.341	.331	.322	.314	.307	.300
	4	.671	.560	.480	.430	.392	.366	.345	.328	.314	.302	.292	.284	.277	.270	.263
1000	1	1.00	.873	.786	.730	.680	.642	.609	.582	.562	.548	.537	.528	.521	.516	.512
	2	.844	.705	.614	.554	.514	.485	.463	.445	.430	.418	.406	.397	.390	.383	.376
	3	.745	.614	.523	.472	.434	.403	.381	.363	.348	.337	.327	.318	.309	.301	.294
	4	.663	.552	.473	.422	.385	.359	.338	.321	.307	.295	.285	.278	.270	.263	.256

## B. Cálculo de la Capacidad del Conductor

De la Tabla de Ampacidad 310.77 de la NEC, la conducción de corriente de base de tres conductores unipolares aislados de 5/8 kV, y sobre la base de una temperatura de operación del conductor de 105 ° C, temperatura del suelo de 20 ° C, y una resistividad térmica del terreno (RHO) de 90 ° C-cm / W, definiremos la ampacidad de conducción del cable.

$I = 345 \text{ A}$	Ampacidad del conductor  (3C-1x250kcmil/ducto)
$F_t = 1,08$	Factor de ajuste de temperatura.
$F_{th} = 0,91$	Factor de ajuste por resistividad térmica.
$F_g = 0,70$	Factor de ajuste por agrupamiento de cables en ductos Eléctricos:

### C. Calculo de la Corriente Nominal de Motor " $I_n$ "

Considerando que, la potencia del motor es de 1500 HP (1119 kW), con una tensión de utilización de 4160 V y un factor de potencia de 0,89.

Obtenemos la corriente nominal del motor igual a:

$$I_n = \frac{1119}{\sqrt{3} \times 4,16 \times 0,89}$$

$$I_n = 174 \text{ A}$$

Del punto "B", calculamos la capacidad del conductor considerando las condiciones de entorno:

$$I'_n = \frac{I_n}{F_t F_{th} F_g}$$

$$I'_n = \frac{174}{0,8 \times 0,91 \times 0,7}$$

$$I'_n = 254 \text{ A}$$

De acuerdo al CNE-Utilización/Sección 160, los conductores de un circuito derivado que alimenta a un motor utilizado con un régimen de servicio continuo, deben tener una capacidad de conducción no menor que el 125% de la corriente nominal a plena carga del motor. Seguidamente, procederemos a calcular este valor:

$$I'_n = 254 \text{ A}$$

$$I''_n = 254 \times 1,25 \text{ A}$$

$$I''_n = 317 \text{ A}$$

**La capacidad de corriente del conductor a seleccionar, no será menor de 317 amperios.**

#### **D. Conductor Seleccionado.**

El cable que cumple con la capacidad de corriente determinada en el punto "B", seleccionamos el siguiente: 3C-1Cx250kcmil, 8 kV al 100% y 5 kV al 133%, con una capacidad de corriente de 345A.

#### **E. Cálculo de la Corriente de Corto Circuito**

Un conductor eléctrico, debe ser protegido por sobrecalentamiento debido a la excesiva corriente de cortocircuito que fluye en su conductor. El punto de falla puede estar en una sección del cable, o en cualquier otra parte del sistema eléctrico.

Debido a que la corriente de cortocircuito se interrumpe ya sea instantáneamente o en un corto período de tiempo por el dispositivo de protección, la cantidad de calor transferido  $I^2R$  de los conductores metálicos hacia el exterior para el aislamiento y otros materiales es pequeña. Por lo tanto, las pérdidas por calor  $I^2R$ , es casi en su totalidad en los conductores, y, a efectos prácticos, se puede suponer que el 100% de las pérdidas  $I^2R$ , se consumen para elevar la temperatura del conductor.

Durante el período en que la corriente de cortocircuito fluye, no se debe permitir que la temperatura del conductor se eleve hasta dañar los materiales aislantes. La tarea de proteger el cable durante una condición de corto circuito consiste en determinar los siguientes valores:

- Valor de la corriente de corto circuito máxima.
- Temperatura máxima del conductor que no dañe el aislamiento
- Calibre del conductor que afecta el valor  $I^2R$  y su capacidad para contener el calor
- Determinar el mayor tiempo de falla que puede existir y la corriente de falla que fluye.

Para poder determinar el valor de la corriente de corto circuito que deberá soportar el cable, debemos observar nuestro diagrama unifilar y de acuerdo a nuestra filosofía de protección, que los circuitos de fuerza estarán protegidos por relés 469 y el mecanismo de aislamiento es un contactor equipado con fusibles de protección para media tensión, considerando los

tiempo de retardo de cada dispositivo suman 11 ciclos para despejar la falla.

Con esto identificamos los siguientes valores:

$t_{cc} = 0,5$  s      Tiempo de duración de la falla (30 Ciclos)

$T_2 = 250$  °C      Temperatura de corto circuito del conductor

$T_1 = 105$  °C      Temperatura de operación del conductor

$A = 250\ 000$       Cicularmils del conductor de 250kcmils.

$I_{cc}$       Corriente de corto circuito en kA.

Remplazando los valores en la siguiente formula ICEA P32-382/IEEE 242, obtenemos el valor de la corriente de corto circuito para conductores de cobre

$$\left[ \frac{I_{cc}}{A} \right]^2 t_{cc} = 0,297 \log \left[ \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]$$

$I_{cc} = 24$  kA      Máxima corriente de corto circuito que puede soportar el Conductor.

## F. Regulación de Tensión.

Es importante para nuestro diseño, asegurar mediante los cálculos de caída de tensión, que la aplicada al equipo de utilización, se mantiene dentro de límites apropiados de regulación. Las relaciones fasoriales entre la

resistencia, tensión, corriente y la reactancia, requieren un conocimiento práctico de la trigonometría, especialmente para hacer cálculos exactos de caída de tensión.

La impedancia de un circuito derivado crea una caída de tensión en el circuito, esto puede resultar en una aplicación de tensión menor a lo aceptado, a no ser que, se tomen medidas preventivas adecuadas.

En general, una tensión baja, disminuye la eficiencia operativa de los equipos eléctricos, tales como motores, sistemas de calefacción y sistemas de iluminación. El establecimiento de criterios para la caída de tensión máxima aceptada en un circuito asegura la utilización de tensiones aceptables para obtener un rendimiento óptimo del equipo eléctrico.

#### **a) Valores Aceptados de Caída de Tensión para Circuitos.**

Para asegurar que el uso de la tensión para equipos eléctricos esté dentro de los valores prescritos, se establecen parámetros básicos. Para el diseñador, la caída de tensión es un valor calculado, por ende se ha establecido el requerimiento de que el cálculo de la caída de tensión se base en la carga de la demanda calculada. El porcentaje permitido de la caída de tensión se basa en dos valores de acuerdo al código nacional de electricidad (CNE), Utilización (Sección 50):

una caída de tensión total máxima de 4,0 % para el alimentador más circuito derivado; es decir desde el punto de conexión al contador de energía hasta el último punto de utilización; y una caída de tensión máxima

de 2,5%, tanto para el alimentador y para el circuito derivado a régimen permanente.

### b) Valores Aceptados de Caída para Motores.

Para el caso de motores eléctricos, los siguientes criterios tomados de la IEEE Std 399, Tabla 9-1, serán utilizados en los cálculos de caída de tensión para el arranque de motores eléctricos:

- Factor de Potencia en la Partida  $\cos \phi = 0,2$
- Caída de tensión máxima admisible durante el arranque:  $\Delta V = 20 \%$
- La relación entre la corriente de arranque y la corriente nominal  $\frac{I_p}{I_n}$  varía entre 4,5 a 9 veces dependiendo del motor.

### c) Fórmulas de Calculo.

Para calcular la caída de tensión de los circuitos derivados, primero debemos conocer la corriente de los equipos en régimen permanente, para lo cual utilizaremos las siguientes formulas:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V_l f_p n}$$

$I_n$  = Corriente nominal en amperios (A)

$P$  = Potencia en kilowatts (kW)

$V_l$  = Tension de línea en voltios (V)

$f_p$  = Factor de Potencia

$n$  = Eficiencia

Para el cálculo de la caída de tensión, utilizaremos las fórmulas de cálculo de la IEEE 141-Capítulo 3, y estimaremos la regulación para las cargas principales:

$$\Delta V = LI_n(R\cos\phi + X\sin\phi)$$

Utilizando las formulas Porcentaje de caída de tensión.

$$\% \text{ de caída de tensión} = \frac{\sqrt{3}\Delta V}{V_1} 100 \%$$

Los parámetros que debemos conocer son los siguientes:

$\Delta V$  = Caída de tensión en voltios (V)

$V_1$  = Tensión de línea en voltios (V)

$L$  = Longitud del Conductor (km)

$I_n$  = Corriente nominal en amperios (A)

$R$  = Resistencia del conductor a 75 °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$X$  = Reactancia del conductor a 75 °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$\cos \phi$  = Factor de Potencia

Los cálculos serán desarrollados en el documento memoria de cálculo de circuitos eléctricos, basándose en los criterios establecidos. Ver Anexos.

#### 4.24.3 Calculo de Malla de Tierra.

El sistema de puesta a tierra, consiste de un conjunto de conductores de cobre desnudos y electrodos conectados efectivamente entre sí, que se instalan de forma horizontal bajo tierra, de manera que se disipe cualquier condición de voltaje o corriente no deseado en un sistema eléctrico. Este sistema provee un punto de tierra común para todos los equipos y estructuras metálicas dentro de la subestación.

Un sistema de puesta a tierra se debe instalar de manera que limite los efectos de los gradientes de potencial a niveles tolerables de voltaje y corriente, asegurando que no peligre la seguridad del personal y equipos en condiciones de falla. El sistema también debe garantizar la continuidad del servicio.

En general, la limitación de los parámetros físicos de una malla a tierra, se basan en la economía y las limitaciones físicas de la instalación de la red. La limitación económica es evidente, por ejemplo, la excavación de zanjas, limita la separación del conductor a aproximadamente 2,0 m o más. Típico espaciamiento entre conductores, están en el rango de 3,0 m a 15,0 m, mientras que las profundidades típicas de rejilla oscilar entre 0,5 m y 1,5 m. Para los conductores típicos van desde las secciones 2/0 AWG ( $67 \text{ mm}^2$ ) a 500 kcmil ( $253 \text{ mm}^2$ ), el diámetro del conductor tiene un efecto despreciable sobre la tensión de la malla.

Es importante detallar algunos términos que utilizáramos en adelante, y son detallados a continuación:

- **Varilla de Puesta a Tierra.**

Electrodo metálico que se entierra para la toma de conexión a tierra, para nuestra instalación utilizaremos varillas de  $\frac{3}{4}$  x 3 m de longitud.

- **Cable de Tierra**

Es el conductor de cobre desnudo temple suave que se utilizara para la malla principal, la sección que utilizaremos para nuestra instalación será Nro 4/0AWG. Para las derivaciones desde la malla principal hacia los equipos y estructuras se utilizara el Nro 2/0AWG.

- **Geometría de la Malla.**

El área del sistema de puesta a tierra es el factor geométrico más importante en la determinación de la resistencia de la rejilla. Cuanto mayor sea el área de tierra, menor es la resistencia de la red y, por lo tanto, menor es el GPR.

Una representación aproximada de las condiciones reales del suelo, puede ser obtenida mediante el uso de un modelo de dos capas. El modelo de dos capas consiste en una capa superior de profundidad finita y resistividad diferente de la capa inferior de espesor infinito.

#### **A. Parámetros Críticos de Diseño.**

Varios parámetros son los que definen la geometría de la malla de puesta a tierra, pero su área, la separación entre conductores, y la profundidad de la misma, tienen un mayor impacto en la tensión de la malla, mientras que los

parámetros tales como el diámetro del conductor y el espesor del revestimiento material tienen menos impacto.

Los siguientes parámetros dependen del sitio, y tienen un impacto sustancial en el diseño de la malla de puesta a tierra:

$I_G$  Máxima corriente de la Malla en A.

$t_f$  Tiempo de duración de la falla en segundos

$t_s$  Tiempo de duración de choque en segundos,

$\rho$  La resistividad del terreno en  $\Omega - m$

$\rho_s$  Resistividad del material superficial en  $\Omega - m$

#### a) Duración de Falla " $t_f$ " y Choque " $t_s$ "

La duración de la falla y la duración de choque, normalmente se suponen iguales, a menos que la duración de la falla sea la suma de los choques sucesivos (caso de reconexiones). La selección de  $t_f$  debe reflejar el tiempo de compensación rápida para el caso subestaciones de transmisión, y tiempos de compensación lentos para el caso de sub estaciones Industriales de distribución. Las opciones  $t_f$  y  $t_s$  y deben dar lugar a la combinación más desfavorable para el factor de decremento y corriente cuerpo permisible.

Los valores típicos para  $t_f$  y  $t_s$ , se encuentran en el rango de 0,25 s a 1,0 s. Considerando que nuestra sub estación es del tipodistribución, el tiempo de compensación será lento, partiendo de esta premisa y haciendo uso de la

Tabla 4.12, obtenemos los siguientes valores que utilizaremos en nuestros cálculos:

Para 30 ciclos,  $X/R=10$  y  $t_f = 0,5$ , se obtiene un valor de  $D_f = 1,026$

**Tabla 4.12**

Valores Típicos de  $D_f$

Referencia IEEE-Tabla 10.

**Table 10—Typical values of  $D_f$**

Fault duration, $t_f$		Decrement factor, $D_f$			
Seconds	Cycles at 60 Hz	$X/R = 10$	$X/R = 20$	$X/R = 30$	$X/R = 40$
0.008 33	0.5	1.576	1.648	1.675	1.688
0.05	3	1.232	1.378	1.462	1.515
0.10	6	1.125	1.232	1.316	1.378
0.20	12	1.064	1.125	1.181	1.232
0.30	18	1.043	1.085	1.125	1.163
0.40	24	1.033	1.064	1.095	1.125
0.50	30	1.026	1.052	1.077	1.101
0.75	45	1.018	1.035	1.052	1.068
1.00	60	1.013	1.026	1.039	1.052

### b) Corriente Máxima de Malla “ $I_G$ ”

Es la máxima corriente de falla que fluye desde la sub estación hacia a la malla de tierra y está representada por la siguiente fórmula:

$I_G$

Máxima corriente de malla en “A”

$D_f$  Factor de decrecimiento para toda la duración de la falla  
 t<sub>f</sub> dado en segundos.

$I_g$  Es la corriente rms simétrica de malla “A”.

$$I_G = D_f I_g$$

La corriente de cortocircuito monofásico línea a tierra en 23 kV, está limitada a 600 A, considerando los tres transformadores de potencia de la subestación principal en paralelo. En 23 kV y 4,6 kV, la corriente de cortocircuito monofásico está limitada a 400 A, por la resistencia de neutro a tierra de los transformadores. Para baja tensión (BT), los neutros de los transformadores están conectados directamente a tierra y las tensiones tolerables son mayores que la fuente ( $480 / \sqrt{3}$ ), por lo que para este cortocircuito las mallas son seguras.

Los cálculos consideran un valor de corriente de falla a tierra, de 400A, dado que este se encuentra limitado por las resistencias de puesta a tierra antes mencionadas.

De lo anterior, procedemos a calcular la corriente máxima de malla “ $I_G$ ”

$$I_g = 400 \text{ A}$$

$$D_f = 1,0$$

$$I_G = 400 \text{ A}$$

**c) Resistividad de Suelo “ $\rho$ ”**

La resistencia de la red y los gradientes de tensión dentro de una subestación son directamente dependientes de la resistividad del suelo. Porque en realidad la resistividad del suelo variará tanto horizontal como verticalmente, datos suficientes deben ser recopilados para patio de llaves. Para nuestros cálculos, la resistividad del suelo se considera uniforme. Ver valores considerados en documento de cálculo (Capítulo de Anexo).

**d) Resistividad de Capa Superficial “ $\rho_s$ ”**

A menudo sobre la superficie de la malla de tierra ya instalada, se extiende una capa de material de alta resistividad entre 0,08-0,15m (6-3 in), tales como grava para aumentar la resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas en la subestación, esta capa de material de superficial, ayuda a limitar la corriente de cuerpo por adición de resistencia a la resistencia del cuerpo, dando una resistencia equivalente mayor.

Si el suelo subyacente tiene una resistividad menor que el material de la superficie, sólo un poco de la corriente de red irá hacia arriba en la capa delgada del material de la superficie, y la tensión de la superficie será casi la misma que sin el material de la superficie. La corriente a través del cuerpo se reducirá considerablemente con la adición del material de la superficie debido a la mayor resistencia de contacto entre la tierra y los pies, sin embargo esta resistencia puede ser considerablemente menor que la de una capa superficial suficientemente gruesa como para asumir

resistividad uniforme en todas las direcciones. La reducción depende de los valores relativos de la tierra y de la resistividad del material y del espesor del material de la superficie.

## B. Cálculo de Malla de Puesta a Tierra.

### a) GroundPotentialRise “GPR”.

Potencial máximo de tierra que puede alcanzar la malla de tierra de una subestación con relación a un punto de conexión a tierra distante, supone que está en el potencial de tierra remota. Esta tensión, GPR, es igual a la máxima corriente de malla multiplicado por el valor de resistencia de malla.

$I_G$             Máxima corriente de malla en (A)

$I_g$             Es la corriente rms simétrica de malla (A).

$$GPR = I_G R_g$$

Nota

En condiciones normales, el equipo eléctrico conectado a tierra opera cerca del potencial cero de tierra. Es decir, el potencial de un conductor neutro a tierra es casi idéntico al potencial de tierra a distancia. Pero durante una falla a tierra, la porción de corriente que es descargada desde una sub estación hacia la malla de puesta a tierra, genera un aumento del potencial de la red con respecto a tierra remota.

### b) Factor de Corrección por Material Superficial " $C_s$ "

Para nuestros cálculos, utilizaremos una capa superficial de material de 4 pulgadas

$C_s$  Factor de corrección por capa superficial de material.

$\rho$  Resistividad del terreno en  $\Omega - m$ .

$\rho_s$  Resistividad de terreno en  $\Omega - m$ .

$t_s$  Duración del shock eléctrico en segundos.

$h_s$  Espesor de capa superficial de material en m.

$$C_s = 1 - 0,09 \frac{(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{(2h_s + 0,09)}$$

### c) Tensión de Contacto

Es la diferencia de potencial entre el potencial máximo de tierra (GPR) y el potencial de la superficie en el punto en que una persona está de pie, mientras que al mismo tiempo tiene una mano en contacto con una estructura de tierra.

La seguridad de las personas consiste en limitar la cantidad de energía crítica de choque que pueda absorber un ser humano hasta que las protecciones actúen y el sistema des energice. La máxima tensión accidental conducida por cualquier circuito, no debe exceder los límites definidos de la siguiente manera:

$$E_{\text{Contacto } 50\text{kg}} = (1\,000 + 1,5C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{\text{Contacto } 70\text{kg}} = (1000 + 1,5C_s\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

Para nuestros cálculos, utilizaremos la fórmula de tensión de contacto, que considera el peso de una persona de 70 kg

#### d) Tensión de Paso

Diferencia de potencial superficial que experimenta una persona, al superar con los pies, una distancia de 1,0 m, además sus manos o su cuerpo no deberán estar en contacto con ninguna estructura metálica dentro del perímetro de la subestación.

La seguridad de las personas consiste en limitar la cantidad de energía crítica de choque que pueda absorber un ser humano hasta que las protecciones actúen y el sistema desenergice. La máxima tensión accidental conducida por cualquier circuito, no debe exceder los límites definidos de la siguiente manera:

$$E_{\text{paso } 50\text{kg}} = (1\,000 + 6C_s\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{\text{paso } 70\text{kg}} = (1\,000 + 6C_s\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

Para nuestros cálculos, utilizaremos la fórmula de tensión de paso, que considera el peso de una persona de 70kg

**e) Resistencia de Malla “ $R_g$ ”**

$\rho$  Resistividad del terreno en “ $\Omega - m$ ”.

$L_T$  Longitud total enterrada de cable de tierra (incluye varilla de puesta a tierra) en “m”.

$A_{malla}$  Área de la malla de puesta a tierra en “ $m^2$ ”.

$h$  Profundidad de la malla en “m”.

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A_{malla}}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A_{malla}}}} \right) \right]$$

**f) Tensión de Malla “ $E_m$ ”**

Máxima tensión de contacto dentro de un sistema de puesta a tierra.

$\rho$  Resistividad del terreno en “ $\Omega - m$ ”.

$I_G$  Máxima corriente de malla en “A”

$K_m$  Factor de espaciamento.

$K_i$  Factor de corrección por geometría de malla.

$K_{ii}$  Factor de corrección por varillas de tierra.

$K_h$  Factor corrector de ponderación, que hace hincapié en el efecto de la profundidad de la red simplificada método.

$n$  Factor de corrección por geometría de la malla.

$D$  Espaciamiento entre conductores de puesta a tierra en “m”.

$d$  Diámetro del conductor de tierra en “m”.

$h$  Profundidad del conductor de puesta a tierra en “m”.

$L_C$  Longitud total de la malla en “m”.

$L_R$  Longitud total de las varillas de tierra en “m”.

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_C + \left[ 1,55 + 1,22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R}$$

$K_{ii} = 1$  Para Mallas de puesta a tierra, con varillas de puesta a tierra, en las esquinas, perímetro e interior del sistema de puesta a tierra.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ L_n \left[ \frac{D^2}{16hd} + \frac{D + 2h}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} L_n \left[ \frac{8}{\pi(2n - 1)} \right] \right]$$

### g) Tensión de Malla “Es”

Tensión de paso entre un punto por encima de la esquina exterior de la red y un punto de 1 m en diagonal fuera de la cuadrícula para el método simplificada.

$\rho$  Resistividad del terreno en “ $\Omega - m$ ”.

$I_G$  Máxima corriente de malla en “A”

$K_i$  Factor de corrección por geometría de malla.

$K_s$  Factor de separación para la tensión de paso.

$n$  Factor de corrección por geometría de la malla.

$D$  Espaciamiento entre conductores de puesta a tierra en “m”.

$d$  Diámetro del conductor de tierra en “m”.

$h$  Profundidad del conductor de puesta a tierra en “m”.

$L_C$  Longitud total de la malla en “m”.

$L_R$  Longitud total de las varillas de tierra en “m”.

$$E_s = \frac{\rho I_G K_s K_i}{0,75 L_C + 0,85 L_R}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

### C. Interpretación de los Resultados

- El valor de tensión de malla “Em”, debe estar por debajo del valor de tensión tolerable de toque  $E_{Toque\ 70kg}$
- El valor de tensión de paso “Es”, debe estar por debajo del valor de tensión tolerable de paso  $E_{paso\ 70kg}$

El cálculo de puesta a tierra, se encuentra en los Anexos del informe. Como referencia líneas abajo, Tabla 4.13, que contiene los valores de tensión de toque y contacto, recomendado por el código nacional de electricidad peruano.

**Tabla 4.13**  
Tensiones de Toque y Paso Tolerable  
CNE-Utilización, Tabla 52

Tipo de suelo	Resistividad $\Omega\cdot m$	Duración de falla 0.5 segundos		Duración de falla 1.0 segundos	
		Tensión de paso V	Tensión de toque V	Tensión de paso V	Tensión de toque V
Orgánico Mojado	10	174	166	123	118
Humedo	100	263	188	186	133
Seco	1 000	1 154	405	816	286
Piedra Partida 105 mm	3 000	3 143	885	2 216	626
Cama de Roca	10 000	10 065	2 569	7 116	1 816

#### 4.24.4 Calculo de iluminación

La iluminación nominal asignada a un tipo particular de recinto o a una actividad particular, está basada en la dificultad de la tarea visual. Se asume

que el efecto de la iluminación sobre el rendimiento visual no es afectado por el deslumbramiento directo y reflejado, por la reducción del contraste, ni por la reproducción del color y color de luz inapropiados.

Llevado a la Tabla 4.14, determinamos el valor de **500 lux**.

**Tabla 4.14**  
**Iluminancia Mantenido en Áreas Interiores**  
Referencia Tabla 111-1, CNE-Suministro

Tipo de interior	Iluminancia mantenida lux
<b>Estaciones de suministro</b>	
Planta de suministro de combustible (los colores de seguridad serán reconocibles)	50
Casa de calderas	100
Salas de máquinas	200
Locales auxiliares Por ejemplo, cuartos de bombas, cuartos de condensadores, cuartos de paneles eléctricos, etc.	200
Salas de control Nota 1: Los paneles de control son generalmente verticales. Nota 2: Puede requerirse atenuación de la iluminación (dimers). Nota 3: Para pantalla o monitores pueden requerirse filtros.	500
<i>NOTA: Los valores indicados son los mínimos valores que debe tener la iluminancia media.</i>	



luminarios donde las recomendaciones de espaciamiento máximas no son proporcionadas o donde los niveles de iluminación de acuerdo a la actividad deban ser verificados en el sitio de instalación.

Para el cálculo de Iluminancia promedio, se pueden aplicar dos métodos:

- En iluminación interior, se puede utilizar el método de cavidad zonal usando la información de la tabla de coeficiente de utilización.
- Para aplicaciones de iluminación exterior, se provee una curva de coeficiente de utilización (CU), este valor se lee directamente de la curva y se utiliza la fórmula del método de lumen estándar.

El método de cavidad zonal es el método aceptado en la actualidad para calcular los niveles de iluminancia promedio para áreas interiores a menos que la distribución de luz sea radicalmente asimétrica. Es un método aproximado porque toma en consideración el efecto que tiene la interreflectancia sobre el nivel de iluminancia. A pesar que toma en consideración muchas variables, la premisa básica de que los footcandles (pies candela) o luxes son iguales al flujo sobre un área.

La base del método de cavidad zonal, es que el cuarto se compone de tres espacios o cavidades.

- El espacio entre el techo y las luminarias, si están suspendidas, se define como “cavidad de techo”.
- El espacio entre el plano de trabajo y el piso se denomina “cavidad de piso”.

- El espacio entre las luminarias y el plano de trabajo, la “cavidad de cuarto”.

Una vez que el concepto de estas cavidades ha sido comprendido, es posible calcular las relaciones numéricas llamadas “relaciones de cavidad”, que pueden ser usados para determinar la reflectancia efectiva del techo y del piso y después encontrar el coeficiente de utilización. Tenemos cuatro pasos básicos en cualquier cálculo de nivel de iluminancia:

**Paso 1.** Determinar las relaciones de cavidad

**Paso 2.** Determinar las reflectancias de cavidad efectivas

**Paso 3.** Seleccionar el coeficiente de utilización

**Paso 4.** \_ Calcular el nivel de iluminancia promedio.

### C. Procedimiento de Cálculo de Alumbrado Interior

#### a) Paso 1: Relación de Cavidades.

El cálculo de relación de cavidades, pueden ser determinados mediante las siguientes ecuaciones:

- **Relación de cavidad de techo (CCR)**

$$CCR = \frac{5h_{cc}(L + A)}{LA}$$

Dónde:

hcc                      Distancia en metros de la parte baja de la luminaria  
(artefacto de alumbrado) al techo

L                        Largo del local en metros

A                        Largo del local en metros

▪ **Relación de cavidad de cuarto (RCR)**

$$RCR = \frac{5h_{hrc}(L + A)}{LA}$$

Dónde:

hrc                      Distancia en metros de la parte baja de la luminaria al  
plano de trabajo

L                        Largo del local en metros

A                        Largo del local en metros

▪ **Relación de cavidad de piso (FCR)**

$$FCR = \frac{5h_{hfc}(L + A)}{LA}$$

Dónde:

hfc                      Distancia en metros del plano de trabajo al piso

L                        Largo del cuarto, en metros

A                        Ancho del cuarto, en metros

## b) Paso 2: Reflectancia Efectivas de Superficies.

Las reflectancias de las cavidades efectivas deben ser determinadas para las cavidades de techo y de piso. Estas pueden localizarse en la **Tabla 4.15**, bajo la combinación aplicable la relación de cavidad y las reflectancias actuales del techo, paredes y piso. Note que si la luminaria es para montaje tipo empotrar o sobreponer, o si el piso es el plano de trabajo, el CCR o el FCR tomaran el valor de cero y entonces la reflectancia actual del techo o el piso será también la reflectancia efectiva.

- PCC                    Reflectancia en cavidad de techo
- PFC                    Reflectancia en cavidad de piso.
- PW                     Reflectancia en paredes

**Tabla 4.15**

### Porcentaje de Reflectancia Efectiva en la Cavidad de Piso o Techo para diferentes valores de reflectancia.

Referencia Fabricante Holophane

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70				50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	
Relación de Cavidad																						
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09	
0.4	88	88	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09	
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08	
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08	
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07	
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07	
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06	
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06	
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06	
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06	
2.8	81	66	54	44	85	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05	
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05	
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05	
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05	
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04	
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04	
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04	

Tabla 4.16

### Factores de Multiplicación para Reflectancia de Cavity de Piso, Diferente al 20% por ciento

Referencia Fabricante Holophane

% de reflectancia efectiva en la cavidad de techo, pcc	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 30 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso (20 % = 1.00)																	
RCR																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
Para 10 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso (20 % = 1.00)																	
RCR																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.998	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.985	0.980	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

#### c) Paso 3: Calculo del Coeficiente Utilización "CU"

Conociendo el rango de cavidad del cuarto (RCR) del Paso 1 y la Tabla 4.17, encontramos el coeficiente de utilización (CU) de la luminaria. Note que la Tabla es lineal, se pueden hacer interpolaciones lineales para rangos de cavidad exactos o diferentes combinaciones de reflectancia. El coeficiente de utilización encontrado será para un 20% de reflectancia efectiva de cavidad de piso entonces, será necesario corregirlo para la

reflectancia efectiva de la cavidad de piso determinada previamente; esto se hace multiplicando el CU determinado previamente por el factor de corrección de la **Tabla 4.16** el CU final será: CU (20% piso) x Factor de corrección. Si es otro valor diferente a 10% ó 30%, entonces interpole o extrapole y multiplique por este factor.

**d) Paso 4, Determinación de Numero de Luminarias.**

Conociendo el nivel de iluminación en Lux, y haciendo uso de la siguiente formula, determinamos la cantidad de luminarias:

$$\text{Nro. De Luminarias} = \frac{\text{Nivel de Iluminacion} \times \text{Area}}{\text{Nro de Lamparas} \times \text{Lumen} \times \text{CU}_{\text{Corregido}} \times f_m}$$

Dónde:

A	Área del ambiente interior en m <sup>2</sup>
Nivel de Iluminación	Valor obtenido de las Tabla 4.14.
Nro. De lámparas	Se debe indicar la cantidad de lámparas por cada luminaria
$CU_{\text{Corregido}}$	Calculado en el Paso 3
$f_m$	Factor de Mantenimiento (0,8)

## **D. Calculo de Alumbrado Interior**

### **a) Reemplazando Valores en Paso 1**

Reemplazando valores de entrada en el Paso 1, obtenemos los siguientes valores de relación de cavidad:

- CCR = 0,0
- RCR = 3,5
- FCR = 1,1

CCR toma el valor de cero, debido a que las luminarias fluorescentes, irán instalados adosadas al techo.

### **b) Reemplazando Valores en Paso 2**

La DGE 017, recomienda los siguientes valores de reflectancia, para obtener un alumbrado eficiente: 70 % para techos, 50 % para paredes, y 20 % para pisos. Para nuestros cálculos, utilizaremos los siguientes valores de reflectancia de superficie, por ser conservadores:

- Reflectancia del techo (PCC)            80 %
- Reflectancia del piso (PFC)            10 %
- Reflectancia paredes (PW)            30 %

Con los valores obtenidos de cavidad de superficie y los valores de reflectancia de superficie, determinaremos los valores de reflectancia efectiva, apoyándonos en la Tabla 4.15, y obtenemos los siguientes valores:

- Reflectancia Efectiva del techo (PCC) 80 %
- Reflectancia Efectiva del piso (PFC) 10 %
- Reflectancia Efectiva de paredes (PW) 30 %

Los valores se mantienen, debido que el valor de cavidad de techo, toma el valor de cero, por ser una luminaria adosada al techo.

### c) Reemplazando Valores en Paso 3:

Para determinar el coeficiente de utilización, antes debemos seleccionar tentativamente el tipo y modelo de luminaria. Para nuestro proyecto, hemos definido utilizar lo siguiente:

- Luminaria Fluorescente de 2x36 W,230 V.
- Modelo 2-F32/T8/TL841
- Marca Holophane, sello “UL”
- Salidas Lumen / Lámpara (3000).

Además utilizaremos los valores encontrados en los pasos 1 y 2, para obtener el “CU” de la luminaria.

- Reflectancia Efectiva del techo (PCC) 80 %
- Reflectancia Efectiva de paredes (PW) 30 %
- Relación de cavidad de cuarto (RCR) 3,5

Interpolaremos el valor de cavidad de cuarto y los valores de reflectancia efectiva, en la Tabla 4.17, obtenemos el valor del coeficiente de utilización:

Tabla 4.17

## Coeficiente de Utilización, Luminarias Fluorescentes

Referencia Fabricante Holophane (2-F32/T8/TL841)

EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE: 20%																								
RCC %:	80				70				50				30				10				0			
RW %:	70	50	30	0	70	50	30	0	50	30	20	50	30	20	50	30	20	0	50	30	20	0		
RCR: 0	1.07	1.07	1.07	1.07	1.05	1.05	1.05	.88	1.00	1.00	1.00	.95	.95	.95	.90	.90	.90	.88						
1 I	.97	.92	.88	.84	.94	.90	.86	.72	.86	.82	.79	.82	.79	.76	.78	.76	.74	.72						
2	.87	.79	.73	.67	.85	.77	.71	.59	.74	.68	.64	.70	.66	.62	.67	.64	.60	.58						
3	.79	.69	.61	.55	.77	.67	.60	.50	.64	.58	.53	.61	.56	.51	.59	.54	.50	.48						
4	.72	.60	.52	.46	.70	.59	.51	.42	.56	.50	.44	.54	.48	.43	.52	.47	.42	.40						

$$CU = 0,565$$

Este valor corresponde a una reflectancia efectiva de piso del 20 % según Tabla de luminaria, dicho valor debe ser corregido al 10 %, que corresponde a nuestros datos de entrada.

De la Tabla 4.16 y del Paso 2 (RCR = 3,5), obtenemos el factor de corrección ( $f_c$ ) del coeficiente de utilización "CU", para un 10% de reflectancia en la cavidad de piso:

$$f_c = 0,965$$

$$CU_{Corregido} = 0,965 \times 0,565$$

$$CU_{Corregido} = 0,545$$

**d) Reemplazando Valores en Paso 4:**

Cuando el nivel de iluminancia inicial se conoce y se requiere conocer el número de luminarios necesarios para obtener ese nivel, la ecuación del método de lumen, puede expresarse de la siguiente forma:

Luxes Mantenedos	500 lux
Nro. De Lámparas x Luminaria	2,0 Und
Lumen x Luminaria	3000 Lumen
Área	75 m <sup>2</sup>
$CU_{Corregido}$	0,545

Reemplazando Valores en la fórmula del paso 4, determinamos el número de luminarias

$$\text{Nro. De Luminarias} = \frac{500 \times 75}{2 \times 3000 \times 0,545 \times 0,8}$$

Nro. De Luminarias = 14 und.

Las luminarias serán dispuestas en 02 filas, cada una con 07 luminarias.

## **CAPÍTULO V**

### **CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA CIA. MINERA**

#### **5.1 INSTALACIONES ELECTRICAS.**

Este capítulo cubre los requisitos generales de construcción, materiales eléctricos, recepción y almacenaje de equipos, y control de calidad.

En general todo material y equipo eléctrico, deberá ser instalado de conformidad con el manual de instrucción de instalación del fabricante y/o planos del vendedor.

Todo equipo eléctrico será adecuadamente instalado sobre una superficie nivelada con topografía y en la cual se instalaran platinas de acero para el anclaje de los equipos eléctricos.

Para las uniones de barras, las superficies de contacto serán limpiadas a fondo. Todo embarrado eléctrico será ensamblado, torqueado y protocolizado por personal técnico del fabricante, este servicio debe ser considerado en la oferta del Contratista.

Todo cableado desconectado para efectos de transporte, serán reconectados.

Cualquier cableado no realizado por efectos de transporte será responsabilidad del Contratista.

Todo equipo y material eléctrico y el método para su instalación será adecuado para la clasificación del área y las condiciones ambientales diseñadas en los planos.

En general los ingresos de cables o tuberías en equipos mayores serán realizados por el fabricante. Se espera sin embargo que en algunos casos, agujeros, soportes, cortes o soldaduras adicionales sean requeridos para el ingreso de cables o tuberías según las condiciones particulares de la instalación. Estos trabajos adicionales deben ser considerados como parte de la instalación del equipamiento eléctrico.

Especial cuidado serán tomados en cuenta para prevenir el daño de equipos y cables eléctricos debido a trabajos de soldaduras u otras operaciones de instalación o fabricación.

Después de la instalación, todos los equipos deberán ser dejados en condiciones óptimas de limpieza, en particular, todos los aisladores, bushings, barras entre otras partes cuya calidad dependa de su aislamiento. Toda superficie externa e interna que presente suciedad debe ser limpiada a fondo. Cuando se adviertan deterioros, estos deben ser retocados aplicando una capa de imprimante en color. El Contratista proveerá la pintura.

El Contratista deberá tener especial cuidado en mantener la puerta de los equipos completamente cerrados., esto es con la finalidad de evitar el ingreso de polvo, escorias metálicas u otros elementos que puedan ocasionar daño en los componentes electrónicos.

Los equipos para adosar no serán directamente fijados a las paredes. El equipo será montado sobre ángulos, canales o barras adecuadamente dimensionados. Los canales prefabricados ofrecen un alto grado de flexibilidad para el montaje del equipo. Los accesorios metálicos misceláneos serán limpiados con un cepillo de alambre y luego pintados con “Galvanox” o un producto equivalente.

Las botoneras localizadas en inmediaciones de los motores, serán instaladas lo más cerca posible al motor. En ningún caso esta distancia superará los 2m.

Los extremos de los cables de media tensión y multiconductores deberán estar completamente sellados con capuchas termo retractiles para impedir la entrada de humedad.

## **5.2 INFORMACION ENTREGADA POR EL CLIENTE.**

La instalación eléctrica debe estar en concordancia con los planos y especificaciones que cubren los trabajos eléctricos. Los manuales de instrucción, planos de equipos y alguna instrucción especial que viene acompañada con los equipos eléctricos serán considerados como parte de esta especificación. El Contratista no deberá realizar cambios a los planos de

construcción ni manuales de instalación sin la previa autorización de CIA. Minera.

Los planos y/o documentos indican longitudes, rutas y cantidades generales, sin embargo los requerimientos finales (longitud, rutas y cantidades) son responsabilidad del Contratista.

El Contratista asumirá con toda la responsabilidad la verificación de los espacios, dimensiones y tamaños mostrados en los planos antes de proceder con algún trabajo de montaje. Cualquier discrepancia deberá ser notificada a la dirección del proyecto.

La ubicación y tamaño de los equipos debe ser contrastados con los planos de ingeniería antes de su instalación, se verificara en sitio posibles interferencias con otras instalaciones existentes tales como estructuras, tuberías, bandejas luminarias entre otros.

El Contratista responsable de las Obras Eléctricas y de Instrumentación, revisara todos los planos incluyendo las demás disciplinas con el propósito advertir interferencias o cambios de posición o medida de algún equipo. El contratista realizara en obra los replanteos convenientes e informa a la supervisión de obra los cambios que correspondan.

El contratista será responsable de la planificación anticipada de los trabajos, antes del inicio de la construcción, para asegurar que las discrepancias puedan ser corregidas sin costo adicional.

El Contratista de las Obras Eléctricas y de Instrumentación, debe proveer un juego de planos “conforme a obra”. Estos dibujos serán constantemente actualizados y entregados al Gerente del Proyecto al finalizar la ejecución. El conjunto completo de copias marcadas (red-line), mostraran la ubicación final de todos los equipos, bandejas porta cables, tuberías, banco de ductos subterráneos y todos los cambios introducidos en los planos unifilares, esquemas y/o diagramas de conexión entre otros. Estas marcas deberán ser exactas y verdaderas.

### **5.3 MATERIALES ENTREGADOS POR EL CONTRATISTA.**

Todos los trabajos deben ser de primera calidad, completos y ejecutado por personal calificado. Los materiales, equipos y mano de obra estarán sujetos a la aprobación del cliente.

El material menudo suministrado por el Contratista tales como terminales, kits, empalmes, herrajes, tornillería, autoroscantes, etc., y en general cualquier otro material no especificado claramente en el documento de metrados, serán de primera calidad y conforme a los criterios de diseño y de construcción.

Todos los materiales serán nuevos y libres de defectos y deben ser de la mejor calidad en sus respectivos tipos.

Todos los materiales entregados por el Contratista, deben satisfacer los criterios de diseño y condiciones de sitio de CIA. Minera.

Los materiales deben tener sello UL/FM para los servicios requeridos

Esta especificación debe ser conocida por todos los responsables del Contratista con categoría de /o superior a jefe de equipo.

#### **5.4 RECEPCION Y ALAMACENAMIENTO.**

##### **5.4.1 Recepción de Materiales y Equipos.**

El Contratista considerará dentro de su alcance el retiro, descarga, recepción, inspección y revisión de los materiales suministrados por CIA. Minera, eliminado los embalajes y posible suciedad, cerciorándose de que queda en perfectas condiciones para su montaje.

El contratista con el área de calidad e ingeniería, verificarán que los equipos recibidos, se encuentre completos, realizando una verificación de todas las partes con el listado del fabricante (PakingList del vendor). En caso se advierta la falta de un componente, el departamento de calidad generara una no conformidad al suministrador del equipo para el reclamo respectivo.

#### **5.4.2 Almacenamiento y Protección de Materiales y Equipos.**

Las siguientes indicaciones, son recomendaciones mínimas del propietario, para el almacenamiento y protección de materiales y equipos eléctricos:

- Todos los materiales y equipos eléctricos deben ser apropiadamente almacenados y protegidos de daños en todo momento hasta la fecha de entrega al cliente. Precauciones para el almacenamiento y protección apropiada deben estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante.
- Todos los equipos eléctricos almacenados al aire libre, deberán contar con techo de protección, y protegidos con lonas o embalaje original. El equipo será almacenado en plataformas o bloques por lo menos de 150mm (6 pulgadas) por encima del piso y cubiertos con lonas para protegerlos de la intemperie.
- Todas las superficies de los equipos sometidos a la corrosión serán revestidos y/o protegidos de conformidad con las recomendaciones del fabricante.
- Todas las lonas y otros materiales utilizados para cubrir los equipos serán ignífugos y auto extingüibles.
- Desecantes serán utilizados según sea necesario o según lo recomendado por el fabricante, verificando periódicamente y se sustituirá cuando sea necesario.

- Todos los revestimientos de protección de los equipos y recubrimientos de protección de bandejas, tuberías conduit, cajas y accesorios que presenten daños durante el almacenamiento o instalación, serán debidamente reparados o retocados. El material utilizado y el método de aplicación serán las indicadas por el fabricante.
- Los motores eléctricos serán almacenados si es posible bajo techo, en caso sea almacenado al aire libre, los motores serán puestos en plataformas o bloques por lo menos de 150mm (6 pulgadas) por encima del suelo y cubiertos con lonas para protegerlos de la intemperie.
- Todos los motores que cuenten con calefactores, se deberá proveer un suministro temporal de energía para conectar la calefacción durante el almacenamiento y la fase de ejecución del proyecto, conforme a las instrucciones del fabricante.
- Todos los motores almacenados por más de 06 meses, serán megados. Cualquier resultado inaceptable de la prueba será notificado al Cliente.
- Los ejes de motor se harán girar varias revoluciones una vez por semana en un horario regular por el Contratista. Los registros se mantendrán actualizados semanalmente. Cualquier problema será reportado a la atención del Cliente.
- Todos los medidores de energía y relés expuestos serán debidamente protegidos para evitar daños y / o roturas.

- El interior de tableros eléctricos, switchgear, subestaciones unitarias, variadores de frecuencia, y centros de control de motores serán revisados cada 30 días para ver su estado de deterioro.
- Las baterías se mantendrán cargadas y se revisaran el nivel de líquidos, gravedad relativa, corrosión de terminales y fugas cada 90 días. Las corrientes de carga serán de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Los extremos de todos los cables no conexiónados sea por almacenamiento o instalaciones no terminadas entre otros, serán protegidos contra el ingreso de humedad o agentes contaminantes de acuerdo a lo siguiente:
  - Los cables de B.T. de  $120\text{mm}^2$  (250 kcmil) o más y los multiconductores pueden ser temporalmente sellados durante la construcción, usando 2 capas de cinta aislante de polivinilo. Los cables de repuesto serán sellados con capuchas termocontraíbles.
  - Los cables de M.T. se mantendrán sellados con capuchas termocontraíbles durante la construcción, almacenamiento o en caso sea de repuesto.

### **5.4.3 Placas de identificación**

El Contratista proveerá e instalará las placas de identificación en inglés y español sobre todos los equipos eléctricos, tales como transformadores, interruptores, contactores en paneles separados, arrancadores locales,

tomacorrientes especiales, paneles, cajas de unión, cajas borneras, equipos de campo y botoneras de la siguiente forma:

- Las placas de identificación de paneles eléctricos de distribución y paneles de control deberán incluir la designación del panel, fuente de alimentación, voltaje y fases del suministro.
- Las placas serán de 2 mm de espesor, de material plástico laminado blanco con letras negras grabadas. Las letras serán en negritas, del tipo gótico, de 7 mm de altura en pequeñas cajas, tales como estaciones de control y de 20 mm de altura para otras cajas.
- Las placas serán fijadas a las superficies mediante pernos de acero inoxidable.
- Cuando la placa resulta más grande que el equipo, una lámina con el tag será asegurada al equipo mediante cable de acero inoxidable.

## **5.5 CANALIZACIONES ELECTRICAS.**

### **5.5.1 Tuberías Conduit.**

La tubería rígida de acero galvanizado tienen los hilos de rosca expuestos.

Los rasguños o daños en esa zona serán galvanizados en frío.

- Todas las tuberías serán cortadas en escuadras y las rebabas serán eliminadas cuidadosamente limpiando a fondo el interior.
- En las tuberías de acero se confeccionarán las roscas conectándolo con acoples y accesorios, utilizando un compuesto que inhibe el óxido como

"Galvanox" o equivalente para obtener una junta hermética y mantener la continuidad del sistema de tuberías.

- Los extremos roscados de los tubos tendrán longitud de rosca suficiente para llegar al fondo del accesorio, quedando además un sobrante de dos hilos de rosca como mínimo; el número de hilos roscados en el accesorio serán 5 como mínimo.
- Las tuberías no serán directamente soldados a los soportes. La unión de tuberías por soldaduras no está permitido.
- Los extremos de tuberías expuestos serán protegidos mediante tapones, durante la duración del proyecto.
- Todas las tuberías serán instaladas como un sistema integral y deberán tener continuidad de inicio a fin y entre los accesorios.
- Las tuberías serán instaladas de manera que no interfiera con equipos que por mantenimiento tengan que removerse.
- Los bushing aislados con espiga de aterramiento serán usados en los extremos de tuberías que ingresan a equipos, cajas, instrumentos, etc. y en las terminaciones hacia bandejas.
- Todas las uniones de tuberías serán roscadas usando uniones estándar. Las uniones serán realizadas con llaves de correa a fin de evitar cortes. Todas las roscas en uniones de tuberías y todas las superficies de contactos con cajas o cabinas serán protegidas con un componente inhibidor de óxido tal como el "Galvanox" o equivalente. Después de terminado las conexiones el exceso del componente será removido.

- Siempre que sea posible los recorridos de tuberías serán instalados de tal manera que no existan puntos bajos donde se pueda acumular la humedad. Sin embargo cuando esto no sea posible, el Contratista debe instalar en estos puntos cajas tipo T con una de las entradas hacia abajo, a fin de que pueda ser drenado, especialmente cuando las tuberías pasen a través de áreas con diferentes temperaturas.
- Para recorridos verticales que excedan los 20m, una caja tipo T con reductor a fin de venteo será instalado en el tope y otra caja tipo T con reductor a fin de drenaje será instalado en el punto más bajo.
- Las tuberías serán instaladas en paralelo o perpendiculares a las paredes y pisos.
- Los recorridos de tuberías serán instalados en forma ordenada, espaciada y estética, a fin de evitar la acumulación de suciedad.
- Las curvas en obra, se realizaran con herramientas aprobadas. Las hendiduras y tuberías mal dobladas o golpeadas serán reemplazadas.
- Las tuberías expuestas serán curvados con un radio máximo, pero en ningún caso menor a 8 veces el diámetro nominal o según lo requerimientos del NEC. Los grupos de tuberías serán anidados con la curva de la tubería interior a cuyo radio no será menor al mínimo requerido. Las curvas de las tuberías enterradas serán de radio “largo”.
- A excepción de las tuberías flexibles, las tuberías rígidas serán sujetadas por medio de abrazaderas, dentro de un metro de distancia de una caja de paso, panel de alumbrado, botoneras entre otros.

- Las tuberías de reserva o tuberías conduit que permanezcan vacías, serán protegidas con tapones roscados estándar.
- Los recorridos de tuberías conduit, mantendrá una distancia mínima de separación de 300mm de las tuberías de procesos.
- Los recorridos de tuberías no tendrán más del equivalente a 3 curvas de 90° entre cajas de paso, excepto:
  - los recorridos que excedan los 45m, en los cuales no habrá más del equivalente a 2 curvas de 90° entre cajas de paso.
  - Los recorridos de tuberías no excederán los 60m entre cajas de paso a menos que los cálculos sean realizados para determinar que la tensión de jalado de los cables y que la presión en las curvas no excedan a las recomendadas por los fabricantes de cables. Cajas adicionales serán usadas a fin de facilitar el jalado de cables.
- No permitirán ningún tipo de empalmes para los cables de fuerza, los empalmes directos solo están permitidos para los cables eléctricos de alumbrado y serán realizados en las cajas de paso.
- Para el caso de los cables de Instrumentación, se permitirá realizar empalmes siempre y cuando sean realizados en tableros debidamente especificados con borneras portafubles, borneras simples, canaletas e interruptores para el propósito.
- Las tuberías de tamaño inferior a 3 pulgadas se curvarán con una máquina adecuada que no deforme la sección circular del tubo. Para tuberías de tamaño de 3 pulgadas y mayores se utilizarán accesorios normalizados.

- Una vez terminada la instalación, será sometida a inspección y pruebas de aislamiento y funcionamiento prescritas en las normas aplicables, sin cargo adicional. De estas pruebas quedará constancia el resultado del chequeo final, sobre una ficha específica.

### **5.5.2 Tubería flexible**

Las tuberías flexibles, herméticas y revestidas en PVC, serán utilizadas para la conexión de motores, equipos sujetos a movimiento y vibración e instrumentación (interruptores de presión, interruptores flotadores, etc.) e instrumentos.

Las tuberías estarán compuestas por espirales de laminadas de acero bañadas en zinc y recubiertas con plástico liquidtight resistente a la corrosión.

Las tuberías flexibles no se utilizarán para corregir desalineamiento en los recorridos de tuberías rígidos.

Las tuberías flexibles usadas entre tuberías metálicas y equipos no serán soportados; sin embargo la tubería metálica será soportado dentro de una distancia de 300 mm de la conexión al tubo flexible.

### **5.5.3 Bandejas Porta Cables.**

Las bandejas serán de acero galvanizado en caliente (después de su fabricación) para áreas no corrosivas, diseñadas de acuerdo al estándar Nema VE-1 y aplicadas en estricto cumplimiento al artículo 318 del NEC. Toda bandeja en escalera debe disponer de bridas.

Las bandejas y accesorios deben ser del mismo fabricante y ser instalados de acuerdo a los planos en las elevaciones indicadas. El Contratista debe revisar todas las

Interferencias con los trabajos de otras especialidades. Un espaciamiento vertical mínimo de 300 mm (12 pulg) debe ser mantenido entre bandejas y debajo de los techos. La distancia mínima entre bandejas de instrumentación y otros cables estará de acuerdo al estándar IEEE-518. Todos los cambios en elevaciones o direcciones serán realizados utilizando accesorios estandarizados.

Las bandejas horizontales serán soportadas a intervalos que no excedan los 3660mm. El espacio de soportes será tal que no exceda los 6mm de deflexión bajo la máxima carga. Las alturas estarán de acuerdo a lo señalado en los planos. Las desviaciones serán aclaradas con el Cliente. Las bandejas serán aseguradas a los soportes usando abrazaderas de retención. Los puntos de unión estarán distanciados a 900 mm de los puntos de soporte. Los accesorios de bandejas horizontales serán soportados dentro de una distancia de 600 mm en cada extremo del accesorio y en el punto medio de los arcos.

Las bandejas verticales serán soportadas a intervalos que no excedan los 900mm. Las bandejas verticales serán aseguradas a los soportes usando pernos.

Cuando múltiples niveles de bandejas sean instalados, solo la bandeja superior será cubierta. Los cobertores serán firmemente asegurados a las bandejas a

través de correas o abrazaderas fácilmente desmontables. Todas las bandejas de cables de instrumentación serán cubiertas, independientemente de su localización.

Todos los cables instalados en bandejas serán fijados con grapas tipo “Ty-rap” de T&B o similar aprobado, cada 900 mm.

**Tabla 5.1**  
**Espaciamiento Entre Bandejas**

<b>Tipo</b>	<b>Bandeja tipo escalera para Energía y Control</b>	<b>Bandeja de instrumentación sólida inferior</b>
Espaciamiento entre peldaños	450mm (9in)	
Profundidad interior	125mm (5in)	100mm (4in)
Radio de curva	600mm(24in)	300mm (12in)
Clase Nema	C(Heavy duty)	B (Médium duty)

#### 5.5.4 Canalizaciones Enterradas.

- La profundidad mínima del tope del banco de concreto será de 760mm (30 pulg).
- La excavación y rellenos para las tuberías enterrados serán de acuerdo con la especificación Civiles que apliquen.
- Las tuberías subterráneos serán de cedula 40 o del tipo DB no metálico. Las tuberías serán embutidas en concreto, con espaciamentos mínimos entre tuberías de 50 mm y una cobertura de 76mm en la parte superior, inferior y laterales del banco de concreto. El concreto será coloreado de color rojo en la parte superior con óxido de hierro. La dotación de concreto será uniforme en toda su sección. El banco de concreto para los ductos de PVC será reforzado con varilla de acero N°4 a fin de prevenir roturas del concreto y tuberías.
- Cada banco de ductos llevara una cinta señalizador con la frase en español e inglés “DUCTOS ELECTRICOS ENTERRADOS” a 300mm encima de la superficie del banco de ductos.
- Cuando sea requerido, cajas de paso y buzones subterráneos serán ubicados en áreas no sujetas a tráfico vehicular pesado, y donde el drenaje en las superficies pueda ser directamente alejados del punto de ubicación de las cajas o buzones. Las cajas de paso deben incluir entradas para futuras tuberías. Conductores de media tensión (M.T). ingresaran a estas cajas o buzones separados del resto de cables o ser separadas a través de barreras metálicas aterradas dentro de los buzones.

- Cuando los bancos de ductos crucen carreteras u otras áreas sujetas al tránsito pesado, cargas pesadas o sean requeridas por las condiciones del suelo, el banco será reforzado y adicionalmente pueden ser soportadas a fin de prever roturas u otros daños a la tubería por asentamientos irregulares.
- Toda tubería vacía será provista con un hilo para el jalado de cables futuros.
- Las salidas de tubos hacia áreas exteriores, serán protegidas por un pedestal de concreto de 150 mm de altura.
- Las curvas a la salida de tuberías serán revestidas en PVC para reducir la corrosión.
- Las salidas de tuberías a través de losas de hormigón debajo de equipos, tendrán un bushing en la parte superior al ras del piso terminado.
- Todas las partes el sistema de tuberías estarán protegidas contra cualquier daño durante el proceso de construcción. Las tuberías a su vez estarán debidamente fijadas a fin de evitar desplazamientos debidos a otras construcciones y mantenidas en su posición requerida hasta que los trabajos de vaciado de concreto hayan terminado. Las tuberías que se extienden fuera de los pisos, paredes etc, y que queden expuestos a posibles daños, serán encajonadas o protegidas hasta el término de la instalación.
- El vaciado de concreto para los bancos de ductos debe ser realizado de manera que se evite el daño o desplazamientos de ductos. Se pondrá

cuidado para evitar burbujas o huecos en el banco. Se verificara que los ductos estén limpios después del vaciado.

## **5.6 SOPORTES, ACCESORIOS Y CAJAS DE PASO.**

### **5.6.1 Soportes.**

- Las tuberías serán soportadas por grapas de fierro maleable de 1 o 2 huecos. La instalación de múltiples tuberías se soportadas sobreracks espaciados a intervalos que no excedan de 3m (10 pies).
- Todos los colgadores y racks serán fabricados con canales unistrut, serán ensamblados usando pernos o soldadura. Se podrán utilizar refuerzos con canales estructurales según buen juicio.
- En estructuras de concreto, las tuberías serán fijadas con grapas de 1 o 2 huecos, anclados con pernos de expansión. Los anclajes deben ser de Phillips Red Head o similar.
- Las tuberías, cajas de paso y/o bandejas no serán instaladas en áreas de futura expansión anotadas en los planos.

### **5.6.2 Cajas de Paso.**

- El Contratista instalará los Condulets y cajas de paso de acuerdo a las recomendaciones de la NEC.
- Las cajas serán soportadas independientemente de las tuberías y serán rígidamente aseguradas en su posición final.

- Los soportes de las cajas serán conformadas según los requerimientos generales para soporte de tuberías. Cajas metálicas de 150x150mm o menos que son roscadas para tuberías no serán independientemente aseguradas excepto cuando las cajas son utilizadas como medio de soporte.
- Cada caja de borneras localizada en exteriores o en áreas húmedas serán equipadas con venteos y drenajes.
- Los huecos pueden ser perforados en caso sea requerido. El diámetro previsto no debe exceder en más de 2 mm (1/16 pulg) al diámetro nominal de los pernos. Cortes por soldadura no serán permitidos. Luego de realizado los agujeros las cajas deben ser retocadas para prevenir la corrosión. Las cajas para cables de calibre 16mm<sup>2</sup> (#6 AWG) o mayores serán dimensionados según NEC – artículo 370-28.

### **5.6.3 Accesorios.**

- Todos los agujeros no utilizados en las cajas, accesorios, paneles, dispositivos, etc, serán sellados utilizando tapones con rosca con hilos similares.
- Todos los accesorios de metales ferrosos serán galvanizados o revestidos en PVC según sea requerido, para el caso específico de terminales de compresión, estos serán tropicalizados.
- Todas las terminaciones de tuberías en placas metálicas de paneles en salas eléctricas y oficinas usaran doble contratuerca y bushings aislados. Concentradores "Myers" <sup>TM</sup> ® o similares se utilizarán en todas las demás áreas

- Los condulets serán de la marca CrouseHinds, serie 8, UL y aprobado para servicio pesado, y aplicara para calibres menores a 16mm<sup>2</sup> (# 6 AWG), para secciones mayores se utilizaran conduit “UB” Mogul.

## **5.7 CABLEADO ELECTRICO.**

Para el cableado eléctrico, se taimaran en cuenta las siguientes recomendaciones además de las recomendadas por el fabricante:

- El cableado será soportado y protegido mecánicamente contra daños durante la instalación o actividades normales de operación y mantenimiento. El Cableado será debidamente protegida de la abrasión causados por el roce contra bordes afilados, esquinas, puerta de bisagras, pernos hilos, etc., de equipos o recintos
- Los cables serán cortados sólo después de haber verificado el recorridode la instalación, la longitud final será registrada en listado de circuitos eléctricos
- El Contratista utilizará bushings aislados, poleas, lubricantes de cables y todo lo necesario a fin de prevenir daños al aislamiento del cable y mantener las tensiones dentro de los márgenes de tensiones admisibles de tracción lateral y tensiones y presiones en los flancos de la cubierta, bajo los requerimientos del vendedor y las recomendaciones del ICEA.
- Todos los cables dentro de cajas deben ser claramente identificados y agrupados.

- Todos los extremos del cable sin terminación, ya sea que se encuentre en almacenamiento, parcialmente instalado, o no instalado, será sellado contra la entrada de humedad o contaminantes utilizando dos capas sobrepuestas de cinta aislante. Para almacenamiento permanente, se utilizarán capuchones termocontraíbles.

## 5.8 EMPALMES Y TERMINACIONES.

- Para circuitos de alumbrado, el empalme de cables es permitido en cajas de paso, previamente aprobados. En general, los empalmes se realizarán con conectores, 3M “Scotchlock”™® o similar. Cuando sea posible serán usados cajas y equipos colgantes con borneras.
- No está permitido realizar empalme de conductores ni resane de chaquetas, para los siguientes niveles de tensión:

Conductores de Fuerza MT.

Conductores de Fuerza BT.

Conductores de control

Conductores de instrumentación

Conductores para extensiones de termocuplas

Cables coaxiales

Cables de data y comunicación.

- Los Cables de M.T serán instalados en un solo tramo en todo su recorrido, los empalmes entre sus extremos están prohibidos, sin embargo de ser necesario estos se ejecutarán de manera temporal y previa aprobación del

Cliente. Los empalmes y terminaciones de los cables de M.T serán realizados por personal calificado, y en conformidad con las instrucciones del fabricante.

- Una vez iniciado los trabajos de empalme o de preparación de terminaciones termocontraíbles en media tensión, estos no pararán y continuarán de forma ininterrumpidamente hasta su finalización.
- En general, si a pesar de las recomendaciones precedentes, el Propietario observará que el trabajo de confección de un empalme no se está realizando según lo establecido, parará inmediatamente el trabajo.
- Cualquier protector sobre los conectores será realizado a través de 2 capas de cinta aislante de polivinilo.
- Las pantallas metálicas de los cables de instrumentación serán continuas. Los empalmes de pantallas no están permitidos. Las pantallas de los cables de instrumentación en los extremos serán agrupadas y conectadas en bornera de puesta a tierra del equipo, esto según planos de diagramas de conexión y esquemáticos de control.
- Todas las pantallas de cables de fuerza, serán aterrizadas en ambos extremos al igual que en algún punto intermedio donde se haya realizado algún empalme.
- Los aislamientos, chaquetas y conductores serán cortados en escuadra sin deformaciones.
- No más de dos conductores pueden estar conectados a una misma bornera.
- No más de un conductor puede ser prensado a un terminal de conexión.

- El cableado de tomacorrientes trifásicos será conectado de tal manera que se conserve la misma secuencia de fases en todos los tomacorrientes con enchufes intercambiables.
- Los terminales para cables de B.T. de hasta  $70 \text{ mm}^2$  (# 2/0 AWG) en caja de bornera de motores serán del tipo compresión, de caña larga, de cobre estañado y con un agujero, a menos que se especifique lo contrario por el fabricante.
- Los terminales para cables de B.T. mayores de  $70 \text{ mm}^2$  (# 2/0 AWG), en caja de bornera de motores serán del tipo compresión, de caña larga, de cobre estañado y con dos agujeros, a menos que se especifique lo contrario por el fabricante.
- Los conectores y terminales para todo conductor de M.T. serán de cobre, tipo caña larga, de doble compresión y de 2 agujeros; o tipo grapa, de bronce siliconado y de 2 agujeros.
- Los cables de control e instrumentación llevarán terminales tubulares de compresión o terminales o conectores aislados.
- Todos los cables de M.T. en cajas de paso y puntos extremos estarán identificados con su tag de 32 mm (1-1/4 pulg), estando el número del cable permanentemente estampado. En adición en todos los puntos de empalme y en los extremos, la identificación de fases se hará por medio de cintas adhesivas coloreadas y ordenadas de la siguiente manera:
  - Fase A – Negro – 02 anillos de cinta
  - Fase B – Azul – 03 anillos de cinta
  - Fase C – Rojo – 04 anillos de cinta

- Todo cable de fuerza y control será identificado individualmente en sus extremos, con identificadores tipo “TMS”, “SHRINK MARK”™® de Raychem o similar aprobado, no corrosivo, estampado con el número correcto del cable.
- Todos los alambres y cables conductores deberán tener marcadores de identificación en ambos extremos. Los marcadores serán permanentes tipo manga termoretráctil blanco con letras negras, de la marca Raychem o similar. Las letras serán estampadas por cualquier medio electrónico.

## **5.9 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

- Todo equipamiento eléctrico, acero de edificios y otras estructuras mostradas en los planos serán adecuadamente aterrizados.
- Todo conductor de tierra de calibre  $6\text{mm}^2$  (# 10 AWG) y mayores, serán de cobre desnudo, temple suave, a menos que se especifique lo contrario en los planos.
- Conductores de tierra de  $4\text{mm}^2$  (# 12 AWG) y más pequeños serán de cobre cableado. Los conductores de tierra con aislamiento de color verde-amarillo y serán usados donde estén expuestos a la corrosión.
- Todas las escaleras metálicas, pasamanos de metal y parillas serán conectados al sistema de tierra a través de la estructura de la construcción, mediante conductor de cobre desnudo de  $35\text{mm}^2$  (# 2 AWG).
- Un conductor de cobre desnudo de  $120\text{mm}^2$  (# 4/0AWG).será tendido a lo largo del recorrido de banco de ductos por la parte superior.

- Todos los cables de fuerza en 600 V se especifican para incluir un conductor de retorno de falla a tierra. Los cables de M.T. instalados en tuberías de acero rígido requieren un conductor de tierra instalado con los conductores de fase. Todos los motores y tomacorrientes para máquinas de soldar, serán individualmente aterrizados a la barra de tierra de los Centro de Control de Motores y Tableros de Fuerza en 4,0 kV o 460 V.
- La sección de los conductores de tierra para retorno de corrientes de falla, será dimensionados de acuerdo al artículo 250-95 de la NEC, o de los planos de Ingeniería, cualquiera que muestre la mayor sección.
- Los cercos perimétricos serán aterrizados según lo mostrado en los planos de puesta a tierra.
- El art. 250 del NEC será usado como requerimiento mínimo para el diseño e instalación del sistema de puesta a tierra.
- Las salidas de cables de tierra serán protegidas con tubería de PVC de 25 mm (1”).
- Toda conexión de cables de tierra subterráneas serán realizadas a través de soldadura exotérmica.
- El relleno no se ejecutará hasta que las conexiones sean inspeccionadas y aceptadas.
- Luego de terminada la instalación de puesta a tierra, la resistencia de la red debe ser medida y registrada. La medición se hará con medidores de resistencia de tierra usando el método de los tres puntos o balance nulo, registrando los resultados en los protocolos correspondientes. Las pruebas

serán presenciadas por el supervisor del cliente y entregadas a la dirección de construcción.

- El calibre mínimo del conductor para redes principales de tierra será de 120mm<sup>2</sup> (# 4/0 AWG). El calibre mínimo para columnas de estructuras, grúas y rieles será de 70 mm<sup>2</sup> (#2/0 AWG).
- Las varillas de puesta a tierra de los pozos con y sin registro serán de cobre de 3m de longitud por 20 mm de diámetro como mínimo. Las varillas serán extendidas mediante acoples del tipo seccional en caso sea requerido. El tope de la varilla quedara a 500 mm de la superficie del piso terminado.
- Todos los soportes metálicos, deberán estar adecuadamente aterrados y de acuerdo a planos.
- Tuberías de acero rígido entre equipos o entre bandejas y equipos será considerado para proveer un camino de retorno de corrientes de falla a tierra en áreas no peligrosas cuando están apropiadamente conectados. La conexión de la tubería de tierra al equipamiento será con conectores roscadoso bushing con GroundScrew. La conexión de tierra a las bandejas se hará con grounding clamp. Todos los accesorios llevaran el sello UL.
- Los equipos de mayor importancia como transformadores de potencia, tableros principales, subestaciones unitarias, MCC y tableros de control, tendrán dos conductores independientes para su aterramiento.
- Por lo menos uno de los lados de los adaptadores para tuberías de acero y tuberías no metálicas será aterrado a través de bushings y puentes, o por conectores roscados o “acoples boss”.

El valor de resistencia de puesta a tierra de un sistema, estará en el rango de 0-5  $\Omega$ , de acuerdo a las recomendaciones de la IEEE 80. El código nacional de electricidad Utilización/Sección 60, exige como valor máximo de puesta a tierra, 25 $\Omega$ .

## 5.10 ALUMBRADO

- Las ruta de tuberías y cables de alumbrado y tomacorrientes no mostrados en los planos, serán definidos por el Contratista de acuerdo a las normas vigentes y en concordancia con los planos entregados para estos trabajos.
- Las canalizaciones de cables para alumbrado en áreas no sujetas a daño mecánico tales como subestaciones eléctricas, oficinas, salas de control, etc se utilizara tubería metálica liviana (EMT). Todas las tuberías que recorran áreas exteriores peligrosas y áreas industriales, serán de acero rígido galvanizado (RGS), a menos que se especifique lo contrario.
- Para las entradas a luminarias, la tubería flexible tendrá la longitud suficiente que permita a la luminaria ser reubicada, en el futuro, dentro de los 1,3 m de radio.
- Los circuitos a Motores de potencia fraccional en HP u otros dispositivos conectados en paneles de 400/230 V, serán mostrados en la lista del panel.
- La ubicación actual de luminarias y tomacorrientes mostrados en los planos puede variar hasta 300 mm debido a las interferencias.

Variaciones más allá de los 300 mm requieren la aprobación del Cliente.

- La elevación de montaje de luminarias indicada en los planos es hasta la base de los mismos a menos que se anote lo contrario.
- Todos los tomacorrientes exceptuando a los de oficina o las de montaje al ras de paredes, serán montadas en cajas de fierro fundido, con tapas a prueba de agua.
- A menos que se anote lo contrario, el calibre mínimo para los conductores para todos los tomacorrientes e iluminación será de 4mm<sup>2</sup> (# 12 AWG) de conductor unipolar, 600 V, cobre, aislado resistente a la humedad y calor, tipos THWN para localizaciones húmedas o THHN para localizaciones secas.
- Las luminarias serán localizadas en áreas no sujetas a derrames o aspersión de agua. Si ello no es posible un protector será instalado para que discurra el agua hacia otro lugar.
- En las pasarelas, plataformas y otras zonas exteriores, las luminarias se instalarán de forma que iluminen prioritariamente los pasos de escaleras, así como los equipos de medida, frente de cuadros eléctricos y otros componentes que requieran una cierta atención.
- Las pantallas o difusores serán limpiados cuidadosamente por el Contratista antes de su colocación, y, así mismo, las lámparas serán probadas antes de su inserción en las luminarias, devolviendo al almacén las defectuosas para su reposición.

- Aquellas lámparas que resultaran fundidas durante las pruebas, como consecuencia de equivocaciones en los circuitos de alimentación, serán repuestas con cargo al Contratista.

### **5.11 TABLEROS, PANELES Y TOMACORRIENTES**

- Los paneles de distribución de fuerza se entregan generalmente subdivididos y probados en su totalidad por el fabricante. El Contratista será responsable de instalar los paneles en su sitio, nivelarlos en su fundación mediante los suplementos apropiados, anclarlos y montar aquellos aparatos e instrumentos que por conveniencia del transporte hubieran sido desmontados.
- Cuando, debido a su volumen, los paneles vengan divididos en varias secciones, el Contratista deberá acoplar las barras de fuerza y control, dejando ensamblado el panel en su totalidad y en condiciones de funcionamiento bajo la supervisión del fabricante del panel.
- Todas las cajas para tomacorrientes y dispositivos requeridos deberán ser de tamaño suficiente y adecuado para la ubicación y aplicación específicas.
- Cajas en áreas húmedas y corrosivas serán del tipo Nema 4X. Los cerramientos con fina capa de pintura o acabados plateados tales como los cromados no serán aceptados para su uso como Nema 4X.
- Las cajas de hierro fundido y accesorios serán usados para trabajos expuestos y ocultos en exteriores de edificios y todo trabajo en áreas peligrosas.

- Las cajas de hierro fundido tendrán entradas roscadas. Toda entrada sin uso será tapada usando tapones roscados adecuados y compatibles.
- Todas las cajas para tomacorrientes y dispositivos vendrán con fondo blanco.
- La altura de instalación indicada en los planos, es acotada desde el nivel de piso terminado hasta la parte intermedia del dispositivo a menos que se indique lo contrario en los planos:

Tomacorrientes (oficinas):                      450 mm.

Interruptores de iluminación:                      1200 mm.

Termostatos:    1500 mm

- Se verificará el sentido de giro de todas las puertas antes de definir la ubicación de los interruptores.

## **5.12 TRANSFORMADORES**

- En general, los transformadores se suministran completos, y de acuerdo su potencia con aceite, por lo que su montaje se reducirá a la instalación, fijación en el sitio, conexión de los cables de fuerza, control y puesta a tierra. La puesta en servicio se realizará según los procedimientos habituales.
- Antes de la puesta en funcionamiento de los transformadores, se comprobarán varias muestras de aceite de acuerdo con las normas aplicables. En el caso de que la comprobación indique bajo poder

dieléctrico (tensión de ruptura inferior a la especificada en las normas), se procederá al filtrado del aceite hasta que el resultado de las pruebas sea satisfactorio.

- Los transformadores de gran potencia, serán entregados al Contratista separado en partes, estos serán ensamblados en campo bajo la supervisión del fabricante.
- En el caso de que los transformadores debido a su potencia lleguen vacíos, el Contratista de obra, será responsable de coordinar la subida de empresa especialista homologada por CIA. Minera, para que se encargue del filtrado y secado del aceite.
- Todas las pruebas necesarias durante la construcción, precomisionamiento y comisionamiento, deberán ser considerados por el contratista de obra.

### **5.13 SEÑALIZACION DE PELIGRO**

Señales de peligro serán provistas e instaladas de acuerdo a lo siguiente:

- Para tensiones superiores a los 480V, las señales de peligro serán escritas en inglés y español como sigue: "PELIGRO ALTO VOLTAJE".
- Señales serán de 180x400mm con letras de 25 mm (1 pulg) de altura, excepto la palabra "PELIGRO" el cual tendrá 40 mm de altura. Todas las dimensiones especificadas anteriormente son las mínimas.

- Las señales de peligro serán de manufactura estándar, fabricadas en láminas de acero inoxidable con acabados en porcelana enamel. Las letras serán de color rojo sobre fondo blanco.
- Todos los paneles y tuberías de M.T. accesibles serán marcados con señales de "ALTO VOLTAJE" escrito en español e inglés. Las marcas serán pintadas o autoadhesivas. Las letras serán de color negro en fondo de color naranja, no menores a 50mm de altura. En recorridos de conduits, las marcas serán realizadas después que hayan sido pintadas por otros Contratistas. Las identificaciones realizadas a mano no serán aceptadas.

## **CAPÍTULO VI**

### **PRUEBAS ELECTRICAS DE LA AMPLIACION DE LAS INSTALCIONES ELECTRICAS DE CIA. MINERA**

#### **6.1 OBJETIVO.**

Establecer las pautas para la verificación y recepción de la sala eléctrica, equipamiento y subestación eléctrica de del proyecto.

#### **6.2 ALCANCE.**

La presente capítulo, sirve de guía al responsable ejecutor de las pruebas, respecto a los requisitos mínimos exigidos por las normas internacionales y la Dirección General de Electricidad en la recepción de salas, subestaciones y equipamiento eléctrico del proyecto.

El responsable de las pruebas eléctricas, podrá llevar a cabo durante la recepción cualquier otra prueba no incluida en el presente capítulo, que considere necesaria para su propia satisfacción y que no exceda de los regímenes prescritos en las normas generales de los equipos.

### **6.3 RESPONSABILIDADES.**

Los resultados obtenidos, no liberan al responsable de la inspección y pruebas, de cualquier defecto que puedan aparecer en los equipos, posteriores al término de pruebas, y dentro de los plazos de garantía.

Cualquier defecto de montaje o equipo defectuoso que se haya comprobado así durante las pruebas, debe ser reparado por el responsable de las pruebas, dentro del lapso que se indique, en el acta correspondiente.

Si por defectos de montaje comprobados durante la prueba de equipos, se hace necesaria la repetición de ésta en parte o en todo, el responsable de las pruebas, correrá con los gastos de utilización y traslado del equipo de prueba y el tiempo de permanencia del representante del propietario.

### **6.4 PRUEBA DE ACEPTACION.**

Con el fin de asegurar el máximo beneficio que toda instalación bien diseñada es capaz de proporcionar, los equipos instalados deben ser inspeccionados y probados. Las pruebas eléctricas a realizar, son exigentes y a menudo complejas, por esta razón, dicha actividad debe ser ejecutada por personal calificado de forma segura, evitando en todo momento exponer al personal y los equipos.

Antes del inicio de las pruebas eléctricas, el equipo de ingenieros representantes del propietario (OwnerTeam) y el contratista responsable de las mismas, deberá tomar conocimiento de lo siguiente:

- a) Interpretar la función de cada dispositivo, y la manera en que operan.
- b) Los planos finales de construcción (As-Built), recabados para las pruebas eléctricas, serán actualizados cada vez que se requieran registrar modificaciones o cambios entre lo proyectado y lo instalado. Esta información será preservada para su actualización.
- c) Se revisaran los diagramas de cableado y conexión, asegurando que, cada dispositivo se encuentre correctamente conectado de acuerdo a su función. Si no se dispone de planos, se deberá realizar un levantamiento de las instalaciones involucradas.
- d) Antes de iniciar con las pruebas de cualquier componente o instalación, primero se debe obtener una copia del manual de instrucciones del fabricante completamente revisada. Esta información a menudo, contiene los procedimientos de inspección y prueba de los equipo

## **6.5 EQUIPOS DE PRUEBAS.**

- Los equipos de pruebas requeridos, serán suministrados por la Empresa Constructora, salvo que, se especifique lo contrario, en la oferta y/o contrato, objeto de la obra, establezca lo contrario.
- El instrumental de pruebas deberá tener adjunto el certificado de contraste o comprobación última efectuado, conteniendo el nombre de la institución que lo efectuó, la fecha y los errores obtenidos para los rangos de medición del instrumento.

- Antes del inicio de las pruebas, el propietario a su juicio, podrá comprobar la correcta contrastación y calibración de los instrumentos del Contratista con laboratorios de experiencia comprobada. El costo de las comprobaciones será cancelado por la parte no favorecida con los resultados de la misma.
- La precisión de los instrumentos para la medición de las corrientes y tensiones aplicadas durante las pruebas de los equipos, serán de clase 1.5 como mínimo.
- La precisión de los patrones utilizados para la contratación de los equipos de Medida, deberán ser de las siguientes clases de precisión:

**Tabla 5.2**

**Precisión de Instrumentos Patrón**

Clase de Instrumento	Clase de Precisión del Instrumento Patrón
1.5 – 1	0.5
0.5 – 0.2	0.2

### 6.5.1 Inspección y Pruebas de Equipo Eléctricos

Las pruebas eléctricas de aceptación para nuestro proyecto son descritas líneas abajo, para ello es importante señalar que, el personal de electricidad responsable de la tarea, deberá contar con el conocimiento y la experiencia en la interpretación y análisis de los resultados, para que dichos trabajos se desarrollen de manera segura y correcta.

El equipo responsable de las pruebas, presentara un reporte completo. (Una lista de verificación y registro de valores de las pruebas), este informe reflejara los valores iniciales de las pruebas realizadas, y servirán para comparar los resultados de las pruebas que se programen durante la vida de la planta. Las siguientes pruebas, son recomendadas por la IEEE, NEMA Y ICEA:

#### **A. Transformador Relleno en Liquido Aislante.**

##### **Inspección Visual.**

- a) Control de placa según protocolo de fábrica.
- b) Revisión de los sitios provistos con empaquetaduras, para comprobar el buen estado de éstas.
- c) Control de montaje y conexionado; fijación del transformador.
- d) Control de accesorios
  - Conexión del neutro en el lado secundario
  - Conexión a tierra.
  - Válvulas de drenaje.
  - Tanque conservador de aceite.
  - Resistencia de puesta a tierra.
  - Todos los bulbos para indicación de la temperatura del aceite; incluyendo los de la imagen térmica serán sacados de su posición y comparados con un termómetro de mercurio mediante el calentamiento forzado en agua caliente.
  - Caja terminal de menor tensión y de servicios auxiliares.

- Refrigeración.
  - Elemento de entrada de aire seco para el tanque del conservador.
- e) Las tomas de derivaciones para las regulaciones de tensión tanto sin carga como bajo carga serán operadas por cada uno de los medios previstos en cada una de las posiciones, comprobando sus bloqueos, para el caso de que se presentase una inadecuada operación.
- f) Relé buchholz del transformador y del commutador.
- g) Control del nivel de aceite, así como de la posición de todas las válvulas de cierre en los ductos del aceite y radiadores de refrigeración.
- h) Conexiones de puesta a tierra del tanque del transformador

### **Pruebas Eléctricas**

- a) Prueba de resistencia de aislamiento, para comprobar que el transformador no ha sufrido daño durante el transporte y montaje. Estas pruebas serán realizadas con un megómetro de tensión no menor de 2 500 V c.c. para equipos con tensión hasta de 30 kV, y 5 000 V c.c. para equipos con tensión mayor de 30 kV, aplicándolo entre cada fase y masa y entre fases.
- b) Prueba de absorción dieléctrica

- c) Prueba de relación de transformación en todas las posiciones del Tap del Transformador (recomendado solo en la etapa de puesta en marcha).
- d) Toma de muestra del líquido aislante para pruebas de rigidez dieléctrica, tensión interfacial, factor de potencia, contenido de humedad, y número de neutralización. (Ver IEEE Std C57.106 -1991 [B50], IEEE Std C57.111-1989 [B52] y IEEE Std C57.121-1988 [B53])
- e) Prueba de factor de potencia del aislamiento.
- f) Pruebas del líquido aislante.

De acuerdo a la potencia de los transformadores se realizarán las siguientes:

- 500-5000 kVA, análisis espectrográfico de gases disueltos
  - Mayores a 5001 kVA, análisis de gas combustible cuando sea aplicable
- a) Se harán operar mediante excitación directa todas las alarmas y disparos para la protección del transformador o se hará por simulación de las protecciones, alarmas y señalización.
  - b) Control de funcionamiento de los componentes del sistema de refrigeración forzada.

#### **B. Transformador Tipo Seco (Ver IEEE C57.94–1982 [B49])**

- a) Prueba de resistencia de aislamiento
- b) Prueba de absorción dieléctrica
- c) Prueba de relación de transformación en todas las posiciones del Tap.

- d) Prueba de factor de potencia del aislamiento.
- e) Resistencia de Devanados.

### **C. Conductores Eléctricos.**

#### **Inspección Visual**

- a) Se verificara que, las bobinas de los conductores eléctricos, se encuentren correctamente identificadas, indicando su tipo, conformación, cantidad y longitud.
- b) Se inspeccionara daños por transporte.

#### **Pruebas Eléctricas en Baja Tensión**

- Prueba de resistencia de aislamiento
- Prueba de continuidad.

#### **Pruebas Eléctricas en Media Tensión**

- Prueba de alto potencial en DC (Hi Pot).
- Prueba de continuidad a la cubierta de cobre helicoidal (Shield).

### **D. Bus de Barras no Segregado (Metal Enclosed).**

- a) Prueba de resistencia de aislamiento
- b) Prueba de continuidad.
- c) Prueba de sobretensión, en corriente Alterna (CA) y Corriente Continua (DC)

### **E. Interruptores de Vacío en Media Tensión (Switchgear)**

#### **Inspección Visual**

- a) Verificar que los interruptores extraíbles, se encuentre disponibles en las cantidades solicitadas de acuerdo a planos.

- b) Verificar que los interruptores extraíbles, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- c) Verificar que el interruptor cuente con todos sus componentes de acuerdo a planos.
- d) Verificar que los gabinetes donde serán insertados los interruptores extraíbles, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- e) Verificar la correcta inserción mecánica del interruptor extraíble, observando el alineamiento de ambas partes, operación de las persianas de protección y manija de apertura y cierre manual.

### **Pruebas Eléctricas**

- a) Prueba de resistencia de contactos.
- b) Prueba de mínima tensión, para activar las bobinas de disparo y cierre
- c) Prueba de disparo de cada dispositivo de protección
- d) Pruebas de resistencia de aislamiento, entre polo a polo y polo a tierra
- e) Prueba de resistencia de aislamiento en el cableado de control
- f) Prueba de factor de potencia del aislamiento, tomado desde los aisladores de porcelana (Bushing).

## **F. Interruptores de Potencia de Baja Tensión.**

### **Inspección Visual**

- a) Verificar que los interruptores extraíbles, se encuentre disponibles en las cantidades solicitadas de acuerdo a planos.

- b) Verificar que los interruptores extraíbles, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- c) Verificar que el interruptor cuente con todos sus componentes de acuerdo a planos.
- d) Verificar que los gabinetes donde serán insertados los interruptores extraíbles, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- e) Verificar la correcta inserción mecánica del interruptor extraíble, observando el alineamiento de ambas partes, operación de las persianas de protección y manija de apertura y cierre manual.

### **Pruebas Eléctricas**

- a) Prueba de resistencia de contacto
- b) Prueba de resistencia de aislamiento.
- c) Mínima corriente de disparo, por inyección de corriente primaria.
- d) Inyección de corriente primaria al 300% de la corriente de disparo, para un tiempo largo con retardo.
- e) Inyección de corriente primaria, para disparo con tiempo corto y retardado.
- f) Inyección de corriente primaria, para disparo instantáneo.
- g) Ajuste los valores de protección.
- h) Verificación operación de los dispositivo de protección auxiliar (falla a tierra, baja tensión).

### **G. Interruptores de Caja Moldeada (Ver NEMA AB 4–1991 [B68])**

#### **Inspección Visual**

- a) Verificar que los interruptores, se encuentre disponibles en las cantidades solicitadas de acuerdo a planos.
- b) Verificar que los interruptores extraíbles y cubículos, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- c) Verificar que el interruptor cuente con todos sus componentes de acuerdo a planos.
- d) Verificar que los gabinetes donde serán insertados los cubículos de interruptores, no hayan sufrido daños durante el transporte.
- e) Verificar la correcta inserción mecánica del cubículo extraíble, observando el alineamiento de ambas partes, operación de las persianas de protección y manija de apertura y cierre manual.

### **Pruebas Eléctricas**

- a) Prueba de resistencia de contactos.
- b) Prueba de las características de tiempo-corriente
- c) Prueba de corriente instantánea de disparo (Pickup)
- d) Pruebas de resistencia de aislamiento, polo a polo, y polo a tierra.

### **H. Centro de Control de Motores (Ver NEMA ICS 2.3–1983 [B72])**

- a) Prueba de resistencia de aislamiento para cada sección del bus, fase a fase y fase-tierra
- b) Prueba de resistencia de aislamiento de cada cubículo de arranque (starter), con los contactos del contactor en posición cerrado y los dispositivos de protección abiertos.

- c) Verificar la continuidad de cada circuito de control
- d) Prueba de sobrecarga del relé, por inyección de corriente primaria
- e) Pruebas operacionales, mediante los dispositivos de control

#### **I. Motores Eléctricos (Ver NEMA MG 1-1993 [B73])**

- a) Los motores grandes
  - Prueba de absorción dieléctrica en el motor y cubículo de arranque (starter)
  - Determinar el índice de polarización de los devanados del motor.
- b) Motores pequeños
  - Prueba de absorción dieléctrica en los devanados del motor.
  - Determinar la relación (30/60 s)
- c) Prueba de resistencia de aislamiento sobre su cimentación.
- d) Prueba de rotación y sentido de giro.
- e) Prueba del motor a plena carga y en vacío.
- f) Para motores de gran potencia, realizar pruebas de vibración para línea base de comparación.
- g) Para motores pequeños, realizar prueba de amplitud de vibración.
- h) Verificar todos los dispositivos de protección
- i) Prueba de sobretensión, con devanado tierra.

#### **J. Batería y Cargador de Baterías.**

##### **Inspección Visual:**

- a) Verificación del Tag del Equipo y su ubicación.
- b) Control de montaje y estado.

- c) Control de las conexiones a la red, entre celdas y a tierra.
- d) Verificación de la numeración del cableado externo.
- e) Control del equipamiento del tablero y del cargador.
- f) Control de datos de placa según especificaciones del fabricante, para el cargador de baterías.

**Pruebas Eléctricas:**

- a) Medición de la tensión en vacío o en cada celda y la total, según especificaciones del fabricante.
- b) Medición de la tensión y corriente de carga flotante.
- c) Densidad del ácido en cada celda.
- d) Tensión del polo positivo a tierra.
- e) Tensión del polo negativo a tierra.
- f) Descarga y recarga de la batería.
- g) Valor del riple o zumbido.
- h) Control del valor del electrolito en cada celda.
- i) Control de la tensión y corriente de carga fuerte del rectificador.

**K. Descargadores de sobretensiones (pararrayos)**

- a) Realizar prueba de cebado 60 Hz
- b) Prueba de radio de influencia de tensión
- c) Prueba de factor de potencia del aislamiento
- d) Prueba de continuidad de la puesta a tierra, respecto al sistema de aterramiento.

**L. Sistema de Puesta a Tierra (Ver IEEE Std 142–1991 [B56])**

- a) Realizar la prueba caída de potencial en el electrodo de tierra principal o del Sistema
- b) Realizar pruebas de método de dos puntos o prueba de continuidad de tierra.

**M. Relés de Protección**

- a) Prueba de resistencia de aislamiento, en cada circuito derivado (excepto la electrónica de estado sólido)
- b) Prueba de los parámetros de disparo sobre cada elemento. probar los tiempos en 2 puntos mínimo (3 puntos preferidos) sobre la curva de tiempo seleccionada (dial). Verifique el valor correcto de corriente de disparo instantáneo.

**N. Sistema de Protección de Falla a Tierra (Ver NEMA PB 2.2–1988 [B74])**

- a) Medida de resistencia de aislamiento del neutro
- b) Por inyección primaria, determinar la corriente de disparo del Relé.
- c) Prueba de retardo de tiempo de la corriente de disparo, al 50% y 300%.
- d) Prueba de funcionamiento del sistema al 55% la tensión nominal

**O. Instrumentación, Transformadores de Corriente.****Inspección Visual**

- a) Verificación del número, ubicación y montaje.
- b) Control de datos de placa según especificación de fábrica.

- c) Puesta a tierra.
- d) Control de caja de bornes.
- e) Verificación del nivel de aceite y/o dieléctrico especial.

### **Pruebas Eléctricas**

- a) Pruebas de intensidad de corriente primaria. Consiste en la aplicación de corriente a través de los circuitos primarios de todos los transformadores de corriente con el fin de verificar la relación de transformación y la correcta conexión de los circuitos secundarios de corriente, verificando la paridad. Esta puesta de intensidad primaria se realiza primero sobre un transformador de corriente solamente tomando medidas de corriente secundaria, corriente primaria y corriente de retorno. Se elevará la corriente a valores iguales a 25, 50, 75 y 100% del nominal.

Después se conectará al transformador probado y a cada uno de los otros dos transformadores corrientes desfasados  $180^\circ$  y se elevará la corriente a los valores anteriores. En este caso y asumiendo que los transformadores son conectados correctamente no debe haber lectura en el amperímetro conectado en el retorno de los circuitos.

Cuando se realiza la ampliación de intensidad primaria al valor nominal de corriente, se tomarán lecturas de la tensión nominal en

los bornes secundarios del transformador para calcular la carga aplicada sobre éste, en cada transformador por separado.

- b) Chequeo del uso apropiado de los secundarios del transformador de medida.
- c) Se realizarán pruebas de medición de aislamiento con megómetro de tensión no menor de 2500 VDC. para equipos con tensión hasta 30 kV, y 5000 VDC. para equipos con tensión mayor de 30 kV, aplicándolo entre fase y masa, y fases entre sí.

## **P. Transformadores de Tensión Inductivos.**

### **Inspección Visual**

- a) Verificación del número, ubicación y montaje.
- b) Control de datos de placa según protocolo de fábrica.
- c) Puesta a tierra.
- d) Control de caja de bornes.

### **Pruebas Eléctricas**

- e) Verificación de polaridad.
- f) Verificación de la indicación de los aparatos en el tablero de mando.
- g) Se realizará mediciones del aislamiento de las bobinas primaria y secundaria.

**Q. Pruebas sobre Iluminación Externa e Interna**

Mediante el uso de un luxómetro con célula fotoeléctrica con selenio y cuya sensibilidad espectral esté corregida a la del ojo humano se tomarán de noche medidas de iluminación en "lux" al nivel del piso y corregidas a 20 °C.

La célula fotoeléctrica deberá estar apoyada sobre el piso en forma horizontal. El área de la subestación se dividirá en cuadros de 100 m<sup>2</sup>, y sobre el centro de cada cuadro evitando las sombras de obstáculos directos, se tomará una medida.

Todas las luces indirectas, distintas a las de la nueva instalación, deben ser apagadas o cubiertas.

En las medidas de iluminación interna el área sobre el cual se harán las mediciones, será reducido a 4 m<sup>2</sup>. El valor del nivel de iluminación será el que resulte como promedio de las medidas realizadas para cada área.

En aquellas subestaciones equipadas con alumbrado de emergencia se hará la prueba de funcionamiento sólo en el alumbrado de emergencia conectado.

**R. Pruebas de Funcionamiento de Sistema.**

Completada las pruebas en los equipos, se realizarán pruebas de funcionamiento, al conjunto total o sistema, con la intención de verificar

la interacción adecuada de todos los sensores, proceso, y dispositivos de acción que afectan el resultado final del diseño.

Sistemas de Pruebas de la función. Al término de las pruebas de los equipos, sistemas funcionan se realizarán pruebas. Su intención es demostrar la interacción adecuada de todos los sensores, procesamiento y dispositivos de acción que afectan el resultado final del diseño.

**CAPÍTULO VII**  
**PRESUPUESTO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS INSTALACIONES**  
**ELECTRICAS DE CIA. MINERA.**  
**ANTECEDENTES.**

**7.1 ANTECEDENTES.**

El presente presupuesto, ha sido desarrollado tomando como base, los planos desarrollados de detalle, metrados y cotizaciones realizadas para el presente informe.

**7.2 CRITERIOS DE ESTIMACION**

La estimación del presupuesto, comprende los costos directos de suministro de materiales, mano de obra, equipos y herramientas para la construcción y montaje, equipos de Planta, gastos generales y utilidad del trabajo.

**7.3 EXATITUD DE LA ESTIMACION**

La exactitud de la estimación es una indicación del grado en que el costo final resultante de un proyecto puede variar a partir de un único valor estimado. El presupuesto, ha sido estimado en base a cotizaciones recientes de equipos y contratos en ejecución, para el que se espera un nivel de precisión en el rango de -10 % a +15 % alrededor del valor estimado.

EL presupuesto estimado, se encuentra ubicado en los Anexos del informe.

## CONCLUSIONES

1. El arranque de los motores eléctricos en media tensión, no genero ninguna interrupción al sistema eléctrico de CIA. Minera, con lo que se verifica su correcto funcionamiento.
2. Los niveles de tensión sistema eléctrico de Agua Recuperada, se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas eléctricas peruanas (+/-5 %.)
3. Se logró el nivel de alumbrado deseado de 500 lux para la sala eléctrica y 50 lux para la subestación eléctrica, conforme a las recomendaciones del CNE- Suministro.
4. La compra de los principales equipos eléctricos del trabajo, deben ser realizadas por CIA. Minera, con esto se logra mejores tiempos de entrega, y así como mejores ofertas, sin sacrificar calidad.

5. Las instalaciones eléctricas para la estación de bombeo de Agua Recuperada, cumple con los estándares de calidad exigidos en los documentos del informe.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar un estudio de corto circuito, a fin de garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.
2. Realizar un análisis financiero del sistema de agua recuperada, para el retorno de la inversión, (solo se dispone del análisis integral de todo el proyecto de Ampliación).

## BIBLIOGRAFIA

1. National Electrical Safety Code 2007 HandBook-McGraw-HILL'S
2. Synchronous Transfer Configuration-Rockwell Automation.
3. Transformadores Secos-Federal Pacific.
4. Medium Voltage Distribution Equipment-EATON Cutler Hammer
5. NFPA 70 <sup>TM</sup> National Electrical Code®2008 Edition.
6. Tesis Metodología para el Cálculo de Factores de Simultaneidad y Demanda.  
Autor Fiorella Blanca Robles Alvarado.
7. IEEE Std80-Guide For Safety in AC Substation Grounding
8. IEEE Std 141-IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems

9. IEEE Std 242- IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems
  
10. IEEE Std 399-Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis.

## PLANOS

- 2013-DWG-E-0151 Diagrama Unifilar General
- 2013-DWG-E-0152 Diagrama Unifilar 4.16 kV/440-MCM-622.
- 2013-DWG-E-0251 Disposición de Equipos Planta/Sala y SE Eléctrica.
- 2013-DWG-E-0351 Alumbrado SE Eléctrica.
- 2013-DWG-E-0361 Sistema de Puesta a Tierra / Sala y SE Eléctrica.
- 2013-DWG-E-0362 Sistema de Puesta a Tierra / Estación de Bombeo.
- 2013-DWG-E-0851 Diagrama de Interconexión (1 de 2)  
Motor 440-PPC-606A.
- 2013-DWG-E-0852 Diagrama de Interconexión (2 de 2)  
Motor 440-PPC-606A.
- 2013-DWG-E-0861 Diagrama de Interconexión/Transformador  
440-XFP-662

## **ANEXOS 1 METRADOS Y COSTOS**

- 2013-MTO-E-1001    Metrados Eléctricos
- 2013-ECC-E-1001    Estimado de Costos de Construcción.

ANEXOS 2  
DOCUMENTOS DE CÁLCULO

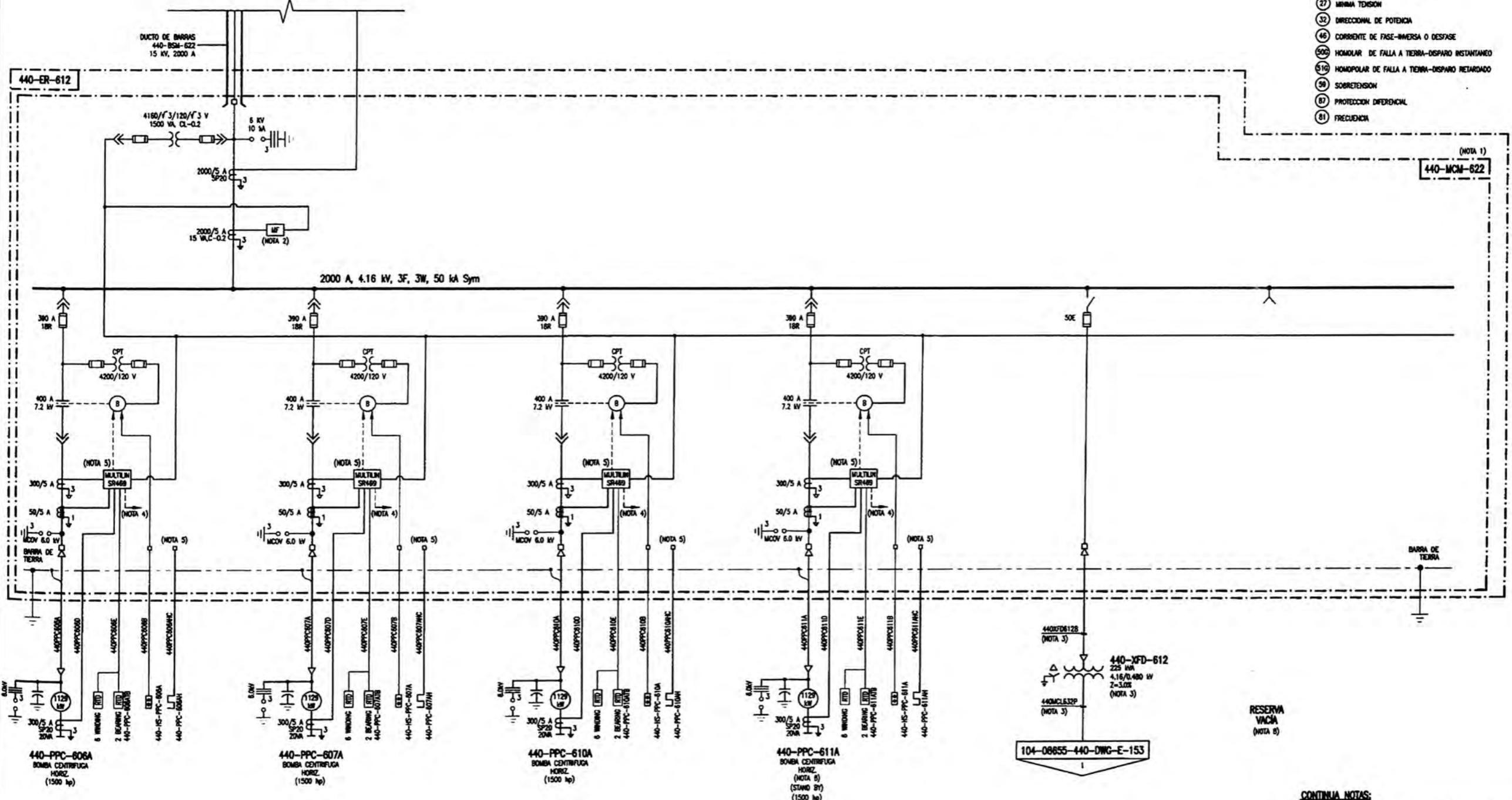
- 2013-MEC-E-1001 Cálculo de la Demanda Eléctrica
- 2013-MEC-E-1002 Cálculo de Conductores de Media Tensión.
- 2013-MEC-E-1003 Cálculo de Puesta a Tierra.

## ANEXOS 3 LISTADOS

- 2013-LDE-E-1001 Listado de Equipos Eléctricos.



CONTINGA EN PLANO  
104-08655-440-DWG-E-151



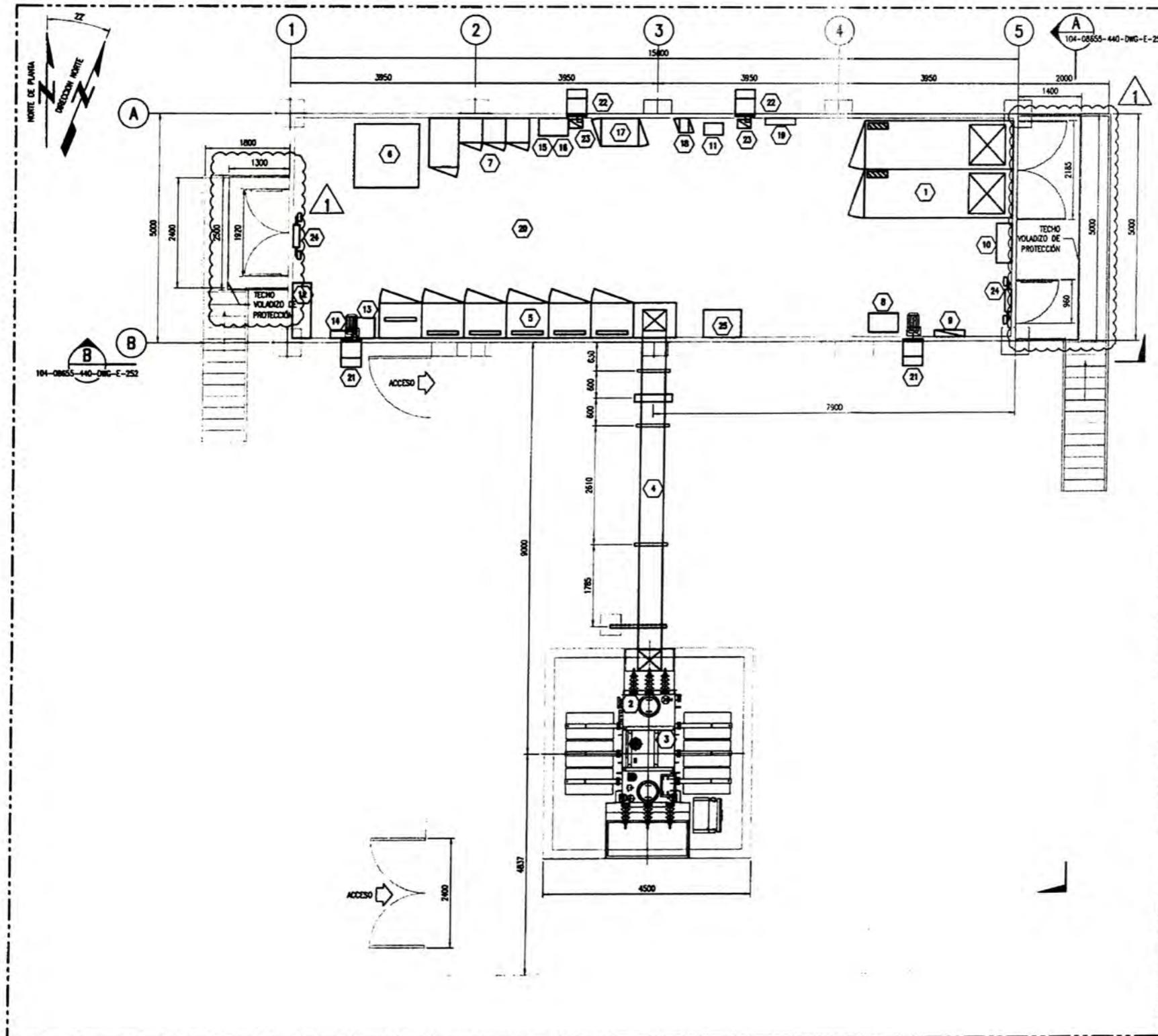
- CONTINUA NOTAS:**
- A SER SUMINISTRADO E INSTALADO POR EL PROVEEDOR DE LA SALA ELECTRICA.
  - LOS RELES SE CONECTARAN A LA RED MODBUS TCP.
  - ALIMENTACION DESDE 440-LPA-622.
  - TOODOS LOS VALORES NOMINALES SON ESPECIFICADOS A 4300 mm. DE ALTITUD.
  - SR489 RELE DIGITAL MULTIFUNCION CON LAS SIGUIENTES FUNCIONES DE PROTECCION:

- 30 SOBRETENSION INSTANTANEA
- 27 MINIMA TENSION
- 32 DIRECCIONAL DE POTENCIA
- 46 CORRIENTE DE FASE-IMMERSA O DESFASE
- 50C HOMOPOLAR DE FALLA A TIERRA-DESAPARO INSTANTANEO
- 51B HOMOPOLAR DE FALLA A TIERRA-DESAPARO RETARDADO
- 59 SOBRETENSION
- 87 PROTECCION DIFERENCIAL
- 81 FRECUENCIA

- CONTINUA NOTAS:**
- LA RESERVA VACA CONSIDERA EL SUMINISTRO DE COLUMNA SIN EQUIPAR.

PLANO NO VALIDO SIN TIMBRE Y FIRMA DE CONTROL DE DOCUMENTOS

NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA	
	DISENO			ESCALA: S/ESC	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA	
	PROYECTO				PLANO:	2013-DWG-E-0152_rev0
	REVISOR			DIAGRAMA UNIFILAR 4.16kV		
	GERENTE DE AREA			440-MCM-622		
GERENTE DE PROYECTO						



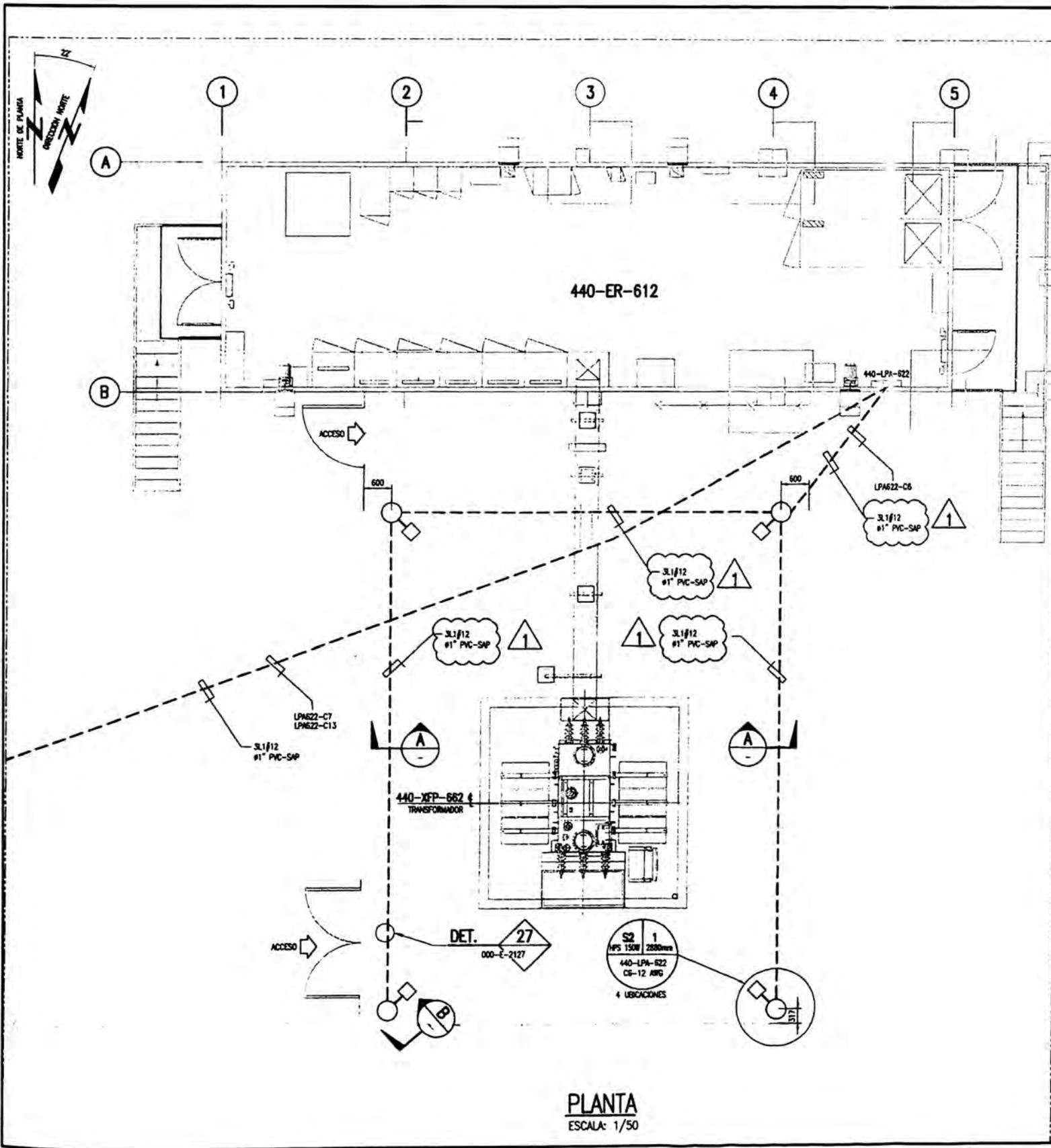
PLANTA  
ESCALA 1:50

PLANO NO. VÁLIDO SIN TIMBRE Y FIRMA DE CONTROL DE DOCUMENTOS

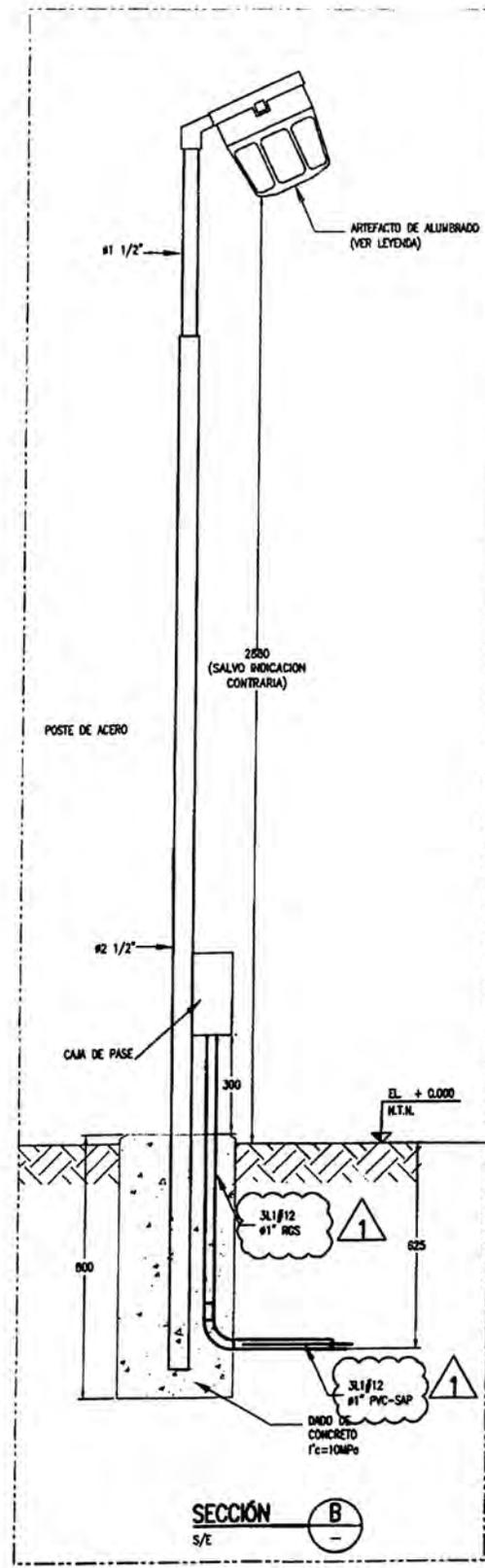
LISTA DE COMPONENTES		
ITEM	CODIGO N°	DESCRIPCIÓN
1	440-SGM-622	SWITCHEAR DE 23 KV, 600A, 3F, 3 HILOS, 400A
2	440-XFP-662	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 7.5 MVA, 23/4.16 KV, 3 FASES, 60 Hz, Z=6.5% (NOTA 2)
3	440-CRR-622	RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA, 2400 V, 8 OHMS, 400A, 10S. (NOTA 2)
4	440-BSM-622	BUS BAR DE INTERCONEXIÓN 2000 A (DUCTO DE BARRAS) (NOTA 5)
5	440-MCM-622	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES DE MEDIA TENSIÓN 4.16 KV.
6	440-XFD-612	TRANSFORMADOR SECO 225 KVA, 4.16/4.8KV, 3 FASES, 60Hz. (NOTA 5)
7	440-MCL-632	CENTRO CONTROL DE MOTORES EN 480V, 800A, 3 FASES, 3F, 650A (NOTA 5)
8	440-XFL-622	TRANSFORMADOR TIPO SECO 45 MVA, 480/400-230V, 3F, 60Hz (NOTA 5)
9	440-LPM-622	PANEL DE ALAMBADO 250 A (NOTA 5) (NOTA 5)
10	440-LFP-602	SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIO (NOTA 3)
11	440-DPJ-602	TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN 120 V (NOTA 3 y 5)
12	440-BMB-622	BANCO DE BATERIAS 125 VDC 90 Ah (NOTA 5)
13	440-BMC-622	CARGADOR DE BATERIAS (NOTA 5)
14	440-DPD-622	PANEL DE CORRIENTE CONTINUA 125 VDC (NOTA 5)
15	440-XFZ-602	TRANSFORMADOR SECO DE 12 KVA 480/120 V (NOTA 3 y 5)
16	440-UPS-602	UPS DE 10 KVA (NOTA 3 y 5)
17	440-DSC-690	TABLERO SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (NOTA 3)
18	440-FDU-20002	PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE F.D. (NOTA 3)
19	440-TBJ-2253	TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN (NOTA 3 y 5)
20	440-ET-612	SALA ELECTRICA
21	---	PRESURIZADOR Y FILTRO (02 UNIDADES) (NOTA 5)
22	---	DAMPER MOTORIZADO, 230 WAC. (02 UNIDADES) (NOTA 5)
23	---	PANEL DE PRESURIZACIÓN (NOTA 5)
24	---	LUMINARIA DE EMERGENCIA (02 UNIDADES) (NOTA 5)
25	---	CARRIO DE IZAJE

NOTAS

RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA
DISEÑO			ESCALA: S/ESC	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA
PROYECTO				
REVISOR				
GERENTE DE AREA			DISPOSICIÓN DE EQUIPOS-PLANTA	PLANO:
GERENTE DE PROYECTO			SALA Y SE. ELÉCTRICA	2013-DWG-E-0251_rev0

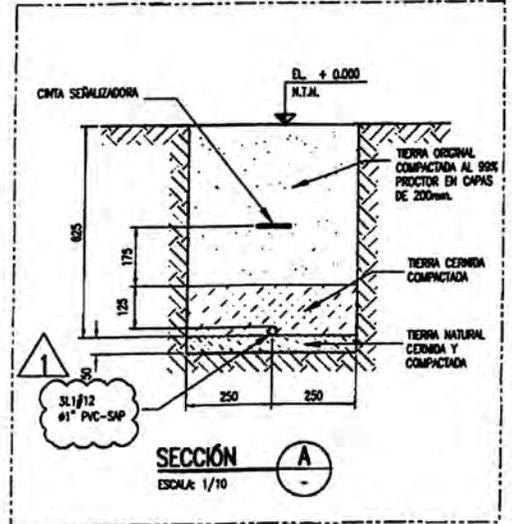


**PLANTA**  
ESCALA: 1/50



**SECCIÓN B**  
S/E

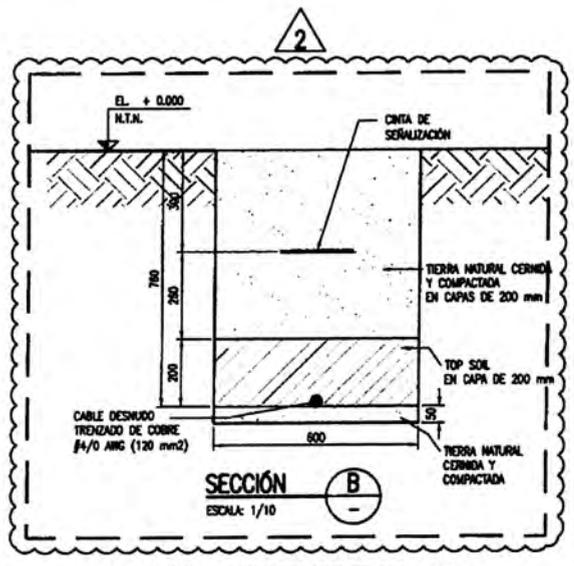
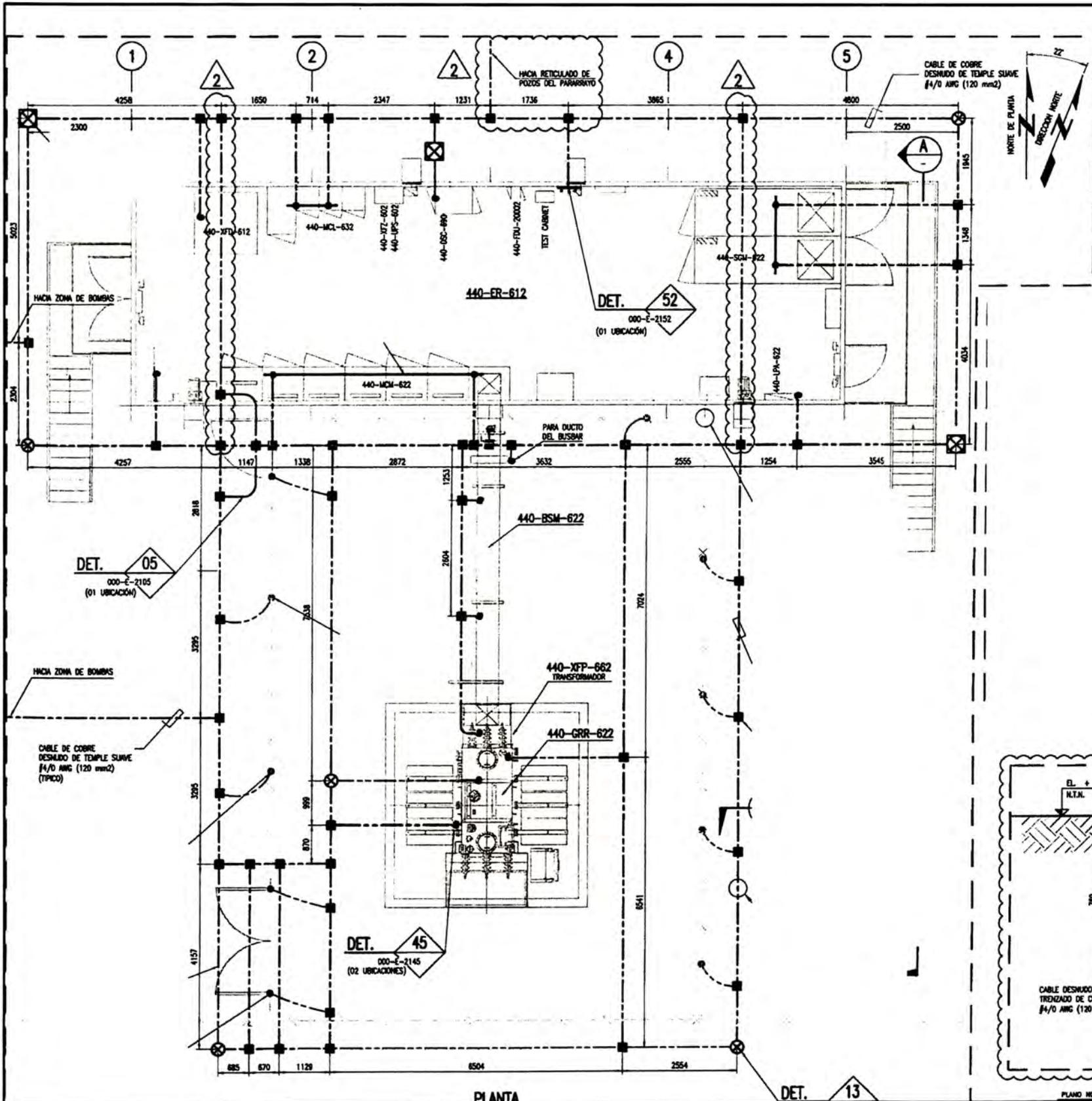
LEYENDA		
ITEM	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
-		TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (LPA)
S2		ARTEFACTO DE ALUMBRADO EN POSTE PARA SUBESTACION DE 150V, SODIO DE ALTA PRESION, CON FUSIBLES DE PROTECCION, 220V
-		TUBERIA PVC-SAP ENTERRADA



**SECCIÓN A**  
ESCALA: 1/10

PLANO NO VALIDO SIN TIMBRE Y FIRMA DE CONTROL DE DOCUMENTOS

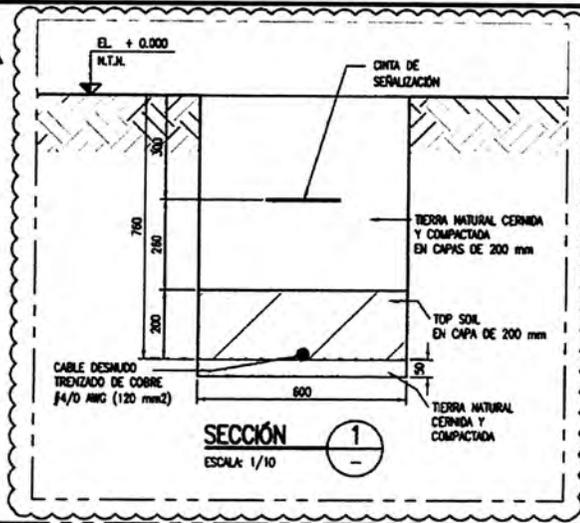
NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA
	PROYECTO				
	REVISOR				
	GERENTE DE AREA			ALUMBRADO SE ELECTRICA	PLANO:
	GERENTE DE PROYECTO				2013-DWG-E-0351_rev0



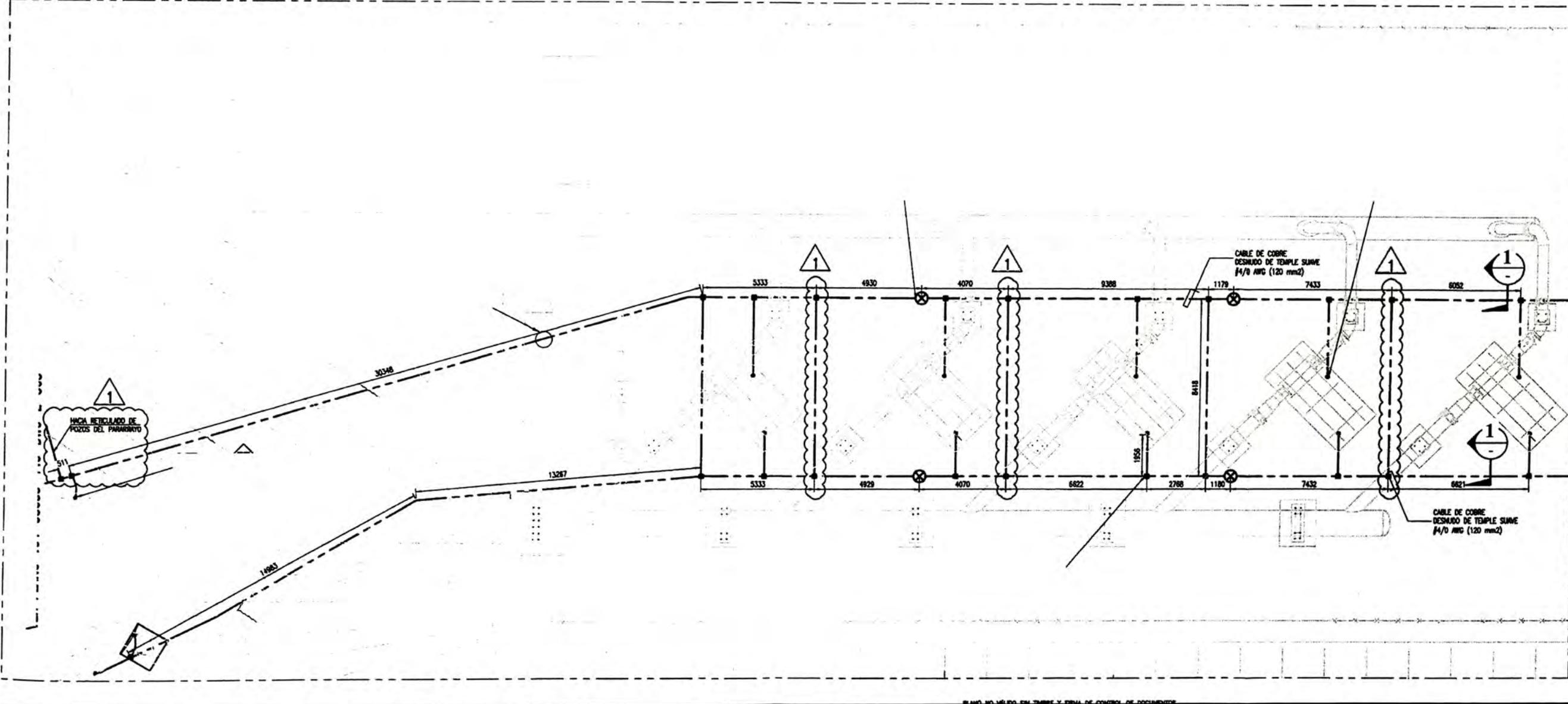
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (LPA)
	CABLE DE PUESTA A TIERRA DE COBRE DESNUDO DE TEMPLE SUAVE # 4/0 AWG (120mm <sup>2</sup> )
	CONEXIÓN CON SOLDADURA EXOTÉRMICA (CADWELD)
	CONEXIÓN CON CABLE DESNUDO #2/0 AWG, NUEVA.
	POZO DE PUESTA A TIERRA CON REGISTRO SEGÚN DETALLE
	POZO DE PUESTA A TIERRA SIN REGISTRO SEGÚN DETALLE
	CABLE DE TIERRA ENROLLADA PARA CONEXIÓN FUTURA. EL NÚMERO SE REFIERE A LA LONGITUD EXPRESADA EN PIES.

NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC	
	PROYECTO			SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SALA Y SE. ELECTRICA	PLANO: 2013-DWG-E-0361_rev0
	REVISOR				
	GERENTE DE AREA				
GERENTE DE PROYECTO					

1



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (LPA)
	CABLE DE PUESTA A TIERRA DE COBRE DESNUDO DE TEMPLE SUAVE # 4/0 AWG (120mm²)
	CONEXIÓN CON SOLDADURA EXOTÉRMICA (CADWELD)
	CONEXIÓN CON CABLE DESNUDO #2/0 AWG, NUEVA.
	POZO DE PUESTA A TIERRA CON REGISTRO SEGÚN DETALLE
	POZO DE PUESTA A TIERRA SIN REGISTRO SEGÚN DETALLE
	CABLE DE TIERRA ENROLLADA PARA CONEXIÓN FUTURA. EL NÚMERO SE REFIERE A LA LONGITUD EXPRESADA EN PIES.



PLANO NO VÁLIDO EN TIEMPO Y FORMA DE CONTROL DE DOCUMENTOS

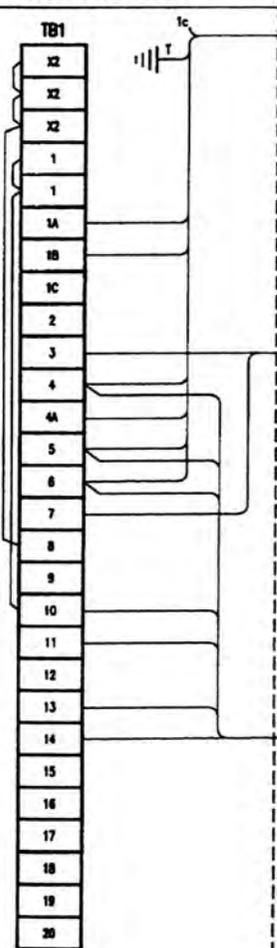
NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA
	PROYECTO			SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ESTACION DE BOMBEO	PLANO: 2013-DWG-E-0362_rev0
	REVISOR				
	GERENTE DE AREA				
GERENTE DE PROYECTO					

DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN

SALA ELÉCTRICA - 440-ER-612

CAMPO - ESTACIÓN DE BOMBEO 3B

440-MCM-622  
440-PPC-606A

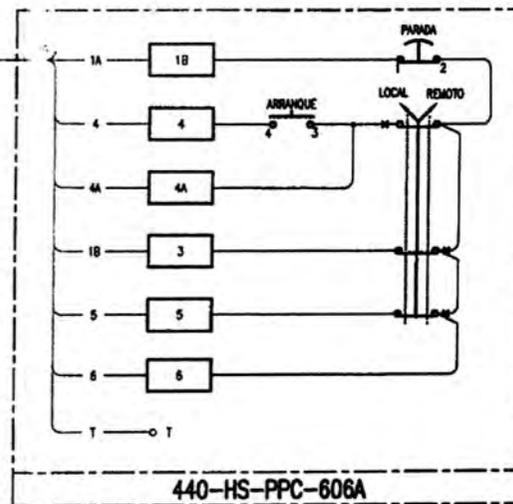
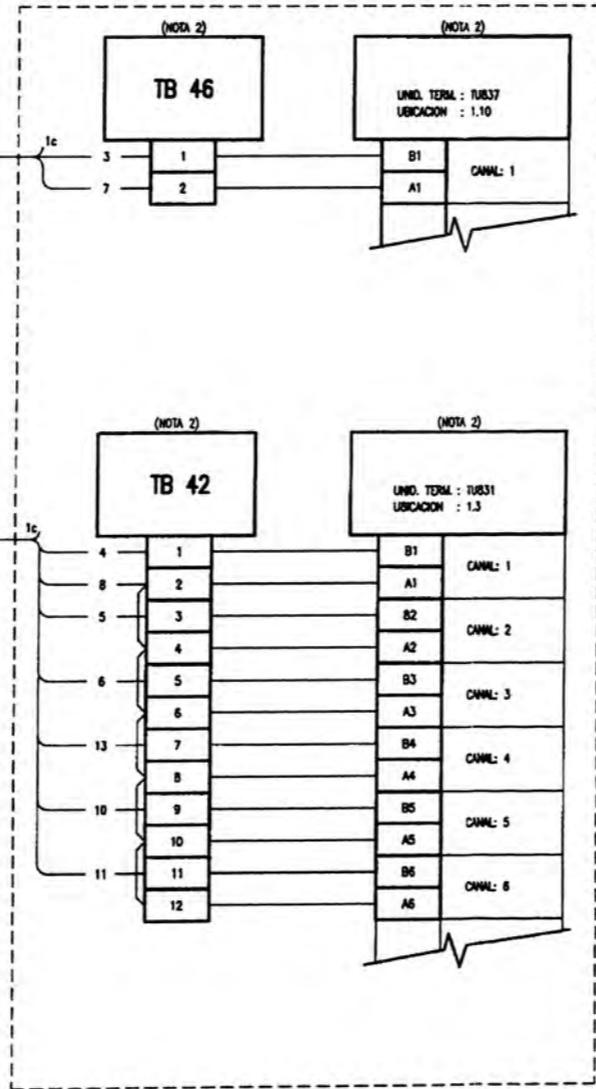


1C3/14  
440PPC606B

1C3/14  
440PPC606H

1C3/14  
440PPC606B

1  
440-DSC-690



PLANO NO. 10000 EN TUBOS Y CABLES DE CONTROL DE ESCALAS

NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	EMPRESA CIA MINERA
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA
	PROYECTO			ESTACION DE BOMBEO DIAGRAMA DE INTERCONEXION. MOTOR 440-PPC-606A (1 DE 2)	PLANO: 2013-DWG-E-0851_rev0
	REVISOR				
	GERENTE DE AREA				
GERENTE DE PROYECTO					

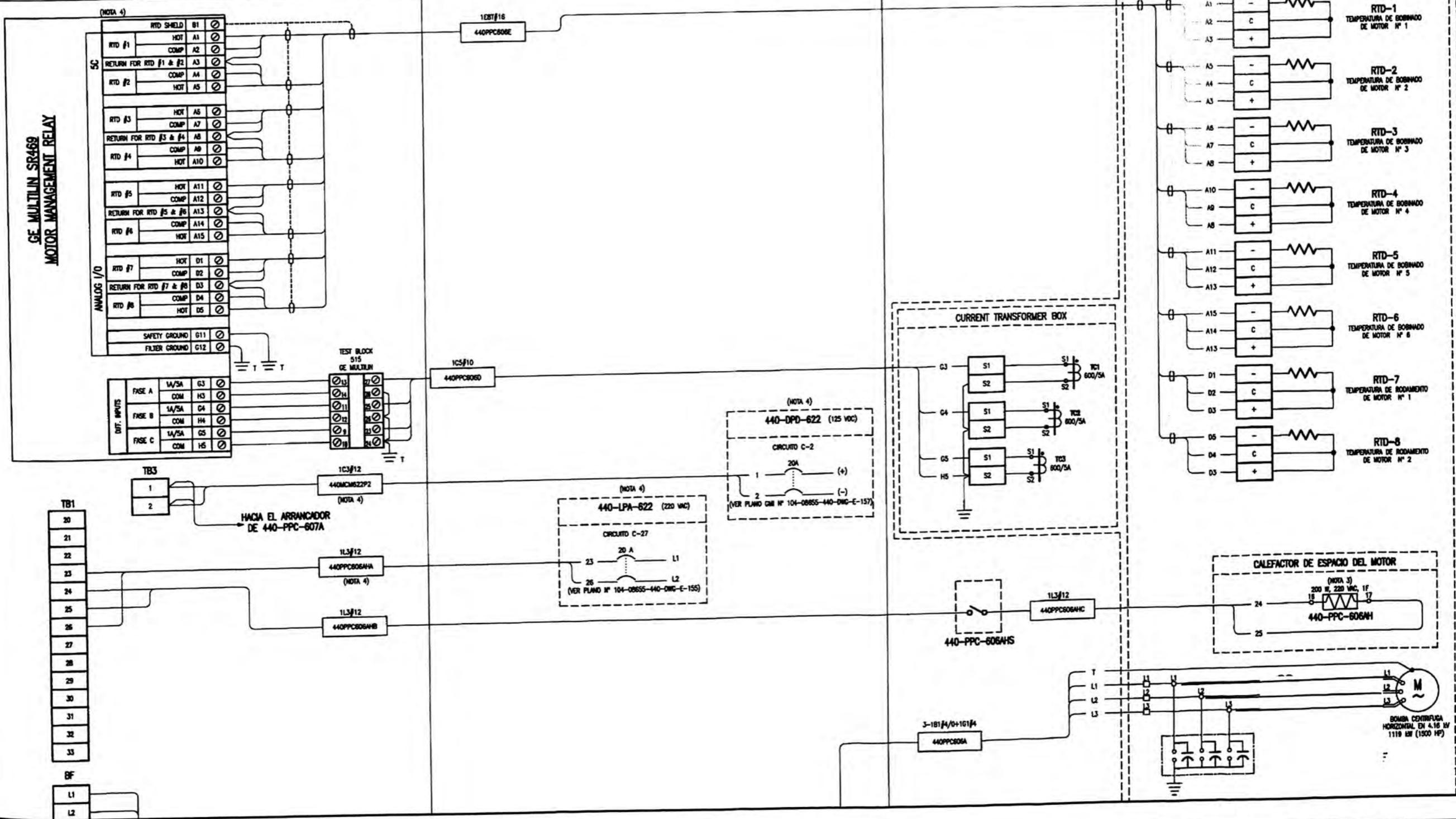
SALA ELÉCTRICA - 440-ER-612

CAMPO - ESTACIÓN DE BOMBEO 3B

440-MCM-622

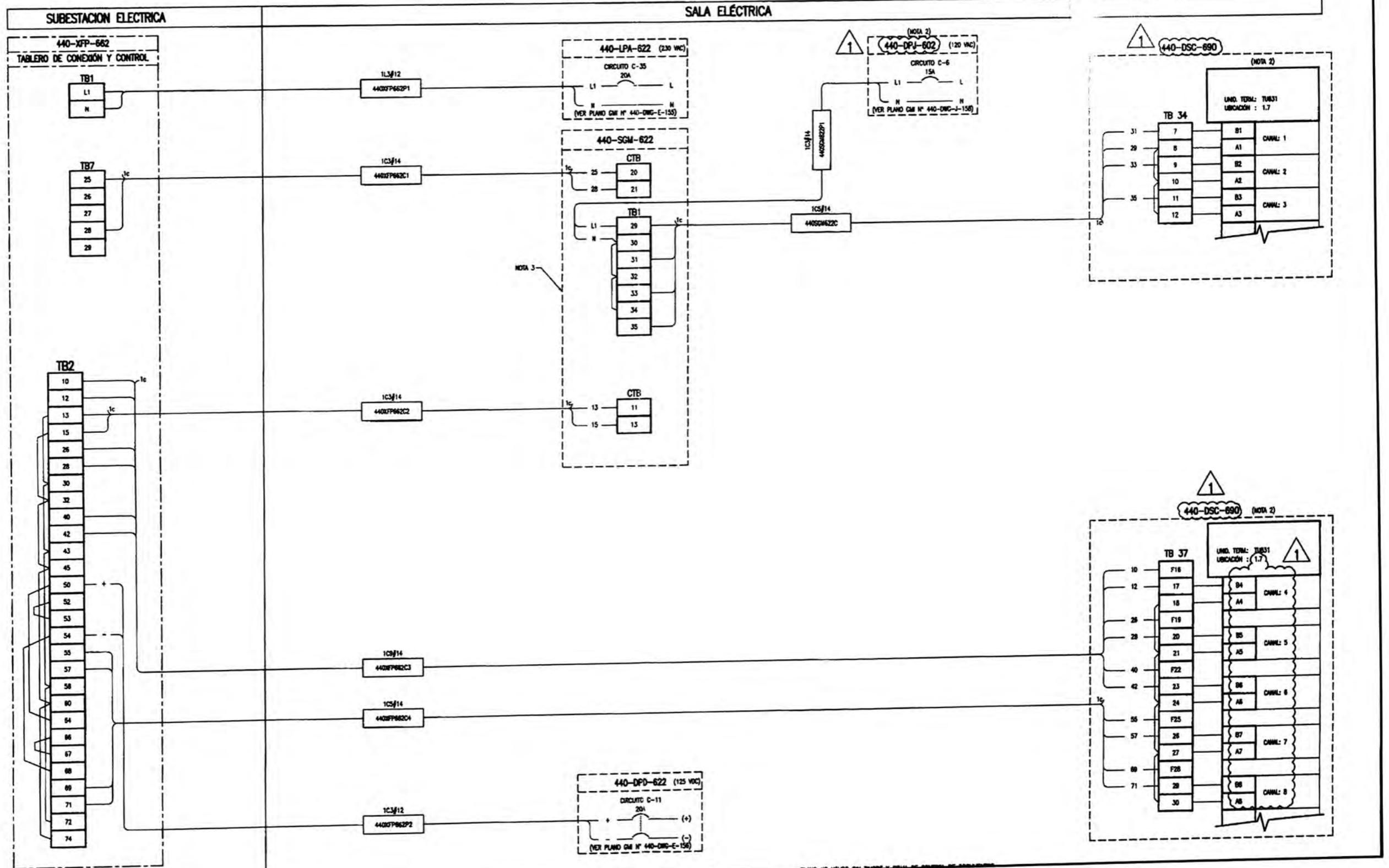
440-PPC-606A

440-PPC-606A



EMPRESA CIA MINERA				
NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC
	PROYECTO			ESTACION DE BOMBEO
	REVISOR			DIAGRAMA DE INTERCONEXION.
	GERENTE DE AREA			MOTOR 440-PPC-606A (2 DE 2)
GERENTE DE PROYECTO				
				PLANO:
				2013-DWG-E-0852_rev0

DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN



					EMPRESA CIA MINERA	
NOTAS	RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA Y FECHA	CONSULTOR	ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA	
	DISEÑO			ESCALA: S/ESC		
	PROYECTO			SUB ESTACION ELECTRICA	PLANO:	2013-DWG-E-0861_rev0
	REVISOR			DIAGRAMA DE INTERCONEXION ALIMENTACION		
	GERENTE DE AREA			TRANSFORMADOR 440-XFP-662		
GERENTE DE PROYECTO						

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**METRADOS ELÉCTRICOS**

**2013-MTO-E-1001**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería : \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido Para:
0	01.12.2013				Construcción

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
METRADOS ELÉCTRICOS

» Emisión:

Documento: 2013-MTO-E-1001

Eduardo Garcia.

Item	Descripción	Und	Cantidad
<b>1,00</b>	<b>LÍNEA AÉREA 23kV</b>		
1,01	Load Break Switch, cooper Power System	Und	1
1,02	Cut-Out , Hubbell Chance	Und	3
1,03	Postes Tratados de Madera de 70 pies	Und	5
1,04	Linea aerea de 240mm2, AAAC	m	300
1,05	Crucetas de Madera Tratada	Und	8
1,06	Aisladores de porcelana Tipo Suspension, Anclaje y Pin mas accesorio	Glb	75
1,07	Puesta a Tierra	Und	10
1,08	Cable de Acero Galvanizado EHS 38 mm2	Und	300
1,09	Otros Global (Glb)	Glb	1
<b>2,00</b>	<b>EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO</b>		
2,05	<p><b>Sala Eléctrica Modular Prefabricada "440-ER-612"</b> Longitud de 16X5m, Equipada de acuerdo al Plano 2012-440-DWG-E-251 con sistema de Extracción de Aire y Ventilación <b>incluye</b> -Transporte y Embalaje -Planos de Fabricación, control y unifilares. -Manuales Correspondientes. -Protocolos de Fabrica de la Estructura (Sala Eléctrica) y Equipamiento Eléctrico Suministrado por el Vendedor. Ver Plano 440-E-251 rev0 <b>No incluye:</b> -Switchgear en 35kV -Centro de Control de Motores en Media Tensión. -Sistema de Control Distribuido DSC -Panel de Distribución de F. Óptica FDU -Tablero de Instrumentación TBJ</p>	Glb	1
2,06	<p><b>Adicional de Sala Eléctrica Prefabricada</b> -Suministro e Instalación de Canalizaciones de Fuerza, Control y de Comunicaciones. -Montaje de la Totalidad de Equipos Eléctricos. -Pruebas de Precomisionamiento y Comisionamiento.</p>	Glb	1
2,01	<p><b>Transformador de Potencia 440-XFP-662</b> Sumergido en Aceite de 7.5 MVA, 23/48kV DYn1, , para operar a 4300 msnm, Incluye: -Empaquetadura -Bushin de Alta y Baja -Accesorios Instrumentación y Pruebas -Resistencia de Neutro de Puesta a Tierra identificado con Tag 440-GRR-622</p>	Glb	1

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
 PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
 METRADOS ELÉCTRICOS

Fecha de Emisión:

Código del documento: 2013-MTO-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

Item	Descripción	Und	Cantidad
2,02	Ductos de Barras 440-BSM-622, Incluye Sopotaría	Und	1
2,03	Swithgaer Metal Clad de Media Tensio Metal Clad de 35kV_440-SGM-622	Und	1
2,04	Centro de Control de Motores de Media Tensión identificado con Tag 440-MCM-622.	Und	1
<b>3,00</b>	<b>MATERIAL BULK</b>		
<b>3,10</b>	<b>CABLES ELECTRICOS</b>		
3,11	Cable unipolar de cobre cableado con Shielded, de 250 kcmil, MV105, UL, EPR, 25kV con 100% y 133% de nivel de aislamiento, resistente al sol y la humedad, con chaqueta de PVC.	m	210
3,12	Cable unipolar de cobre cableado con Shielded, MV105, de 250 kcmil UL, EPR, con 5kV al100% y 8kV al 133% de nivel de aislamiento, resistente al sol y la humedad, con chaqueta de PVC.	m	650
3,13	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado #12 AWG , XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	450
3,14	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado, #2 AWG, XHHW-2/XLPE, .0.6KV, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	100
3,15	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado, #6 AWG, XHHW-2/XLPE, .0.6KV, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	50
3,16	Cable Multiconductor de Cobre Cableado , 3C#10 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	250
3,17	Cable Multiconductor de cobre cableado de 5C#14 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	600
3,18	Cable Multiconductor de cobre cableado, de 7C#14 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	250
3,19	Cable Tipo ITC/PLTC, 300V, 105 grados de 8T# 16AWG, individual y overall Shield, con chaqueta retardante a la flama	m	250
3,20	Cable THWN #10, 600V, Negro	m	300
3,21	Cable THWN #10, 600V, Rojo	m	300
3,22	Cable THWN #10, 600V, Azul	m	300
3,23	Cable THWN #12, 600V, Negro	m	300
3,24	Cable THWN #12, 600V, Rojo	m	300
3,25	Cable THWN #12, 600V, Azul	m	300
<b>3,20</b>	<b>DISPOSITIVOS Y MATERIALES ELECTRICOS VARIOS</b>		
3,21	Estaciones de Control, con 04 agujeros y 03 dispositivos dispositivos de control Local/Remoto, Open, Close y Stop	Und	4
3,22	Cajas de Paso de Fibra reforzada, Nema 4	Und	4

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
 PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
 METRADOS ELÉCTRICOS

Fecha de Emisión:

Código del documento: 2013-MTO-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

Item	Descripcion	Und	Cantidad
3,23	Safety Switch de Fibra de Vidrio Reforzado, Nema 4, UL, 30A, 600V sin fusible, Marca Crouse Hinds	Und	4
3,24	Kit de Terminaciones Termocontraibles IXSU/Tyco de uso Interior de 35kV (2/0-500), HVT-Z-353-GP	Und	1
3,25	Kit de Terminaciones Termocontraibles IXSU/Tyco de uso Interior de 8kV (1/0-250), HVT-Z-81-GP	Und	10
3,26	Pararrayo Prevelectron, Modelo S6.60, con un radio de Protección de 89 m	Und	2
3,27	Tomas de Fuerza de 60A, 440V, 4P, 3W Crouse Hind	Und	2
3,28	Artefactos de Alumbrado de Vapor de Sodio, tipo Reflector Modelo FMVSY400/MT-76 + SFA6/400Watts, 230V. Marca Cooper Crouse Hinds, para ser Montado Sobre Poste de 12m	Und	4
3,29	Artefacto de Alumbrado de vapor de sodio de alta presión con lente superior del 50Watts, 230V	Und	4
3,30	Tomacorrientes dobles de 2x20A, NEMA6-20R	Und	4
3,31	Postes Metálicos de Acero Galvanizado para Alumbrado SE eléctrica, con tubería de 1 1/4 pulg	Und	4
3,32	Postes Metálicos de Acero Galvanizado de 12m de alto, Alumbrado Exterior	Und	4
3,33	Postes de Acero Galvanizado soporte de Pararrayos de 18 m de Altura	Und	2
<b>3,30</b>	<b>TUBERIAS CONDUIT RGS y PVS-SAP</b>		
3,31	Tubería conduit de 6", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	48
3,32	Tubería conduit de 3", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	18
3,33	Tubería conduit de 2", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	510
3,34	Tubería conduit de 3/4", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	120
3,35	Tubería conduit de 1", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	15
3,36	Tubería conduit de 1 1/2", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	12
3,37	Tubería Flexible Liquid Tight de 3/4"	m	30
3,38	Tubería Flexible Liquid Tight de 1"	m	15
3,39	Tubería Flexible Liquid Tight de 1 1/2"	m	15
3,40	Tubería Flexible Liquid Tight de 3"	m	15
3,41	Tubería de PVC SAP SCH 40 de 6"	m	90
3,42	Tubería de PVC SAP SCH 40 de 3"	m	600
3,43	Tubería de PVC SAP SCH 40 de 2"	m	420

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
 PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
 METRADOS ELÉCTRICOS

Fecha de Emisión:

Código del documento: 2013-MTO-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad
3,44	Tubería de PVC SAP SCH 40 de 1"	m	150
<b>3,40</b>	<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>		
3,41	Cable desnudo de cobre cableado Nro 4/0AWG	m	300
3,42	Cable desnudo de cobre cableado Nro. 2/0AWG	m	200
3,43	Moldes para soldadura Tipo T Cadwell 4/0 a 4/0	Und	10
3,44	Moldes para soldadura Tipo X Cadwell 4/0 a 4/0	Und	4
3,45	Moldes para soldadura Tipo T Cadwell 4/0 a 2/0	Und	30
3,46	Varilla de puesta a tierra de 3/4"x3m, accesorios, soldadura Cadwell y caja de registro	Und	15

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**ESTIMADO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN  
2013-ECC-E-1001**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería : \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido Para:
0	01.12.2013				Construcción

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
ESTIMADO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN**

Fecha de Emision:

Codigo de Documento: 2013-ECC-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS			COSTOS DIRECTOS SUMINISTROS		COSTOS DIRECTOS CONSTRUCCION		COSTOS
		Und	Cantidad	Costo Unitario	Sub Total "M"	Costo Unitario	Sub Total "N"	TOTAL "M+N"
<b>1,00</b>	<b>DERIVACION EN TRAMO AÉREO</b>							
1,01	LÍNEA AÉREA EN 23kV Suministro e instalación de línea aérea de 23kV, con cable de 240mm <sup>2</sup> , en postes de madera de 21m de altura, se considera cable de guarda y pozos a tierra	Und	1,0					
"A"	<b>Sub Total Línea Aérea</b>				<b>140 000,00</b>		<b>60 000,00</b>	<b>200 000,00</b>
<b>2,00</b>	<b>EQUIPAMIENTO ELECTRICO</b>							
2,01	<b>Sala Eléctrica Modular Prefabricada "440-ER-612"</b> Longitud de 16X5m, Equipada de acuerdo al Plano 2012-440-DWG-F-251 con sistema de Extracción de Aire y Ventilación incluye -Transporte y Embalaje -Planos de Fabricación, control y unifilares. -Manuales Correspondientes. -Protocolos de Fabrica de la Estructura (Sala Eléctrica) y Equipamiento Eléctrico Suministrado por el Vendor. Ver Plano 440-E-251 rev0 <b>No incluye:</b> -Switchgear en 35kV -Centro de Control de Motores en Media Tensión. -Sistema de Control Distribuido DSC -Panel de Distribución de F. Óptica FDU -Tablero de Instrumentación TBJ	Und	1,0					
2,02	<b>Transformador de Potencia 440-XFP-662</b> Sumergido en Aceite de 7.5 MVA, 23/48kV DYn1, , para operar a 4300 msnm, Incluye: -Empaquetadura -Bushin de Alta y Baja -Accesorios Instrumentación y Pruebas -Resistencia de Neutro de Puesta a Tierra identificado con Tag 440-GRR-622	Gib	1,0					
2,03	Resistencia de Neutro, Identificado con Tag 440-GRR-622	Und	1,0					
2,04	Montaje de Ductos de Barras 440-BSM-622 Incluye Sopoteria	Und	1,0					
2,05	<b>Adicional por Sala Eléctrica Prefabricada</b> -Suministro e Instalación de Canalizaciones de Fuerza, Control y de Comunicaciones. -Montaje de la Totalidad de Equipos Eléctricos. -Pruebas de Precomisionamiento y Comisionamiento.	Gib	1,0					
2,06	Switghaer Metal Clad de Media Tensio Metal Clad de 35kV 440-SGM-622	Und	1,0					
2,07	Centro de Control de Motores de Media Tensión identificado con Tag 440-MCM-622.	Und	1,0					
"B"	<b>Sub Total Equipamiento Eléctrico</b>				<b>1 610 180,00</b>		<b>110 700,00</b>	<b>1 720 880,00</b>
<b>3,00</b>	<b>MATERIAL BULK</b>							
<b>3,10</b>	<b>CABLES ELÉCTRICOS</b>							
3,11	Cable unipolar de cobre cableado con Shielded, de 250 kcmil, MV105, UL, EPR, 25kV con 100% y 133% de nivel de aislamiento, resistente al sol y la humedad, con chaqueta de PVC.	m	210					
3,12	Cable unipolar de cobre cableado con Shielded, MV105, de 250 kcmil UL, EPR, con 5kV al 100% y 8kV al 133% de nivel de aislamiento, resistente al sol y la humedad, con chaqueta de PVC.	m	650					
3,13	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado #12 AWG , XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	450					
3,14	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado, #2 AWG, XHHW-2/XLPE, .06KV, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	100					

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA**  
**PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA**  
**ESTIMADO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN**

Fecha de Emision:

Codigo de Documento: 2013-ECC-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS			COSTOS DIRECTOS SUMINISTROS		COSTOS DIRECTOS CONSTRUCCION		COSTOS
		Und	Cantidad	Costo Unitario	Sub Total "M"	Costo Unitario	Sub Total "N"	TOTAL "M+N"
3,15	Cable Tripolar mas Tierra de Cobre Cableado. #6 AWG, XHHW-2/XLPE, .0.6KV, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	50					
3,16	Cable Multiconductor de Cobre Cableado . 3C#10 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	250					
3,17	Cable Multiconductor de cobre cableado de 5C#14 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	600					
3,18	Cable Multiconductor de cobre cableado, de 7C#14 AWG, XHHW-2/XLPE, 600V, Clase B, UL, Tipo TC, con Cubierta de PVC 90 oC, resistente al sol y retardante a la flama	m	250					
3,19	Cable Tipo ITC/PLTC, 300V. 105 grados de 8T# 16AWG, individual y overall Shield, con chaqueta retardante a la flama	m	250					
3,20	Cable THWN #10, 600V, Negro	m	300					
3,21	Cable THWN #10, 600V, Rojo	m	300					
3,22	Cable THWN #10, 600V, Azul	m	300					
3,23	Cable THWN #12, 600V, Negro	m	300					
3,24	Cable THWN #12, 600V, Rojo	m	300					
3,25	Cable THWN #12, 600V, Azul	m	300					
"C"	<b>Sub Total Cables Eléctricos</b>				<b>52 875,00</b>		<b>16 632,50</b>	<b>69 507,50</b>
<b>3,20</b>	<b>COMPONENTES Y MATERIALES ELÉCTRICOS VARIOS</b>							
3,21	Estaciones de Control, con 04 agujeros y 03 dispositivos de control Local/Remoto, Open, Close y Stop	Und	4					
3,22	Cajas de Paso de Fibra reforzada, Nema 4	Und	4					
3,23	Safety Switch de Fibra de Vidrio Reforzado, Nema 4, UL, 30A, 600V sin fusible, Marca Crouse Hinds	Und	4					
3,24	Kit de Terminaciones Termocontraibles IXSU/Tyco de uso Interior de 35kV (2/0-500), HVT-Z-353-GP	Und	2					
3,25	Kit de Terminaciones Termocontraibles IXSU/Tyco de uso Interior de 8kV (1/0-250), HVT-Z-81-GP	Und	8					
3,26	Pararrayo Prevector, Modelo S6.60, con un radio de Proteccion de 89 m	Und	1					
3,27	Fabricación de poste de 18m de altura, para instalación de pararrayo	Und	1					
3,27	Tomas de Fuerza de 60A, 440V, 4P, 3W Crouse Hind	Und	2					
3,28	Artefactos de Alumbrado de Vapor de Sodio, tipo Reflector Modelo FMVSY400/M1-76 + SFA6/400Watts, 230V. Marca Cooper Crouse Hinds, para ser Montado Sobre Poste de 12m	Und	4					
3,29	Artefacto de Alumbrado de vapor de sodio de alta presion con lente superior de 150Watts, 230V	Und	4					
3,30	Tomacorrientes dobles de 2x20A, NEMA6-20R	Und	4					
3,31	Postes Metálicos de Acero Galvanizado para Alumbrado SE eléctrica, con tubería de 1 1/4 pulg	Und	4					
3,32	Postes Metálicos de Acero Galvanizado de 12m de alto, Alumbrado Exterior	Und	4					
3,33	Postes de Acero Galvanizado soporte de Pararrayos de 18 m de Altura	Und	1					
"D"	<b>Sub Total Componentes y Materiales Varios</b>				<b>50 000,00</b>		<b>15 150,00</b>	<b>65 150,00</b>
<b>3,30</b>	<b>TUBERIAS CONDUIT RGS y PVS-SAP</b>							
3,31	Tubería conduit de 6", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	48					
3,32	Tubería conduit de 3", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	18					
3,33	Tubería conduit de 2", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	510					

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA**  
**PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA**  
**ESTIMADO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN**

Fecha de Emision:

Codigo de Documento: 2013-ECC-E-1001

Elaborado por: Eduardo Garcia.

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und	Cantidad	COSTOS DIRECTOS SUMINISTROS		COSTOS DIRECTOS CONSTRUCCION		COSTOS
				Costo Unitario	Sub Total "M"	Costo Unitario	Sub Total "N"	TOTAL "M+N"
3,34	Tuberia conduit de 3/4", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	120					
3,35	Tuberia conduit de 1", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	15					
3,36	Tuberia conduit de 1 1/2", de fierro Galvanizado UL6, ANSI 80.1 de 3m de Longitud	m	12					
3,37	Tuberia Flexible Liquid Tight de 3/4"	m	30					
3,38	Tuberia Flexible Liquid Tight de 1"	m	15					
3,39	Tuberia Flexible Liquid Tight de 1 1/2"	m	15					
3,40	Tuberia Flexible Liquid Tight de 3"	m	15					
3,41	Tuberia de PVC SAP SCH 40 de 6"	m	90					
3,42	Tuberia de PVC SAP SCH 40 de 3"	m	600					
3,43	Tuberia de PVC SAP SCH 40 de 2"	m	420					
3,44	Tuberia de PVC SAP SCH 40 de 1"	m	150					
"E"	<b>Sub Total Tuberías Conduit RGS y PVC-SAP</b>				<b>30 003,00</b>		<b>50 640,00</b>	<b>80 643,00</b>
<b>3,40</b>	<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>							
3,41	Suministro e instalación de cable de cobre desnudo Nro.	m	300					
3,42	Cable desnudo de cobre cableado Nro. 2/0AWG	m	200					
3,43	Moldes para soldadura Tipo T Cadwell 4/0 a 4/0	Und	10					
3,44	Moldes para soldadura Tipo X Cadwell 4/0 a 4/0	Und	4					
3,45	Moldes para soldadura Tipo T Cadwell 4/0 a 2/0	Und	30					
3,46	Varilla de puesta a tierra de 3/4"x3m, accesorios, soldadura Cadwell y caja de registro	Und	15					
"F"	<b>Sub Total Sistema de Puesta a Tierra</b>							
<b>4,00</b>	<b>COSTOS TOTAL EN DÓLARES</b>							
"G"	"A+B+C+D+E+F"				<b>1 894 453,00</b>		<b>267 052,50</b>	<b>2 161 505,50</b>
	Utilidad		10%					<b>216 150,55</b>
	Gastos Generales		30%					<b>648 451,65</b>
<b>5,00</b>	<b>TOTAL EN DOLARES</b>							
	"G"+UTILIDAD+GASTOS GENERALES							<b>3 026 107,70</b>

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
DEMANDA ELÉCTRICA**

Fecha de Emisión 01.12.2013  
Código del Documento 2013-MEC-E-1001  
Elaborado por: Eduardo Garcia

Codigo del Area	Etiqueta de Equipos Mecanicos	Descripcion de Equipos	Cant.	Op.	Potencia Nominal	Tension de la Red	Variador de Velocidad	Eff.	Potencia Instalada $P_i$	Factor de Demanda	Demanda Máxima $D_M$	Factor de Carga	Demanda Promedio D	Factor de Potencia	Potencia Reactiva	Hrs./Mes	MWH/Mes	Demanda Promedio		Observaciones
					kW'	kV'	VFD		kW	F d	kW'	F c	kW	Fp	kVAR'	Horas	MW	MVA		
440	440-PPC-606	Bomba Centrifuga Horizontal	1	1	1 119,00	4 160,00	NO	0,97	1 153,61	0,85	980,57	0,90	882,51	0,80	661,88	720,00	635,41	0,88	1,10	
440	440-PPC-607	Bomba Centrifuga Horizontal	1	1	1 119,00	4 160,00	NO	0,97	1 153,61	0,85	980,57	0,90	882,51	0,80	661,88	720,00	635,41	0,88	1,10	
440	440-PPC-610	Bomba Centrifuga Horizontal	1	1	1 119,00	4 160,00	NO	0,97	1 153,61	0,85	980,57	0,90	882,51	0,80	661,88	720,00	635,41	0,88	1,10	
440	440-PPC-611	Bomba Centrifuga Horizontal	1	1	1 119,00	4 160,00	NO	0,97	1 153,61	0,85	980,57	0,90	882,51	0,80	661,88	720,00	635,41	0,88	1,10	
440	440-PPC-XXX	Bomba Centrifuga Horizontal	1	1	1 119,00	4 160,00	NO	0,97	1 153,61	0,85	980,57	0,90	882,51	0,80	661,88	720,00	635,41	0,88	1,10	Reserva Futura
440	440-MCL-632	Centro de Control de Motores en Baja Tension	1	1	191,25	0,48	NO	0,98	195,15	0,85	165,88	0,90	149,29	0,80	111,97	720,00	107,49	0,15	0,19	
					<b>5 786,3</b>				<b>5 963,2</b>		<b>5 068,7</b>		<b>4 561,8</b>		<b>3 421,4</b>	<b>4 320,0</b>	<b>3 284,5</b>	<b>5,70</b>		

**TERMINOS UTILIZADOS**

$D_M$  Demanda Maxima en kW.  
 $P_i$  Potencia Instalada en kW.  
 $F_d$  Factor de Demanda  
 $D$  Demanda Promedio en kW.  
 $F_D$  Factor de Diversidad

Todas las medidas tomadas dadas en el mismo periodo de tiempo

Factor de Demanda

$$F_d = \frac{D_M}{P_i} \quad D_M = F_d P_i$$

Factor de Carga "F<sub>C</sub>"

$$F_C = \frac{D}{D_M} \leq 1 \quad D = F_C D_M$$

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**DEMANDA ELÉCTRICA**

**2013-MEC-E-1001**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería : \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido Para:
0	01.12.2013				Construcción

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
DEMANDA ELÉCTRICA**

Fecha de Emisión      01.12.2013  
Código del Documento   2013-MEC-E-1001  
Elaborado por:        Eduardo Garcia

Codigo de Area	Tag del Equipo	Potencia Instalada $P_i$	Demanda Máxima $\sum D_M$	Factor de Diversidad $F_D$	Máxima Demanda En Barras 440-MCM-622 $D_M$	Factor de Potencia	Máxima Demanda barras del 440-MCM-622 $D_M$
		kW	kW		kW	Fp	kVA
440	440-MCM-622	5 963	5 069	1	3 811	1	4 431
<b>MAXIMA DEMANDA</b>					<b>3 811</b>		<b>4 431</b>

**TERMINOS UTILIZADOS**

$D_M$             Demanda Maxima en kW.  
 $P_i$             Potencia Instalada en kW.  
 $F_D$             Factor de Demanda  
 $D$              Demanda Promedio en kW.  
 $F_D$             Factor de Diversidad

**Factor de Diversidad  $F_D$**

$$D_M = \frac{\sum D_M}{F_D}$$

$$F_D = \frac{\sum D_M}{D_M}$$

**Factor de Carga  $F_C$**

$$F_C = \frac{D}{D_M} \leq 1$$

$$D = F_C * D_M$$

Todas las medidas tomadas dadas en el mismo periodo de tiempo

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
DEMANDA ELÉCTRICA**

Fecha de Emisión 01.12.2013  
Código del Documento 2013-MEC-E-1001  
Elaborado por: Eduardo Garcia

<b>TRASFORMADOR TRIFASICO SUMERGIDO EN ACEITE 440-XFP-622</b>				
Item	Descripcion	Referencia	und	Potencia
<b>1,0</b>	<b>Calculo de la Capacidad del Transformdor 440-XFP-622</b>			
<b>1,1</b>	Demanda Maxima		kW'	3 811
<b>1,2</b>	Factor de Potencia		-	0,86
<b>1,3</b>	Demanda Maxima		kVA	4 431
<b>1,4</b>	Derrateo por Altura a 4300 msnm 12.5%		kVA	554
<b>1,5</b>	Porcentaje de Reserva 30%		kVA	1 329
<b>2,0</b>	Demanda Total	1.3+1.4+1.5	kVA	<b>6 315</b>
<b>3,0</b>	Capacidad de Transformador Seleccionado Tabla 3, IEEE 241		kVA	<b>7 500</b>
<b>4,0</b>	Tension Lado Primario		kV	<b>23</b>
<b>5,0</b>	Tension Lado Secundario		kV	<b>4</b>

<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 4.16kV 440-MCM-622 DUCTO DE BARRAS 440-BSM-622</b>				
Descripcion de los Equipos		Referencia	und	Valor
<b>1,0</b>	<b>Capacidad del Transformador 440-XFP-622</b>			
<b>1,1</b>	Transformador de Potencia		kVA	7 500
<b>1,2</b>	Factor de Potencia			0,86
<b>1,3</b>	Tension Lado Primario		kV'	23
<b>1,4</b>	Tension Lado Secundario		kV'	4
<b>1,5</b>	Corriente en el Primario		A	219
<b>1,6</b>	Corriente en el Secundario		A	1 210
<b>2,0</b>	<b>Calculo de la Capacidad de Corriente del 440-MCM-622/440-BSM-622</b>			
<b>2,1</b>	Capacidad de Corriente del Bus de Barras		A	1 210
<b>2,2</b>	Derrateo por Altura a 4300 msnm 93%		A	85
<b>2,3</b>	Porcentaje de Reserva 30%		A	363
<b>3,0</b>	Capacidad de Corriente Total	2.1+2.2+2.3	A	<b>1 658</b>
<b>4,0</b>	Capacidad de Corriente para un Main Bus Estandar		A	<b>2 000</b>

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**CÁLCULO DE CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN**

**2013-MEC-E-1002**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería : \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido Para:
0	01.12.2013				Construcción

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
CÁLCULO DE CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN**

Fecha de Emisión: 01.12.2013  
 Código del Documento: 2013-MEC-E-1002  
 Elaborado por: Eduardo Garcia

DATOS DE ENTRADA										
Desde		-	Poste de Fin de Línea	440-SGM-622	440-MCM-622					
Hasta	Símbolos	Unidades	440-SGM-622	440-XFP-662	440-PPC-606A	440-PPC-607A	440-PPC-610A	440-PPC-611A	440-PPC-612A	440-XFD-612
Potencia		kVA'	7 500	7 500						225
Potencia		Hp	-	-	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	-
Potencia		kW'	-	-	1 119	1 119	1 119	1 119	1 119	200
Tensión de Servicio		kV'	23000	23000	4160	4160	4160	4160	4160	4160
Longitud		m	64	40	100	100	100	100	100	30
Factor de Potencia	CosØ		0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Angulo de factor de potencia	Ø	grados	27	27	27	27	27	27	27	27
Corriente de corto circuito de la Red	$I_{cc}$	kA	20	20	15	15	15	15	15	15
Tiempo de duración del corto circuito	$t_{cc}$	s	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
CAPACIDAD DE CORRIENTE										
Tag de Equipo			440-SGM-622	440-XFP-662	440-PPC-606A	440-PPC-607A	440-PPC-610A	440-PPC-611A	440-PPC-612A	440-XFD-612
I Nominal		Amperios.	188	188	174	174	174	174	174	31
Factor de ajuste por Temperatura	$F_t$		1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Factor de ajuste por Resistividad Térmica RHO	$F_{th}$		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	1,00
Factor de Corrección por Agrupamiento de Cables en Banco de Ductos	$F_g$		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	1,00
$I' = (I / F_t F_{th} F_g)$		Amperios.	274	274	254	254	254	254	254	29
Factor diseño = $I' \times 1,25$		Amperios.	342	342	317	317	317	317	317	36

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
CÁLCULO DE CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN**

Fecha de Emisión 01.12.2013  
Código del Documento 2013-MEC-E-1002  
Elaborado por: Eduardo Garcia

<b>CABLE SELECCIONADO</b>										
Tag de Equipo			440-SGM-622	440-XFP-662	440-PPC-606A	440-PPC-607A	440-PPC-610A	440-PPC-611A	440-PPC-612A	440-XFD-612
<b>INFORMACION OBTENIDA DEL FABRICANTE.</b>										
A (Sección en MCM/AWG)		MCM/AWG	250	250	250	250	250	250	250	3/0
A (Sección en mm <sup>2</sup> )		mm <sup>2</sup>	127	127	127	127	127	127	127	85
A (Circular Mils)		Circular Mils	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	167 800
I (Capacidad del Conductor)		Amperios	345	345	345	345	345	345	345	290
<b>Valores de resistencia obtenidos de la NEC Tabla 8</b>										
R (Resistencia a 75 <sup>o</sup> C)		Ohm/km	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753	0,2512
R (Resistencia a 30 <sup>o</sup> C)		Ohm/km	0,1498	0,1498	0,1498	0,1498	0,1498	0,1498	0,1498	0,2550
X (Reactancia a 30 <sup>o</sup> C)		Ohm/km	0,0768	0,0768	0,0768	0,0768	0,0768	0,0768	0,0768	0,1306
Z (Reactancia a 30 <sup>o</sup> C)		Ohm/km	0,1683	0,1683	0,1683	0,1683	0,1683	0,1683	0,1683	0,2865
<b>REGULACION DE TENSION</b>										
Caída de Tensión		Volt	2,03	1,27	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	,27
Porcentaje de Caída de Tensión		%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
<b>CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO</b>										
T1 (Temperatura de Operación)		Centigrados	105	105	105	105	105	105	105	90
T2 (Temperatura Corto Circuito)		Centigrados	250	250	250	250	250	250	250	250
ICC (Admisible)		kA	24	24	24	24	24	24	24	17

**RESUMEN**

Los valores encontrados de caída de tensión, se encuentra por debajo del 5% (CNE-Utilización)  
Los valores de corriente de corto circuito del conductor, están por encima de los valores de la Red



## Okoguard®- Okoseal® Type MV-105



### 25kV Shielded Power Cable

One Okopact® (Compact Stranded) Copper Conductor/105°C Rating  
100% and 133% Insulation Level



- A Uncoated, Okopact (Compact Stranded) Copper Conductor
- B Strand Screen - Extruded Semiconducting EPR
- C Insulation-Okoguard EPR
- D Insulation Screen - Extruded Semiconducting EPR
- E Shield-Copper Tape
- F Jacket-Okoseal

#### Insulation

Okoguard is Okonite's registered trade name for its exclusive ethylene propylene rubber (EPR) based, thermosetting compound, whose optimum balance of electrical and physical properties is unequaled in other solid dielectrics. Okoguard insulation, with the distinctive red color and a totally integrated EPR system, provides the optimum balance of electrical and physical properties for long, problem free service.

The triple tandem extrusion of the screens with the insulation provides optimum electrical characteristics.

#### Jacket

The Okoseal (PVC) jacket supplied with this cable is mechanically rugged and has excellent resistance to oil and most chemicals.

#### Applications

Okoguard shielded Okoseal Type MV-105 power cables are recommended for distribution circuits, and for feeders or branch circuits.

Type MV cables may be installed in wet or dry locations, indoors or outdoors (exposed to sunlight), in any raceway or underground duct, directly buried if installed in a system with a grounding conductor in close proximity that conforms with NEC Section 250.4(A)(5), or messenger supported in industrial establishments and electric utilities.

#### Specifications

**Conductor:** Annealed uncoated copper compact stranded per ASTM B-496.

**Strand Screen:** Extruded semiconducting EPR strand screen. Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8 and UL 1072.

**Insulation:** Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8 and UL 1072.

**Insulation Screen:** Extruded semiconducting EPR insulation screen. Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8 and UL 1072.

**Shield:** 5 mil bare copper tape helically applied with 12.5% nominal overlap.

**Jacket:** Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682 and UL1072 for polyvinyl chloride jackets.

UL Listed as Type MV-105 and sunlight resistant, in accordance with UL 1072.

Cables listed to CSA C68.3 and rated FT4 and -25°C are available on special orders.

A flame retardant construction, size 1/0 AWG and larger, for installation in cable tray is available on special order that is UL labeled "MV-105 FOR CT USE."

#### Product Features

- Triple tandem extruded, all EPR system.
- Okoguard cables meet or exceed all recognized industry standards (UL, AEIC, NEMA/ICEA, IEEE).
- 105°C continuous operating temperature.
- 140°C emergency rating.
- 250°C short circuit rating.
- Excellent corona resistance.
- Screens are clean stripping.
- Exceptional resistance to "treeing."
- Moisture resistant.
- Resistant to most oils, acids, and alkalis.
- Sunlight resistant.
- Improved Temperature Rating.

# Okoguard-Okoseal Type MV-105

## 5kV Shielded Power Cable

One Okopact (Compact Stranded)

Copper Conductor/ 105°C Rating



## Product Data Section 2: Sheet 14

Catalog Number (1)	Conductor Size AWG or kcmil	Conductor Size - mm <sup>2</sup>	Approx. Dia. over Insulation (in.)	Approx. Dia. over Screen (in.)	Jacket Thickness (in.)	Jacket Thickness - mils	Approx. O.D. - mm	Approx. O.D. - Inches	Approx. Net Weight (lbs./1000')	Approx. Ship Weight (lbs./1000')	Ampacities (2) Conduit in Air	Ampacities (3) Direct Burial	Ampacities (4) Underground Duct	Conduit Size (5) Inches*
--------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------	-----------------------	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	-----------------------------

### Okoguard Insulation: 260 mils (6.60mm), 100% Insulation Level

115-23-3198	1	42.4	0.87	0.93	80	2.03	1.11	28.2	830	920	190	260	185	3
115-23-3200	1/0	53.5	0.91	0.97	80	2.03	1.15	29.2	925	1015	215	295	215	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
115-23-3201	2/0	67.4	0.95	1.01	80	2.03	1.19	30.2	1040	1125	255	335	245	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
115-23-3202	3/0	85.0	0.99	1.05	80	2.03	1.24	31.4	1185	1280	290	380	275	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
115-23-3203	4/0	107.0	1.05	1.11	80	2.03	1.29	32.8	1365	1455	330	435	315	4
115-23-3208	250	127.0	1.10	1.61	80	2.03	1.35	34.3	1530	1630	365	475	345	4
115-23-3204	350	177.0	1.19	1.25	80	2.03	1.44	36.6	1905	2050	440	575	415	4
115-23-3205	500	253.0	1.31	1.37	80	2.03	1.56	39.5	2450	2595	535	700	500	5
115-23-3207	750	380.0	1.49	1.55	80	2.03	1.74	44.1	3365	3595	655	865	610	5
115-23-3209	1000	507.0	1.64	1.70	110	2.79	1.94	49.4	4350	4615	755	1005	690	6

### Okoguard Insulation: 320 mils (8.13mm), 133% Insulation Level

115-23-3480	1	42.4	1.00	1.06	80	2.03	1.24	31.5	977	1091	190	260	185	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
115-23-3613	1/0	53.5	1.03	1.10	80	2.03	1.28	32.5	1077	1191	215	295	215	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
115-23-3614	2/0	67.4	1.07	1.15	80	2.03	1.32	33.5	1198	1312	255	335	245	4
115-23-3615	3/0	85.0	1.12	1.19	80	2.03	1.37	34.8	1346	1469	290	380	275	4
115-23-3616	4/0	107.0	1.17	1.25	80	2.03	1.42	36.1	1527	1679	330	435	315	4
115-23-3617	250	127.0	1.23	1.30	80	2.03	1.47	37.3	1698	1859	365	475	345	4
115-23-3618	350	177.0	1.32	1.39	80	2.03	1.57	39.9	2087	2271	440	575	415	5
115-23-3619	500	253.0	1.44	1.51	80	2.03	1.68	42.7	2648	2835	535	700	500	5
115-23-3620	750	380.0	1.62	1.69	110	2.79	1.93	49.0	3691	4013	655	865	610	6
115-23-3621	1000	507.0	1.77	1.84	110	2.79	2.07	52.6	4592	4965	755	1005	690	6

Visit Okonite's web site, for the most up to date dimensions.

#### Aluminum Conductors

(1) Aluminum conductors are available on special order.

#### Ampacities

(2) Ampacities are in accordance with Table 310.60(C)(73) of the NEC for three single Type MV-105 conductors, or single conductors twisted together (triplexed) and installed in an isolated conduit in air at an ambient temperature of 40°C and a conductor temperature of 105°C.

(3) Ampacities are in accordance with Table 310.60(C)(81) of the NEC for an insulated single conductor directly buried with a conductor temperature rating of 105°C, ambient earth temperature of 20°C, 100% Load Factor, thermal resistance (RHO) of 90, 7 1/2 inch spacing between conductor center lines, and 24 inch spacing between circuits.

(4) Ampacities are in accordance with Table 310.60(C)(77) of the NEC for three single conductors or triplexed cable in one underground raceway, three feet deep with a conductor temperature of 105°C, 100% Load Factor, an ambient earth temperature of 20°C, and thermal resistance (RHO) of 90.

Refer to the NEC IEEE/ICEA S-135 Power Cable Ampacities, or the Okonite Engineering Data Bulletin for installation in duct banks, multiple point grounded shields, other ambient temperatures, circuit configurations or installation requirements.

(5) Recommended size of rigid or nonmetallic conduit for three conductors based on 40% maximum fill.

\*The jam ratio conduit I.D. to cable O.D. should be checked to avoid possible jamming.

 **THE OKONITE COMPANY**  
Ramsey, New Jersey 07446



## Okoguard®-Okoseal® Type MV-105

### 5/8kV Shielded Power Cable

One Okopact® (Compact Stranded) Copper Conductor/105°C Rating  
5kV-133% or 8kV-100% Insulation Level

For Cable Tray Use - Sunlight Resistant



- A Uncoated, Okopact (Compact Stranded) Copper Conductor
- B Strand Screen-Extruded Semiconducting EPR
- C Insulation-Okoguard EPR
- D Insulation Screen-Extruded Semiconducting EPR
- E Shielding-Copper Tape
- F Jacket-Okoseal

#### Insulation

Okoguard is Okonite's registered trade name for its exclusive ethylene-propylene rubber (EPR) based, thermosetting compound, whose optimum balance of electrical and physical properties is unequalled in other solid dielectrics.

Okoguard insulation, with the distinctive red color and a totally integrated EPR system, provides the optimum balance of electrical and physical properties for long, problem free service.

The triple tandem extrusion of the screens with the insulation provides optimum electrical characteristics.

#### Jacket

The Okoseal (PVC) jacket supplied with this cable is mechanically rugged and has excellent resistance to oil, acids and most chemicals.

#### Applications

Okoguard shielded Okoseal Type MV-105 power cables are recommended for use as feeder circuits, in electric utility generating stations, for distribution circuits, and for feeders or branch circuits in industrial and commercial installations.

Type MV cables may be installed in wet or dry locations, indoors or outdoors (exposed to sunlight), in any raceway or underground duct, directly buried if installed in a system with a grounding conductor in close proximity that conforms with NEC Section 250.4(A)(5), or messenger supported in industrial establishments and electric utilities. Sizes 1/0 AWG and larger may also be installed in cable tray.

#### Specifications

**Conductor:** Annealed uncoated copper compact stranded per ASTM B-496.

**Strand Screen:** Extruded semiconducting EPR strand screen. Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8, CSA C68.3 and UL 1072.

**Insulation:** Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8, CSA C68.3 and UL 1072.

**Insulation Screen:** Extruded semiconducting EPR insulation screen applied directly over the insulation. Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, AEIC CS8, CSA C68.3 and UL 1072.

**Shield:** 5 mil bare copper tape helically applied with 25% nominal overlap.

**Jacket:** Meets or exceeds electrical and physical requirements of ICEA S-93-639/NEMA WC74 & S-97-682, CSA C68.3 and UL 1072 for polyvinyl chloride jackets.

UL Listed as Type MV-105 and sunlight resistant, in accordance with UL 1072.

CSA C68.3 listed and rated FT4 and -25°C.

#### Product Features

- Triple tandem extruded, all EPR system.
- Okoguard cables meet or exceed all recognized industry standards (UL, AEIC, NEMA/ICEA, IEEE).
- 105°C continuous operating temperature.
- 140°C emergency rating.
- 250°C short circuit rating.
- Passes UL and IEEE 383 and 1202 (1/0 AWG and larger) Vertical Tray Flame Test.
- Excellent corona resistance.
- Screens are clean stripping.
- Exceptional resistance to "treeing".
- Exceptional resistance to moisture.
- Resistant to most oils, acids, and alkalis.
- Sunlight resistant.
- For Cable Tray Use.
- CSA FT4, -25°C.
- Improved Temperature Rating.

# Okoguard-Okoseal Type MV-105

## 8kV Shielded Power Cable

(One Okopact (Compact Stranded)  
Copper Conductor/ 105°C Rating  
5kV-133% or 8kV-100% Insulation Level  
For Cable Tray Use - Sunlight Resistant



## Product Data Section 2: Sheet 3

Okoguard Insulation: 115 mils (2.92mm), 5kV—133% or 8kV—100% Insulation Level

Catalog Number (1)	Conductor Size AWG or kcmil		Conductor Size -mm <sup>2</sup>		Approx. Dia. over Insulation (in.)	Approx. Dia. over Screen (in.)	Jacket Thickness - mils	Jacket Thickness - mm	Approx. O.D. - Inches	Approx. O.D. - mm	Approx. Net Weight lbs./1000'	Approx. Ship Weight lbs./1000'	Ampacities Conduit in Air (2)	Ampacities Underground Duct (3)	Ampacities Cable Tray (4)	Conduit Size Inches (5)*
▲ 114-23-3824	1/0	53.5	0.61	0.67	60	1.52	0.81	20.6	615	655	200	210	220			2½
▲ 114-23-3826	2/0	67.4	0.65	0.71	60	1.52	0.85	21.6	720	775	225	235	245			2½
▲ 114-23-3865	3/0	85.0	0.70	0.76	80	2.03	0.95	24.1	895	950	270	270	290			3
▲ 114-23-3832	4/0	107.0	0.75	0.81	80	2.03	0.99	25.2	1030	1090	305	310	335			3
▲ 114-23-3834	250	127.0	0.80	0.86	80	2.03	1.05	26.7	1185	1250	355	345	370			3
▲ 114-23-3838	350	177.0	0.89	0.95	80	2.03	1.14	29.0	1540	1625	430	415	460			3½
▲ 114-23-3846	500	253.0	1.01	1.07	80	2.03	1.26	32.0	2055	2155	530	505	580			3½
▲ 114-23-3873	750	380.0	1.19	1.26	80	2.03	1.45	36.9	2940	3120	665	630	750			4
▲ 114-23-3855	1000	507.0	1.34	1.40	80	2.03	1.59	40.4	3781	3960	770	720	900			4

Visit [www.okonite.com](http://www.okonite.com) for the most current cable data.

▲ Authorized stock item. Available from our Customer Service Center.

### Aluminum Conductors

(1) Aluminum conductors are available on special order.

### Ampacities

(2) Ampacities are in accordance with Table 310.60(C)(73) of the NEC for three single Type MV-105 5kV conductors or single conductors twisted together (triplexed) and installed in an isolated conduit in air at an ambient temperature of 40°C and a conductor temperature of 105°C. Refer to Table 310.60(C)(73) for 8kV ampacities.

(3) Ampacities are in accordance with Table 310.60(C)(77) of the NEC for three single 5kV conductors or triplexed cable in one underground raceway, three feet deep with a conductor temperature of 105°C, 100% Load Factor, an ambient earth temperature of 20°C and thermal resistance (RHO) of 90. Refer to Table 310.60(C)(77) for 8kV ampacities.

(4) Ampacities based on single Type MV-105 5kV conductors, or single conductors twisted together (triplexed, quadruplexed, etc.) size 1/0 AWG and larger, installed in uncovered cable tray in accordance with Section 392.80(B) of the NEC at an ambient temperature of 40°C and a conductor temperature rating of 105°C. In accordance with NEC Section 392.80(B)(2)(a) the ampacities are 75% of the values given in NEC Table 310.60(C)(69) (copper conductors). Where the cable tray is covered for more than six feet with solid unventilated covers, the ampacities shall not exceed 93% of the values shown above. Refer to Table 310.60(C)(69) for 8kV ampacities.

Refer to the NEC, IEEE/ICEA S-135 Power Cable Ampacities, or the Okonite Engineering Data Bulletin for installation in duct banks, multiple point grounded shields, other ambient temperatures, circuit configurations or installation requirements.

(5) Recommended size of rigid or nonmetallic conduit for three conductors based on 40% maximum fill.

\*The jam ratio, conduit I.D. to cable O.D. should be checked to avoid possible jamming.

TABLES

Table 8 Conductor Properties

Size (AWG or kcmil)	Conductors										Direct-Current Resistance at 75°C (167°F)					
	Area			Stranding		Overall				Copper						
	Circular mm <sup>2</sup> mils	Quantity	Diameter		Diameter		Area		Uncoated		Coated		Aluminum			
			mm <sup>2</sup>	mils	mm	in.	mm	in.	mm <sup>2</sup>	in. <sup>2</sup>	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8	
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1	
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05	
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21	
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06	
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17	
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18	
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25	
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00	
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04	
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26	
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28	
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808	
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508	
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403	
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319	
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253	
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201	
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159	
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	0.413	0.126	
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100	
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	0.2778	0.0847	
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	0.2318	0.0707	
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	0.1984	0.0605	
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0529	
500	253	—	37	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.519	0.0845	0.0258	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424	
600	304	—	61	2.52	0.099	22.68	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353	
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303	
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282	
800	405	—	61	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0161	0.0544	0.0166	0.0868	0.0265	
900	456	—	61	3.09	0.122	27.79	1.094	606	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	0.0770	0.0235	
1000	507	—	61	3.25	0.128	29.26	1.152	673	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	0.0695	0.0212	
1250	633	—	91	2.98	0.117	32.74	1.289	842	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	0.0554	0.0169	
1500	760	—	91	3.26	0.128	35.86	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	0.0464	0.0141	
1750	887	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02410	0.00735	0.02410	0.00756	0.0397	0.0121	
2000	1013	—	127	3.19	0.126	41.45	1.632	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	0.0348	0.0106	

Notes:

1. These resistance values are valid **only** for the parameters as given. Using conductors having coated strands, different stranding type, and, especially, other temperatures changes the resistance.
2. Formula for temperature change:  $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$  where  $\alpha_{cu} = 0.00323$ ,  $\alpha_{AL} = 0.00330$  at 75°C.
3. Conductors with compact and compressed stranding have about 9 percent and 3 percent, respectively, smaller bare conductor diameters than those shown. See Table 5A for actual compact cable dimensions.
4. The IACS conductivities used: bare copper = 100%, aluminum = 61%.
5. Class B stranding is listed as well as solid for some sizes. Its overall diameter and area is that of its circumscribing circle.

FPN: The construction information is per NEMA WC8-1992 or ANSI/UL 1581-2001. The resistance is calculated per National Bureau of Standards Handbook 100, dated 1966, and Handbook 109, dated 1972.



INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA**

**2013-MEC-E-1003**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería: \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido para:
0	01.12.2013				Construcción

## ÍNDICE

1.	OBJETIVO.....	3
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.	RESISTIVIDAD DEL TERRENO .....	3
4.	CORRIENTE DE MALLA A TIERRA.....	4
5.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	4
6.	CONCLUSIONES:.....	7

Anexo A: Arreglo Geométrico – Sistema de Tierra

Anexo B: Tensiones de toque, Tensiones de paso – SOFTWARE EDSA

Anexo C: Resultados de Calculo – SOFTWARE EDSA

Documento 2013-MEC-E-1003  Revisión: 0	INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA <b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA  ELÉCTRICIDAD</b>	Fecha: 01/12/2013  Página 3 de 15
---	---	---

## CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA – CONSIDERACIONES GENERALES

### 1. OBJETIVO

El desarrollo de este informe tiene como objetivo, definir las características del Sistema de Puesta a Tierra para del Sistema de Bombeo de Agua Recuperada, que comprende el proyecto de CIA. Minera.

### 2. INTRODUCCIÓN

Con la implementación de un sistema de puesta a tierra se busca lograr una adecuada coordinación entre el sistema de potencia y sus protecciones y garantizar la seguridad del personal y los equipos expuestos a tensiones peligrosas durante fallas a tierra, cumpliendo con los criterios establecidos en el Código Nacional de Utilización y la norma ANSI/IEEE Std. 80 “IEEE Guide for Safety in A.C. Substation Grounding”.

En el informe se presenta la metodología y resultados del diseño de la malla de puesta a tierra.

### 3. RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Para la resistividad del terreno, hemos considerado valores de estratificación del terreno aproximado (referencial), estos datos han sido analizados en el software EDSA, y se muestran en la cuadro N° 1:

**Cuadro N°01**

ÁREA	h (m)	<i>P1</i> (ohm-m)	<i>P2</i> (ohm-m)
Sala Eléctrica Bombeo 3B	2.85	7200.05	621.35

<p>Documento 2013-MEC-E-1003</p> <p>Revisión: 0</p>	<p>INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA</p> <p><b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA ELÉCTRICIDAD</b></p>	<p>Fecha: 01/12/2013</p> <p>Página 4 de 15</p>
---	---	--

**Nota 1:**

- Estos valores son referenciales y aproximados, debiendo ser estos verificados por el contratista para ser tomados en cuenta en su ejecución.
- Para realizar los cálculos de puesta a tierra, se hizo un modelamiento que considera un suelo de dos capas, para ambas subestaciones.

**4. CORRIENTE DE MALLA A TIERRA**

Para las corrientes de malla en cada área se han tomado los siguientes criterios:

- De acuerdo a la norma ANSI / IEEE Std 80, solo se consideran cálculos de Tensión de Toque y Paso en Subestaciones, que corresponden a las áreas donde se ubican la Sala la sala eléctrica de Bombeo 3B.
- Para los valores de la corriente de falla, se está considerando aproximadamente 400 A.

Los valores para cada área considerada son los siguientes:

**CUADRO N° 2**

<b>ÁREA</b>	<b>CORRIENTE DE FALLA A TIERRA ( A )</b>
Sala Electrica Bombeo 3B	400

**5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

**5.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO**

Para el análisis de Malla a Tierra de los diferentes sectores se ha utilizado el software EDSA 2005, el cual realiza su metodología en base a la IEEE 80.

Los parámetros principales establecidos en la malla de tierra son:

<p>Documento 2013-MEC-E-1003</p> <p>Revisión: 0</p>	<p>INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA</p> <p><b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA ELÉCTRICIDAD</b></p>	<p>Fecha: 01/12/2013</p> <p>Página 5 de 15</p>
---	---	--

- Resistencia de Malla: Es la resistencia equivalente del arreglo geométrico de conductores y jabalinas en un área determinada considerando la resistividad de dicha área.
- Corriente de Malla: Es la corriente que circula por la tierra ante una falla monofásica.
- GPR (Ground Potencial Rice): Es el máximo potencial eléctrico que un sistema de tierra puede alcanzar, relativa a una distancia de un punto aterrado que se asume como el potencial de tierra remoto. Este Voltaje GPR es igual al producto de la resistencia de malla por la corriente de malla.
- Voltaje de Toque: Es la diferencia de potencial entre objetos metálicos o estructuras que puede establecer un puente por el contacto directo mano-mano o mano-pie.
- Voltaje de Paso: Es la diferencia de potencial en la superficie terrestre que experimenta una persona a una distancia de un metro con el pie sin tener contacto con cualquier objeto aterrado.
- Tiempo de falla: es el tiempo máximo que demora en operar el equipo de protección para aislar una falla.

## **5.2. ARREGLO GEOMETRICO DE MALLA A TIERRA**

- La puesta a tierra de las diferentes instalaciones ha sido prevista mediante una red con cables de cobre desnudo.
- La malla prevista es con conductor de cobre desnudo de 120 mm<sup>2</sup>, enterrada a 760mm de profundidad conectada a electrodos de puesta a tierra de 3.0 m de longitud, las conexiones para derivaciones o cruces serán termo soldables.
- El arreglo de cada malla estará de acuerdo a la configuración de cada sector, rodeando las instalaciones de dicho sector.
- La configuración de cada sector se puede apreciar en el anexo A.

Documento 2013-MEC-E-1003  Revisión: 0	INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA <b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA ELÉCTRICIDAD</b>	Fecha: 01/12/2013  Página 6 de 15
---	--	---

### 5.3. CONSIDERACIONES GENERALES

Para el análisis de puesta a tierra se ha considerado lo siguiente:

- Se considera un electrodo dispuesto en posición vertical en cada pozo de puesta a tierra que conforma la malla.
- Se ha considerado un tiempo de apertura del equipo de protección de 0.5 s
- Se tomará en cuenta el máximo GPR que debe contar un sistema de puesta a tierra descrita por el código nacional de utilización (5000 V).
- Para las tensiones de toque y paso permisibles se ha considerado como dato una persona de 70 kg promedio.
- Se considera una profundidad de instalación de 0.760 m, salvo se necesite una mayor profundidad para llegar a los valores permisibles.
- En el análisis de resistencia total de puesta a tierra, se está considerando la interconexión de mallas, a través de cables de cobre desnudo.

### 5.4. RESULTADOS DE DISEÑO

En el cuadro N° 4 siguiente se muestra los resultados de diseño para cada sector.

**CUADRO N° 4**

<b>Resultado</b>	<b>Bombeo 3B</b>
Resistencia de Malla Aislada ( $\Omega$ )	42.54
Resistencia Total de Malla ( $\Omega$ )	3.45
GPR (V)	1381.90
Tensión Toque permisible (V)	1221.17
Tensión Paso permisible (V)	4218.59

<p>Documento 2013-MEC-E-1003</p> <p>Revisión: 0</p>	<p>INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA</p> <p><b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA ELÉCTRICIDAD</b></p>	<p>Fecha: 01/12/2013</p> <p>Página 7 de 15</p>
---	---	--

- Voltaje de Toque máximo: Es el máximo voltaje de toque que se puede hallar dentro de una instalación eléctrica.
- Voltaje de Toque permisible: Es el máximo voltaje de toque que puede soportar una persona en un tiempo dado dentro de un sistema de puesta a tierra.
- Voltaje de Paso máximo: Es el máximo voltaje de paso que se puede hallar dentro de una instalación eléctrica.
- Voltaje de Paso permisible: Es el máximo voltaje de paso que puede soportar una persona en un tiempo dado dentro de un sistema de puesta a tierra.

En el Anexo B se muestra los gráficos de las tensiones de toque y paso.

En el Anexo C se muestra los resultados del sistema de tierra de cada sector.

## 6. CONCLUSIONES:

- Se observa que en las instalaciones eléctricas del presente proyecto se cumplen con los niveles mínimos de diseño según el STD-IEEE80; y los valores de resistencia de puesta a tierra según el Código Nacional de Electricidad Suministro.
- Para todos los casos se tiene un GPR menor a 5000 V, los cuales cumplen con el código nacional de utilización.
- Las tensiones de toque y de paso se encuentran dentro de los valores permitidos.
- En todos los casos se ha considerado una profundidad de 0.760 m.
- Se considera la interconexión de las mallas de tierra, para tener un menor valor de resistencia de puesta a tierra. Esta interconexión se debe hacer a través de cables de cobre desnudo directamente enterrados, y también mediante los cables de guarda de las líneas aéreas en media tensión.

Documento  
2013-MEC-E-1003

Revisión: 0

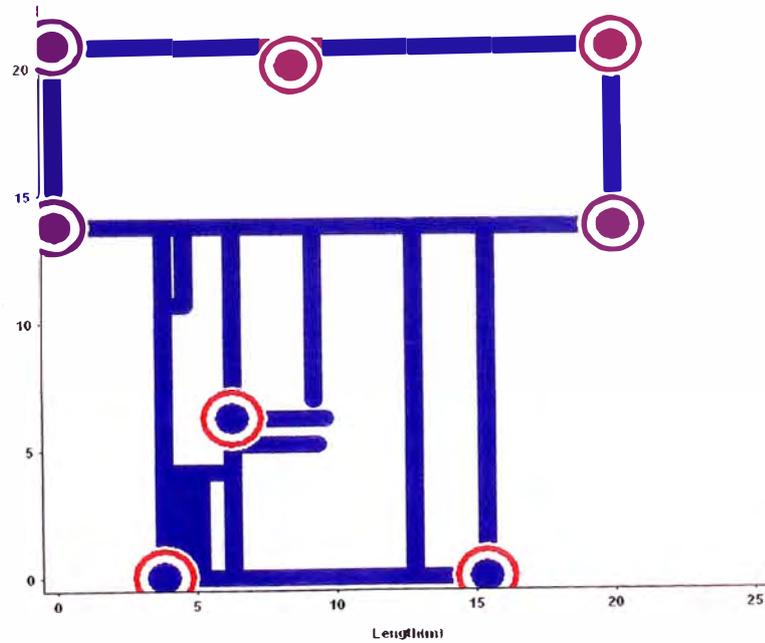
INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5  
MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA  
RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
**CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA  
ELÉCTRICIDAD**

Fecha: 01/12/2013

Página 8 de 15

## **ANEXO A**

### **ARREGLO GEOMÉTRICO – SISTEMA DE TIERRA**



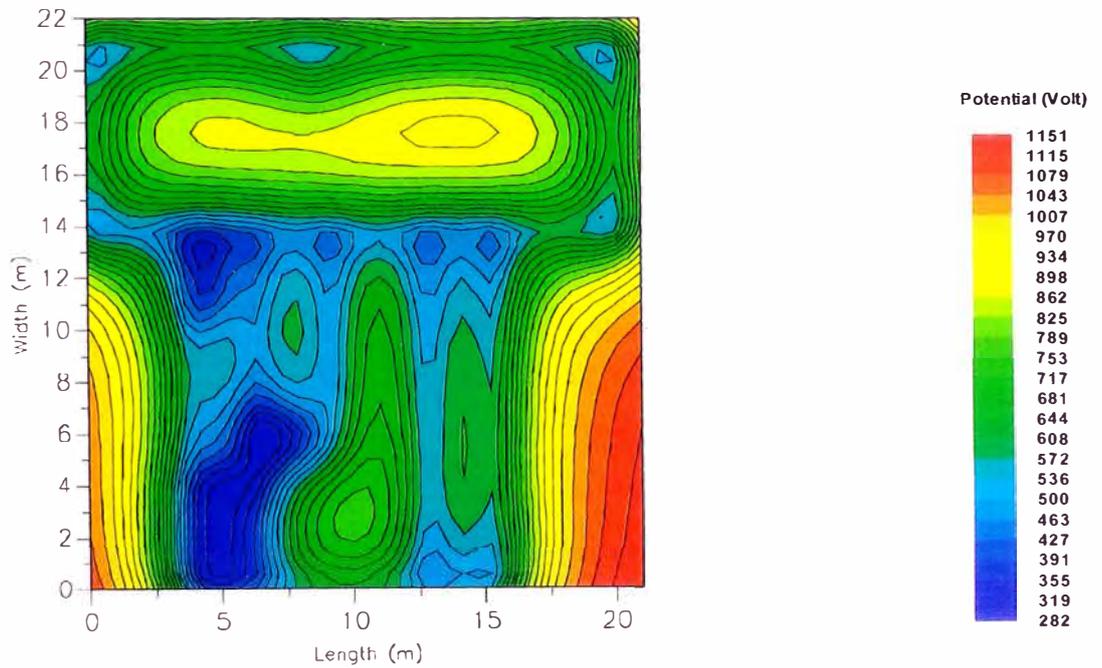
**ARREGLO GEOMETRICO - SISTEMA DE TIERRA  
SALA ELÉCTRICA DE ESTACION DE BOMBEO 3B**

Documento 2013-MEC-E-1003  Revisión: 0	INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA <b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA ELÉCTRICIDAD</b>	Fecha: 01/12/2013  Página 10 de 15
---	--	--

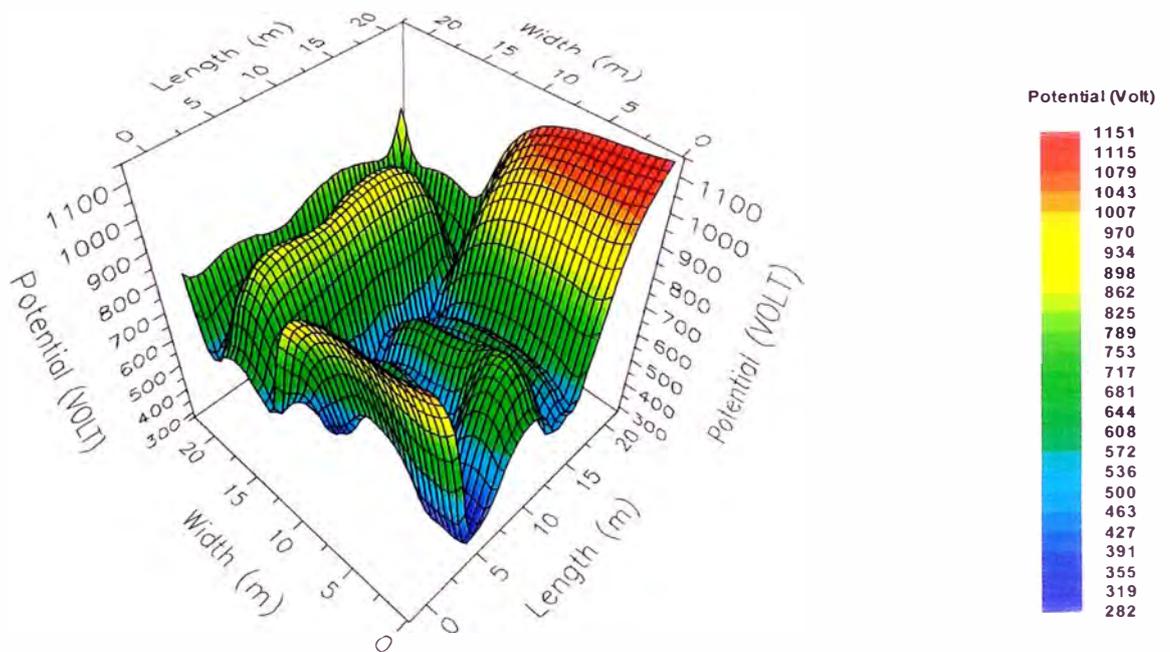
## **ANEXO B**

**GRAFICOS: TENSIONES DE TOQUE, TENSIONES DE PASO.**

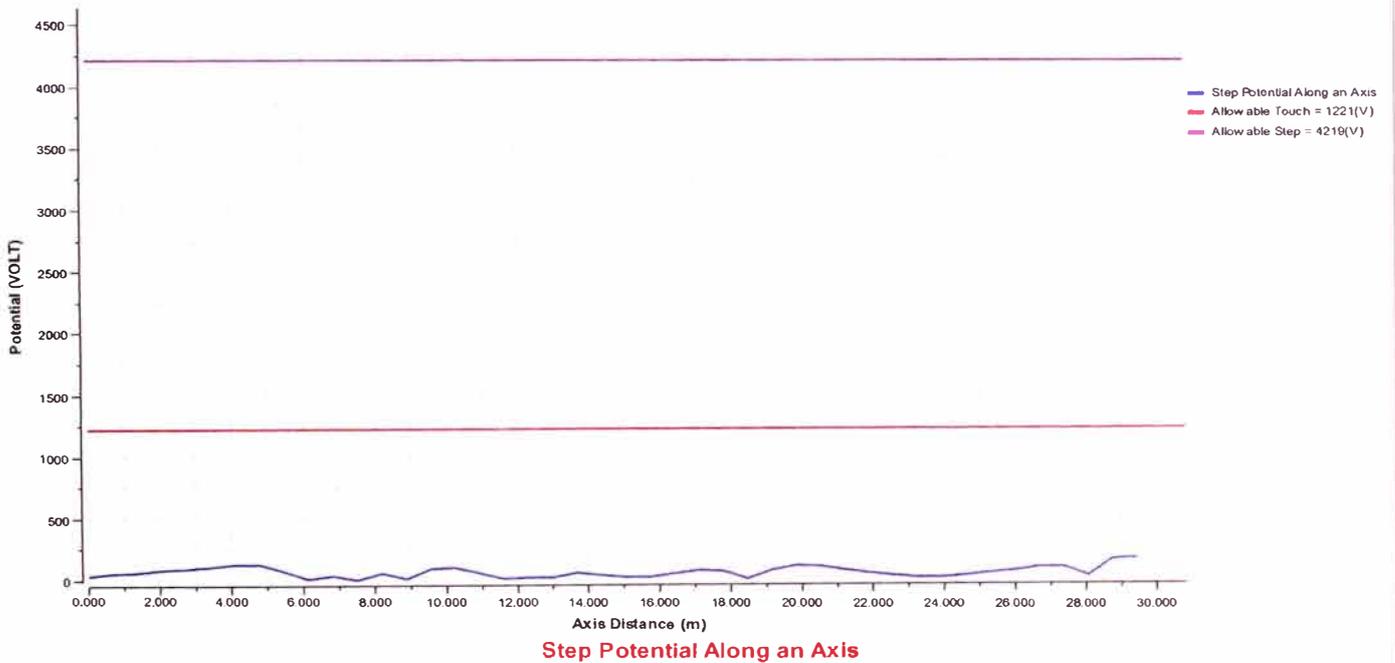
**SOFTWARE EDSA**



**Touch Potential Equipotential Lines for Bombeo 3B**



**Touch Potential 3D Graph for Bombeo 3B**



## ESTACIÓN DE BOMBEO 3B

Documento  
2013-MEC-E-1003

Revisión: 0

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5  
MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA  
RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
**CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA  
ELÉCTRICIDAD**

Fecha: 01/12/2013

Página 13 de 15

**ANEXO C**  
**RESULTADOS DE CÁLCULO**  
**SOFTWARE EDSA**

EDSA Advanced Ground Mat Program v4.60.00

```

=====
Project No. : 160902
Project Name: SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA - INGENIERIA DE DETALLE
Date       : September 20, 2010
Title      : CALCULO DE PUESTA A TIERRA           Time      : 08:55:31 AM
Drawing No. :                                     Company   :
Revision No.: 0                                   Engineer  :
Jobfile Name: Bombeo 3B
  
```

CIA. MINERA

System Information

```

=====
Substation Name      = Bombeo 3B
Unit System          = Metric
Fault Current        = 400.00 (Amp)
Parallel Impedance   = 3.76 (ohm)
Fault Current Division Factor, Sf = 1.00
Body Weight          = 70.00 (Kg)
Fault Duration       = 0.50 (second)
Surface Material Description = Crushed Rock
Thickness of Surface Material = 0.10 (m)
Resistivity of Surface Material = 3000.00 (ohm-m)
Soil Model           = Two layer Model
Upper Layer Material Description =
Upper Layer Thickness = 2.85 (m)
Resistivity of the Upper Layer = 7200.05 (ohm-m)
Lower Layer Material Description =
Resistivity of the Lower Layer = 621.35 (ohm-m)
Allowable Touch Voltage = 1221.173 (Volt)
Allowable Step Voltage  = 4218.599 (Volt)
  
```

Main Ground Grid

Axis #	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Length	Diameter	Current
0001	0.0	20.9	0.8	0.0	13.8	0.8	7.09	0.0130	0.77
0002	3.8	0.0	0.8	15.4	0.0	0.8	11.54	0.0130	1.13
0003	15.4	0.0	0.8	15.4	13.8	0.8	13.80	0.0130	1.48
0004	20.0	13.8	0.8	20.0	20.9	0.8	7.09	0.0130	0.78
0005	20.0	20.9	0.8	0.0	20.9	0.8	20.00	0.0130	2.35
0006	3.8	4.2	0.8	6.3	4.2	0.8	2.49	0.0130	0.13
0007	20.0	13.8	0.8	0.0	13.8	0.8	20.00	0.0130	1.84
0008	6.3	0.0	0.8	6.3	13.8	0.8	13.80	0.0100	0.97
0009	12.8	0.0	0.8	12.8	13.8	0.8	13.80	0.0130	1.38
0010	9.2	13.8	0.8	9.2	7.0	0.8	6.80	0.0130	0.65
0011	4.6	13.8	0.8	4.6	10.7	0.8	3.06	0.0130	0.21
0012	4.5	4.2	0.8	4.5	0.0	0.8	4.16	0.0130	0.22
0013	5.2	4.2	0.8	5.2	0.0	0.8	4.16	0.0130	0.23
0014	3.8	0.0	0.8	3.8	13.8	0.8	13.80	0.0130	1.18
0015	6.3	6.3	0.8	9.6	6.3	0.8	3.26	0.0130	0.23

Documento 2013-MEC-E-1003  Revisión: 0	INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA <b>CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA          ELÉCTRICIDAD</b>	Fecha: 01/12/2013  Página 15 de 15
---	---	--

0016	6.3	5.3	0.8	9.3	5.3	0.8	3.00	0.0130	0.23
0017	3.8	10.7	0.8	4.6	10.7	0.8	0.77	0.0130	0.05
0018	3.8	0.0	0.8	3.8	0.0	2.8	2.08	0.0190	0.24
0019	3.8	0.0	2.8	3.8	0.0	3.8	0.92	0.0190	2.09
0020	15.4	0.0	0.8	15.4	0.0	2.8	2.08	0.0190	0.27
0021	15.4	0.0	2.8	15.4	0.0	3.8	0.92	0.0190	2.12
0022	0.0	20.9	0.8	0.0	20.9	2.8	2.08	0.0190	0.27
0023	0.0	20.9	2.8	0.0	20.9	3.8	0.92	0.0190	2.12
0024	20.0	13.8	0.8	20.0	13.8	2.8	2.08	0.0190	0.27
0025	20.0	13.8	2.8	20.0	13.8	3.8	0.92	0.0190	2.09
0026	20.0	20.9	0.8	20.0	20.9	2.8	2.08	0.0190	0.27
0027	20.0	20.9	2.8	20.0	20.9	3.8	0.92	0.0190	2.14
0028	0.0	13.8	0.8	0.0	13.8	2.8	2.08	0.0190	0.26
0029	0.0	13.8	2.8	0.0	13.8	3.8	0.92	0.0190	2.06
0030	6.3	6.3	0.8	6.3	6.3	2.8	2.08	0.0190	0.17
0031	6.3	6.3	2.8	6.3	6.3	3.8	0.92	0.0190	1.95
0032	8.5	20.2	0.8	8.5	20.2	2.8	2.08	0.0190	0.27
0033	8.5	20.2	2.8	8.5	20.2	3.8	0.92	0.0190	2.05

Total Conductor Length = 172.6 meter

Ground Potential Rise = 1381.9 Volts

Grounding Grid & Rod Resistance = 42.5478 Ohms

Total Impedance of Installation = 3.4547 Ohms

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA  
EMPRESA MINERA

**LISTADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

**2013-LDE-E-1001**

Visto Bueno del Cliente : \_\_\_\_\_

Jefe de Disciplina : \_\_\_\_\_

Superintendente de Ingeniería : \_\_\_\_\_

Gerente de Programa : \_\_\_\_\_

Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Emitido Para:
0	01.12.2013				Construcción

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
LISTADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

Fecha de Emisión 01.12.2013  
Código del Documento 2013-LDE-E-1001  
Elaborado por: Eduardo Garcia

Item	Tag de Identificación de Equipos	Descripción	Plano N° / Arreglo	Plano N° / Diagrama Unifilar	Estado	Rev.	Observaciones
1	440-ER-612	Sala Eléctrica Prefabricada tipo contenedor, ancho: 5000 mm, largo: 15 800 mm, alto: 3800 mm. incluye:  * Sistema de Presurización. * Iluminación interior y exterior de sala eléctrica. * Iluminación de emergencia interior. * Tomacorrientes. * Sistema de detección de incendio. * Sistema de cableado interior (bandejas y conduits).	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	N / A	Emitido Para Construcción	0	
2	440-SGM-622	Switchgear Metal Clad, 23 kV, 1200A, 40 kA, 3F, 3FH, 60 hz, uso interior	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0151	Emitido Para Construcción	0	
3	440-XFP-662	Transformador de Potencia 7500 kVA, 23 / 4.16 kV, Dyn1, 60 Hz	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0151	Emitido Para Construcción	0	
4	440-GRR-622	Resistencia de Neutro a Tierra 400 A, 6.0 Ohm, 2400 V, 10 Seg.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0151	Emitido Para Construcción	0	Parte del suministro del Transformador 440-XFP-662
5	440-BSM-622	Ducto de barras 1200 A, 15 kV, 3FH, 40 kA.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0151 2013-DWG-E-0152	Emitido Para Construcción	0	Suministro por el Proveedor de la Sala Eléctrica 440-ER-612. montaje e instalación por el contratista
6	440-MCM-622	Centro de Control de Motores de media tensión 4.16 kV, 1200A, 50 kA 3FH, 60 Hz. Clase 7.2Kv.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0152	Emitido Para Construcción	0	
7	440-XFD-612	Transformador seco 225 kVA, 4.16/0.48 kV, 3 Fases, 60 Hz, Dyn1, factor k=20, ventilado	2013-DWG-E-0251	2013-DWG-E-0152	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.
8	440-MCL-632	Centro de Control de Motores en Baja Tensión 480 V, 800 A, 65 kA, 3 Fases, 60 Hz	2013-DWG-E-0251	2013-DWG-E-0153	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.
9	440-XFL-622	Transformador de Distribución Tipo Seco, 45 kVA, 480/400-230 V, 3 Fases, 60 Hz, Dyn1 (alumbrado)	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0153	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN 23/4,16 kV Y 7,5 MVA  
 PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RECUPERADA EN UNA EMPRESA MINERA  
 LISTADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

Fecha de Emisión 01.12.2013  
 Código del Documento 2013-LDE-E-1001  
 Elaborado por: Eduardo Garcia

Item	Tag de Identificación de Equipos	Descripción	Plano N° / Arreglo	Plano N° / Diagrama Unifilar	Estado	Rev.	Observaciones
10	440-LPA-622	Tablero de alumbrado 400-230V, 250 A, 25 kA, 3 Fases, 3 hilos + neutro + tierra, 60 Hz, nema 12.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0154 2013-DWG-E-0155	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.
11	440-BAC-622	Cargador de Baterías 125 VDC - 100 A	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0153 2013-DWG-E-0156	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.
12	440-BAB-622	banco de baterías 125 VDC - 90 Ah.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0153 2013-DWG-E-0156	Emitido Para Construcción	0	Suministro, Montaje e Instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-ER-612.
13	440-DPD-622	Panel de Corriente Continua 125 VDC, 150 A, 14kA.	2013-DWG-E-0251 2013-DWG-E-0252	2013-DWG-E-0153 2013-DWG-E-0156	Emitido Para Construcción	0	suministro, montaje e instalación por el proveedor de la sala eléctrica 440-er-612.