

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



## **INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS**

### **INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

### **INGENIERO ELECTRICISTA**

#### **PRESENTADO POR:**

**RODRIGO ALONSO LAUREANO PERA**

**PROMOCIÓN  
2007- I**

**LIMA – PERÚ  
2011**

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS**

*A mis padres Rosa Pera Miñano y Marciano Laureano Murga por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente, además de ofrecerme en todo momento su amor, apoyo y comprensión.*

## **SUMARIO**

El presente Informe de Suficiencia, comprende el análisis de las instalaciones eléctricas para molinos en plantas mineras, el cual desarrolla la teoría respecto a los arrancadores para motores síncronos de gran potencia usados en minería.

Luego se detallan los requerimientos para ejecutar un proyecto de un molino: ingeniería, construcción y puesta en marcha del molino, detallando las actividades referentes a las instalaciones eléctricas que comprenden el sistema de fuerza y control de las instalaciones eléctricas del molino.

Como un caso de aplicación, se desarrolla en el Informe, el proyecto de Ingeniería, construcción y puesta en marcha de un molino de 2400HP, 4.16kV para la línea de molienda 9A, de la mina Shougang, en Marcona, Ica.

## INDICE

### INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

1.1	Descripción del problema	2
1.2	Objetivo del trabajo	3
1.3	Evaluación del problema	3
1.4	Limitaciones del trabajo	3
1.5	Síntesis del trabajo	3

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1	Antecedentes del problema	4
2.2	Bases teóricas	5
2.2.1	Instalaciones eléctricas	5
2.2.2	Líneas de transmisión	5
2.2.3	Subestaciones	5
2.2.4	Clasificación de motores por su velocidad de giro	5
2.3	Arranques de motores síncronos	6
2.3.1	Arranque a frecuencia reducida	8
2.3.2	Arranque por motor auxiliar	9
2.3.3	Arranque asíncrono	9
2.3.4	Métodos de arranque por inserción de resistencias rotóricas	12
2.3.5	El motor síncrono en comparación con el motor de inducción	12

### CAPITULO III

#### DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1	Gerenciamiento	15
3.2	Ingeniería	15
3.2.1	Normas eléctricas	15
3.2.2	Términos de referencia	16

3.2.3	Especificaciones técnicas	16
3.2.4	Memorias de cálculo	16
3.2.5	Metrados	17
3.2.6	Costos	17
3.2.7	Cronograma	17
3.2.8	Planos	17
3.2.9	Hojas de datos	17
3.2.10	Listado de partidas	17
3.3	Procura	18
3.4	Construcción	18

#### CAPITULO IV

### CASO DE APLICACIÓN DEL INFORME DE SUFICIENCIA: INGENIERÍA, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MOLINO DE BOLAS DE 2400HP, 4.16KV EN LA MINA SHOUGANG HIERRO PERÚ SAA

4.1	Características generales	19
4.1.1	Descripción	19
4.1.2	Resumen de las operaciones	19
4.2	Cronograma del proyecto	21
4.3	Ingeniería	24
4.3.1	Suministro y distribución eléctrica	24
4.3.2	Nuevo suministro eléctrico	25
4.3.3	Distribución eléctrica	26
4.3.4	Equipos eléctricos de distribución primaria	26
4.3.5	Equipos eléctricos de distribución secundaria	27
4.3.6	Códigos y estándares	30
4.3.7	Términos de referencia	30
4.3.8	Descripción de los trabajos eléctricos de la obra	31
4.4	Etapa de construcción	39
4.4.1	Obras civiles	39
4.4.2	Instalación y montaje eléctrico	41
4.5	Puesta en marcha	42
4.5.1	Comisionamiento y puesta en marcha	42
4.5.2	Equipos de protección instalados en la Subestación 9A	44

4.6 Evaluación económica 49

4.6.1 Costo del proyecto 49

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO

BIBLIOGRAFIA

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro del Curso para la obtención del Título de Ingeniero Electricista por la modalidad de Actualización de Conocimientos se ha desarrollado el proyecto: “INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS”.

El presente Informe pretende explicar el proceso de ingeniería, montaje electromecánico y puesta en marcha del proyecto de un molino de bolas en una planta minera.

Actualmente se han venido incrementando los proyectos mineros en el país, motivo por el cual las empresas mineras están ampliando sus instalaciones de mina y planta procesadora de minerales, en las cuales requieren ejecutar proyectos que involucran las disciplinas civil, mecánica, eléctrica y de instrumentación. El Informe explica sobre los tipos de arrancadores para motores de los molinos de gran potencia usados en la minería, luego desarrolla los pasos del proyecto del montaje del molino, y en la parte final detalla el montaje del molino de 2400HP instalado en la mina SHOUGANG el año 2010, en la ampliación de la planta magnética, línea 9A.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

El rápido crecimiento de la minería a nivel global, ha generado grandes cambios tecnológicos a medida que las minas buscan mayores niveles de productividad.

El aumento de la capacidad de procesamiento de mineral, ha sido definitivo para que las minas sean más productivas.

Las instalaciones eléctricas en minería requieren ser especificadas para responder a la operación minera que trabaja en forma continua.

Por tanto para proyectos nuevos, y adecuaciones en la planta, se requiere que, la Ingeniería del proyecto se especifique con las normas adecuadas.

Las minas requieren de un suministro eléctrico continuo, sin interrupciones, por tener complejos sistemas de proceso y altos costos de operación, es por ello que los equipamientos eléctricos requieren ser altamente confiables, para ello se dimensionan los alimentadores, transformadores, centro de control de motores, arrancadores, celdas, motores, y demás equipamiento eléctrico, de acuerdo a la aplicación de servicio continuo que la operación minera exige.

La demanda de energía en las plantas mineras depende básicamente de la capacidad de planta y el tipo de proceso minero metalúrgico utilizado. [2]

La distribución de consumos energéticos para los diferentes procesos en una planta minera que utiliza la flotación por espumas, suele ser la siguiente: 45% molienda; 25% flotación; 12% filtración y espesado, 10% Chancado y 8% los servicios auxiliares. Los molinos entonces, requieren mucha energía para su funcionamiento, por ende se tiene que implementar un accionamiento electromecánico que pueda mover al molino. Los molinos contienen en su interior, bolas o barras de acero, adicionándole mineral con agua.

## **1.2 Objetivo del trabajo**

El presente Informe de Suficiencia tiene por objetivo desarrollar el tema de las “Instalaciones eléctricas para molinos en Plantas Mineras”, y como aplicación se desarrolla el proyecto de ejecución de montaje y puesta en marcha de un molino en una planta minera.

## **1.3 Evaluación del problema**

En todo proyecto de montaje electromecánico se tienen objetivos claros en tiempos y costos, así como el control de calidad del proyecto.

Para la instalación eléctrica de la planta minera, se tendrán que pasar por varias etapas para poder tener el producto final.

Las etapas principales son la Ingeniería, la procura, la construcción, y puesta en marcha.

## **1.4 Limitaciones del trabajo**

El presente Informe, se enfoca a las actividades a desarrollarse en el área eléctrica del sistema de molienda de un proyecto minero.

No se desarrollan la disciplina de instrumentación que acompaña a la parte eléctrica un proyecto de puesta en marcha de un molino.

## **1.5 Síntesis del trabajo**

El presente Informe, se ha dividido en los presentes capítulos:

- El Capítulo I del presente trabajo nos describe el requerimiento de energía para las plantas mineras.
- El Capítulo II desarrolla el marco teórico conceptual, que comprende los antecedentes, clasificación de los motores síncronos, fundamentos teóricos de motores síncronos, arrancadores para los motores síncronos.
- El Capítulo III desarrolla las etapas y requerimientos del desarrollo de un proyecto eléctrico: La Ingeniería, normas eléctricas, términos de referencia, especificaciones técnicas, hojas de datos, memorias de cálculo, metrados, cronogramas, presupuestos, planos.
- El capítulo IV, comprende el caso de aplicación del Informe de Suficiencia: Ingeniería, Construcción y Puesta en marcha del molino de bolas de 2400HP, 4.16kV en la planta magnética de San Nicolás, mina SHOUGANG HIERRO PERÚ, detalla las partes de Ingeniería, Montaje electromecánico y puesta en marcha del molino.
- Finalmente se describen las conclusiones y recomendaciones del presente Informe.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

Las plantas mineras se encuentran en zonas de difícil acceso, por su ubicación geográfica, teniendo inconvenientes para el suministro de los consumibles en minería. El caso de la energía es un ejemplo claro de un consumible muy importante para el funcionamiento de la planta minera, del mismo modo el agua para el proceso, que se tiene que bombear desde zonas lejanas a las unidades mineras.

Actualmente, el suministro de energía para plantas mineras se hace con generación propia o desde el Sistema Interconectado Eléctrico Nacional (SEIN), el cual se expande por el territorio del Perú, haciendo posible la interconexión desde una subestación de la planta minera hacia la línea o subestación más cercana al SEIN.

Cada planta minera tiene su propio nivel de tensión de distribución primaria. Esto hace que tengamos varios niveles de tensión para transformadores y líneas.

Muchas plantas mineras, tienen sus propios grupos generadores eléctricos ubicados en un área cercana a la planta concentradora (llamada por lo general planta térmica), para ser utilizados ante una eventual corte de energía y/o desconexión del SEIN. Entonces en ese evento, ingresan los grupos de generación eléctricos para entregar energía, generalmente a un área indispensable de la planta (cargas críticas)

Las otras consideraciones a tener presente son, la altura sobre el nivel del mar (msnm), a la cual se encuentra la planta minera, ya que muchas minas se hallan en altura, esto afecta el funcionamiento de motores eléctricos ya que disminuye su eficiencia y se tiene que hacer un ratio de funcionamiento de acuerdo a la altura que se encuentren instalados.

La implementación de un molino en la planta minera, requiere de gran inversión económica. Existen plantas mineras que recién se inician y requieren instalar molinos nuevos, en otros casos requieren reemplazar un molino de una capacidad por otro de mayor capacidad, también puede darse el caso de ampliar la línea de molienda incrementando mas molinos en el sistema de molienda de la planta concentradora.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Instalaciones Eléctricas

Son las actividades eléctricas que se realizan en un área determinada, siguiendo la normativa y de acuerdo a planos aprobados en su última revisión.

### 2.2.2 Líneas de Transmisión

Físicamente son cables eléctricos de cobre o aluminio que sirven para el transporte de energía que inician en un punto de energía y terminan en otro punto, por lo general salen y llegan a celdas de media tensión.

### 2.2.3 Subestaciones

Es el conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o sólo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas.

### 2.2.4 Clasificación de motores por su velocidad de giro

**A. Asíncronos.** Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.

**B. Síncronos.** Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor. Recordar que el rotor es la parte móvil del motor. Dentro de los motores síncronos, nos encontramos con una subclasificación:

- Motores síncronos trifásicos.
- Motores asíncronos sincronizados.
- Motores con un rotor de imán permanente.

Los motores síncronos tienen como particularidad que la velocidad de rotación del motor se entrelaza o sincroniza con la frecuencia del sistema, de ahí su nombre. El campo magnético del devanado de excitación apunta en la dirección en que gira el rotor (Es común llamar en una máquina síncrona al estator devanado de armadura o inducido y al rotor devanado de campo o excitación). Ahora, la tasa de rotación de los campos magnéticos en la máquina está relacionada con la frecuencia eléctrica del estator por medio de la ecuación:

$$f_e = \frac{n_m P}{120} \quad (2.1)$$

Donde:

$f_e$  = frecuencia eléctrica en Hz.

$n_m$  = Velocidad mecánica del campo magnético en revoluciones/minutos

P = número de polos.

Debido a que el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético, esta ecuación relaciona la velocidad de rotación del rotor con la frecuencia eléctrica del sistema. Si se sabe que la frecuencia en el sistema generalmente es 60 Hz, entonces la velocidad del motor dependerá únicamente del número de polos que este tenga, como se ve al despejar de la ecuación 2.1 el valor de  $n_m$  y sustituir f por 60 Hz:

$$n_m = \frac{7200}{P} \quad (2.2)$$

Tabla 2.1 Relación de cantidad de polos con la velocidad de rotación

	Velocidad de rotación(rpm)
Numero de polos	A 60Hz:
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600
16	450
36	200

### 2.3 Arranques de motores síncronos

Un motor síncrono es una máquina eléctrica de corriente alterna, la cual se caracteriza porque su rapidez bajo condiciones de estado estacionario es proporcional a la frecuencia de la corriente que lleva en su inducido o armadura. [3]

Esto quiere decir que el motor funciona a velocidad síncrona, el problema es llevar a la máquina a dicha velocidad.

Una máquina sincrónica no tiene par de arranque. Por lo tanto, en general se fabrican de forma de que pueda desarrollar un suficiente par de inducción para el arranque por medio

de jaulas auxiliares, hasta una velocidad próxima al sincronismo en la que la corriente de excitación desarrolle un par de sincronización conveniente.

El comportamiento dinámico del conjunto motor-máquina accionado está regido por la ecuación diferencial (2.3). Donde  $T_m$  es el par motor,  $T_r$  el par resistente,  $J$  es el momento de inercia del conjunto motor-maquina accionada y  $w$  es la velocidad angular de dicho conjunto. Por lo tanto, para que el conjunto comience a girar se necesita que el par motor supere al par resistente, de manera de generar una aceleración angular de arranque.

El proceso de arranque finaliza cuando se equilibra el par motor con el par resistente, estabilizándose la velocidad de giro del motor. Es decir que el par de arranque será superior al par nominal y para que esto suceda se necesita una corriente de arranque superior a la nominal.

$$T_m - T_r = J \bullet \frac{dw}{dt} \quad (2.3)$$

Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de alimentación incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se produzca una caída de tensión. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 5 a 6 veces mayores que la corriente nominal del motor, esto depende plenamente de las características físicas del motor.

En función de sus características de par-velocidad, se pueden dividir las cargas mecánicas en cuatro grandes grupos:

1. Par constante, prácticamente independiente de la rotación (Figura 2.1), Ejemplo: grúas, transportadoras de correas bajo carga constante.
2. Par que varía linealmente con la rotación, (Figura 2.2). Ejemplo: molinos de rodillos, bombas de pistón, cepillos y sierras para madera.
3. Par que varía con el cuadrado de la velocidad rotación o variación parabólica (Figura 2.3). Ejemplo: ventiladores, mezcladoras, centrifugadoras, bombas centrifugas, bombas de vacío, compresores.
4. Par que varía inversamente con la rotación (Figura 2.4). Ejemplo: herramientas tales como las fresadoras.

### **Métodos de arranque para un motor síncrono**

Existen tres métodos para arrancar de manera segura un motor síncrono o mejor dicho, para llevar a la velocidad síncrona el motor:

### 2.3.1 Arranque a frecuencia reducida

Esto se puede lograr con una reducción de la frecuencia de de la potencia eléctrica aplicada. Reducir la velocidad del campo magnético del estator a un valor lo suficientemente bajo como para que el rotor pueda acelerar y fijarse a él durante un semiciclo de la rotación del campo magnético.

Esto se puede lograr con una reducción de la frecuencia de de la potencia eléctrica aplicada.

Hace algún tiempo, el hecho de encontrar una fuente de frecuencia variable representaba un problema muy complicado y por lo tanto el método no era muy usado.

Sin embargo, en la actualidad eso ha cambiado; ahora existen los inversores-rectificadores y los ciclo-convertidores, que se pueden utilizar para convertir una frecuencia de entrada a cualquier frecuencia deseada.

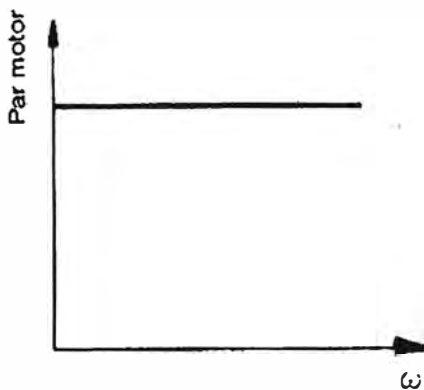


Figura 2.1 Par constante

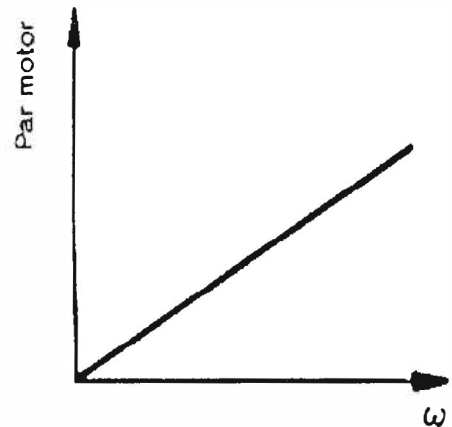


Figura 2.2 Par que varia linealmente con la rotación

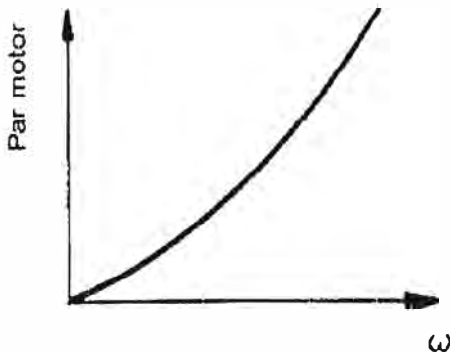


Figura 2.3 Par que varía con el cuadrado de la velocidad de rotación.



Figura 2.4 Par que varia inversamente con la rotación.

Con el desarrollo de estos accionadores de estado sólido tan modernos es perfectamente posible controlar continuamente la frecuencia eléctrica aplicada al motor desde una

fracción de hertz hasta por arriba de la nominal. El uso de este tipo de arrancadores que usan inversores-rectificadores requieren de filtro para armónicas por hacer variar la frecuencia en el arranque del motor.

### **2.3.2 Arranque por motor auxiliar**

Se utiliza un motor primario externo para acelerar el motor síncrono hasta velocidad síncrona, pasar por el procedimiento de entrada en sincronía y convertir la máquina al instante en un generador. Luego se apaga o desconecta el motor principal, cuando esto sucede la máquina se frena y el campo magnético ( $B$ ) del rotor  $B_R$  se atrasa con respecto a  $B_{red}$  y la máquina síncrona empieza a comportarse como motor. Es un poco complicado y además implica los costos extras de un motor primo y su mantenimiento.

Este método es poco usado y es necesario solamente cuando la parte del sistema en el que se pretende conectar el motor no permite elevadas corrientes de arranque.

### **2.3.3 Arranque asíncrono**

En este caso la máquina se arranca como motor asíncrono utilizando los devanados amortiguadores.

Definitivamente la técnica más utilizada para el arranque de motores síncronos es la utilización de estos devanados de amortiguamiento ya que es un método económico y sencillo a la vez. Por tal razón, ahondaremos más en este método a continuación.

#### **Tipos de arranque asíncronos**

##### **A) Arranque directo**

Debido a que el motor síncrono se arranca transformándolo en un motor asíncrono o de inducción, el comportamiento en el arranque y los métodos de arranque son los mismos que para un motor de inducción.

##### **B) Arranque con autotransformador**

Este método, que define la filosofía del arranque a tensión reducida, consiste en intercalar un autotransformador reductor entre la red de alimentación y el motor durante el proceso de arranque. Una vez acelerado el motor, el autotransformador se eliminará y el motor queda conectado directamente en la red.

En la primera posición de arranque se aplica al motor la tensión reducida del autotransformador y una vez el motor en las proximidades de su velocidad de régimen se le conecta a la plena tensión de la red quedando el autotransformador en vacío.

Un esquema usado para el arranque por autotransformador para motores de gran potencia es el que muestra la siguiente figura, conocido por conexión Kormdorfer [4] (Figura 2.5).



El arranque tiene lugar en tres tiempos sin interrupción de la corriente de alimentación del motor y terminado aquel el transformador se queda sin corriente.

El proceso se desarrolla como sigue. En el primer paso se cierran los interruptores 1 y 2, aplicándose al motor la tensión reducida secundaria  $U_s$  proveniente del autotransformador.

En el segundo tiempo, que se introduce cuando el motor está ya en las proximidades de la plena marcha, se abre el interruptor 2, con lo cual el autotransformador como tal quedará fuera de servicio y el motor bajo una tensión igual a la de la red menos la caída de tensión reactiva en las espiras primarias del autotransformador intercaladas en serie con el motor, que proporciona una tensión en bornes del motor intermedia entre la secundaria del autotransformador  $U_s$  y la de la red  $U_{RST}$ . Y en el tercer tiempo, unos segundos después del anterior, se cierra el interruptor 3, que cortocircuita las espiras anteriores y el motor queda alimentado a la plena tensión de la red  $U_1$ .

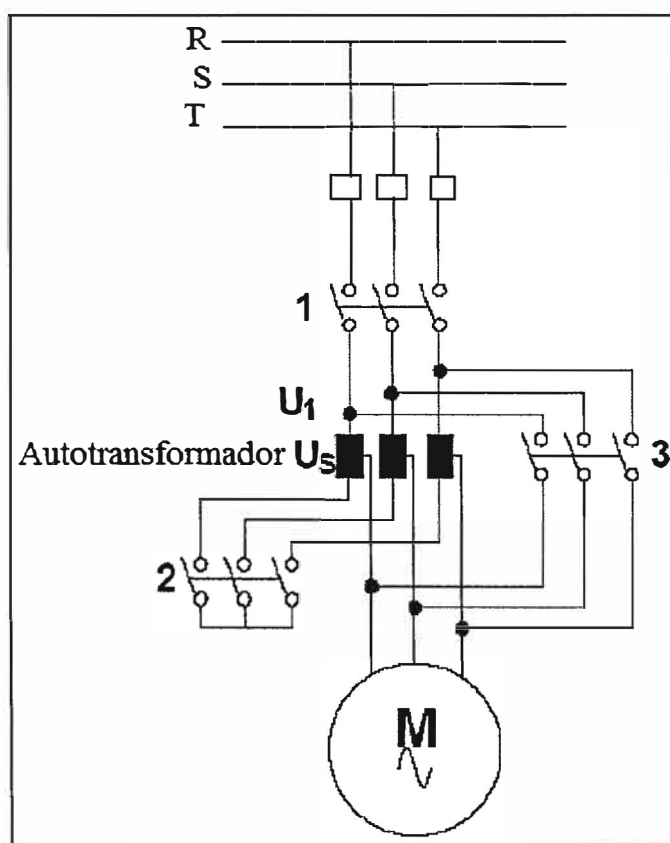


Figura 2.5 Conexión típica Kormdorfer

Los mismos resultados se obtendrían con transformador en lugar de autotransformador. Se emplea este último precisamente por razones de tipo económico, ya que se trata de una inversión que sólo se utiliza como equipo auxiliar en el momento del arranque. De hecho, en el caso de grandes instalaciones con motores de gran potencia y características similares

se aprovecha el mismo autotransformador para arrancar en forma secuencial los motores, cuando no es necesario el arranque simultáneo.

Por otra parte, el hecho de que el autotransformador sólo actúe un período muy breve, permite asignarle un tipo de servicio de corta duración, lo que se traduce en la práctica en la asignación de una potencia nominal menor (derating), teniendo en cuenta la curva de calentamiento y la inercia térmica del equipo.

Desde un punto de vista económico, el conjunto de aparatos de maniobra y relés de temporización que aparte del autotransformador se requieren en este tipo de arranque, hacen que este método sea de precio relativamente elevado comparado con los arrancadores por resistencias, por lo cual solo se justifica su empleo en motores de potencias superiores a los 50 kW.

### **C) Arranque estrella-delta**

Para que este método pueda ser aplicado, el motor debe poder funcionar en régimen permanente delta a la tensión asignada a la red,  $U_{red}$ .

Esto quiere decir que el motor deberá tener accesibles, en su caja de bornes las seis terminales correspondientes a las fases del estator, para su conexión en delta o estrella.

Esta solución no solo permite la utilización del motor con dos tensiones distintas, que estén en la relación de 1 a  $\sqrt{3}$ , sino también el arranque del motor normalmente previsto para trabajar con la conexión triángulo a la tensión nominal, con una tensión por fase reducida. A este propósito sabemos que  $U_{red}$  es la tensión compuesta de la red, esta será también la tensión aplicada a cada fase de motor cuando esté trabajando normalmente en triángulo. Si el mismo devanado estuviese conectado en estrella, la tensión de fase del motor sería  $\sqrt{3}$  veces inferior.

A base pues de un simple cambio de conexión de las fases del devanado estático, tenemos la posibilidad de reducir la tensión aplicada al motor en la puesta en marcha, limitando consecuentemente, al igual que con los métodos anteriores, el golpe de la corriente de arranque.

En este simple principio está basado el método de arranque estrella-triángulo.

En el momento de arranque el devanado conectado en estrella queda sometido a una tensión por fase igual a  $U_{red} / \sqrt{3}$  y cuando el motor alcanza una cierta velocidad de giro, se conecta en triángulo pasando la tensión de fase a ser igual a  $U_{red}$ .

Comparando la situación con un arranque directo, la tensión se reduce  $\sqrt{3}$  pero además la corriente también se reduce  $\sqrt{3}$ .

### 2.3.4 Métodos de arranque por inserción de resistencias rotoricas

El fundamento del método consiste en introducir un reóstato trifásico en los terminales del rotor, cuyo efecto es incrementar la resistencia de deslizamiento (propia de un motor de inducción), que en el instante inicial del arranque es cero, e ir eliminando dicho reóstato progresivamente a medida que el proceso de arranque va avanzando y el deslizamiento se va reduciendo. Para que esto sea posible es preciso tener acceso a las terminales del rotor, lo cual sólo se cumple en motores de rotor devanado. Además, de esta forma, se aumenta el factor de potencia del motor en el arranque.

La forma normal de efectuar esta conexión es mediante un reóstato trifásico constituido por escalones de resistencia, cuyo esquema se muestra en la figura 2.6 para una sola de las fases del rotor. Cada uno de los escalones de resistencia del reóstato tiene por valor  $r_1, r_2, \dots, r_{N-1}$ . La resistencia total del circuito del rotor (reóstato más devanado) será, en cada caso,  $R_1, R_2, \dots, R_{N-1}, R_r$  que es la resistencia del rotor.

Una vez eliminado todo el reóstato, el motor alcanza la velocidad de giro que corresponde al par de carga sobre la curva par-velocidad. Eligiendo adecuadamente los valores de los distintos escalones se puede conseguir que el par medio durante el proceso de arranque sea muy alto, manteniendo, en todo caso, una intensidad de estator reducida. Es por tanto el método idóneo para arranques difíciles con elevado par resistente o con cargas que tienen un momento de inercia elevado.

### 2.3.5 El motor síncrono en comparación con el motor de inducción

Los motores de inducción tienen propiedades excelentes para velocidades superiores a 600rpm. Pero a bajas velocidades se tornan pesados y costosos, además de que su eficiencia y factores de potencia (fdp) son relativamente bajos. Los motores síncronos son particularmente atractivos como impulsores de baja velocidad porque el fdp siempre se puede ajustar a 1.0 y la eficiencia es alta. Aunque su construcción es más compleja, con frecuencia su peso y costo son menores que los de los motores de inducción de igual potencia y velocidad. Esto es particularmente cierto para velocidades inferiores a 300 rpm.

Un motor síncrono puede mejorar el fdp de una planta al mismo tiempo que soporta su carga nominal. Además se puede hacer que su par o momento de torsión de arranque sea considerablemente más grande que el de un motor de inducción. La razón es porque la resistencia del devanado de jaula de ardilla puede ser alta in que se afecte la velocidad o la eficiencia a velocidad síncrona. En la figura 2.7 se comparan las propiedades de un motor de jaula de ardilla y un motor síncrono que tiene la misma capacidad nominal. La principal diferencia radica en el par o momento de torsión del arranque.

Los convertidores electrónicos de alta potencia que generan frecuencias muy bajas nos permiten poner a funcionar motores síncronos a velocidades ultra bajas.

Por lo tanto, los enormes motores en el rango de 10MW impulsan trituradoras, hornos de secado rotatorios y molinos de bolas de velocidad variable. Comparación entre la eficiencia (a) y el par o momento de torsión de arranque (b) de un motor de inducción de jaula de ardilla y un motor síncrono ambos d 4000hp 1800rpm 6.9kV y 60hz:

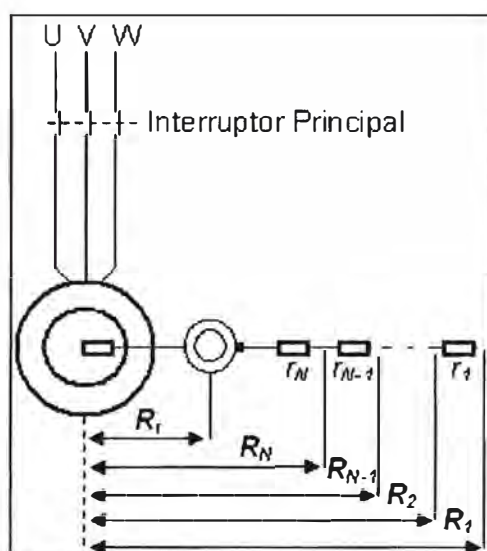


Figura 2.6 Conexión típica para un arranque por resistencias rotóricas

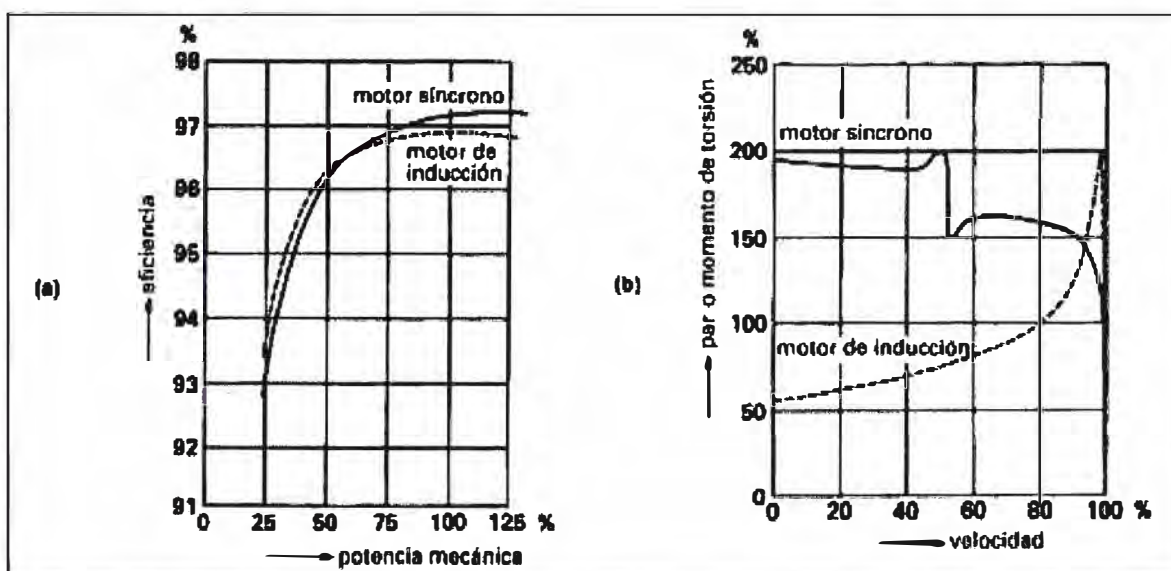


Figura 2.7. Motor síncrono en comparación con el motor de inducción.

## CAPITULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

Un proyecto es un esfuerzo temporal (inicio y fin definido) que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. El desarrollo del proyecto, involucra varias etapas secuenciales que se interrelacionan para conseguir la meta final que es el proyecto terminado. La gestión de un proyecto involucra la integración del mismo, detallando el alcance, tiempo costos, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgos y adquisiciones. Todo proyecto tiene un ciclo de vida, el cual define el inicio y fin de un proyecto, según la figura 3.1.

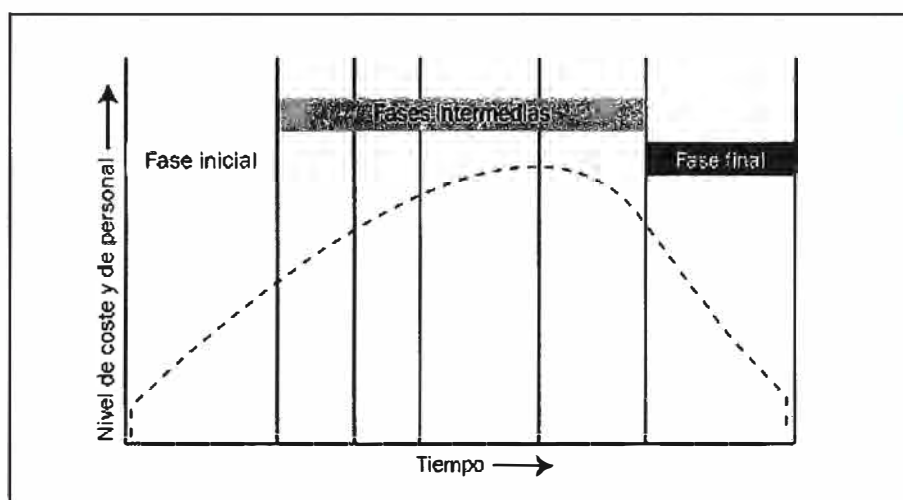


Figura 3.1 Fases de un proyecto

Las características de las fases, sirven para poder ver cuando se concluye con los entregables (resultado tangible y verificable del trabajo), para la revisión del trabajo (entregables y performance), para conocer los criterios de éxito (mediciones usadas para ver si el proyecto pasa o no a la siguiente fase).

En ocasiones una fase subsiguiente se inicia antes de aprobar los entregables de la fase previa – fast tracking. También define el trabajo técnico y los involucrados en cada fase.

Una fase sirve para conocer el costo y personal bajo al inicio, crece al avanzar y cae al finalizar. A continuación se describen las partes que se recomienda desarrollar en su extensión para ejecutar un proyecto en su tiempo de duración, tanto para la fase inicial,

fase intermedia, y fase final, así tenemos: Gerenciamiento, Ingeniería, Procura, Construcción.

### **3.1 Gerenciamiento**

Consiste en la gestión principal del proyecto, en donde se coordinará, informará, administrará cada etapa del proyecto desde la fase conceptual, ingeniería, construcción y puesta en marcha del proyecto, hasta la entrega al cliente.

### **3.2 Ingeniería**

La Ingeniería de un proyecto consiste en efectuar un estudio básico y de detalle en cada disciplina que comprenda el proyecto. La Ingeniería se desarrolla en base a entregables en cada disciplina: civil, mecánica, eléctrica, instrumentación.

En el caso eléctrico, la Ingeniería deberá comprender: ingeniería básica e ingeniería de detalle. Toda Ingeniería está basada en Normas eléctricas, Memorias de cálculo, Términos de referencia, Especificaciones Técnicas, metrados, costos, cronogramas.

#### **3.2.1 Normas eléctricas**

Son los códigos de electricidad que rigen a la instalación eléctrica de una zona determinada. Cada país tiene su propia normativa eléctrica que rige en el país. Un listado de normas e instituciones del sector eléctrico nacional y extranjero son:

- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- NFPA National Fire Protection Association
- NEMA National Electrical Manufacturers Association.
- ANSI American National Standards Institute
- ASTM American Society for Testing Materials
- FM Factory Mutual Insurance
- ICEA Insulated Cable Engineers Association
- MSHA Mine Safety and Health Administration
- NEC National Electrical Code
- NESC National Electrical Safety Code
- UL Underwriters' Laboratories
- NECA National Electrical Contractors Association
- NETA National Electrical Testing Association
- IESNA Illuminating Engineering Society of North America
- CNE Código Nacional de Electricidad – Suministro
- CNE Código Nacional de Electricidad – Utilización
- RNE Reglamento Nacional de Edificaciones

- EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores.
- DGE / MEM Normas de la Dirección General de Electricidad, Ministerio de Energía y Minas.
- OSHA Occupational Safety & Health Administration
- MSHA Mine Safety and Health Administration

### **3.2.2 Términos de referencia**

Los Términos de referencia (TTRR) son especificaciones técnicas mínimas para elaborar el desarrollo de licitación de Ingeniería básica y de detalle de un proyecto.

### **3.2.3 Especificaciones técnicas**

#### **A) Especificaciones técnicas de equipamiento**

Son las especificaciones que deberá cumplir como mínimo la construcción o fabricación de un equipo determinado. Así se tienen, las especificaciones técnicas de cables alimentadores en media, baja tensión, de instrumentación, control, sistema de puesta a tierra, transformadores, switchgear, o celdas de media tensión, centro de control de motores, motores, bandejas portacables, demás ferretería eléctrica.

#### **B) Especificaciones técnicas de instalación y montaje de obras eléctricas**

Esta especificación cubre el suministro de toda la mano de obra, supervisión y servicio requeridos para proveer una instalación eléctrica operable y completa para los proyectos eléctricos. Se especifica al recurso humano como: los ingenieros, empleados y obreros, calificados, competentes y experimentados en la disciplina eléctrica.

### **3.2.4 Memorias de cálculo**

Para un proyecto, las memorias de cálculo comprenden los cálculos de:

Conductores eléctricos en Media y Baja Tensión para el proyecto eléctrico, donde se especificará los valores constantes de caída de tensión admisibles en los cables, basada en la carga total del circuito.

Flujo de carga, el objetivo es obtener voltajes nodales. Con estas variables conocidas, se determinará los flujos en las líneas de transmisión, y en general de los elementos del sistema de transmisión, dados los niveles de demanda y generación. En régimen permanente se determinan las variables de estado del sistema: Tensión (módulo y ángulo), y Potencias activa y reactiva en cables, transformadores y pérdidas de potencia en las ramas de la red. El estudio deberá de estar acompañado de la simulación del modelamiento del sistema eléctrico del proyecto.

Estudios de cortocircuito: Cortocircuito trifásico, Cortocircuito bifásico (fase a fase), Cortocircuito bifásico a tierra, Cortocircuito monofásico. Sistema de Puesta a tierra, para

el sistema de fuerza y control, en donde calculen: Selección del Conductor de Malla de Tierra, Calculo de la Resistividades de los Estratos. Calculo de la Resistencia de Puesta a Tierra, Calculo de las Tensiones Permisibles de Toque y de Paso, entre otros.

Sistema de Iluminación, donde se especifique mediante una simulación hecha por software los niveles requeridos de iluminación de una subestación, áreas del proyecto, talleres, oficinas, etc. Así también se especificará en base al estudio, los equipamientos de alumbrado.

Cuadro de cargas, donde se consideren los niveles de tensión corriente, potencias, factor de potencias de todas las cargas del proyecto y sus reservas.

### **3.2.5 Metrados**

Se especificará un estudio de metrados de cables eléctricos de fuerza, control y de instrumentación en donde se detalle el tag del conductor, el calibre, la cantidad en metros, referencias, suministrador.

### **3.2.6 Costos**

Consiste en detallar los costos de cada partida en la disciplina eléctrica.

### **3.2.7 Cronograma**

El cronograma del proyecto, se detalla en un cuadro de avance de obra, generalmente hecho en Gantt, realizado por un programa computacional, por ejemplo el MS Project o el Primavera.

### **3.2.8 Planos**

Los planos eléctricos detallan la forma de instalación, montaje de un equipo y las interferencias que se encuentren en la instalación, se muestran en vistas de planta, de corte, diagramas unifilares, esquemas de conexionado.

Los planos irán variando de revisiones conforme avance el proyecto en el tiempo.

Los planos se dibujarán en un formato de impresión adecuado a la visión, que tenga un cajetín de membrete donde se detallen los datos del dibujante, revisores y quien aprueba, de la empresa ejecutora y del propietario o cliente.

### **3.2.9 Hojas de datos**

Las hojas de datos (data sheets) son especificaciones detalladas del equipamiento que se va a adquirir en cada disciplina del proyecto. Se detallan los parámetros especificados por la Ingeniería del proyecto y los parámetros ofertados del proveedor o vendedor.

### **3.2.10 Listado de partidas**

Son el listado de tareas que el contratista ejecutará en el proyecto. En este listado numerado de partidas, el contratista detalla los costos por trabajo a efectuar en el proyecto.



### **3.3 Procura**

Consiste en la gestión de adquisición de cada uno de los equipamientos mayores y menores del proyecto. Los equipos mayores y auxiliares son determinados con el criterio del mayor costo, mayor tiempo de entrega y por su incidencia en la ruta crítica del cronograma del proyecto. En las condiciones de compra de equipos se requerirá:

- Certificaciones del equipamiento por empresa autorizada: UL o similar.
- Carta de garantía del fabricante.
- Pruebas FAT certificadas en fábrica con documentación original.

Los equipos adquiridos deberán estar debidamente protegido con un embalaje de acuerdo a las normas internacionales que lo protejan de la humedad, golpes mecánicos, condiciones adecuadas para el izaje, centro de gravedad, indicaciones de peso total, pack list, codificación del embalaje de acuerdo a la Ingeniería, codificación del equipo, manuales y planos certificados. Luego se trasladarán a almacenes de la obra, de acuerdo a procedimientos de la empresa ejecutora o del cliente.

### **3.4 Construcción**

Es la etapa de ejecución de la ingeniería, en donde interviene mano de obra calificada para cada actividad a desarrollarse en las diferentes disciplinas del proyecto. Por lo general en todo proyecto las obras iniciales o tempranas son lo referente a lo civil, con el movimiento de tierras y adecuaciones al terreno a ejecutar la obra, esto se inicia una vez concluido la ingeniería básica. Luego en la etapa final de las obras civiles, y ya avanzada la ingeniería de detalle, ingresa la disciplina mecánica y eléctrica distribuyéndose los espacios para no interferir en el desarrollo de los trabajos. La etapa de construcción representa un alto movimiento de personal a requerirse en el proyecto. Luego de haber terminado con la etapa de construcción, sigue la etapa de puesta en marcha del proyecto que consiste en probar cada equipo electromecánico del proyecto, estas etapas son conocidas también como precomisionamiento y comisionamiento, verificando cada prueba con el cliente, para ver la conformidad de la obra, de igual modo de elaboran los planos como construido (as built) del proyecto en cada disciplina.

## **CAPITULO IV**

### **APLICACIÓN DEL INFORME DE SUFICIENCIA: INGENIERÍA, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MOLINO DE BOLAS DE 2400HP, 4.16KV EN LA MINA SHOUGANG HIERRO PERÚ SAA.**

#### **4.1 Características generales**

##### **4.1.1 Descripción**

Shougang Hierro Perú SAA es una empresa minera que explota, procesa y comercializa el mineral del hierro, desde sus yacimientos ubicados en la costa sur del Perú a aproximadamente 530 kilómetros de la ciudad de Lima, en el distrito de Marcona, provincia de Nazca en la Región Ica. [6]

El complejo minero metalúrgico de Shougang Hierro Perú S.A.A. comprende 2 áreas: mina y planta beneficio San Nicolás.

##### **4.1.2 Resumen de las operaciones**

El método de explotación utilizado es a cielo abierto y lo realizan a través de un ciclo de minado, que se encuentra conformado por un grupo de operaciones que van desde la extracción del hierro hasta la puesta en la planta de beneficio de San Nicolás.

El mineral es transportado de la mina a dos plantas que tienen las secciones de chancado primario y secundario para entregar un producto de 80% menor de 2” de diámetro. Seguidamente, el mineral es trasladado por medio de 8 fajas transportadoras, una a continuación de la otra, totalizando un recorrido de 15.4 km. de longitud para descender 800 m y con una capacidad de 2000 TLS/h; hasta llegar a su planta de tratamiento ubicada a nivel del mar, donde será acumulado en canchas de crudo como material oxidado, cuarcita y mineral primario de hierro.

Después del chancado primario y secundario, y antes de ser transportado por faja a la planta, se realiza el proceso de separación en seco (Dry Cobbing) mediante dos poleas magnéticas de 800 gaus cada una, obteniéndose un material de mayor ley y desechando el desmonte. Este sistema mejora la ley de hierro, separando de los de baja ley generados por

los disparos. En la planta de tratamiento se realiza el chancado terciario, separación magnética, molienda secundaria, separación magnética final, clasificación por tamaños, flotación, peletización, transferencia y embarque de productos finales. El 33% del mineral tratado en planta es separado como relave, que se encuentra constituido por pirita principalmente, calcopirita, algo de hematita, magnetitas y gran porción de ganga silicosa acompañada de óxido de calcio, magnesio, sodio y potasio; siendo estos relaves evacuados al mar en el área de San Juanito.

### **Áreas de Mina 5, Mina 9, Mina 10**

Con aproximadamente 150 km<sup>2</sup> de extensión, es el lugar donde se realizan permanentemente trabajos de exploración y de explotación de minerales bajo el sistema de tajo abierto; realizando perforaciones y disparos, para que luego las rocas mineralizadas sean transportadas por palas y camiones volquetes con capacidad de hasta 150 toneladas hasta las chancadoras, de donde luego del proceso de chancado, el mineral es apilado y posteriormente transportado a San Nicolás, mediante una faja de aproximadamente 15,3 kilómetros de largo y con una capacidad de 2000 toneladas por hora.

### **San Nicolás**

Es el área de beneficio, donde los minerales pasan por una serie de etapas hasta convertirse en uno de los productos que la Empresa comercializa; por esta razón, en esta área se puede encontrar las siguientes instalaciones:

**Planta Chancadora:** Donde el mineral es reducido en aproximadamente un 95%.

**Planta de Separación Magnética:** Aquí el mineral continúa con su proceso de molienda y concentración a través de ciclones, separación magnética y flotación, separando el mineral estéril (no utilizado en el proceso productivo) del mineral del hierro, el cual luego es dividido en dos tipos de productos, uno denominado concentrado de Hierro de Alta Ley para la sinterización y el otro que sirve para alimentar la Planta de Peletización, luego de pasar por un proceso de filtración.

**Planta de Filtros:** En esta etapa se realizan las operaciones de espesamiento, homogenización y filtrado de la pulpa recibida de Magnética, dejando el mineral en condiciones adecuadas para ser transformado en pellets.

**Planta de Pellets:** Donde el mineral es sometido a altas temperaturas para su transformación y luego ser almacenados y transferidos al Muelle de San Nicolás, desde donde es transportado a todo el mundo.

**Muelle de San Nicolás:** Con una extensión de aproximadamente 330 mt, con la capacidad de recibir barcos de gran tonelaje, debido a la profundidad de sus aguas.

**Condiciones del Lugar de Instalación:**

Altitud sobre el nivel del mar.....	100 msnm
Temperatura Máxima del aire.....	32 °C
Temperatura Mínima del aire.....	15 °C
Humedad Relativa.....	95 %
Atmósfera.....	Salina
Servicio.....	Severo



Figura 4.1.- Mapa satelital de la bahía San Nicolás.

**Síntesis del trabajo**

La ingeniería básica y de detalle fue desarrollado por la empresa GMI (Graña y Montero Ingenieros), El constructor civil del proyecto fue JJC. El montajista fue la empresa Imecon, y la supervisión estuvo a cargo de GMI y SHP. El cronograma del proyecto electromecánico indicaba que el proyecto se realizaría en un plazo de 4 meses.

**4.2 Cronograma del proyecto**

El cronograma del proyecto se realizo mediante El diagrama de Gantt usando el software de Microsoft Project. La ruta crítica de la obra es el montaje del molino, ya que es el equipo mayor del proyecto y tiene varios servicios auxiliares que van en forma conjunta para su operación. Las obras eléctricas se estimaron en 59 días para su término.

En la tabla 4.1 se puede observar el resumen de actividades del proyecto. La situación de obra a setiembre 2010, se describe a continuación:

Se culminaron las pruebas con carga en la línea de molienda 9A Planta Magnética y Planta de Filtros. Faltaba levantar el punch list entregado por supervisión GMI.

Se está considerando 100% (Avance Físico) a las actividades de la Nueva Línea Aérea 13.8Kv, para mostrar avance real.

En reunión con representantes de SHP, GMI y Contratista IMECON, se define que los trabajos de la Nueva Línea Aérea 13.8KVA no se ejecutaran como parte del proyecto Línea 9A. Estos trabajos de la línea autoportado, se cancelaron por tener postes de madera en mal, planteándose el reforzamiento de todas las estructuras en deterioro para luego para paso al tendido del conductor.

A continuación se muestra la curva S del proyecto (Figura 4.2)

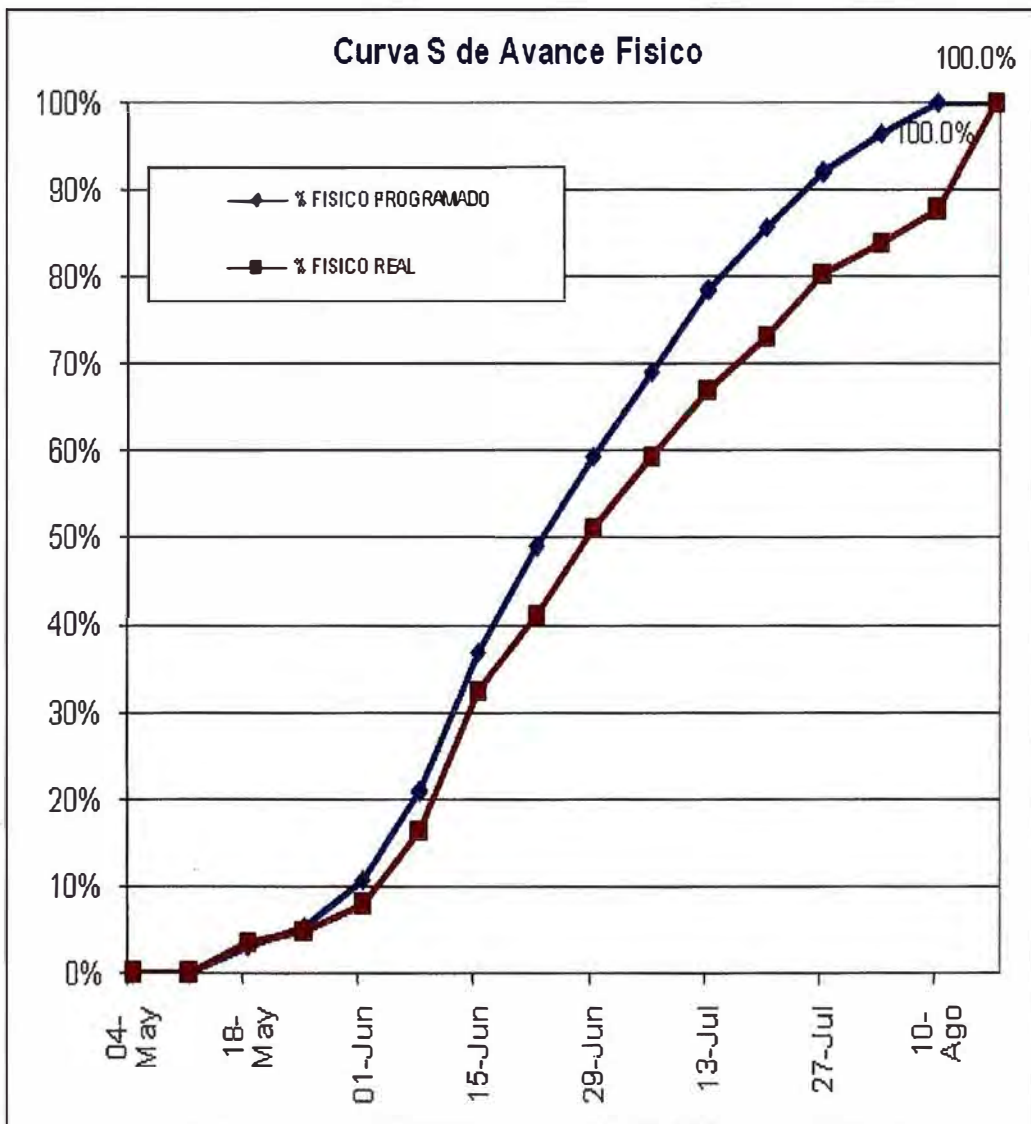


Fig.4.2 Diagrama de avance de obra (curva S)

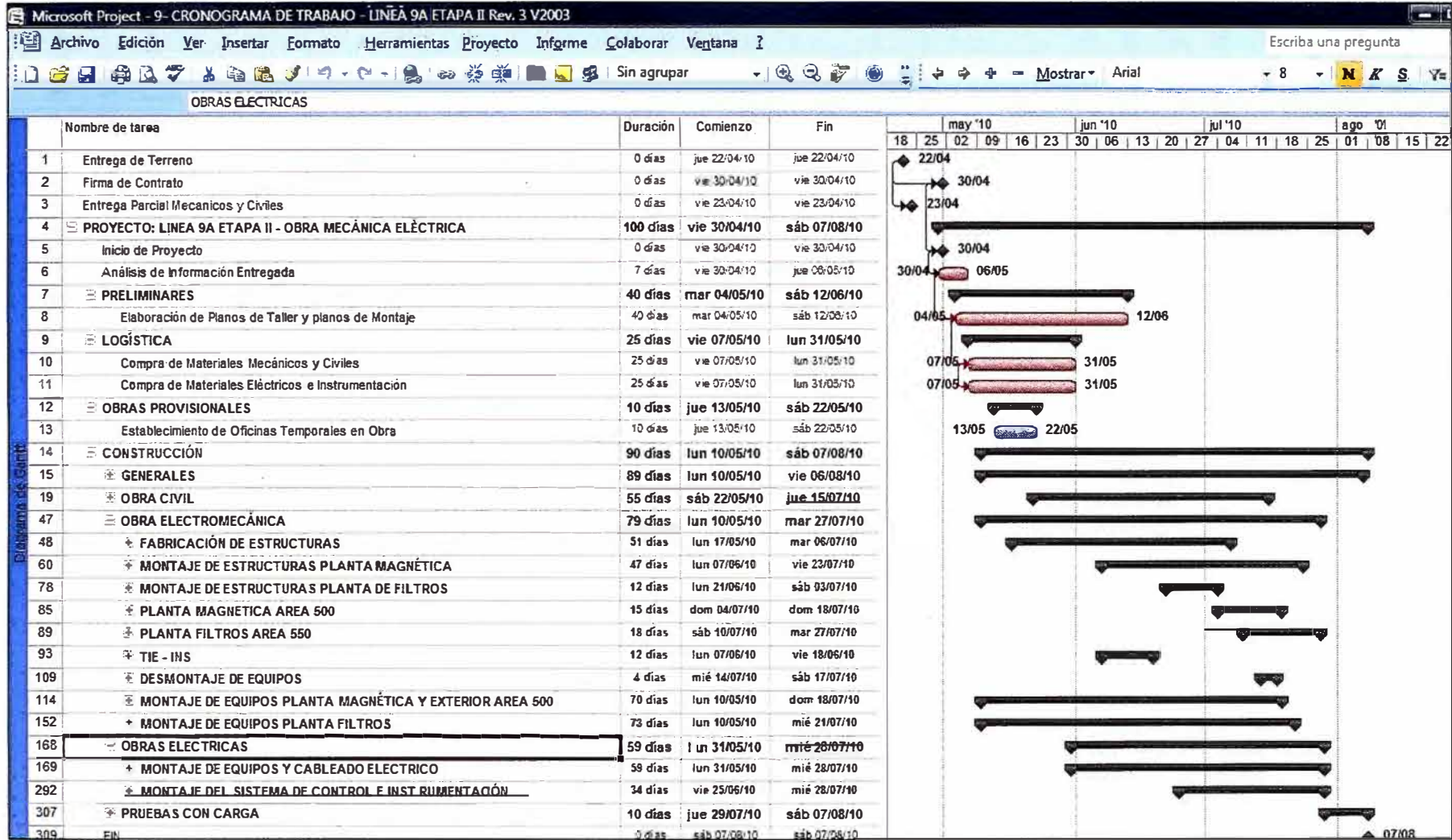


Tabla 4.1 Cronograma de trabajo Línea 9A

## 4.3 Ingeniería

### 4.3.1 Suministro y distribución eléctrica

La figura 4.3 muestra el diagrama unifilar del SEIN donde se encuentran las tres subestaciones principales de SHOUGANG: Subestación San Nicolás, Subestación Mina Shougang, Subestación Jahuay. Y la figura 4.4 muestra el diagrama unifilar del proyecto y la barra 3 donde se conecta el proyecto eléctrico Línea 9A. El suministro eléctrico actual viene de la barra 3 de 13.8KV (Ver Figura 4.4) en la Planta Térmica de SHOUGESA del Switchgear con Tag N° L9, mediante una Línea de Transmisión de 13.8 kV, con cable tipo N2XS2Y-S autoportado de 500MCM (240mm<sup>2</sup>), soportado mediante estructuras tipo "H", el cual se conecta al Seccionador de Potencia de 1200A, ubicado en la Subestación. 9 (existente)

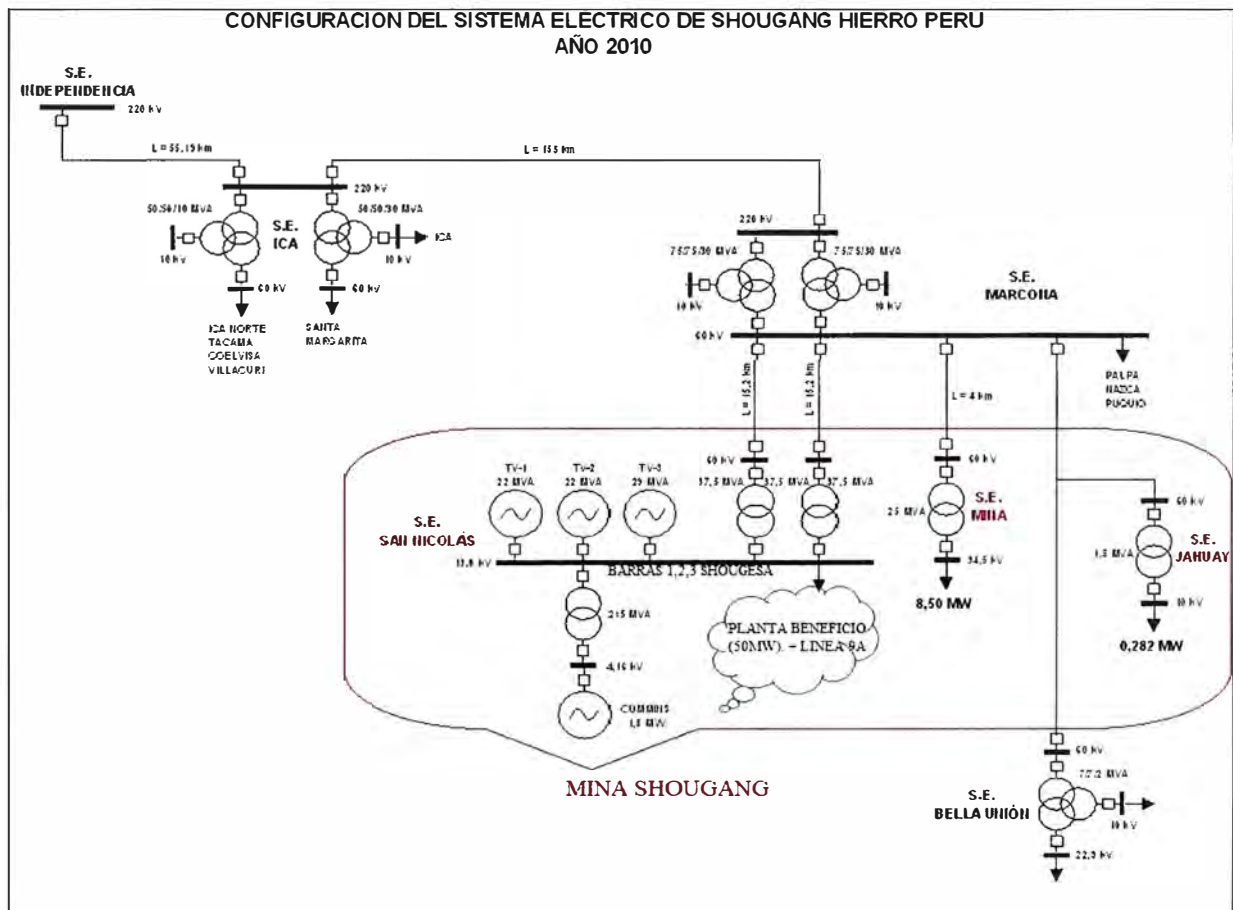


Figura 4.3.- Diagrama unifilar de SEIN – Barra San Nicolás

En condiciones normales de operación el sistema eléctrico de la mina SHOUGANG HIERRO PERU (SHP) es suministrado de la red de SHOUGESA mediante 3 transformadores de 37.5 MVA c/u, de 60/13.8 kV, los cuales reciben la energía eléctrica

del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en 60 kV por medio de las líneas de transmisión de REP codificadas con L-6627, L-6628.

Además se tiene 3 unidades térmicas de generación de 22, 22 y 29 MVA respectivamente, y un grupo auxiliar de 1.5 MW, los que hacen un total de aproximadamente 187.5 MVA instalados. La operación de las unidades térmicas obedece a la programación del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado (COES). [5]

#### 4.3.2 Nuevo suministro eléctrico

El alimentador L9 en 13.8KV se reubicará a la Subestación 9A, y desde ésta SUBESTACIÓN se alimentará a la SUBESTACIÓN9 (existente) con un cable N2XS2Y-S autoportado de 750MCM (380mm<sup>2</sup>) en 13.8KV. El control y administración de la Ingeniería de este proyecto está a cargo de SHP. Los planos emitidos por la empresa GMI son enviados al cliente SHP vía transmittal para su verificación y posterior aprobación o corrección.

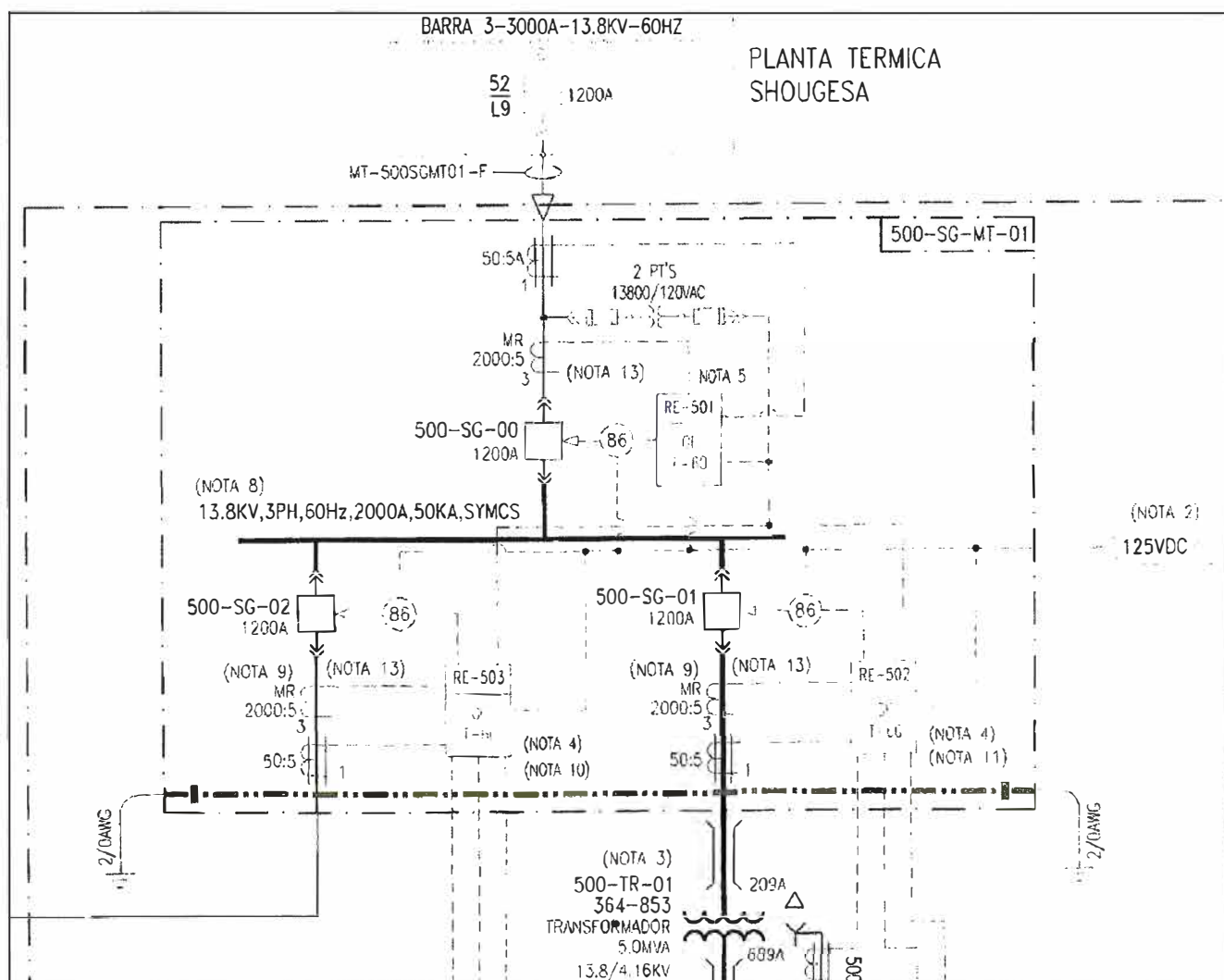


Figura 4.4.- Diagrama unifilar de la nueva Subestación 9A.



### 4.3.3 Distribución eléctrica

#### A) Distribución primaria

Tensión nominal: 13.8 kV. Configuración del sistema en 13.8kV: estrella con neutro conectado a tierra mediante resistor de baja impedancia. Frecuencia nominal: 60Hz. Máxima corriente de corto-circuito trifásico en 13.8 kV: 50 kA.

Regulación de tensión: máxima fluctuación de voltaje en la estación principal de +/- 10%

#### B) Distribución secundaria

**Tensión Nominal: En Media Tensión 4.16 KV.**

Configuración del sistema: estrella con neutro conectado a tierra mediante resistor de baja impedancia. Regulación de tensión: máxima fluctuación de voltaje en la estación principal de +/-10%. Frecuencia nominal: 60Hz. Máxima corriente de corto-circuito trifásico en 4160 V: 50 kA

**Tensión Nominal: En Baja Tensión 480 V**

Configuración del sistema: estrella con neutro conectado sólidamente a tierra. Regulación de tensión: máxima fluctuación de voltaje en la estación principal de +/- 10%. Frecuencia nominal: 60Hz. Máxima corriente de corto-circuito trifásico en 480 V: 65 kA

**Tensión Nominal: En Baja Tensión 230 V**

Configuración del sistema: estrella con neutro corrido conectado sólidamente a tierra. Regulación de tensión: máxima fluctuación de voltaje en la estación principal de +/-10%. Frecuencia nominal: 60Hz. Máxima corriente de corto-circuito trifásico en 240 V: 18 kA

**d. Tensión Nominal: En Baja Tensión 120 V (servicios auxiliares)**

Configuración del sistema: Línea – Neutro, con conexión a tierra. Regulación de tensión: máxima fluctuación de voltaje en la estación principal de +/-10%. Frecuencia nominal: 60Hz. Máxima corriente de corto-circuito trifásico en 120 V: 10 kA

### 4.3.4 Equipos eléctricos de distribución primaria

Se realizará en 13.8 kV desde el Nuevo Switchgear N° 500-SG-MT-01, que estará ubicado en la Nueva Subestación Eléctrica de la Línea 9A. Instalación de nuevo Switchgear N° 500-SG-MT-01 en 13.8KV, con barras de 2000A, compuesto por 3 celdas y equipadas con:

- Celda 500-SG-00, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A (Incoming). Este es alimentado por la nueva línea de transmisión en 13.8KV que viene de la Planta Térmica de Shougesa del Switchgear N° 52/L9.

- Celda 500-SG-01, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A, que alimentará a un Transformador existente N° 364-980 de 13.8/4.16kV y de 10-12 MVA (ONAN-ONAF), que a su vez, alimentará a un nuevo Switchgear en 4.16KV de la

Subestación de la Línea 9.

- Celda 500-SG-02, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A, que alimentará a un Transformador existente N° 500-TR-01 (364-853) de 13.8/4.16kV y de 5-6 MVA (ONAN-ONAF) ubicado en la Nueva Subestación Eléctrica de la Línea 9A.

Este transformador existente será alimentado mediante un Bus Duct” y “Flexible Shunt” en transmisión con el primario del Transformador.

- Instalación de un Transformador de Potencia existente N° 500-TR-01 de 13.8/4.16KV y de 5-6 MVA (ONAN-ONAF), con resistor de puesta a tierra, ubicado en la Nueva Subestación Eléctrica de la Línea 9A. Este transformador reduce la tensión de 13.8KV a 4.16KV para el Switchgear N°500-PB-01 A solicitud de SHP el contratista deberá incluir en su trabajo las siguientes partidas para dejar operativo la alimentación eléctrica de la Subestación 9.

Tabla 4.2. Caída de tensión % permisible para diseño

Descripción	% $\Delta V$
Cables Principales de distribución primaria 13.8KV	1
Bus ducto o Cable entre el secundario de un Transformador y un Switchgear	0.5
Cables Principales de distribución secundaria 4.16KV / 480V / 240V	1
Cables de alimentación del motor (4.16kV / 480V) - Motor en marcha	2.5
Cables de alimentación del motor (4.16kV / 480V) - Motor en arranque	15
Cables de alimentación para Tableros ubicados en la Subestación	1
Cables de alimentación para Tableros ubicados en Campo	2.5
Salidas de Fuerza en 480V	2.5
Iluminación y pequeñas salidas de fuerza	2.5

#### 4.3.5 Equipos eléctricos de distribución secundaria

Se realiza en 4.16KV, 480V, 230V, 120V y 125VDC desde la Subestación 9A, desde los respectivos Switchgear, CCM y tableros de distribución.

##### A) Equipos Eléctricos: 4.16 kV

Instalación del Nuevo Switchgear N° 500-PB-01 en 4.16 KV, con barras de 2000,

compuesto con 4 celdas y equipadas con:

- Celda 500-SG-03, equipada con interruptor de potencia principal, extraíble, de 2000A, que se conectará a la salida del transformador N° 500-TR-01 (existente), mediante un “Bus Duct” y “Flexibles Shunt”.
- Celda 500-SG-04, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A, que alimentará a un nuevo Transformador N° 500-TR-02 de 4.16/0.48kV y 2-2.5 MVA (ONAN-ONAF).
- Celda 500-SG-05, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A, que alimentará al nuevo arrancador N° 500-SW-01 del nuevo molino de bolas 500- MO-01 de 1800 Kw (2400HP).
- Celda 500-SG-06, equipada con interruptor de potencia extraíble de 1200A, que alimentará a una nueva compresora N° 550-CP-01, ubicado en la nueva planta de Filtros.
- Instalación de un nuevo Transformador N° 500-TR-02 de 4.16/0.48KV y 2-2.5 MVA (ONAN-ONAF) de potencia, con resistor de puesta a tierra, ubicado en la Nueva Subestación Eléctrica de la Línea 9A. Este transformador reduce tensión de 4.16KV a 480V para alimentar al Switchgear N° 500-PB-02.
- Instalación de un nuevo Arrancador en Media Tensión N° 500-SW-01, ubicado en la Nueva Subestación Eléctrica de la Línea 9A. Este Arrancador facilitara el arranque del Motor principal del Molino de Bolas N°550-MO-01. Este motor tiene como características más resaltantes las siguientes: Tipo Motor Síncrono. Potencia 1800 KW. Voltaje 4160 V. Corriente a Plena Carga 278 A. Frecuencia 60 Hz. RPM 200. Factor de Potencia 0.9. Funcionamiento Continuo.

### **B) Equipos Eléctricos: 480 V**

Instalación del Nuevo Switchgear N° 500-PB-02 en 480 V, con barras de 3200A, compuesto con 4 celdas y equipadas con :

- Celda 500-CB-01, equipada con interruptor extraíble de 3200A, que se conectará a la salida del nuevo transformador N° 500-TR-02, mediante un “Bus Duct” y “Flexibles Shunt”.
- Celda 500-CB-02, equipada con interruptor extraíble de 2000A, que alimentará a un nuevo CCM N° 500-MC-01 de 4.16/0.48kV y 2-2.5 MVA (ONAN-ONAF).
- Celda 500-CB-03, equipada con interruptor extraíble de 1600A, que es para cargas en futuras.
- Celda 500-CB-04, equipada con interruptor extraíble de 1600A, para enlaces futuros.

- Instalación del nuevo MCC N°500-MC-01 en 480V, con barras de 3200A y constará de 13 columnas, incluidos la columna de “incoming“, Variadores de Velocidad y del banco automático de condensadores. El Nuevo MCC N°500-MC-01 servirá para suministrar energía a los equipos eléctricos en 480V que forman parte del proyecto de Incremento de Capacidad de Molienda Fina Línea 9A.
- Instalación del nuevo MCC N°500-MC-01A en 480V, con barras 3200A y Constara de 3 columnas, incluidos la columna del “incoming“. El Nuevo MCC N°500-MC-01A servirá para suministrar energía a los equipos eléctricos en 480V que forman parte para de los servicios auxiliares del Molino de bolas 500-MO-01.
- Instalación del Nuevo Transformador Auxiliares de tipo seco N° 500-TR-03 de 480/230-127 y 112.5 KVA de potencia, para alumbrado y tomacorrientes. Este transformador Auxiliar es alimentado del nuevo MCC N°500-MC-01 (CB-31) en 480V y reduce la tensión a 230V/127 para alimentar al Tablero con 500-TD-01. Instalación del Nuevo Transformador Auxiliares de tipo seco N° 500-TR-04 de 480/230-127 y 75 KVA de potencia, para las cargas de instrumentación. Este transformador Auxiliar es alimentado del nuevo MCC N°500-MC-01 (CB-32) en 480V y reduce la tensión a 230V/127 para alimentar al Tablero con 500-TI-01 de Instrumentación.

### **C) Equipos Eléctricos para servicios auxiliares: 230V y 120V**

Instalación del Tablero de Distribución N° 500-TD-01, alimentado mediante del secundario del transformador del Tipo Seco N° 500-TR-03. Este tablero de distribución servirá para suministrar energía a los equipos eléctricos auxiliares en 230 V y 120 V que forman parte del proyecto de Incremento de Capacidad de Molienda Fina Línea 9A (Iluminación, Tomacorrientes en 220V y Tomacorrientes en 120V).

### **D) Equipos eléctricos para servicios de instrumentación: 230V Y 120V**

Instalación del Tablero de Distribución N° 500-TI-01, alimentado mediante del secundario del transformador del Tipo Seco N° 500-TR-04. Este tablero de distribución servirá para suministrar energía a los equipos de instrumentación en 230 V que forman parte del proyecto de Incremento de Capacidad de Molienda Fina Línea 9A. Instalación del Tablero de Distribución N° 500-TI-02, mediante un Estabilizador Ferroresonante 500-TTF-01 y UPS 500-UPS-01. Este tablero de distribución servirá para suministrar energía a los equipos de instrumentación en 120 V que forman parte del proyecto de Incremento de Capacidad de Molienda Fina Línea 9A. Instalación del Nuevo Estabilizador Ferroresonante 500-TTF-01 de 127/127 V y 5KVA de potencia. Instalación del Nuevo UPS 500-UPS-01 de 120/120 V y 5 KVA de potencia, con 30 minutos de autonomía. Equipos eléctricos en

corriente continua: 125 Vdc. Instalación del Tablero de Distribución en Corriente Continua N° 500-TD-02, alimentado mediante banco de baterías de Níquel - Cadmio. Instalación del Cargador de Batería 500-CB-01. Instalación del Banco de Baterías 500-BB-01 de Níquel-Cadmio. Equipos de comunicación: gaytronic en 120 V. Instalación de un equipo de comunicación dentro de la Subestación 9A.

Instalación de dos equipos de comunicación al exterior de la Subestación 9A

#### **4.3.6 Códigos y estándares**

El diseño eléctrico se elaboró tomando como referencia lo establecido en:

- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- NFPA National Fire Protection Association
- NEMA National Electrical Manufacturers Association.
- ANSI American National Standards Institute
- ASTM American Society for Testing Materials
- FM Factory Mutual Insurance
- ICEA Insulated Cable Engineers Association
- MSHA Mine Safety and Health Administration
- NEC National Electrical Code
- NESC National Electrical Safety Code
- UL Underwriters' Laboratories
- NECA National Electrical Contractors Association
- NETA National Electrical Testing Association
- IESNA Illuminating Engineering Society of North America
- CNE Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001.
- CNE Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006.
- RNE Reglamento Nacional de Edificaciones
- EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores.
- DGE / MEM Normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Mina.
- OSHA Occupational Safety & Health Administration
- MSHA Mine Safety and Health Administration

#### **4.3.7 Términos de Referencia**

##### **Instalaciones eléctricas**

Para el proyecto Incremento de Capacidad de Molienda Fina Línea 9A y la Ampliación de la Planta de Filtros, los trabajos a realizar son los siguientes:

- Instalaciones Eléctricas – Planta Magnética (Área 500)
- Comprende trabajos en la nueva Subestación 9A, Nueva Sala de Control y en la planta Magnética en 13.8KV, 4.16KV y Baja Tensión.
- Instalaciones Eléctricas – Ampliación de la Planta de Filtrado (Área 550)
- Comprende trabajos en la Subestación 2 (existente) y en la planta de Filtrado en 480V.
- Instalaciones Eléctricas – Subestación 9 (Área 500)
- Comprende trabajos en la Subestación 9 (existente) en 13.8Kv

Tabla 4.3 TIE-IN Eléctricos

Item	Tag	Descripción
1	tie-in 550-e-001	conexión de nuevo interruptor en mcc-551
2	tie-in 500-e-002	instalación del cable en stand-by
3	tie-in 500-e-004	instalación de nueva acometida de Subestación 9

#### 4.3.8 Descripción de los trabajos eléctricos de la obra

##### Instalaciones Eléctricas – Planta Magnética (Área 500)

Comprende trabajos en la nueva Subestación 9A, Nueva Sala de Control y en la planta Magnética en 13.8KV, 4.16KV y Baja Tensión.

##### Instalación de equipos Eléctricos en la Subestación 9A

- Montaje, alineamiento en su base de Celda Media Tensión de 13.8KV, 500-SG-MT-01 (Incl. Suministro y conexión de terminaciones exteriores de las Salidas, suministro de materiales de anclaje).
- Montaje, alineamiento en su base de Transformador de Potencia de 5.0MVA, 13.8/4.16kV, 500-TR-01 (Incl. Conexionado del primario, secundario con Barras y Shunt Flexible, suministro de materiales de anclaje, montaje y Conexionado de Resistor de Puesta a Tierra)
- Montaje, alineamiento en su base de Celda Media Tensión 4.16KV, 500-PB-01 (Incl. Conexionado del Incoming con Barras y Shunt Flexible, Suministro y conexionado de terminaciones exteriores de las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de Transformador de Potencia 2.5MVA 4.16/0.48kV, 500-TR-02 (Incl. Conexionado en el primario con Barras y Shunt Flexible, Suministro y conexionado en el lado secundario con terminales , suministro de materiales de anclaje, montaje y Conexión de Resistor de Puesta a Tierra)

- Montaje, alineamiento en su base de Panel de Distribución 0.48KV - 500-PB-02 (Incl. Conexionado del Incoming, Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Arrancador de Molino de Bolas de 4.16KV, 2000A, 50KA 500-SW-01 el cual incluye suministro y conexionado de terminaciones del Incoming y salida al Motor, suministro de materiales de anclaje.
- Montaje, alineamiento en su base de Centro Control de Motores barra de 3200A-480V; 500-MC-01 (Incl. Conexionado del Incoming, suministro y conexionado de terminales de las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de Centro Control de Motores 3200A-480V; 500-MC-01-A (Incl. Conexionado del Incoming, suministro y conexionado de terminales de las salida, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de Transformador Seco 112.5KVA 480/230V-127V; 500-TR-03 (Incl. Conexionado de Terminales del Primario y del secundario, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero Servicios Auxiliares 230/127V; 500-TD-01 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero Servicios Auxiliares 230/127V; 500-TD-01A (Incl. Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de Transformador Seco 75KVA 480/230V-127V; 500-TR-04 (Incl. Suministro y conexionado de terminales del primario y del secundario, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje Tablero de Instrumentación 230/127V; 500-TI-01 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming y las salidas; suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de Estabilizador Ferroresonante 5KVA 127/120VAC; 500-ES-01 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming y las salidas; suministro de materiales de anclaje)
- Montaje, alineamiento en su base de UPS 4.5KVA 120VAC; 500-UPS-01 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming y las salidas; suministro de materiales de anclaje)
- Montaje Tablero de Distribución 125VDC; 500-TD-02 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming y las salidas; suministro de materiales de anclaje)
- Montaje Tablero de Distribución 125VDC; 500-TD-03 (Incl. Suministro y Conexionado de Terminales del Incoming y las salidas; suministro de materiales de anclaje)

- Montaje Cargador de Baterías 125VDC; 500-CB-01 (Incl. Suministro y Conexionado de Incoming, salidas; suministro de materiales de anclaje)
- Montaje Banco de Baterías 125VDC; 500-BB-01 (Incl. Conexionado, suministro de materiales de anclaje).
- Montaje de Tablero de Soplador 480V; 500-BLT-01, el cual incluye suministro y conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje.
- Montaje de Tablero Servicios Auxiliares de Molino de Bolas 480V; 500-MCC-01B (Incl. Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Variador de Velocidad 480V; 500-AF-01/500-AF-02 (Incl. Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero de Compresora 480V; 50-CP-01 (Incl. Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Instalación de Equipos Eléctricos Planta Magnética.
- Conexionado de Motor de Molino de Bolas 340A, 2400HP, 4.16KV; 500-MO-01 (Incl. suministro y conexión de terminaciones a equipo)
- Conexionado de Compresora 350HP, 0.48KV; 500-CP-01 (Incl. suministro y conexión de terminaciones a equipo)
- Conexionado de Motores 480V, 200HP 500-PP-02A/02B (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motor 480V, 100HP; 500-BL-01 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 75HP 500-PP-01A/01B/03A/03B/04A/04B; 500-FC-01A/01B/01C (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 50HP; 500-PPM-01A/01B (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales).
- Conexionado de Motor 480V, 20HP; 500-DSM-01 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 10HP 500-PP-06A; 500-SM-01A/01B-02A-02B (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 7.5HP 500-PPM-02A/02B (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)



- Conexionado de Motor 480V, 4HP 500-CPM-01 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 2HP 500-PA-01; 500-CPM-02 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexionado de Motores 480V, 1.5HP 500-PPM-03A/03B , el cual incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales.
- Conexionado de Motor 0.75HP 500-PPM-04 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Suministro de Heater 480V, 12KW; 500-HEM-01 (Incl. Conexionado, suministro de materiales de anclaje, suministro e instalación de terminales)
- Instalación de Push Buttom, NEMA 4X (Incl. Conexionado, suministro de materiales de anclaje, suministro e instalación de terminales)
- Instalación de 02 Tomas de Fuerza Trifásico 600V de 60A, NEMA 4X (Incl. Conexionado, suministro de materiales de anclaje, suministro e instalación de terminales)
- Instalación de 02 Disconet Switch 600V de 60A, NEMA 4X (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Montaje de Tablero Servicios Auxiliares de Molino de Bolas 480V; 500-AX1-01 INCHING DRIVE (Incl Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero Servicios de Pulverizado de Molino de Bolas; 500-AZ1-01 (Incl Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero Servicios de Embrague de Molino de Bolas; 500-AZ2-01 (Incl Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero de Control de Compresor de Embrague de Molino de Bolas; 500-CPM-TB (Incl Suministro y Conexionado de terminales del Incoming y las Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Instalación de Luminarias y Tomacorrientes en la Subestación 9A y Planta Magnética.
- Instalación de Luminarias 150 W de Sodio de Alta Presión, 220 VAC, 60 Hz.
- Instalación de Luminarias para montaje en pared 150W de Sodio de Alta Presión, 220 VAC, 60 Hz
- Instalación de Luminarias para montaje en pared 400W de Sodio de Alta Presión, 220 VAC, 60 Hz

- Instalación de Equipos Fluorescentes herméticos, incluye dos lámparas T8-32W
- Instalación de Equipos de Iluminación de Emergencia 2x20W
- Instalación de Tomacorrientes para Servicios Auxiliares, grado industriales, Monofásico en 220V Y 120V
- Instalación de Tomas de Fuerza Monofásico 240V de 30A, NEMA 4X, el cual incluye conexasión, suministro de materiales de anclaje, suministro e instalación de terminales)

#### **Instalación de Cables Eléctricos en la Subestación 9A y Planta Magnética.**

- Se instalará cables unipolares en media tensión N2XSY, 5 KV de 250 MCM y 1/0 AWG.
- Se instalará Cables Unipolares, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 500MCM, 350MCM, 4/0AWG, 2/0AWG, 1/0AWG, 2AWG, 6AWG
- Se instalará Cables Tripolares con Tierra, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 8AWG, 10AWG.
- Se instalará Cables Multipolares de 5C, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 12AWG.
- Se instalará Cables Unipolares, THHN / THWN, 600V, de 12AWG.

#### **Instalación de Bandejas Portacables y Conduit en la Subestación 9A y Planta Magnética.**

- Se instalará bandejas porta cables y accesorios de 900mm x 150mm, 600 mm x 150mm y 450 mm x 150mm
- Se instalará Conduits de PVC SHC 40 y Accesorios de Ø4" x 3m, Ø3" x 3m, Ø2" x 3m, Ø1" x 3m.
- Se instalará Conduits RGS y Accesorios de Ø4" x 3m, Ø3/4" x 3m.
- Se instalará banco de ductos, el cual será utilizado para alimentar el compresor de 350 Hp, 500-BL-001, incluye accesorios de Ø4" x 3m.
- Se instalará Conduits Metálicos Flexibles con recubrimiento de PVC y Accesorios de Ø4", Ø3", Ø2", Ø1"y Ø3/4".

#### **Pre-Fabricaciones Metálicas en la Subestación 9A y Planta Magnética.**

- Suministro, fabricación e Instalación de soportes metálicos p/ bandejas, cables, luminarias, botoneras, tableros murales, etc, incluye pernería zincada, arenado y pintado
- Suministro, fabricación e Instalación de caja metálica e=1/8", con empaquetaduras y pernos zincados o tropicalizados
- Suministro, fabricación e Instalación de planchas metálica estriadas (Galvanizado en caliente) e=1/4" rejillas para tapas de canaletas subterráneas en la nueva Subestación 9A y para pozos de derrames de transformadores respectivamente.

### **Instalación de Sistema de Puesta a Tierra Superficial en la Subestación 9A y Planta Magnética.**

- Conexión de Gabinete con Descargador equipotencial (Incl. Suministro de materiales de Anclaje, terminales, pernería)
- Conexión de Conductores de puesta a tierra superficial para Equipos Eléctricos y mecánicos, compuestos por Switchgear, CCM, Paneles, Transformadores, Motores, bombas, cajas reductoras. Incl. Suministro de Terminales, pernería, compound, etc.
- Conexión Exotérmica de Conductores de puesta a tierra superficial para Estructuras Metálicas (Estructuras Metálicas, Pasarelas). Incl. Suministro de compound, Chisperos.
- Conexión de conductores de puesta a tierra superficial y montaje de Barras de Cobre de Potencial. Incl. Suministro de materiales de Anclaje, pernería, compound.
- Conexión de conductores de puesta a tierra superficial y montaje de Barras de Cobre de Instrumentación. Incl. Suministro de materiales de Anclaje, pernería, compound.
- Conexión de Bonding Jumper de Bandejas Porta cables. Incl. Suministro de materiales de fijación, Terminales, pernería, etc.
- Conexión de Bonding de Cajas Metálicas de paso. Inc. Suministro de materiales de fijación, pernería, Terminales, compound, conductor THHN color Amarillo de 4AWG.

### **Instalaciones Eléctricas - Ampliación de la Planta de Filtrado (Área 550).**

Comprende trabajos en la SUBESTACIÓN 2 (existente) y en la planta de Filtrado en 480V.

#### **TIE-IN 550-E-001 - Conexión de Nuevo Interruptor (Alimentado desde MCC-55L)**

- Desconexión del Alimentador del Seccionador existente con Fusibles de 125A en 480V N° 053-029 (alimentado del MCC-55L)
- Desconexión y retiro de Seccionador existente con Fusibles de 125A en 480V N° 053-029
- Montaje de Tablero 480V con Interruptor de 200A N° 550-CBX-01 (Incl. Suministro y Conexión de Incoming existente de 3x1-4/0AWG del Seccionador existente; suministro de materiales de anclaje)

### **Instalación de Equipos Eléctricos en la Subestación 2.**

- Montaje, alineamiento en su base de Centro Control de Motores barra de 2000A-480V; 550-MC-04 (Incl. Conexión del Incoming 550-CBX-01, Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje de Tablero 480V con Interruptor de 200A N° 550-CBX-01 (Incl. Suministro y Conexión de Incoming y las salida; suministro de materiales de anclaje)

### **Instalación de Equipos Eléctricos en la Planta de Filtrado**

- Montaje Tablero con variador de Velocidad 10HP - 480V, Filtros de Discos - Eje con 550-DF-02A (Incl. Conexión del Incoming, Suministro y conexión de terminales de Salida, suministro de materiales de anclaje)
- Montaje Tablero con variador de Velocidad 5HP - 480V, Filtros de Discos - Agitador con 550-DF-02B, el cual incluye conexión del Incoming, Suministro y conexión de terminales de Salida, suministro de materiales de anclaje)
- Conexión de Motores 480V-40HP 550-PP-01;550-PP-02 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexión de Motor 480V-20HP 550-BC-01 (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexión de Motor 480V-10HP 550-DF-01A (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexión de Motor 480V-5HP 550-DF-01B (Incluye conexión a equipo y suministro e instalación de terminales)
- Conexión de los Alimentadores de Tomacorrientes existentes de 440V Zona de Agitadores al MCC N 550-MC-04 (Incl. Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Conexión de los Alimentadores de Tomacorrientes existentes de 440V Zona de
- Espesadores al MCC N 550-MC-04 (Incl. Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Conexión de los Alimentadores de Ventilador de Transformador existente al MCC N 550-MC-04 (Incl. Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Conexión de los tablero existentes al MCC N° 550-MC-04 (Incl. Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)
- Instalación de Push Button, NEMA 4X (Incl. Conexión del Incoming, Suministro y conexión de terminales de Salidas, suministro de materiales de anclaje)

### **Instalación de cables eléctricos en la Subestación 2 y Planta de Filtrado**

- Se Instalará Cables Unipolares, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de, 4/0AWG, 1/0AWG, 2AWG, 6AWG.
- Se Instalará Cables Tripolares con Tierra, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 8AWG, 10AWG.

- Se Instalará Cables Multipolares de 2C con tierra, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 12AWG.
- Se Instalará Cables Multipolares de 5C, Tipo TC THHN / THWN, 600V, de 12AWG.
- Se Instalará Cables Unipolares, THHN / THWN, 600V, de 12AWG.

#### **Instalación de Conduit en la Subestación 2 y Planta de Filtrado.**

- Se Instalará Conduits PVC SHC 40 y Accesorios de Ø4" , Ø3", Ø2, Ø1" " x 3m,
- Se Instalará Conduits Metálico Flexible con recubrimiento de PVC y Accesorios de Ø3", Ø2", Ø1"y Ø3/4".
- Pre-fabricaciones metálicas en la Subestación 2 y Planta de Filtrado.
- Suministro fabricación e Instalación de soportes metálicos para bandejas, cables, luminarias, etc, incluye pernería zincada, arenado y pintado.
- Suministro, fabricación e Instalación de caja metálica e=1/8", con empaquetaduras y pernos zincados o tropicalizados.

#### **Instalación de Sistema de Puesta a Tierra Superficial en la Subestación 2 y Planta de Filtrado.**

- Conexión de Conductores de puesta a tierra superficial para Equipos Eléctricos y Mecánicos (CCM, Paneles, Motores, Bombas, cajas reductoras). Incl. Suministro de Terminales, pernería, compound, etc.
- Conexión de conductores de puesta a tierra superficial y montaje de Barra de Cobre de Potencia. Incl. Suministro de materiales de Anclaje, pernería, compound.
- Conexión de Bonding de Cajas Metálicas de paso. Inc. Suministro de materiales de fijación, pernería, Terminales, compound, conductor THHN color Amarillo de 4AWG.

#### **Instalaciones Eléctricas – Subestación 9 (Área 500)**

Comprende trabajos en la Subestación 9 (existente) en 13.8KV

##### **Trabajos Preliminares**

- Desconexión del Cable Stand-by (N2XS2Y-S 3-1x500MCM) de 13.8KV.
- Desconexión y Retiro de Seccionador SPMT-13800-01 de 13.8KV.
- Acondicionamiento de la Protección Diferencial del Transformador N°364-980
- Acondicionamiento de la Caja de Bushings del Lado Primario del Transformador N°364-980 ( Existente ) de 10MVA

##### **Bandejas y Accesorios**

Suministro e Instalaciones de Bandejas Porta cables con Tapa de A°G° 450 mm x 150mm. Incl. Fittings y Soportes de Fijación.

## Cables Eléctricos

- TIE-IN 500-E-002- Instalación de Nueva Acometida de Subestación 9 de 13.8KV
- Instalación y Conexionado de Cable N2XS2Y-S 3-1x500MCM - Nueva Acometida de Subestación 9 del 500-SG-02
- Instalación y Conexionado de Cable de Control 7Cx10AWG - Del Switchgear 500-SG-MT- a celda 4.16 kV existente (3CT's nuevos de barra principal en 4.16kV y 1 Transformador de corriente de falla a tierra existente del NGR).
- Instalación y Conexionado de Cable de Control 5Cx12AWG - Del Switchgear 500-SG-MT-01 a celda 4.16 kV existente (Disparo de interruptor principal).

## Terminaciones del Cable N2XS2Y

Instalación de Kits Tripolares de terminaciones contráctiles en frio 13.8KV - 500MCM

### 4.4 Etapa de construcción

La etapa de construcción del proyecto se divide en tres disciplinas: civil, mecánico y eléctrico, instrumentación. Las empresas especializadas que ejecutaron la construcción del proyecto de montaje del molino, fueron: JJC en la parte civil e IMECON en la parte electromecánica. La supervisión de la construcción, estuvo a cargo del Departamento de Construcción de SHP, el cual pertenece a la Gerencia de Ingeniería de SHP en forma conjunta con la empresa GMI.

#### 4.4.1 Obras civiles

La etapa civil del proyecto estuvo a cargo de la empresa JJC. A continuación se muestran las Figuras del avance de obra civil en la planta magnética.



Fig.4.5 Encofrados en Obra



Fig.4.6 Supervisión de Obras



Fig.4.7 Encofrados de pedestales molino



Fig. 4.8 Pedestales de molino



Fig. 4.9 Armado de muro de la SE.



Fig.4.10 Trabajos en losa de subestación



Fig.4.11 Excavación de malla a tierra



Fig.4.12 Relleno con Tierra de Chacra



Fig.4.11 Acabados en SE 9A



Fig.4.12 Acabados en SE 9A

#### 4.4.2 Instalaciones y montaje eléctrico

El montaje electromecánico se organizó de modo tal que el grupo conformado por los mecánicos efectuaban el montaje de equipos pesados, como es el molino, motor principal del molino, sistema de lubricación del molino, bombas, tuberías HDP, celdas de flotación, filtro de discos, compresora, en la planta magnética.

El grupo de los electricistas se concentró en ejecutar las actividades de línea de transmisión de 13.8kV con cable autoportado desde la central térmica de SHOUGESA a la SE 9A. Montaje de transformadores de 5MVA, 13.8/4.16kV y de 2MVA 4.16/0.46 kV. También se dedicaron a realizar todo el montaje eléctrico de bandejas, cableados, conexión de switchgear, MCC, a motores y tableros eléctricos y de instrumentación. Algunas figuras del avance de obra de las actividades eléctricas son:



Fig.4.13 Canalización Eléctrica



Fig.4.14 Montaje de Cajas Eléctricas



Fig.4.15 Conexión de motores



Fig. 4.16 Cableado, conexión en SE 9A





Fig. 4.17 Cableado en transformadores

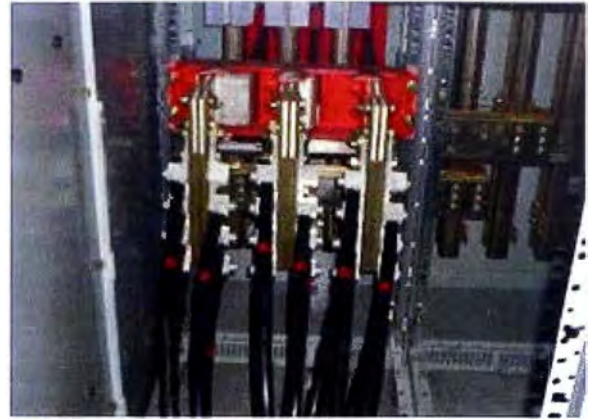


Fig. 4.18 Conexión en barras



Fig. 4.19 Montaje de Switchgear, MCC



Fig. 4.20 Montaje de tableros, entubados



Fig. 4.21 Cableado en sala de control



Fig. 4.22 Conexión de motores

## 4.5 Puesta en marcha

La etapa de puesta en marcha estuvo a cargo de personal de supervisión de Imecon, quien fue el montajista, en supervisión de GMI quien fue el supervisor del proyecto, todo en coordinación con el cliente que es SHP

### 4.5.1 Comisionamiento y puesta en marcha

El Pre-commissioning (Precomisionamiento) corresponde a las pruebas estáticas, y Commissioning, que corresponde básicamente a las pruebas dinámicas. Las etapas de pre-

comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha, se ejecutaron en las etapas finales del proyecto.

Desde un punto de vista físico, dentro del Comisionamiento se considerarán tres diferentes tipos de tareas:

- **Verificaciones Dinámicas:** ya sean Eléctricas, de Instrumental, o de Telecomunicaciones, se realizan para verificar que los objetos de estas pruebas cumplan con los criterios de diseño previstos (giro de motores, lazos de instrumentos, etc.)
- **Pruebas “Running-in” y “On-line”:** verificación de los servicios de Planta (agua, electricidad, aire, frío, etc.) durante un período representativo sobre los equipos principales de Proceso, considerando la utilización de fluidos inertes en lazos cerrados.
- **Piping y Tanques:** actividades que se realizan para la verificación de las funciones de estos equipos (drenaje, chequeo de fugas, carga, etc.) y su preparación para la próxima fase.



Figura 4.23 Pruebas al Motor síncrono 2400HP

### **Pruebas Funcionales**

Estas pruebas se realizan con los elementos energizados (live-test), y se realizarán sobre todos los elementos que sean pasibles de estas pruebas. Se refiere a elementos que puedan prestar una función elemental del tipo eléctrica, de telecomunicaciones o instrumental. Un ítem o grupo de ítems que prestan este tipo de función elemental es llamado Función Básica según la ET. y es el más pequeño equipamiento sobre el cual se puede realizar un trabajo de comisionamiento. Las pruebas funcionales se realizarán con agua o fluidos inertes. Incluyen la observación y verificación de secuencias eléctricas como así también de variables mecánicas, que serán monitoreadas durante períodos de trabajo sistemáticamente considerados.

### **Arranque del molino (Start-up)**

Las actividades de Start-up pueden dividirse en:

- Actividades Previas al Ingreso de Mineral
- Actividades Posteriores al Ingreso de Mineral

Para la realización del Start-up se tendrá en cuenta la documentación entregada por los proveedores, por lo que esta deberá estar presente al inicio, esto es parte de la preparación, al igual que los Check List, Procedimientos, Movilización, etc.

Se realizará también una verificación cuidadosa de contar con todos los insumos y materiales necesarios para el Start-up, necesarios para el propio funcionamiento de los equipos y grupo de equipos.

#### 4.5.2 Equipos de protección instalados en la Subestación 9A

A continuación se muestran los valores de seteo de los relés multifunción instalados en la Subestación 9A.

Tabla4.4 Relé código: Re-501


Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	F60
Ajustes:	<p>Fases: RE-501</p> <p><math>I&gt; = 0.321</math> (642 A primarios)</p> <p>Curva = IEC–Curva A</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 0.5</p> <p><math>I&gt;&gt; = 2.371</math> (4742 A primarios)</p> <p><math>t&gt;&gt; = 0.2</math></p> <p>Ground: RE-501</p> <p><math>I_{o&gt;} = 1.20</math> (60 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 0.2</p> <p><math>I_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p> <p><math>t_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p>

Tabla4.5 Relé código: re-502




Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	T60
Ajustes:	<p>Fases: RE-502 13.8 kV.</p> <p><math>I_{&gt;} = 0.125</math> (250 A primarios)</p> <p>Curva = IEC–Curva A</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 0.640</p> <p><math>I_{&gt;&gt;} = 2.115</math> (4230 A primarios)</p> <p><math>t_{&gt;&gt;} = 0.0</math></p> <p>Ground: RE-502 4.16 kV.</p> <p><math>I_{o&gt;} = 0.40</math> (20 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 0.70</p> <p><math>I_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p> <p><math>t_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p>

Tabla4.6 Relé código: re-504

Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	750/760


Ajustes:	<p>Fases: RE-504</p> <p><math>I_{&gt;} = 0.41</math> (820 A primarios)</p> <p>Curva = IEC-A</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 0.550</p> <p><math>I_{&gt;&gt;} = 3.5</math> (7000 A primarios)</p> <p><math>t_{&gt;&gt;} = 0.48</math></p> <p>GROUND: RE-504</p> <p><math>I_{o&gt;} = 0.4</math> (20 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 4</p> <p><math>I_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p> <p><math>t_{o&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p>
----------	---

Tabla4.7 Relé código: re-505

Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	T60
Ajustes:	<p>Fases: RE-505</p> <p><math>I_{&gt;} = 0.173</math> (346 A primarios)</p> <p>Curva = IEC – Curva C</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 0.650</p> <p><math>I_{&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p> <p><math>t_{&gt;&gt;} =</math> Deshabilitado</p> <p>Ground 1: RE-505 4.16 kV</p> <p><math>I_{o&gt;} = 0.04</math> (20 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p>

	<p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 0.20</p> <p>Io&gt;&gt; = Deshabilitado</p> <p>to&gt;&gt; = Deshabilitado</p> <p>Ground 2: RE-505 0.48 kV</p> <p>Io&gt; = 0.10 (5 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 0.5</p> <p>Io&gt;&gt; = Deshabilitado</p> <p>to&gt;&gt; = Deshabilitado</p>
--	--

Tabla4.8 Relé código: re-506

Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	750/760
Ajustes:	<p>Fases: RE-506</p> <p>I&gt; = 0.150 (300 A primarios)</p> <p>Curva = ANSI – Extremely Inverse</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 32.88</p> <p>I&gt;&gt; = 0.50 (1000 A primarios)</p> <p>t&gt;&gt; = 0.3</p> <p>Ground: RE-506</p> <p>Io&gt; = 0.40 (20 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p>

	<p>TMS = 2</p> <p>Io&gt;&gt; = Deshabilitado</p> <p>to&gt;&gt; = Deshabilitado</p>
--	--

Tabla4.9 Relé código: re-507


Equipo:	Relé
Vista:	
Marca:	GE Multilin
Modelo:	750/760
Ajustes:	<p>Fases: RE-507</p> <p>I&gt; = 0.10 (200 A primarios)</p> <p>Curva = IEC Curva A</p> <p>RCT = 2000/5</p> <p>TMS = 0.50</p> <p>I&gt;&gt; = 1.50 (3000 A primarios)</p> <p>t&gt;&gt; = 0.3</p> <p>Ground: RE-507</p> <p>Io&gt; = 0.40 (20 A primarios)</p> <p>Curva = Definite Time</p> <p>RCT = 50/5</p> <p>TMS = 2</p> <p>Io&gt;&gt; = Deshabilitado</p> <p>to&gt;&gt; = Deshabilitado</p>

Tabla4.10 Relé código: re-508

Equipo:	Relé
Vista:	

Marca:	GE Multilin
Modelo:	469
Ajustes:	Thermal: RE-508 FLA = 287 $I_{>} = 1.04$ (298.48 A primarios) Curva = Standard Overload Curve RCT = 500/5 Curve = 2 $I_{>>} = 2 \times \text{FLA}$ (1000 A primarios) $t_{>>} = 0.1$ Jam: RE-508 $I_{>>} = 2 \times \text{FLA}$ (574 A primarios) $t_{>>} = 10$ segundos Ground: RE-508 $I_{o>} = 02 \times \text{CT Pri}$ (20 A primarios) RCT = 100/5 Delay = 0.02 Acceleration: RE-508 Delay = 20 segundos

## 4.6 Evaluación económica

### 4.6.1 Costo del proyecto

Todo proyecto nuevo a desarrollarse en SHP tiene un estudio de inversión llamado API (Aprobación del proyecto de inversión), el cual se codifica y es donde se cargarán los gastos administrativos y operativos del proyecto.

El costo del proyecto asciende se ha dividido en procura y en ejecución. La procura mayor y menor que comprende equipos como molinos, celdas de flotación, filtros, motores, transformadores, celdas en media tensión, MCC, asciende a un total de 4 millones de dólares y el costo de ejecución de obra se ha dividido en ingeniería, obra civil, montaje electromecánico, y supervisión del proyecto, el cual asciende a un total de 5.3 millones de dólares. Estos costos se encuentran en la tabla 4.11



Tabla 4.11 Costos de la ejecución del proyecto Línea 9A

Nombre de la obra	Obra electromecánica eléctrica para la línea 9A	supervisión	Obra civil base del molino y subestación	Desarrollo de la ingeniería
Contratista	IMECON	GMI	JJC	GMI
Monto contractual	S/. 5,784,250.27	\$ 1,446,426.96	\$ 1,240,776.00	\$ 494,874.05
Fecha inicio contractual	30/04/2010	30/01/2010	23/02/2010	12/01/2010
Plazo ejecución	100	441	90	
Fecha fin contractual	07/08/2010	15/04/2011	23/05/2010	05/03/2010
Fecha fin ampliación de plazo	07/08/2010	15/04/2011	02/06/2010	

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1) En el proyecto de montaje del molino de 2400HP de la línea 9A de SHOUGANG, se utilizó equipamiento eléctrico que cumplen la norma NEMA, por ser una norma adecuada para la operación minera pues se requiere dar energía en forma continua a las operaciones mineras y minimizar los costos por mantenimiento y paradas no programadas de los equipos eléctricos.
- 2) Se ejecutó el fast-track en el proyecto del montaje electromecánico, mediante el cual, se permitió retirarle al montajista electromecánico una parte del proyecto y dárselo a otra empresa especializada para su ejecución, esto resulta más costoso pero involucra llegar a hitos retrasados.
- 3) Las pruebas, verificaciones y puesta en servicio del molino se ejecutó en forma conjunta con personal de Operaciones, Ingeniería, proveedor, montajista, en estas actividades, se elaboró la lista de pendientes o punch list, que es el listado de observaciones del proyecto a superarse.
- 4) Se almacenó los residuos y desperdicios de la obra en el almacén No.5 y depósito de chatarra de la empresa SHOUGANG, siguiendo así las políticas de seguridad y medio ambiente de la empresa.
- 5) Se desarrolló como plan de mejoras del proyecto, la automatización de la línea de molienda 9A con el proyecto de recuperación de espumas, mediante el uso de fibra óptica y usando el sistema de comunicación Device net. También se ejecutó dentro del plan de mejoras, el sistema de aire acondicionado de la sala de control de la Subestación de la Línea 9A.

### Recomendaciones

- 1) Se recomienda dar capacitación al personal de mantenimiento eléctrico de la empresa en el uso de equipos que intervienen en el proyecto como son los MCC, arrancador del molino, relés de protección, variadores de velocidad.

- 2) Se recomienda dar las charlas de seguridad al inicio de cada labor en las disciplinas civil, mecánica, eléctrica. Llevando un control estricto de ello por parte de la supervisión del contratista y de la supervisión del cliente.
- 3) Se recomienda entregar a tiempo los datos técnicos y planos de equipos mayores involucrados en el proyecto, para poder integrar y desarrollar la ingeniería de detalle, para no demorar el desarrollo del proyecto.
- 4) Se recomienda considerar dentro de la gestión de la procura de equipos mayores a empresas reconocida trayectoria en minera.
- 5) Se recomienda utilizar para los proyectos, un almacén techado de gran capacidad pues, durante el desarrollo del proyecto no se tuvo un almacén adecuado y muchos materiales dejados a la intemperie, por ejemplo los tubos conduit se oxidaron ocasionando pérdidas de material.
- 6) Se recomienda efectuar las compras de equipos según el requerimiento en obra para no tener problemas de deterioro y pérdidas de materiales y/o equipos.
- 7) Se recomienda ejecutar el control de calidad de los materiales que se adquieren para los proyectos.
- 8) Se recomienda informar de la ejecución de los proyectos al personal que opera en la planta, ya que al desconocer de ello, no tienen interés de apoyar en las veces que se los requiere. Así también el personal de operaciones, debe de participar durante el proceso de montaje del proyecto.
- 9) Se recomienda implementar un plan de contingencias para cada situación específica en el desarrollo del proyecto, y permitir que previo al inicio de obras se lleve a cabo, como mínimo: la instalación del sistema de comunicaciones y de la señalización informativa, preventiva y reglamentaria.
- 10) Se recomienda elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento para el motor síncrono de molino, por ser un elemento principal en el sistema del molino, ya que una parada por falta de mantenimiento, causaría pérdidas a la operación.
- 11) Se recomienda tomar en cuenta los lineamientos que se estructuran en el PMI (Project Management Institute - USA) para llevar a cabo la ejecución de este y futuros proyectos, con el fin de obtener resultados óptimos de la administración de los proyectos en la empresa.

## ANEXO

Planos como construído del molino de bolas de 2400HP, 4.16kV en la Mina Shougang.

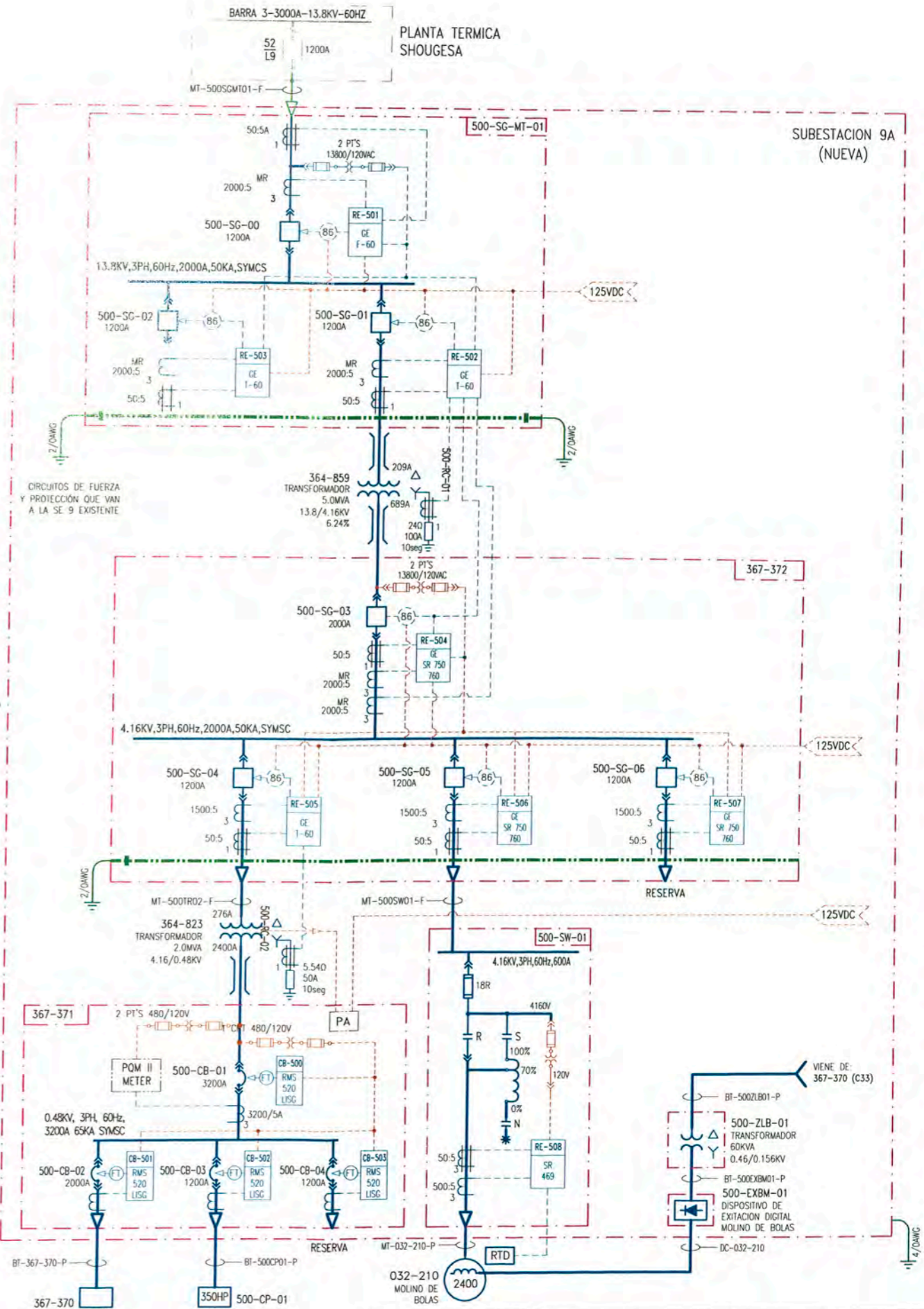
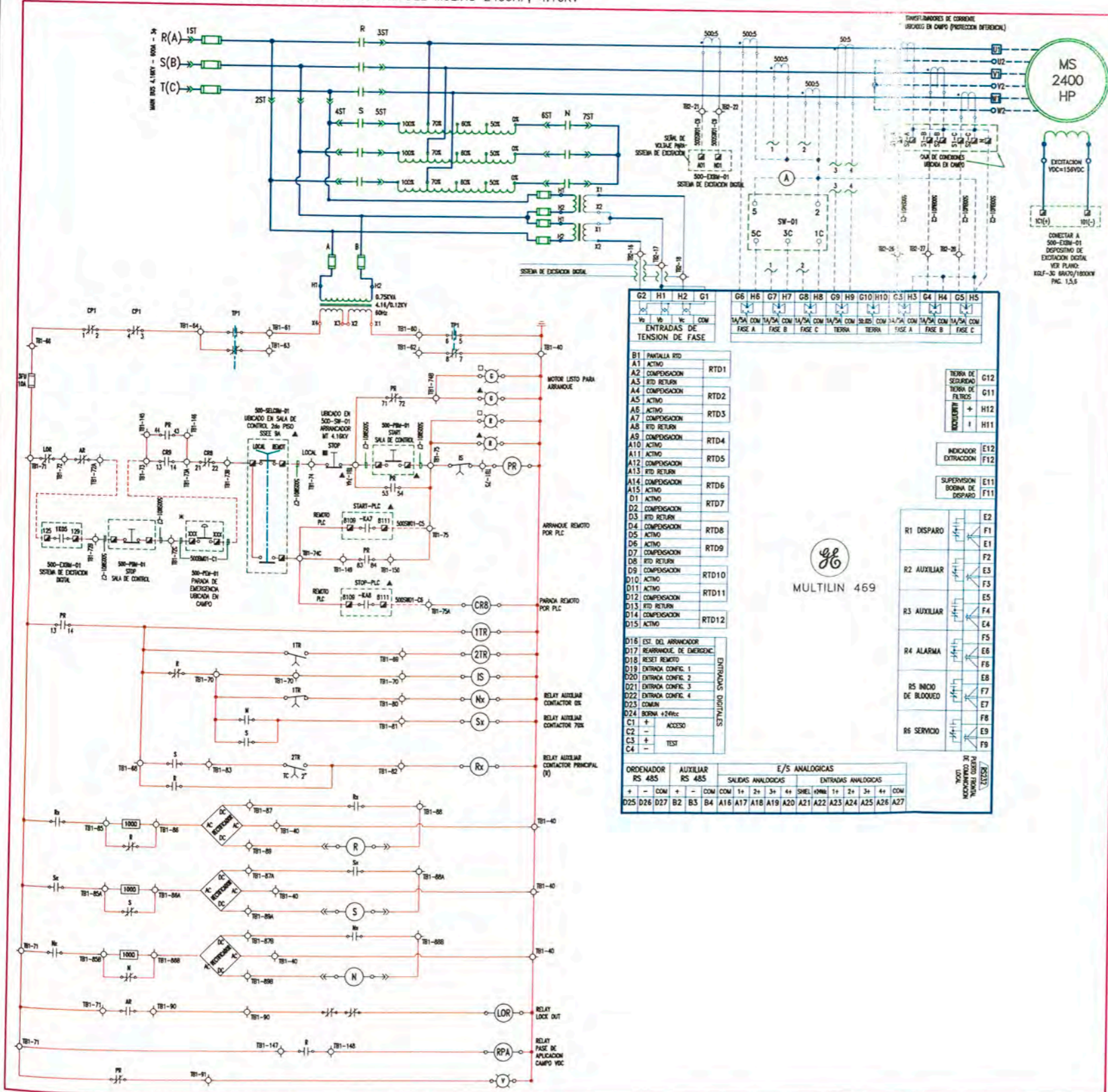
<b>Ítem</b>	<b>Código del plano</b>	<b>Descripción</b>
1	IE-1	Diagrama unifilar de la subestación 9A
2	IE-2	Centro de control de motores en 480 VAC
3	IE-3	Tablero de distribución y servicios auxiliares
4	IE-4	Tablero de instrumentación
5	IE-5	Tablero de distribución de corriente continua
6	IE-6	Tablero de distribución de alumbrado y servicios auxiliares
7	IE-7	Arquitectura, vista de planta y secciones de la subestación 9A
8	IE-8	Disposición de bandejas para cables de fuerza control e instrumentación vista de planta
9	IE-9	Disposición de bandejas para cables de fuerza control e instrumentación vista de corte
10	IE-10	Recorrido de alimentadores de fuerza y control en la subestación 9A

**LEYENDA**

- INSTALACIONES PARA PROYECTO LINEA 10
- - - - - INSTALACIONES EXISTENTE
- ▨ ZONA DE PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA LINEA 9, PLANTA MAGNETICA Y NUEVA PLANTA DE FILTRADO
- RMF RELE MULTIFUNCION
- SYMSC CORRIENTE SIMETRICA DE CORTOCIRCUITO
- PA PANEL DE ALARMA

- 1K05 = ALLOW HIGH VOLTAGE SWITCH ON (VER PLANO: KGLF-36 GRA70/1800KW pag. 3)
- 1K09 = FAULT SIGNAL OUTPUT (VER PLANO: KGLF-36 GRA70/1800KW pag. 3)
- TP1 = BLOQUEO MECANICO PUERTA
- LOR = RELAY LOCK-OUT (PROTECCION B6)
- 1TR = TEMPORIZADOR
- 2TR = TEMPORIZADOR
- IS = TEMPORIZADOR
- = UBICADO EN PANEL DE CONTROL (SUBESTACION)
- ✱ = UBICADO EN CAMPO (CERCA AL MOTOR)
- ▲ = UBICADO EN SALA DE CONTROL
- ▣ = BORNERA UBICADA FUERA DEL ARRANCADOR

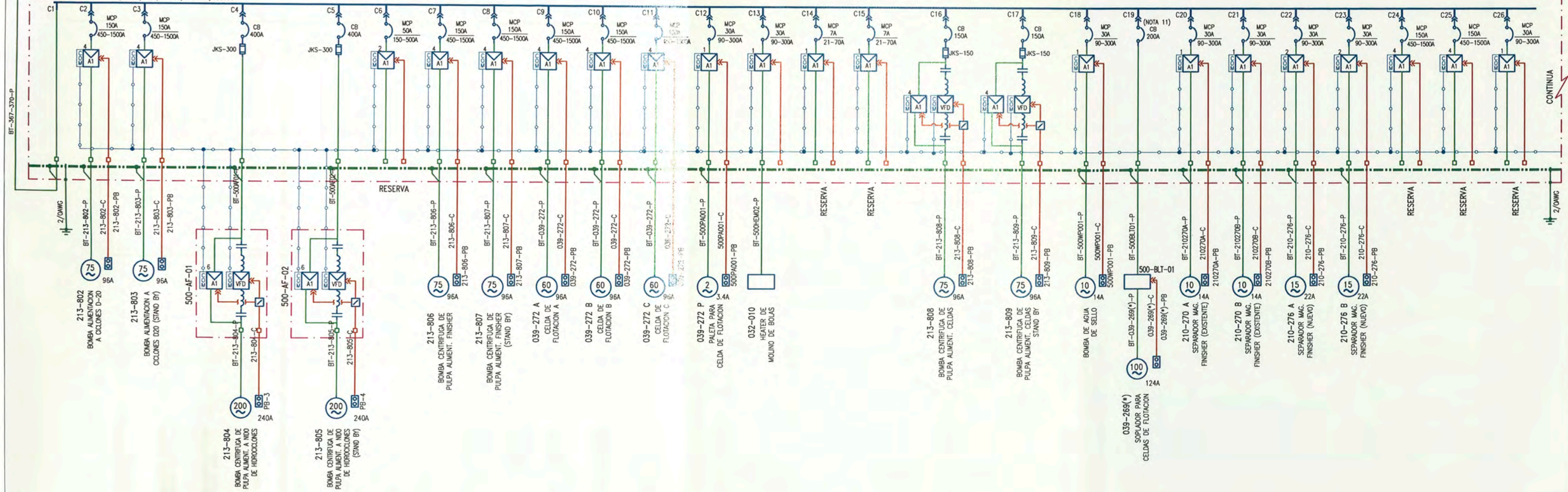
CIRCUITO DE CONTROL DEL ARRANQUE DEL MOTOR SINCRONO DEL MOLINO 2400HP, 4.16KV



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>		<b>PLANO No.</b>  <b>IE-1</b>	
	FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
	DIBUJADO POR: R.LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS		FECHA: 28-10-2011
	REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACION 9A DIAGRAMA DE CONTROL DEL ARRANQUE DEL MOLINO		

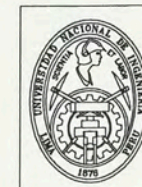
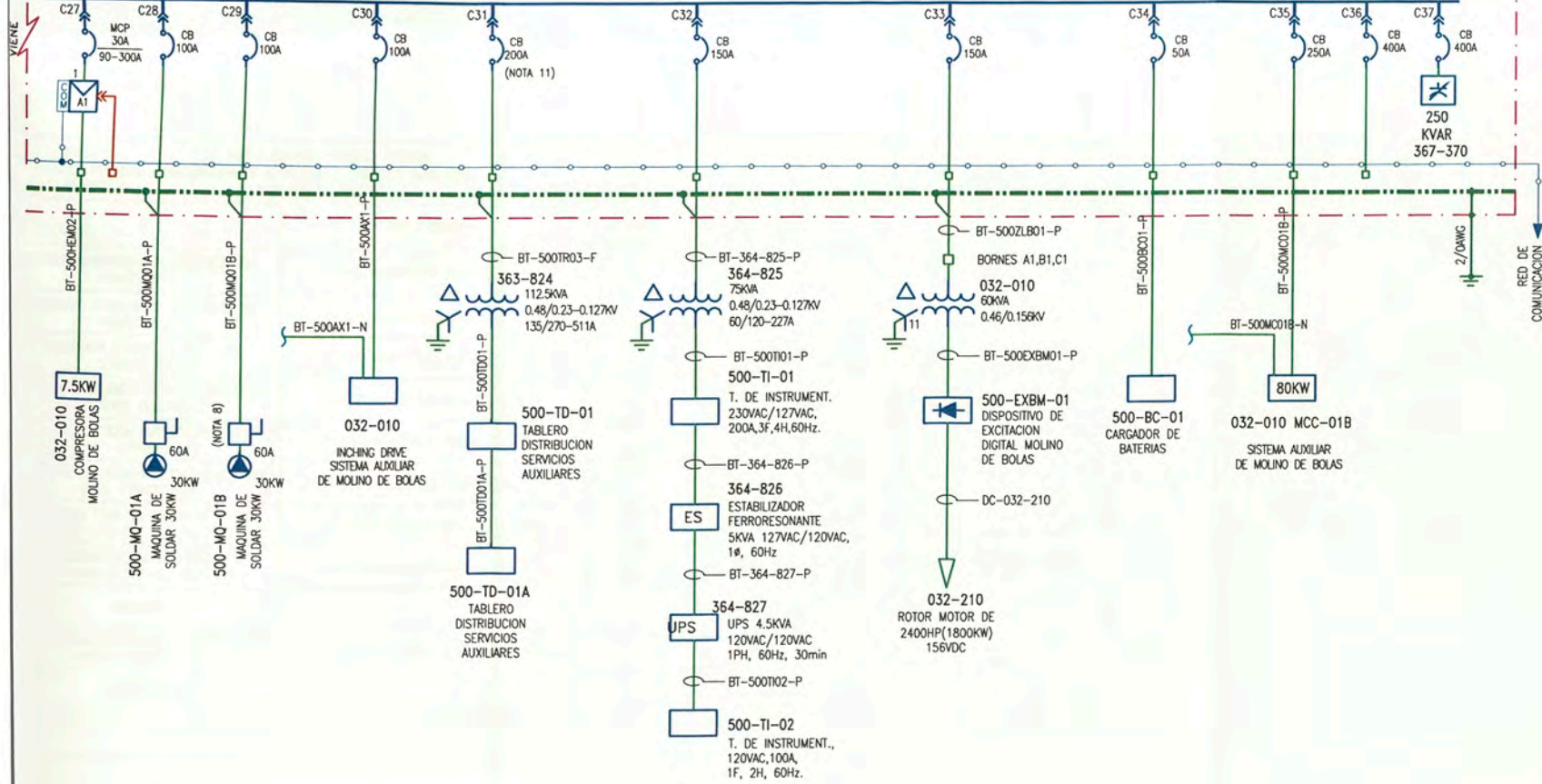
367-370

480VAC, 3PH, 3W, 60Hz, 3200A, 65KA



367-370

480VAC, 3PH, 3W, 60Hz, 3200A, 65KA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑADO POR: R.LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS	PLANO No.
REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 VAC	IE-2
FECHA: 23-10-2011	APROBADO POR: M.F.T.	

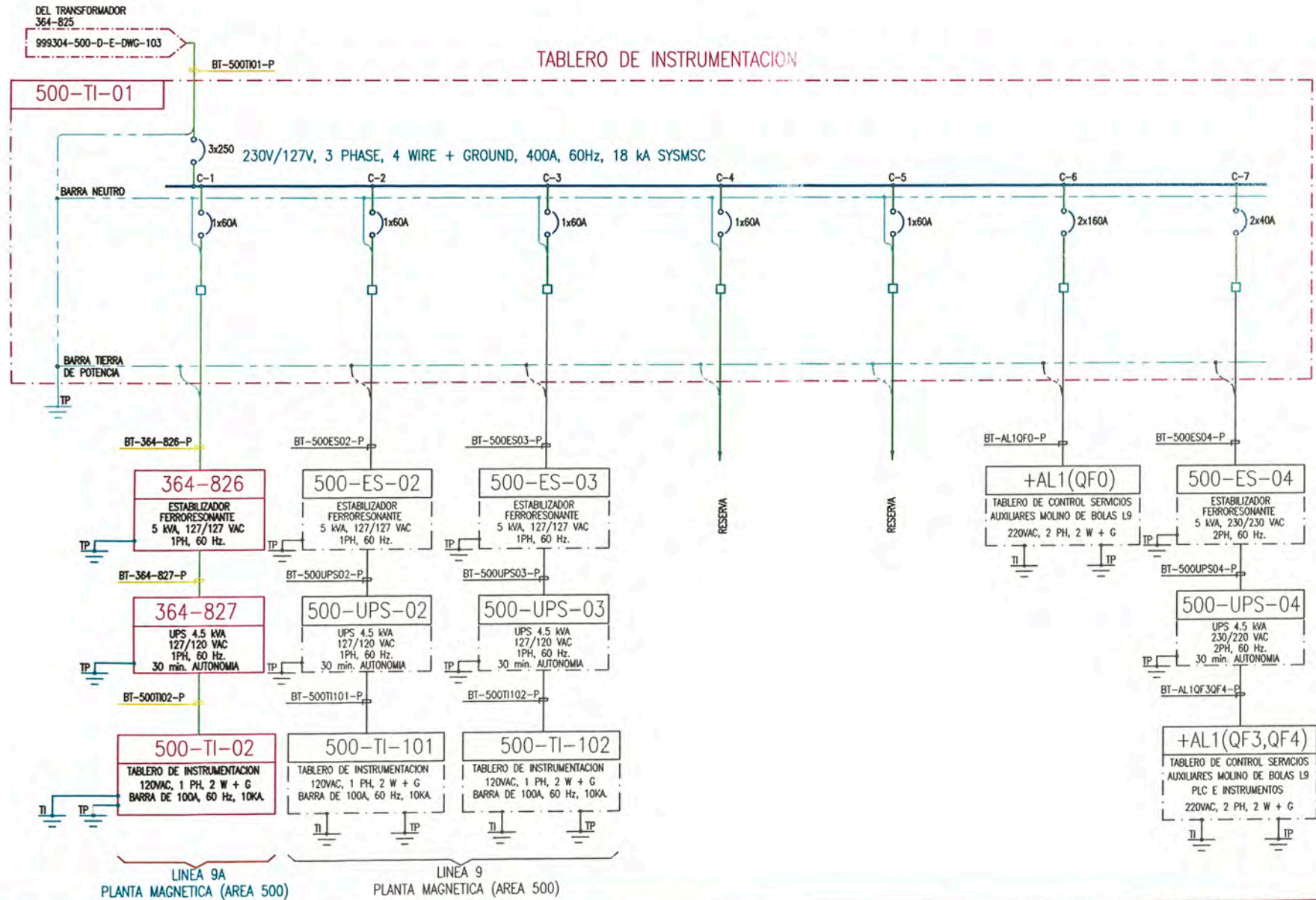
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DISYUNTOR TIPO FIJO
	INTERRUPTOR DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL
	FOTOCELULA
	CONTACTOR DE ALUMBRADO
	SELECTOR MANUAL-O-AUTOMATICO
	TIERRA DE POTENCIA



UBICACIÓN : EN SALA ELÉCTRICA SERVICIO INTERIOR		SERVICIO INTERIOR : DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO Y SERVICIOS AUXILIARES		MONTAJE : MONTADO EN PARED		230 V/127V.; 3 FASES, 4 HILOS + TIERRA; 60 Hz		INTERRUPTOR GENERAL : 3 x 400A						
TABLERO 500-TD-01														
A	CABLE CONDUIT	CARGA (W)			PROTECCIÓN	CTO. N°		CTO. N°	PROTECCIÓN	CARGA (W)			CABLE CONDUIT	A
		A	B	C						A	B	C		
ALUMBRADO SUBESTACION ELECTRICA L9A PRIMER NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				2x20A	C-1		C-2	2x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"	ALUMBRADO SUBESTACION ELECTRICA L9A PRIMER NIVEL	
ALUMBRADO SUBESTACION ELECTRICA L9A PRIMER NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				2x20A	C-3		C-4	2x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"	ALUMBRADO CUARTO DE CONTROL Y HALL L9A SEGUNDO NIVEL	
ALUMBRADO CUARTO DE PLC'S L9A SEGUNDO NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				2x20A	C-5		C-6	2x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"	ALUMBRADO CUARTO DE BATERIAS L9A SEGUNDO NIVEL	
ILUMINACION DE EMERGENCIA Y SENALIZACION SUBESTACION ELECTRICA L9A	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				2x20A	C-7		C-8	2x20A				RESERVA	
TOMACORRIENTES 220V SUBESTACION ELECTRICA L9A - PRIMER NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				2x20A	C-9		C-10	2x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"	TOMACORRIENTES 220V SUBESTACION ELECTRICA L9A - SEGUNDO NIVEL	
TOMACORRIENTES 120V SUBESTACION ELECTRICA L9A - PRIMER NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				1x20A	C-11		C-12	1x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"	TOMACORRIENTES 120V SUBESTACION ELECTRICA L9A - SEGUNDO NIVEL	
IMPRESORA PARA SUPERVISION EN 120V SUBESTACION ELECTRICA L9A SEGUNDO NIVEL	2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/3/4"				1x20A	C-13		C-14	1x20A			2-1/C 4mm2+1/C 4mm2 (T)/1"	RESERVA	
VENTILADORES DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION 364-853 SSEE L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (T)/1"				2x30A	C-15		C-16	2x30A			2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (T)/1"	VENTILADORES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 364-823 SSEE L9A	
RESERVA					2x20A	C-17		C-18	2x20A				RESERVA	
TABLERO DE DISTRIBUCION 500-TD-1A MOLINO DE BOLAS L9A	3-1/C 130mm2+1/C 35mm2 (T)/4"				3x250A	C-19		C-20	3x250A			3-1/C 130mm2+1/C 35mm2 (T)/4"	TABLERO DE DISTRIBUCION 500-TD-1B MOLINO DE BOLAS L9	
SUBTOTAL (W)													SUBTOTAL (W)	
CARGA TOTAL:														



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PLANO No. <b>IE-3</b>
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
DIBUJADO POR: R. LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS	
REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIOS AUXILIARES	
APROBADO POR: M.F.T.		
FECHA: 28-10-2011		



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DISYUNTOR TIPO FUJO
	TIERRA DE INSTRUMENTACION
	TIERRA DE POTENCIA

UBICACIÓN : EN SUBESTACION ELÉCTRICA (INTERIOR)		SERVICIO INTERIOR : DISTRIBUCIÓN DE INSTRUMENTACION		MONTAJE : MONTADO EN PARED		230/127VAC, 3 PHASE, 4 WIRE + GROUND, 400A, 60 Hz		MAIN BREAKER : 3 x 250A		
TABLERO 500-TI-01										
A	CABLE / CONDUIT	CARGA (VA)			PROTECCIÓN	CTD. N°	CTO. N°	PROTECCIÓN	CABLE / CONDUIT	A
ESTABILIZADOR FERRORESONANTE 364-826	1x35mm2(PH)+1x35mm2(N)+1x10mm2(G) 2" PVC SCH40	5000	---	---	1x60A	C-1	C-2	1x60A	1x35mm2(PH)+1x35mm2(N)+1x10mm2(G) 2" PVC SCH40	ESTABILIZADOR FERRORESONANTE 500-ES-02
ESTABILIZADOR FERRORESONANTE 500-ES-03	1x35mm2(PH)+1x35mm2(N)+1x10mm2(G) 2" PVC SCH40	---	5000	---	1x60A	C-3	C-4	1x60A	---	RESERVA
RESERVA	---	---	---	---	1x60A	C-5	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	C-6	2x160A	2-1x70mm2 (PH)+1x16mm2(G) 2" PVC SCH40	+AL1 (QF0)
ESTABILIZADOR FERRORESONANTE 500-ES-04	2-1x35mm2(PH)+1x10mm2(G) 2" PVC SCH40	2500	---	2500	2x40A	C-7	---	---	---	---
SUBTOTAL (VA)		7500	5000	2500					5000 14080 14080	SUBTOTAL (VA)
CARGA TOTAL: 48.16 KVA										

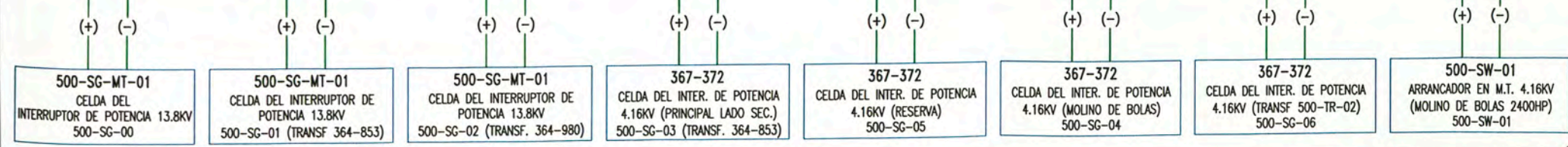
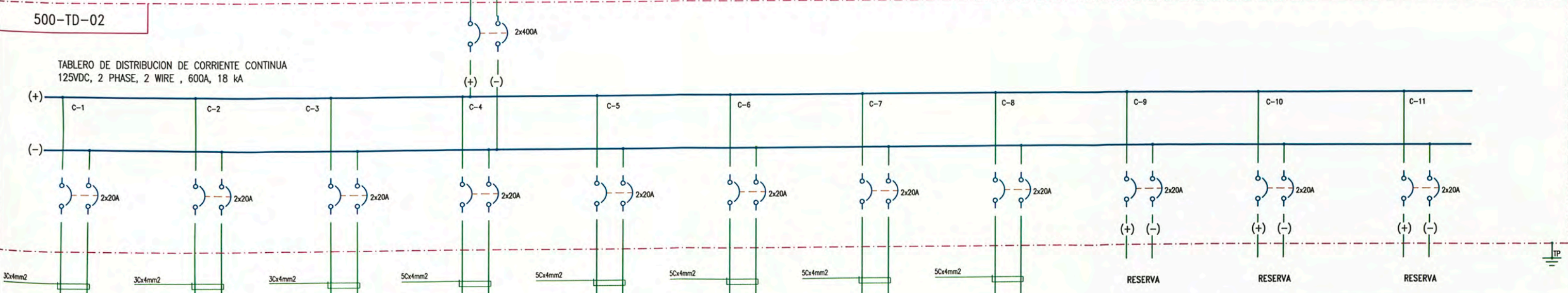
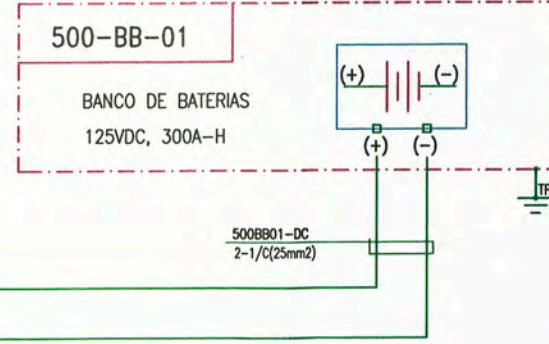
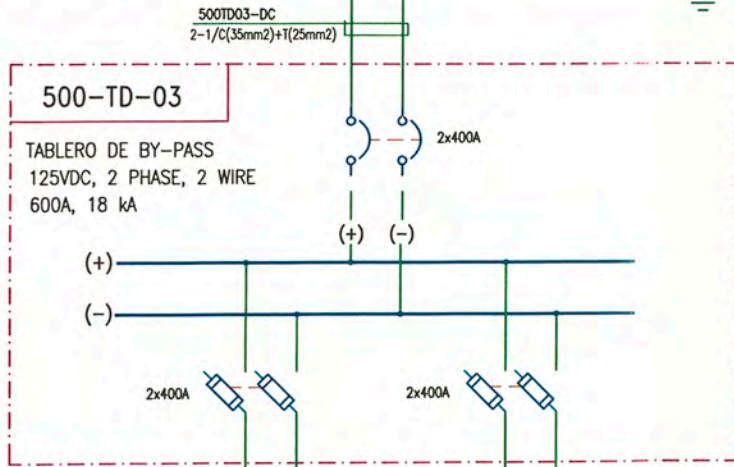
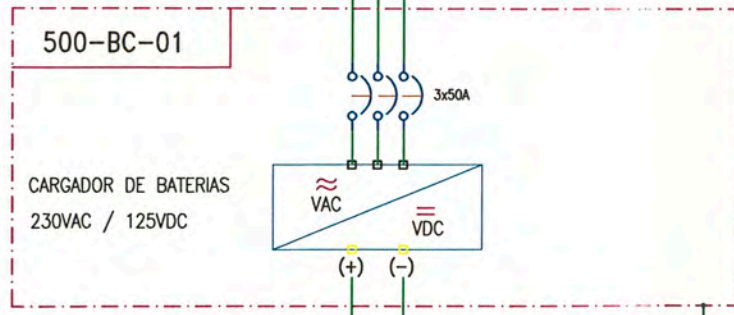
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		<b>PLANO No.</b> <b>IE-4</b>	
	DIBUJADO POR: R.LAUREANO	INFORME DE SUFFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS		
	REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: TABLERO DE INSTRUMENTACIÓN		
	APROBADO POR: M.F.T.	FECHA: 23-10-2011		



DEL MCC EN 480 VAC  
367-370

999304-500-D-E-DWG-103

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DISYUNTOR TIPO FIJO
	SECCIONADOR CON FUSIBLE
	TIERRA DE POTENCIA

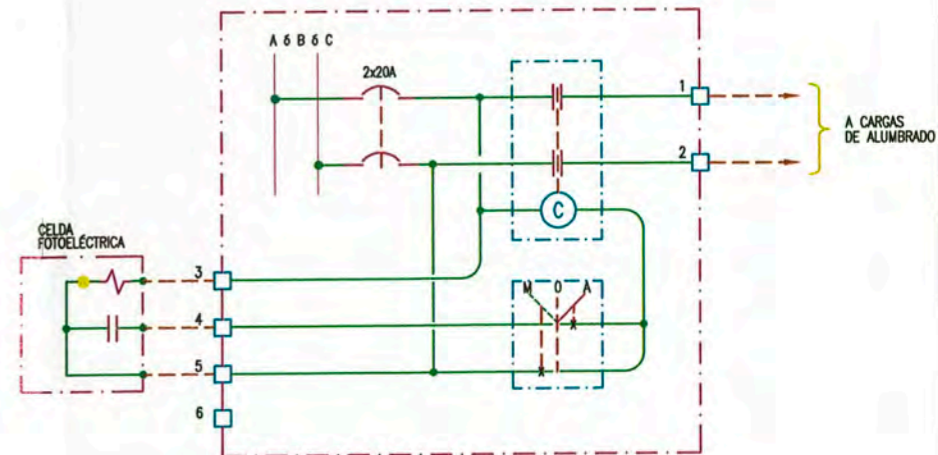
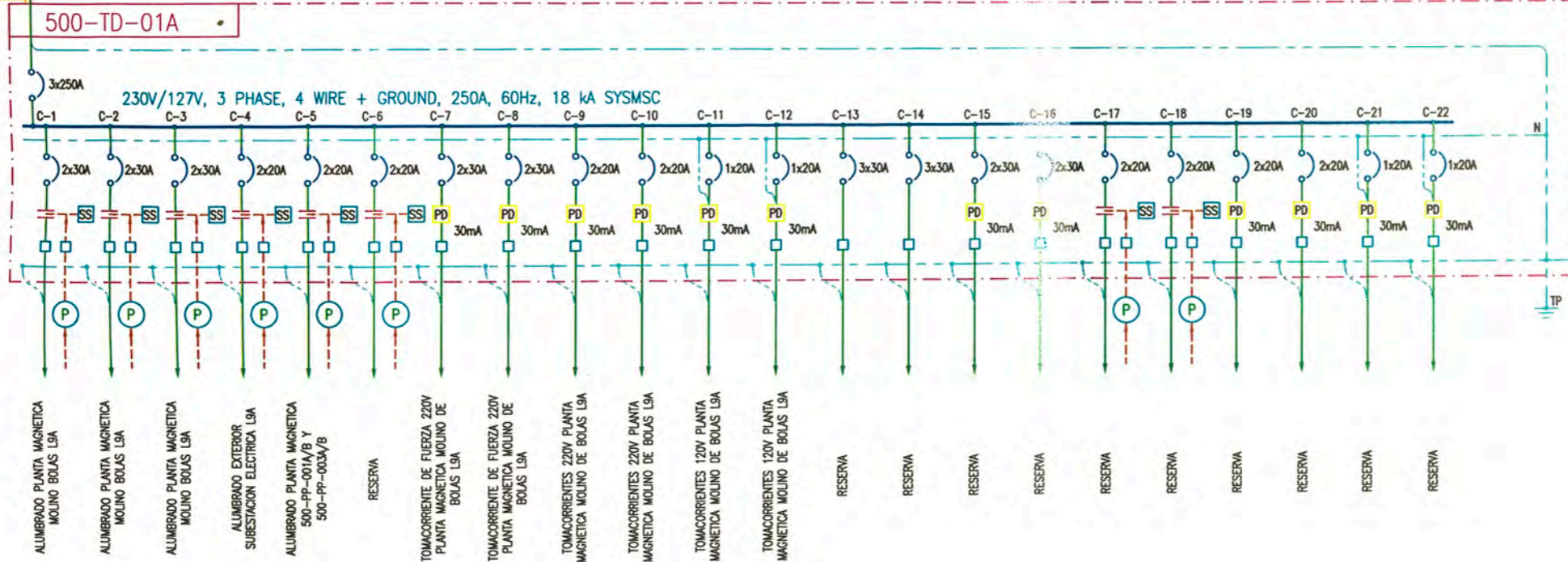


SSEE9A - LINEA 9A PLANTA MAGNETICA (AREA 500)

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		<b>PLANO No.</b> <b>IE-5</b>	
	DIBUJADO POR: R. LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS		
	REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA		
FECHA: 25-10-2011	APROBADO POR: M.F.T.			

DEL TABLERO DE DISTRIBUCION  
500-TD-01  
999304-500-D-E-DWG-104

TABLERO DE DISTRIBUCION DE MOLINO DE BOLAS L9A



CIRCUITO TÍPICO DE ALUMBRADO EXTERIOR  
DIAGRAMA No. 1

UBICACIÓN : EN SALA ELÉCTRICA SERVICIO INTERIOR  
SERVICIO INTERIOR : DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO Y SERVICIOS AUXILIARES  
MONTAJE : MONTADO EN PARED

TABLERO 500-TD-01A

230 V/127V.; 3 FASES, 4 HILOS + TIERRA; 60 Hz  
INTERRUPTOR GENERAL : 3 x 250A

A	CABLE CONDUIT	CARGA (W)			PROTECCIÓN	CTO. N°	Diagrama	CTO. N°	PROTECCIÓN	CARGA (W)			CABLE CONDUIT	A
		A	B	C						A	B	C		
ALUMBRADO PLANTA MAGNETICA MOLINO BOLAS L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				2x20A	C-1		C-2	2x20A				2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"	ALUMBRADO PLANTA MAGNETICA MOLINO BOLAS L9A
ALUMBRADO PLANTA MAGNETICA MOLINO BOLAS L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				2x20A	C-3		C-4	2x20A				2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"	ALUMBRADO EXTERIOR SUBSTACION ELECTRICA L9A
ALUMBRADO PLANTA MAGNETICA 213-802/213-803 Y 213-806/213-807	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				2x20A	C-5		C-6	2x20A					RESERVA
TOMACORRIENTE DE FUERZA 220V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				2x30A	C-7		C-8	2x30A				2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"	TOMACORRIENTE DE FUERZA 220V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A
TOMACORRIENTES 220V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				2x20A	C-9		C-10	2x20A				2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"	TOMACORRIENTES 220V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A
TOMACORRIENTES 120V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A	2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"				1x20A	C-11		C-12	1x20A				2-1/C 6mm2+1/C 6mm2 (1)/1"	TOMACORRIENTES 120V PLANTA MAGNETICA MOLINO DE BOLAS L9A
RESERVA								C-13	3x30A					RESERVA
RESERVA								C-14	3x30A					RESERVA
RESERVA								C-15	2x30A					RESERVA
RESERVA								C-16	2x30A					RESERVA
RESERVA								C-17	2x20A					RESERVA
RESERVA								C-18	2x20A					RESERVA
RESERVA								C-19	2x20A					RESERVA
RESERVA								C-20	2x20A					RESERVA
RESERVA								C-21	1x20A					RESERVA
SUBTOTAL (W)														SUBTOTAL (W)

CARGA TOTAL:

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DISYUNTOR TIPO FMO
	INTERRUPTOR DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL
	FOTOCELULA
	CONTACTOR DE ALUMBRADO
	SELECTOR MANUAL-O-AUTOMATICO
	TIERRA DE POTENCIA

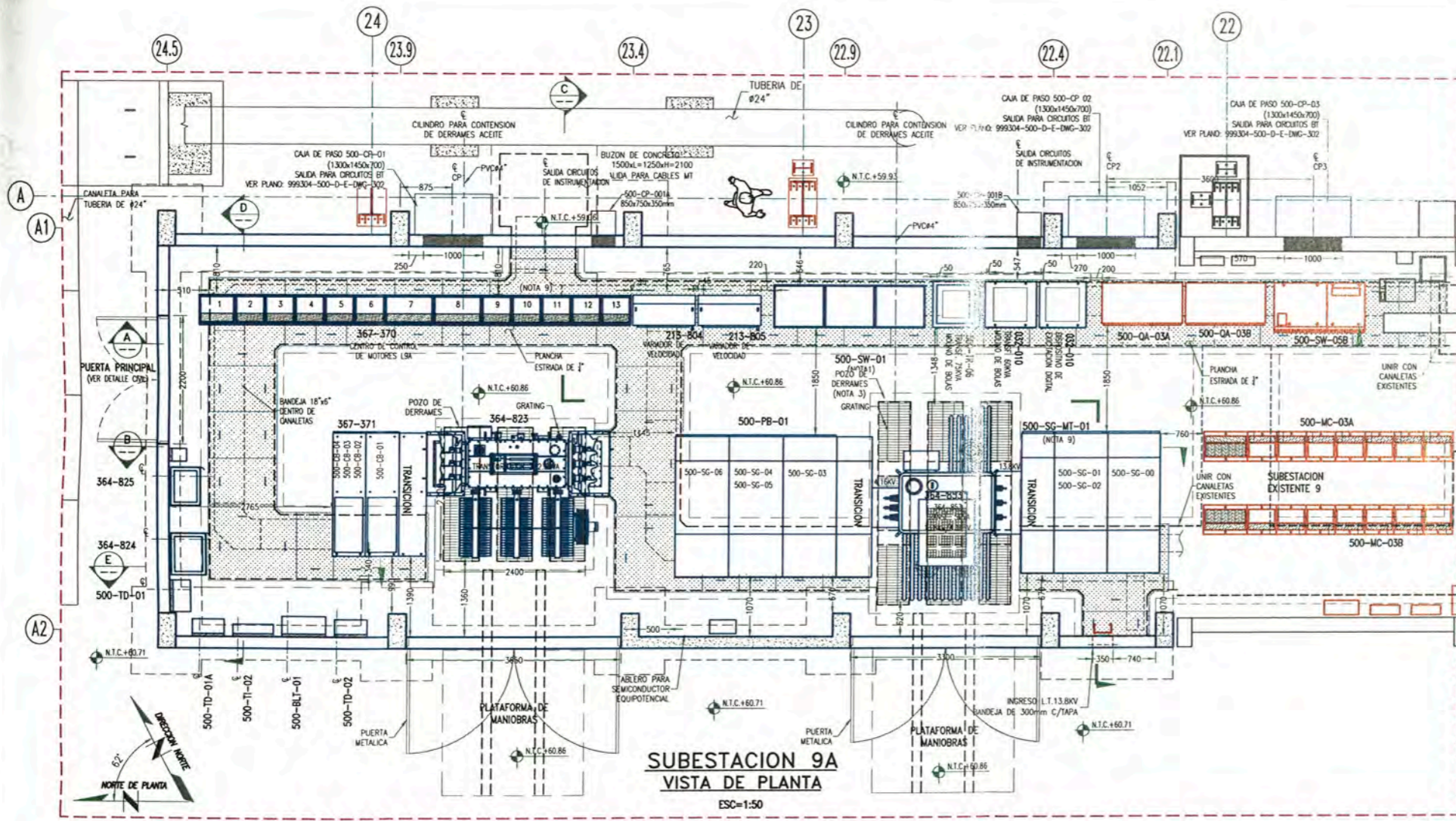


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

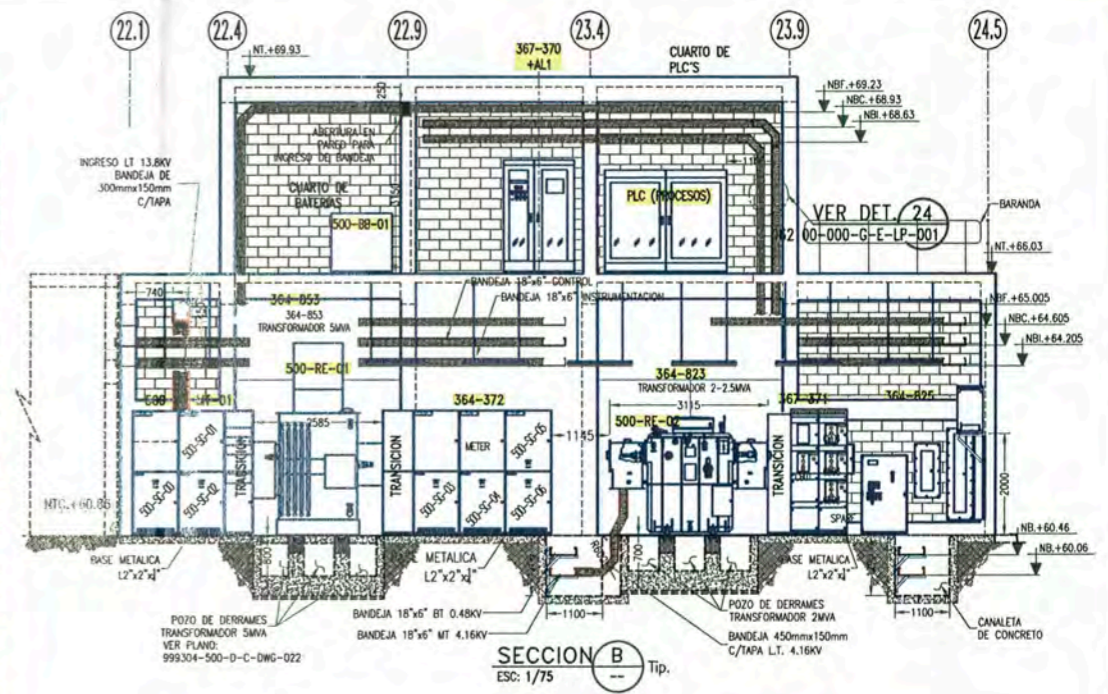
DIBUJADO POR: R. LAUREANO  
 REVISADO POR: M. C. A.  
 APROBADO POR: M. F. T.  
 INFORME DE SUFICIENCIA  
 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS  
 TÍTULO:  
 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO Y SERVICIOS AUXILIARES

PLANO No.  
IE-6

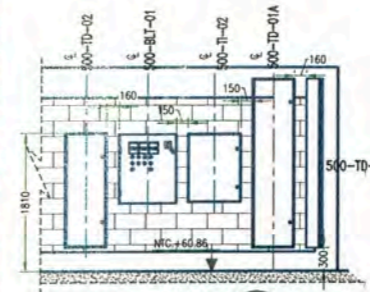
FECHA: 23-10-2011



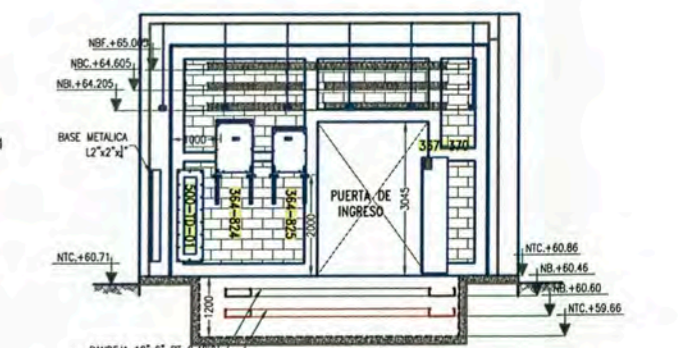
**SUBESTACION 9A  
VISTA DE PLANTA**  
ESC=1:50



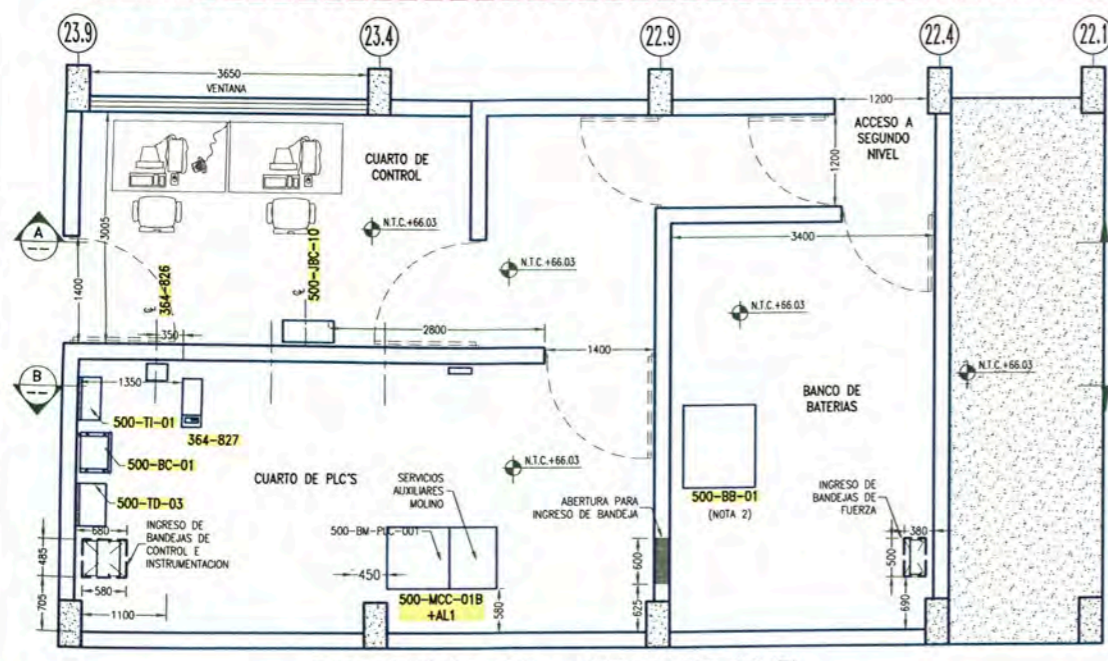
**SECCION B**  
Tip.  
ESC: 1/75



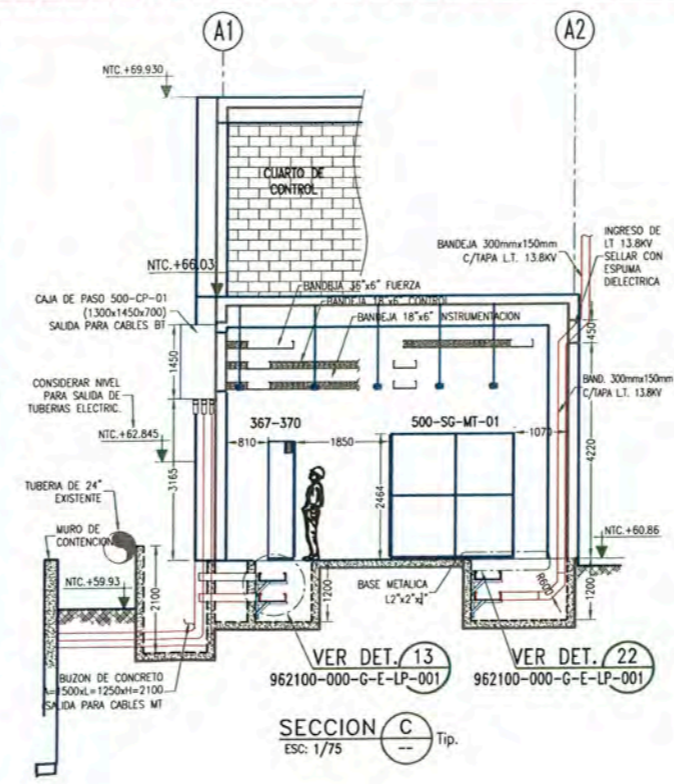
**SECCION E**  
Tip.  
ESC: 1/50



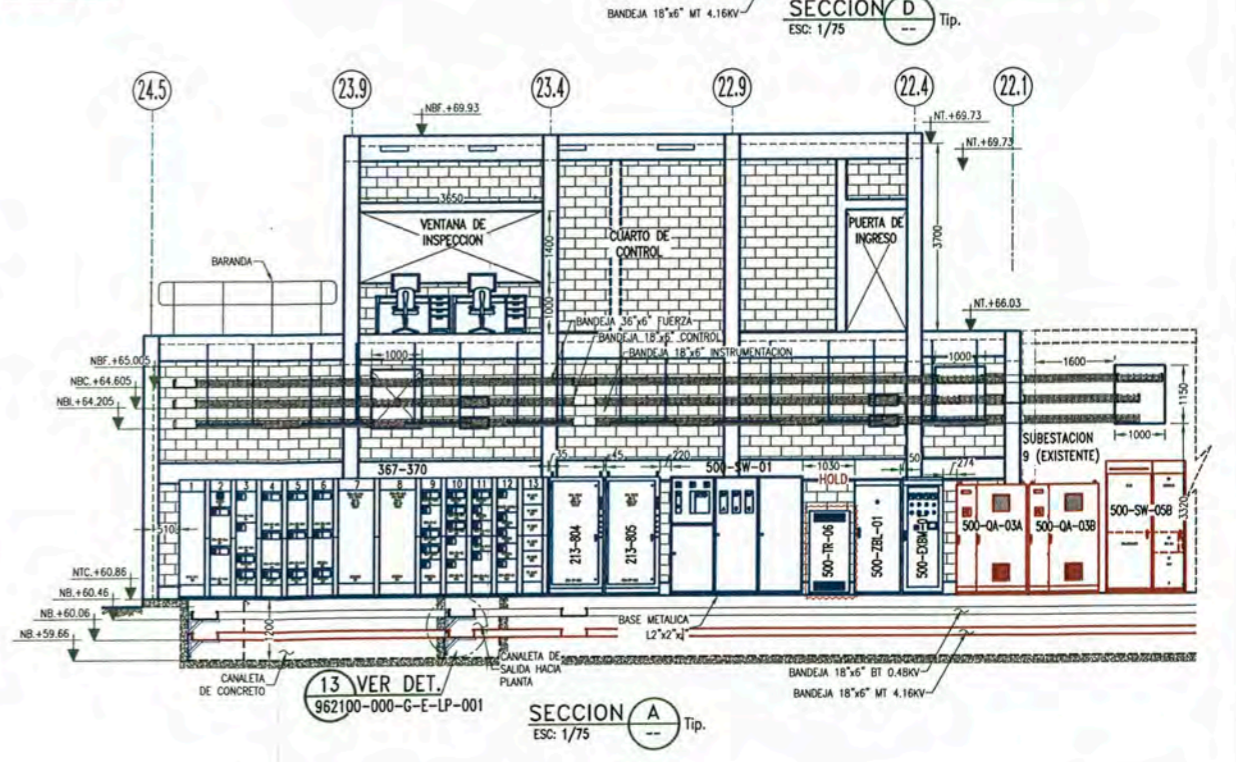
**SECCION D**  
Tip.  
ESC: 1/75



**SUBESTACION 9A - SEGUNDO NIVEL  
VISTA DE PLANTA**  
ESC=1:50

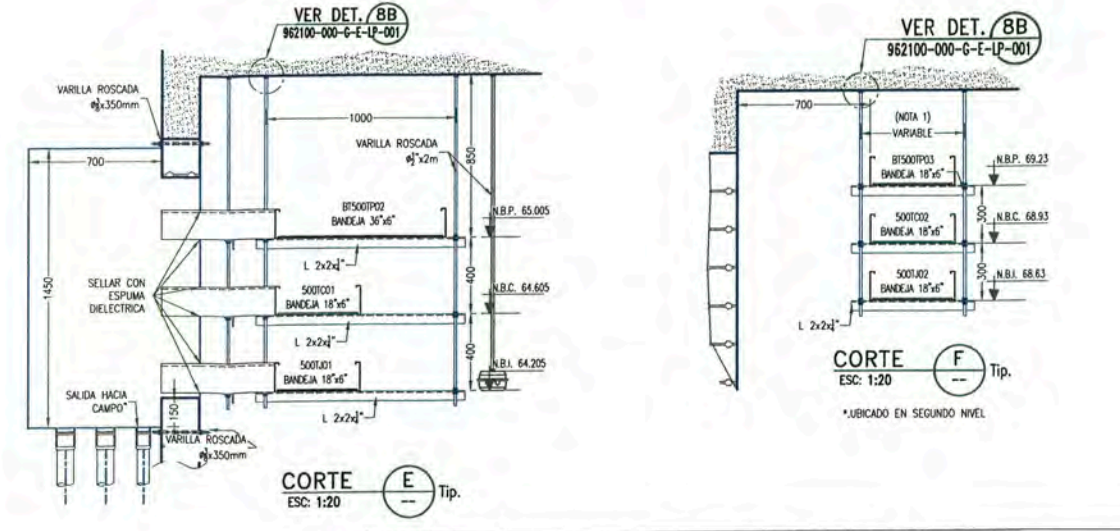
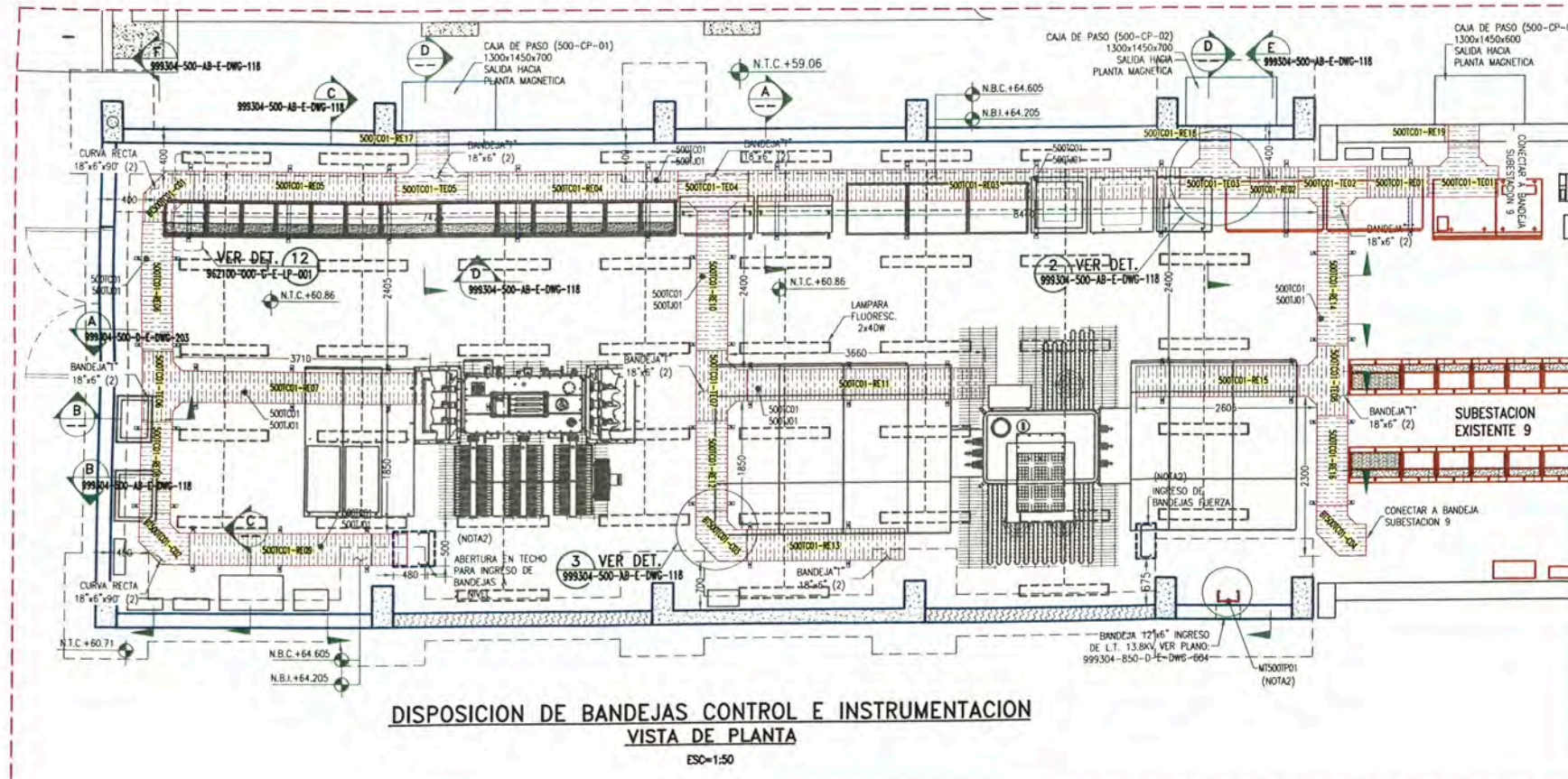
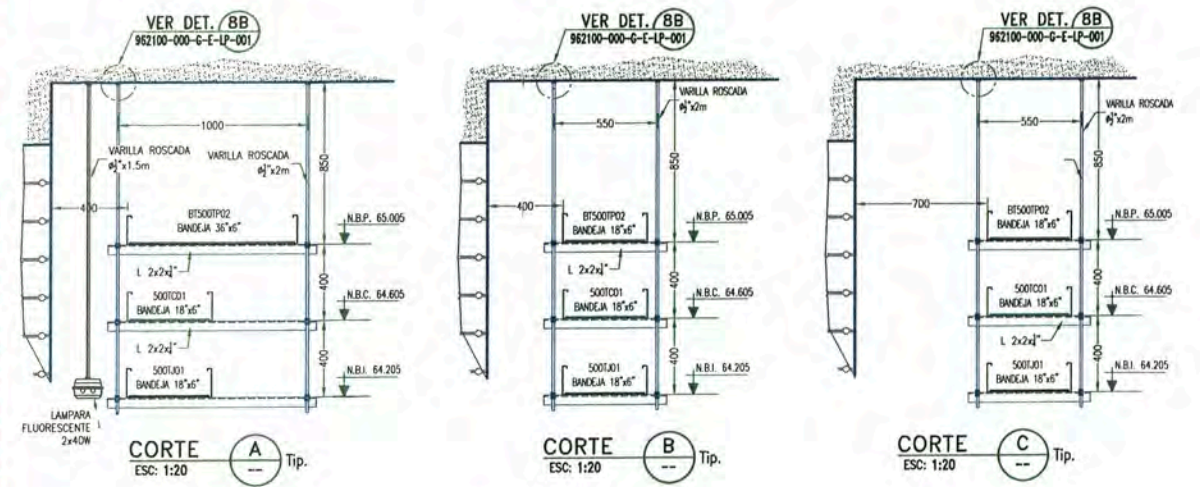
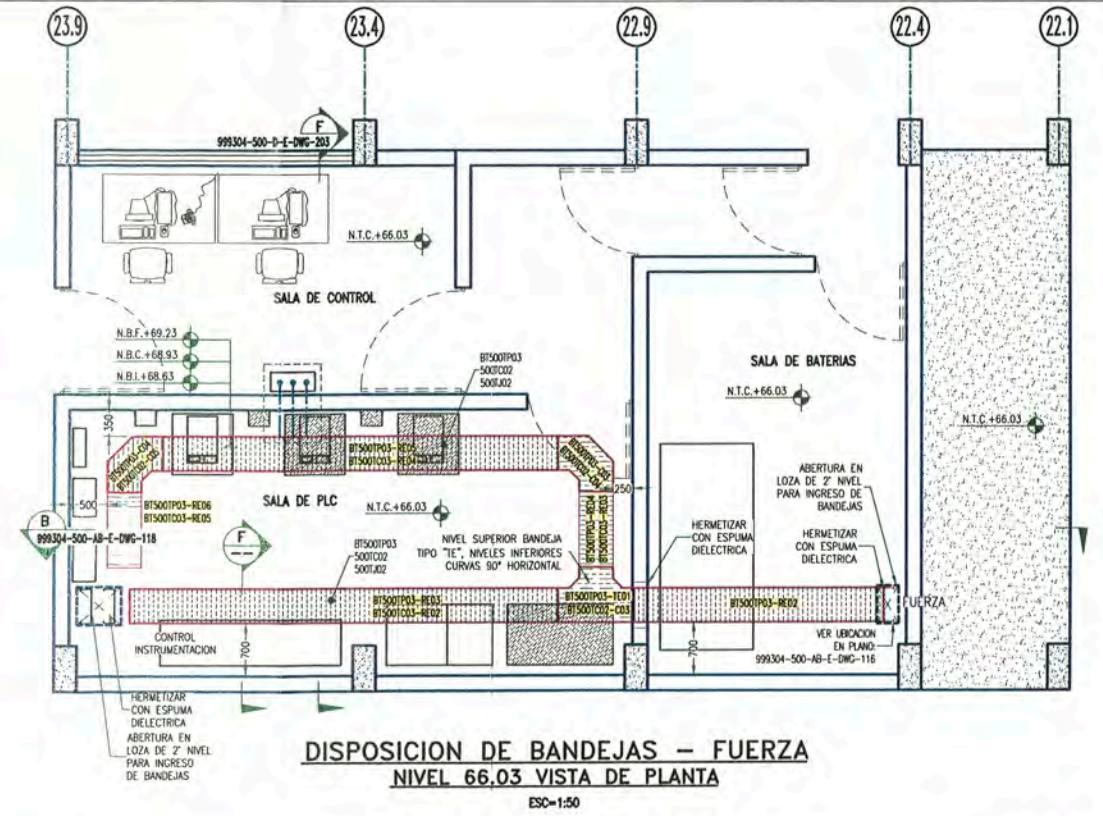
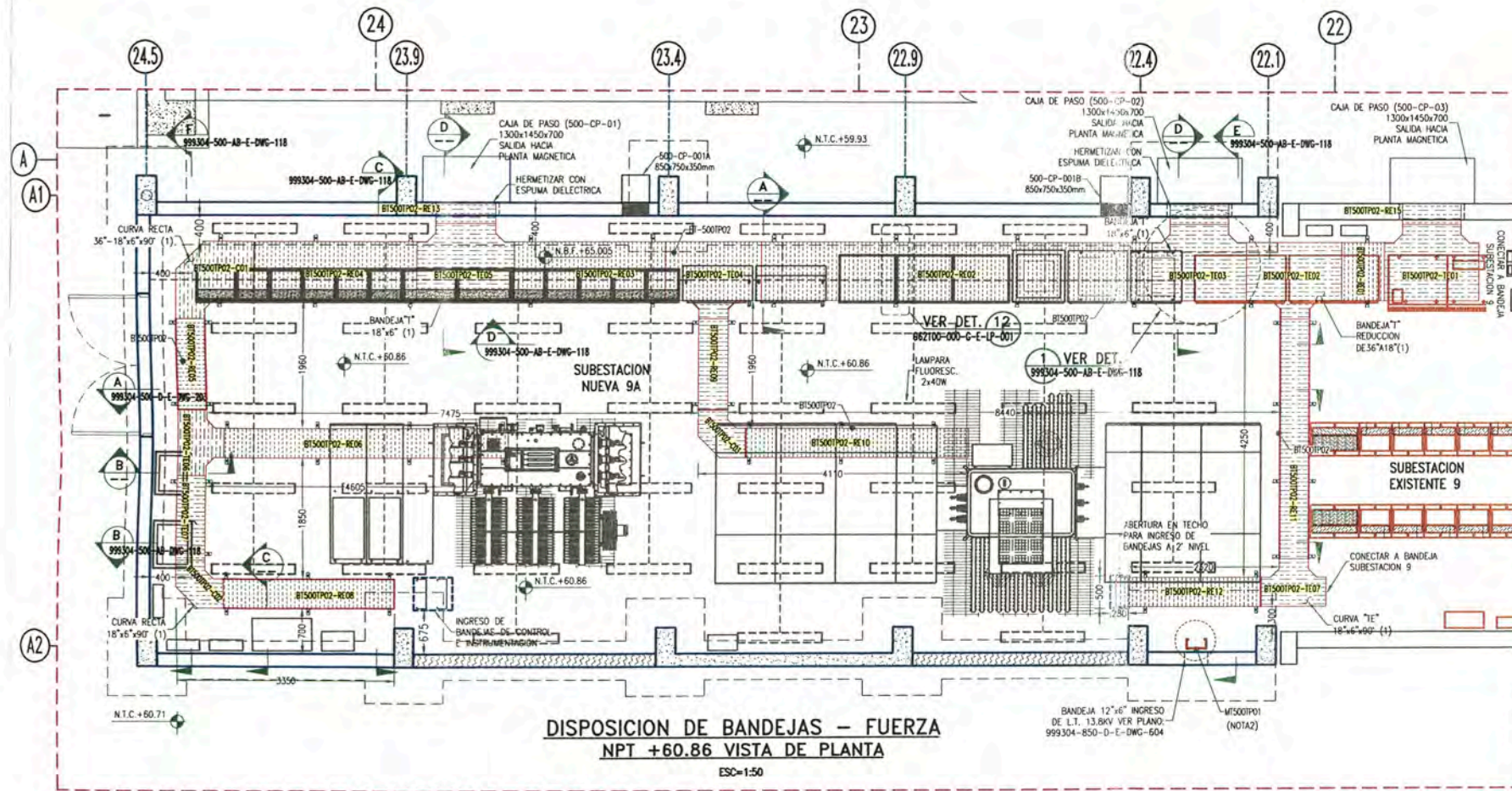


**SECCION C**  
Tip.  
ESC: 1/75

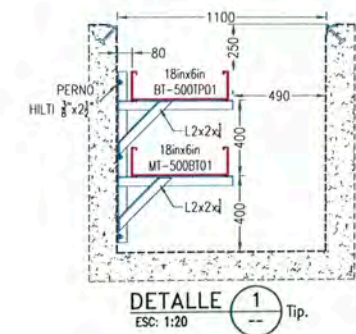
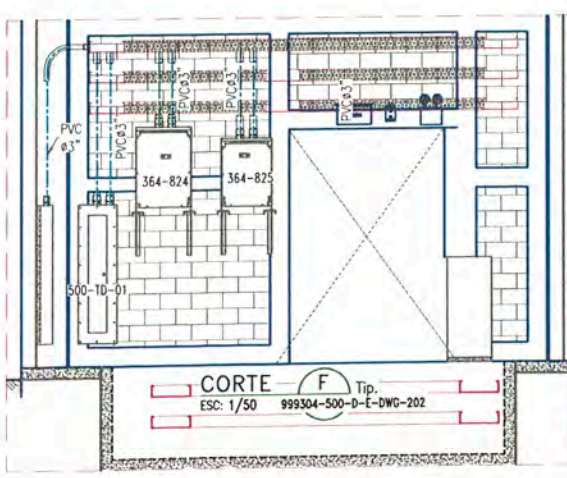
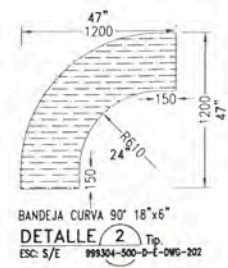
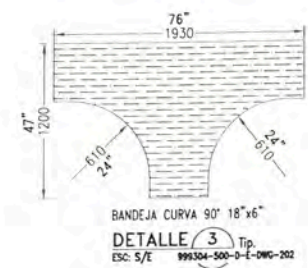
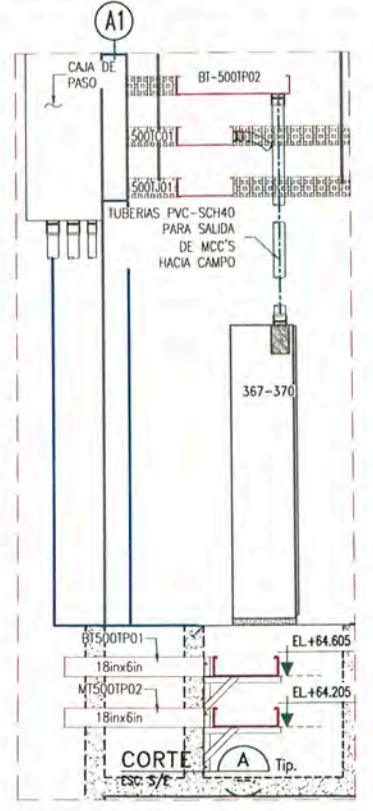
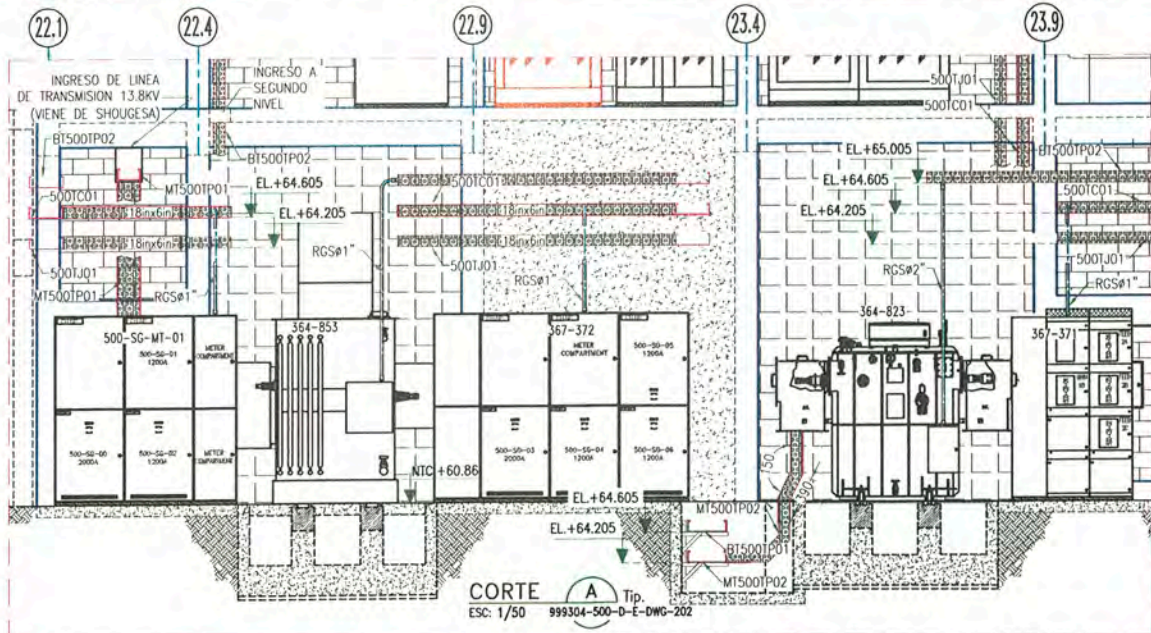
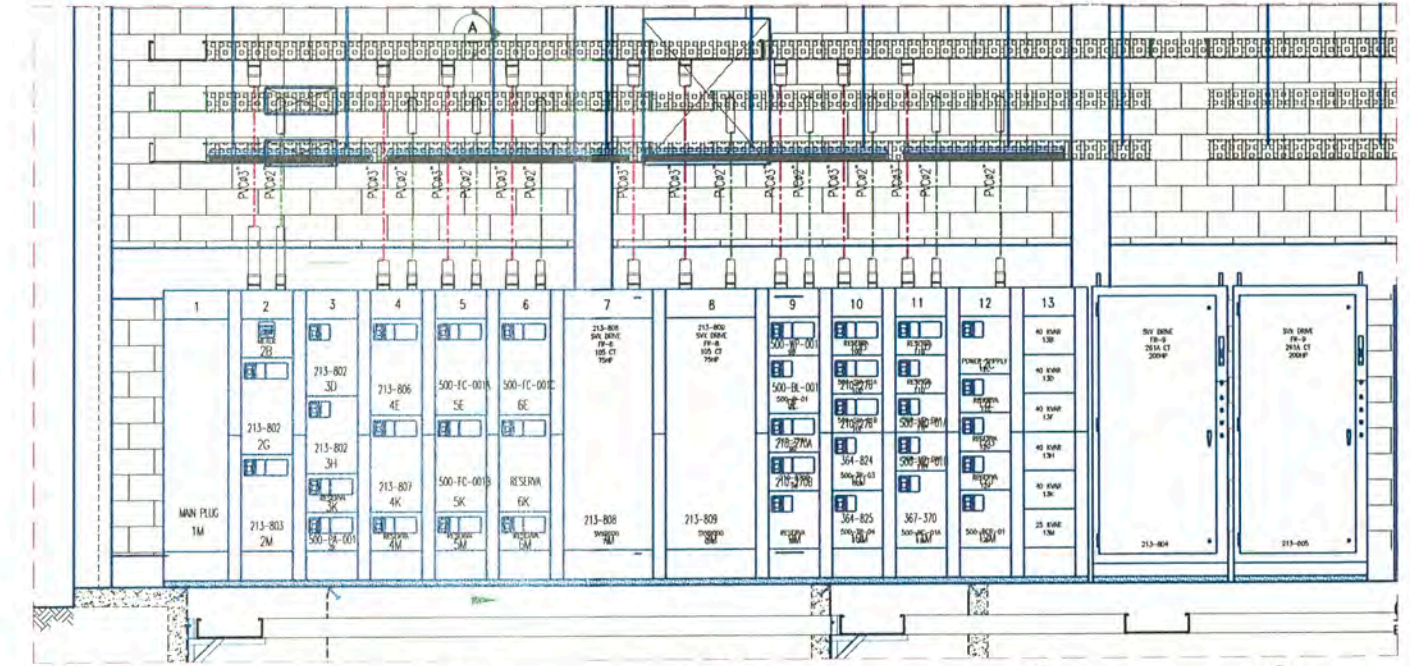
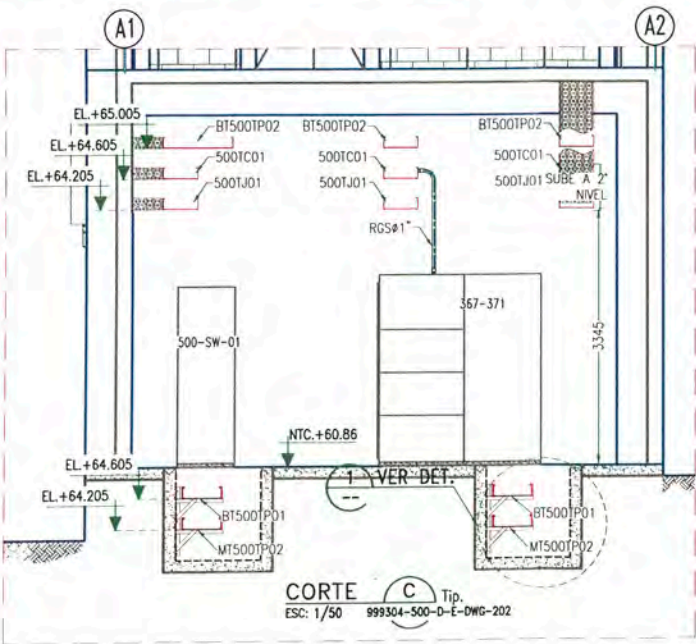
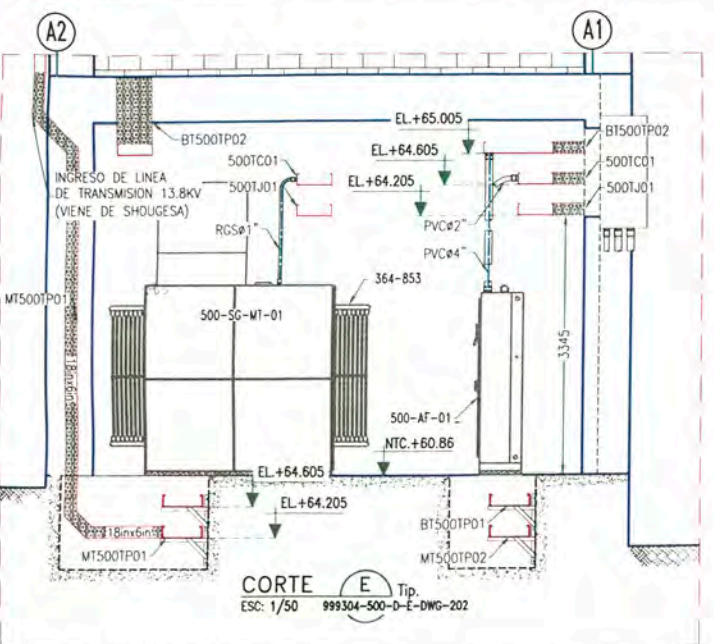
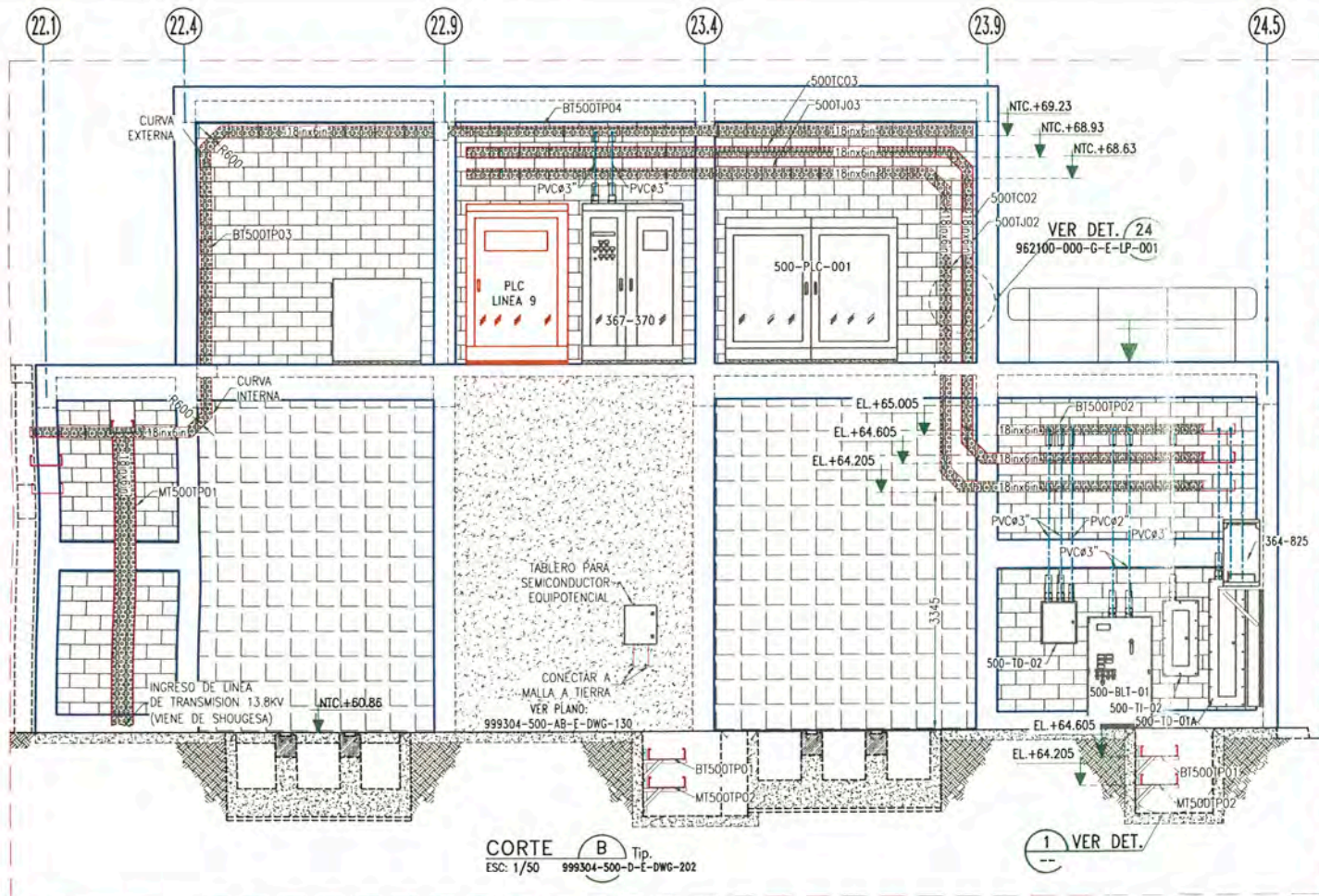


**SECCION A**  
Tip.  
ESC: 1/75

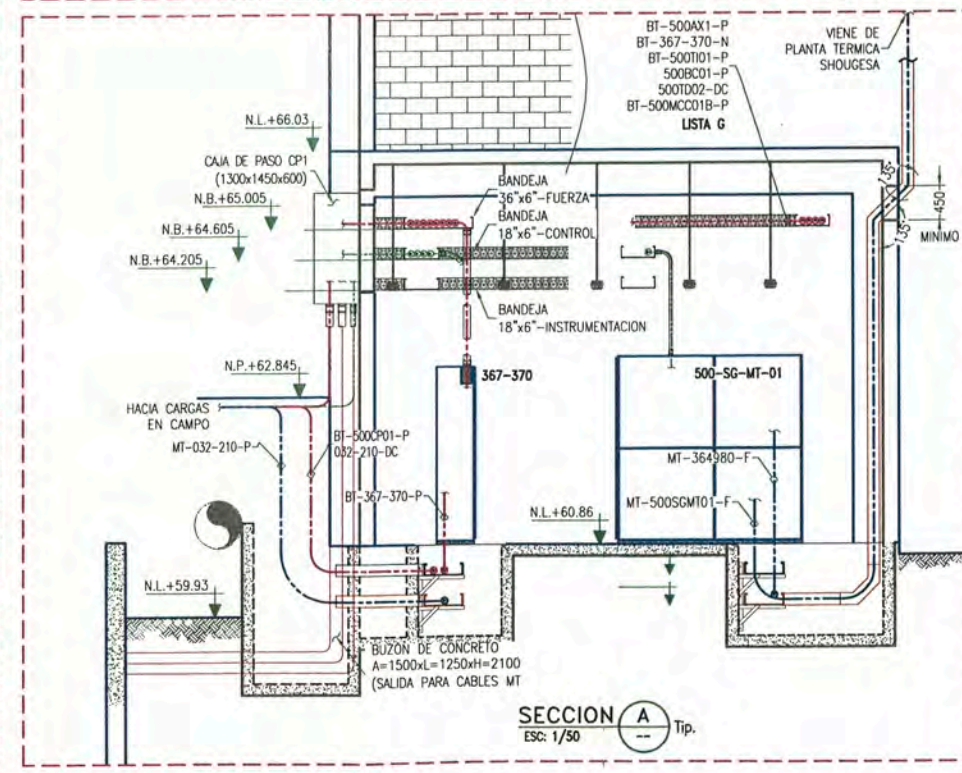
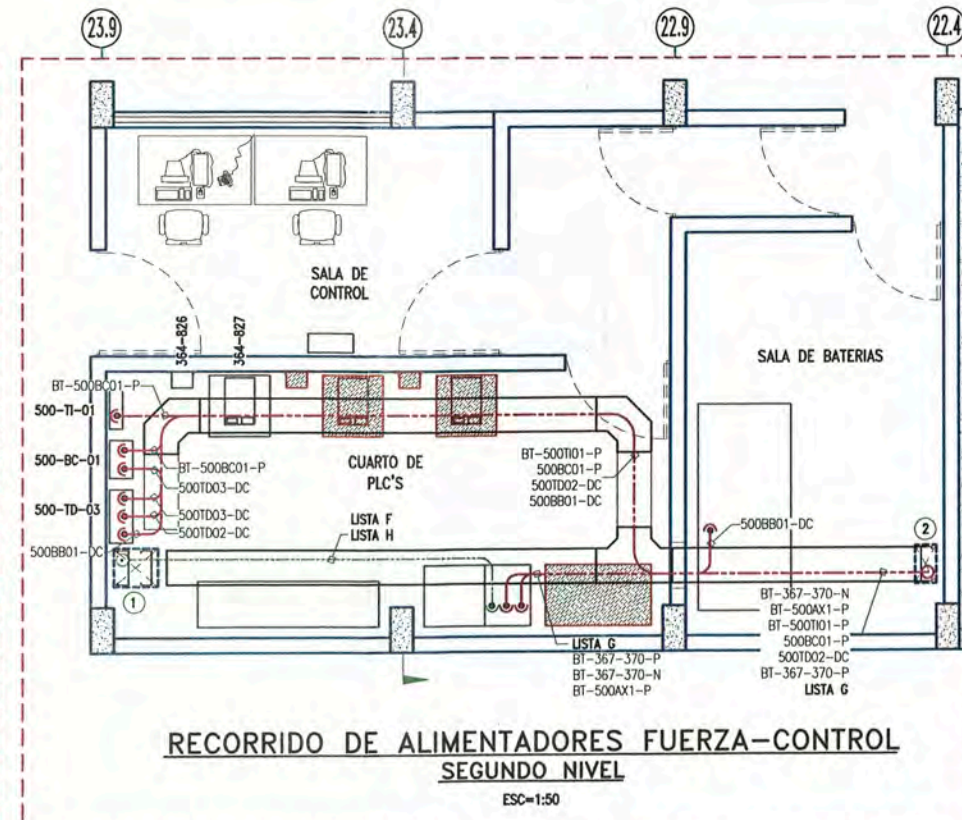
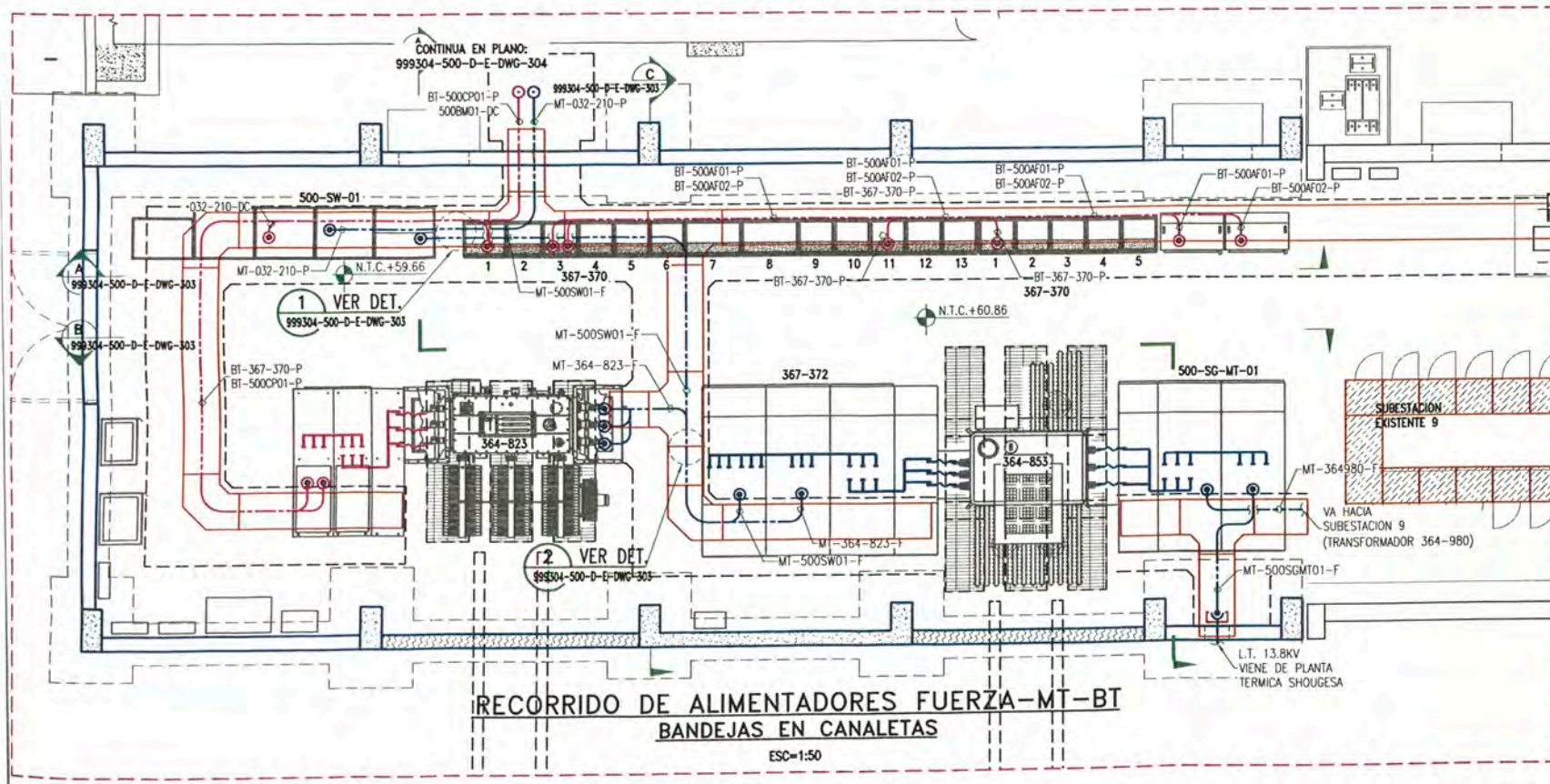
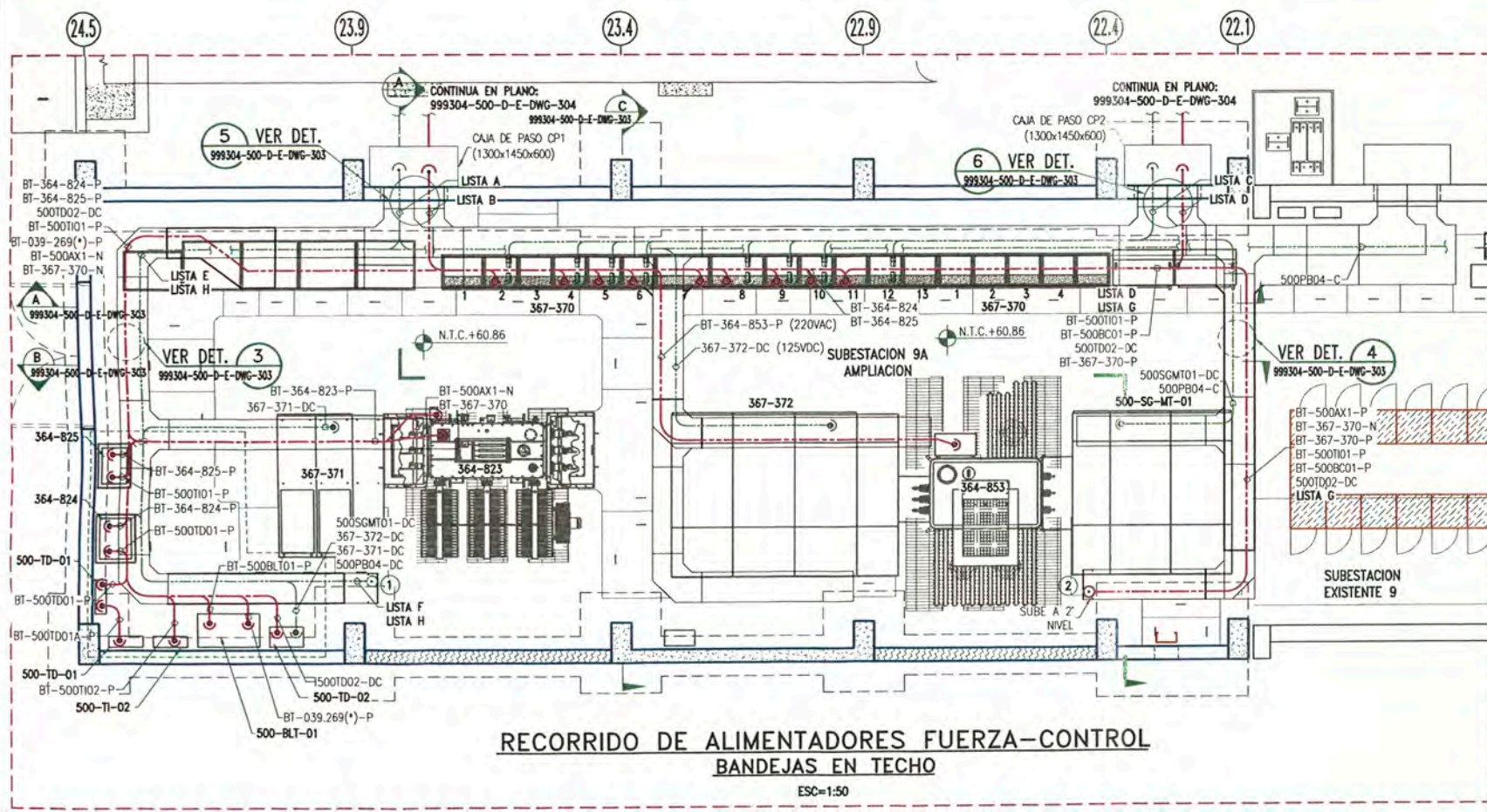
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>		<b>PLANO No. IE-7</b>	
	FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
	DIBUJADO POR: R.LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS		<b>IE-7</b>
	REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: ARQUITECTURA, VISTA DE PLANTA Y SECCIONES DE LA SUBESTACIÓN 9A		
FECHA: 25-10-2011	APROBADO POR: M.P.T.			



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		PLANO No. <b>IE-8</b>
	DISEÑADO POR: R.LAUREANO	INFORME DE SUFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS	
REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: DISPOSICIÓN DE BANDEJAS PARA CABLES DE FUERZA, CONTROL E INSTRUMENTACIÓN EN LA SUBSTACIÓN 9A (VISTA DE PLANTA)		
APROBADO POR: M.F.T.			



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		<b>PLANO No.</b> <b>IE-9</b>	
	DISEÑADO POR: RL.AUREANO	INFORME DE SUFFICIENCIA INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS		
	REVISADO POR: M.C.A.	TÍTULO: DISPOSICIÓN DE BANDEJAS PARA CABLES DE FUERZA, CONTROL E INSTRUMENTACIÓN EN LA SUBSTACIÓN 9A (VISTA DE CORTES)		
	APROBADO POR: M.F.T.	FECHA: 29-10-2011		



- LISTA G**
- G1. 500DSM01-P
  - G2. 500CPM01-P
  - G3. 500LH01-P
  - G4. 500PPM01A-P
  - G5. 500PPM01B-P
  - G6. 500PPM02A-P
  - G7. 500PPM02B-P
  - G8. 500PPM03A-P
  - G9. 500PPM03B-P
  - G10. 500PPM04-P
  - G11. 500HEM01-P
  - G12. 500CPM02-P

- LISTA H**
- H1. 500LSL001-C3
  - H2. 500LSL077-C2
  - H3. 500LSL055-C3
  - H4. 500LSL080-C2
  - H5. 500LSL001-C4
  - H6. 500LSL077-C4
  - H7. 500LSL055-C4
  - H8. 500LSL080-C4

- LISTA A**
- A1. 500DSM01-C
  - A2. 500CPM01-C
  - A3. 500LH01-C
  - A4. 500PPM01A-C
  - A5. 500PPM01B-C
  - A6. 500PPM02A-C
  - A7. 500PPM02B-C
  - A8. 500PPM03A-C
  - A9. 500PPM03B-C
  - A10. 500PPM04-C
  - A11. 500CPM02-C
  - A12. 500PP002A-C
  - A13. 500PP002B-C
- LISTA B**
- B1. BT-500DSM01-P
  - B2. BT-500CPM01-P
  - B3. BT-500LH01-P
  - B4. BT-500PPM01A-P
  - B5. BT-500PPM01B-P
  - B6. BT-500PPM02A-P
  - B7. BT-500PPM02B-P
  - B8. BT-500PPM03A-P
  - B9. BT-500PPM03B-P
  - B10. BT-500HEM01-P
  - B11. BT-500CPM04-P
  - B12. BT-500CPM02-P
  - B13. BT-500PP002A-P
  - B14. BT-500PP002B-P
  - B15. BT-500AX1-P
  - B16. BT-500AX1-N
- LISTA C**
- C1. 210270A-C
  - C2. 210270B-C
  - C3. 500MS001A-C
  - C4. 500MS001B-C
  - C5. 500FT001A-C
  - C6. 500FT001B-C
  - C7. 500FT001C-C
  - C8. 500PA001-C
  - C9. 500PP00A-C
  - C10. 500PP004B-C
  - C11. 500BL001-C
  - C12. 500PP003A-C
  - C13. 500PP003B-C
  - C14. 500WP001-C
  - C15. 500PP001A-C
  - C16. 500PP001B-C
- LISTA D**
- D1. BT-210270A-P
  - D2. BT-210270B-P
  - D3. BT-500MS001A-P
  - D4. BT-500MS001B-P
  - D5. BT-500FT001A-P
  - D6. BT-500FT001B-P
  - D7. BT-500FT001C-P
  - D8. BT-500PA001-P
  - D9. BT-500PP004A-P
  - D10. BT-500PP004B-P
  - D11. BT-500BL001-P
  - D12. BT-500M001A-P
  - D13. BT-500PP003A-P
  - D14. BT-500PP003B-P
  - D15. BT-500WP001-P
  - D16. BT-500PP001A-P
  - D17. BT-500PP001B-P
  - D18. BT-500M001B-P
- LISTA E**
- E1. 500DSM01-C
  - E2. 500CPM01-C
  - E3. 500LH01-C
  - E4. 500PPM01A-C
  - E5. 500PPM01B-C
  - E6. 500PPM02A-C
  - E7. 500PPM02B-C
  - E8. 500PPM03A-C
  - E9. 500PPM03B-C
  - E10. 500HEM01-C
  - E11. 500PPM04-C
  - E12. 500CPM02-C
  - E13. 500SGMT01-DC
  - E14. 500PB01-DC
  - E15. 500PB04-DC
- LISTA F**
- F1. 500DSM01-C
  - F2. 500CPM01-C
  - F3. 500LH01-C
  - F4. 500PPM01A-C
  - F5. 500PPM01B-C
  - F6. 500PPM02A-C
  - F7. 500PPM02B-C
  - F8. 500PPM03A-C
  - F9. 500PPM03B-C
  - F10. 500PPM04-C
  - F11. 500HEM01-C
  - F12. 500CPM02-C
- CANALIZACION**
- 500TC01 (BANDEJA 18") NIVEL +64.605
  - BT500TP01 (BANDEJA 36") NIVEL +65.005
  - 500TC01 (BANDEJA 18") NIVEL +64.605
  - 500TC01 (BANDEJA 18") NIVEL +64.605
  - 500TC01 (BANDEJA 18") NIVEL +64.605

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>		<b>PLANO No.</b> <b>IE-10</b>
	FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
	DIBUJADO POR: R.LAUREANO REVISADO POR: M.C.A. APROBADO POR: M.F.T.	<b>INFORME DE SUFFICIENCIA</b> INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA MOLINOS EN PLANTAS MINERAS <b>TÍTULO:</b> RECORRIDO DE ALIMENTADORES DE FUERZA Y CONTROL EN LA SUBSTACIÓN BA	

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Wire Diagrams  
Book Square D - Editorial Square D - Año 2010
  
- [2] Manual de Minería  
Estudios Mineros - Sin Editorial - Año 2010
  
- [3] Arranques de motores síncronos de gran tamaño  
Daniel Polanco Palma- Sin Editorial - Año 2008
  
- [4] Prácticas de máquinas eléctricas especiales  
José Aller Castro - Editorial Equinoccio - Año 2008
  
- [5] Informe final del suministro eléctrico de Shougang  
CESEL - Sin Editorial - Año 2010
  
- [6] Ingeniería y Reportes de avance del Proyecto de Línea 9A  
GMI - SHP - Sin Editorial - Año 2010