

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Diseño del Tablero de Control y Protección
para el Motor Diesel de la Central Térmica de la
Mina de San Rafael, Departamento Puno

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRICISTA

Julio Pablo Fischer Calderón

Promoción 1982 - 1

Lima - Perú

1985

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Introducción	3
I Justificación técnica y económica del diseño	5
II Diseño eléctrico	19
2.1 Base de diseño	19
2.2 Dimensionamiento	28
2.2.1 Energización	28
2.2.2 Prueba de lámparas	30
2.2.3 Circuito de 24 VDC	32
2.2.4 Circuito de alarma	38
2.2.5 Circuito de paro del motor	39
2.2.6 Relé temporizado	44
2.2.7 Circuito de 220 VAC	44
2.2.8 Informaciones adicionales	54
III Características constructivas, equipamiento y pruebas	68
3.1 Características constructivas	68
3.2 Equipamiento	70
3.3 Pruebas	72
3.3.1 Pruebas de construcción	73
3.3.2 Pruebas de funcionamiento	77
IV Estimación de costos	79
- Conclusiones	83
- Bibliografía	86
- Anexos	87

INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico en el campo de los motores diesel permite en la actualidad de construcción de motores con todos los dispositivos y facilidades necesarios para poder controlar su funcionamiento en forma óptima sin necesidad de una vigilancia continua por medio de uno o más operarios como se hacia años atrás, esta ventaja se obtiene debido a que en los sistemas de vigilancia y control del motor se pueden conectar dispositivos accionados eléctricamente y de funcionamiento continuo que agrupados convenientemente forman lo que se conoce como tablero de control.

En la actualidad el material eléctrico, su disposición dentro de los tableros y la construcción de los mismos se encuentran normalizado para que de esta forma los tableros que se construyan cumplan los requisitos necesarios para un funcionamiento correcto.

El propósito del presente trabajo consiste en mostrar un sistema especial de control diseñado para un tablero de supervisión de fallas y las pautas seguidas para su construcción, este estudio puede servir de guía para la construcción de tableros similares así como también de otros tipos ya que se ha tratado de dar información general en lo que respecta a los criterios y normas de selección de los materiales utilizados generalmente en los tableros eléctricos.

El autor agradece a la firma Farnetal S.A. por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo.

JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA DEL DISEÑO

DE UN PUPITRE DE CONTROL

En toda central térmica es necesario disponer de un tablero de control para la supervisión del funcionamiento del motor primo diesel y el de los servicios auxiliares que requiere; dicho pupitre (llamado así por la forma que adopta para que sea cómodo visualizar y maniobrar sus componentes), se convierte por lo tanto en el eje del correcto funcionamiento de la central térmica.

Para que cumpla sus fines en forma óptima el pupitre de control debe ser de pequeño tamaño, de fácil acceso y sobre todo de cómodo mantenimiento. Generalmente cuando se elaboraba el proyecto para la instalación de una central térmica se consideraba que la firma fabricante contratada para la venta del motor diesel proporcionaba además el pupitre de control, resultando este hecho en lugar de una ventaja un inconveniente, debido a las siguientes razones:

- El montaje y conexionado de los pupitres era realizado por personal de la firma fabricante ya que los planos y especificaciones de los mismos venían en idioma extranjero.
- El mantenimiento era complicado ya que los diferentes componentes del pupitre difícilmente se conseguían en el mercado, por lo cual se tenía que hacer pedidos especiales al exterior con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero.

Dificultad en las reparaciones ya que por lo general estos pupitres tenían un elevado número de componentes (relés sobre todo)

y por lo tanto su conexionado interno era complejo.

Su costo por lo general era elevado.

Debido a todo esto se concretó la idea de diseñar un pupitre de control que superara estos inconvenientes, llegándose a obtener dos tipos de diseño de los cuales se hablará posteriormente. Al tenerse un pupitre hecho en plaza se podría disponer de las siguientes ventajas:

- El montaje y conexionado de los mismos puede ser realizado por técnicos nacionales.
- Amplio surtido de los diferentes componentes del pupitre en el mercado nacional.
- Esquemas y especificaciones de los mismos en castellano.
- Costo económico de transporte y embalaje.
- Recepción de los pupitres en plazo corto.
- Costo de los pupitres comparativamente inferior al de los importados.

Generalmente uno de los elementos que más influye en el costo, tamaño y complejidad de los pupitres de control es el número de relés auxiliares que lleva, por lo tanto si se quería realizar un nuevo diseño que fuera competitivo con los pupitres importados, se debía reducir al mínimo el número de relés usados sin que por eso el funcionamiento del pupitre de control fuese menos eficiente. Analizando el circuito típico de un pupitre convencional las cantidades de relés usados en sus diferentes circuitos son los siguientes: (Ver esquema N° 1).

- Dos relés por cada par de bornes utilizados para el accionamiento de la sirena en caso de una situación de emergencia (Posición*

control la energización de los mismos se realiza con un voltaje de corriente continua se podía, según como se conectaran los diodos, individualizar los diferentes sistemas de control, alarma y paro del motor diesel simplificándose su conexionado interno ya que la cantidad de relés utilizados sería menor, según se aprecia en las dos alternativas obtenidas: (Ver esquemas N° 2 y N° 3).

A.- Alternativa N° 1 (Esquema N° 2): Esta alternativa usa los siguientes relés:

- Un relé por cada par de bornes de indicación de alarma ó alarma y paro del motor (Posiciones N° 5 y N° 11).
- Un relé para la conexión de la sirena (Posición N° 15).
- Un relé para el paro de motor (Posición N° 23).

B.- Alternativa N° 2 (Esquema N° 3): Esta alternativa usa los siguientes relés:

- Un relé para la conexión de la sirena (Posición N° 14) y otro para su desconexión (Posición N° 12).
- Un relé para el paro del motor (Posición N° 22).

Comparando económicamente el circuito típico de un pupitre convencional con las dos alternativas conseguidas usando diodos para un tablero con 10 circuitos de alarmas y 5 de paro se tendría:

Nota.- Se considerarán solamente los relés, pulsadores y diodos que se necesitarían.

a).- Pupitre convencional.- Llevará los siguientes relés y pulsadores:

- 35 relés para los circuitos indicadores de alarma y paro.
- 06 relés para la prueba de lámparas.
- 06 relés para conexión y desconexión de la sirena.
- 01 relé para el paro del motor.

TOTAL DE RELES = 48

- 01 pulsador para prueba de lámparas.
- 01 pulsador para la desconexión de la sirena.
- 01 pulsador para el paro manual del motor primo.
- 01 pulsador para reposición del circuito de paro del motor.

TOTAL PULSADORES = 04

b.- Alternativa N° 1.- Llevará los siguientes relés, pulsadores y diodos:

- 15 relés para los circuitos indicadores de alarma y paro.
- 01 relé para la conexión de la sirena
- 01 relé para el paro de motor.

TOTAL RELES = 17

- 01 pulsador para la prueba de lámparas.
- 15 pulsadores para la desconexión de sirena
- 01 pulsador para el paro manual del motor primo.
- 01 pulsador para reposición del circuito de paro del motor.

TOTAL PULSADORES = 18

- 30 diodos para los circuitos de alarmas.
- 20 diodos para los circuitos de paro.
- 02 diodos para el circuito de paro automático.

TOTAL DIODOS = 52

c.- Alternativa N° 2.- Llevará los siguientes relés, pulsadores y diodos:

- 02 relés para la conexión y desconexión de la sirena
- 01 relé para el paro del motor.

TOTAL RELES = 03

- 01 pulsador para la prueba de lámparas.
- 01 pulsador para la desconexión de la sirena.

- 01 pulsador para el paro manual del motor primo.
- 01 pulsador para reposición del circuito de paro del motor.

TOTAL PULSADORES= 04

- 30 diodos para los circuitos de alarmas.
- 20 diodos para los circuitos de paro.
- 02 diodos para el circuito de paro automático.

TOTAL DIODOS = 52

Los precios en el mercado de los dispositivos mencionados son:

- Relé auxiliar tipo enchufable con tres.
contactos de conmutación. S/. 148,500.=
- Pulsador completo ejecución normal. S/. 52,440.=
- Diodo rectificador ITT IN4007 incluido
en borne para conductor de 4 mm². de
sección. S/. 18,000.=

Según esto los precios** de los casos anteriores serán:

- 1.- Pupitre convencional. S/. 7'337,760.=
- 2.- Alternativa N° 1 S/. 4'404,420.=
- 3.- Alternativa N° 2 S/. 1'591,260.=

Económicamente la alternativa a elegir es la N° 2.

Con respecto a las consideraciones técnicas se puede distinguir que el uso de este tipo de diodos incluidos en bornes favorece enormemente el conexionado de los tableros ya que evita que se utilice soldadura en las uniones de los diodos con los conductores, lo cual permite un mejor conexionado, además como los bornes puede llevar números para su identificación se favorece el mantenimiento de los tableros ya que la ubicación de las diferentes conexiones puede ser in

dicada fácilmente en un esquema eléctrico.

Aparte de la decisión económica para definirse por alguna de las alternativas se deberá tener en cuenta el funcionamiento del circuito encargado de la desconexión de la sirena, que es distinto en ambos casos; por ejemplo la alternativa N° 2 (esquema N° 3) presenta el siguiente funcionamiento en el circuito de alarma:

Suponiendo que el dispositivo conectado entre los bornes 1 y 2 cierre su contacto, inmediatamente se conectan la lámpara h1 y el relé d2 (a través de los diodos 1 y 3), dicho relé por medio de su contacto de la posición N° 15 cierra el circuito de alimentación de la sirena accionándola; para desconectarla se presiona el pulsador b2 con lo cual se conecta al relé d1 que abre el circuito de alimentación del relé d2 con su contacto de la posición N° 14, en estas condiciones si la señal entre los bornes 1 y 2 se mantiene, el relé d1 seguirá conectado y por lo tanto la sirena no podrá ser accionada por otra señal de alarma (por ejemplo la que se produciría al cerrarse el contacto entre los bornes 3 y 4).

En la alternativa N° 1 (esquema N° 2) al producirse el cierre del contacto entre los bornes 1 y 2 se conecta al relé d3 que en este caso es el que acciona la sirena; para desconectarla se presiona el pulsador b2 con lo cual se conecta al relé d1 que abre el circuito de alimentación del diodo N° 3 con su contacto de la posición N° 5, en estas condiciones la sirena puede ser accionada nuevamente (por ejemplo al cerrarse el contacto de alarma entre los bornes 3 y 4) sin necesidad de que se halla eliminando la falla inicial.

El problema principal que trae el funcionamiento de la alternativa N° 2 con respecto a la desconexión de la sirena es que no se ten-

dría señal sonora de alguna falla posterior a la inicial mientras no se haya solucionado ésta, lo cual podría traer como consecuencia de que la falla posterior no sea detectada y solucionada a tiempo y por lo tanto se accione el dispositivo de paro automático de emergencia del motor diesel en el tablero de alarmas paralizándose la central térmica, ocasionando pérdidas de tiempo y dinero. Hasta cierto punto el problema mostrado no ocurriría ya que teniendo en cuenta las consecuencias que trae la paralización del motor diesel, se puede comprobar que en el momento que se detecte una falla del mismo por medio del pupitre de control, el personal de la central encargado del mantenimiento de las máquinas tratará de solucionar dicha falla inmediatamente y por lo tanto prestará mucha atención al tablero de señalización y podrán por lo tanto darse cuenta de alguna nueva falla sin necesidad de que sea accionada nuevamente la sirena ya que en el tablero se iluminará la lámpara piloto correspondiente a esta nueva falla.

El inconveniente señalado es realmente grave cuando se controlan dos o más motores desde un mismo pupitre, en este caso se debe usar la alternativa N° 1; en cambio para el control de un sólo motor se puede usar cualquiera de las dos, pero dada la diferencia de precios entre ambas, la alternativa N° 2 es la recomendada.

Una de las razones (quizá la más importante) que podrí influenciar en el correcto funcionamiento del pupitre de control es la caída de tensión en el circuito de energización tanto de las lámparas piloto como de los relés auxiliares producida por los diodos ya que estos van conectados en serie con dichos dispositivos, las mediciones realizadas nos dan los siguientes resultados:

Diodos utilizados ITT 1N4007

Tabla N° 1 Mediciones realizadas a 24 VDC.

	Consumo de corriente (Amperios)	Tensión en el dispositivo (Voltios)
1er Caso		
lámpara 6 vatios	0.2500	24.00
2do. Caso		
lámpara + diodo	0.2434	23.17
3er. Caso		
lámpara + dos diodos	0.2347	22.34
4to. Caso		
Relé 1.2 VA.	0.0500	24.00
5to. Caso		
Relé + diodo	0.0484	23.21
6to. Caso		
Relé + dos diodos	0.0467	22.42

Para el caso de las lámparas existe una relación de porcentajes entre los lúmenes por vatio que entrega la lámpara con respecto a la tensión que llega a la misma, dicha relación es la siguiente: Ver - tabla N° 2.

Lúmen: Es la unidad de flujo luminoso, que como unidad de potencia corresponde a 1/680 Vatios emitidos en la longitud de onda - 5,550 A° a la cual la sensibilidad del ojo es máxima. De lo cual se desprende que la máxima eficiencia de una fuente de luz proporcionaría 680 lúmenes por vatio de consumo.

Para el caso de las lámparas incandescentes su rendimiento está comprendido entre 10 y 20 lúmenes por vatio.

Tabla N° 2

Relación entre la tensión y la potencia luminosa por vatio entregada por lámparas incandescentes.

% Tensión nominal de la lámpara	% lúmenes/vatio entregados
40.0	13.40
50.0	22.98
60.0	32.55
70.0	45.96
80.0	55.53
90.0	80.43
91.0	82.39
92.0	84.34
93.0	86.30
93.1	86.46
94.0	88.26
95.0	90.22
96.0	92.17
96.5	92.68
97.0	94.13
98.0	96.09
99.0	98.04
100.0	100.00

Como se puede apreciar al disminuir la tensión en la lámpara - incandescente disminuye notablemente la potencia luminosa. Para el 96.5% de la tensión nominal de 24 VDC. (23.17 Voltios) tenemos una pérdida en potencia luminosa del 7.32%, dicha situación corresponde a la lámpara en serie con un diodo (Tabla N° 1, segundo caso). Para

las lámparas piloto de señalización utilizadas en tableros eléctricos se considera razonable un margen de pérdidas de la potencia luminosa de las mismas de hasta el 10% ya que lo que interesa en este caso es que exista una diferencia visible entre una lámpara conectada y otra sin conectar.

El tercer caso de la tabla N° 1 correspondiente a una lámpara - en serie con dos diodos corresponde al 93.1% de la tensión nominal - (tabla N° 2) con lo cual la pérdida en potencia luminosa es de 13.54% este caso particular se presenta en la lámpara h17 ubicada en la posición N° 86 del esquema N° 5 cuando recibe energía del circuito de paro, sin embargo dicha situación se mantiene un breve instante ya que simultáneamente con la lámpara se energiza el relé d5 (pos. N° 90) el cual por intermedio de su contacto 11-9 energiza la lámpara con lo cual se tendría nuevamente el segundo caso.

Con respecto a los relés auxiliares el rango de variación permitido para la tensión de accionamiento de su bobina va de 0.8 a 1.1 veces su tensión nominal (19.2 a 26.4) Voltios) por lo cual los casos 5 y 6 de la tabla N° 1 no van a significar inconveniente para su correcto funcionamiento.

* El número de la posición marcada entre paréntesis, por ejemplo: (posiciones N° 5 y N° 11) nos da la ubicación del ítem en el esquema mencionado.

** Considerando sólo los relés, pulsadores y diodos utilizados, Al momento de tener estos precios, el dólar se cotizaba a S/. 6,908.14 soles compra.

DISEÑO ELECTRICO

2.1 Base de diseño.- Para el diseño eléctrico del pupitre de control se utilizaron las informaciones técnicas del motor primo diesel y de los servicios auxiliares que requiere para su funcionamiento proporcionados por la firma SULZER la cual fué encargada de suministrar a la central térmica dichos elementos.

La información consiste en dos items:

- a) El primer item compuesto de dos páginas, nos informa sobre los motores utilizados en los servicios auxiliares y la forma como deberán ser controlados.
- b) El segundo item compuesto por cuatro páginas nos informa sobre como deberá ser el funcionamiento del pupitre de control en lo que respecta a las señalizaciones de alarma y paro automático del motor diesel.

Una vez presentadas a la compañía minera de San Rafael, las alternativas de conexionado y funcionamiento del pupitre de control, en las cuales se indicaba las ventajas e inconvenientes técnicos y económicos (analizados en el capítulo anterior) de las mismas, la compañía minera optó por el pupitre de control correspondiente a la alternativa N° 2, por lo cual, en los siguientes puntos de la tesis, se tratará exclusivamente sobre este diseño en particular.

En el esquema N° 4 correspondiente a los dispositivos de control del motor diesel se muestran el regulador de veloci

dad del motor diesel y un tacómetro, estos dispositivos no se conectan al pupitre de control ya que sirven principalmente para poder realizar la sincronización del generador y por lo tanto deben ser controlados desde el tablero de control del generador.

El motor diesel controlado es de 2,520 BHP. de potencia a nivel de mar (debido a la altura en que se encuentra la mina sobre el nivel del mar el motor pierde aproximadamente un 27% de su potencia nominal con lo cual estará entregando 1850 BHP.), su velocidad nominal es de 720 r.p.m.; el código del mismo es 12 ASV 25/30.

BHP. = Potencia al freno (Break horse power).

2.2 Dimensionamiento

2.2.1 Energización.- Para el funcionamiento del pupitre de control se utiliza un suministro de corriente continua cuya tensión es de 24 Voltios, debido a que se puede obtener sin necesidad de que se encuentren en funcionamiento los generadores de la central térmica; esta tensión es suministrada por un banco de baterías de 40 Amper-horas de capacidad y de un régimen de descarga de 10 horas lo cual significa que el banco puede suministrar 4 Amperios durante 10 horas ($4 \times 10 = 40$ Amper-horas); la capacidad de una batería no se mantiene constante sino que depende del régimen de descarga al cual se le somete, dicha variación para el caso de las baterías utilizadas es la siguiente:

TABLA N° 3

Variación de la capacidad de una batería de acumuladores

Porcentaje de descarga de la batería	Porcentaje de la capacidad normal
5	125.0
6	118.6
10	100.0
20	75.0
30	59.5
40	54.8
50	51.8
60	50.0

En el acápite 2.2.3 se obtiene que el consumo de corriente permanente en el funcionamiento normal del pupitre es

de 2.41 Amperios, lo cual representa un porcentaje de descarga del 6%, por lo tanto, según la tabla N° 3 la capacidad relativa de la batería alcanzará el valor de 47.4 Amper-horas (118.6%), pudiendo entonces el banco de baterías entregar 2.41 Amperios durante 20 horas aproximadamente ($2.41 \text{ A} \times 19.7 \text{ horas} = 47.4 \text{ Amper-horas}$). Para compensar la pérdida de carga del banco se utiliza un cargador de baterías, el cual es alimentado con una tensión alterna de 220 Voltios.

Este análisis nos permite observar que el banco de baterías está dimensionado para trabajar sin necesidad del cargador durante un amplio margen de tiempo, el cual, permite realizar reparaciones y/o mantenimiento del cargador o de su sistema de alimentación de tensión alterna sin necesidad de desconectar el pupitre de control.

La otra tensión que alimenta al pupitre es de 220 Voltios alterna, la cual es utilizada para la energización de los contactores de arranque de los servicios auxiliares.

Para la conexión y desconexión de ambas tensiones se utiliza un interruptor tripolar rotativo de posiciones 0-1 (posición N° 1, esquema N° 5). En este interruptor van conectadas las dos fases de 220 VAC. (R y Mp) y el polo positivo de la tensión de 24 Voltios, de tal forma que se desenergice completamente el pupitre cuando el interruptor se encuentre en la posición "0". Para efectos de su identificación se le designa con el código al, indicándose la forma como se encuentra conectado por medio de -

las letras que lleva impresas en sus bornes.

2.2.2 Prueba de lámparas.- Ya que las indicaciones que nos proporciona el pupitre de control es a base de lámparas es de vital importancia la verificación de su correcto funcionamiento. Para este fin se utiliza un pulsador normalmente abierto de un polo y de retorno automático (código bl, posición N° 3) el cual va conectado al polo positivo de la tensión continua y por medio de diodos a todas las lámparas piloto de señalización del pupitre de control para que cuando sea presionado se energicen simultáneamente todas las lámparas.

La conexión de los diodos se ha dispuesto de forma tal que no llegue energía al circuito de prueba de lámparas cuando alguna de las lámparas se encuentre conectada debido a una indicación de falla.

En el caso de la prueba de lámparas piloto para los servicios auxiliares (ubicadas entre las posiciones N° 98 y N° 114) se utilizan los contactos auxiliares de los contactores correspondientes los cuales se han conectado de forma tal que cuando alguna de las lámparas se energice indicando la conexión de determinado contactor se habra simultáneamente el contacto auxiliar normalmente cerrado conectado al circuito de prueba de lámparas evitándose de esta manera la energización de dicho circuito.

Como componenete adicional (opcional) al circuito de prueba de lámparas se tiene el diodo designado con el N° 3 en la posición N° 11 el cual lleva energía al circuito

de alarma al presionarse el pulsador de prueba de lámparas con lo cual se probaría simultáneamente el funcionamiento de los focos y de la sirena.

2.2.3 Circuito de 24 VDC.- En este circuito se encuentran conectados los siguientes elementos con su correspondiente consumo en amperios:

23 Focos de 6 vatios cada uno, consumo total 5.75 amperios..

01 Relé temporizador, 0.46 amperios.

04 Relés auxiliares, consumo total 0.20 amperios.

01 Solenoide para arranque del motor diesel, 0.90 amperios.

Como se verá posteriormente los dispositivos que se mantendrán permanentemente conectados serán el relé temporizador d1, el relé auxiliar d2, el solenoide de arranque y los focos h1, h18, h21, h22 ó h23 lo cual nos da un consumo total permanente de 2.41 Amperios, por lo tanto como protección del circuito de 24 VDC. contra un cortocircuito se conecta al polo positivo del mismo un fusible del tipo DIAZED de 4 Amperios de capacidad el cual va instalado en el tablero de distribución de 24 VDC. El consumo máximo se producirá al presionarse el pulsador de prueba de lámparas con lo cual la corriente llegará a 7.16 Amperios, en este caso no se llegará a fundir el fusible ya que según la tabla N° 4 de tiempo de fusión-intensidad del mismo se necesitaría que dicha corriente se mantenga por más de dos horas, lo cual no ocurre ya que

la prueba de lámparas se realiza solamente durante algunos segundos.

TABLA N° 4 TIEMPO DE FUSION-INTENSIDAD
FUSIBLE DIAZED (DZ) 4 AMPERIOS

Clase de servicio gL (para protección de cables y líneas según norma VDE 0636) de característica lenta de acuerdo a la norma VDE 0635.

Tiempo de fusión		Intensidad (Amperios)
	0.01	63.6
S	0.02	46.0
E	0.05	36.0
G	0.1	26.0
U	0.2	19.1
N	0.5	16.4
D	1	14.5
O	2	13.6
S	5	11.8
	10	10.9
	20	10.0
M	1	9.5
I	2	9.1
N	5	8.6
U	10	8.4
T	20	8.2
O	60	7.7
S	120	7.4

Para la elección de los diferentes dispositivos de control (como son el interruptor general rotativo, los pulsadores y los relés auxiliares) utilizados en 24 Voltios de corriente continua se consultó las especificaciones -

técnicas de los mismos principalmente en lo referente a la intensidad de servicio nominal de sus contactos para el tipo de uso que se le iba a dar en el pupitre de control, los datos necesarios corresponden a las siguientes categorías de empleo según normas VDE 0660:

- Categoría AC1: Conexión de cargas puramente resistivas (en corriente alterna), esta categoría es similar a la categoría DC1 para corriente continua y la misma carga.
- Categoría DC11: Conexión de solenoides (bobinas) en una tensión de corriente continua.

Para la categoría AC1 se dan como datos la intensidad en amperios y la tensión, para la categoría DC11 además de la intensidad en amperios y la tensión se da como dato la constante de tiempo del circuito a controlar, dicha constante resulta de dividir la inductancia (L en Henrios) entre la resistencia (R en ohmios) de la bobina a conectarse. En forma práctica una forma de determinar dicha constante es en la forma siguiente:

U_n = Tensión nominal de la bobina

I_n = Corriente nominal de la bobina

Si $U_n \times I_n$ es menor o igual

a 5 Vatios

$L/R = 15 \text{ ms.}$

Si $U_n \times I_n$ está comprendido entre

5 y 20 Voltios $L/R = 50 \text{ ms.}$

Si $U_n \times I_n$ es mayor de 20 Voltios $L/R = 200 \text{ ms.}$

La intensidad en amperios que puede conectar y desconectar un relé es más baja en la categoría DC11 - que en la categoría AC1, esto se debe al efecto de autoinducción que presentan las bobinas el cual consiste en la oposición a cualquier cambio en las condiciones del circuito. Si la corriente tiende a aumentar, la autoinducción se opone al aumento; si la corriente tiende a disminuir, se opone a la disminución. La autoinducción corresponde a la inercia. - El efecto de inercia es la oposición a cualquier variación en el movimiento de un cuerpo. Si un cuerpo está en reposo, la inercia se opone a que se ponga en movimiento; si está en movimiento, la inercia se opone a que llegue al estado de reposo.

Una vez establecido el paso de corriente en un circuito con bobina si se abre el contacto del dispositivo que la controla aparece un arco apreciable - entre sus contactos. Este arco será mucho mayor en magnitud que el que se formaría en el mismo contacto cuando desconecte un circuito puramente resistivo, aunque la corriente y la tensión de este son las mismas en ambos casos. Este arco es debido a la - fuerza electromotriz (f.e.m.) de autoinducción, la que en algunos circuitos puede tener un valor tal -

que produzca una fuerte descarga entre los contactos del interruptor que lo controla. De hecho se ha comprobado que esta f.e.m. puede alcanzar valores tales, en campos alternos (de alternadores), - que taladran su aislamiento cuando el circuito de campo se abre rápidamente.

El valor de la f.e.m. de autoinducción (e) se puede calcular de la siguiente manera:

L = Inductancia en Henrios

I = Intensidad en Amperios

t = tiempo en segundos

$$e = - L \frac{i}{t} \text{ Voltios}$$

La f.e.m. de autoinducción es igual al producto de la autoinducción por el régimen de variación de la corriente con respecto al tiempo. El signo menos indica que esta f.e.m. se opone a la variación de la corriente. De esta fórmula se deduce que una co rriente variando a razón de un amperio por segundo en un circuito cuya autoinducción es de un henrio, - induce una f.e.m. de un voltio.

Teniendo en cuenta este análisis se puede evaluar - la f.e.m. que se originaría entre los contactos de los dispositivos que controlan los circuitos con relés o solenoides.

Ejemplo: El solenoide de arranque del motor diesel consume 0.9 Amperios en 24 VDC; el contacto del relé d5 que lo controla lo desconecta en 11 ms. (va-

lor promedio). Luego tenemos:

$U_n \times I_n = 21.60$ Vatios, por lo tanto $L/R = 200$ ms.

$R=U_n/I_n= 26.67$ Ohmios, por lo tanto $L=5.33$ Henrios.

Luego la f.e.m. inducida será:

$$e = - 5.33 \frac{0.90}{0.011} = -436.4 \text{ Voltios.}$$

Para establecer un campo magnético se precisa un aporte de energía. Es obvio el hecho de que la corriente producida fluye contra una fuerza contraelectromotriz. En cambio, para mantener un campo magnético no se precisa gasto de energía. La energía perdida en las bobinas excitadoras de éstos se transforma en calor en el alambre de cobre, esta energía nada tiene que ver con el campo magnético en si. Esto es, si las bobinas excitadoras se separan totalmente de los núcleos de hierro del imán y se rebobinan de forma que, prácticamente sean no inductivas y no produzcan, por lo tanto un campo, la energía perdida por una determinada corriente continua constante es la misma que la del primer caso, en que la bobina estaba asociada al campo magnético que producía. De esto se desprende la diferencia de potencias consumidas por las bobinas en la conexión y para mantenerse conectada, siendo mayor la potencia necesaria para conectarse la bobina. Es por esto también que el valor de la resistencia del solenoide se ha podido calcular a partir de sus valores nominales de tensión y corriente.

Una forma de que los contactos puedan operar mayores corrientes cuando trabajen con solenoides es conectándolos en serie ya que de ésta forma se distribuye la tensión inducida entre los mismos produciéndose arcos de menor potencia, por ejemplo para el relé auxiliar trabajando en 24 VDC. y con una constante de tiempo $L/R = 200$ ms. las corrientes que operen podrán ser de 3A. para un sólo contacto, 4A. para dos contactos en serie y de 4.5 A. para tres contactos en serie.

Se utilizó el tipo de diodo anteriormente mencionado (ITT 1N4007) ya que como se verificó, no ocasionan elevadas caídas de tensión al ser utilizados en serie con los dispositivos que controlan y son de fácil conexión, otras de sus buenas características es de que pueden conducir corriente hasta de 1 Amperio de intensidad y alcanzar una tensión de ruptura de 1300 Voltios.

- 2.2.4 Circuito de alarma.- Se llama así al circuito que controla el funcionamiento de la sirena de la central térmica la cual es accionada cuando el pupitre de control detecta alguna falla en el funcionamiento del motor diesel; la conexión de la misma se realiza mediante tres contactos en serie del relé d4 (posición N° 80), pudiéndose observar que no recibe corriente del circuito de 24 VDC. del pupitre ya que generalmente las sirenas utilizadas en centra-

les térmicas son de elevada potencia debido al elevado ruido producido por los motores diesel y, por lo tanto, su consumo de corriente es elevado (razón por la cual se utilizan tres contactos en serie para su conexión); esto podría ocasionar una caída de tensión que podría perjudicar el correcto funcionamiento del pupitre de control y además se tendría que utilizar diodos para corrientes más elevadas lo cual influiría en el costo del pupitre.

Es recomendable utilizar fusibles de protección en el circuito de alimentación de la sirena, los cuales se calcularán de acuerdo a su corriente nominal. Para la desconexión de la sirena se utiliza el pulsador b2 (pos. N° 76) el cual conecta al relé d3 que abre su contacto y desconecta al relé d4, luego de esta operación la sirena podrá ser accionada nuevamente cuando la falla que ocasionó su funcionamiento sea solucionada.

- 2.2.5 Circuito de paro del motor.- El circuito de paro en el pupitre de control realiza dos funciones: la primera consiste en la desenergización del solenoide de arranque del motor con lo cual se corta el suministro de combustible al mismo y la segunda consiste en la desconexión del interruptor que conecta el generador (acoplado al motor) a las barras de distribución. Este circuito entra en funcionamiento al ocurrir cualquiera de las fallas siguientes:

- Falta de circulación por los cilindros del agua de refrigeración.
- Elevada temperatura del agua de refrigeración de los cilindros. El dispositivo de control acciona cuando la temperatura es mayor de 80°C.
- Elevada temperatura del aceite de lubricación de los cilindros. El dispositivo de control acciona cuando la temperatura es mayor de 75°C.
- Baja presión del aceite de lubricación. El dispositivo acciona cuando la presión es menor de 1.5 bar.

Como se puede apreciar lo que se trata de hacer con la desconexión del motor diesel es evitar que este aumente su temperatura en forma excesiva, ya que una temperatura elevada produce rajaduras en los componentes y estructura del motor paralizándose de esta manera la central térmica por un largo período. El funcionamiento del circuito de paro sigue la siguiente secuencia:

- Detección de una falla por uno de los dispositivos de control con lo cual se cierra su contacto entre los bornes respectivos.
 - Ubicación del tipo de falla ocurrida mediante la conexión de la lámpara piloto en serie con los bornes.
- Conexión de la lámpara piloto h17 (posición N°86) que indica el paro automático del motor.

- Accionamiento del relé auxiliar d4 (posición N° 80) que conecta la sirena.
- Accionamiento del relé d5 (posición N° 90) que realiza las siguientes funciones:
 - a) Desconexión del solenoide de arranque y bloqueo del circuito de alimentación del mismo, siendo necesario, una vez solucionada la falla que ocasionó el paro del motor, accionar el pulsador de reposición denominado b3 (posición N° 90) con lo cual se puede energizar nuevamente al solenoide de arranque, evitándose de esta manera que el motor se puede poner en marcha en forma imprevista. Para esta función el relé d5 utiliza su contacto de conmutación 1-3-4.
 - b) Desconexión de la lámpara piloto h18 (posición N° 95) que indicaba la energización del solenoide y alimentación del circuito de paro mediante su contacto de conmutación 11-8-9 - (pos. N° 95). Esta conexión la realiza para poder visualizar el tipo de falla que ocasionó el paro automático del motor ya que cuando ocurre esto el relé temporizador dl habría sido desconectado y por lo tanto su contacto 25-28 estaría habiendo (pos. N° 6).
 - c) Desconexión del interruptor que mantiene conectado el generador a las barras de distribu

ción de energía; dicha maniobra la realiza - desenergizando la bobina de mínima tensión - del mismo al accionar su contacto de conmutación 5-6-7. La bobina de mínima tensión es un dispositivo usado generalmente en interruptores de gran potencia, permite un control a distancia de los mismos ya que solamente cuando dicha bobina se encuentre conectada a su tensión nominal podrá accionarse el interruptor. La conexión eléctrica de la misma se muestra en el esquema N° 6.

La desconexión del interruptor se realiza para evitar que el generador tome energía de la red trabajando como motor (situación denominada Potencia inverza o motoreo) pudiendo tomar alrededor de un 15% de su potencia activa nominal desde el sistema, lo que constituye una carga indeseablemente alta para éste.

Dentro del mismo circuito de paro se encuentran los bornes 6 y 8, el contacto del relé d2 (posición N° 88) y el diodo N° 56, su intervención en dicho circuito se explicará en el acápite 2.2.7 correspondiente al circuito de 220 VAC.

Además del paro automático del motor se dispone también de un paro manual de emergencia el cual se puede accionar presionando el pulsador

designado como b4 (pos. N° 92); el proceso de paro manual se realiza en forma similar al paro automático con la diferencia de que la sirena no es accionada.

- 2.2.6 Relé temporizado.- En el acápite 2.1 correspondiente a bases de diseño se puede observar que determinados circuitos de alarma, paro y de 220 VAC. deben ser conectados luego de un cierto intervalo de tiempo; para conseguir esto se utilizó un relé retardador o temporizado con el cual se puede realizar un control de ajuste de tiempo que va de 0.3 aproximadamente hasta 120 segundos en su contacto 25-28, posee además dos contactos que son accionados simultáneamente con la energización del relé (en el pupitre se utiliza el contacto 11-12); este relé se encuentra ubicado en la posición N° 4 siendo designado como d1.

La participación del relé temporizado en el funcionamiento del pupitre de control se verá al tratar sobre los circuitos que dependen de su funcionamiento.

- 2.2.7 Circuito de 220 VAC.- En este circuito está comprendido el sistema de mando de los arrancadores (contactores y relés de protección contra sobrecargas) de los dispositivos y motores utilizados para los servicios auxiliares del motor diesel. En el acápite 2.1 correspondiente a las bases de diseño se tiene la información técnica sobre la forma como deben fun

cionar dichos servicios; éstos arrancadores se encuentran instalados en un tablero independiente conectado al sistema de barras de distribución de - energía (que para el caso de la mina es de 440 Vol- tios), ya que no tendría sentido que estuviera ins- talados en el pupitre porque si se hiciera así se alargaría innecesariamente el sistema de fuerza - (alimentación de los motores) aumentándose las pér- didas en los conductores, además perdería funciona- lidad el pupitre debido a las modificaciones que se tendrían que realizarse en el mismo (aumento de ta- maño, instalación de un sistema de barras con ais- ladores, aumento de la cantidad de bornes, etc.). En el circuito de 220 VAC. al igual como en el de 24 VDC. se puede evaluar la intensidad nominal de los fusibles a utilizarse para proteger los cables de alimentación contra un cortocircuito, los cuales irían instalados en el tablero de distribución de 220 VAC. El consumo total de potencia de los con- tactores es de 79 Volt-Amperes que dividido entre la tensión nos da un consumo en corriente de 0.36 Amperios, por lo tanto se podrá instalar dos fusi- bles del tipo diazed para 2 Amperios.

Los servicios auxiliares controlados por el pupitre son:

- 1) Bomba para prelubricación con aceite.
- 2) Sistema de calentamiento de agua.

3) Sistema de refrigeración de agua.

1) Bomba para prelubricación.- Como su nombre lo indica esta máquina es puesta en funcionamiento solamente en los instantes previos a la puesta en marcha del motor diesel, desconectándose automáticamente cuando dicho motor llega a su velocidad nominal; a partir de ese momento la circulación del aceite de lubricación es realizada por el mismo motor diesel,

La bomba para prelubricación es de poca potencia ya que solamente sirve para llevar aceite a algunas partes del motor diesel como son el mecanismo de válvulas y los pistones; para su accionamiento se utiliza un conmutador del tipo rotativo, de un polo y de tres posiciones de operación: Manual-Desconectado-Automático siendo designado como a2 (posición N° 99) y con el cual se controla al contactor C1 que es el que energiza a la bomba de prelubricación. La posición manual del conmutador es utilizada para verificar el funcionamiento de la bomba, ya que la falta de aceite de lubricación hace que el motor diesel tenga problemas para ser puesto en marcha; para la posición de Automático la bomba para prelubricación funciona de la forma siguiente:

- Cuando el motor diesel se encuentre detenido,

siempre y cuando dicho estado no haya sido provocado por un paro automático o de emergencia.

- Cuando el motor diesel es puesto en marcha, des conectándose para cuando el mismo llegue a su velocidad nominal.

Este tipo de accionamiento se consiguió utilizando el relé temporizador d1 (pos. N° 4) y el relé auxiliar d2 (pos. N° 6) en la forma siguiente:

Al ponerse en marcha el motor diesel se cierra el contacto ubicado entre los bornes 10-11 de la caja de bornes 001 del motor (pos. N° 4) con lo cual se conecta al relé temporizado d1, el cual cierra su contacto 25-28 luego de un lapso de tiempo pre-establecido (tiempo necesario para que el motor llegue a su velocidad nominal) conectando al relé d2; observando la conexión del conmutador a2 tenemos que en la posición de Automático la energización del contactor C1 depende de que el contacto 5-6 del relé d2 se mantenga cerrado, por lo tanto según lo explicado se consigue que la bomba de prelubricación se ponga en funcionamiento cuando el motor diesel se encuentre detenido y se mantenga conectada hasta que éste adquiera su velocidad nominal luego de haber sido puesto en marcha.

Si la detención del motor hubiera sido provocada por un paro automático o de emergencia la bomba

de prelubricación no podría conectarse automáticamente ya que el relé d2 se encontraría energizado por medio del contacto 11-9 del relé d5 - (pos. N° 94) siendo necesario solucionar la falla que provocó el paro para luego presionar el pulsador de reposición b3 (pos. N° 90) para que pueda ser puesta nuevamente en funcionamiento. Para el control del sistema de lubricación del motor diesel se dispone de un presostato instalado en el mismo motor (presostato 016, esquema N° 4) el cual es accionado en los siguientes casos:

- Cuando la presión de aceite en el sistema es menor o igual a 2 bar (2.04 Atmósferas), con lo cual se cierra el contacto entre los bornes 28-30 de la caja de bornes 002 (pos. N° 48) activándose el circuito de alarma en el pupitre.
- Cuando la presión del aceite en el sistema sea menor o igual a 1.5 bar (1.53 Atmósferas), con lo cual se cierra el contacto entre los bornes 31-33 de la caja de bornes 002 (pos. N° 31) activándose los circuitos de alarma y paro en el pupitre.

Al ponerse en marcha el motor diesel la presión del aceite de lubricación en el sistema es baja debido a que la bomba para prelubricación -

es de poca potencia y además la auto-lubricación realizada por el motor va adquiriendo su presión nominal de trabajo conforme la velocidad del mismo vaya aumentando, luego se tendría el inconveniente de que el presostato 016 accione el circuito de paro; para evitar esto se ha dispuesto que los circuitos de alarma y paro conectados al presostato sean energizados cuando el motor diesel adquiera su velocidad nominal.

Para tener un control del funcionamiento de la bomba para prelubricación se dispone de la lámpara piloto h19 (pos. N° 117) la cual es conectada simultáneamente con el contactor C1 por intermedio de uno de sus contactos auxiliares normalmente habierto utilizándose además otro de sus contactos auxiliares normalmente cerrado para conectarle al circuito de prueba de lámparas.

- 2) Sistema de calentamiento de agua.- Debido a que el motor diesel es de combustión interna necesita de una temperatura media para operar correctamente; como la zona en la cual se tiene instalada la central tiene un promedio de baja temperatura (la temperatura desciende hasta -10° C) el motor podría encontrarse excesivamente frío y por lo tanto tenga problemas para

ser puesto en marcha o realice su trabajo en forma irregular; para evitar estos inconvenientes se dispone de un sistema de calentamiento de agua que es circulada muy cerca de los cilindros del motor a una temperatura entre 42 y 45 grados centígrados cuando el motor diesel se encuentra detenido. Este sistema de calentamiento consiste en lo siguiente:

- Una bomba monofásica de 150 Vatios de potencia a 220 Voltios a la cual se le denomina bomba para recirculación agua de cilindros.
- Un calentador eléctrico compuesto por tres resistencias de 3,000 Vatios de potencia cada una conectadas en delta y 440 Voltios.
- Un termostato que controla la temperatura del agua.

Para la puesta en marcha del sistema de calentamiento se utiliza un interruptor rotativo de posiciones 0-1 y de un polo, designado como a3 (pos. N° 102) el cual se encuentra conectado en serie con el contacto 11-12 del relé temporizado dl, con lo cual se consigue que el sistema funcione mientras el motor diesel se encuentre detenido y se desconecte cuando éste se ponga en marcha debido a lo siguiente:

Cuando el motor se encuentra detenido el contacto entre los bornes 10 y 11 de la caja de bor-

nes 001 del motor se encuentra abierto y por lo tanto al relé d1 no le llega tensión (pos. N° 4); al ser puesto en marcha se cierra dicho contacto energizándose el relé el cual abre - su contacto 11-12 inmediatamente ya que dicho contacto no es temporizado.

Para tener un control de funcionamiento del sistema de calentamiento de agua se dispone de la lámpara piloto h20 (pos. N° 121) la cual es accionada mediante los contactos auxiliares - del contactor C2/1 que controla las resistencias, ya que dicha conexión forma parte de la secuencia de arranque del motor diesel lo cual se verá en el acápite 2.2.8.

- 3) Sistema de refrigeración de agua.- Este sistema es el encargado de enfriar y recircular el agua utilizada para la refrigeración del motor diesel; se encuentra conformado por dos bombas de 7500 Vatios de potencia en 440 Voltios (una es de reserva), un tanque de almacenamiento de agua tipo radiador y un moto-ventilador trifásico de 37000 Vatios de potencia en 440 Voltios. Se utiliza para el control de cada uno de los componentes del sistema (pos. N° 106-114) pulsadores de arranque (contacto normalmente abierto de accionamiento manual y de retorno automático) y pulsadores de paro (contacto normalmente ce-

rrado de accionamiento manual y de retorno automático) en lugar de interruptores rotativos debido a que no es necesario de que el sistema de refrigeración funcione automáticamente. En el motor diesel existe un sistema de válvulas que controlan el ingreso del agua de refrigeración al motor; cuando la temperatura del agua de refrigeración en el motor es baja, las válvulas permanecen cerradas y el agua es recirculada interiormente, al elevarse la temperatura dichas válvulas se habren con lo cual ingresa el agua hasta que la temperatura vuelva a descender y se cierran nuevamente; por lo tanto es importante que el sistema de refrigeración se encuentre conectado desde los instantes previos al arranque del motor para que éste pueda ser refrigerado a tiempo de evitar un paro automático por sobre-temperatura. Para realizar el control de funcionamiento de los componentes del sistema de refrigeración se ha establecido el circuito conformado primeramente por los bornes 6 y 8 de la caja de bornes 001 del motor y el contacto del relé d2 (pos. N° 88) luego se tienen los diodos 59 (pos. N° 127) y 60 (pos. N° 136) y los contactos auxiliares normalmente cerrados del arrancador C3 del moto-ventilador (pos.N° 106) y de los arrancadores C4 y

C5`de las bombas de agua (pos. N° 132); éste circuito funciona de la forma siguiente:

Al iniciarse el arranque del motor se cierra un contacto entre los bornes 6 y 8 del conmutador multicontrol 023 (ver esquema N° 4), por lo tanto si la torre de enfriamiento o alguna de las dos bombas no se encontraran conectadas los contactos auxiliares de sus arrancadores - se mantendrán cerrados con lo cual se energiza el circuito de paro del motor evitándose de esta manera que el motor sea puesto en marcha, Se utiliza el diodo N° 56 (pos. N° 88) para evitar que éste circuito conecte al relé d2 lo cual sería perjudicial para el mismo ya que se tendría su contacto normalmente cerrado en serie con su bobina lo que produciría una vibración y calentamiento del contacto debido a la continua conexión y desconexión del relé. Este circuito de control puede accionar el paro automático del motor solamente durante el período de arranque del mismo ya que cuando éste adquiere su velocidad nominal el relé d2 abre su contacto (ver bomba de prelubricación) esto permite que durante el funcionamiento normal del motor se pueda desconectar cualquiera de los elementos del sistema de refrigeración (por ejemplo para utilizar la otra bomba de agua

o realizar un rápida reparación de alguno de los elementos del sistema) sin que exista el inconveniente de que se pare automáticamente el motor; además dicho circuito ya no sería necesario pues durante el funcionamiento normal del motor diesel el control del sistema de refrigeración lo realizan el controlador de flujo 019 y el termostato 005 (ver esquema N° 4).

Para tener un control de funcionamiento del sistema de refrigeración se dispone de las lámparas piloto h20, h21 y h22 (pos. N° 124 - 133) las cuales son conectadas al ser energizados los contactores de arranque y cuando se presiona el pulsador de prueba de lámparas.

- 2.2.8 Información adicionales.- Como se ha podido observar existen dos cajas con bornes en el motor diesel (ver esquema N° 4) que deben conectarse con un grupo de bornes del pupitre de control, por lo tanto para facilitar dicho conexionado se ha numerado dicho grupo en idéntica forma que en las cajas de bornes del motor. Además de estos controles se tiene otro grupo de alarmas cuyas conexiones se en encuentran en los mismos elementos a controlar, los mismo se han numerado en el pupitre a partir del N° 40 hasta el N° 49 (pos. N° 56-72), éstos controles son:

- Presión diferencial en el filtro de aceite, el cual es accionado cuando el filtro se encuentre obstruído.
- Nivel del agua utilizada para la refrigeración del motor en el tanque de expansión, el cual acciona cuando dicho nivel es bajo.
- Nivel de aceite para lubricación en su tanque de almacenamiento (tanque diario), que acciona cuando el nivel es bajo.
- Presión de aire para arranque del motor diesel, el cual acciona cuando la presión es baja.

Todos éstos controles se encuentran indicados en el acápite 2.1 correspondiente a las bases de diseño.

El pupitre diseñado en el presente trabajo será utilizado para controlar a un motor diesel que se agregará a la central térmica debido a que la mina ha ampliado sus instalaciones y necesita de una mayor energía; en el caso que se tuviera una central térmica nueva se tendrán que agregar dos controles de alarma adicionales al pupitre de control, los cuales servirán para controlar el combustible utilizado por el motor, dichos controles son:

- Nivel de petróleo en su tanque de almacenamiento.
- Temperatura del petróleo en la centrífuga. El

combustible para el motor diesel antes de poder ser utilizado debe ser calentado y centrifugado para que pueda ser impulsado por medio de bombas al motor; generalmente los dispositivos encargados de dicha operación son comandados desde un tablero de control que va incluido junto con ellos.

Para facilitar el seguimiento del conexionado del pupitre se han utilizado cables de colores diferentes, así para el circuito de 220 VAC. se utiliza cable azul para el circuito R y cable marrón para el circuito Mp, en el circuito correspondiente al polo positivo de los 24V. se usa cable rojo y para el circuito del polo negativo cable negro; también se utilizan marcadores de plástico con números, dicha numeración se muestra en el esquema N° 5 (por ejemplo al circuito de prueba de lámparas le corresponde el número 8).

El conductor utilizado para el conexionado total del pupitre es el cable tipo GPT (usado en las conexiones eléctricas de los automóviles) ya que posee una gran flexibilidad y no ocupan mucho espacio debido a que su capa de aislante es más delgada que la de otros tipos de conductores, el calibre del mismo es el 16 AWG. (7 Amperios en ductos).

Todos los bornes del pupitre permiten conectar ca

bles hasta de 4mm^2 de sección (calibre 12 AWG., 20 Amperios en ductos), los cuales se encuentran debidamente identificados según el esquema N° 5. Uno de los aspectos en el cual se ha tenido cuidado es de que todas las lámparas piloto sean iguales y se encuentren conectadas de tal forma que entreguen la misma intensidad luminosa, ya que una diferencia en la luminosidad de las mismas podría hacer suponer una falla en el pupitre. Se utilizan pulsadores y portalámparas para orificio normalizado de 30.5 mm. de diámetro ya que este tamaño es recomendable en tableros que se encuentren instalados en industrias donde se necesite dispositivos robustos que soporten un trabajo pesado como son los fabricantes de maquinarias, fábricas de cemento, barcos, siderúrgicas, centrales térmicas, industrias alimenticias, etc. En las hojas de especificaciones técnicas de los pulsadores y portalámparas viene generalmente indicada la clase de protección a la que pertenecen la cual según la norma DIN 40 050 hoja 1, Agosto 1970, y de acuerdo con la publicación 144 de la International Electrotechnical Comission (IEC), la clase de protección se indicará mediante las letras "IP" (International Protection) y 2 cifras características. La primera de dichas cifras se refiere a la protección contra contac-

tos involuntarios y contra cuerpos extraños, la segunda informa sobre el grado de protección contra el agua (ver tablas 5 y 6).

Se utilizaron lámparas incandescentes de 6 vatios de potencia, ya que sólo unas cuantas se mantienen permanentemente conectadas (y por lo tanto no originan mucho calor en el interior del tablero) y - sobre todo, porque las pérdidas de potencia en las mismas, originadas por los diodos conectados en serie son mínimas.

TABLA N° 5

GRADOS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS INVOLUNTARIOS
Y CUERPOS EXTRAÑOS (primera cifra característica)

1ª cifra característica	Grado de Protección Denominación	Aclaraciones
0	Sin protección	Sin protección especial de las personas contra contactos involuntarios de partes bajo tensión o de partes móviles. Sin protección de la máquina o del aparato contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra cuerpos extraños voluminosos.	Protección contra contactos involuntarios con superficies grandes, de partes bajo tensión o de partes móviles internas, por ejemplo, con la mano. Sin embargo, sin protección contra acceso intensional de dichas partes. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños con diámetro mayor de 50 mm.
2	Protección contra cuerpos extraños dimensiones medianas	Protección contra contactos involuntarios, con los dedos, de partes bajo tensión o de partes móviles internas. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños con diámetro mayor de 12 mm.

1ª cifra característica	Grado de Protección Denominación	Aclaraciones
3	Protección <u>con</u> tra cuerpos <u>ex</u> traños de di-mensiones <u>redu</u> cidas.	Protección <u>con</u> tra contactos involun-tarios con herramientas, alambres u objetos similares con grosor supe-rior a 2.5 mm. de partes bajo ten-sión o de partes móviles internas. Protección <u>con</u> tra la penetración de cuerpos sólidos extraños con diáme-tros mayor de 2.5 mm.
4	Protección <u>con</u> tra cuerpos <u>ex</u> traños de for-ma granular.	Protección <u>con</u> tra contactos involun-tarios con herramientas, alambres u objetos similares con grosor supe-rior a 1 mm, de partes bajo tensión o de partes móviles internas. Protección <u>con</u> tra la penetración de cuerpos sólidos extraños con diáme-tro mayor de 1 mm.
5	Protección <u>con</u> tra depósitos de polvo.	Protección total <u>con</u> tra contactos - involuntarios de partes bajo tensión o de partes móviles internas. Protección <u>con</u> tra depósitos de pol-vo perjudiciales. Si bien la pene-tración de polvo no se impide por completo la cantidad que entra no afecta en absoluto el funcionamien-to de la máquina o aparato.
6	Protección <u>con</u> tra penetración de polvo.	Protección total <u>con</u> tra contactos - involuntarios de partes bajo tensión o de partes móviles internas. Protección <u>con</u> tra la penetración de polvo.

TABLA N° 6

GRADOS DE PROTECCION CONTRA EL AGUA

(segunda cifra característica)

<u>2ª cifra</u> <u>caracte-</u> <u>rística</u>	<u>Grado de protec-</u> <u>ción</u> <u>Denominación</u>	<u>Aclaraciones</u>
0	Sin protección	Sin protección especial.
1	Protección con <u>tra</u> goteo de agua en sentido vertical.	Las gotas de agua que caigan verti <u>cal</u> mente no deben tener efectos per <u>ju</u> diciales.
2	Protección con <u>tra</u> goteo de agua en senti <u>do</u> inclinado.	Las gotas de agua que caigan con una inclinación cualquiera de hasta 15° con respecto a la vertical no deben tener efectos perjudiciales.
3	Protección con <u>tra</u> agua pulve <u>ri</u> zada.	El agua pulverizada que caiga con una inclinación cualquiera de hasta 60° con respecto a la vertical no debe tener efectos perjudiciales.
4	Protección con <u>tra</u> salpicadu <u>ras</u> de agua.	El agua que salpique la máquina o el aparato desde cualquier dirección no deben tener efectos perjudiciales.
5	Protección con <u>tra</u> chorros de agua.	El chorro de agua procedente de una tobera, que se dirija contra la má <u>q</u> uina o el aparato desde cualquier dirección, no deben tener efectos per <u>ju</u> diciales.

2ª cifra caracte- rística	Grado de protec- ción Denominación	Aclaraciones
6	Protección con <u>tra</u> inundaciones de agua.	En caso de inundaciones pasajeras, por ejemplo, debidas a marejadas, la cantidad de agua que penetre en la máquina o en el aparato no debe ocasionar deterioros.
7	Protección con <u>tra</u> in <u>mersión</u> pasajera.	En caso de sumergir en agua la máquina o el aparato, durante el tiempo establecido y a la presión fijada, la cantidad de agua que penetre no debe ocasionar deterioros.
8	Protección con <u>tra</u> su <u>mersión</u> .	En caso de sumergir en agua la máquina o el aparato, durante tiempo indeterminado y a la presión fijada, la cantidad de agua que penetre no debe ocasionar deterioros.

Para seleccionar el color que deberá tener los pulsadores y las lámparas piloto se dispone de código de colores el cual está de acuerdo a las normas VDE 0199-Din IEC 73; este código es el siguiente:

TABLA N° 7

CODIGO DE COLORES PARA PULSADORES

Color	Significado del color	Aplicaciones típicas
Rojo	Paro, alto, apagado. PARO DE EMERGENCIA (pulsador - sin retorno automático y cabeza tipo hongo, con fondo amarillo)	Mando para el paro total o de partes de una máquina y para desconexión en caso de peligro.
Amarillo	Interrupción, por ejemplo para reemplazar una secuencia de funcionamiento fuera de lo normal.	Interrupción para suprimir condiciones anormales o para evitar variaciones indeseables.
Verde Negro	Arranque, encendido.	Como interruptor de conexión general, arranque de uno o más motores, conexión de secciones de una máquina.

Color	Significado del color	Aplicaciones típicas
Azul	Cualquier función no estipulada por los colores arriba mencionados.	Bloqueo, para funciones auxiliares no comprendidas directamente con un ciclo de operación.
Gris	Cualquier función, excepto paro y apagado.	Pulsador para enclavamiento, funciones auxiliares, pulsador de prueba.

TABLA N° 8

CODIGO DE COLORES PARA LAMPARAS PILOTO

Color	Significado del color	Aplicaciones típicas
Rojo	Peligro, alarma, condiciones anormales.	Condiciones de funcionamiento que llevan a una paralización, fallas de importantes funciones auxiliares, indicación que la planta ha sido detenida por un dispositivo de protección.
Amarillo	Atención, tomar precauciones.	Un valor (corriente, temperatura, presión) esta cerca del límite permitido, señal para un ciclo automático.
Verde	Sin peligro, máquina lista a entrar en marcha.	Indicación de funcionamiento, los sistemas auxiliares operan correctamente, equipo en posición normal.
Blanco (Transparente)	Funcionamiento normal, suministro de tensión a circuitos.	Interruptor general conectado, funcionamiento individuales o dispositivos auxiliares en operación, máquina funcionando.
Azul	Información general.	Indicación de control a distancia, interruptor de conmutación en posición neutra.

Es necesario tener en cuenta la conexión de fusibles para la protección de los diferentes circuitos contra cortocircuitos (el valor nominal de los mismos se realizó en los acapites 2.2.3 y 2.2.7); si no se tuvieran los mismos en los tableros de distribución de energía se podrían incluir en el pupitre de control pero lo recomendable es de que dichos fusibles se encuentren lo más cerca posible de las fuentes de energía.

Después de haber visto los diferentes sistemas que conforman el pupitre de control los pasos a seguir para la conexión de sus diferentes circuitos son los siguientes:

- 1.- Conexión del interruptor general al (energización del solenoide de arranque y encendido de la lámpara piloto h18).
- 2.- Presión del pulsador de prueba de lámparas (rutina de verificación).
- 3.- Conexión de la bomba de pre-lubricación mediante el giro del conmutador a2 a la posición de AUTOMATICO (encendido de la lámpara piloto h19).
- 4.- Conexión del sistema de calentamiento de agua mediante el interruptor a3 (encendido de la lámpara piloto h20).
- 5.- Desconexión automática del calentador de agua (esta función la realiza un termostato que tiene contacto entre los bornes T1 y T2 del tablero de control del sistema de calentamiento de agua) con lo cual se desconecta la lámpara h20.
- 6.- Conexión de la torres de enfriamiento y de una de las bombas del sistema de refrigeración mediante la presión de los respectivos pulsadores de arranque. (encendido de las lámparas piloto h21 y h22 ó h23).

- 7.- Luego de que se cumplen los 6 pasos anteriores se procede a la puesta en marcha del motor diesel con lo cual se desconecta automáticamente el sistema de calentamiento de agua.
- 8.- Encendido de la lámpara piloto h1 con lo cual se indica que el circuito temporizado está energizado y por lo tanto todo el sistema de alarmas se encuentra apto de entrar en funcionamiento. Además se desconecta automáticamente la bomba de prelubricación (desconexión de la lámpara h19).

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS, EQUIPAMIENTO Y

PRUEBAS

3.1 Características constructivas.- El pupitre de control es un tablero del tipo autosoportado construido con planchas de fierro dobladas de 1/16" de espesor, ángulos de fierro de 1 1/2" X 1 1/2" X 1/8" longitudinales y un marco base de montaje hecho con ángulos de fierro de 1 1/2" X 1 1/2" X 3/16". Esta estructura tiene un tratamiento anticorrosivo por aplicación de una base roja al aceite y dos de acabado color verde nilo. Las especificaciones sobre el diseño mecánico se presentan en el esquema N° 7.

La acometida de los cables de conexión se ha previsto por la parte inferior del tablero motivo por el cual se le ha dejado libre y con los bornes de conexión próximos.

La Plancha denominada botonera esta hecha de plancha de fierro de 1/16" de espesor a la cual con la finalidad de dar una mejor presentación al pupitre se le ha aplicado un proceso de niquelado y formado un alto relieve a manera de marco. Para la identificación de los diferentes controles se utilizan placas rectangulares de acrílico de fondo negro con letras blancas.

Todos los dispositivos que no se instalan en la plancha denominada botonera van sobre una plancha de montaje de 3/32" de espesor, fijada mediante pernos y disponiéndose además de una puerta posterior desmontable para tener acceso a los mismos.

Para efecto de agrupaciones de cables se utilizó:

- Para agrupaciones flexibles como conexiones a equipos en la botonera: espirales plásticas.
- Para agrupaciones fijas: canaletas plásticas con tapa corrugada y paredes acanaladas que permiten derivaciones en todo su recorrido, fijadas al tablero mediante pernos.

En los distintos puntos de empalme el cable utilizado ha sido estañado para asegurar un conexionado limpio.

Aparte de los bornes de control se han dispuesto dos bornes conectados a la estructura del tablero y que sirven para conectar el cable del sistema de puesta a tierra de la central que para nuestro caso es del calibre N° 2 AWG.

Todos los cables, materiales, elementos y equipos se encuentran debidamente señalizados a fin de facilitar futuros trabajos de mantenimiento y/o reparación.

La clase de protección en la cual se puede catalogar al pupitre de control es la IP50 (ver acápite 2.2.8).

3.2 Equipamiento.- En este acápite se presentan las características técnicas principales de los diferentes dispositivos utilizados en el pupitre de control.

a) Relés auxiliares.- Son del tipo enchufable con base de conexión independiente y relé encapsulado, poseen tres contactos de conmutación que trabajan con las siguientes intensidades:

Categoría AC1: Un solo contacto 12 A., dos contactos en paralelo 20 A., tres contactos en paralelo 25 A. en 380 V.

Categoría DC11: Para L/R = 50 ms., 24V.; un solo contacto 4 A., dos contactos en serie 5 A., tres - contactos en serie 5.5 A.

Para L/R = 200 ms., 24 V., un solo contacto 3 A., dos contactos en serie 4 A, tres contactos en serie 4.5 A.

- b) Relé temporizador.- Relé de accionamiento neumático con un tiempo de retardo ajustable desde 0.3 aprox. hasta 120 segundos y con una precisión de repetición del 10%. Posee un contacto de conmutación temporizado y dos contactos de conmutación no temporizados; las intensidades de trabajo de los mismos son:

Categoría AC1: 6 A. en 380 V.

Categoría DC11: 2.5 A. en 24 V. y L/R = 200 ms.

- c) Interruptores y conmutador rotativos.- Interruptores de tipo tambor con clase de protección IP50 y con las siguientes intensidades de trabajo en sus contactos:

Categoría AC1: 10 A. en 380 V.

Categoría DC11: 2 A. en 24 V. y L/R = 50 ms.

- d) Pulsadores de retorno automático.- Pulsadores para orificio normalizado (según DIN en 50 007) de 30.5 mm. de diámetro, con clase de protección IP50 y con las siguientes intensidades de trabajo:

Categoría AC1: 10 A. en 380 V.

Categoría DC11: 2 A. en 24 V. y L/R = 50 ms.

- e) Diodos.- Diodos de silicio código ITT 2N4007 incluidos en bornes, para una intensidad de 1 A. y una tensión de ruptura de 1300 V.

f) Portalámparas y lámparas.- Portalámparas para orificio de 30.5 mm. de diámetro y clase de protección IP50, sirven para conectar lámparas de rosca E14. Las lámparas son para una potencia de 24 a 30 V. y una tensión de 6 a 10 voltios respectivamente.

g) Bornes.- Son del tipo para sujetar en riel y para conectar cables de un calibre máximo de 4 mm². La clase de protección de los mismos es la IP20.

Las firmas alemanas fabricantes de los dispositivos descritos son:

FANAL	:	b, c, d, f.
SIEMENS	:	a.
WIELAND	:	e, g.

3.3 Pruebas.- En este acápite están comprendidas las consideraciones que se debe tener en cuenta para tener la seguridad de que el tablero de control que se ha fabricado o que se va a recibir es de buena calidad. Estas consideraciones han sido elaboradas en base a normas (VDE 0100, 0110, 0199, DIN 40050) y a la experiencia de tres años de trabajo en el taller de fabricación de los tableros eléctricos de las firmas Siemens (representante de los productos Siemens) y Matisa (representante de los productos Fanal); estas consideraciones son de carácter general para tableros de baja tensión (menos de 500 V.).

Las pruebas a las que se debe someter los tableros de control comprenden las de construcción y de funcionamiento. Es recomendable que la personal que va a adquirir un tablero asista a las pruebas del mismo, luego de haberse documentado con los

catálogos de los dispositivos utilizados en el tablero, los planos eléctricos y mecánicos y el manual de operación del mismo (todos éstos documentos se deben pedir a la firma fabricante desde el momento mismo de enviar la orden de fabricación).

3.3.1 Pruebas de construcción.- Estas pruebas se realizan con el tablero sin tensión y son las siguientes:

- Comprobación del grosor de las planchas de fierro y el tamaño de los ángulos usados.- Esta prueba es recomendable realizarla cuando el tablero solicitado se encuentre en la fase inicial de fabricación - para que de esta manera las mediciones sean más sencillas y se puedan realizar modificaciones que no hayan sido previstas en el momento de realizar el diseño; además en esta etapa se pueden detectar fallas de fabricación (como por ejemplo que las puertas no se encuentre bien encuadradas) que posteriormente cuando el tablero esté terminado, sean difíciles y tomen tiempo para arreglarlas.
- Verificar la clase de protección.- Sobre todo cuando el tablero se vaya a instalar en la intemperie y en una zona donde se tengan lluvias, para lo cual se debe comprobar que los dispositivos que se instalan para ser controlados exteriormente (instrumentos de medición, portalámparas, interruptores etc.) sean de la clase de protección necesaria, además en estos casos las puertas y tapas deben llevar bordes

- de jebe que permitan un cierre hermético y que se utilicen prensa estopas en los lugares por donde ingresen los cables de conexión.
- Comprobar espacios de reserva.- Todo tablero debe disponer de por lo menos un espacio de reserva para agregar equipo adicional; esto se debe tener en cuenta principalmente cuando se tengan controles para varios dispositivos como por ejemplo grupos de lámparas para señalización, grupos de pulsadores para arranque y paro de motores, grupos de interruptores para distribución de iluminación, etc. en lo que respecta a la parte externa del tablero; en la distribución del equipo interior también se debe disponer de espacios de reserva lo cual es conveniente estipularlo al fabricante del tablero.
 - Verificar el cableado interior.- En este caso se debe comprobar que el calibre de los conductores utilizados permita un margen mínimo del 25% por sobre la intensidad nominal que deberán conducir.
 - Otra observación que se debe realizar es de que en todos los puntos de conexión el cable se encuentre estañado o en su lugar se utilice terminales de presión y además no se tengan más de dos cables conectados en el mismo punto.
 - Comprobar que tanto los cable y dispositivos lleven marcadores y etiquetas fácilmente visibles y de acuerdo al esquema eléctrico del tablero.

- Uno de los aspectos más importantes que se debe verificar con respecto al aspecto constructivo del tablero es de que se disponga del espacio suficiente para poder trabajar con comodidad con herramientas y las manos en los lugares donde se tengan que realizar conexiones con cables exteriores (como son los bornes, interruptores, barras, etc.); además - cuando se sepa que los cables de conexión van a ser de grueso calibre se debe dejar un espacio adicional o soportes que permitan dar a los conductores los dobleces necesarios para su conexión.
- Verificar que existan bornes o barra de conexión para el cable de puesta a tierra.
- Revisar si se han considerado las protecciones y enclavamientos necesarios para que tanto el equipo controlado como el tablero mismo no sufran averías al ocurrir fallas (sobrecargas, cortocircuitos, etc.).
- Observar que existan las separaciones mínimas entre partes con tensión y entre partes con tensión y tierra en el tablero, las cuales según las normas VDE 0110 grupo "C" son: (Tablas 9 y 10).

TABLA N° 9

SEPARACIONES MINIMAS ENTRE PARTES CON TENSION Y ENTRE PARTES CON TENSION Y TIERRA EN TABLEROS PARA BAJA TENSION

Tensión nominal del tablero. Voltios	Separación mínima entre partes con tensión. mm.	Separación mínima entre partes con tensión y tierra. mm.
Hasta 125	12	10
de 126 a 250	20	15
de 251 a 500	30	20

- Verificar el nivel de aislamiento con respecto a tierra del tablero sometándolo a tensiones elevadas entre cada una de las fases y tierra según las especificaciones de la siguiente tabla:

TABLA N° 10

TENSIONES ALTERNAS (60 Hz.), CONSTANTES, PARA PRUEBA DE AISLAMIENTO EN TABLEROS DE BAJA TENSION

Tiempo de prueba 60 segundos

Tensión nominal del tablero Voltios	Tensión de prueba Voltios
60 ó menos	1000
61 a 125	1500
126 a 250	2000
251 a 500	2500

Para realizar esta prueba se pueden desconectar los

instrumentos y el equipo auxiliar.

3.3.2 Pruebas de funcionamiento.- Para realizar las pruebas de funcionamiento se deben tener en cuenta los siguien aspectos:

- a) El valor de la tensión alterna que se utilice no - difiera más del 5% de la tensión nominal del table ro.
- b) La fuente de tensión continua debe estar compuesta de baterías o en su defecto de un sistema de recti ficación de corriente con un factor de ondulación de salida (relación entre la componente de tensión eficaz alterna y la tensión continua) menor a 0.05.
- c) La posición del tablero cuando se realice la prue- ba sea la misma que va a tener cuando sea instala- do.

Teniendo en cuenta estos tres puntos se puede tener - la seguridad de que si se presenta alguna anomalía en el funcionamiento del tablero, ésta no se deberá a una causa externa al tablero.

Una vez que se aplica la tensión (o tensiones) nominal al tablero se procede a la prueba de funcionamiento - del mismo; inicialmente se deben accionar los circui- tos de prueba que disponga el tablero (por ejemplo la prueba de lámparas, interruptores de simulación de ca- sos de emergencia, etc.) y revizar los instrumentos accionados exclusivamente por tensión (voltímetros, - frecuencímetros), luego se deben simular todas las con

diciones de funcionamiento siguiendo la secuencia de accionamiento del tablero, por ejemplo en el caso del pupitre de control se conectan "puentes" entre cada para de bornes que accionan los circuitos de alarma y paro, y entre los bornes que indica la conexión del motor diesel, además se utilizan relés auxiliares para conectarlos en los bornes que controlan el accionamiento de los arrancadores de los servicios auxiliares; para el caso que se tengan instrumentos y dispositivos que lleven circuitos de corriente (amperímetros, contadores de energía, cosfímetros, relés de potencia inverza, etc.) es importante verificar si la conexión de los mismos está de acuerdo al sentido de la corriente con la cual va a trabajar el tablero, en estos casos se utilizan fuentes de corriente externas conectadas al circuito de medición de intensidad ya que de esta manera solamente se necesitará una intensidad que no sea mayor de 5 Amperios ya que utilizan transformadores de corriente.

ESTIMACION DE COSTOS

La compañía minera de San Rafael envió junto con las bases de la licitación para la fabricación de tableros la fórmula polinómica correspondiente al reajuste de precios; este se debe a que además de los pupitres de control (se fabricaron dos) se solicitaban otros tipos de tableros con lo cual el período de fabricación de todo el grupo sería de algunos meses; dicha fórmula era la siguiente:

$$K = 0.13 \frac{Jr}{Jo} + 0.52 \frac{Mr}{Mo} + 0.15 \frac{Er}{Eo} + 0.20 \frac{GUr}{GUo}$$

donde:

K = Coeficiente de reajuste, valor que multiplicado por el monto del presupuesto inicial (Po) nos da el monto reajustado (Pr) en la fecha de valorización,

$$Pr = K.Po$$

$\frac{Jr}{Jo}$ = Variación de precio de la mano de obra; índice 047

$\frac{Mr}{Mo}$ = Variación de precio de materiales; índice 006 (conductores de cobre) = 40%; índice 029 (dólar para suministros importados) = 60%

$\frac{Er}{Eo}$ = Variación de precios de los equipos; índice 048 (equipos utilizados para la fabricación) = 70%; índice 049 (equipos importados) = 30%

$\frac{GUr}{GUo}$ = Variación de precios de gastos generales y utilidad; índice 039

Los índices de precios los da CAPECO (Cámara peruana de construcción).

Teniendo en cuenta éstos parámetros se puede proceder a estimar el costo del pupitre fabricado: Valor del dólar compra = 6,908.14 soles oro.

METRADO Y PRESUPUESTO

Item	Descripción	Metrado		Costo	
		Und.	Cant.	Unitario	Total
<u>Partida I</u>					
Materiales estructura					
1.01	ángulos 1 1/2" x 1/8"	m.	1.70	8,400.-	14,260.-
1.02	ángulos 1 1/2" x 3/16"	m.	2.34	12,600.-	29,484.-
1.03	plancha 3/32"	m2.	0.60	17,200.-	10,320.-
1.04	plancha 1/16"	m2.	2.28	25,800.-	58,856.-
1.05	pintura base	gl.	0.50	150,000.-	75,000.-
1.06	pintura acabado	gl.	0.25	120,000.-	30,000.-
1.07	niquelado	m2.	0.42	700,000.-	294,000.-
1.08	canaletas plásticas	m.	2.70	24,700.-	66,690.-
1.09	materiales diversos como pernos, bisagras, huachas, etc.				<u>50,000.-</u>
	Total partida I				628,610.-
<u>Partida II</u>					
Materiales para conexión eléctrica					
2.01	bornes 4 mm2.	u	62	4,350.-	268,700.-
2.02	pulsadores "1"	u.	6	52,440.-	314,640.-
2.03	pulsadores "0"	u.	4	52,440.-	209,760.-
2.04	relé temporizado	u.	1	540,000.-	540,000.-
2.05	relés auxiliares	u.	4	148,500.-	594,000.-
2.06	portalámparas	u.	23	56,400.-	1'297,200.-
2.07	lámparas	u.	23	14,400.-	331,200.-
2.08	diodos	u.	60	18,000.-	1'080,000.-

item	Descripción	Medrado		Costo	
		Und.	Cant.	Unitario	Total
2.09	comutador 1-0-2	u.	1	83,000.-	83,000.-
2.10	interruptor monofásico	u.	1	80,600.-	80,600.-
2.11	interruptor trifásico	u.	1	120,900.-	120,900.-
2.12	cable GPT # 16	m.	200	11,480.-	296,000.-
2.13	materiales diversos como espirales, placas acrílicas, sujetadores, etc.				<u>80,000.-</u>
	Total partida II				5'297,000.-

Total partidas I y II (Materiales)..... 5'925,610.-

De acuerdo a lo que nos indica la fórmula polinómica de la compañía - minera de San Rafael el costo de los materiales debe corresponder al 52% del valor total del tablero por lo cual el precio ofertado debería ser de 11'395,400.= soles; a modo de comparación se puede obtener la fórmula polinómica y el precio al cual se deberá ofertar de acuerdo al punto de vista de nuestra compañía.

El tiempo que demora un mecánico en construir el tablero es de siete días, dicho costo de mano de obra asciende a 840,000.= soles, un electricista utiliza el mismo período de tiempo en realizar el cableado del pupitre, siendo el costo de mano de obra de 700,000.= con lo cual el total es de 1'540,000.= soles.

Teniendo en cuenta que los coeficientes de variación de precios de los equipos (0.15) y de los gastos generales y utilidades (0.20) son los que normalmente se utilizan y que la suma de los coeficientes debe ser igual a 1.00, el monto de mano de obra y materiales debe ascender al 65% del valor total del tablero con lo cual el valor ofer

tado debería ser de 11'485,600.= soles y la fórmula polinómica sera:

$$K = 0.134 \frac{Jr}{Jo} + 0.156 \frac{Mr}{Mo} + 0.15 \frac{Er}{Eo} + 0.20 \frac{GUr}{GUo}$$

Como la variación de precio de los materiales es mayor que la de mano de obra resulta conveniente utilizar los coeficientes presentados por la compañía minera; el único cambio que se debe realizar es el del porcentaje que le corresponde dentro de los materiales al conductor de cobre ya que el costo del mismo no corresponde al 40%, sino de acuerdo a nuestro metrado (punto 2.12) dicho costo corresponde al 5% del total del monto de los materiales por lo cual nuestra oferta en el caso particular del pupitre de control será:

- Precio ofertado: 11'485,600.=
- Fórmula polinómica: Similar a la presentada por la compañía minera, pero con la siguiente variación:

$$\frac{Mr}{Mo} = \text{índice } 006 = 5\%; \text{ índice } 029 = 95\%$$

- A el precio ofertado se le deberá agregar el impuesto general a las ventas (I.G.V.) que actualmente corresponde al 11% del valor total de la venta.

CONCLUSIONES

- 1.- Cuando se quiera diseñar un tablero de control se deben tener en cuenta principalmente cuatro aspectos:
 - Que no sea de grandes dimensiones para que se pueda tener un cómodo acceso a un mayor número de controles.
 - Su manejo no sea complicado.
 - Se tenga las facilidades para que se pueda realizar reparaciones y/o mantenimiento.
 - Costo mínimo.
- 2.- El reemplazo de los relés auxiliares por diodos nos permite obtener ventajas con respecto a los tableros de control convencionales en lo que respecta al tamaño, precio y complejidad de los mismos.
- 3.- Si bien el uso de los diodos se facilitó porque la conexión de los mismos era sencilla ya que venían incluidos en bornes, no quiere decir que si no se tiene este tipo especial de borneras no se pueda utilizar en forma práctica diodos individuales; una forma de evitar los inconvenientes de utilizar soldadura para conectarlos es utilizando bornes tipo dominó los cuales servirán para sujetar firmemente los diodos entre sus extremos.
- 4.- Para la selección del tipo de diodos se deben tomar en cuenta la intensidad nominal de los mismos y la influencia que ejercen sobre el funcionamiento de las lámparas y relés que

se vayan a utilizar para lo cual se deben conectar los diodos con dichos dispositivos y someterlos a su tensión nominal tomando nota de la tensión que llega a los dispositivos.

- 5.- Dos tipos de información son las más importantes al momento de realizar el diseño eléctrico de un tablero de control, la primera consiste en el funcionamiento y características del equipo que se va a controlar y la segunda trata sobre las características técnicas de los dispositivos que se piensa utilizar.
- 6.- Se utiliza tensiones de corriente continua en los tableros de alarmas y control de centrales de generación eléctrica ya que de esta forma se asegura que estos dispositivos se mantengan continuamente operativos a pesar de que no se tenga energía generada.
- 7.- Un aspecto importante en el diseño eléctrico de todo tipo de tablero es el de considerar los enclavamientos y protecciones sin aumento, relés, etc. necesarios para que tanto el equipo controlado como el tablero mismo no sufran averías al ocurrir fallas (sobrecargas, cortocircuitos, etc.)
- 8.- Se debe observar que aunque un tablero utilice distintas tensiones se debe utilizar solamente una de ellas (generalmente la menor) para la energización de las lámparas de señalización para que de esta manera las portalámparas y lámparas sean del mismo tipo facilitándole el mantenimiento y verificación del funcionamiento de las mismas.

9.- Para realizar el diseño mecánico de un tablero de control se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: gusto del cliente, espacio disponible, tipo de instalación, condiciones ambientales de la zona donde trabajará el tablero y estética.

- ANEXOS -

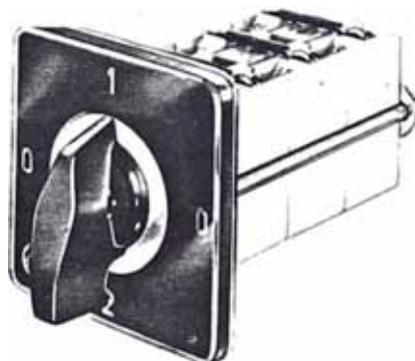


Selector switches

These devices conform to the "Specifications for low-voltage switchgear" VDE 0660, BS 4794 Pt 2 and the IEC Publication 337-2. These details are valid as a statement of conformity in the sense of article 10 of the EEC Guidelines for Low-Voltage Equipment of 19. 2. 1973.

Technical data* for contact-blocks

Rated insulation voltage U_i (Insulation group IGrD/IGrC to VDE 0110)	V AC	380/500
AC 1: Rated operating current I_e	A	10
AC 11: Rated operating current I_e with $\cos \varphi = 0.7$	220 V AC A	6
	380 V AC A	4
	500 V AC A	2.5
DC 11: Rated operating current I_e with $L/R \leq 50$ ms	24 V DC A	2
	60 V DC A	1
	110 V DC A	0.5
	220 V DC A	0.2
Contact life at $U_e = 220$ V AC, $I_e = 2.5$ A, $\cos \varphi = 0.4$	Switching cycles	3×10^6
Lead sizes	up to mm ²	2.5
Max. fuse rating to VDE 0636	A gL	10
Permissible switching frequency	per h	600
Mechanical life	Equipment class	E 1
Permissible ambient temperature	°C	-30...+60





KD-Universal pushbuttons and lamps

Technical data* for contact-blocks and lampholder/contact-blocks

Rated insulation voltage U_i (Insulation group IGrD/IGrC to VDE 0110)	V AC	380/500
AC 1: Rated operating current I_e	A	10
AC 11: Rated operating current I_e with $\cos \varphi = 0.7$	220 V AC A	6
	380 V AC A	4
	500 V AC A	2,5
DC 11: Rated operating current I_e with $L/R \leq 50$ ms	24 V DC A	2
	60 V DC A	1
	110 V DC A	0,5
	220 V DC A	0,2
Contact life at $U_e = 220$ V AC, $I_e = 2.5$ A, $\cos \varphi = 0.4$	Switching-operations	3×10^6
Max. lead sizes	up to mm ²	2,5
Max. fuse rating to VDE 0636	A gL	10
Permissible switching-frequency	per h	600
Mechanical life	Equipment class	E 1
Permissible ambient temperature	°C	-30...+60

IP 50 round, for
30.5 mm dia.
mounting-hole



IP 65 round for
30.5 mm dia.
mounting-hole



IP 65 round for
22.5 mm dia.
mounting-hole



IP 65 square for
22.5 mm dia.
mounting-hole



Indicating lamp
LH 3 + UV 220/6
for 30.5 mm dia.
mounting-hole
IP 50 protection

Verzögerungsrelais
Time-Lag Relays
Temporisateurs
Relés retardadores

VZP 3
GVZP 3



METZENAUER & JUNG GMBH
D-56 WUPPERTAL · GERMANY

K106 A001Ea

Ausgabe · Issue · Edition · Edición **12**

1. Aplicación y características técnicas

El relé retardo sirve para la conexión, desconexión o conmutación retardada de circuits de corriente de mando.

El aparato tiene contactos con pequeña distancia (μ sobre el rótulo, tensión de prueba hasta 1000 V máx. sobre las bornes de contacto).

Puede accionarse a mano por la parte inferior.

El tiempo de retardo se puede ajustar desde 0,3 aprox. hasta 120 segundos. Precisión de repetición 10 %.

		VZP 3	GVZP 3
Tensión de aislamiento nominal U_i (segun VDE 0110 IGr C)		500 V~ 600 V-	
Tensión de accionamiento nominal U_c	máx. mín.	500 V~ 12 V~	220 V- 12 V-
Potencia consumida por la bobina	al conectar al mantener	80 VA 16VA	120 W 11 W

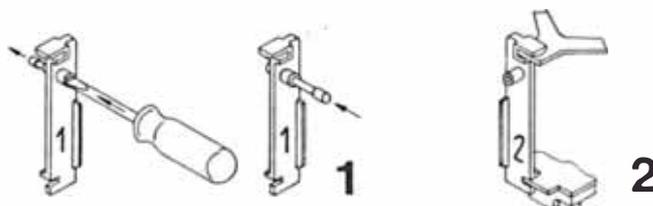
Datos de los interruptores

Intensidad permanente	I_{th}	6 A	
AC 11: Intensidad de servicio nominal	I_e a 220 V~	4 A	
Potencia de conexión y desconexión	a 220 V, $\cos \varphi = 0,7$	40 A	
Condensador de extinción	0,1 μ F 1000 V		
DC 11: Intensidad de servicio nominal I_e	a 24 V-	con 2,5 A	sin 0,6 A
	60 V-	1,6 A	0,25 A
	110 V-	1,25 A	0,1 A
	max. 220 V-	1 A	0,06 A
Fusible max. (VDE 0660 Tomo 2 §76)	rápido lento	6 A 4 A	
Sección máx. de conductores a conectar	de hilo único de varios hilos	2,5 mm ² 1,5 mm ²	

2. Cambio de "retardo al conectar" a "retardo al desconectar"

El relé se suministra con "retardo al conectar". Para cambiarlo a "retardo al desconectar" en el lugar de instalación: Sacar la cubierta de la parte trasera del aparato. Observar el esquema de ajuste que se encuentra en el lado del aparato. Sacar la pieza de unión marcada "1", quitar el perno y empujarlo desde el lado "1" hasta el tope (véase fig. 1).

Colocar el muelle y la palanca en posición 2, según la ilustración en el lado del aparato, y meter la pieza de unión de manera que se vea la cifra 2 y que encajen sus ranuras arriba y abajo (véase fig. 2). Colocar de nuevo la lengüeta y la cubierta.



3. Montaje

3.1. Montaje adosado / empotrado

Comprobar que la tensión de accionamiento y frecuencia nominal o tipo de corriente, que se indican debajo de los bornes de conexión del solenoide, coincidan con los correspondientes datos de la red. Atornillar el relé de retardo sobre una superficie de montaje vertical, y exenta de vibraciones, o encajar sobre un carril de soporte 35 EN 50 022 . Tener en cuenta el plano dimensional. La resistencia del tipo GVZP 3 se calienta normalmente hasta 250^oC aprox. Cuidar que elementos fabricados con material sensible a la temperatura sean colocados a bastante distancia.

3.2. Conexión eléctrica

Conectar el relé de acuerdo con los símbolos de la parte frontal, según la función que se haya ajustado (retardo al conectar o desconectar). Si se desee que trabaje como relé de solape, se tendrá en cuenta el esquema siguiente.

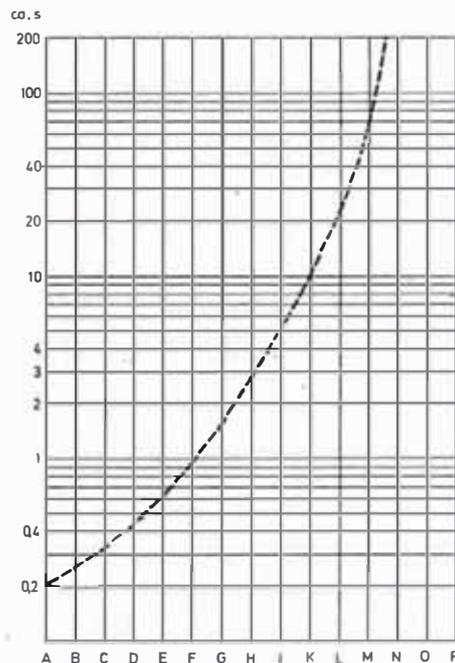
Si se espera que haya vibraciones, se recomienda hacer las conexiones flexibles.

4. Ajuste del tiempo de retardo

El relé viene ajustado en la fábrica, a 3 seg. aprox., indicando entonces las escalas 1 y 2 la posición "H" - "O". Girando la escala 1 en el sentido de las agujas de un reloj se extiende el tiempo de retardo, es decir: aumento de cifras = aumento de retardo.

Verificar por medición el ajuste de tiempo.

Ayuda para el ajuste



5. Mantenimiento - no es necesario.

Los aparatos de mando B.T.FANAL están a la más moderna altura de la técnica. Trabajan con seguridad completa. La protección necesaria, precisa para las instalaciones y aparatos eléctricos, queda completamente garantizada siempre que se tengan muy en cuenta las instrucciones para el montaje y la puesta en marcha de las instalaciones.



**F. Wieland
Elektrische Industrie
GmbH
8600 Bamberg**

Brennerstraße 10-14
Telefon 0951/31061
Telex 06/62 824 wiba

TS 32 **4 mm²**

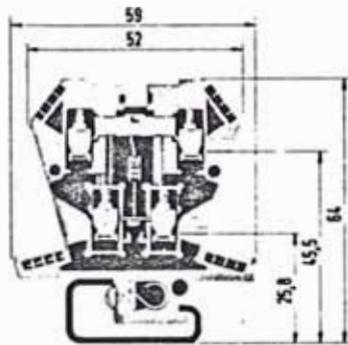
Typ	Bestell-Nr.	Verp. Einh. Stck.	Gew. Stck. in g
-----	-------------	-------------------	-----------------

BORNE CON DIODO

WK 4E/32 GU	54.504.8153	100	15.5
-------------	-------------	-----	------

TIPO

PESO



Baubreite 6 mm **ESPESOR**
Abisolierlänge 9 mm **AISLANTE**

CABLE

feinstdrähtig

ALAMBRE

eindrähtig

0,5-4

0,5-6

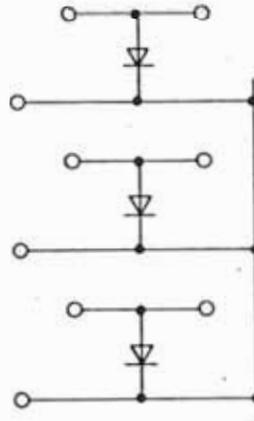
Diode Typ 1 N 4007

Schaltbeispiele:

WK 4E/ . GU

Eingebaute Diode Typ 1 N 4007
Nennstrom 1 Ampere **I NOMINAL**
Periodische Spitzensperrspannung 1300 V

TENSION DE RUPTURA

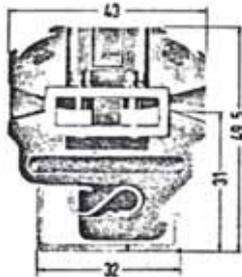


Verbindungskamm
CONEXION MULTIPLE

4 mm²

Typ	Bestell-Nr.	Verp. Einh. Stck.	Gew. Stck. in g
9050/2.5 U KR	50.204.0040	100	15.0
9050/2.5 U ST	50.204.0075	100	24.0
9050/2.5 AU ST	50.204.0175	100	23.0

BORNE



Baubreite 6.5 mm
Abisolierlänge 6 mm

feinstdrähtig

eindrähtig

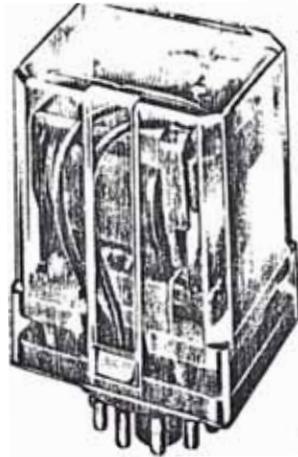
0,5 - 4

0,5 - 6

750V ~ 900V --- Gr.C 36A 4

SIEMENS

Contactors



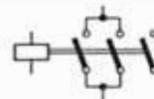
DC 11

U _e V DC	Time constant L/R ≤ 50 ms		L/R ≤ 200 ms	
	Current paths in series		Current paths in series	
	1	2	1	2
24	4 A	5 A	3 A	4 A
60	1 A	4 A	0,5 A	1 A
110	0,25 A	1 A	0,15 A	0,4 A
220	0,1 A	0,4 A	0,05 A	0,15 A

AC 11	Rated operating current I _e AC 1	open	
		A	12
		in individual enclosure	
		A	12

2 current paths in parallel

Rated operating current I _e AC 1	open	
	A	20
	in individual enclosure	
	A	20



3 current paths in parallel

Rated operating current I _e AC 1	open	
	A	25
	in individual enclosure	
	A	25

