

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“Aplicación del Sistema Swanson en baja Energía, para
el Control Automático de una Planta
Concentradora de Cobre”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

LUIS FERNANDO ARMAS TAMAYO

PROMOCION: 1985 - I

LIMA • PERU • 1989

INDICE

	<u>Pags.</u>
PROLOGO	10
1. INTRODUCCION	12
2. PROCESO DE LA PLANTA	
2.1 Conceptos Generales	14
2.2 Clasificación del Proceso	15
2.2.1 Chancado de mineral	15
2.2.2 Transporte de mineral	23
2.2.3 Almacenaje de mineral	27
2.2.4 Recolección de producto hacia molinos	29
2.2.5 Transporte de almacén a molinos	29
2.2.6 Molienda	30
2.2.7 Clasificación en húmedo	35
2.2.8 Flotación	40
2.2.9 Espesadores	41
2.2.10 Filtrado y Secado	43
3. PLANTA A CONTROLAR	
3.1 Introducción	45
3.2 Arranque de motores de inducción de Rotor Bobinado	46
3.3 Faja transportadora hacia almacén	49
3.4 Distribuidor de carga (Tripper)	50
3.5 Motores de accionamiento de fajas alimentadoras	53
3.6 Fajas alimentadoras de molinos	54
3.7 Bombas de reciclaje de mineral	55
3.8 Sistema de lubricación automático de molinos	56
3.9 Motores sincrónicos de 3000 H.P.	57
3.10 Motores jaula de ardilla de agitadores	60
3.11 Motores de colectores de polvo	60
4. SISTEMA DE CONTROL SWANSON	
4.1 Introducción	63
4.2 Concepto General	65

4.3	Aplicación del sistema	66
4.4	Principio de funcionamiento	69
4.4.1	Componentes para el control	71
4.4.2	Control de motor dos cables	72
4.4.3	Control de válvula-motor dirigido MOV	79
4.4.4	Control de válvula-solenoides dirigido SOV	83
4.5	Consideraciones para diseño	86
4.5.1	Módulos de campo	86
4.5.2	Equipo remoto	93
4.5.3	Tarjeta de control de motor (MOT)	96
4.5.4	Tarjeta de control de válvula de motor y solenoide dirigido	103
4.5.5	Tarjetas funcionales	108
4.5.6	Tarjetas de lógica universal (AND/OR)	109
4.5.7	Tarjetas de demora de tiempo (TD)	113
4.5.8	Tarjetas FLIP/FLOP (F/F)	118
4.5.9	Tarjetas de pulsos (P.C.)	121
4.5.10	Tarjetas amplificadora-inversora	124
4.5.11	Tarjeta relé	126
4.5.12	Suministro de energía	128
4.5.13	Sistema común	129
4.5.14	Bastidor de montaje de tarjetas	130
4.6	Principio de interconexión	132
5.	DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE LA PLANTA	
5.1	Introducción	135
5.2	Consideraciones de dibujo en el diseño	136
5.3	Control de una faja transportadora	140
5.4	Control de un distribuidor de carga	146
5.5	Control de alimentadores	148
5.6	Control de arranque de molinos de bolas	151
5.7	Control de bombas de reciclaje	157
5.8	Control de colectores de polvo	158

5.9	Control de sistemas de lubricación automático de molinos	160
5.10	Control de motores de celdas de flotación	166
5.11	Control del sistema interconectado	166
6.	OBSERVACIONES	171
	CONCLUSIONES	173
	BIBLIOGRAFIA	176
	PLANOS	
	APENDICE	

RELACION DE FIGURAS

No.Figura

- 2.1.A Diagrama de flujo del proceso de la Concentradora.
- 2.1.B Diagrama de flujo del proceso de la Concentradora.
- 2.1.C Diagrama de flujo del proceso de la Concentradora.
- 2.2 Esquema procesal obviado en el estudio.
- 2.3 Fajas transportadoras y sus variedades
- 2.4 Sección transversal de un molino de bolas rotatorio.
- 3.1 Relación par-velocidad de un motor de inducción.
- 4.1 Aplicación del Sistema Swanson
- 4.2 Control de motor dos cables MOT
- 4.3 Control de válvula motor dirigido MOV
- 4.4 Control de válvula solenoide SOV
- 4.5 Módulo MOT
- 4.6 Módulo transmisor (Driver Modulo)
- 4.7 Módulo Interruptor
- 4.8 Módulo MOV
- 4.9 Módulo SOV
- 4.10 Sistema de Comparación de señal
- 4.11.A Tarjeta MOT.- Conexión Estandar
- 4.11.B Tarjeta MOT.- Representación Gráfica
- 4.12.A Tarjeta MOV.- Conexión Estandar
- 4.12.B Tarjeta MOV.- Representación Gráfica
- 4.13.A Tarjeta SOV.- Conexión Estandar
- 4.13.B Tarjeta SOV.- Representación Gráfica
- 4.14.A Tarjeta lógica .- Conexión Estandar
- 4.14.B Tarjeta lógica .- Funciones Intercambiables
- 4.14.C Tarjeta lógica .- Representación Gráfica
- 4.14.D Tarjeta lógica .- Equivalencia al Sistema de Relés
- 4.15.A Tarjeta de demora de tiempo .- Conexión Estandar
- 4.15.B Tarjeta de demora de tiempo .- Representación Gráfica
- 4.15.C Tarjeta de demora de tiempo .- Equivalencia al sistema de Relés

No.Figura

- 4.16.A Tarjeta FLIP-FLOP - Conexión Estandar
- 4.16.B Tarjeta FLIP-FLOP - Representación Gráfica
- 4.16.C Tarjeta FLIP-FLOP - Equivalencia al sistema de relés
- 4.17.A Tarjeta de Pulsos .- Conexión Estandar
- 4.17.B Tarjeta de Pulsos .- Representación Gráfica
- 4.17.C Tarjeta de Pulsos .- Equivalencia al sistema de relés
- 4.18.A Tarjeta Amplificadora-Inversora-Conexión Estandar
- 4.18.B Tarjeta Amplificadora-Inversora-Representación Gráfica
- 4.18.C Tarjeta Amplificadora-Inversora-Equivalencia al sistema
de relés.
- 4.19.A Tarjeta Relé - Esquema y equivalencia a relés
- 4.19.B Tarjeta Relé - Representación Gráfica
- 4.20 Esquema simplicado de interconexión de control.
- 5.1 Diagrama típico de control SWANSON
- 5.2 Sistema de Alarma para el arranque de fajas
- 5.3 Sensor de Velocidad de las fajas
- 5.4 Sensor de Atoramiento de Chutes
- 5.5 Distribuidor de Carga (Tripper) en automático
- 5.6 Operación de alimentadores por combinación
- 5.7 Diagrama de Bloques-Excitación de motores 3000 H.P.
- 5.8 Sistema de prevención para el arranque de molinos.
- 5.9 Bomba alimentadora de ciclones
- 5.10 Colectores de Polvo
- 5.11 Sistema de lubricación de molinos
- 5.12 Sistema de lubricación de molinos
- 5.13 Motores de Celda de Flotación
- 5.14 Condiciones para el arranque de la planta.

RELACION DE TABLAS

Tabla No. 1 Luz Indicadora de Estado

Tabla No. 2 Funciones Variables de Tarjetas Lógicas

Tabla No. 3 Funciones Variables de Tarjetas de Demora
de Tiempo.

RELACION DE PLANOS

- S-1 Sistema de arranque de un Motor de Inducción de Rotor Bobinado
- S-2 Distribuidor de Carga No.10
- S-3 Alimentadores No.11 y Faja No. 12
- S-4 Arranque de Molinos. GOLDEN GATE
- S-5 Excitación de Motores Síncronos de 3000 H.P. ARCONTROL.
- S-6 Control de Molinos
- S-7 Sistema de Lubricación de Molinos

PROLOGO

La Concentradora de Cobre de Cuajone cuenta con una gran variedad de maquinaria y equipos; y ante la necesidad de un control automático con todos los elementos de vigilancia de buena operación posibles, se requería de un complicado sistema.

Se optó por aplicar el SISTEMA SWANSON, constituido por elementos de control de estado sólido en D.C. y Baja Energía, que dentro de sus bondades otorga ventajas de volumen, mantenimiento, frecuencia de fallas e instalación. Así como la apertura hacia el control automático por computadoras o procesadores de control, hacia un futuro inmediato.

Ante lo cual, fue necesario un estudio previo de este sistema para preparar al personal tanto para la instalación como para el mantenimiento. Así es como surge el desarrollo del presente estudio que dentro de sus metas está la de otorgar las herramientas necesarias para un cabal entendimiento de este innovador sistema eléctrico aplicable a todo tipo de Planta de Procesos.

Para tal efecto, el desarrollo de este trabajo se ha estructurado en cinco capítulos. Constituido el primero, por una breve introducción.

El Segundo capítulo, nos dá una clara visión de todo el proceso operativo de la Planta Concentradora. El Tercer capítulo, se encarga de pormenorizar todos los equipos a controlar y sus necesidades.

En el Cuarto capítulo, se efectúa un desarrollo integral del Sistema Swanson y sus componentes, de tal modo, que con dicho reconocimiento se tenga todas las condiciones necesarias para el diseño de cualquier circuito de control. Finalmente en el último capítulo, se muestra el diseño de los circuitos de control mediante la aplicación directa del sistema en estudio.

Este estudio se realizó en las instalaciones del Centro Minero de Cuajone, por lo que va mi reconocimiento a SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION; al Ing^o Eduardo Santistevan, Superintendente de Mantenimiento; al Sr. Richard Blythe, Jefe General de Electricidad-Cuajone; al Sr. Rudolf Seewald, Jefe de Electricidad-Concentradora, por su apoyo y las facilidades que me otorgaron para desarrollar el presente estudio. Así como a todo el personal del Departamento Eléctrico de Concentradora-Cuajone y al Sr. José Otero en especial por haberme otorgado una valiosa orientación, en función de su experiencia de trabajo; y finalmente a la Srta. Jacqueline Pereira por su valioso aporte en el mecanografiado.

1

INTRODUCCION

El presente estudio se efectuó en las instalaciones del Centro Minero de Cuajone, y el propósito del mismo es mostrar la aplicación de un sistema eléctrico de control automático, que reemplazo al sistema convencional (relés, relés de tiempo, contactores, generadores de polvo, inversores, amplificadores, transmisores electromecánicos, sensores del estado del equipo a controlar).

Este nuevo sistema denominado SWANSON está constituido por un sistema D.C. de baja energía y estructura sólida que simplifica, la instalación, el mantenimiento, así como la detección de fallas, si tomamos como referencia el sistema convencional con energía de voltaje reducido.

El análisis para el diseño de los circuitos se enfocó, primero - considerando el sistema operativo de la Concontradora de Cobre y luego estableciendo las diferentes condiciones de seguridad, tanto para los operadores como para la maquinaria.

En el desarrollo del diseño de control, se efectúa un análisis similar a un diagrama de flujo en las que las tarjetas de estado sólido son considerados como cajas negras de las cuales conocemos simplemente sus funciones.

Este estudio inicialmente nos muestra la planta y sus necesidades de control, luego procede a una explicación en detalle del Sistema SWANSON y sus componentes para finalmente mostrar un diseño de tal modo que cubra las necesidades de la planta.

PROCESO DE LA PLANTA

2.1 CONCEPTOS GENERALES

Para una clara aplicación del sistema, consideraremos el control del proceso de una Concentradora de Cobre de la Compañía SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, en el Area Cuajone.

Hay que remarcar que todos los equipos que se estudiarán será siguiendo una sola línea, por ejemplo: existen ocho molinos de bolas y se explicará el procedimiento de uno solo, ya que, los siete restantes son idénticos.

El proceso consiste en recepcionar mineral de la mina con una ley promedio de 0.87%, pasarlo por diferentes sistemas de chancado, para finalmente mezclarlo con agua y mediante reactivos, obtener por flotación un concentrado de 96%, el que finalmente será transportado a una fundición en calidad de polvo para obtener mineral en barras con 98%.

Para todo este proceso, no se considerará las zonas de chancado primario, y se considerará un mineral de tamaño reducido: 1/2" - 3/4", que se puede obtener de una chancadora intermedia. Dependiendo de la disponibilidad y del material

enviado de la mina, se ubican chancadoras primarias, secundarias, etc.; que tienen como función principal, disminuir el volumen del mineral salido de la mina.

2.2 CLASIFICACION DEL PROCESO

Para una observación global del sistema o proceso, se puede observar el diagrama de flujo de las figuras 2.1A, B, C y 2.2, en base a esta secuencia procederemos a aplicar el sistema Swanson. Pero, antes daremos una breve referencia al proceso de la Concontradora.

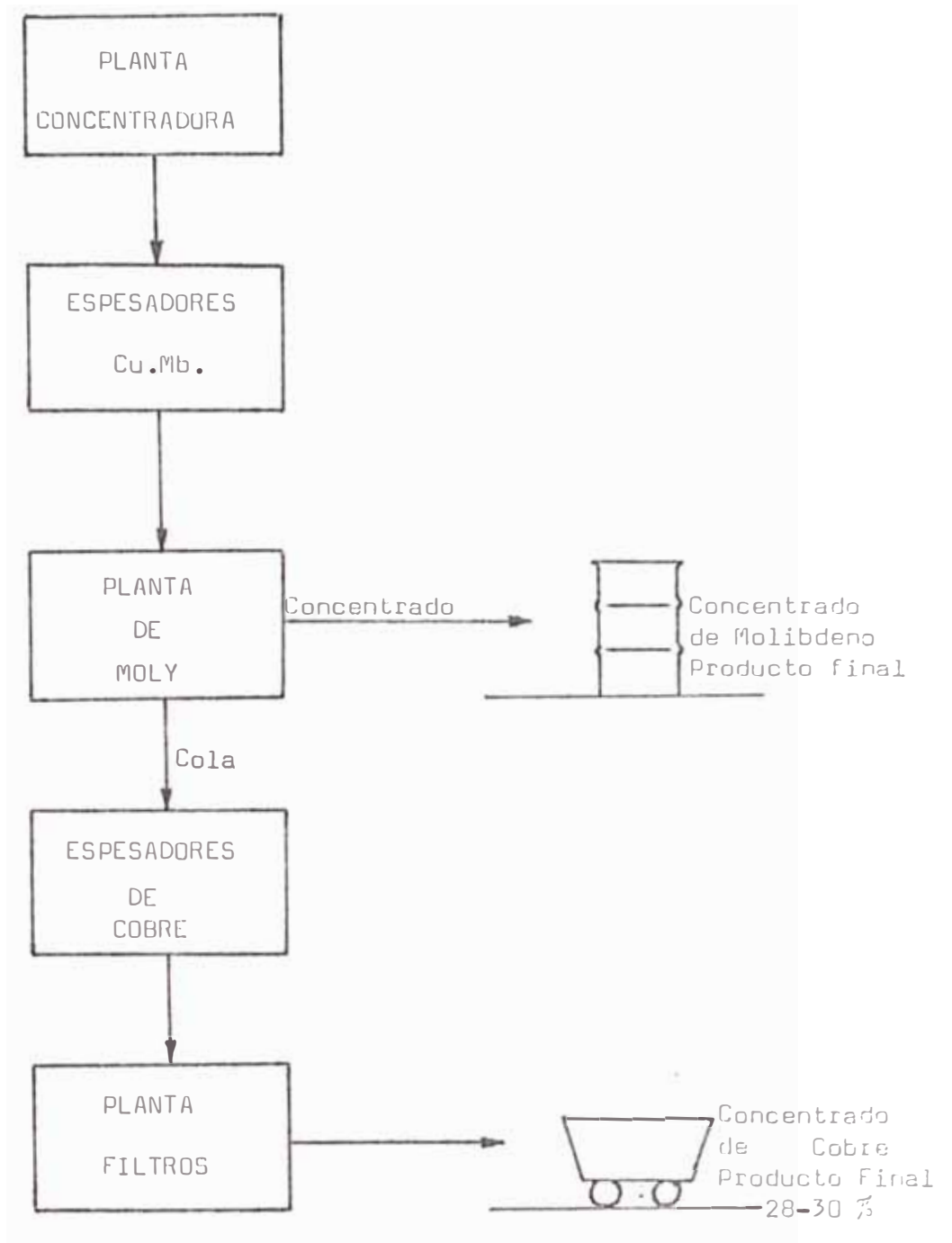
Para el presente estudio obviaremos el proceso de chancado primario, secundario y terciario, considerando de que ya hemos obtenido un mineral relativamente fino entre 1/2" y 3/4" de diámetro.

2.2.1 CHANCADO DE MINERAL

Consta de 3 etapas: Trituración Primaria, Secundaria y Terciaria.

Trituración Primaria

El mineral llega procedente de la mina, en trenes operados por control remoto, los cuales vienen con sus vagones de 78 toneladas cada uno; de los que se



Producto final hacia la Fundición de Ilo.

Fig. No. 2.1.C DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA CONCENTRADORA

descarga el mineral por inclinación lateral hacia un "grizzly" de 8" de abertura. Los trozos mayores caen en una Chancadora Primaria donde son reducidos a 8". El producto fino y el chancado es transportado a la zona de almacenamiento de intermedios, sucesivamente, por dos alimentadores de oruga de 84", un sistema de fajas y un distribuidor de carga (Tripper).

En diferentes puntos estratégicos del edificio de chancado y en "chutes" transferentes de las fajas, hay campanas de succión hacia los colectores de polvo. Estos trabajan en contra corriente con un "spray" o cortina de agua que sirve para formar una pulpa de polvo (dust slurry) que se utiliza en la sección mollienda.

El "Tripper" tiene cuatro posiciones de descarga las que se pueden programar en el panel de control en forma: automática, local o p ^{manual}, de acuerdo a las condiciones operativas que se indiquen y/o con la cantidad de mineral que tiene cada posición.

La zona de almacenamiento intermedio puede recibir 150,000 toneladas, de los cuales 45,000 toneladas es mineral circulante.

Trituración Secundaria y Terciaria

Se realiza por dos líneas paralelas e independientes de trituración secundaria mediante dos chancadoras cónicas de 7' con abertura de $1 \frac{5}{8}$ " y es complementado por seis chancadoras cónicas de 7' con abertura de $\frac{3}{8}$ ".

En el piso de la zona de almacenamiento intermedio hay ocho chutes, cuatro para cada línea de trituración secundaria y que coincide con las posiciones del "Tripper" que alimentan a igual número de alimentadores de oruga de 48".

El mineral es conducido por las fajas 3A y 3B de 54", equipadas con un detector de metales y una balanza en cada línea, hasta las zarandas vibratorias de dos pisos; el superior tiene parrilla con abertura de $1 \frac{1}{2}$ " y el inferior tiene malla de $\frac{1}{2}$ ". El producto menor de $\frac{1}{2}$ " es transportado a la tolva de finos y la parte mayor de $\frac{1}{2}$ " ingresa a las chancadoras secundarias, descargando éstas en otras zarandas vibratorias de dos pisos; donde el superior tiene parrillas con abertura de 1" y el inferior tiene malla de $\frac{1}{2}$ ", donde se clasifica nuevamente el mineral, menor de $\frac{1}{2}$ " a tolva de finos y mayor de $\frac{1}{2}$ " a trituración terciaria.

Todo el mineral mayor de 1/2" pasa por la faja No.7 de 54" equipada con una polea magnética y un tripper que lo transporta a una tolva de 2,400 toneladas de capacidad, de donde se alimentan a seis chencadoras terciarias, las que descargan respectivamente en seis zarandas vibratorias simples con mallas de 1/2" que clasifican el producto en mayores de 1/2" que regresan a las tolvas de terciarias, completando el circuito cerrado de trituración; y el producto menor de 1/2" por intermedio de las fajas No.9, No. 10 y un tripper que es distribuído en las ocho posiciones correspondientes a cada uno de los molinos.

A los dos "Trippers" de ésta sección también se les puede programar su operación de acuerdo con las indicaciones y necesidades operativas.

Todas las trituradoras, "chutes" de transferencia zarandas, y chutes de los "trippers", tienen instrumentos sensibles de alarma y seguridad para los casos en que hay atoramientos o problemas eléctricos, los cuales hacen detener automáticamente toda la secuencia de operación y deben registrar el lugar exacto del problema en el panel de control.

Las 8 trituradoras, zarandas y "chutes" de transferencia, tienen líneas de succión hacia los colectores

de polvo. En ésta planta se junta toda el agua de los colectores (dust slurry) y es bombeada a la sección molinos.

2.2.2 TRANSPORTE DE MINERAL

Este se realiza en seco mediante transportadores de faja desde la Chancadora Primaria a los Molinos.

De los Molinos a la sección de Secado se transporta conjuntamente con agua, mediante bombeo a través de tubería.

Faja Transportadora

En su diseño más simple, éstos equipos consisten básicamente en una faja sin fin que pasa a través de dos poleas en un extremo, una denominada de cabeza, ubicada generalmente en la zona de descarga del material y en el otro extremo otra llamada de cola donde usualmente se ubica la tolva de alimentación de material.

La faja descansa en toda su trayectoria sobre una serie de soportes con rodillos, normalmente abarquillados; los que están ubicados en el tramo de avances del material, se denominan rodillos de avance y

puoden ser de impacto, normales, de transición y de alineación; y los rodillos de retorno, ubicados en el tramo de regreso pueden ser normales y de alineación, siendo planos y no abarquillados.

El accionamiento usual es mediante un motor eléctrico y un sistema de transmisión que finalmente actúa en la polea matriz y del transportador.

Existe un sistema templador que proporciona la adecuada tensión a la faja para su mejor operación.

El material llega a la faja mediante alimentadores especiales a través de un chute de alimentación.

Todos los elementos citados descansan sobre perfiles estructurales que conforman mesas, o en su defecto sobre estructuras del tipo celosía, apoyándose éstas sobre soportes estructurales convenientemente separados.

En resumen, los elementos principales de un transportador de faja son:

- Faja transportadora
- Polea de cabeza y cola
- Rodillos de avance y retorno

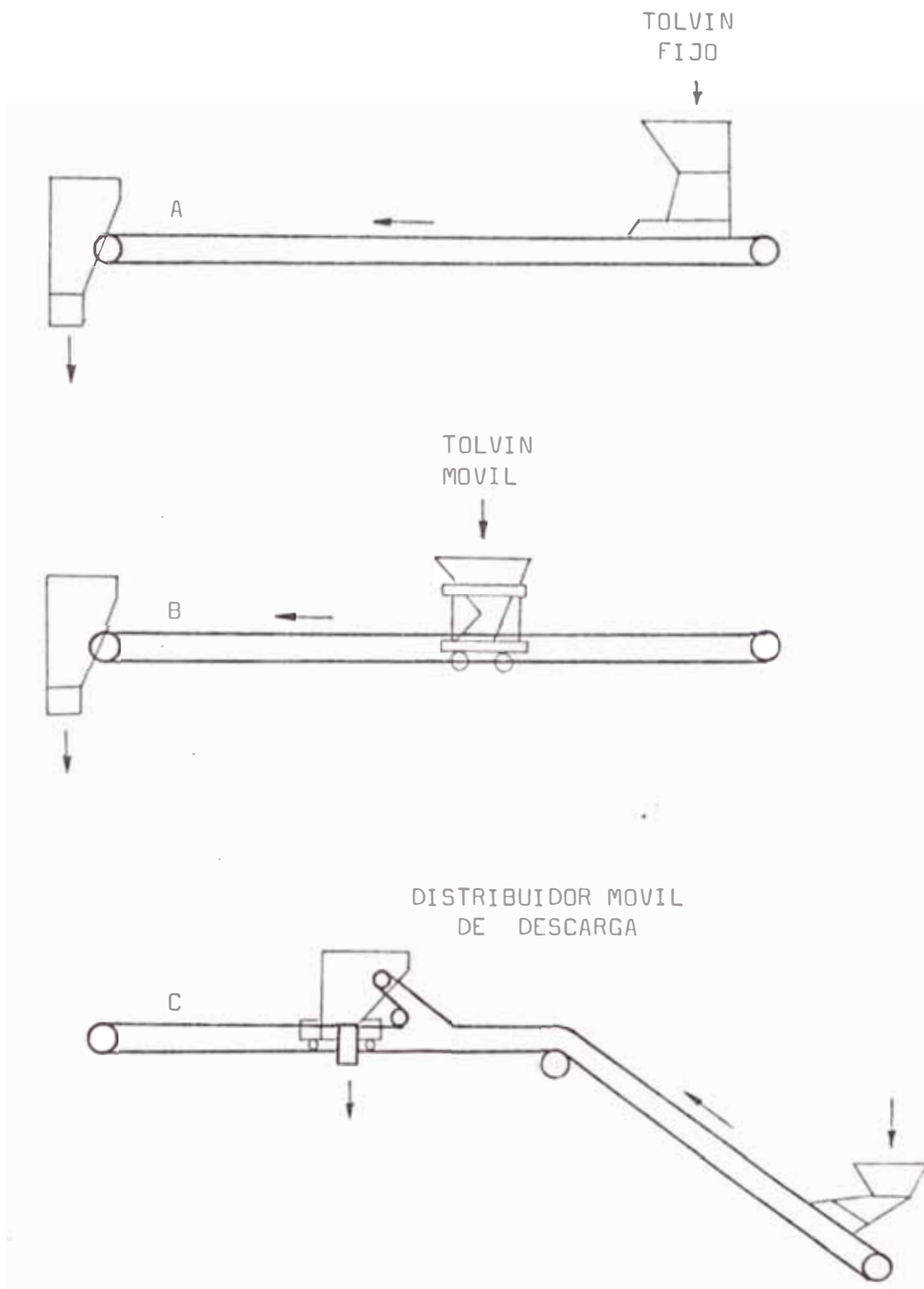


Fig. No. 2.3 FAJAS TRANSPORTADORAS Y SUS VARIEDADES

- Motor de accionamiento y sistema de transición
- Sistema templador
- Chutes de carga y descarga
- Cubierta de la faja (opcional)
- Estructuras portantes
- Elementos secundarios como: limpiadores, descargadores, cortinas, etc.

En la figura No.2.3, se representan varios dispositivos de alimentación y descarga de fajas transportadoras. La figura No.2.3A en la que la alimentación se efectúa por el tolván de carga A, que se encuentra junto a la polea zaguero, mientras que la descarga - tiene lugar por encima de la polea de cabeza a otro extremo, es la más sencilla de todas. En la figura No.2.3B, podemos ver un tolván volante B, de alimentación desplazable. En la figura No.2.3C, se ve un descargador o repartidor móvil (Tripper), empleado corrientemente para esparcir el material en apilamientos largos o distribuirlo en tolvas de gran longitud o para repartir distintos tipos de materiales en diferentes puntos a lo largo del proyecto.

Sus elementos especiales son dos poleas dispuestas en zig-zag, con doble rampa en caballete entre medias para desviar la corriente de mineral en la descarga, y vertiéndola a ambos lados por encima del tramo superior de la cinta.

2.2.3 ALMACENAJE DE MINERAL

Todos los problemas de manipulación y el movimiento de los minerales, comprenden también, el almacenamiento de los mismos. Es pues necesario el estudio del almacenamiento comúnmente empleado en las concentradoras de una manera conveniente de entrada y salida y stock de los materiales.

Se tiene dos tipos de tolvas: Tolvas de gruesos y de finos. Los primeros son almacenamiento en pilas o montón, al aire libre o bajo techo; la preparación del ambiente para éstas tolvas es el área de almacenamiento, más no las paredes laterales por la gran capacidad de almacenaje.

La tolva de finos son recipientes de acero. El número de estas tolvas depende de la capacidad de tratamiento en la planta, su ubicación se realizó conociendo sus dimensiones geométricas y si sabemos la gravedad específica del mineral estaremos calculando su capacidad que en este caso es de 240,000 toneladas, de las cuales 86,000 toneladas son de mineral circulante.

Este almacenamiento del mineral es una operación metalúrgica auxiliar, encargada de almacenar el mine

ral por un determinado tiempo en espera de su posterior tratamiento.

Este tipo de almacenamiento en pila, montón, canchas o debajo de un puente grúa, para su construcción debe de tener algunas consideraciones.

- Topografía del terreno
- Material seco, terraplen horizontal con alimentadores.
- Tiempo de almacenamiento
- Tamaño y forma del material a almacenarse
- De fácil acceso

Para calcular la cantidad de material almacenado en los montones o canchas, se realiza por métodos topográficos y por sondeo.

El objetivo principal de cubicar las tolvas donde se almacena el mineral es con el fin de comprobar que estas posean la suficiente capacidad para almacenar el mineral que se va a tratar en la Planta Concentradora, con el fin de prevenir problemas de paradas de las fajas transportadoras; mantenimiento de las trituradoras, paradas de explotación en la Mina, por acciones climatológicas, etc., y

así tener un stock de mineral que cubra las necesidades de operación continua de la Planta Concentradora.

2.2.4 RECOLECCION DE PRODUCTO HACIA MOLINOS

Una vez ubicado el material en el almacén de finos en forma de montículos a la altura del molino pasa por un sistema de compuerta que en forma de cajón se ubica exactamente sobre una faja de bajísima velocidad que al avanzar desplaza el mineral ubicado en la caja, a estas fajas se les denominan "Feeders", que precisamente se encargan de alimentar a una faja transportadora que llevaría el mineral directamente hacia los molinos.

2.2.5 TRANSPORTE DE ALMACEN A MOLINOS

Este transporte se efectúa mediante una faja convencional similar a la empleada para el transporte hacia la zona de almacenaje, pero de menor capacidad y velocidad.

Esta faja se encarga de recepcionar el mineral procedente de los alimentadores (Feeders) y llevarlos hasta una caja de mezcla donde al juntarse con agua, puede ingresar a los molinos de bolas.

2.2.6 MOLIENDA

Molienda es la operación de desintegración de un trozo de mineral inicial por medio de elementos molidores, como son las bolas o barras de acero. La acción desintegradora de éstos cuerpos trituradores, depende de las propiedades físicas del mineral que se somete a la molienda; de su resistencia mecánica; tenacidad; la compacidad; la textura; el contenido de agua; de su dureza y de la composición granulométrica de mineral inicial.

Los cuerpos molidores se reparten en el molino de bolas uniformemente en todo el largo del casco, permaneciendo siempre en su interior, mientras que el mineral que se muele, se desplaza con cierta velocidad desde la entrada hasta la salida, sometiéndose en el recorrido a la acción de los cuerpos trituradores que son las bolas de acero.

La velocidad de desplazamiento del mineral o su tiempo de permanencia en el molino depende de sus propiedades físicas, del tamaño del trazo y del grado de la finura requerida por la Concentradora.

En un molino rotatorio, cuando este empieza a girar los elementos molidores, que son cuerpos duros pequeños, ascienden por el lado que sube el tambor hasta que la masa adquiere una posición de equilibrio dinámico, figura No.2.4, en la que los cuerpos que están en contacto con la pared del tambor o en las caras próximas a éstas, se mueven en la dirección de dicho tambor, mientras los que se encuentran en las capas más alejadas de la pared lo hacen en sentido opuesto. El resultado es el movimiento general rotatorio de la masa alrededor de un núcleo horizontal más o menos estacionario, que se inicia por el óvalo determinado por la línea de trazos. La parte de masa que se encuentra encima de "A" se denomina pie. La configuración de la superficie "C" descrita por las bolas descendentes que se encuentran más cerca del eje, depende del diámetro del tambor, de su velocidad de la configuración de la superficie interior de éste, del tamaño y forma de los cuerpos molidores.

Descripción y Funcionamiento del Molino de Bolas

Este tipo de molino de bolas está formado por un casco o concha revestida interiormente por chapas de acero al manganeso.

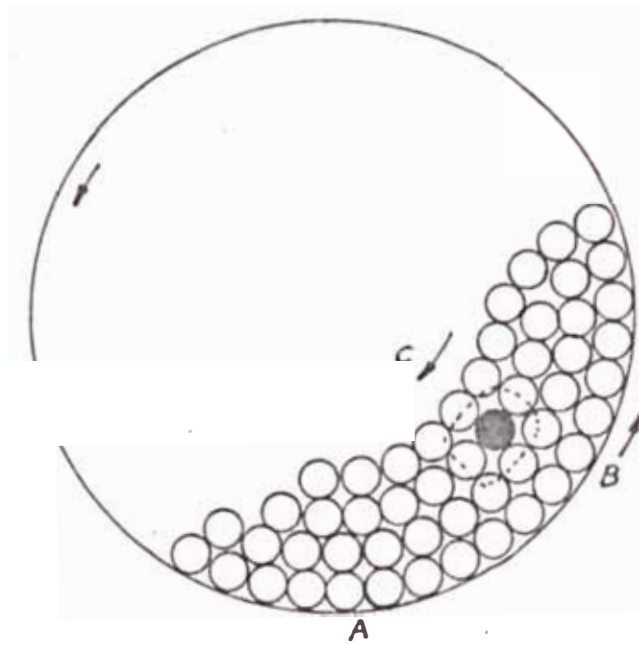


Fig. No. 2.4 SECCION TRANSVERSAL DE UN MOLINO DE BOLAS ROTATORIO

Las tasas de entrada y de salida están revestidas interiormente por forros de acero al manfaneso.

El casco o cuerpo del molino descansa en dos cojinetes o chumaceras, y esta calzado y empernado a la cimentación.

El mineral a molerse entra por conducto de alimentación y muñón de entrada, y luego el mineral ya molido se descarga por el muñón hueco de salida. El mineral molido pasa al tamíz selector y a la caja de descarga del molino.

El movimiento de rotación de los molinos de bolas, es transmitido por un sistema de engranajes dentados, piñón y rueda o catalina.

Los muñones de entrada y salida que le sirven de punto de apoyo, también lo son como eje de giro. La velocidad de rotación está calculada de acuerdo al tamaño del molino y el trabajo que éste efectúa.

Cuando gira el molino, las bolas son elevadas hasta cierta altura por las ondulaciones de los revestimientos interiores, de donde caen girando sobre sí y golpeando entre ellas y contra los revestimientos interiores. Vuelve a subir y caer. En cada vuelta del

molino hay una serie de impactos; éstos son los que van moliendo el mineral.

El mineral que entra ocupa los espacios vacíos - que existen entre las bolas y donde es sometido a dos tipos de esfuerzos: de fricción y de percusión; el esfuerzo de fricción se produce en el momento en que giran entre sí las bolas; y el esfuerzo de percusión se produce en el momento en que caen las bolas.

El tamaño del mineral alimentado a los molinos de bolas, cuando se trata de minerales muy duros, es generalmente inferior a 1/4"; con minerales de dureza moderada, el promedio es inferior a 13 mm o de 1/2".

Los molinos se cargan con bolas de 1 1/2" a 5" de diámetro de fundición de acero forjado o laminado.

Cuanto más pequeñas sean las bolas, mayor será la finura del producto final; también cuando más rápida sea la alimentación del molino de bolas, más rápida será la descarga que llega al otro extremo y el producto final será más grueso.

La parte del mineral insuficientemente molido vuelve al molino y no se descarga ninguna partícula de mineral que no haya adquirido el grado de finura requerido por la Concentradora.

2.2.7 CLASIFICACION EN HUMEDO

Todo material molido que se va a clasificar por métodos hidráulicos se encuentra en forma de una pulpa con mayor o menor cantidad de agua. En esta forma es fácilmente transportado por canales que lo conducen a los elementos en donde se lleva a cabo la clasificación de los granos.

Los clasificadores hidráulicos de los productos con aparatos que tienen por objeto separar los granos de la pulpa, en dos grandes divisiones: los finos, denominados "OVERFLOW" (Lamas), y los gruesos llamados "UNDERFLOW" (Arenas). Para ésta se suele emplear los HIDROCICLONES.

2.2.7.1 Hidrociclones

Mecanismo de clasificación de forma cilíndrica-cónica compacta, que utiliza la fuerza centrífuga para separar las lamas y partículas finas de la gruesa que trae la pulpa proveniente de la descarga de los molinos.

Las partes principales del hidrociclón

son:

- Tubería de alimentación
- Vortex
- Cabezal
- Sección Cilíndrica
- Sección Cónica
- Apex

Vortex

Es la parte crítica del hidrociclón. Su tamaño tiene mayor efecto sobre la caída de presión para un colúmen dado. A mayor diámetro de vortex, más grueso es el corte y mayor la proporción de sólidos y viceversa. El vortex sirve de descarga del overflow.

Cabezal

Es una cámara de alimentación de entrada de cada ciclón modelada para proporcionar un flujo laminar de pulpa, diseñada con una entrada de involuta, el cual pre-orienta las partículas antes de alcanzar el punto tangencial de contacto con la pared cilíndrica. Esto disminuye la turbulencia en este punto y reduce la posibilidad de que las partícu-

las gruesas se vayan por el vortex, debido a la acción de la turbulencia.

Sección Cilíndrica

Secciones cilíndricas largas generalmente favorecen a separaciones finas o altas recuperaciones de los gruesos, mientras que secciones cilíndricas cortas por lo general favorecen al rango de separación gruesa con productos en el "UNDERFLOW" algo más limpio.

Sección Cónica

Presenta un ángulo de hasta 12º para hidrociclones menores de 10", mientras que para dimensiones mayores, el ángulo puede llegar hasta 20º, proporcionando un mayor grado de control de la finura y la eficiencia de la separación.

Apex

Orificio de descarga de los sólidos (underflow) puede ser de jebe natural, caucho sintético.

Recubrimientos

Se fabrican para partes internas separa-

das por la placa de cubierta superior cabezal, sección cilíndrica y secciones cónicas inferiores. El material de recubrimiento es de jebe de alta densidad.

Fundamento

Estos hidrociclones se fundamenta en la actuación combinada de las fuerzas centrífugas con las sedimentaciones para la separación de partículas finas de las considerablemente gruesas.

El mecanismo se basa en lo siguiente: se alimenta la pulpa de mineral a suficiente presión, ingresando tangencialmente a la sección cilíndrica del hidrociclón por la parte superior.

La fuerza centrífuga actuará sobre las partículas gruesas que son proyectadas siguiendo una trayectoria helicoidal hacia el extremo inferior de las paredes del hidrociclón y luego descienden a través del cono, donde son colectadas y descargadas por el APEX.

En el centro del hidrociclón se forma entonces una columna de aire de presión variable. Debido a la baja presión en la porción superior del hidrociclón las partículas más finas, juntamente con la mayor parte de agua que son despedidas de la trayectoria helicoidal, ocupan el centro de la sección cilíndrica del hidrociclón de donde son desplazados hacia arriba a través del vertex finder del hidrociclón.

La formación del torbellino en sección cilíndrica, es el que determina el tamaño de partículas que será separado en el "overflow" o en el "underflow".

Ventajas

Aparte de ser equipos más baratos, ocupan un espacio muy pequeño, permitiendo a la expansión bajo el mismo techo sin costos adicionales en los edificios, o en caso de nuevas plantas, llevando a considerables economías en las construcciones. Además, los ciclones son mejores clasificadores, pues para la misma granulometría de clasificación necesitan menos agua que los convencionales; se pueden incluir y desconectar el circuito sin trabajos molestos y largos de balanceo de es

te último.

2.2.8 FLOTACION

La flotación o más específicamente, la flotación en espuma, es un método Físico-Químico de concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral, a fin de crear condiciones favorables para la conexión de ciertas partículas minerales o las burbujas de aire, aprovechando sus propiedades hidrofílicas o hidrofóbica.

El mecanismo esencial de la flotación comprende la anexión de partículas minerales a las burbujas de aire, de tal modo que dichas partículas son elevadas a la superficie de la pulpa mineral, donde son removidas. Este proceso abarca las siguientes etapas:

- a) Moler el mineral a un tamaño lo suficientemente fino para separar los minerales valiosos uno de otro, así como de los minerales de ganga adheridas. El mineral tiene que molerse hasta el punto en que queda "liberada", o sea en que cada partícula individual representa una sola especie.

- b) Preparar las condiciones favorables para la adherencia de los minerales deseados a las burbujas de aire. El acondicionamiento se realiza con distintos reactivos; uno que tiene por objeto preparar las superficies de los minerales para la absorción de los reactivos (modificadores), otros que aumentan las propiedades hidrofóbicas de los minerales (colectores), y otros que facilitan la formación de una espuma pareja y estable (espumante).
- c) Crear una corriente ascendente de burbujas de aire en la pulpa de mineral (con una máquina de flotación).
- d) Formar una espuma cargada de mineral en la superficie de la pulpa.
- e) Extraer la espuma cargada del mineral.

ESPESADORES

Son necesarios para la eliminación de agua de los concentrados, productos de la flotación, aumentando así el porcentaje de salidas desde el valor inicial hasta un 65 - 75%.

El principio se fundamenta en la SEDIMENTACION LIBRE.

Estos espesadores son básicamente equipos auxiliares para la recuperación del agua de relaves y eliminación del agua de los concentrados productos de una planta concentradora.

Estos equipos son estanques cilíndricos, en los cuales los sólidos se separan del agua por sedimentación.

El agua recuperada rebalsa a una canaletta que rodea el estanque y la arena es arrastrada hacia el centro por las paletas. Se descarga por el centro y el fondo de él, la pulpa descargada se bombea para el tratamiento siguiente:

El espesamiento en los espesadores se puede distinguir las siguientes zonas:

- Zona de líquidos (agua) recuperada o eliminada.
- Zona de sedimentación, cuya concentración de sólidos permanece constante con la altura.
- Zona de precipitados o concentración de sólidos en el piso del espesador (fondo del espesador).

Finalmente, se bombea de acuerdo a las necesidades ya sea el agua recuperada a la concentración del fondo que constituye mineral con menor porcentaje de líquido, y que se encuentra en condiciones de ir a la sección de filtrado y secado.

2.2.10 FILTRADO Y SECADO

El filtrado es una operación auxiliar para eliminar el agua de los concentrados. Su principio se fundamenta por mecanismos de succión y propulsión.

Los equipos utilizados, son los filtros, generalmente existen dos tipos: de disco y de tambor, tienen el mismo principio, varían en su forma geométrica.

Filtro de Tambor (de vacío), en el centro tienen un mecanismo separado en sectores y conectado con una bomba de vacío. El tambor está cubierto con una tela apropiada; gira lentamente alrededor de su eje donde su parte inferior se sumerge en un estanque de concentrado.

Al sumergirse el filtro succiona el concentrado que se adhiere a la tela mientras el agua pasa a través de ella y se elimina del tambor. Al salir del estanque sigue succionando el aire al mismo tiempo

elimina el agua del concentrado. Al llegar por su giro o la canaleta de descarga, la succión se transforma en presión (propulsión de aire) y el queque filtrado se desliza por la canaleta hacia una faja transportadora, y esta lo lleva hasta un secador, donde finalmente se obtiene el concentrado comercial lista para el transporte.

Transporte en Líquido

El transporte de mineral desde los molinos hasta -
la succión de filtros y secado se realiza a traves -
de tuberías, donde el mineral conjuntamente con el
agua y los reactivos es bombeado. Este proceso se
realiza a traves de bombas centrífugas de gran capaci
dad y ubicadas entre cada sección para el envío de
mineral.

PLANTA A CONTROLAR3.1 INTRODUCCION

Tal como se explicó en el capítulo anterior el proceso fundamental consiste en obtener cobre por el sistema de chancado y flotación.

Primeramente se tiene que recurrir a máquinas de chancado que bajo el punto de vista eléctrico están constituidas por motores de 500 H.P.. Este proceso en el presente estudio se rá obviado, así como el transporte del mineral hasta el almacén de finos, por constituirse en un sistema de control parecido al que se emplea en los demás sistemas.

El control eléctrico de una faja transportadora es idéntico en todas, ya que, el control es el mismo, excepto en algunos casos aislados en los que se agrega algún sistema de protección adicional; por lo que estudiaremos tan solo el de una de ellas.

Se considerará también el control eléctrico de los molinos de bolas, así como de las celdas de flotación que es la última etapa donde mediante reactivos y la creación de burbujas,

se separa el concentrado de cobre de los elementos extraños que lo acompañan.

Es importante remarcar que todos los equipos existían y ya estaban instalados con el sistema convencional de control y lo que se busca es controlarlos desde una sala eléctrica centralizada empleando el sistema SWANSON.

3.2 ARRANCADORES DE MOTORES DE INDUCCION DE ROTOR BOBINADO

Para las fajas estos motores son los empleados para el accionamiento de todas las chancadoras, solamente variando en la potencia:

Chancadora Primaria	500 H.P.
Chancadora Secundarias	350 H.P.
Chancadoras Terciarias	350 H.P.

Así también para el control de todas las fajas transportadoras de mayor alcance que se emplean para transportar el mineral desde la chancadora primaria hasta el almacén de finos:

Faja No. 1	300 H.P.	480 Volt.
Faja No. 2	250 H.P.	480 Volt.
Faja No. 3	80 H.P.	480 Volt.
Faja No. 4	150 H.P.	480 Volt,
Faja No. 5	15 H.P.	480 Volt.
Faja No. 6	400 H.P.	480 Volt.

Faja No. 7	500 H.P.	480 Volt.
Faja No. 8	10 H.P.	480 Volt.
Faja No. 9	800 H.P.	480 Volt.
Faja No. 10	400 H.P.	480 Volt.

Estos motores debido a su gran capacidad y alta consumo de amperaje, requieren de un sistema especial para el arranque, dentro de los que existe una gran variedad y que en este caso se emplea el sistema de arranque por resistencias. Así pues se conectan resistencias en serie con el devanado del rotor, consiguiéndose así aumentar el par y disminuir la corriente de arranque mejorando el factor de potencia.

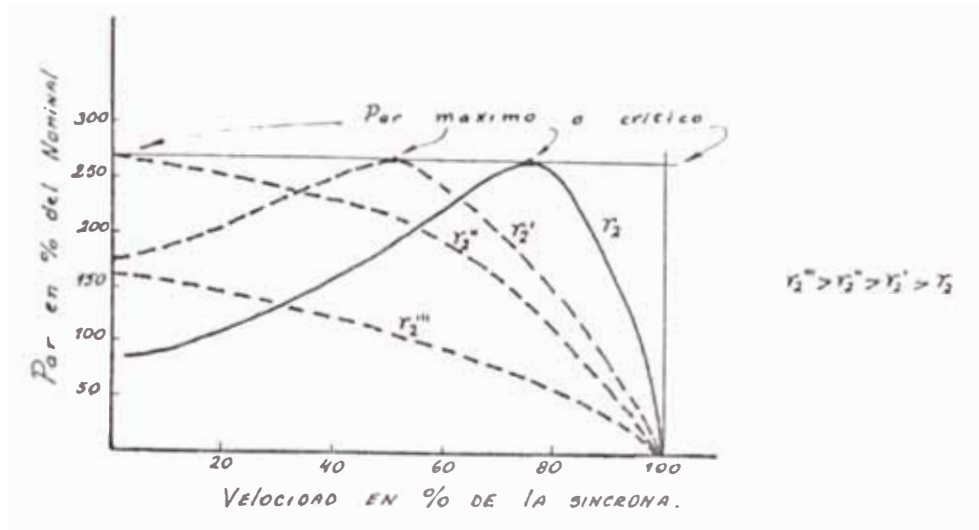


FIG. 3.1

En la figura arriba mostrada puede verse la influencia de la resistencia del rotor sobre las características par-velocidad.

Si se requiere un par de arranque elevado como es nuestro caso, puede conseguirse que el par máximo tenga lugar a má -

quina parada empleando una resistencia de rotor adecuado. A medida que el motor va adquiriendo velocidad puede irse reduciendo la resistencia exterior de tal forma que durante la aceleración actúe siempre el par máximo. Puesto que las pérdidas en el rotor $I^2 R$ en su mayor parte se disipan en las resistencias exteriores, el calentamiento del rotor durante la puesta en marcha es menor que el que sufriría si tales resistencias se hubieran incorporado al devanado. Una vez ya en marcha normal, el devanado del rotor puede cerrarse en cortocircuito sobre las mismas escobillas.

Este procedimiento permite proyectar el rotor de forma que su devanado tenga poca resistencia, con lo que el rendimiento en marcha normal será alto y el deslizamiento a plena carga bajo.

Para nuestro caso ya teníamos instalado el sistema de arranque que está constituido por 3 bancos de resistencias y con una secuencia de anulación de 3.5, 1.5 y 1 seg. o sea 9 seg. hasta que el devanado del rotor se cierra en cortocircuito sobre las escobillas.

El Arranque y Parada de estos motores deben ser controlados desde una sala eléctrica y desde una sala de mando centralizada a la que denominaremos CP3.

3.3 FAJA TRANSPORTADORA HACIA ALMACEN

Esta es la faja No.10 que tiene como elemento generador de movimiento un motor de 400 H.P. a una tensión de 480 voltios.

Este motor es de inducción y de rotor bobinado, lo que implica que para el arranque y control se procederá tal como se indica en la sección 3.2 (anterior).

Por lo que ahora observamos el control de la faja mas nó del motor.

Esta faja debe poseer varios "interlocks" o elementos de seguridad:

- a) Uno de ellos es el de una cuerda de seguridad que corre paralelo a lo largo de la faja y a ambos lados de tal modo que en caso de emergencia, mediante la presión de esta cuerda pueda detenerse inmediatamente la faja. Esto es para proteger a los trabajadores de mantenimiento.
- b) Debe haber un sensor de velocidad, conectado al sistema motor y de la faja, de tal modo que al notar una disminución de la velocidad, lo cual implica problemas con el motor ó la faja, pueda detenerse la misma.

- c) Las fajas transportadoras, descargan el mineral en tolvas metálicas huecas en su base, denominados "Chutes" donde el mineral transportado, debido a la velocidad de la faja es arrojado contra la pared de los "Chutes" Por lo tanto, es necesario un elemento sensor que nos indique cuando estos "Chutes" están atorados, y a su vez que pueda detener el accionamiento de la faja, para que así ésta no siga alimentando los chutes, atorados y se produzca un rebalse de mineral.
- d) Otra de las condiciones es que el distribuidor de carga se encuentre operativo y exista un sensor que pueda parar la faja, cuando este se encuentre fuera de los límites demarcados (OVERTRAVEL), mediante unos interruptores de límite (LIMIT SWITCH).

Longitud	310 metros
Velocidad	176.9 m/minuto
Potencia	400 H.P.
Tensión	480 voltios

3.4 DISTRIBUIDOR DE CARGA (TRIPPER).

Este distribuidor de carga conocido como Tripper es una estructura móvil que se desplaza sobre rieles y que posee dos tambores que se encargan de tensionar una faja transportadora, mediante una posición de zig-zag. La faja a su vez es

accionada por otro elemento matriz.

El "Tripper" se encarga de recepcionar el mineral y repartirlo a ambos lados del recorrido del móvil, por lo que se desplaza en dos direcciones (norte y sur). El Tripper tiene como elemento generador de movimiento con motor de 50 H.P. trifásico a 480 voltios A.C. de tal modo que el cambio de dirección del movimiento de la estructura se efectúe con una inversión de polaridad de la alimentación del motor.

Este elemento es de especial importancia en el almacenaje ya que, nos permite distribuir de acuerdo a los requerimientos del personal de operaciones de la Planta; por lo tanto es importante que cumpla las siguientes condiciones:

- El largo de su recorrido debe estar repartido en seis (6) partes de tal forma que existan 6 puntos intermedios y dos límites, uno al norte y otro al sur.
 - Todo el control y luces indicadoras debe realizarse desde una sala de mando centralizada (CP3).
 - De haber una indicación en el panel que nos indique la dirección en la que se está desplazando el tripper, así como la ubicación donde se encuentra.
- Debe tener un control automático, local y panel.
- En modo automático, de tal forma que se pueda programar a que reparta carga solamente entre determinados

puntos de su recorrido o entre los límites norte y sur.

- En modo local, de tal forma que mediante una botonera u bicada en el Tripper, se pueda comandar el avance o retroceso.
- En modo panel, de tal forma que desde la sala de control se pueda determinar los puntos entre los cuales de be trabajar el "Tripper", además de arranque y parada.
- Un selector de modos ubicado en el panel: Auto-Local-Pa nel.
- Debe haber luz indicadora para el accionamiento del motor principal, tanto hacia el norte como hacia el sur: parado, operando y problemas.
- Además cuando el "Tripper" cambia de dirección ésta no debe ser inmediata, por lo que se debe ubicar una se cuencia de aproximadamente de 8 seg., considerando el volúmen y peso de la estructura que se desplaza.
- Otra de las condiciones es que en caso de que el distribuidor de carga llegue a desplazar fuera de los límites fijados; mediante unos interruptores microswitch se pueda detener inmediatamente, al igual que la faja alimentadora.

3.5 MOTORES DE ACCIONAMIENTO DE FAJAS ALIMENTADORAS

Para estos alimentadores se emplean motores del tipo Jaula de Ardilla de 30 H.P. 3Ø 480 voltios y mediante un sistema de reducción se lleva de 1100 r.p.m. a un rango de 1 a 5 r.p.m.

Existen tres alimentadores que van directamente a una caja y se distribuyen a lo largo del recorrido de la faja No. 12 alimentadora del molino.

Entonces, dependiendo de la carga necesaria en los molinos, se recurre a un sistema de combinaciones de dos alimentadores tan solo; no pudiendo accionarse los tres al mismo tiempo.

Así tenemos, que los tres alimentadores son de diferentes velocidades y por lo tanto, a mayor velocidad mayor carga.

Alimentador No.1	60 Lb/min.
Alimentador No.2	80 Lb/min.
Alimentador No.3	100 Lb/min.
Alimentador No.1 y No.2	140 Lb/min.
Alimentador No.1 y No.3	160 Lb/min.
Alimentador No.2 y No.3	180 Lb/min.

Así se puede obtener hasta seis tipos de carga para los molinos dependiendo de las necesidades de operaciones.

Para el control de estos alimentadores es indispensable además que cumpla con las siguientes condiciones:

- La faja No.12 debe estar operando
- La tolva de vaciado al atorarse debe detenerse automáticamente
- Debe establecerse un sistema de tal modo que de los alimentadores, solo dos de ellos como máximo deben operar simultáneamente.
- Entre cada arranque y parada debe existir un intervalo de 4 seg. aproximadamente.

3.6 FAJAS ALIMENTADORAS DE MOLINOS

Estas fajas transportadoras como son de menor longitud y entonces requieren menor potencia, para su accionamiento tienen unos motores pequeños del tipo jaula y ardilla de 20 H. P. bajo una tensión de 480 voltios.

Estas fajas recepcionan el mineral desde los alimentadores de almacén, directamente hacia los molinos para esto deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Una cuerda de emergencia a ambos lados y a lo largo de la faja, de tal modo que al presionarla se pueda detener inmediatamente la faja.
- Un sensor de velocidad, de tal modo que al detectar una caída de la velocidad, lo cual es síntoma de pro -

blemas, este puede detener el accionamiento de la faja transportadora.

- Esta faja también descarga sobre unas cajas metálicas o tolvas (chute), al igual que la faja No.10 y por lo tanto requiere de un sensor que al detectar un atoramiento de mineral que no permite la caída del mismo, este puede detener el proceso de alimentación.
- Otra de las condiciones es que el molino a ser alimentado se encuentre operativo y funcionando para dar pase al arranque de la faja.

Longitud	75 metros
Velocidad	61 metros/minutos
Potencia	20 H.P.
Tensión	480 voltios

3.7 BOMBAS DE RECICLAJE DE MINERAL

Es necesario que existan bombas de reciclaje de mineral, así como de envío hacia las zonas de flotación.

Para el accionamiento de estas bombas se requiere de el acoplamiento de motores eléctricos, los cuales son del tipo "Jaula de Ardilla" debido a que tienen como máximo 150 H.P. y 480 Voltios.

Las condiciones para el control de estos motores:

- a) Luz indicadora: parado, trabajando y problemas.
- b) Control desde la Sala de Mando Centralizada CP3.
- c) Tiempo de espera de 4 seg. entre parada y arranque.

3.8 SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICO DE MOLINOS

Debido a la gran capacidad y volúmen de los molinos de bolas, el sistema de cojinetes de apoyo, así como los de acoplamiento requieren de un esmerado cuidado, así como mantenimiento y en forma muy especial su sistema de lubricación.

En este caso se ha considerado una bomba de alta presión, así como una de baja presión, tanto para el apoyo del lado de carga del molino, así como para el lado de descarga.

Al momento de arrancar los molinos es conveniente que entre los apoyos del cojinete exista una película de aceite, para disminuir la fricción al mínimo. Para esto es necesario la bomba de alta presión.

Mientras que la bomba de baja presión se debe mantener operativa constantemente, bajo un principio de lubricación normal a todos los accesorios requeridos por los cojinetes.

La bomba de lubricación actúa bajo las siguientes condicion

nes:

- La bomba de baja presión debe estar trabajando.
- Si el molino está trabajando, la bomba desactivada, y el molino se detiene, la bomba en mención debe actuar inmediatamente.
- Si el molino se decide arrancar, este debe recibir una señal de que la bomba está operando y le permita arrancar (interlock).
- El molino una vez arrancado es conveniente que la bomba de lubricación de alta presión siga trabajando aun por espacio de 15 minutos.

En todo este sistema de lubricación, es conveniente colocar sensores de flujo de temperatura y presión en cada una de las líneas que van hacia los accesorios de los molinos. De tal modo que estos se encuentren incluidos dentro del "interlock" para el arranque de los molinos. Asimismo, estas bombas se deben controlar tanto del lugar mismo (local) como desde un panel o sala de mando centralizada. Y por lo tanto un sistema indicador de las condiciones de operación de las bombas: operando, parada y problemas eléctricos.

3.9 MOTORES SINCRONICOS DE 3000 H.P.

Estos motores son empleados para el accionamiento de los molinos de bolas. Sus características fundamentales obser -

vándolos tan solo como motores son:

Potencia	: 3000 H.P.	Polos	: 40
Voltaje	: 6,600	H.P. Arranque	: 5160
Amperios	: 260	K.V.A.	: 2970
R.P.M.	: 180		
Excitación			
Voltaje DC	: 130		
Amperios	: 280		

Tal como se explicó para los motores de rotor bobinado, el control directo se desarrolla de acuerdo con el sistema convencional. En el caso del control automático es importante que el mando sea a distancia de tal forma que se pueda gobernar de una sala centralizada, denominada CP3.

Ahora observando el molino, se notará que los molinos están apoyados sobre dos cojinetes de gran magnitud para los cuales es indispensable que exista una lubricación adecuada, por lo que se requiere de bombas de alta presión de aceite para cada cojinete de tal modo que se establezca una película entre apoyos al momento del arranque.

A su vez es necesario una bomba de baja presión que esté operando constantemente entre los cojinetes.

Estas son recomendaciones de los fabricantes, y por lo tan

to es indispensable que se incluya dentro de la automatización.

Además es conveniente que existan algunas condiciones adicionales para el arranque de cada uno de los molinos, éstas serían:

- Debe existir un sistema de sirena que inicie el proceso de arranque, por intermedio de algún switch o botonera, ubicado en la sala de control CP3, luego que suene la sirena 10 seg. aproximadamente con la intención de prevenir al personal operativo.
- Después es necesario que la señal de alarma dé pase para el arranque de los molinos por espacio de 30 seg. aproximadamente y en caso contrario, se tendrá que volver a iniciar la secuencia.
- Es importante que en la secuencia de inicialización solamente se pueda arrancar un solo molino y además se bloquee la sirena del lado opuesto de los molinos de la concentradora, de tal modo que estos no puedan otorgar pase para su arranque.

Todas estas son las condiciones a ser incluídas dentro del sistema convencional de control de los motores sincrónicos.

3.10 MOTORES JAULA DE ARDILLA DE AGITADORES

Dentro de la sección de flotación, después que el mineral sale mezclado con agua y molido desde los Molinos, pasa a unas celdas en donde mediante la aplicación de reactivos se puede separar el cobre de las impurezas, y para esto es necesario crear burbujas de tal modo que pueda ayudar a la separación y mediante un sistema de agitador (para una mejor orientación ver sección 2.2.8). Para cumplir este proceso es necesario instalar unos agitadores con accionamiento de motor eléctrico del tipo de Jaula de Ardilla ya que la potencia no es mayor de 40 H.P. y 480 Voltios.

- El control se debe efectuar de la Sala de Mando Centralizada sector 4 CP4.
- Luces indicadoras de: Trabajando y Parada.
- En lo que se refiere al "interlock", para estos motores no se requieren de muchas condiciones, ya que trabajan las 24 horas del día y tienen una función específica , que está aislada de alguna condición ligada a otro equipo.

3.11 MOTORES COLECTORES DE POLVO

Antes de ingresar el mineral hacia los molinos, debido a su tamaño reducido y a que existe un movimiento ya sea de vaciado del almacén hacia la faja a través de los alimentado

res, y a su vez en la caja de vaciado de la faja No.12 hacia los molinos; origina polvo, que es perjudicial para el mantenimiento adecuado sobre todo de los controles de instrumentación y eléctricos.

Para corregir este problema, se ha instalado un equipo colector de polvo que mediante un extractor accionado por un motor del tipo "Jaula de Ardilla" de 150 H.P. y 480 Voltios y empleando un sistema de ducteria dirigido hacia los puntos críticos antes mencionados, se encarga de succionar el polvo.

Para esto existen unas campanas de succión, el polvo es succionado en contra corriente con un "spray" o cortina de agua que sirve para formar una pulpa de polvo (dust slurry) que se utiliza en la sección molienda.

Es importante mencionar que existen ocho molinos y por lo tanto desde el almacén de material salen ocho fajas alimentadoras de cada uno de los molinos antes mencionados. Por lo tanto se tiene dos equipos colectores de polvo que con su sistema de ducteria se encarga cada uno de las zonas correspondientes a cuatro molinos respectivamente.

Dentro de las condiciones para el accionamiento de cada uno de los colectores de polvo.

- a) Control desde la Sala de Mando Centralizada CPJ.
- b) Control desde la Sala Eléctrica.
- c) Indicador de Baja Presión de Agua.
- d) Opción de 4 segundos entre paradas y arranques.
- e) Luces indicadores de: parada, trabajando y problemas.

El sistema de arranque es directo ya que se trata de motores del tipo Jaula de Ardilla, la condición para aplicar en este caso el sistema SWANSON, es la distancia del equipo a la sala de mando centralizada.

4.

SISTEMA DE CONTROL SWANSON

4.1 INTRODUCCION

La historia de los controles para los motores eléctricos como aplicación a las Plantas de Proceso (Process Plants) es bien conocido. El dispositivo manual de arranque, el dispositivo magnético de arranque con controles de operación al voltaje normal de la línea y los dispositivos magnéticos de arranque con controles de operación a voltaje reducido, cada uno supera a su predecesor como un sistema mejor de equipo de control y maquinaria usando motores eléctricos como fuerza motora primaria.

El conjunto de enlaces y conexiones (interlocking) de los equipos dirigidos eléctricamente, ha sido llevado a cabo por medio de transmisores electromecánicos. En los años recientes este "interlocking" ha sido realizado por dispositivos sólidos, los cuales pueden ser considerados para fines ilustrativos como el equivalente de los transmisores cuando son evaluados sobre las bases de aplicación. Como los componentes AND, OR y NOR con sus amplificadores asociados, etc.. Recientemente, los requisitos para el "Funcionamiento Pre-Programado" de el equipo, particularmente en el campo de los

Útiles de maquinaria ha conducido a controles eléctricos, más sofisticados, diseñados y construídos para aplicaciones muy específicas. Tales usos de ingeniería y ensamblaje son tan costosos como causantes de pérdida de tiempo.

En la práctica actual muchos y muy complicados sistemas de control electrónico, desarrollados para el control de los equipos dirigidos eléctricamente, todavía mantienen el indeseable aspecto de los circuitos A.C. de alto voltaje para control remoto de "Comienzo y Parada". No es demasiado extraño que estos circuitos sean conectados con circuitos D.C. de bajo voltaje para "interlocking" y control preprogramado. Las oscilaciones transitorias de corriente eléctrica, así como las oscilaciones generadas por el movimiento de la bobina en el dispositivo magnético de comienzo en el relay, o en el solenoide, pueden ocasionar serios problemas de funcionamiento.

Se ha desarrollado un nuevo, mejor y más consistente sistema, específicamente para el control remoto de dispositivos magnéticos de arranque, solenoides y otros tipos de interruptores que eliminan el tradicional concepto de control A.C. de alto voltaje y reemplaza este con un sistema D.C. de bajo voltaje mucho más seguro. El nuevo sistema denominado SWANSON, proporciona nuevos horizontes para el uso de el control central en las Plantas de Proceso.

4.2 CONCEPTO GENERAL

El sistema SWANSON es un sistema D.C. de baja energía, estructura sólida, y alta impedancia diseñado específicamente para el control de motores eléctricos y mecanismos eléctricos dirigidos, o válvulas de solenoide dirigidas. Fue diseñado para ser utilizado por electricistas, no por ingenieros electrónicos.

Con SWANSON, el control "interlocking", y requisitos de los monitores de vigilancia de el estado para cada dispositivo, estan contenidos en un panel o tablero de circuitos cuyas clavijas de entrada estan impresas de forma estandar.

Además, de las tarjetas de control básico, hay cinco tarjetas funcionales para: Demora de Tiempo, Memoria, Lógica Universal, Amplificador-Inversor, Función de Vibración y Función de Relés.

Todos los componentes eléctricos en el sistema SWANSON están en tarjetas cuyas conexiones de entrada son estandar y cuya configuración es siempre uniforme y modular. Todas las tarjetas se conectan dentro de una especie de rejillas o bastidores modulares de tarjetas y cualquier placa puede ser colocada en cualquier posición.

4.3 APLICACION DEL SISTEMA

La utilización de conceptos de control central y remoto en los días actuales de las plantas de proceso industrial es reconocida como un mayor factor de contribución para la reducción de costos de funcionamiento. El continuo mayor desarrollo en el campo de la instrumentación de proceso, es lo que ha hecho que este concepto sea práctico. Sin embargo, en el campo del motor eléctrico y válvulas de control, la instalación de un equipo de control convencional con su alto voltaje y múltiples necesidades de cable ha sido comprobada engorrosa y costosamente. La multiplicidad de largas series de cables, los tamaños de gruesos hilos necesitados para el alto voltaje y las necesidades de las líneas de corriente, los requisitos de grandes espacios exigidos por el tamaño del componente, los miles de terminales de cables requeridos, las interferencias eléctricas, resultantes del voltaje A.C. y los dispositivos de corriente, el riesgo que se corre con el equipo de alto voltaje densamente acumulado en un centro de operación, todos estos factores señalan la necesidad de nuevas ideas en el control eléctrico. Todas estas propuestas son contempladas por el sistema SWANSON. Además del control de "Comienzo-Parada", "Abrir-Cerrar", "On-Off", el sistema proporciona "Interlocking" eléctrico y un completo sistema de Monitores de Vigilancia de el estado del equipo.

Este control y este sistema de monitores de vigilancia es llevado a cabo con dos cables No.20 (AWG) entre el punto de control remoto y el dispositivo de el motor de arranque, solenoide u otro dispositivo que requiera una constante fuente de energía. Se requieren además, tres cables para motores de inversión a los operadores de solenoides duales, donde son necesarias dos condiciones de funcionamiento separadas más una condición "OFF".

La aplicación del equipo sólido se ilustra en la figura No. 4.1. El dispositivo del motor de arranque y el campo de el cableado eléctrico asociado a este es convencional. El interruptor local "start-stop" de bajo voltaje es opcional. Cada motor esta provisto con un módulo de campo (Field Module) localizado en el área contigua al dispositivo de arranque. El módulo de campo se conecta con su respectivo interruptor de comienzo por medio de cuatro cables del tipo No.14 (AWG), y un par de hilos eléctricos de pequeño calibre conectan el modulo a su placa del circuito de control en el área de control remoto.

Se utilizan tarjetas de circuitos impresas de forma standard. Todos los requerimientos del circuito para control, "interlocking" y sistema completo de vigilancia del dispositivo final estan contenidos en una tarjeta. Esta tarjeta de control esta localizada en el área de control remoto. La unidad receptora-regeneradora diseñada como módulo de campo ,

esta situada en el área inmediata al dispositivo de operación (interruptor de motor de arranque, solenoide, etc.)

4.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema de control estático SWANSON se basa en el uso de dispositivos provistos con interruptores a voltaje de bajo nivel. El cambio de voltaje D.C. en la línea de señalización, conectando el equipo de control remoto con los dispositivos locales, proporciona una serie de compactos interruptores para abrir y cerrar de tal manera que, se ejerce un total control de la unidad de transmisión final. Estas mismas señales del nivel de voltaje provocan una variación en el estado de los interruptores en el circuito de los monitores de vigilancia para proporcionar una constante indicación de el estado de funcionamiento.

Los niveles del voltaje de funcionamiento son iniciados por botones u otro tipo de interruptores en el área de control local y remoto. Los niveles de señalización son mantenidos por la unidad de transmisión a través de voltajes del regenerador o contactos de los interruptores de límite. La característica o comportamiento eléctrico de todas las unidades de operación, es llevado en la circuitería sólida, por medio de estas señales de voltaje de el regenerador.

La indicación del estado es normalmente representada por medio de una luz tricolor. Las designaciones estándar de los colores se dan en la Tabla No.1. El intercambio de colores o sustitución de ellos por otros diferentes es opcional. El uso de una luz tricolor no es un requisito del sistema. Puede ser usada cualquier lámpara no mayor de 28 voltios y 175 miliamperios.

LUZ INDICADORA DEL ESTADO

DISPOSITIVO	COLOR DE LA LUZ		
	VERDE	ROJO	AMBAR
Motor	Estado de Espera (Stand-By) - Preparado para empezar asumiendo todos los circuitos de interlock permitidos en la posición "CO".	Funcionando (Running)	No Funcionando - Abierto el interruptor de corriente del circuito. - Abierto el dispositivo de sobrecarga. - Cerrado el botón de parada. - Interruptores de seguridad abiertas.
Válvula del Motor (MOV)	Válvula completamente cerrada	Válvula completamente abierta	- Válvula moviéndose o parada en una posición intermedia, o - Motor sobrecargado, o - Interruptor de corriente del circuito, abierto.
Válvula de solenoide (SOV)	Completamente	Completamente abierta	Moviendo o en posición intermedia

TABLA No.1

4.4.1 COMPONENTES PARA EL CONTROL

Dentro de los elementos o bloques necesarios para el mando y control eléctrico, tenemos tarjetas de accionamiento directo de motores y válvulas, a su vez sus respectivos módulos y las tarjetas funcionales necesarias para todo tipo de circuitería lógica. Así tenemos: Tres controles estandar para afrontar las necesidades de todas las transmisiones eléctricas convencionales. Estos controles se denominan; como siguen:

Designación	Uso	Tipo de Regenerador
MOT	Motor Convencional	Voltaje
MOV	Operador de la válvula de Inversión	Interruptor de límite
SOV	Operador Solenoide	Interruptor de límite

Además de las tres tarjetas estandar, estan disponibles seis tarjetas funcionales para programación especial, "interlocking" u otro tipo de circuitería lógica. Estas cinco tarjetas son:

Designación	Función
- Lógica Universal	Lógica proposicional (and/or)
- Demora de tiempo	Interruptor ajustable de demora de tiempo
- Flip-Flop	Memoria Simple

Por ejemplo, cuando el voltaje en la línea de señal es menor de -0.5 voltios (entre 0 y 0.5 voltios) la salida de el interruptor diferencial No.2 es de tal forma que hace que la luz de indicación de el estado se ponga ambar. Sin embargo, cuando el voltaje de la línea de señal es mayor (más negativo) que -0.5 voltios, la salida de el interruptor diferencial No. 2 cambia, provocando la pérdida de energía de la luz ambar. Similarmente el interruptor diferencial No. 3 activa la luz de indicación roja, cuando el voltaje es mayor de /-5 / voltios.

El interruptor diferencial No.1, que activa el Retransmisor K (Relay K), y por último la bobina de el motor M, funciona al mismo nivel de voltaje que el interruptor No.3, o sea, a -5 voltios.

Se notará por el esquema dibujado, que si se abre un contacto de sobrecarga, o el circuito de parada de alto voltaje esta abierto, o el dispositivo de paso de energía para el interruptor de comienzo está en 0, entonces no habrá energía en el módulo de campo (Field Module) y como es de esperar, el voltaje de la línea de señal será cero. También, si el botón de parada de bajo nivel en el módulo está abierto continuamente el voltaje es cero. A cero voltios, el interruptor diferencial No.2 está cerrado, mientras que los interruptores diferenciales No.1 y No.3 estan abiertos. Cuan-

do todos estan cerrados, el módulo de campo está cargado.

Los interruptores de transistor (Transistor Switches), No.1 y No.2, se les puede uno imaginar simplemente como interruptores de contacto que se cierran cuando no hay señales de entrada y se abren cuando señales, están presentes. Con la energía de la corriente en el módulo en posición "on" y el motor en posición "off", el interruptor de transistor No.1 está cerrado. Si el circuito de parada de bajo voltaje está cerrado (interruptor de transistor No.2 abierto), entonces el voltaje de la línea de señal está determinada por la red distribuidora de la resistencia conectada entre una referencia de -12 voltios, la línea de señal y el "común". El ratio de las resistencias es tal que el voltaje de las líneas de señal asume un valor de aproximadamente -2.0 voltios. Como -2.0 voltios está entre -0.5 y -5 voltios, los interruptores diferenciales están abiertos. La lógica asociada con los interruptores diferenciales No.2 y No.3 activa de la luz de color "verde" que se pone en funcionamiento cuando ambos interruptores están abiertos. La pulsación del botón de comienzo, hace actuar el sistema de interruptores de transistor, el cual hace que el voltaje de la línea de señal sea más negativa de -5 voltios en los interruptores diferenciales No.1 y No.3. El Relay

K se carga y la luz roja se pone en posición "on". El contacto del relay K carga de energía la bobina M del motor. El interruptor auxiliar M en el dispositivo de comienzo, se cierra provocando una entrada al regenerador. La señal resultante abre el interruptor del transistor No.1, moviendo el circuito de la resistencia entre la línea de señal y la "común". Cuando se suelte el interruptor de comienzo, la línea de señal permanecerá aproximadamente a -7 voltios. Consecuentemente el relay K permanece cargado y el motor continúa funcionando.

La entrada SS (Interruptor de velocidad cero) consigue el circuito de comienzo si se mantiene hasta que el interruptor SS se cierre. Un sustituto de este puede conseguirse con la instalación de una unidad de demora de tiempo en los terminales de entrada. Si no se usa un interruptor de velocidad, el terminal del interruptor de velocidad cero (SS) debe ser pasado al terminal PBC.

Cuando se presiona el botón de parada el sistema de interruptores de transistor provoca que el voltaje de señal caiga muy por debajo de los -5 voltios necesarios para mantener el interruptor diferencial No.1 cerrado y el relay K cargado. Este relay K se descarga desconectando el dispositivo de arranque

del motor. La pérdida del regenerador cierra el interruptor de transistor No.1.

La resistencia entre la línea de señal y la "común" hace volver la línea al voltaje original del estado de espera -2.0 poniendo en funcionamiento la luz verde.

Una apertura del circuito del interruptor de velocidad si se produjera, provocaría el mismo fenómeno.

Si observamos el diagrama de la figura No.4.2, se ve fácilmente que los botones de comienzo y parada del campo en el circuito de control de alto voltaje, actúa directamente descargando la bobina del interruptor de arranque M. Este consecuentemente, hace al interruptor de transistor No.1 actuar, iniciando o parando el motor a través del relay K. En el caso de una sobrecarga del motor, el circuito de control, del interruptor de comienzo se abre y la energía para el módulo de campo, es desconectada, reduciéndose el voltaje de la línea de señal a cero. El interruptor diferencial No.1 se abre, desconectando K, mientras el interruptor diferencial No.2 se cierra para activar la luz ambar.

El "interlocking" de transmisores de motor asociados, válvulas y variables de proceso, se proporciona en el circuito estándar de bajo nivel. Esta función es realizada también por las señales lógicas de salida desde cualquier placa de circuito del sistema SWANSON u otros cierres de contacto al "sistema común", cuando se conectan a los terminales 5 y/o 6. La pérdida de esta señal de entrada (pérdida de una continuidad eléctrica con el "sistema común") provoca que el voltaje de control en la línea de señal se mantenga aproximadamente a -2.0 voltios, parando el motor o evitando su arranque.

El circuito está diseñado para aceptar un interruptor de "desviación de interlock" del sistema (interlock by-pass) donde se necesite. Cuando se coloca en la posición de desviación (by-pass) dicho interruptor anula el requisito para las necesidades de "interlock" en el terminal 5. Todas las unidades pueden ser puestas en funcionamiento independiente sin tener en cuenta las señales del estado de "interlock" en el terminal 5. Cuando el "interlocking" es crítico, se usa el terminal 6. El interruptor de desviación (by-pass) no anula la necesidad de la señal de entrada para el terminal 6. Por tanto, no puede realizarse desvío alguno entre los "interlocks" del terminal 6.

4.4.3 CONTROL DE VALVULA-MOTOR DIRIGIDO MOV

El sistema de válvula del motor dirigido, se ilustra en la figura No. 4.3. Esta unidad proporciona un control de válvulas bi-direccionales. Por causa del funcionamiento de la bobina doble, no es posible conseguir al mismo tiempo control e indicación de el estado sobre un simple par de hilos. Por tanto, se requiere una tercera líneas de indicación de el estado.

Con la válvula en la posición cerrada, el interruptor de límite cerrada conecta la línea de estado a + 12 voltios a través de una resistencia. El interruptor diferencial No.3 se cierra activando la luz verde. El interruptor No.3 tambien conecta a la línea de señal a la "común" a través de un diodo de bloqueo ajustando la línea de señal a 0 voltios. Un voltaje de señal de línea a 0 voltios, hace permanecer los interruptores diferenciales No.1 y No.2 abiertos, manteniendo tanto K1, como K2, desactivados.

La pulsación del botón de "open" provoca que el voltaje de la línea de señal adquiera un valor mayor de -5 voltios. Este nuevo voltaje de la línea de señal, cierra el interruptor diferencial No.1, para activar el relay K1, pero no tiene efecto alguno en el interruptor diferencial No.2. Cuando se cierra K1,

se suministra el voltaje de la línea directamente a la bobina MO, provocando que el motor abra la válvula.

Tan pronto como la endidura de la válvula se abre, el interruptor de límite de "Close " se abre y la línea de indicación de el estado pasa a voltaje cero. Un voltaje de la línea de estado 0, provoca que tanto el interruptor diferencial No.3 como No.4 se abran, desactivando ambas luces, la verde y la roja. Las líneas de ambos interruptores están acopladas a un sistema de circuitería lógica que activa la luz ambar cuando las otras verde y roja están desconectadas.

Cuando la válvula alcanza, la posición totalmente abierta, el interruptor de límite "open" ajusta la línea de indicación de el estado a - 12 voltios por medio de una resistencia. Esto cierra el interruptor diferencial No.4 y activa la luz roja. El interruptor diferencial No.4 y activa la luz roja. El interruptor No.4 también conecta la línea de señal con la "común" a través de un diodo de bloqueo.

Existen varias opciones para el circuito de control MOV.

Las principales incluyen:

1. Un circuito de "Seal" "In" manteniendo la energía de corriente al actuador de la válvula , hasta que el cierre de el interruptor de límite adopte una posición.
2. Una acción momentánea dentro de la cual los controles de transmisión se mueven solo tanto tiempo como la correspondiente señal de mando "open-closed" se mantiene en estado verdadero.

La tarjeta de control de MOV está provista con un terminal de entrada de "interlock" No.5, la señal de entrada proviene de cualquier salida de una tarjeta de el sistema SWANSON o por un interruptor de contacto al "sistema común", como en el caso del control del motor. Una diferencia entre las dos tarjetas de control es que la unidad MOV contiene interruptores selectores de módulo, que producen el cierre o abertura de la válvula, según se seleccione, en caso de pérdida de "interlock". Una tercera selección ajusta la válvula en su última posición.

4.4.4 CONTROL DE VALVULA-SOLENOIDE DIRIGIDO SOV

El sistema de válvula de solenoide dirigido, mostrado en forma de diagrama de bloques en la figura No.4.4, funciona de una manera similar a la descrita anteriormente para el sistema de control del motor. Se usan los interruptores diferenciales para detectar los niveles del voltaje de la línea de señal de funcionamiento, correspondiente a las tres condiciones de una válvula de un solenoide dirigido, o sea cerrado, intermedio, abierto.

Cuando la válvula está cerrada, la línea de señal se mantiene a +7 voltios por medio del interruptor de límite "closed". Cuando se aprieta el interruptor de válvula "open", la línea de señal se activa negativamente excediendo de -1 voltio la tensión del voltaje en el interruptor diferencial No.1, cerrándose éste. Este consecuentemente activa el relay K ac activando el solenoide.

Con el circuito de transmisión activado, el voltaje de la línea de señal se mantendrá aproximadamente a -2 voltios hasta que el interruptor de límite "open" se cierre.

Con el cierre de este interruptor de límite, el voltaje baja a -7 voltios. El interruptor diferencial No.1 permanece cerrado. El interruptor diferencial No.3 se cierra en este momento, activando la luz roja en posición "on".

La pulsación del botón de la válvula "close" hace que el voltaje de la línea vaya positivamente desactivando el relay K. El interruptor diferencial No.3 se abre poniendo la luz roja en posición "off".

El voltaje de la línea se estabiliza a +2.7 voltios, lo cual es menos que +5 voltios. El indicador verde permanece en posición "off" y la lógica asociada con los interruptores diferenciales No.2 y No. 3 hacen que la luz amarilla adopte la posición "on". Una vez que la válvula alcanza la posición cerrada, como lo acredita el interruptor de límite, la línea de señal otra vez asume el nivel de válvula cerrada de + 7 voltios, y el indicador verde se activa.

La capacidad de "interlocking" en la placa del SOV es idéntica a la descrita para la unidad MOV. Se utiliza el mismo terminal No.5.

En el SOV no se utiliza el terminal No.6

4.5 CONSIDERACIONES PARA DISEÑO

Para diseñar un sistema de control utilizando el sistema Swanson no se requiere tener un conocimiento previo de semiconductores o diseño de circuitos sólidos.

El único requerimiento es que el diseñador este familiarizado con el funcionamiento de cada uno de los paneles de circuitos que forman el sistema y la relación con sus respectivas señales de entrada y salida. Los diseños de cada terminal de cable para cada una de las tarjetas, se fija con respecto a las funciones de entrada y salida.

El siguiente apartado, describe esquemáticamente, la relación de las funciones y señal de placas de los diferentes circuitos y relaciona esta con las conexiones de terminales. Cada tarjeta está provista con un panel de terminales de ocho puntos.

4.5.1 MODULOS DE CAMPO

La instalación de los módulos de campo, se indica claramente en las figuras No. 4.5 a la figura No.4.9, el cableado, es estandar para todos los casos.

En ciertos casos, tal como la aplicación de un dispositivo de comienzo de 4160 voltios, los puntos de

enlace al circuito de alto voltaje variará. Sin embargo, la aplicación es la misma, siendo el requisito básico una señal de "power-on" de el regenerador, una señal de "run" del regenerador, y una conexión para el relay K en el circuito "run" del motor.

Las unidades de módulo de campo son normalmente montadas en unas anaqueles estandar adecuados para la instalación contigua al centro de control del motor. Así se pueden colocar tanto 24 o 48 módulos.

Para unir el módulo de campo, conjuntamente con los elementos de control de alta tensión que generalmente se encuentran en una sala eléctrica o centro de control (MCC) es recomendable el uso de cuatro conductores con código de color estandar.

El cableado de bajo nivel desde un determinado centro de control hasta el área de control remoto, debe llevarse a cabo utilizando un cable multiconductor único.

Con todos los módulos en un recinto, se puede traer el cable a ese montaje y a los pares individuales conectados directamente directamente a sus respectivos módulos. Este módulo de cableado puede proporcionar un considerable ahorro en la labor de campo.

En el caso de las unidades de motor y motor dirigido, no se requiere ninguna fuente adicional de energía en el módulo de campo. Cada una de estas unidades, es activada desde su respectivo interruptor de comienzo. El solenoide necesita una fuente de energía diferente. No se requiere ninguna regulación de esta fuente. Puede ser la misma que la que procura la energía para el funcionamiento del solenoide o del dispositivo de fin

Módulos Complementarios

Los tres módulos de control básico, muchas veces se emplean con dos módulos accesorios. Los que se designan de la siguiente manera:

1. Módulo transmisor (Driver Module)
2. Módulo Interruptor

Modulo Transmisor es el que proporciona dos interruptores (observar figura No.4.6) normalmente abiertos en la línea de alta tensión, con una capacidad de 8 amperios continuos y hasta 80 amperios en sobrecargas repentinas. Estos interruptores son dirigidos desde un circuito de control D.C. de bajo nivel ubicado en el módulo, el cual mediante una señal proveniente del sistema Swanson puede abrir o cerrar -

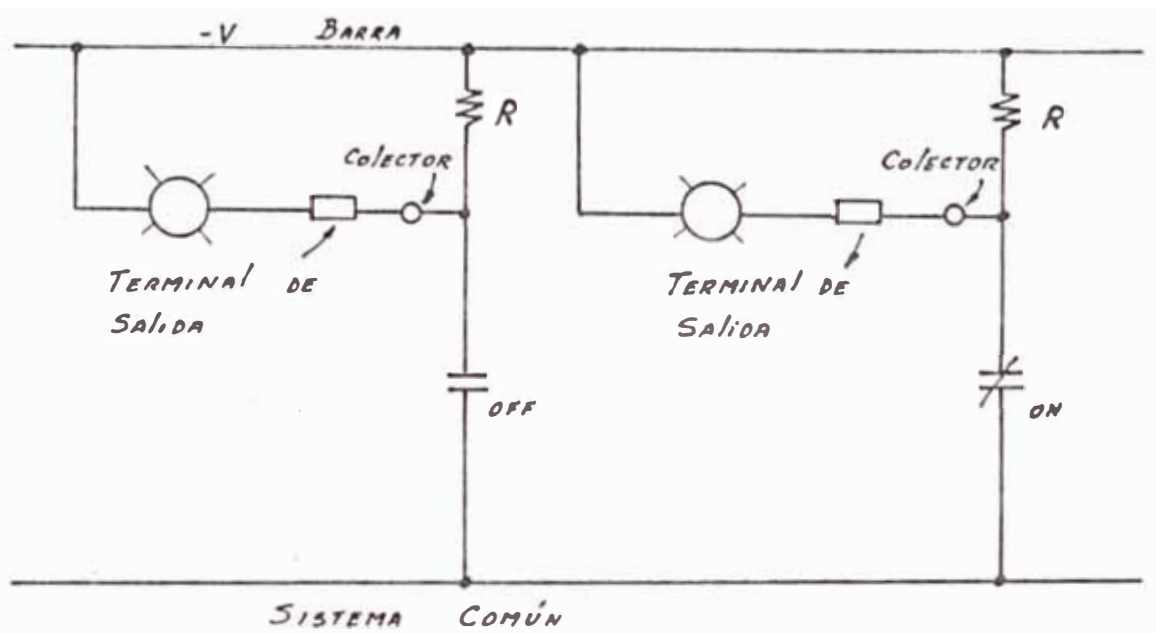
los contactos. Así tenemos tres cables uno conectado al común y los otros dos al terminal S1 y S2 los que a su vez controlan a los interruptores K1 en los terminales 2 y 3 y K2 en los terminales 4 y 5 respectivamente.

Módulo Interruptor es el inverso del módulo transmisor. Posee cuatro interruptores normalmente abiertos (figura 4.7) para el lado de bajo voltaje D.C. (3 watt, 0.25 amperios y 28 voltios). Los que a su vez son dirigidos mediante señales desde el lado de alto voltaje A.C.

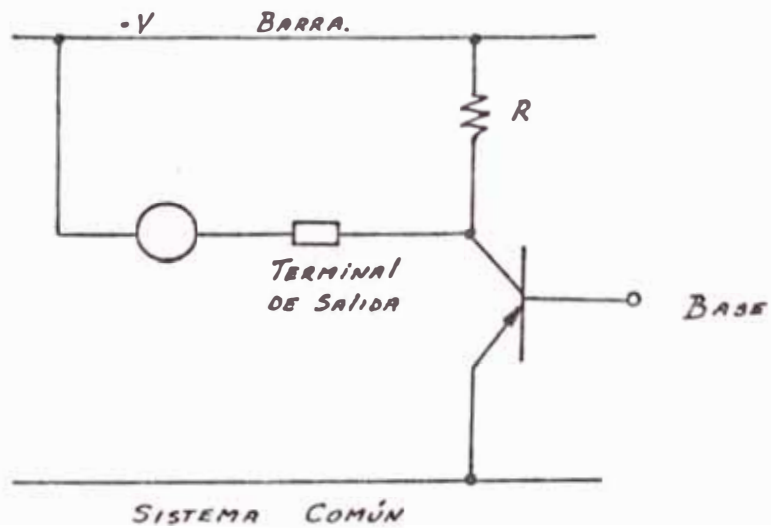
4.5.2 EQUIPO REMOTO

Como se describe en la sección 4.2 denominado , Principio de Funcionamiento, la relación entre los dispositivos de operación local y el equipo de control remoto, se trasmite por medio de unos discretos y prudentes niveles de voltaje D.C. en las líneas de Señal y Estado (ver figura No. 4.10).

Estas señales de transmisión son una parte inherente de cada uno de los tres sistemas de control: Motor Válvula de motor dirigido, y control de válvulas de solenoide dirigido, que no tienen que ser confundidos con las señales binarias o señales de verdadero/falso usadas para interpretar el estado.



INTERRUPTOR DE CONTACTO



INTERRUPTOR DE TRANSISTOR

Fig. No. 4.10 SISTEMA DE COMPARACION DE SEÑAL

Una señal se considera verdadera (true) cuando vale 0 voltios con respecto al "sistema común". Una señal falsa (false) es la que indica un voltaje negativo con referencia al sistema común. La magnitud del voltaje no es significativa.

Una regla básica de diseño para el sistema Swan - son es que cualquier señal más negativa de -4 voltios se considera falsa. Una señal verdadera se considera a cualquier válvula entre 0 y -1 voltio. Este espacio de tres voltios que separa los niveles de verdadero y falso, proporciona la integridad del sistema.

Aunque no es esencial para el diseño del sistema, es conveniente y ayuda bastante si el diseñador entiende como se obtiene una señal de salida verdadera o falsa de una placa de circuito. Los terminales lógicos de salida para un panel de circuitos dados, se conectan al colector de sus respectivos transistores de salida en la placa. Como se muestra en la figura No. 4.9, el transistor de salida puede compararse con un interruptor de relay o interruptor que une el terminal del colector con el "sistema común" cuando el transistor se pone en posición "on". Cuando este toma la posición off, actúa como un interruptor abierto y el terminal del colector no se conecta por mas

tiempo al "común".

Con el transistor en posición "on", el terminal del colector estará a cero voltios. Con el transistor en posición "off", este medirá un voltaje negativo en virtud de la conexión de alta impedancia al cable conductor del voltaje negativo.

4.5.3 TARJETA DE CONTROL DE MOTOR

La línea de señal que conecta el módulo del motor de campo con el panel del circuito de control, se une al terminal No.1. La "común" desde el módulo de campo se conecta directamente al conductor general que se dispone en el centro de control. No se facilita ningún terminal para el "sistema común". La figura No. 4.11.A muestra éstas conexiones.

Los terminales 2, 3, 4, 6 han sido diseñados como terminales para la tarjeta de control de el motor. Cada uno de estos tres terminales se conecta a el colector de su respectivo transistor de salida. El diseño de el circuito es tal que cuando el voltaje de señal esta en 0 voltios, el transistor de salida para el terminal 2 se pone en posición "on". El terminal 2 se conecta al "sistema común" a través de este transistor de salida, proporcionando una señal verdadera.

Cuando el voltaje de la línea de señal va a - 2 voltios, el transistor de salida en el terminal No.4 se cambia a posición "on" haciendo ésta verdadera. Al mismo tiempo, el terminal No.2 cambia a falso. Cuando el voltaje de la línea de señal excede de -5 voltios, el terminal No.4 se pone en falso y el transistor de salida al terminal No.3 se cambia a posición "on", conectando el terminal con el "sistema común" haciéndolo verdadero.

La relación verdadero-falso en los tres terminales de salida con respecto al voltaje de la línea de salida, es siempre la misma la señal verdadera en el terminal No.2, indica 0 voltios en la línea de señal, significando un fallo eléctrico en la transmisión del motor. Una señal verdadera en el terminal No. 4 indica -2 voltios (nominal) en la línea de señal, significando que un motor esta en la condición de "estado de esperar". Con el terminal No.3 en posición verdadera, la línea de señal debería ser aproximadamente -7 voltios, indicando así que el motor esta funcionando. Bajo ninguna circunstancia más de uno de estos terminales de salida puede ser verdadero en cualquier momento dado.

Si se conectan tres lámparas separadas entre una fuente de voltaje negativo y los terminales 2, 3 y 4

respectivamente, entonces cuando estos terminales cambian de falso a verdadero, la lámpara asociada con el se pondrá en posición "on".

Debería recordarse que cada uno de los transistores de salida funciona como un interruptor entre el terminal particular y el "sistema común". Cuando un punto dado es verdadero, su lámpara activada desde una fuente de voltaje negativo, se conecta al "sistema común" y se cambiará a posición "on".

Cuando el mismo punto está en falso, la lámpara se desconecta del "común" y se cambiara a posición "off".

Estos tres terminales de salida pueden usarse para activar relays u otros dispositivos de la misma manera que se activan las lámparas. El máximo voltaje que puede usarse para cada dispositivo es 28 voltios. La máxima carga de corriente permitida en el transistor de salida es 175 miliamperios.

Se notará que los terminales 5, 6, 7 y 8 son diseñados como entradas. Los terminales 5 y 6 son entradas de "interlock". Para que el motor funcione ambas entradas deben ser verdaderas. Esto es lo mismo que decir ambos terminales deben estar electricamente enlazados al "sistema común", de tal forma que valga 0

voltios con respecto a él.

La lógica de "interlock" puede obtenerse proporcionando contactos eléctricos o dispositivos de interruptores entre los terminales de "interlock" y el "sistema común".

Un medio más común en el sistema SWANSON es por medio de conexiones directas de un terminal de salida del circuito al terminal de entrada de "interlock". Cuando estos transistores de salida, se ponen en posición "on", el terminal se pone en verdadero por conexiones directas a través del transistor al "sistema común". Si los terminales 5 o 6 en una tarjeta del motor son directamente unidos por cables a un terminal de salida u otra tarjeta de entrada de "interlock", será verdadera o falsa dependiendo de si el transistor de salida está en posición "on" u "off" (abierto o cerrado).

De esta forma puede obtenerse un simple "interlocking" de motores (ver figura No.4.20), por conexión directa de el terminal No.3 en un motor dado con el terminal No.5 de un segundo motor. Bajo estas condiciones, el terminal de entrada No.5 de el segundo motor es también falso y por lo tanto, impide el arranque de el motor. Una vez que el primer

motor ha arrancado, el terminal No.3 se conecta al sistema común a través de su transistor de salida y de forma tal, que el terminal de entrada No.5 en el segundo motor, se conecta ahora al común permitiendo que el motor funcione. Similarmente si ambos motores estuvieran funcionando y el primero de ellos fuera a cerrarse, el segundo también se cerraría debido a una entrada falsa en el terminal No.5. (La anterior descripción da por supuesto que el terminal No.6 estaba conectado al común todo el tiempo).

La única diferencia entre los terminales de entrada "interlock" No.5 y No.6, es que se puede usar un interruptor desviación de "interlock" de un sistema maestro, para desviar todos los interlocks conectados al terminal No.5. Este interruptor es opcional y puede proporcionarse para facilitar el mantenimiento y comprobación de las piezas del equipo individual. Las entradas de "interlock" conectadas al terminal No.6, no son anuladas por el funcionamiento de este interruptor de desvío y deben ser verdaderas en cualquier momento que el equipo vaya a ser puesto en funcionamiento.

En todos los casos donde no se requieren las entradas de "interlock", los terminales deben entonces ser conectados directamente al "sistema común".

Esto es válido para ambos terminales, tanto el No.5 como el No.6.

Los terminales No.7 y No.8 se utilizan para las funciones de comienzo y parada. Ambos contactos son momentáneos, siendo normalmente abiertos para comienzo y normalmente cerrados para parada. En ambos casos, los interruptores se conectan al "sistema común". El terminal de entrada No.7 en la tarjeta de el motor, se puede conectar momentáneamente al sistema común y ponerle de esta manera en verdadero, presionando el botón de comienzo, o lo que es igual cerrando el interruptor en el circuito de comienzo. Esta vibración verdadera en el terminal No.7, provoca que el circuito haga arrancar el motor. En el caso de el circuito de parada el terminal No.8 va normalmente mantenido a 0 voltios a través del interruptor cerrado. Una momentánea abertura de este interruptor hace que el terminal No.8 sea falso, el cual consecuentemente para el motor.

Las conexiones a la tarjeta del circuito del motor ya descritas, sus funciones y las relaciones de señal de entrada-salida, son siempre iguales para todos los motores.

4.5.4 TARJETA DE CONTROL DE VALVULA DE MOTOR Y SOLENOIDE DIRIGIDO

Existe un alto grado de similitud en las relaciones de entrada-salida, en las conexiones fijas a las tarjetas de circuito de MOV (figura No.4.12) y el SOV (figura No.4.13) y en aquellas descritas para la tarjeta de control de el motor. Como en el caso de la tarjeta de el motor, la línea de señal que conecta el dispositivo remoto con la tarjeta de el circuito de control, se conecta al cable conductor de el "sistema común". El tercer cable del campo requerido por esta unidad, o sea la línea de estado, se conecta al terminal No.6.

Como se indica en los dibujos, los terminales de salida son los mismos en la tarjeta de control de el motor, o sea los terminales 2, 3 y 4. En el caso de la unidad de válvula de motor dirigido, el estado de los terminales de salida esta relacionado con el nivel de el voltaje en la línea de estado. Una salida verdadera en el terminal No.2, indica 0 voltios en la línea de estado, la línea de estado está a 0 voltios cuando la válvula está en posición intermedia. Una señal verdadera en el terminal No.4, indica un voltaje de +7 en la línea de estado, la cual por consiguiente normalmente, representa una válvula cerrada. Una señal verdadera en el terminal No.3, indica

-7 voltios en la línea de estado, que significa normalmente una válvula totalmente abierta.

En el caso de la unidad de solenoide dirigido de dos cables los terminales de salida están en relación con los niveles de voltaje en la línea de señal, lo mismo que en el circuito de control de el motor. Una señal verdadera en el terminal No.4, indica una válvula cerrada con un voltaje en la línea de señal de +7 voltios. Una señal verdadera en el terminal No.3, indica una válvula abierta con un voltaje en la línea de señal -7 voltios.

En ambos tipos de unidades de operación de válvulas, el terminal No.5 está provisto con entradas de "interlock". Los requisitos de entrada son idénticos a los descritos anteriormente por el circuito de control del motor, excepto ese único terminal de "interlock" que se proporciona. (como hemos establecido previamente el terminal No.6 en la unidad MOV, se usa para conexión de la línea de estado entrante). El terminal No.6 en la unidad SOV- no se usa. Los terminales No.7 y No.8 son los terminales de las señales de entrada de abrir y cerrar respectivamente para ambas unidades de funcionamiento. Se notaran por las figuras, que en ambos casos el interruptor entre los terminales No.7 y No.8 y el "sistema común"

es normalmente un interruptor abierto. El cierre momentáneo de cualquiera de estos contactos, provocan el funcionamiento de la unidad como se ha designado.

Una diferencia mayor entre las tarjetas del circuito de funcionamiento por válvula y la tarjeta de control del motor, es la posibilidad de selección de el modo de operación. Cada tarjeta está provista de tres interruptores de selección del modo. Estos son representados por medio de tres letras A, B y C.

Con el interruptor A en la posición No.1 y B en la posición No.1 la válvula se abrirá automáticamente en caso de pérdida de "interlock".

Si se colocan ambos interruptores en la posición No.2, no se produce ningún cambio en la posición de la válvula en caso de pérdida de "interlock".

En muchos sistemas de válvulas, la circuitería puede ser simplificada utilizando la señal de entrada en el terminal No.7 para abrir la válvula, y la pérdida de la señal de "interlock" en el terminal No. 5 conjuntamente con el adecuado selector de modo para cerrar la válvula.

El interruptor de selección de modo C, en cada una de las tarjetas de funcionamiento por válvula, está en relación con el uso de un interruptor maestro de desvío de "interlocking", en el sistema de control. Cuando el selector de modo C se coloca en la posición No.1, el interruptor maestro de desvío, no tiene ningún efecto en esta particular tarjeta de circuito. Con este selector C en la posición No. 2, todas las funciones de "interlock" serán anuladas y la unidad funcionará como si el terminal No.5 estuviera directamente unido al "sistema común", en el momento que el interruptor maestro de desvío de "interlock", fuese colocado en la posición de desviación.

Aunque la descripción anterior se refiere al funcionamiento de la válvula de abrir-cerrar, el funcionamiento del equipo es el mismo para las válvulas de desviación.

4.5.5 TARJETAS FUNCIONALES

La capacidad disponible en el motor, en las válvulas de motor dirigido, y en las placas de circuito de control por válvula de el solenoide dirigido, es tal que con estas unidades puede ser realizado el 70 u 80% de las necesidades normales.

Sin embargo, teniendo en cuenta que existen necesidades en forma de funciones de demora de tiempo, funciones de la memoria y una serie de funciones lógicas. El sistema Swanson incorpora cinco tarjetas funcionales de circuito.

- Tarjeta de lógica universal.
- Tarjeta de demora de tiempo.
- Tarjeta flip-flop.
- Tarjeta de pulsos.
- Tarjeta amplificadora-inversora.
- Tarjeta relé.

4.5.6 TARJETA DE LOGICA UNIVERSAL (AND/OR)

Estas tarjetas proporcionan las funciones de la lógica del tipo y/o (AND/OR) (\wedge/\vee) que es necesaria en los modernos sistemas de control de hoy.

Esta tarjeta básica se encarga de dos funciones: Independiente.- Estas son tanto la función "y" (AND) o bien la función "o" (OR), cada una con dos unidades y éstas a su vez con tres entradas y una salida.

Las compuertas de el diodo de tres entradas asociadas con cada una de estas dos funciones lógicas están montadas en tableros separados de circuitos en

miniatura, que están adaptados por medio de tornillos a la tarjeta lógica principal.

Se puede realizar un intercambio en las funciones AND-OR, para cualquiera de las dos unidades lógicas en la tarjeta, por medio de la inversión de los tableros con los circuitos en miniatura.

La función NAD requiere que todos los terminales de tres entradas sean verdaderos (conectados al sistema común) para que sea verdadero el terminal de salida.

La función OR requiere que las tres entradas sean falsas para que el terminal de salida sea falso.

Estas dos funciones se comparten como un circuito en serie y como un circuito en paralelo. (ver figura No.4.14.D).

Donde un interruptor cerrado es análogo a una señal verdadero y abierto a una señal falsa.

Estas tarjetas de lógica universal se proporcionan con una serie de puentes de metal. Por medio de la selección de estos puentes (identificados con letras), se pueden hacer muchas variaciones de las fun

ciones lógicas standares. (ver apéndice tabla A).

Tales variaciones incluyen lógicas con la inversa, dos funciones de entrada con una salida estandar, una salida invertida y otras. Estas se ilustran en la figura No.4.14.B. Estas funciones se representan por letras consecutivas que vienen a ser los puentes.

Todos los terminales de salida de la tarjeta de lógica universal, funcionan de idéntica manera que los descritos para los paneles de control. Por definición, la salida inversa (IMV) es una salida cuyos estados verdadero o falso, son completamente opuestos a la salida estandar (EST).

4.5.7 TARJETA DE DEMORA DE TIEMPO (TD)

Para encontrar las funciones de tiempo normal de demora, requeridos en el sistema de control de promedio de la planta, se utilizará esta tarjeta que nos proporciona un circuito ajustable de tiempo de demora. Este sólido dispositivo se puede ajustar de 0 a 180 segundos.

A su vez en la tarjeta se tiene unos interruptores de selección de modo que se encargaran de las funciones de demora en la posición normalmente abierto o

normalmente cerrado, así como las variaciones en la variaciones en la función de salida.

La tarjeta básica está prevista para una salida - estandar, así como para una salida inversa.

Las conexiones se indican en la figura No.4.15.A y en la tabla No.2, se describe el funcionamiento de la tarjeta con respecto a las selecciones de modo.

Además, se puede hacer una ampliación de la demora de tiempo, mediante la aplicación de un potenciómetro ajustable que podría ser montado remotamente. Esta posibilidad permite la multiplicidad de períodos de tiempo usando una tarjeta de tiempo de demora conectada a un número de potenciómetros ajustables, a través de un sistema de interruptores.

La tarjeta posee conexiones hasta para ocho terminales.

Según el sistema convencional este elemento viene a reemplazar un relé temporizador. (figura No.4.15.C).

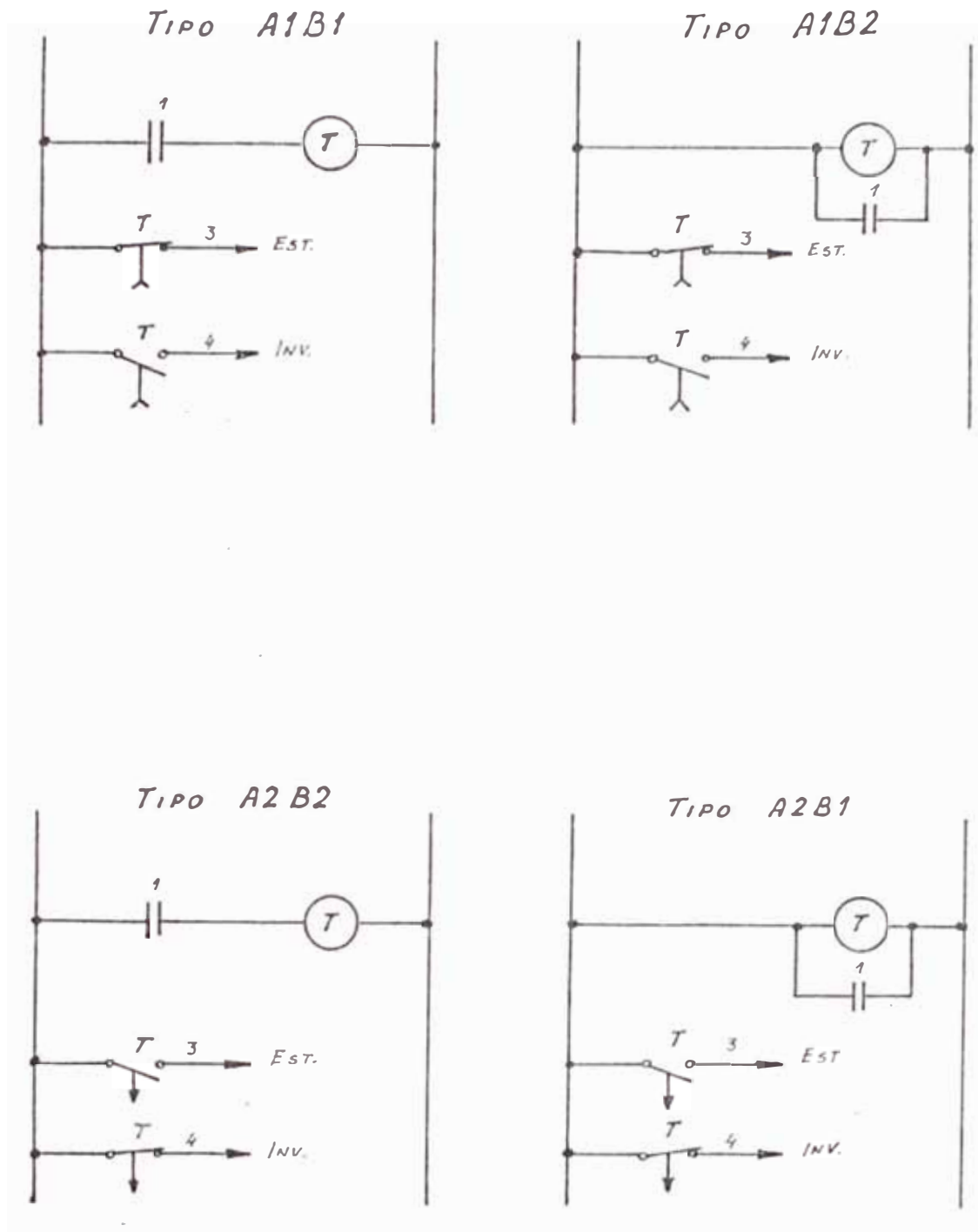
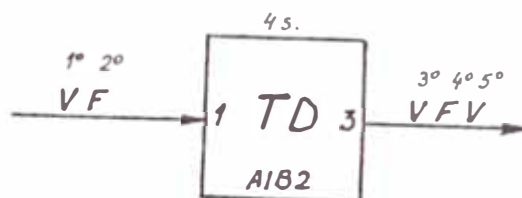


Fig. No. 4.15.C TARJETA DE DEMORA DE TIEMPO - EQUIVALENCIA AL SISTEMA DE RELES

Ingreso Normal	Selector de Modo		Salida en 3			Salida en 4		
	A	B	Salida	Estado	Despues	Salida	Estado	Despues
			Normal	en Espera	de Espera	Normal	en Espera	de Espera
Verdadero	1	2	V	F	V	F	V	F
Verdadero	2	2	V	V	F	F	F	V
Falso	1	1	V	F	V	F	V	F
Falso	2	1	V	V	F	F	F	V

Tabla No.2

Nota.- Es importante remarcar un principio de lectura de planos que nos puede indicar el comportamiento de este timer



- A. En condiciones de estado normal: Si ingresa verdadero (1ª letra) sale verdadero (3ª letra)

1ª → 3ª

- B. En condiciones de estado normal: Si ingresa falso (2ª letra) sale verdadero (5ª letra)

2ª → 5ª

C. La cuarta letra indica el estado durante el tiempo de espera. Al que se ha graduado la tarjeta y la quinta letra nos indica el estado final después del tiempo de espera. Esto tan solo se produce bajo dos condiciones.

1. Si se cambia de estado de la 1ª a 2ª letra.

1ª → 2ª → 4ª 5ª

2. Si está en 2ª letra en estado normal y se manda una señal momentánea (pulso) indicado por la 1ª letra.

2ª → 1ª → 4ª 5ª

4.5.8 TARJETA FLIP-FLUP (F/F)

Esta tarjeta posee dos unidades cada una a su vez con dos entradas y dos salidas. Además, tiene una característica muy especial.

Las dos salidas proporcionan señales diferentes, ya sea verdadera o falsa, y sus respectivas entradas también son diferentes (verdadera o falsa) y la única manera para que cambie el estado de las salidas es mediante el cambio de las dos señales de entrada, y si se cambia una señal de entrada nada más, no repercute sobre ninguna de las señales de salida.

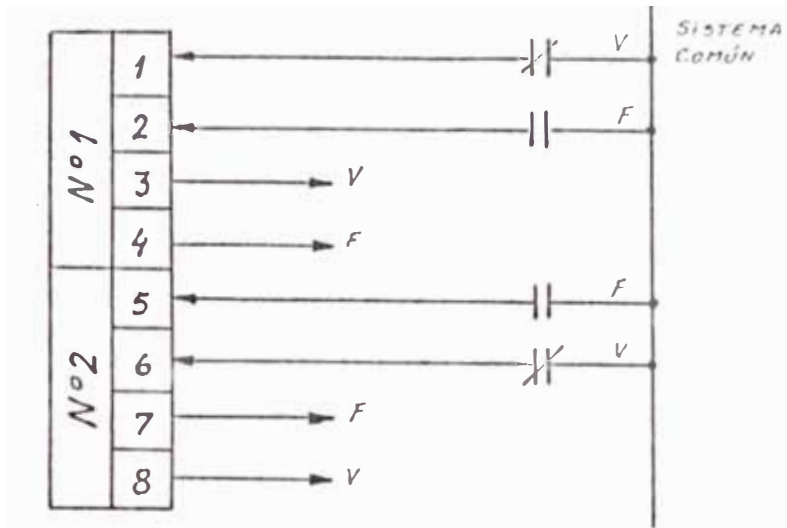


Fig. No. 4.16.A TARJETA FLIP FLOP - CONEXION STANDARD

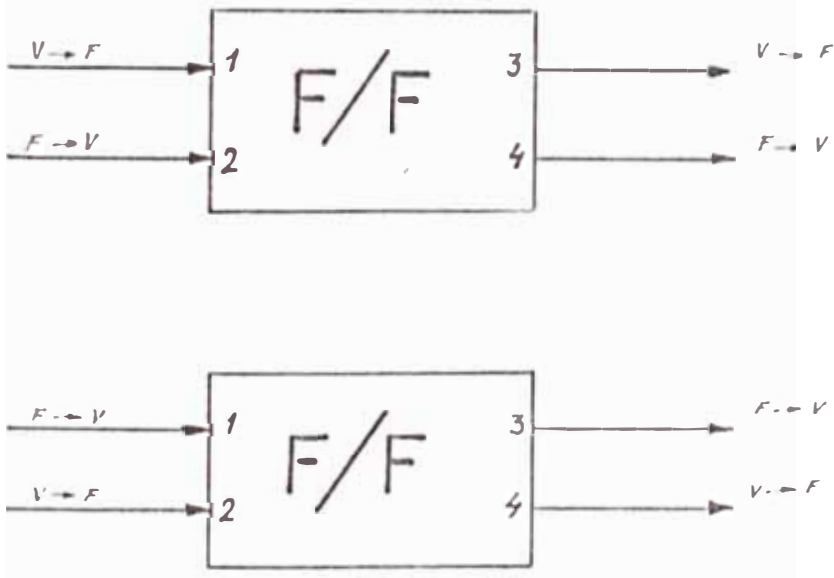


Fig. No. 4.16.B TARJETA FLIP FLOP - REPRESENTACION GRAFICA

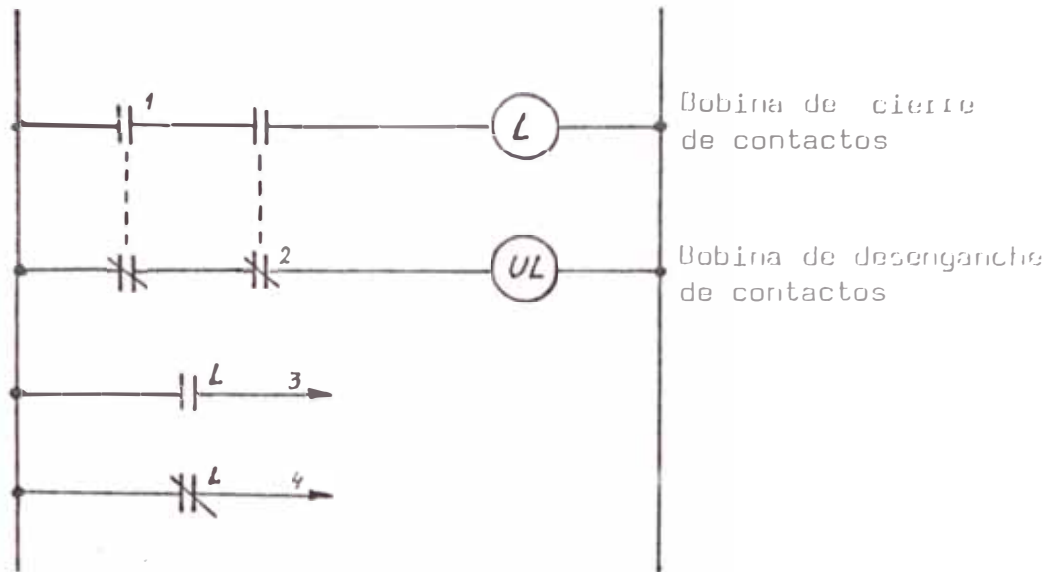


Fig. No. 4.16.C TARJETA FLIP FLOP - EQUIVALENCIA AL SISTEMA DE RELES

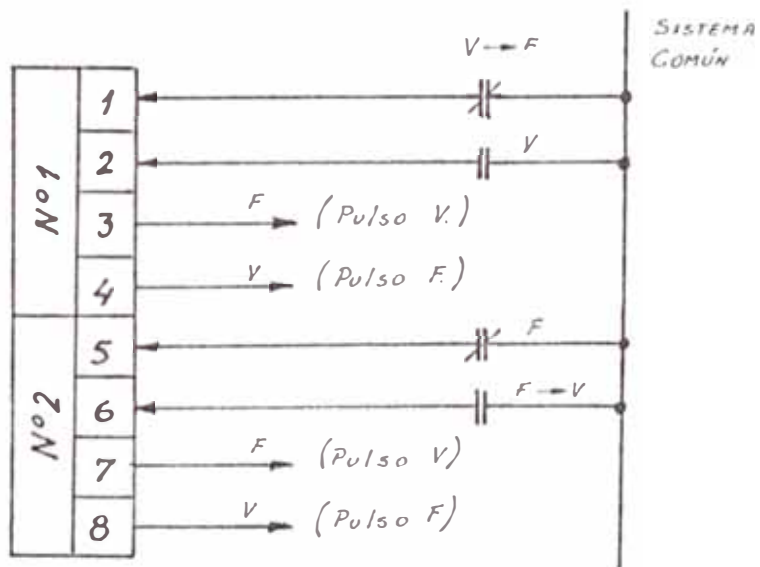


Fig. No. 4.17.A TARJETA DE PULSOS - CONEXION ESTANDAR

Según la figura No.4.16.A una señal verdadera en 1 ó en 5 proporciona una salida verdadera en el terminal 3 ó 7. Asimismo, una señal falsa se dará en el 2 ó 6 originando una salida falsa en 4 u 8.

Si se cambia la señal de entrada en uno de los terminales 1 ó 5, no pasa nada en ninguna de las dos salidas, solamente hasta que se cambie la señal de entrada de los terminales 2 ó 6. En ese instante los terminales 3 y/o 7 se hacen falsos y los terminales 4 u 8 se hacen verdaderos.

Aquí nuevamente, aunque de las señales de entrada sea cambiada de estado, las salidas no variaran, es necesario que cambie el estado de las dos señales de entrada.

4.5.9 TARJETA DE PULSOS (P.C.)

Esta tarjeta tiene como propósito proporcionar una señal de salida que lance un pulso durante 4 seg. - aproximadamente, ya sea en verdadero o en falso, apenas se produzca un cambio de estado en la señal de entrada.

La tarjeta estandar de pulsos, está diseñada para las funciones de pulsos independientes. Esta función

es usada principalmente en el circuito de comienzo y parada de un motor, o en el circuito de abrir o cerrar en una tarjeta de válvula, donde se requiere un comienzo automático de su funcionamiento.

El uso de esta tarjeta de pulsos elimina la indeseable condición de la que el arranque automático de un motor se lleve a cabo a través de un cambio en el nivel de la señal donde este cambio se realiza, conservando de tal forma el circuito de entrada, activando por un largo período de tiempo.

Se puede observar en la figura No.4.17.A que el pulso verdadero se obtiene en 3 y 7 el pulso falso se obtiene en 4 y 8.

Con la entrada conectada a 2 ó 6 los pulsos se obtienen de un cambio de señal de entrada de falso a verdadero y el terminal 1 a 5 en falso.

Con la entrada conectada a 1 ó 5 los pulsos se obtienen de un cambio de señal de entrada de verdadero a falso y el terminal 2 a 6 al sistema común o verdadero.

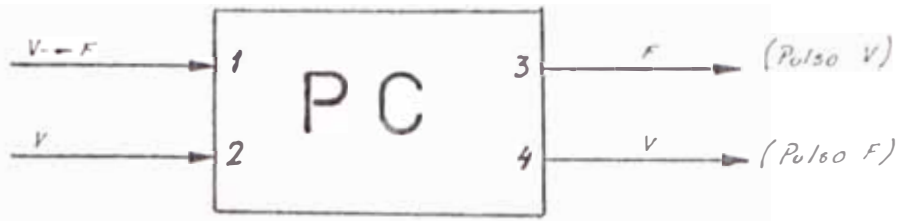


Fig. No. 4.17.B TARJETA DE PULSO - REPRESENTACION GRAFICA

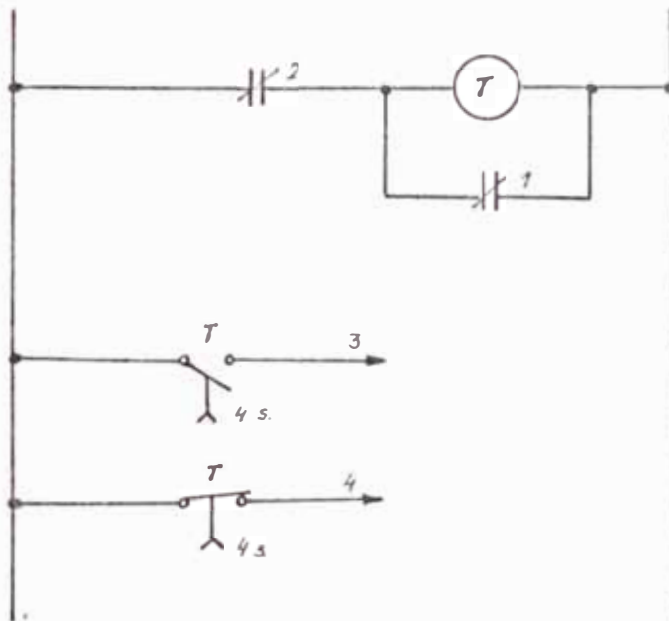


Fig. No. 4.17.C TARJETA DE PULSOS - EQUIVALENTE AL SISTEMA DE RELES

4.5.10 TARJETA AMPLIFICADORA - INVERSORA

Esta tarjeta cumple como su nombre lo indica, dos funciones: de amplificación e inversión de señal.

Cuando la carga de entrada para el circuito amplificador es 3 miliamperios, mientras que la salida es capaz de transportar 175 miliamperios.

Este tipo de amplificación, se encarga de repartir una carga grande en grupos, ninguna de los cuales excede de 175 miliamperios. Esto no amplifica la capacidad de salida del circuito hasta el punto donde un simple dispositivo excediendo 175 miliamperios en corriente, requiera ser operado.

Esta misma tarjeta se usara cuando una señal debe ser invertida. Esto es una señal verdadera cambiada a falsa, o una señal falsa cambiada a verdadera.

Referente a la figura No.4.18.A la tarjeta esta provista de cuatro funciones amplificadoras o inversoras.

Las entradas para estos circuitos estarán conectados a los terminales 1, 3, 5 y 7 y las salidas son

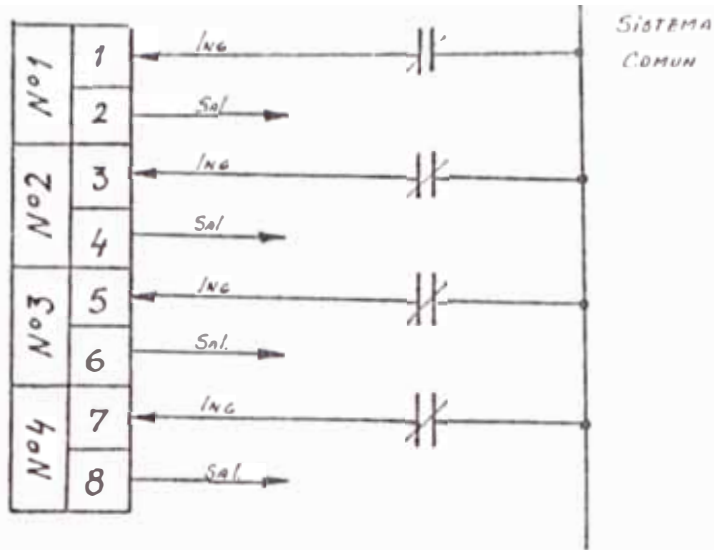
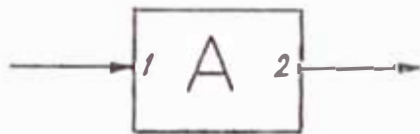
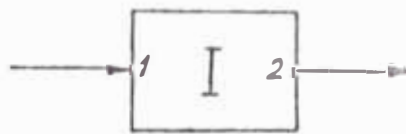


Fig. No. 4.18.A TARJETA AMPLIFICADORA-INVERSORA .- CONEXION ESTANDAR

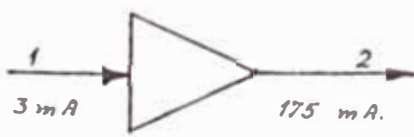


Amplificación

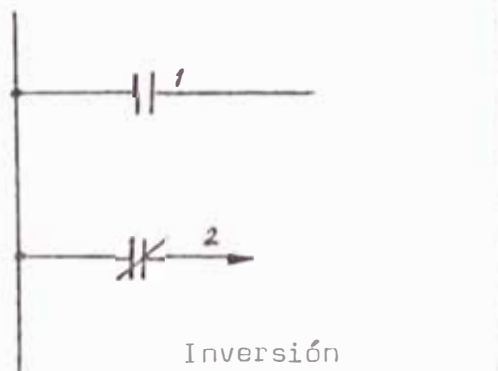


Inversión

Fig.No. 4.18.B TARJETA AMPLIFICADORA-INVERSORA .- REPRES. GRAFICA



Amplificación



Inversión

Fig. No. 4.18.C TARJETA AMPLIFICADORA-INVERSORA .- EQUIVALENCIA AL SISTEMA DE RELES

conectadas a los terminales 2,4, 6, y 8 respectivamente. Cada circuito está completamente aislado.

El arreglo de puentes de cada circuito determina su funcionamiento.

4.5.11 TARJETA RELE

Esta tarjeta cumple las funciones de un rel convencional con la ventaja que es aplicable al sistema.

Tiene 8 terminales ver figura No.4.19.A, en ella se puede observar de que esta tarjeta posee dos relés y cada uno con un contacto normalmente abierto y el otro normalmente cerrado.

Un lado de ambas bobinas va conectado al sistema común por intermedio de la conexión al bastidor. - Por lo que para accionar los dos relés es necesario una señal verdadera tanto en el terminal 1 como en el 5.

Así tenemos las bobinas 1 y 2 con alimentación - en el terminal 1 y 5 y contacto normalmente abierto en el terminal 2 y 6 y normalmente cerrado en el terminal 4 y 8, el terminal 3 es el elemento común para ambos contactos.

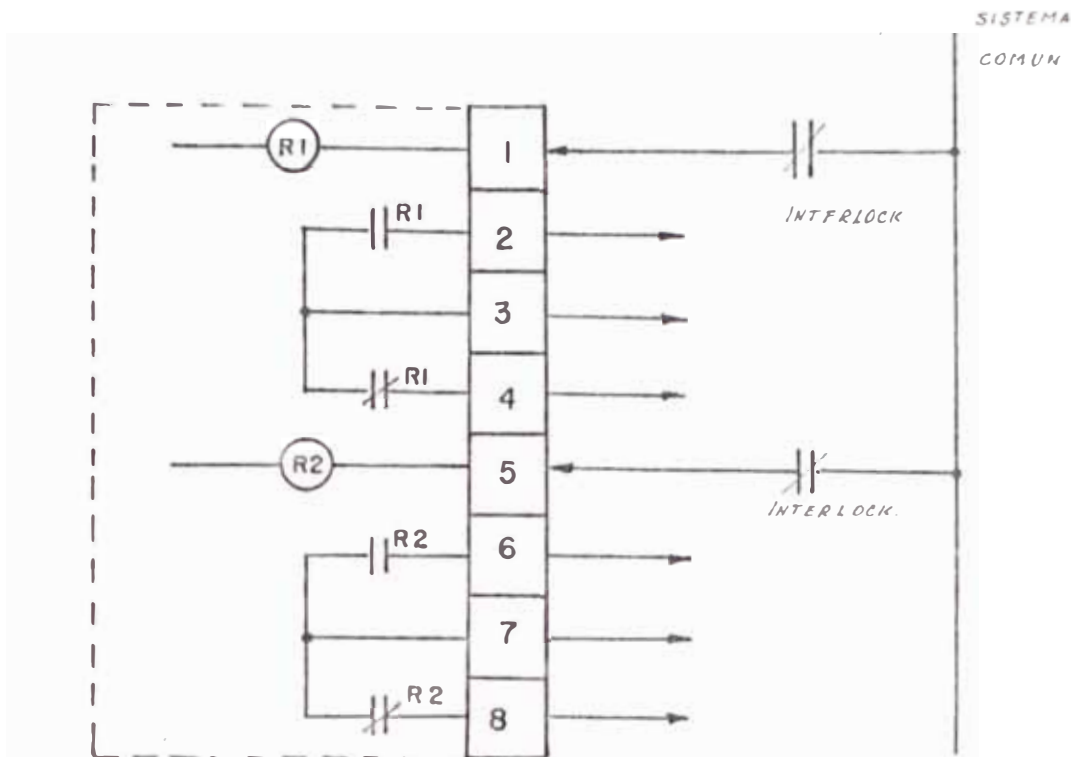


Fig. No. 4.19.A TARJETA RELE .- ESQUEMA Y EQUIVALENCIA A RELES

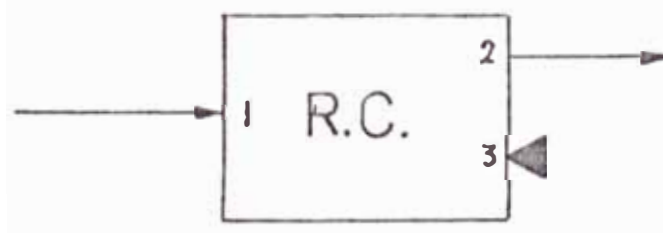


Fig. No. 4.19.B TARJETA RELE .- REPRESENTACION GRAFICA

4.5.12 SUMINISTRO DE ENERGIA

Es indispensable una fuente de voltaje D.C. para cargar el sistema Swanson dentro del centro de control remoto. Esta fuente debe proporcionar un voltaje (D.C.) de ± 12 voltios y mantener este voltaje con una tolerancia de medio voltio en todos los terminales de entrada de energía del bastidor de placar. También puede ser requerida una tercera fuente de nivel de voltaje negativo para activar las luces indicadoras de el estado, si su voltaje es diferente de $- 12$ voltios D.C.

Para sistemas grandes, se recomienda el uso de suministros múltiples de energía conectados en paralelo a través de unidades de interruptores de diodo. Un sistema tal, permite el uso de suministros sobrantes de energía flotando en la línea en todo momento. Si ocurre un fallo de energía en la unidad, el suministro defectuoso puede ser cambiado, reparado o reemplazado sin pérdida de energía para el sistema. También están disponibles elementos de interruptores estandar de diodos de 20 amperios, como parte de el sistema básico MONITROL.

Todos los suministros de energía del SWANSON aceptan una entrada de 115 voltios y 60 ciclos A.C. Es-

te suministro está autoregulado para la magnitud que

esta entrada A.C. puede recorrer desde un bajo voltaje de 105 voltios hasta un alto voltaje de 125 voltios A.C.

En el apéndice se dan detalles de dimensiones y conexiones de cables.

4.5.13 SISTEMA COMUN

De igual importancia que una fuente de energía segura es un verdadero "sistema común" de 0 voltios. Todos los puntos a lo largo del sistema que sean considerados sistema "común" deberían valer 0 voltios. (-0.1 voltios). En relación a la conexión común al subministro de energía. El tamaño del cable utilizado para conectar con el sistema "común", debe ser de grosor adecuado para prevenir una sobrecarga de voltaje en el "común". Se recomienda siempre que sea posible un sistema de conductores de cobre.

La conexión con tierra de el sistema "común" debería ser llevada a cabo solo por la fuente de energía. Es importante que esta sea la única conexión con tierra. Más aún, esta debe ser un sólido suelo de tierra. Las fluctuaciones de menos voltaje en el "sistema común", pueden causar malos funcionamientos de los circuitos transmisores.

4.5.1 BASTIDOR DE MONTAJE DE TARJETAS

El sostén físico de las tarjetas individuales de el circuito y los medios para hacer las conexiones a estas tarjetas, se lleva a cabo por el bastidor estándar de tarjetas del SWANSON (Apéndice). Este bastidor de montaje está disponible hasta para 20 tarjetas estándar de circuito. El cable conductor que lleva la corriente dentro del bastidor, proporciona el necesario contacto de energía D.C. para el funcionamiento del circuito. La conexión al "sistema común" se consigue también llevando la carga al bastidor de las tarjetas. Un tablero de terminales maestros al final del bastidor de tarjetas, proporciona los enlaces de entrada para el suministro de energía del sistema. Estos terminales se denominan +12, -12, -22 y "común".

Además de los puntos de conexión para el suministro de energía, el terminal maestro en el bastidor de tarjetas esta previsto para la conexión a un interruptor maestro de desvío del "interlock" del sistema. Un interruptor de esta forma conecta el terminal de "interlocking" (SI) de secuencia y el cable conductor del bastidor asociado al "sistema común" cuando el interruptor está en la posición normal de "interlock". Cuando está colocado en la posición de

"desvio", el interruptor pone en contacto el terminal de desviación de "interlock" (IBP) y el cable conductor con el "común".

En caso de que el interruptor maestro de desvío no se use, el terminal del cable conductor de "interlock" de secuencia, debe estar directamente unido al "sistema común".

Cada posición de las placas en el bastidor de montaje, esta provista con un bloque de terminales de ocho puntos de conexión.

Estos terminales proporcionan el medio para unir por cables las tarjetas individuales dentro del esquema de control.- Los puntos de conexión específicos, varían con respecto a la función, dependiendo de el tipo de tarjeta de circuito usada en una determinada posición. La descripción previa de las funciones de las tarjetas y las relaciones de los puntos de los terminales y las señales, determinan las necesidades individuales de el sistema de conexión de cables.

Todos los bastidores de las tarjetas están provistos con una tarjeta estandar de circuito filtrador. Esta tarjeta proporciona capacidad de vibración entre los diversos conductos generales de energía y el "sistema común".

Esta se adapta al final del terminal maestro del bastidor. No se necesitan conexiones de cables externos para esta tarjeta.

Los bastidores de las tarjetas de SWANSON, son adecuados para el montaje en la superficie, o pueden ser provistas con unos armazones estandar para el montaje interior. Los puntos de terminal estan localizados bien, en la parte de adelante o bien en la parte de atrás de el bastidor de montaje de tarjetas, según se necesite. Los bastidores con cable de la parte de adelante, están disponibles con terminales encima o debajo de las tarjetas.

4.6 PRINCIPIO DE INTERCONECCION

Dentro del Principio de Interconexión, lo ubicamos: Primeramente en la sala de mando centralizada CP3, allí están las botoneras de mando, y en la parte inferior ubicado en consolas se colocan los bastidores de tarjetas, con sus respectivas interconexiones.

Desde esta sala de mando salen dos cables No.20 AWG. una de señal y otro común, que se transportan hasta una sala eléctrica en donde se encuentran los módulos del sistema Swanson y los transformadores y contactores principales de los equipos a controlar.

Ahora bien, dentro del CP3, la interconexión entre tarjetas, se efectúa fácilmente mediante cables, para lo que se utiliza los terminales ubicados paralelamente con el bastidor de tarjetas.

El principio consiste en llevar una señal verdadera hasta una tarjeta de control, pasando las diferentes condiciones del "interlock" del circuito, de tal modo que lo que se hace es mandar una señal sostenida por la fuente de alimentación o el módulo, dependiendo de donde venga la orden.

El "interlock" generalmente es un dispositivo que mantiene la unión de la tarjeta de control directo de un motor por ejemplo con el sistema común, de tal modo que de acuerdo a las condiciones requeridas para el control del equipo en mención estos elementos integrantes del "interlock" deben cortar o insertar la señal.

Para hacer todas estas interconexiones se recurre a la unión mediante cables del tipo No.20 AWG. ya que la máxima tensión aceptada es de 28 voltios y la intensidad es de 175 miliamperios.

DISEÑO DEL CONTROL AUTOMATICO DE LA PLANTA

5.1 INTRODUCCION

El sistema de control de la Planta Concentradora de Cobre de Cuajone, es reemplazado por el sistema Swanson. Unicamente en el caso del control directo, como es el sistema de arranque mediante revistencias para el caso de los motores de Rotor Bobinado, el sistema de excitación y la secuencia de arranque de los motores sincrónicos, de 3000 H.P., se emplea el sistema convencional por ser elementos de mayor tensión de trabajo y carga circulante. En estos casos empleamos el sistema SWANSON, como un interlock interno, para lo que usamos los módulos de campo y el mando proviene del sistema en sí, el cual primero tiene que recibir la orden de todos los elementos de vigilancia del comportamiento del equipo a controlar. Todas estas señales llegan al módulo de campo, el cual ordena el inicio o parada del sistema.

En lo referente al Diseño, en este estudio, considerando la magnitud de la planta y la cantidad de elementos a controlar, que muchas veces posee un circuito idéntico, se ha creído conveniente hacer un análisis solo a un sector de la planta, que en este caso es Transporte, Almacenaje, Molienda y Flotación, obviándose las demás secciones por considerarse un proceso repetitivo en lo que a control se refiere.

5.2 CONSIDERACIONES DE DIBUJO EN EL DISEÑO

La estandarización de los componentes para construir el sistema del control estático Swanson, simplifica el desarrollo de los dibujos del diseño del control de la planta. Frecuentemente, en el desarrollo de un esquema de control, primero se prepara un diagrama de bloques simplificados en el cual se representa cada transmisión.

Cada elemento se coloca normalmente en el dibujo en su posición secuencial de comienzo o parada en relación con otro equipo de operación dentro de la unidad. Se amplían con notas según sea necesario definir las secuencias de comienzo o requisitos especiales aplicables a elementos específicos del equipo, tal como dispositivos de bajada de temperatura, dispositivos de presión de aceite, etc.

El propósito del diagrama de bloques, es permitir al ingeniero revisar las operaciones de la unidad con el personal de operación. Este diagrama representa la base para el control del equipo en una forma fácilmente comprensible para el personal de operación.

Con el esquema del sistema Swanson, los dibujos de control toman la forma de diagrama de bloques. Como se ilustra en la figura No.5.1, cada dispositivo es representado por un bloque en el dibujo. Estos están colocados en la secuencia nor-

mal de comienzo. Cada bloque representa una tarjeta de circuito de control o una tarjeta (o medio) de funcionamiento de la lógica que forma el sistema. Como los diseños de los terminales de entrada y salida son estandar, estos son indicados para cada dispositivo.

Los terminales de salida de las tarjetas de control No.2, No.3 y No.4, se indican solo donde son usados a lo largo de toda la lógica de el circuito. Las conexiones estandar de salida, con las luces indicadoras, como sin funcionamiento de alarma, está representadas por un pequeño círculo o diamante en la esquina más baja de la mano derecha del bloque de las tarjetas de control. El círculo indica conexión directa a una luz tricolor. Considerando que este sistema de cables es idéntico en todos y cada uno de los casos y no afecta la lógica general del circuito, se puede concluir que el diseño utilizado es el adecuado.

La circuitería de entrada de "interlock" se indica en los terminales No.5 y No.6 cuando se necesita. Se recordará que donde la lógica de "interlock" no se usa, estos terminales deben estar conectados al sistema común. Cuando se muestra un triángulo en el terminal No.5 o No.6 significa que está complicada una conexión al "sistema común". Lo mismo se cumple en el caso de el terminal de parada No.8. Frecuentemente, se usa una entrada de "interlock" falsa para cerrar una transmisión del motor, mejor que proporcionar un interruptor

en el circuito de parada. Cuando se hace esto, el terminal No. 8 debe estar unido por un cable al "sistema común".

Las tarjetas lógicas funcionales, se diseñan por el funcionamiento mejor que por ningún símbolo lógico estandar. Esto permite a cualquiera leer el diagrama.

En el caso de tarjetas que tengan dos funciones independientes en una tarjeta de circuito, las funciones se representan individualmente en el diagrama de bloques. Los números de los terminales indican si es la primera o segunda unidad en una tarjeta dada. Se notará que una salida inversa se indica por medio de una línea bajo el número del terminal de salida.

La cabeza de flecha se usa para indicar la señal de entrada a una tarjeta de circuito. La línea de conexión indica de donde viene la señal, tanto sea esta la salida de otra placa de circuitos, como la salida de un dispositivo de interruptores conectados al "común". Un pequeño símbolo triangular se usa para representar una conexión al sistema comun.

Los dibujos del sistema preparados de esta manera, cumplen los requisitos del diagrama de bloques simplificados, así como el diagrama el ctrico secuencial esquematizado o diagrama de escalera. El personal de operación puede facilmente seguir el diagrama de control representado en tales dibujos. Si nos damos cuenta que todas las tarjetas del circuito que forman el

sistema está indicadas, y todas las conexiones de cable están mencionadas, los dibujos definen el sistema electricamente y de esta manera se usan para el análisis, comprobación y mantenimiento esencial de el equipo. Estos dibujos se usan también para preparar los dibujos de las conexiones de cables de el centro de control.

Se recomienda usar cables multiconductores con cables de códigos de color, simplificando de esta manera los dibujos de las conexiones para las luces indicadoras de el estado y las posiciones de los interruptores de control.

5.3 CONTROL DE UNA FAJA TRANSPORTADORA

Para el control de una faja transportadora, el margen del sistema eléctrico de alta tensión, necesario para el accionamiento del motor principal, generalmente de Alta Potencia. Se tiene el sistema de control que da pase para el arranque o parada del sistema.

Dentro de este sistema de control, se pueden establecer varios elementos indispensables (requisitos) de tal forma que si no se cumplen no puede dar pase al control para el arranque. Además, en caso de estar operando y fallara alguno de estos requisitos, se debe de tener inmediatamente el elemento a controlar, que en este caso es el motor principal de la faja transportadora. A todo esto es lo que llamamos "INTERLOCK".

En este caso para el control emplearemos una tarjeta SOV y un módulo SOV.

Como estas tarjetas solo tienen un ingreso para interlock, recurriremos al empleo de tarjetas lógicas del tipo AND para obtener una sola condición.

En lo que se refiere a las paradas se coloca una tarjeta TD de demora de tiempo, de tal manera que entre una parada y un arranque haya por lo menos un intervalo de 4 segundos como mínimo.

Además, tenemos un selector que pueda ubicar el mando en dos modos: Local y Panel.

PANEL, implica el mando desde la sala de mando centralizada y que trabaja directamente hacia el sistema SWANSON.

LOCAL, implica el mando desde una botonera ubicada muy cerca al equipo, de tal modo que el mando se efectúa directamente al centro de control de motor (MCC), en otras palabras, al sistema convencional de 110 voltios.

Para el sistema de arranque, que dé la botonera al panel va directamente a la tarjeta de control; se ha colocado antes de conectar al sistema común, una alarma de arranque, de tal modo que si no se acciona esa botonera y suena la

alarma como prevención para que en el caso de que haya personal trabajando en la faja, se pueda retirar y no de pase para el arranque,

Según la figura No.5.2 , se puede observar que después de 10 segundos durante los que suena la alarma por el pase de la tarjeta TD (7C-17); la tarjeta TD (7C-18) a su vez nos da opción para arrancar el motor durante 30 segundos una vez terminado el sonido de la alarma.

Esta alarma es accionada mediante una tarjeta Relay RC - (6C-19).

Además, se posee un sensor de velocidad, que es un elemento que al bajar la velocidad el motor abre unos contactos y por lo tanto el "interlock" del motor.

Este sensor actúa por fuerza centrífuga, que es la que mantiene los contactos cerrados. Entonces, se nos presenta el problema al arranque, ya que, el interruptor está abierto y por lo tanto no da pase.

Para solucionar este problema (ver figura No.5.3) se interconectó una tarjeta TD (3C-14) de tal forma que al estar el motor parado, una señal falsa en la TD (3C-14) origina una señal verdadera en la salida, la cual interconecta al interlock del motor dando pase para el arranque.

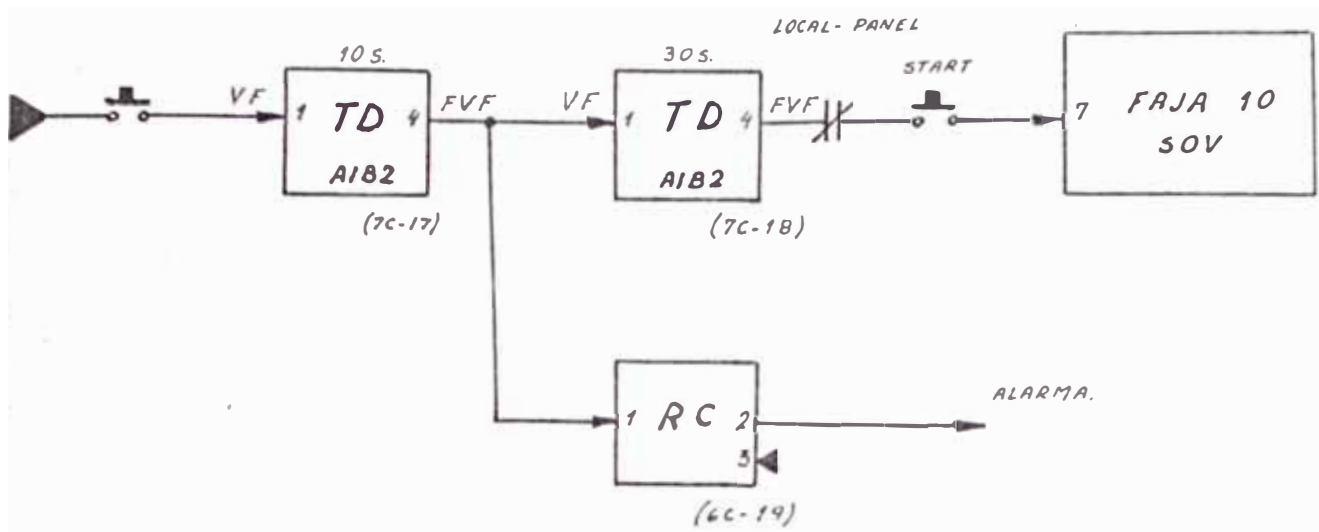


Fig. No. 5.2 SISTEMA DE ALARMA PARA EL ARRANQUE DE FAJAS

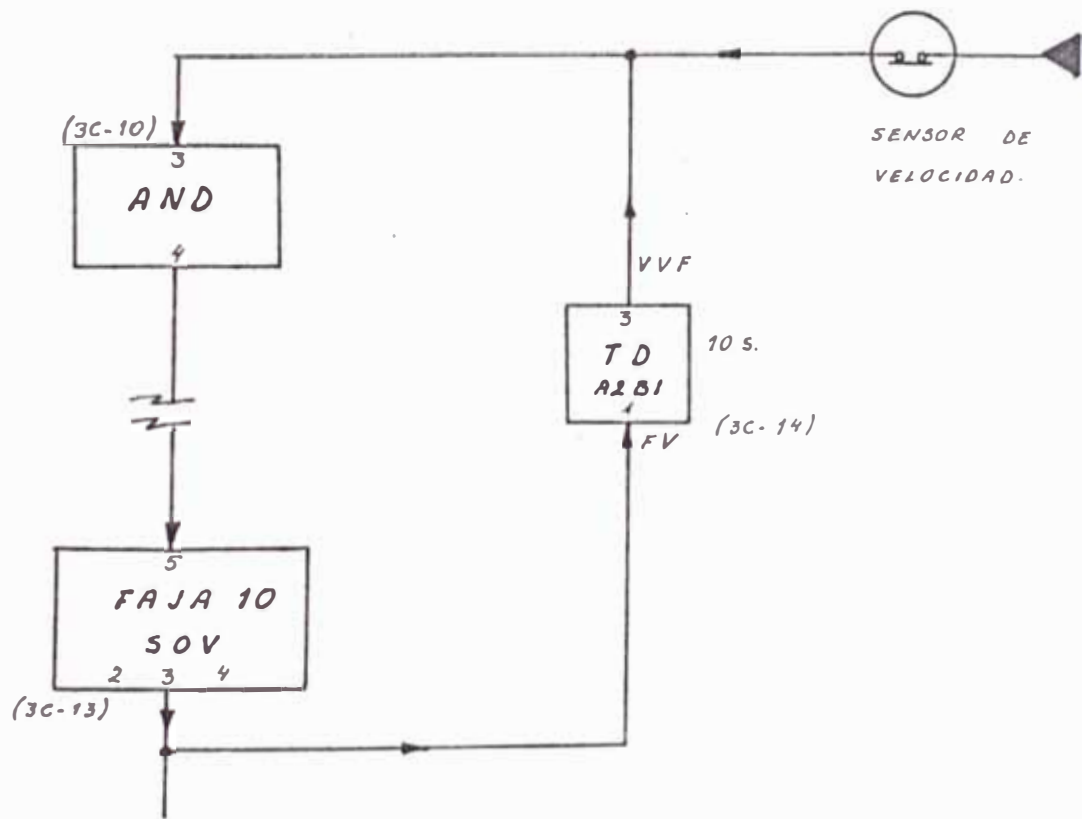


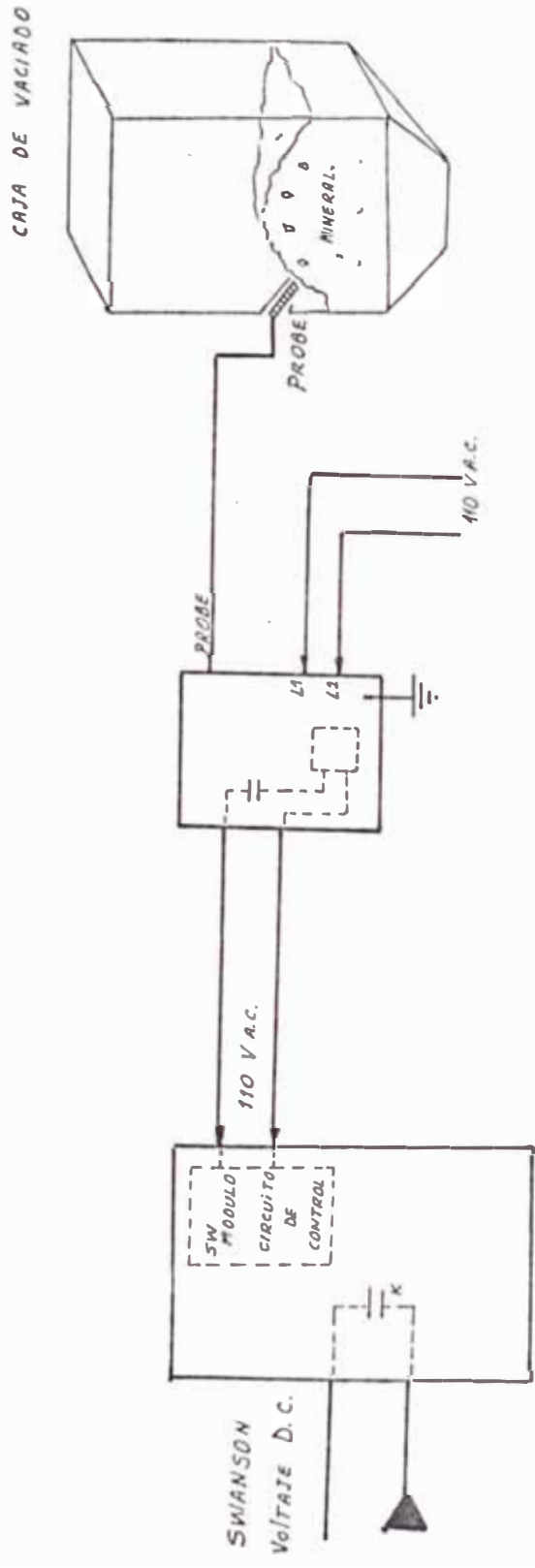
Fig. No 5.3 SENSOR DE VELOCIDAD DE LAS FAJAS

Pero una vez que el motor arranca hasta que tome su velocidad normal para cerrar los contactos del sensor, requiere un cierto tiempo, que es el que le otorga la TD (3C-14) que es de 10 segundos durante los que mantiene la señal verdadera, y una vez obtenida la velocidad normal, la señal de auxilio de la TD (3C-14) se borra y da pase libre al sensor de velocidad.

En el caso del sensor que nos indique que las cajas de vaciado están atoradas, estos son probes que van colocados en las paredes laterales de las cajas, de tal modo que al llenarse de material estos hacen contacto con el probe conectando así la línea con tierra, ésta señal abre un contacto al sistema Swanson, en donde se convierte en una señal falsa. (ver figura No.5.4).

Asímismo, como elemento de seguridad se debe colocar un cordón de emergencia a ambos lados y a lo largo de toda la faja. De tal modo que al accionar o jalar este cordón se detenga inmediatamente la faja.

Este cordón lo que hace es simplemente abrir un contacto del interlock, y por lo tanto perder la señal que obliga a detener la marcha del motor principal. Para una observación global ver el plano S-3.



MODULO SWITCH

RELE DE TIERRA

Fig. No. 5.4 SENSOR DE ATORAMIENTO DE CHUTES

5.4 CONTROL DE UN DISTRIBUIDOR DE CARGA

Este distribuidor de carga tiene un movimiento tanto hacia el norte como al sur, y para independizar el movimiento se ha visto por conveniente ubicar una tarjeta de control de accionamiento de motor (MC) para el movimiento de cada una de las direcciones, las que básicamente cumplen con activar un juego de contactores en el MCC, que se encargan de cambiar la polaridad de la alimentación del motor de accionamiento con lo que se cambia el sentido de rotación del mismo.

Asímismo, se debe poseer un selector por el mando de tres modos: Local, Panel y Automático.

Local.- Se obtiene con una conexión directa al MCC de tal modo que la botonera ubicada en el campo accione directamente el Tripper.

Panel.- Para controlar el panel, de tal forma que se dirija de cualquier posición, a otra deseada por el operador; pero una vez lograda, queda estática hasta un nuevo pedido a otra posición diferente a la ubicada. (ver figura No.5.5).

Automático.- Para este modo existen dos selectores adicionales que nos indicarán las posiciones a partir de las que se puede colocar como límites. En es-

te modo es bueno indicar que el Tripper se desplaza de sur a norte y viceversa sin necesidad de mando, ni llamada (ver plano No. S-2).

Para este caso se ha empleado tanto tarjetas lógicas AND- y OR, hasta Inversoras, Amplificadoras y como se tiene dos tarjetas MC de control de dirección de movimiento del Tripper es importante que nunca se activen las dos al mismo tiempo; por tanto que se recurre a las tarjetas FLIP-FLOP, para el cambio simultáneo de mandos de la dirección (Norte o Sur).

A su vez, para el sistema de Panel se ha empleado un sistema de combinaciones tanto de la botoneras, de las posiciones, como de los microinterruptores, ubicados en el campo, para lo cual se emplean tarjetas lógicas. Para mejor observación ver el plano No. S-2.

5.5 CONTROL DE ALIMENTADORES

Estos alimentadores están constituidos por tres fajas de baja velocidad, que alimentan una faja que va a proporcionar el mineral directamente a una caja alimentadora de los molinos.

Dentro de estas tres fajas alimentadoras es necesario que estén trabajando y una de ellas parada en espera, para que de esta manera los operadores tengan opción de tomar las al-

ternativas y además se aprovecha para hacer un mantenimiento programado

Para cumplir con este requisito se ha recurrido a una combinación de tarjetas lógicas de tal modo de que trabajen tan solo dos alimentadores, y si se desea trabajar con otro de ellos, es necesario primero que se apague alguno de los dos que ya trabajan. Tal como se puede observar en la figura- No. 5.6.

Para cumplir la condición de 4 segundos entre parada y arranque se coloca una tarjeta TD de demora de tiempo en la línea de parada (STOP) (23C-08-12-15).

Además para obtener luz verde que dá pase para el arranque, es necesario recurrir también a las tarjetas lógicas (23C-09-10-16) para poner las tres condiciones necesarias para proceder al arranque. Acá se debe añadir una señal desde el circuito Swanson de la faja No.12 dentro del interlock de los tres alimentadores.

Asímismo, para que la faja No.12 pueda trabajar es necesario que se incluya dentro de su interlock una señal procedente de la Bomba de Recirculación o Alimentadora de Ciclones.

En lo que al control de los alimentadores, se procede de forma similar al de las fajas. (ver plano No.S-3).

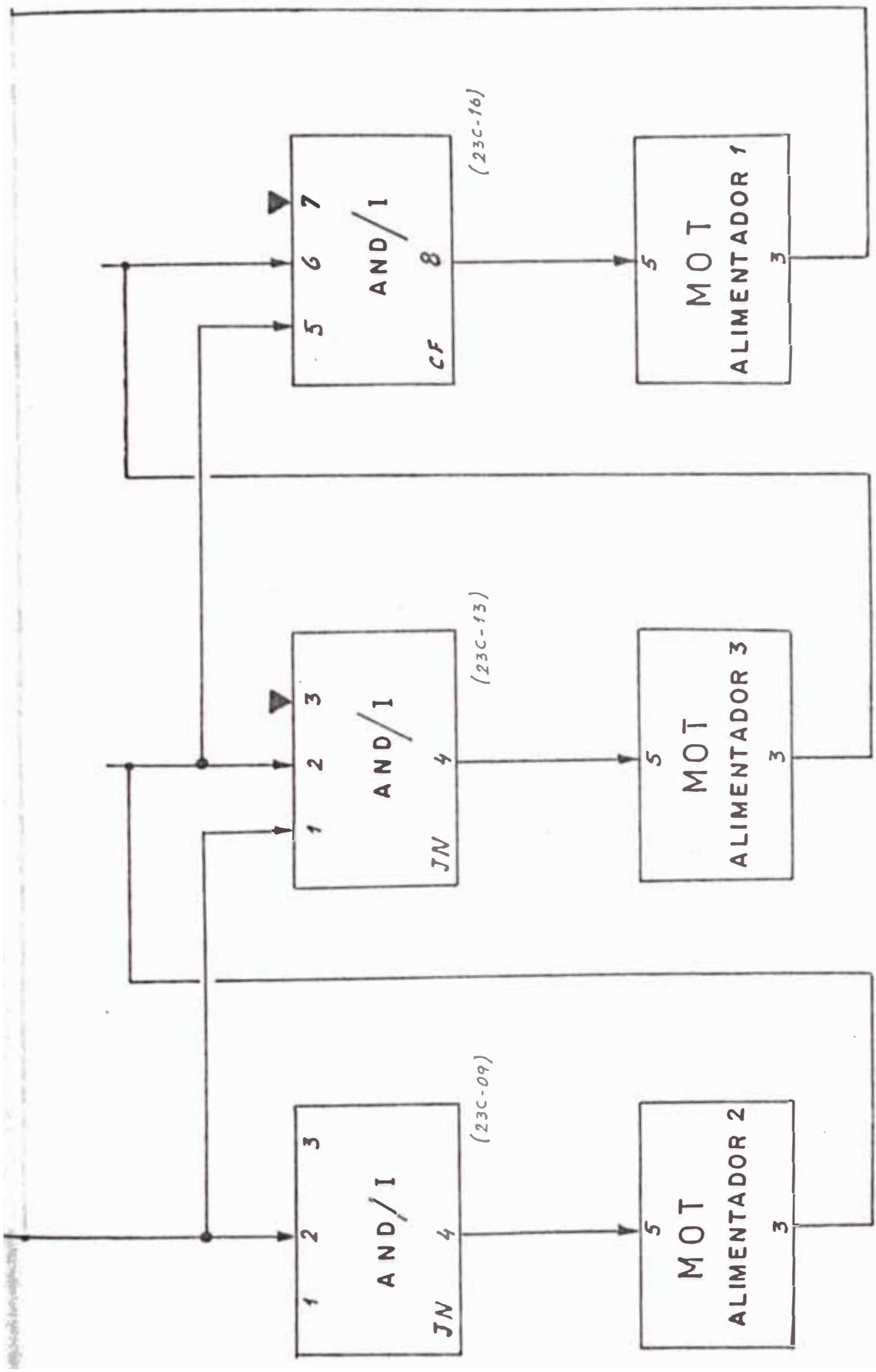


Fig. No. 5.6 OPERACION DE ALIMENTADORES POR COMBINACION

5.6 CONTROL DE ARRANQUE DE MOLINO DE BOLAS

Estos motores son sincrónicos y de 3000 H.P., el inducido es alimentado (estator) por corriente alterna 6,900 voltios- y el inductor (rotor) es alimentado por corriente D.C. 120 voltios y se caracteriza por poseer seis pares de polos salientes.

La potencia requerida para la excitación es alrededor del 1% de la potencia nominal de consumo del motor.

Un motor síncrono no tiene de por sí par de arranque alguno; por lo que para ponerlo en marcha y acelerarlo hasta la velocidad de sincronismo, se requiere de un medio auxiliar tal como el arranque tipo motor de inducción. Por lo que se le añade un devanado en jaula de ardilla denominado devanado amortiguador, ubicado en las expansiones polares. El motor se pone en marcha sin excitar los devanados del rotor, alcanzándose una velocidad próxima al sincronismo; si la carga y la inercia no son excesivas, al excitar el inductor con corriente continua el motor alcanzaría la velocidad de sincronismo.

El 60% del equipo empleado en el arranque y control, es equipo especialmente diseñado para regulación de motores sincrónicos de alta potencia. En lo referente al sistema Swanson, lo empleamos básicamente para el control automático den

tro de la secuencia operativa, tanto del molino como de la concentradora.

Para el arranque se emplea unos interruptores electromecánicos, los cuales son comandados desde un módulo del tipo MOV y éstos a su vez desde una botonera del CP3. Inicialmente el motor arranca directamente con la alimentación en AC como si fuera un motor de inducción (ver plano Golden Gate Switchboard 74011); para esto empleamos el contacto K1 del módulo MOV y es colocado en un interlock con la bobina del timer TR1 el que inicializa la secuencia de arranque. (ver plano Arcontrol EPL 6566) (No. S-5), hasta que se energiza las bobinas MC y PSR, a su vez se activan todas las señales de control: relé de flujo de aire (ventilación de los tiristores de control de amperaje al campo), falla de fusible de tiristores, falla a tierra del rotor térmico, falla en equipo electrónico, falla en las resistencias para la supresión, falla en la alimentación al equipo electrónico, falla en el campo y falla de sincronismo. Todas estas señales se activan mediante una secuencia de energización de relés.

Para una visualización global del sistema de excitación - observar el diagrama de bloque de la figura No.5.7. Luego - si recurrimos al plano Golden Gate Switchboard No.74011 (S-4) se puede observar que al activarse la bobina MC y PSR después de la secuencia de señalización, cierran los contactos (5-1) MC y (1-64) PSR con lo que al final se activa la bobina

na de cierre 52x, la que activa el breaker de alimentación principal 52 con lo que el estator es alimentado. A su vez el estator alimentado genera un campo que origina un flujo de corriente en el inductor (rotor), el cual alimenta el sensor SFR (Slip Frequency Relay) el cual (plano arcontrol EPL 6566) al detectar que se ha obtenido una velocidad cercana al sincronismo, inmediatamente activa su bobina la que a su vez cierra el contacto SFR (3-4), lo cual dá pase para la energización de la bobina DCC que ordena a su contacto 151 y 154 cerrar el circuito que da origen a la alimentación en DC para el campo inductor del motor síncrono.

Además tenemos un grupo de tiristores los cuales gobiernan y regulan la intensidad de corriente en el campo. Las órdenes para estos tiristores vienen de un regulador electrónico activado mediante un reóstato, originando señales a un transformador de pulsos al que finalmente emite las señales hacia los "gate" de los tiristores.

Todo esto es el equipo al margen del sistema Swanson, como se pudo apreciar. La orden parte del contacto K1 desde el módulo MOV, ahora bien, para que llegue esa señal al módulo se deben cumplir todos los requisitos establecidos en la sección 3.6.

Inicialmente, mediante una botonera directamente conectada al común (ver figura No.5.8), para evitar la señal conec

tamos una tarjeta de demora de tiempo (26C-01) de 10 segundos conectado a una tarjeta relay, normalmente abierta (26C 03) que daría pase para el accionamiento de la sirena por espacio de tiempo establecido por TD.

Asímismo, aprovechamos la señal de salida de TD (26C-01) para enviar una señal verdadera de tal modo que dé pase al arranque por espacio de 30 segundos de tal modo que si en ese tiempo no arranca el molino, sea necesario volver a iniciar la secuencia desde la sirena. Para esto empleamos la tarjeta TD (26C-02) y el terminal 4 va para dar pase al molino previa condición de que en ese momento no esté arrancando ninguno de los molinos, para la que se establece una secuencia lógica mediante las tarjetas AND (25C-10) INV(24C 02) y OR (25C-09) (25C-10).

Las entradas a las tarjetas OR proviene de la salida en el terminal No.2 de la tarjeta MOV de cada uno de los molinos. Este terminal otorga una señal verdadera solamente en el instante de transición de los estados "listo a operar" - (luz verde) a "operando" (luz roja). Todo esto se establece con la intención de impedir que se puedan arrancar dos molinos al mismo tiempo.

Además, obtenemos una señal desde la tarjeta de control de la bomba de alta presión de aceite en los cojinetes de tal modo que al activarse ésta, envíe una señal verdadera -

conectada al interlock de la tarjeta MOV de control del molino no. (terminal 5 de la 25C-06).

Dentro de la Sala de Mando Centralizado (CP3) es necesario tener dos luces indicadoras del estado de los molinos, como de ellos, en el panel de control y el otro en un panel indicador del flujo operativo de la planta. Por lo que se requiere de dos grupos de señalización derivados de una salida. Acá se observa la necesidad de emplear una tarjeta amplificadora, ya que se puede dar el caso de emplear focos cuyo consumo de ambos sea mayor de 175 ma., por lo que ubicamos la tarjeta amplificadora (24C-11).

En lo que se refiere al arranque colocamos una tarjeta de pulso antes del ingreso a la tarjeta MOV, este pulso se mantiene por espacio de 4 segundos entre el cambio de la señal de ingreso a la tarjeta PC terminal 2 (25C-08) de falso a verdadero únicamente.

Asímismo, sacamos una señal del terminal 3 de la tarjeta-MOV para colocar en el interlock de comportamiento del sistema de lubricación de cojinetes. (ver plano S-6).

5.7 CONTROL DE BOMBAS DE RECICLAJE

Para el control de los motores de accionamiento de éstas bombas, empleamos una tarjeta de control de motor MC. y a su

vez un sistema de módulo del tipo MOT.

Este control de equipo es el convencional para un motor común y corriente.

Además acá se ha añadido una tarjeta amplificadora que tiene como función "visualizar" mejor la señal que llegue al sistema de "interlock" de la tarjeta de control del motor.

Se adiciona en la línea de parada la tarjeta (23C-18) de demora de tiempo, de tal modo que se pueda obtener la condición de espera de 4 segundos por lo menos entre parada y arranque.

Se coloca un selector que otorga las condiciones tanto de panel como del campo. (local).

El control en el campo quedaría de acuerdo a la figura No.5.9.

5.8 CONTROL DE COLECTORES DE POLVO

Estos colectores de polvo son ocasionados por un motor del tipo "Jaula de Ardilla" que se encarga de ocasionar un extractor y a su vez ese polvo extraído luego debe ser mezclado con agua para enviarlo directamente al sistema de flo

tación.

Ante la posibilidad de que el polvo extraído, atore la ductería ante la falta de agua recirculante, se ha creído - por conveniente instalar un sensor de flujo de agua, de tal modo que se coloque en el interlock para que dé pase al accionamiento del motor del colector. Asimismo, no se puede añadir un sistema de señalización o de alarma.

Ante la presencia de varias condiciones de interlock se vió por conveniente colocar una tarjeta lógica del tipo AND (26C-07) (ver figura No.5.10), y para la condición de 4 segundos como mínimo entre parada y arranque la tarjeta TD.(26C 09)

5.9 CONTROL DEL SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICO DE MOLINOS

Para este sistema de lubricación existen cuatro bombas : dos de alta presión y dos de baja presión, una a una, tanto para el lado de carga como para el de descarga de los molinos. Como para ambos lados se requiere las mismas condiciones, lo observaremos de uno solo:

Bomba de Lubricación de Baja Presión.- Para el control de este motor, se hace en forma por no decir auténtica al de las bombas de reciclaje. (sección 5.7), inclusive bajo las mismas condiciones: control local, panel, luces indicadoras.

Estas bombas son independientes y no están ligadas a interlock alguno, para el arranque.

Bomba de Lubricación de Alta Presión.- De acuerdo a las condiciones establecidas en la sección 3.8. Se requiere de tarjetas de pulsos, ya sea la de pulso falso durante 4 segundos para detención de las bombas y las de pulso verdadero durante también 4 segundos para el arranque de las bombas. (ver figura No.5.11). Estas señales deben proceder del sistema de arranque del molino.

Asímismo, se ubica antes una tarjeta de demora de tiempo TD (15 minutos) de tal modo de que una vez que se detiene un molino, ésta tarjeta TD. mantenga la señal por un espacio de tiempo ya especificado. (ver figura No.5.11).

Debido a la cantidad de tarjetas de control que existen , y para evitar posibles señales débiles, es que se instalan tarjetas amplificadoras; tales como las (24C-02).

De igual forma dentro del sistema de parada, se coloca una tarjeta TD. de tal modo que otorgue 4 segundos de espera entre paradas y arranques; tal como en los otros casos:

En el sector que corresponde al arranque se establecen las tarjetas lógicas AND del tipo IKM (ver sección 4.5.6) que se encargan de mantener la señal verdadera del arranque,

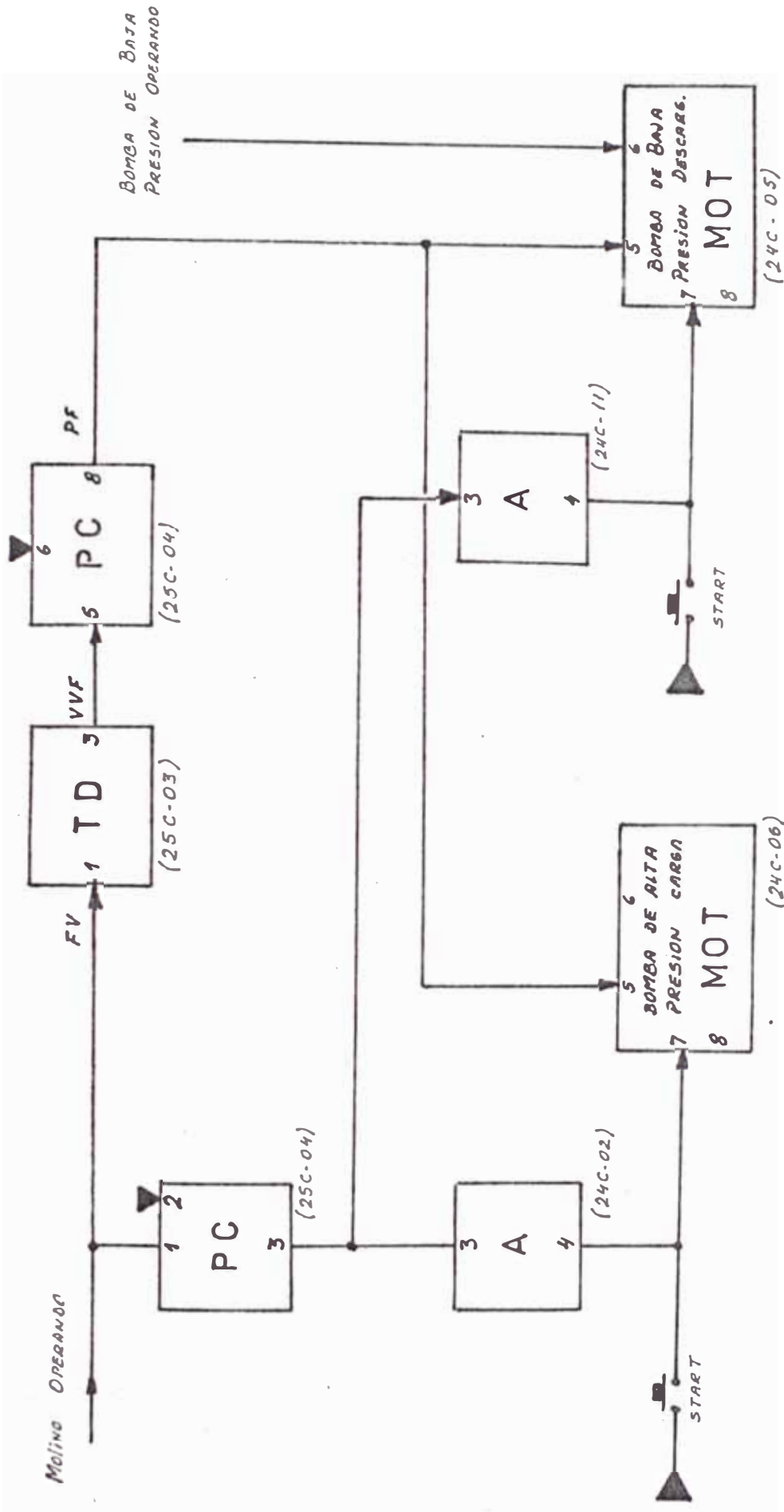


Fig. No. 5.11 SISTEMA DE LUBRICACION DE MOLINOS

ya que ésta precede de una botonera instantánea.

Además, como una medida adicional de seguridad fue necesario colocar la bomba en el interlock del molino y así es como se desarrolló una combinación de tarjetas lógicas; así tenemos tres casos:

- a) Detener el Molino
- b) Arranque de Molino

Detener el Molino

Por el sistema visto anteriormente se observa que la bomba de alta presión inmediatamente acciona. A su vez la tarjeta TD (25C-03) otorga una señal falsa a la tarjeta OR (24-10). Pero, como la señal que ingresa a la tarjeta OR por los puntos 1, 2 procede de la tarjeta MC (24C 06), ésta, al estar operativa, envía una señal verdadera; la que finalmente con el interlock de la bomba de baja presión debe dar pase para el arranque del molino.

Arranque de Molino

Bajo la condición de que el molino se pare por algún mantenimiento momentáneo: las dos bombas están trabajando y tenemos pase según la condición a) explicada líneas arriba. Según la figura No. 5.11 al arrancar el molino -

cambia de señal de falsa a verdadera con lo que activa la tarjeta de demora de tiempo TD (25C-03) la que se encarga de mantener la señal verdadera durante 15 minutos, los que transcurridos bloqueará la bomba de alta presión.

Mientras esté trabajando la bomba no hay problema, ya que se mantiene la señal verdadera para el interlock del molino. Pero una vez transcurrida los 15 minutos es importante que llegue una señal verdadera, para la que se emplea la inversa (pos.No.4) de la tarjeta TD. (25C-03). (ver figura No.5.12), la que después de los 15 minutos agrega una señal verdadera a la tarjeta lógica AND (24C-09). Y para mayor seguridad se adiciona una tarjeta inversora ligada a la señal de operación de la tarjeta motor (24C-06) la que nos reafirma la variación de señal y que es invertido de falsa a verdadera por la tarjeta (24C-02). Así se consigue la señal verdadera al final de la tarjeta lógica AND para dar pase al interlock del molino.

Además se agrega un Interruptor Sensor de flujo para la salida de las bombas de baja presión y un Interruptor Sensor de presión para la salida de la bomba de alta presión.

5.10 CONTROL DE MOTORES DE CELDAS DE FLÓTACION

Dadas las condiciones en las que trabajan estos motores - indicados en la sección 3.9 y tomando en cuenta de que el control de los mismos, es desde una sala centralizada a corta distancia del equipo; se ha creído por conveniente no aplicar el sistema Swanson. Por lo que, se recurre en este caso al sistema convencional.

Se hace mención de estos motores, ya que, constituyen una pieza fundamental dentro del proceso productivo de la Concentradora de Cuajone. (ver figura No.5.13).

5.11 CONTROL DEL SISTEMA INTERCONECTADO

Una vez interconectado tenemos en la sala de control centralizada: en un panel con luz indicadoras, un diagrama de flujo del sistema operativo, con la muestra simbolizada de cada uno de los equipos importantes a controlar. Todas estas señales salen directamente en paralelo de las terminales de señalización de cada una de las tarjetas, tanto MOT., MOV o SOV. Este panel permite una mejor visualización del proceso de producción y su estado durante la operación.

Así mismo, existirá un panel en el que se ubiquen todos los dispositivos de control (botoneras, switches y reguladores) y al alcance del operador, con sus respectivas luces in

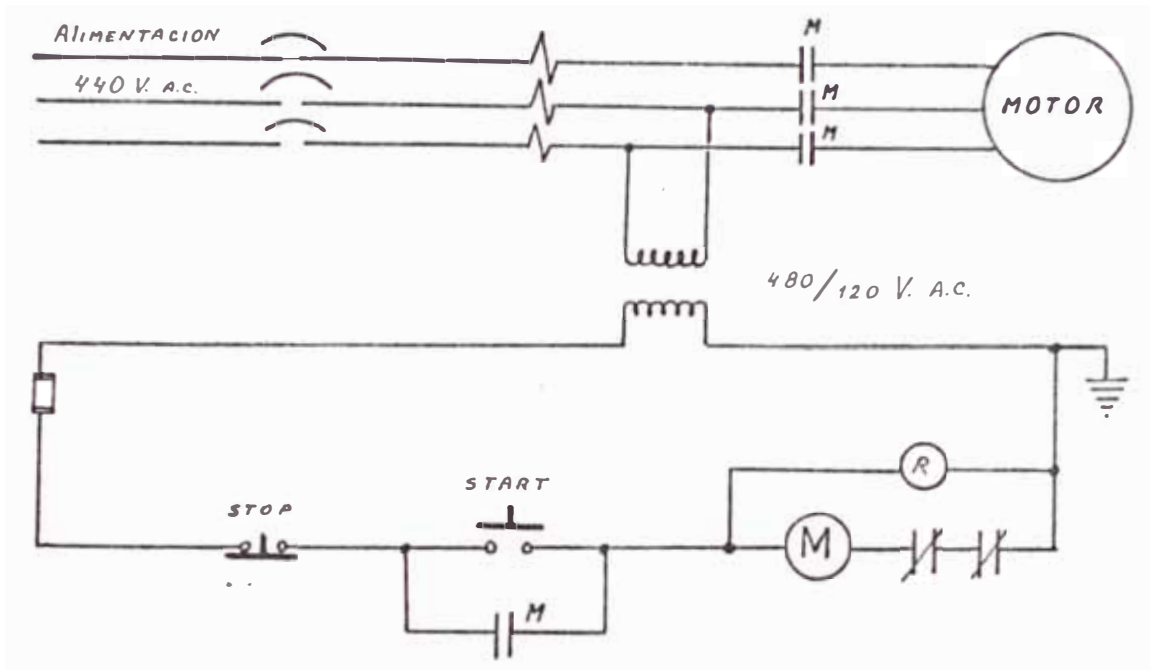


Fig. No. 5.13 MOTORES DE CELDA DE FLOTACION

dicadoras del estado operativo de los equipos a controlar.

Todo el sistema Swanson a partir de la salida de los módulos (señal y común) se ubicará en la Sala de Control Centralizada CP3, en sus respectivos gabinetes: Fuentes de + 12 V. D.C. y 22 V.D.C., Bastidor de montaje de tarjetas, Bastidor de terminales paralelo al de las tarjetas con sus respectivas instalaciones, Sistema de Señalización. Resumiendo, todo el equipo en D.C., de tal modo, que se pueda sectorizar el mantenimiento, así como la detección de fallas.

En lo que se refiere al proceso operativo en esta sección observaremos las condiciones globalmente ya que en secciones atrás se estudió el control de cada equipo en forma independiente.

Los equipos de mayor importancia a controlar son: Motor - Colectores de Polvo, Bombas de Circulación, Bombas de Alta y Baja Presión para lubricación de cojinetes de Molinos de Bolas, Faja Alimentadora de Molino, Alimentadores de Faja No. 12, Distribuidor de Carga y Faja No.10 Alimentadora de Almacén.

Dentro de la Interconexión se ha establecido una secuencia de tal forma que inicialmente se prendan los colectores de polvo, luego se permita el ingreso de agua fresca por gravedad hacia los molinos, después se activa la Bomba de -

Recirculación entre los molinos y los ciclones. Luego, se activa el sistema de lubricación de los molinos, para después poder poner en funcionamiento los motores sincrónicos de los molinos. Una vez operando estos se puede agregar carga a los mismos, previo accionamiento de la faja No.12, la cual a su vez es alimentado por las fajas No.11 "Feeders" ó alimentadores, las que para colocarlas en funcionamiento es necesario que la faja No.12 se encuentre trabajando, ya que en caso contrario se puede producir un atoramiento.

En lo que se refiere al tripper No.10, así como a la faja No.10 marcará otra secuencia que es independiente y que para su accionamiento depende exclusivamente de las necesidades de operación.

En caso de la faja No.10, en realidad esta depende del elemento que se encarga de alimentarlo.

Según lo descrito anteriormente se observa claramente que el proceso de arranque se ha establecido de tal forma que la secuencia sea de atrás hacia adelante y considerando posibles errores humanos, estas condiciones se han fijado dentro del interlock de cada equipo. (ver figura No. 5.14).

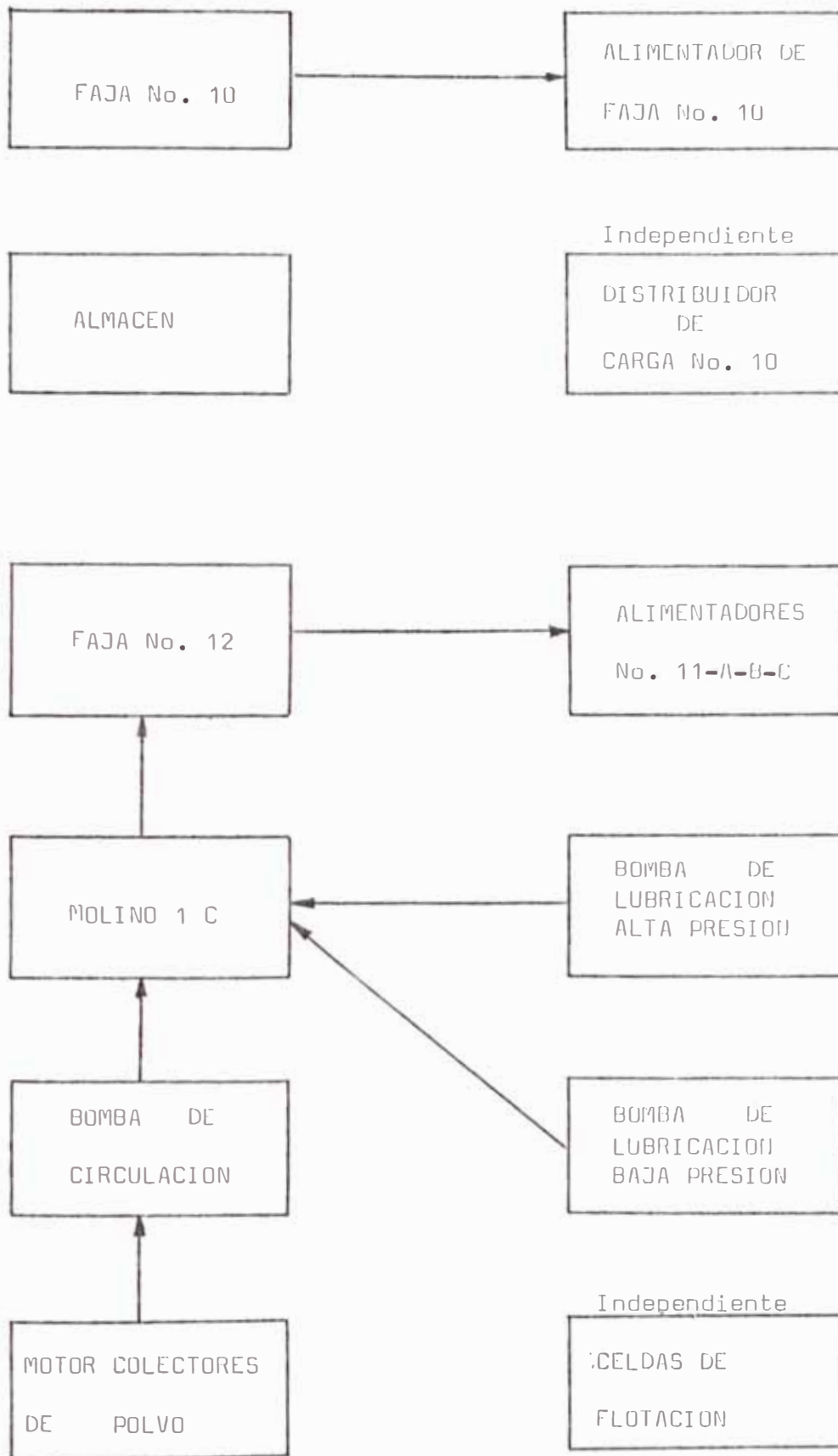


Fig. No. 5.14 CONDICIONES PARA EL ARRANQUE DE LA PLANTA

OBSERVACIONES

1. En este estudio se ha considerado tan solo un sector específico de la Concentradora de Cobre de Cuajone: transporte, almacenaje Molienda y Flotación; de tal modo, que se pueda establecer una secuencia que nos permita una clara aplicación del sistema SWANSON. Las demás secciones tienen en su diseño la misma filosofía que la empleada para las secciones en estudio.
2. Para la aplicación de este sistema, si bien es cierto que todas las tarjetas son de estado sólido y poseen componentes electrónicos, no es necesario tener conocimiento de Ingeniería Electrónica, ya que conociendo tan solo las funciones de cada una de estas tarjetas, que vienen a reemplazar a todos los componentes de un sistema convencional, es suficiente para proceder a una correcta aplicación, por lo que se manifiesta que este sistema esta preparado para ser usado por Ingenieros Eléctricos básicamente.
3. Cuando un equipo a ser controlado, no posee un "interlock" amplio, es decir pocos elementos de vigilancia, y su control está ubicado cercano al mismo, no se creyó conveniente aplicar el sistema en estudio, porque este sistema está orientado básicamente para el control a distancia y para equipos que posean un "interlock" de por lo menos 2 ó 3 elementos de vigilancia o

están interconectados dentro de la secuencia operacional de otro equipo.

4. Todos los elementos que integran el sistema SWANSON, son tarjetas de estado sólido; únicamente el elemento que establece la transición entre el sistema A.C. y D.C. es un relé, que va conectado en el interior del módulo de campo.
5. Si bien es cierto que junto a los elementos de vigilancia se han agregado luces indicadoras a estos se puede agregar sirenas, luces centellantes o ventanas indicadoras del tipo de falla que se tiene. Todo dependiendo de las necesidades del usuario. El sistema está en capacidad de otorgar todas estas facilidades.
6. Dentro del equipo de control de fuerza, este sigue siendo el mismo, por decir contactores directos de la línea, inversores de rotación de motores, sistema de arranques, por resistencias para motores de inducción, sistema de excitación para motores síncronos, etc., tan solo el mando procede del sistema SWANSON.

CONCLUSIONES

1. El sistema Swanson tiene una ventaja tremenda en relación al sistema convencional, debido a que este emplea energía de voltaje reducido (110, 220, 440 V A.C.) a diferencia del sistema en estudio que emplea energía D.C. (12 voltios) lo que facilita enormemente el mantenimiento, elimina una mayor fuente de interferencias eléctricas para los instrumentos y reduce el riesgo que se corre con el equipo de alto voltaje densamente acumulado en un centro de operación.
2. En caso de fallas a desperfectos en alguno de los componentes del sistema Swanson, el tiempo empleado para el cambio de una tarjeta es mínimo, debido a que estas tarjetas poseen conexiones de entrada estandar y cuya configuración es siempre uniforme y modular. Todas estas tarjetas se conectan dentro de una especie de rejillas o bastidores modulares de placa y cualquier placa puede ser colocada en cualquier posición. Mientras que en el sistema convencional en el caso de falla, es necesario cortar la tensión y por consiguiente parar el equipo, en el caso que se proceda a algún cambio.
3. El sistema estudiado lleva consigo varios niveles de inteligencia sobre un par de hilos eléctricos por medio de el uso de un sólido sistema de interruptores de referencia y de tal forma que se reduce la extensión de el cableado eléctrico de control en un 60 a 70 por ciento.

4. Este sistema por medio del uso de sólidos circuitos D.C. de bajo voltaje puede reducir el tamaño de un centro de control en un 50 por ciento comparando con el sistema de relays.
5. El control y el sistema de monitores de vigilancia es llevado a cabo con dos cables No.20 AWG entre el punto de control remoto y el dispositivo de arranque del equipo a controlar, para una distancia mayor de 7 kms. inclusive. Por lo que es de una gran utilidad para equipos con mando a distancia.
6. En el caso de detección de fallas, éstas son más fáciles de solucionar, debido a que los planos son sencillos a seguir (como un diagrama de flujo), y no es necesario chequear niveles de voltaje dentro del sistema de "interlocks", basta con seguir la dirección de las fallas y determinar si la señal es verdadera (0 voltios) o falsa (mayor de 1 voltio).
7. Se reduce enormemente la frecuencia de fallas debido a que se posee elementos de estado sólido con lo que se anula los clásicos relés o contactores, que finalmente terminan fallando en sus contactos por desgaste, ante el continuo uso al que son sometidos.
8. Finalmente, este sistema es recomendable ser aplicado en una planta en lo que se tenga en mente un control remoto centralizado y que posea monitores de vigilancia del estado para cada dispositivo y además en el caso que se desee una evaluación de

los programas y control de sistemas eléctricos de la planta por medio de computadoras.

BIBLIOGRAFIA

- "CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS" por: R.L. McIntyre
Segunda Edición 1975
Edit. Marcombo S.A. de Boixarcu
Editores.
Barcelona - España

- TEORIA Y ANALISIS DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS por: Kingley,
Kusko y
Fitzgerald
Segunda Edición 1984
Editorial Hispano Europea
Barcelona - España

- SWANSON "MONITROL STATIC CONTROL SYSTEMS"
Serie 2000 Manual

- GENERAL ELECTRIC "SOLID-STATE LOGIC"
Application Manual

- GENERAL ELECTRIC "METAL CLAD SWITCHGEAR"
Instructions and recommended parts for maintenance
Golden gate switchboard Co.
San Francisco, California

- "3000 H.P." "BALL MILL SYNCHRONOUS MOTOR FIELD EXCITATION"
Arcontrol Ltd. Application Manual

- "MANUAL DEL MONTADOR ELECTRICISTA" por: T.Croft, C.Carr y H.Watt
Tercera Edición 1984
Editorial Reverte S.A.
España

- III CONVENCION DE INGENIEROS QUIMICOS "CONCENTRADORA DE CUAJONE
UN AÑO DE OPERACION" por: Godofredo Barrios

- TRITURADORAS, MOLINOS, ALIMENTADORES
Beremev, D. Suerdlovsk, 1950

- "TIRISTORES Y TRIACS" por: Henri Lilen
Segunda Edición, 1984
Editorial Marcombo S.A.
Barcelona - España

- SIMPOSIUM SOBRE MOLIENDA
Viña del Mar 1975

- "ESQUEMAS DE ELECTRICIDAD" por: Jean Barry
Tercera Edición, 1980
Editorial Marcombo S.A.
Barcelona - España

- MOLIENDA DE MINERALES por: Mc Lelland Dugald
Toquepala - Tacna 1978