

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“NUEVO SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTIAGO ANTÚNEZ DE
MAYOLO 7 x 120 MVA”**

TESIS

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

**PRESENTADO POR:
JUAN CARLOS HUAMAN MUCHICA**

**PROMOCIÓN
1996-II**

**LIMA – PERÚ
2006**

SUMARIO

Actualmente en la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo se encuentra operando con el nuevo sistema de regulación de velocidad Neyrpic SLG. El presente trabajo se puede resumir en tres etapas, la primera parte trata de la descripción técnica, desde sus inicios de construcción a la fecha, de las Centrales Hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución; la segunda parte trata de una descripción completa de la implementación del nuevo sistema de regulación de velocidad, bondades de su lógica de funcionamiento, modelamiento matemático para estudios de control y estabilidad, detalle del montaje y los aspectos económicos y la tercera parte trata de las pruebas de funcionalidad previas a las pruebas experimentales, reportes de su operación comercial y conclusiones del presente trabajo.

El objetivo del presente trabajo es presentar una nueva tecnología con relación al sistema de regulación de velocidad de una central hidroeléctrica para lo cual se mostrara sus bondades dentro de un sistema eléctrico competitivo.

ÍNDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	02
1.2	Objetivo	04
1.3	Alcances	04
1.4	Situación actual de la central hidroeléctrica	05
1.5	Planeamiento a la solución del problema	05

CAPITULO II DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA CENTRAL Y SU INTERCONEXIÓN CON EL SEIN

2.1	Hidrología	10
2.2	Embalse Presa Tablachaca	10
2.3	Cámara de Válvulas	10
2.4	Tubería de presión	10
2.5	Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo	10
2.6	Central Hidroeléctrica Restitución – RON	12
2.7	Subestación Campo Armiño SECA	15
2.8	Control de la operación en tiempo real	15

CAPITULO III LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD

3.1	Sistema oleodinámico	16
3.2	Esquema eléctrico	19

CAPITULO IV DESCRIPCIÓN COMPONENTES SISTEMA**REGULACIÓN**

4.1 Descripción	30
-----------------	----

CAPITULO V MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE**VELOCIDAD**

5.1 Características	44
5.2 Organización del modelo matemático	45
5.3 Conducto en golpe de ariete de onda	46
5.4 Turbina hidráulica	46
5.5 Servomotor	47
5.6 Regulador de Velocidad	49
5.7 La red eléctrica	51
5.8 Determinación de los parámetros PID	51
5.9 Características de la instalación	52
5.10 Diagrama de bloques	53

CAPITULO VI SISTEMA AUTOMATIZADO

6.1 Niveles de mando	54
6.2 Modos de control	54
6.3 Modos de operación de secuencias	55
6.4 Organigrama de funcionamiento	57
6.5 Secuencias de funcionamiento normal	58
6.6 Secuencias de seguridad	61

	VIII
6.7 Comandos manuales de operación y mantenimiento	61
 CAPITULO VII MONTAJE	
7.1 Esquema de cableado	69
7.2 Sistema de protección	70
7.3 Esquema de conexionado	74
 CAPITULO VIII ASPECTOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS	
8.1 Costos de inversión	76
8.2 Efectos técnicos y económicos sobre el sistema de generación	76
8.3 Cronograma valorizado para la ejecución	78
 CAPITULO IX PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD	
9.1 Operación de marcha en vacío	80
9.2 Operación de marcha con carga	82
9.3 Rechazo de carga	84
 CAPITULO X REPORTES DE OPERACIÓN	
10.1 Arranque de grupo hasta marcha en vacío	88
10.2 Arranque de grupo en automático hasta marcha en vacío	88
10.3 Proceso de disminución de potencia activa	88
 CONCLUSIONES	 99
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Centro de Producción Mantaro, desarrolla el planteamiento presentado por el Ing. Santiago Antúnez de Mayolo en el año 1945, para explotar el desnivel de 1000 m. producido en la primera de las dos curvas formadas por el río Mantaro en su discurrir a la cuenca del Amazonas. Ubicado en el departamento de Huancavelica, en la provincia de Tayacaja, a 160 Km de la Ciudad de Huancayo y 460 Km de la Ciudad de Lima, el Centro de Producción Mantaro es el más importante centro de generación hidroeléctrica del país.

El Centro de producción Mantaro está conformado por la represa de Tablachaca y dos centrales Hidroeléctricas construidas en cascada. Las aguas del río Mantaro son almacenadas en el embalse de Tablachaca que con una altura de 77 metros y una longitud de coronación de 180 metros, actualmente tiene una capacidad de almacenaje de 7,90 MMC. Dichas aguas son llevadas a la primera central a través de un túnel de 19.8 Km de longitud y 4.8 metros de diámetro y una tubería de presión de 1600 metros conformada por tres tubos de 2.6 a 3.3 metros de diámetro que producen una caída neta de 748 metros.

La primera central se denomina “**Santiago Antúnez de Mayolo**”, cuenta con 7 turbinas Pelton de eje vertical y 4 inyectores, las cuales generan una potencia de 114 MW cada una, totalizando una potencia instalada de 798 MW, fue construida en dos etapas, 1973 (Grupos generadores 1, 2 y 3) y 1979 (Grupos generadores 4, 5, 6 y 7) respectivamente.

La segunda, que toma las aguas turbinadas de la primera central, canalizándolas a través del puente tubo de 100 metros de longitud hacia un túnel de 800 m, aprovechando una caída neta de 257 m, se denomina “**C.H. Restitución**” cuenta con tres turbinas Pelton de eje vertical y seis inyectores, cada una de las cuales genera una potencia de 70 MW totalizando 210 MW de potencia instalada. Esta central construida en las montañas rocosas de la Cordillera de los Andes, es tele-comandada desde la sala de control principal de la Central Santiago Antúnez de Mayolo, y fue puesta en operación en 1984.

El Centro de Producción Mantaro con potencia instalada total de 1008 MW, suministra su energía desde la Subestación Campo Armiño al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional SEIN, a través de las líneas de transmisión hacia las subestaciones de Huayucachi, Pomacocha, Pachachaca, Huancavelica, Independencia, Cobriza y Transmantaro.

1.1 Antecedentes

La operación de estas dos centrales hidroeléctricas obedece a una programación horaria que proviene del COES (Comité de Operación Económica del Sistema). Entre la Cordillera de los Andes y Ceja de Selva Peruana se encuentran las Centrales Hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo denominado Central SAM con 7 unidades de 114 MW y Restitución denominado Central RON con 3 unidades de 70 MW que operan en cascada y forman el llamado Complejo Hidroenergético del Mantaro. Los 7 grupos de SAM fueron puestos en servicio en 2 etapas entre 1973 y 1980 y los 3 grupos de RON entre los años 1984 y 1985. Con la segunda etapa del proyecto se instala el primer sistema de supervisión y control denominado BECOS 03 que permitió que la subestación Campo Armiño sea supervisada y comandada analógicamente a distancia

desde la sala de control de SAM. Con la puesta en servicio de la central RON el sistema BECOS 03 amplía su cobertura para la operación a distancia de sus grupos generadores y servicios auxiliares, consolidándose de esta manera la filosofía de operación, control y supervisión a distancia.

En el año 1992 se instala el primer sistema digitalizado de supervisión y control denominado MICROBECOS 32, este sistema a través de dos estaciones de trabajo con monitores de PC instalados en la sala de control SAM y sus unidades remotas (RTU), en su primera etapa involucra a los grupos generadores 1, 2 y 3 de las centrales SAM y RON y sub-estación Campo Armiño, de esta manera se ingresa a una nueva forma de operación con sistemas digitales.

Posteriormente en razón de la imposibilidad de ampliar la supervisión y control a los 4 grupos restantes de la central SAM, por razones de carácter técnico y encontrándose el sistema MicroBecos 32 en su fase terminal de vida útil, se determinó a base de una evaluación técnica-económica la necesidad de cambiar dicho sistema por otro con tecnología avanzada y ampliar su cobertura a gran parte de la instalación del Centro de Producción Mantaro.

Por otro lado, los grupos generadores del Centro de producción Mantaro cuentan entre 18 a 28 años de operación continuada, conservando aun su confiabilidad y disponibilidad a pesar de mantener sus componentes de origen, sin embargo, el adelanto y desarrollo tecnológico hacen que los sistemas antiguos se tornen obsoletos y en algunos de los casos sus repuestos ya no se producen en el mercado mundial, otra de las razones que motivaron la innovación del sistema en mención y otros complementarios.

Esta modernización en su primera etapa comprende la implementación de un nuevo de sistema de supervisión y control, sistema digital de protección de generador y

transformador y sistema digital de regulación de velocidad, con la instalación de estos nuevos sistemas, se contará con sistemas versátiles de supervisión, control, análisis y diagnóstico posibilitando la toma de acciones rápidas y precisas durante la operación y mantenimiento de las instalaciones, asimismo la simplificación y eliminación de muchos tableros y cables eléctricos, y reducción de su frecuencia de mantenimiento.

1.2 Objetivo

El presente trabajo tiene por objetivo hacer la transferencia de conocimiento a mi alma mater sobre la nueva tecnología que se viene implementando en la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo con respecto al nuevo sistema digital de regulación de velocidad Neyrpic SLG – tecnología Francesa dentro de los cuales comprende la descripción de los nuevos componentes, modos de operación del nuevo regulador, pruebas previas a su operación y reportes en su operación comercial luego de su modernización. Además complementar con lo relacionado a la nueva supervisión y control de dicha central hidroeléctrica. Por otro lado esta tecnología punta ya se tiene implementado tales como en las Centrales Hidroeléctricas de Machupichu, San Gabán y próximamente en la Central de Yuncan el mismo que se encuentra en proceso de construcción de obras civiles por lo que es necesario el conocimiento de la nueva era que esta viviendo nuestro Sistema Interconectado Nacional.

1.3 Alcance

Con la finalidad de seguir garantizando el cumplimiento de los objetivos y metas en ELECTROPERÚ S.A. se implementará un nuevo sistema de supervisión y control considerando las últimas tecnologías probadas de sistemas SCADAS y digitales integrados de supervisión y control de centrales hidroeléctricas incluyendo los requerimientos funcionales más apropiados, así como una estructura jerárquica que

cumpla con la filosofía de operación del Sistema Interconectado Nacional. Para lo cual se contrata a ABB ALSTOM POWER HYDRAULIQUE S.A. (APH) quien suministrará, pruebas en fabrica, embalaje, seguros, transporte, montaje y pruebas previas a la puesta en operación, puesta en operación, obras civiles, puesta en servicio, ingeniería de detalle, entrega de información técnica de los bienes requeridos, operación experimental, capacitación para la “MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RESTITUCIÓN”; y a LAHMEYER INTERNATIONAL GmbH de Alemania (LI) para la supervisión del proyecto. Para el presente trabajo sólo se considera el desarrollo de la lógica y automatismo para el funcionamiento del nuevo sistema de regulación de velocidad que se viene implementando en los grupos de primera y segunda etapa de la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo (Central Mantaro).

1.4 Situación actual de la central hidroeléctrica

Actualmente se tiene implementado esta nueva tecnología Francesa del sistema de regulación de velocidad en los grupos de la Central Hidroeléctrica SAM.

1.5 Planeamiento a la solución del problema

Dentro del contexto del sistema de regulación de velocidad, el sistema a cambiar es del tipo electromagnético con más de 22 años de funcionamiento, este tipo de reguladores fueron desarrollados entre los años 50 y 60 y distribuidos en el mundo hasta el año 1975.

Actualmente estos reguladores no han presentado problemas operativos a excepción de fallas de los diodos de la fuente de alimentación del variador de velocidad, limitador de apertura, retroalimentación del servomotor y transductor de los grupos de la segunda

etapa, estos diodos fueron reemplazados por convencionales y con resultados positivos. En cuanto al sistema de fuerza del regulador de velocidad se han observado problemas típicos de envejecimiento natural por vida útil de los siguientes componentes: bombas de tornillo de 5 litros/segundo de caudal y 20 Kg/cm² de presión, manómetros, presóstatos, indicadores de nivel de aceite, filtros, electrodistribuidores, motores vibradores y el transductor de bobina móvil, que en los últimos años fueron sustituidos en forma parcial. Razones de obsolescencia y frecuencias de mantenimiento con grupo parado (limpieza del transductor cada 3 meses) determinaron la necesidad del cambio que incluye el propio regulador de velocidad y todos los componentes del tanque acumulador de aceite según se describe a continuación:

- Desmontaje del tablero del regulador electromagnético.- El desmontaje del tablero electromagnético consta del retiro del tablero de control local ubicado en pie del generador donde se encuentran todos sus elementos electromagnéticos.
- Desmontaje de los componentes del tanque acumulador de aceite.- Se procede según la siguiente secuencia:
 - Vaciado del aceite lubricante del tanque
 - Desmontaje y retiro de los 2 motores eléctricos y sus respectivas bombas de aceite.
 - Desmontaje de los electrodistribuidores S20Q y S65
 - Desmontaje del manómetro de las bombas y presóstatos bombas, acumulador y circuito de fuerza.
 - Desmontaje del termómetro del aceite del tanque, de los dispositivos de medición del nivel del tanque y acumulador.
 - Desmontaje de los filtros magnéticos y de mallas.

- Desmontaje del transductor de bobina móvil y su motor vibrador
 - Desmontaje del dispositivo de sobrepresión.
 - Desmontaje del servomotor deflector para cambio de reten collarín y empaquetaduras.
 - Desmontaje de los sistemas de medición de la posición del servomotor e inyectores.
 - Montaje del tablero del regulador digital de velocidad.- Ubicación, fijación del tablero en sitio y la conexión en bornes de los cables de interconexión con el controlador y el tanque acumulador. En el interior del tablero son ubicados los módulos del regulador de velocidad digital Neyrpc SLG y frecuencia ADT 1000, y así mismo la central de temperatura Chessel.
 - El órgano de interfase con el circuito hidráulico es el actuador TR10 (antes transductor de bobina móvil), este equipo recibe un señal de corriente de 4 a 20 mA desde el regulador y este como consecuencia maniobra el pistón hidráulico conectado a la válvula de distribución, permitiendo de esta forma el desplazamiento del servomotor deflector.
 - El módulo de frecuencia ADT 1000 recibe la información proveniente del tacómetro a rueda dentada instalada en la parte superior del eje del grupo, procesa la señal y comunica al controlador del grupo los umbrales requeridos para el automatismo de arranque y parada del grupo.
- Montaje de componentes nuevos del tanque acumulador.- El frente de trabajo efectúa la adecuación e instalación de los nuevos componentes que reemplazan a los salientes según la secuencia siguiente:

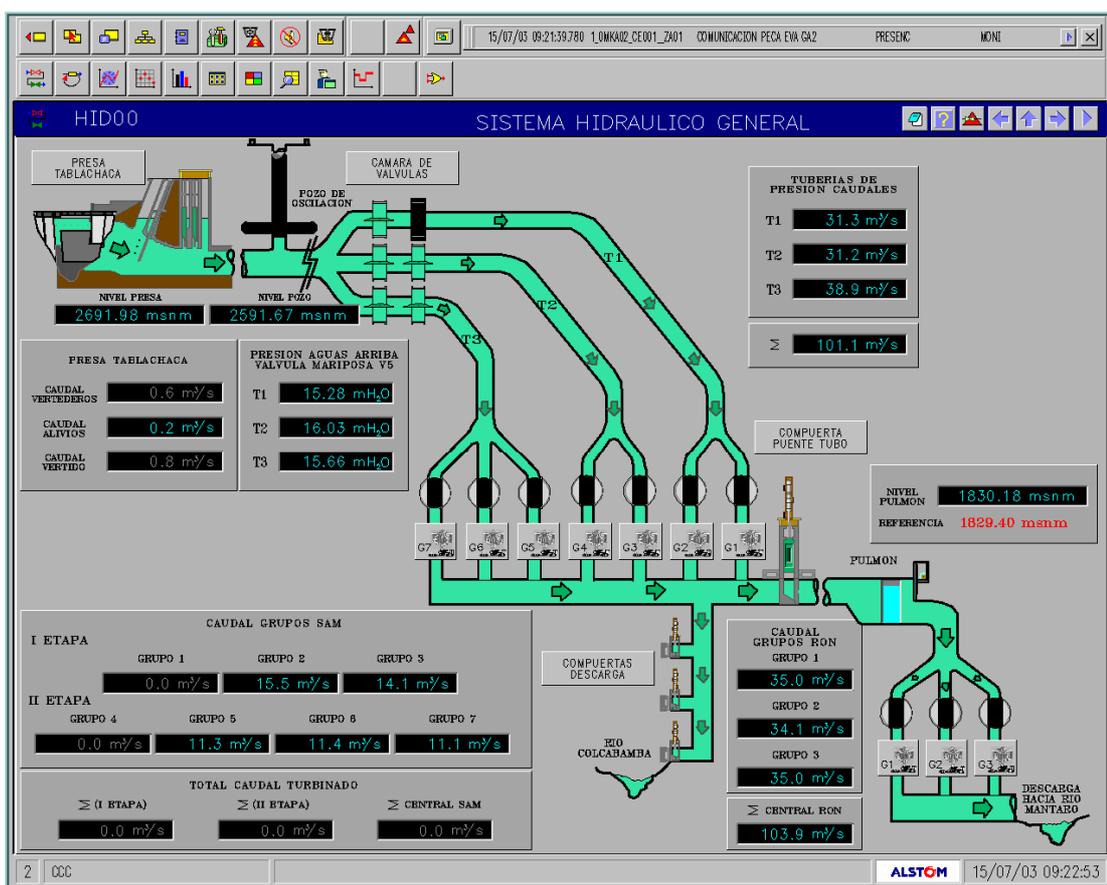
- Adecuación de la cimentación y de tuberías metálicas de conexión para el montaje externo de los 2 motores bombas con capacidad similar a los salientes, y finalmente su instalación y conexión eléctrica.
- Adecuación de las tuberías en el interior del tanque para la instalación de los nuevos electrodistribuidores, actuador TR10, filtros, presóstatos, termómetro y otros, para luego completar con la instalación de dichos componentes.
- Adecuación e instalación de los indicadores magnéticos de nivel para el tanque y acumulador.
- Adecuación e instalación de los nuevos dispositivos de sobrepresión en el acumulador.
- Cableado y conexión eléctrica de los componentes.
- Adecuación e instalación de los nuevos transductores de posición del servomotor deflector y de los inyectores.

En el Anexo 1.1 del capítulo 1 se muestra las dimensiones, descripción y disposición de los elementos del sistema eléctrico y fuerza del nuevo sistema de regulación de velocidad.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA CENTRAL Y SU INTERCONEXIÓN CON EL SEIN

A continuación se describe los diversos subsistemas que conforman el Centro de Producción Mantaro y su interconexión con el SEIN. En el gráfico 2.1 se presenta el diagrama hidráulico general.



ESQUEMA HIDRÁULICO GENERAL
CENTRO DE PRODUCCIÓN MANTARO

Figura 2.1

De la figura 2.1 se muestra la alimentación del recurso hídrico desde la Presa Tablachaca hasta la alimentación en cascada de la C.H. Restitución.

2.1 Hidrología

El recurso hídrico manejado para la generación de electricidad es utilizado a partir de la cuenca del Mantaro el cual nace a las orillas del Lago Junín con una extensión de 18,775 Km² de regulación anual y volumen útil de 491 Mm³ el que cuenta con una regulación de $27,32 \leq Caudal \leq 1274$ m³/seg.

2.2 Embalse Presa Tablachaca

La represa que cuenta con una altura de 77 metros, 180 metros de longitud, capacidad de embalse de 7,9 Mm³ además cuenta con 4 vertederos y 4 aliviós que sirven para regular el nivel de embalse en caso de crecida del aporte de caudal. Esta presa es de regulación semanal.

La alimentación a la Central Hidroeléctrica se da a través de un túnel de aducción a pelo libre 4,8 metros de diámetro, longitud de 19,8 Km y una capacidad de conducción de 100 m³/seg. Además en el trayecto hacia la cámara de válvula se cuenta con un pozo de oscilación y cámara de expansión de 1 534 m³ de capacidad, que sirve para amortiguar sobrepresiones en el conducto forzado.

2.3 Cámara de Válvulas

Consta de 3 válvulas tipo mariposa los cuales son maniobrados con mando electromecánico y oleodinámico respectivamente los cuales son instalados en cada una de las tres tuberías de presión, el cierre de emergencia puede ser realizado desde la sala de control de la central Mantaro.

2.4 Tuberías de presión

A partir de la cámara de válvulas, el túnel de aducción se subdivide en 3 tuberías de presión los cuales alimentan a la Central Mantaro según se visualiza en el gráfico 2.1.

2.5 C.H Santiago Antúnez de Mayolo – SAM

La central hidroeléctrica consta de 7 grupos de 114 MW de potencia nominal cada uno, los cuales están clasificados en grupos de I etapa (grupos 1, 2 y 3) y II

etapa (grupos 4, 5, 6 y 7) los cuales aprovechan un salto neto de 850 metros. A continuación describiremos brevemente lo siguiente:

- Turbina: La turbina, de cada generador, esta constituida por una rueda del tipo pelton de eje vertical diseñados para una potencia nominal de 114 MW, 4 inyectores para un aprovechamiento máximo de 16 m³/seg y dos contrachorros.
- Servicios auxiliares: Los servicios auxiliares de la central son suministrados por los transformadores auxiliares TA1, TA2 a los que a su vez son alimentados por los grupos 1, 4 ó 3, 5 respectivamente según se muestra en el gráfico 2.5.1. Además como respaldo se cuenta con la alimentación de dos grupos auxiliares para el caso de recuperación de la central.

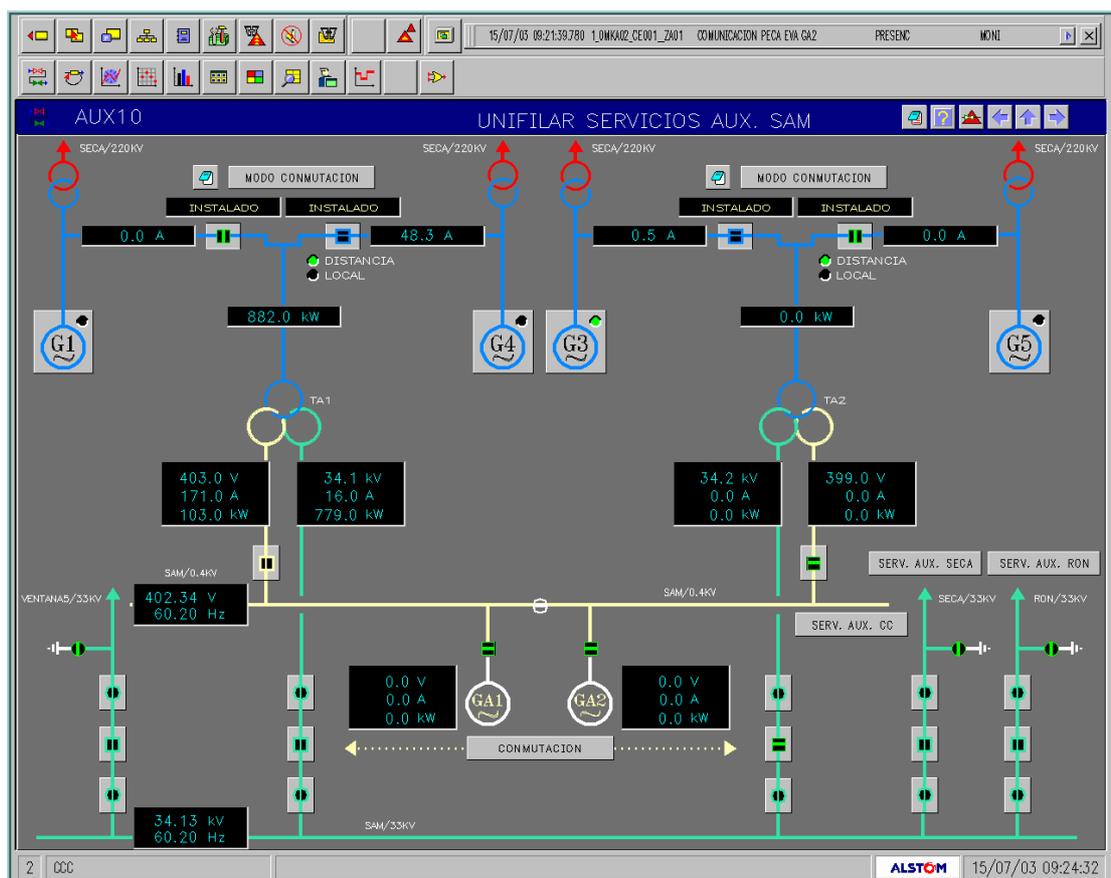


Figura 22 Servicios Auxiliares
CH. Santiago Antúnez de Mayolo

- Generadores: Los generadores han sido diseñados para una potencia nominal de 120 MVA, 60 Hz, 13.8 kV y un factor de potencia de 0,95.
- Banco de transformadores de potencia: Cada generador utiliza 3 transformadores monofasicos de relación de transformación 13,8/220 kV, para transmitir su potencia a la subestación Campo Armiño.
- Descarga de agua turbinada: El agua turbinada puede ser derivada en dos vías, hacia la C.H. Restitución a través de un puente tubo o hacia el Río Colcabamba a través de un trampolín.

2.6 Central Hidroeléctrica Restitución – RON

La central hidroeléctrica consta de 3 grupos de 82.5 MVA de potencia aparente nominal y 0,85 de factor de potencia cada uno, los cuales aprovechan un salto neto de 257 metros. La alimentación de los servicios auxiliares de la central esta dado según la Figura 2.3

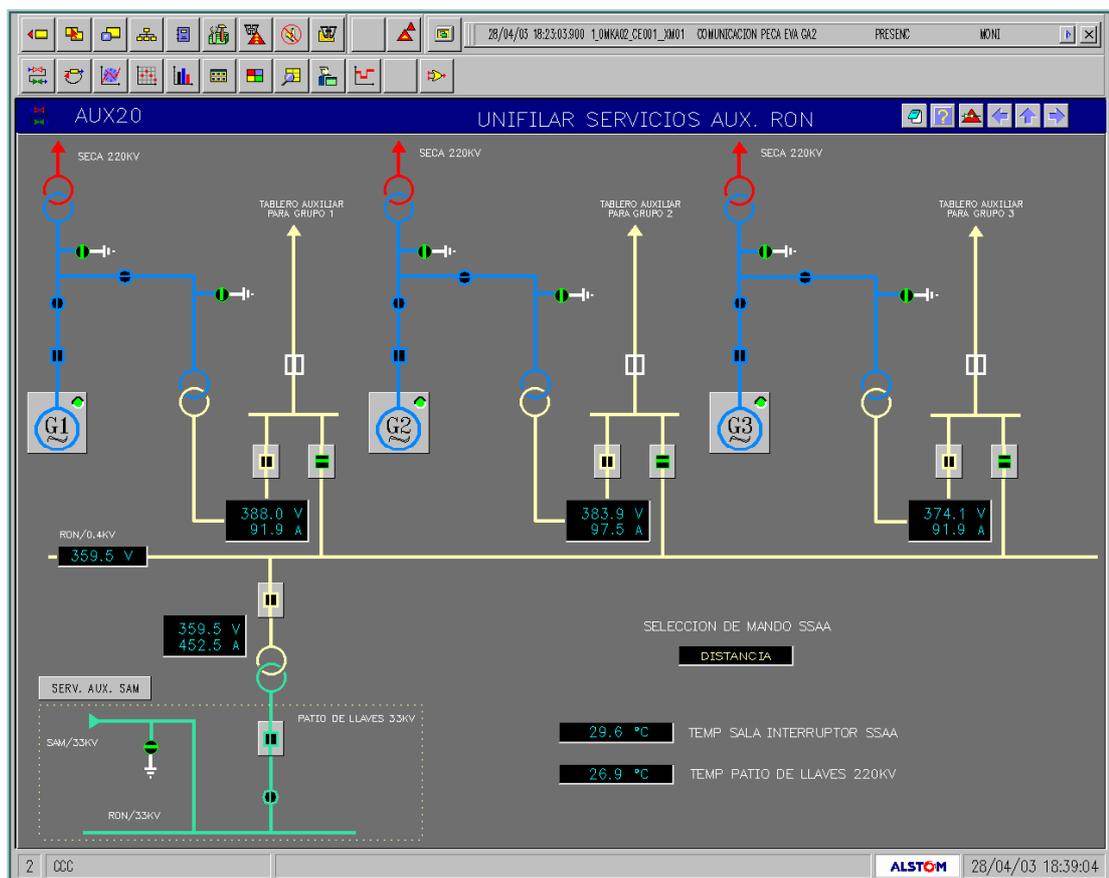


Figura 2.3 Servicios Auxiliares C.H. Restitución

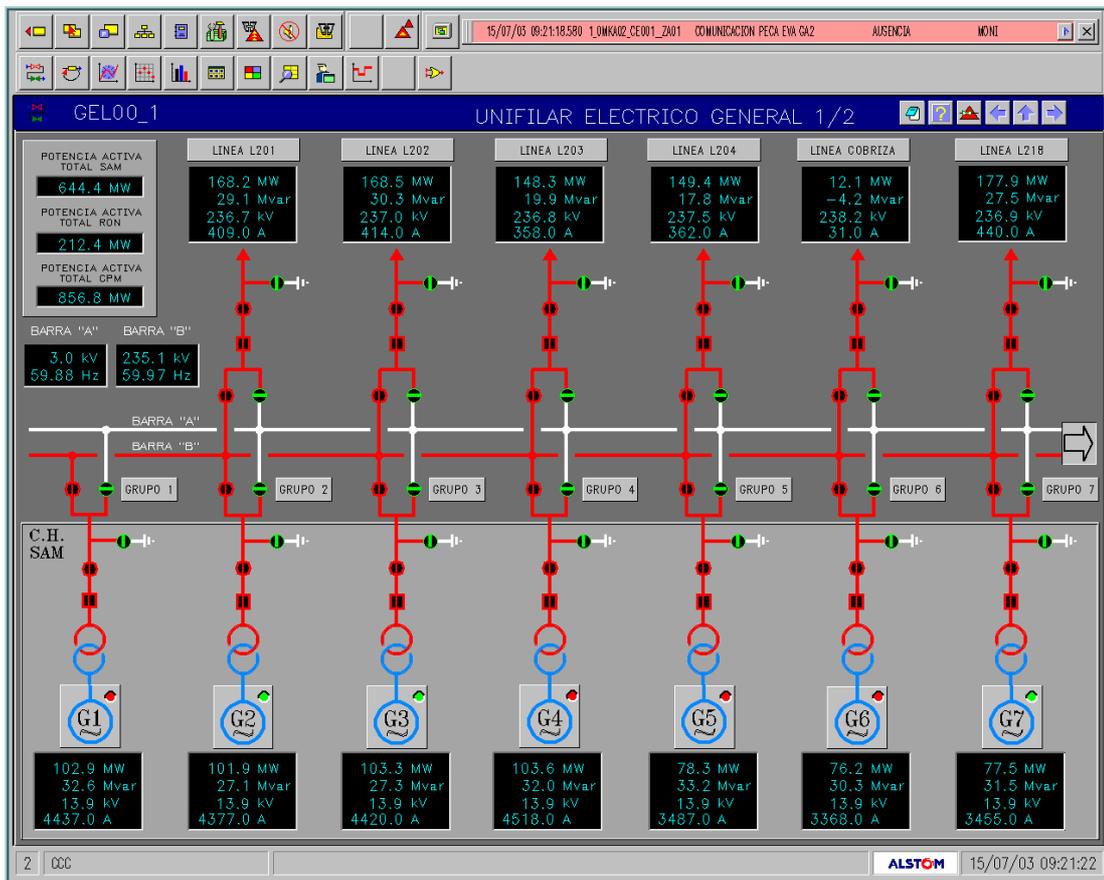


Figura 2.4 Subestación Campo Armiño

A continuación se describen brevemente, los subsistemas de la Central de Restitución:

- Bocatoma - puente tubo: Capta las aguas turbinadas de la C.H. SAM a través de una tubería metálica de 93 metros de longitud y 5,4 metros de diámetro, sobre el río Colcabamba y empalma con el túnel de aducción de 814 metros de longitud total.
- Pulmón: Al final del túnel con una capacidad de 25 000 m³ y una longitud de 275 metros. En caverna, revestido de concreto, con un vertedero lateral para las aguas en demasía, que salen al exterior a través de un túnel de 474 metros que empalma con el salto de Ski.
- Salto de ski: Restituye los excedentes al río Mantaro a través de un canal abierto, de concreto armado de fuerte pendiente con una longitud de 434 metros.

- Casa de maquinas: Ubicado en caverna revestida de concreto con acceso a través de un túnel de 145 metros y conectado con la caverna del Banco de Transformadores, donde se ubican los tres grupos principales (Turbina – Generador)
- Turbina: La turbina, de cada generador, esta constituida por una rueda del tipo pelton de eje vertical diseñados para una velocidad nominal de 200 rpm, 6 inyectores para un aprovechamiento máximo de 32 m³/seg y dos contrachorros.
- Banco de transformadores de potencia: Ubicados en caverna, cada generador utiliza 3 transformadores monofásicos de relación de transformación 13,8/220 kV, para transmitir su potencia a la subestación Campo Armiño.
- Túnel de descarga: Recolecta las aguas turbinadas de los 3 grupos de la Central Hidroeléctrica Restitución y la descarga al río Mantaro.

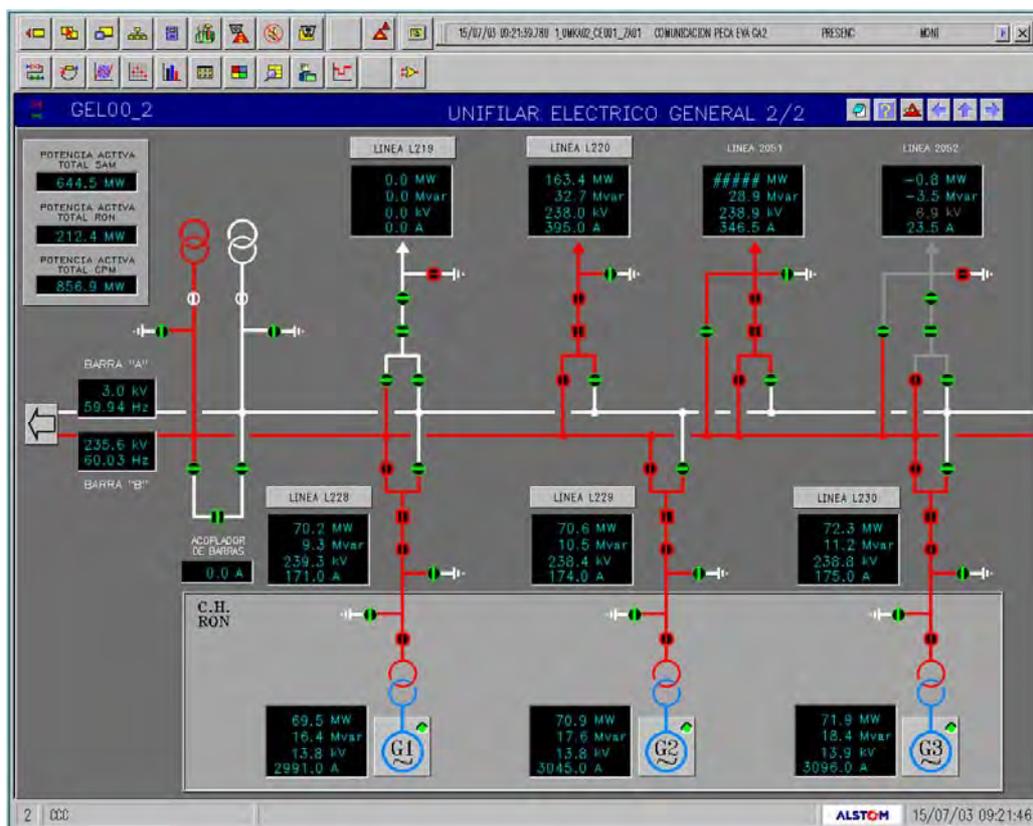


Figura 2.5 Subestación de la C.H. Restitución

2.7 Subestación Campo Armiño SECA

De nivel de tensión 220 kV a doble barra con una celda de acoplamiento, al cual convergen la generación de energía eléctrica de las Centrales Hidroeléctricas de Santiago Antúñez de Mayolo y Restitución según se muestran en los gráficos 2.7.1 y 2.7.2. Por otro lado, las ternas de salida corresponden a las líneas de transmisión que se conectan con la subestación Pomacocha (L-201, L-202), subestación Huancavelica (L-204), subestación Independencia (L-203), subestación Pachachaca (L-218, L-219), subestación Huayucachi (L-220), subestación Transmantaro (L-2051, L-2052) y subestación Cobriza.

2.8 Control de la operación en tiempo real

La generación de las centrales Mantaro y Restitución se realiza sobre la base del despacho de energía eléctrica, el cuál es obtenido por el modelo de muy corto plazo del despacho económico para el sistema nacional realizado por el COES, la regulación secundaria de frecuencia a solicitud del COES son realizados por el personal de turno de la central los cuales controlan teniendo en cuenta que la presión hidrostática del pozo de oscilación no debe de ser menor a 14 mH₂O. El caudal erogado por la Central Mantaro es utilizado para turbinar en la Central de Restitución.

CAPÍTULO III

LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD

En el siguiente capítulo se describirá el sistema de funcionamiento y constitución de la parte electromecánica.

3.1 Sistema oleodinámico

El circuito de fuerza de regulación se encarga de controlar las posiciones de los deflectores y de las agujas de los inyectores, recibiendo el mando desde el regulador digital SLG a través del actuador TR10, por medio del aceite de presión variable procedente del distribuidor principal.

El sistema oleodinámico en servicio está representado de acuerdo a los gráficos 3.1.1 al 3.1.5, donde sus componentes principales son 2 motor - bomba, 1 electrodistribuidor de seguridad de cierre del distribuidor principal BA, 1 electrodistribuidor de mando de la válvula aisladora del acumulador de regulación BB, 1 sistema de detección de nivel acumulador aire - aceite, 1 sistema de detección de nivel aceite del tanque, 1 accionador de mando de la válvula de distribución principal actuador TR10, 4 presostatos electrónicos, 1 sonda de temperatura de aceite del tanque HC, 1 captador de posición del distribuidor principal IA, 1 captador de posición del servomotor IB, 1 captador de posición por inyector ID, 1 contacto de fin de carrera de cierre servomotor CA1-1, 1 contacto fin de carrera apertura 100% servomotor CA2, 1 presostato de detección de parada EC, 3 captadores de proximidad asociados a la rueda dentada de detección de velocidad y parada IE, 2 filtros de aspiración, 1 sistema de filtro doble 25A, 1 manómetro para el circuito de regulación 72A, 1 termómetro para medir temperatura aceite del tanque 75A, 1 obstrucción de filtro doble PC.

El principio de funcionamiento se da, las bombas aspiran aceite de la caja de aceite a través de dos filtros y lo introducen en el colector de envío del tanque acumulador aire - aceite por medio de dos válvulas de retención. Sobre el colector está montado una válvula de seguridad con equilibrio regulable y un manómetro indicador de la presión del circuito de regulación.

Los presostatos EA y EB supervisan la presión del circuito motor - bomba AE1 y AE2. El tanque acumulador aire - aceite, constituye el pulmón de energía del grupo recibiendo aceite de las bombas y aire del compresor. El tanque acumulador aire - aceite, de una capacidad de 1000 litros aproximadamente, esta protegida contra el vaciado a través de una válvula de retención montada a la entrada del tanque y es controlada por un sensor de nivel magnético que posee contactos los que envían información al controlador para su lógica de automatismo, un presostato ED que señala si la presión en el tanque acumulador desciende bajo un mínimo prefijado.

Una válvula de inserción 20Q de maniobra frenada, con cierre automático por acción de un resorte y con abertura pilotada por el electrodistribuidor BB, introduce el aceite en presión de la caja de aire al circuito de regulación. El diafragma D1, ubicado en el circuito de mando de la válvula de inserción, disminuye la velocidad de abertura evitando sobrepresiones en el circuito de fuerza de la regulación.

La presión del aceite en el circuito de regulación esta señalado por el manómetro digital EE con indicación visual, con transmisión al controlador a través de una señal de 4 a 20 mA.

Aguas abajo de la válvula de inserción, el aceite en presión constante alimenta al actuador TR10, a la válvula de interceptación piloto HQ-S65 y su electroválvula de bloqueo – desbloqueo del regulador BA a través de un filtro magnético doble conmutable con posibilidad de limpiarlo con la turbina en servicio; directamente a la cámara inferior de presión constante de la válvula distribuidora principal, a la cámara del lado “cierre” del servomotor principal y los distribuidores de los grupos pilotos de las agujas.

Una válvula de distribución principal cuya cámara superior tiene una presión variable unívocamente determinada por el pistón piloto mandado directamente por el asta del actuador, ver anexo 3. La caja interior de la válvula distribuidora, que en cierre esta comprimido por un resorte y por la presión constante del aceite en la cámara inferior, toma una posición determinada solamente por la presión variable que obra en contraposición hacia la abertura, en la cámara superior. De tal manera, la caja de la válvula

distribuidora controla la presión variable que llega a la cámara por el lado “abre” del servomotor.

La cámara superior de la válvula distribuidora principal, se coloca en rápida descarga con cierre imperativo de la turbina, además por la válvula de interceptación iQ03 y también por la abertura de la válvula de interceptación iQ04, derivante de una disminución de presión del aceite en el circuito para el bloqueo del electrodistribuidor BB.

Entre la válvula de distribución principal y el servomotor principal se encuentra la válvula principal de interceptación y descarga iQ01. La válvula de interceptación iQ03 controla la cámara superior de la válvula de distribución principal, la válvula de interceptación iQ02 controla la cámara superior de la válvula principal de interceptación iQ01. Las dos válvulas iQ03 e iQ02 por falta de presión piloto de aceite a las mismas, es causada por la interceptación de la válvula HQ – S65 por acción del dispositivo centrifugo o por la interceptación del electrodistribuidor de bloqueo BA por intervención de las protecciones o por maniobra manual, ponen en descarga rápida las citadas cámaras superiores cerrando así la válvula de distribución principal y bloqueando toda la regulación independientemente de la posición del actuador TR10.

Un servomotor principal de aceite de doble efecto que recibe el aceite del distribuidor principal y manda, por medio del tirante y la palanca, a uno de los árboles siguientes. La cámara menor del servomotor se encarga de la desviación de los chorros y esta alimentada con aceite de presión constante, la cámara opuesta, que se encarga de la abertura, esta alimentada con aceite de presión variable procedente del regulador. 4 árboles de regulación cuyos movimientos angulares resultan iguales entre ellos por estar rígidamente fijados a la cadena mecánica superior formada por palancas y tirantes. Cada árbol transmite el movimiento directamente al deflector, por medio de la palanca permite el flujo del aceite al servomotor de las agujas.

Un serpentín de enfriamiento de circulación de agua, que sirve para enfriar el aceite contenido en el tanque. Un indicador de flujo 96WR se encarga de señalar la eventual falta de circulación de agua. Un compresor de aire que

sirve para el llenado del aire del grupo de bombeo al tanque acumulador aire – aceite.

3.2 Esquema eléctrico

En el presente capítulo describiremos el funcionamiento particular del regulador de velocidad estudiado para la Central de Mantaro. El regulador digital NEYRPIC SLG para su automatismo está previsto de entradas y salidas lógicas, entradas y salidas analógicas los que a continuación se describen:

- Entradas lógicas cableadas.- Todas las entradas lógicas están previstas de relés auxiliares los que sirven como información para el automatismo del regulador. Los cuales a continuación se describe:

- Orden de marcha del regulador (R0).- Autoriza el movimiento del órgano regulador bajo la dependencia del regulador de velocidad.
- Estado del interruptor de grupo 220 kV (R1).- Para la condición de marcha en vacío $R1=1$, las acciones sobre los relés R21 y R22 provocan una modificación de la consigna de velocidad del regulador. Para la condición marcha en red infinita $R1=0$, las acciones sobre los relés R21 y R22 provocan una modificación de la consigna de carga del regulador. Una transición $1 \Rightarrow 0$ de esta entrada provoca la reinicialización de la consigna de velocidad del regulador sobre su referencia interna (50Hz), y la memorización automática de la posición de marcha en vacío de la máquina. Una transición $0 \Rightarrow 1$ de esta entrada provoca la puesta a cero de la consigna de carga, y la limitación automática del grupo sobre su tope programable de limitación en marcha en vacío.
- Aumento consigna carga/frecuencia (R21).- De la condición velocidad marcha en vacío ($R1=1$), excursión programable hasta CF_VMAX, rampa de aceleración programable S2_TCF. De la condición marcha en red infinita ($R1=0$), excursión hasta +100% de carga, rampa de aceleración programable S1_TCF.
- Disminución Consigna Carga/Frecuencia (R22).- De la condición velocidad marcha en vacío ($R1=1$), excursión programable hasta CF_VMIN, rampa de

aceleración programable S2_TCF. De la condición marcha en red infinita (R1=0), excursión hasta -100% de carga, rampa de aceleración programable S1_TCF, por otro lado este comando es prioritario sobre el comando R21.

- **Estados de las entradas lógicas.-** Indicamos a continuación el estado de los relés fuera de transitorio:
 - D significa que el relé está disponible para su utilización por el automatismo.
 - L significa que su estado es libre, ya que no tiene ningún efecto sobre el regulador por consiguiente, su estado puede ser 0 ó 1.

Entrada	Parada	Marcha en vacío	Marcha en red	Marcha en manual
R0	0	1	1	1
R1	1	1	0	L
R21	0	D	D	L
R22	0	D	D	L

- **Salidas lógicas cableadas.-** Las salidas lógicas están previstas de relés auxiliares los que envían información al controlador para su lógica de automatismo. Los cuales a continuación se describen:
- Falla mayor del regulador de velocidad (R29=0).- La provocación de la activación de la señal falla mayor del regulador esta dado por las siguientes opciones:
 - Falla en el sistema interno del regulador Neyrpic SLG
 - Falla en el sistema de alimentación
 - Pérdida del captador de retroalimentación principal servomotor del órgano regulador
 - Pérdida de la señal de velocidad

Cuando aparece una de estas fallas, el regulador da orden de parada al grupo durante su tiempo de maniobra.
- Falla menor del regulador de velocidad R129=1.- Esta señal es provocada cuando existe una discordancia entre la consigna de posición del órgano

regulador y el retorno de retroalimentación o pérdida de comunicación del regulador y el controlador de grupo (comunicación Modbus), no tiene bloqueo de grupo, continúa en servicio. El código de la falla debe ser leído en el display del aparato y rearmado localmente con el pulsador situado en el módulo NEYRPIC SLG en falla.

- Umbral de velocidad.- Estos umbrales son utilizados por el controlador de grupo para sus secuencias. Su toma en cuenta abusiva puede provocar daños graves para la turbina; se deben confirmar estos umbrales mediante el valor de la teleindicación de velocidad procedente del módulo SLG (señal 4-20 mA).

Si el módulo de velocidad ADT1000 está en falla (R29-6), el conjunto de umbrales no deben ser tenidos en cuenta por el autómatas de Grupo.

La estabilidad de la regulación de potencia depende directamente de la dinámica del bucle de medición de la potencia. Por consiguiente, es necesario que la medida de potencia sea transmitida imperativamente al regulador SLG con un ciclo estable de duración entre 0.1 y 0.2 s. Al ser el autómatas de grupo el maestro en el enlace Modbus, éste debe asegurar el ciclo de medición con la rapidez necesaria.

En caso de detección de red aislada o de red débil (variación de la frecuencia de la red superior a la normal), el autómatas de grupo debe dar la información 99H=3. En los demás casos, la información por defecto es 99H=2.

31

REFERENCIA	SEÑAL	FUNCIÓN
E1	Impulsiones 0/15V	Velocidad medida en el eje de la máquina: Para NEYRPIC SLG
E2 & IE3	Impulsiones 0/15V	Frecuencia medida en el eje de la máquina: Para NEYRPIC ADT

Tabla 3.2 Relación de sensores de proximidad para detección de velocidad del generador

- Entrada frecuencia directa sobre el SLG.- En el eje del grupo se encuentra instalado una rueda dentada y acoplado a la carcasa del estator se encuentran instalados 3 sensores de proximidad (IE1, IE2, IE3) los cuales envían información para el automatismo de grupo. Ver tabla 3.2
- **Salidas analógicas cableadas.**- Esta información es procesada por el regulador digital y enviado al controlador de grupo.

REFERENCIA	SEÑAL	FUNCIÓN
V/G	- 20 mA	Indicación velocidad grupo.
LO	- 20 mA	Indicación limitador de apertura 0 al 100% de apertura servomotor)
DR1	- 20 mA	Indicación posición órgano regulador 0 al 100% de apertura distribuidor)

Tabla 3.3 Señales analógicas cableadas al regulador de velocidad

- **Funciones particulares.**- A continuación se muestra los diferentes procesos de operación del regulador digital:

Funcionamiento del consignador.- El regulador integra en su funcionamiento un consignador de carga/frecuencia. Con el grupo acoplado, la consigna de carga es una consigna de potencia activa. Ver gráfico 3.1.

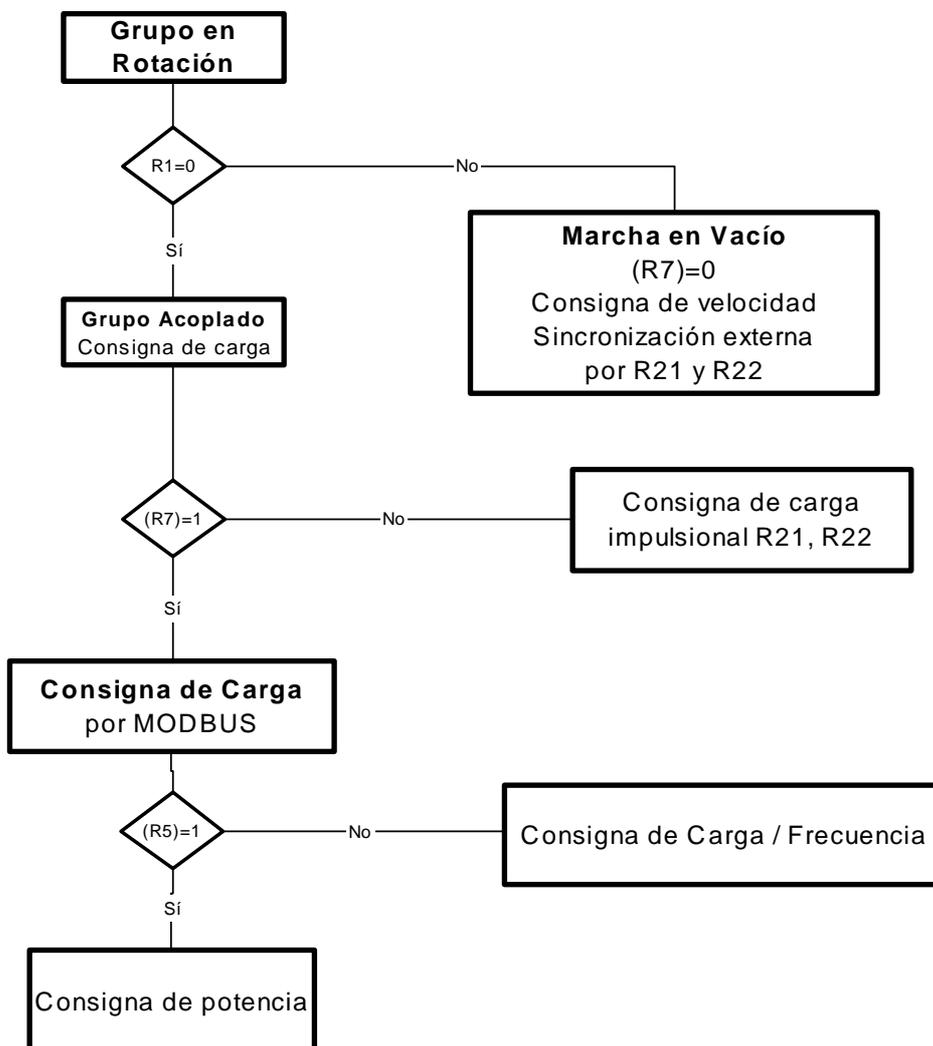


Figura 3.1 FUNCIONAMIENTO DEL CONSIGNADOR

La consigna es ajustable mediante impulsos de entrada más/menos, o tenida en cuenta en el regulador en forma de una señal MODBUS. Estos impulsos o esta señal Modbus son comprendidos de forma diferente por el regulador según el estado de sus relés de entrada.

Cuando la unidad esté en red aislada o en red interconectada, el principio de operación es el mismo, con la sola diferencia de que debe indicarse, antes de R1=0, a través de Modbus en la dirección 90H el tipo de red "Red Aislada". Esta variable seleccionará un juego de parámetros especiales para

la red aislada u otro para la red interconectada. Este juego de parámetros será efectivo cuando $R1=0$.

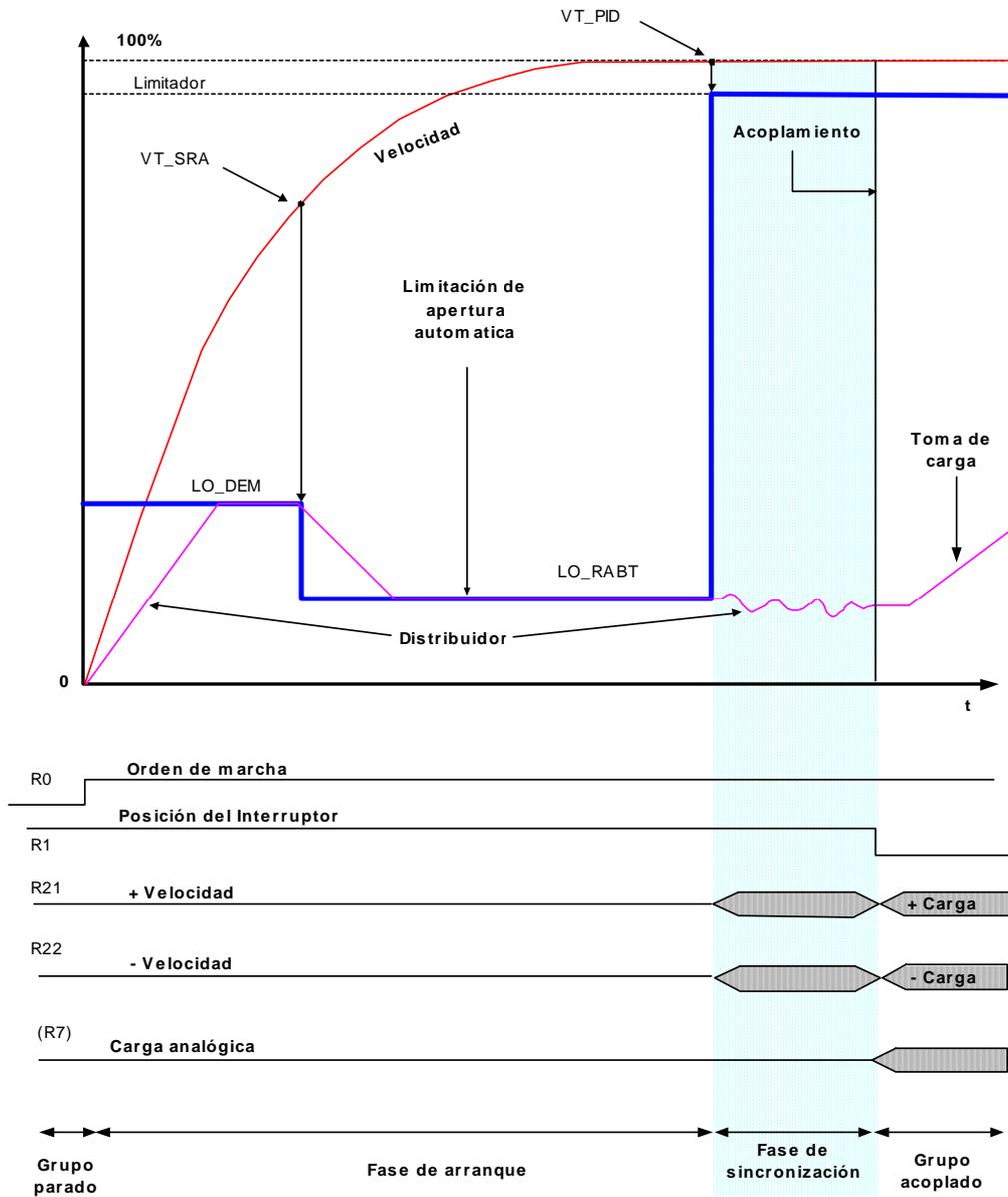


Fig. 3.2 arranque y sincronización de grupo

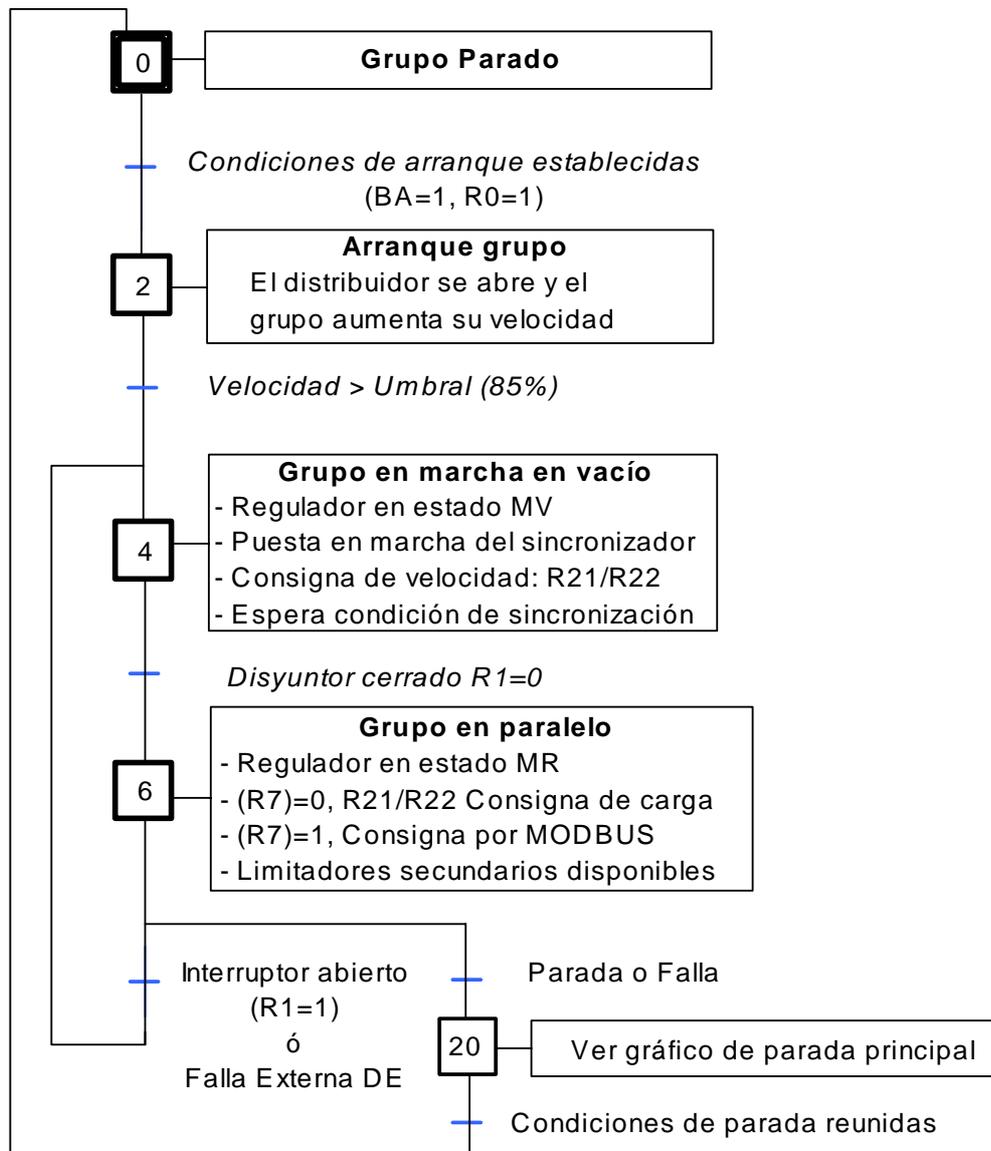


Figura 3.3 Puesta en servicio del regulador

Limitaciones de arranque.- El regulador ajusta automáticamente los valores de apertura del órgano regulador en función de la aceleración del grupo:

- Limitación de arranque que permite optimizar el tiempo de lanzamiento del grupo.

- Disminución de la limitación de arranque a una velocidad determinada, antes de la puesta en servicio de la regulación PID.
- Delimitación del limitador automático ante detección de un umbral de velocidad.

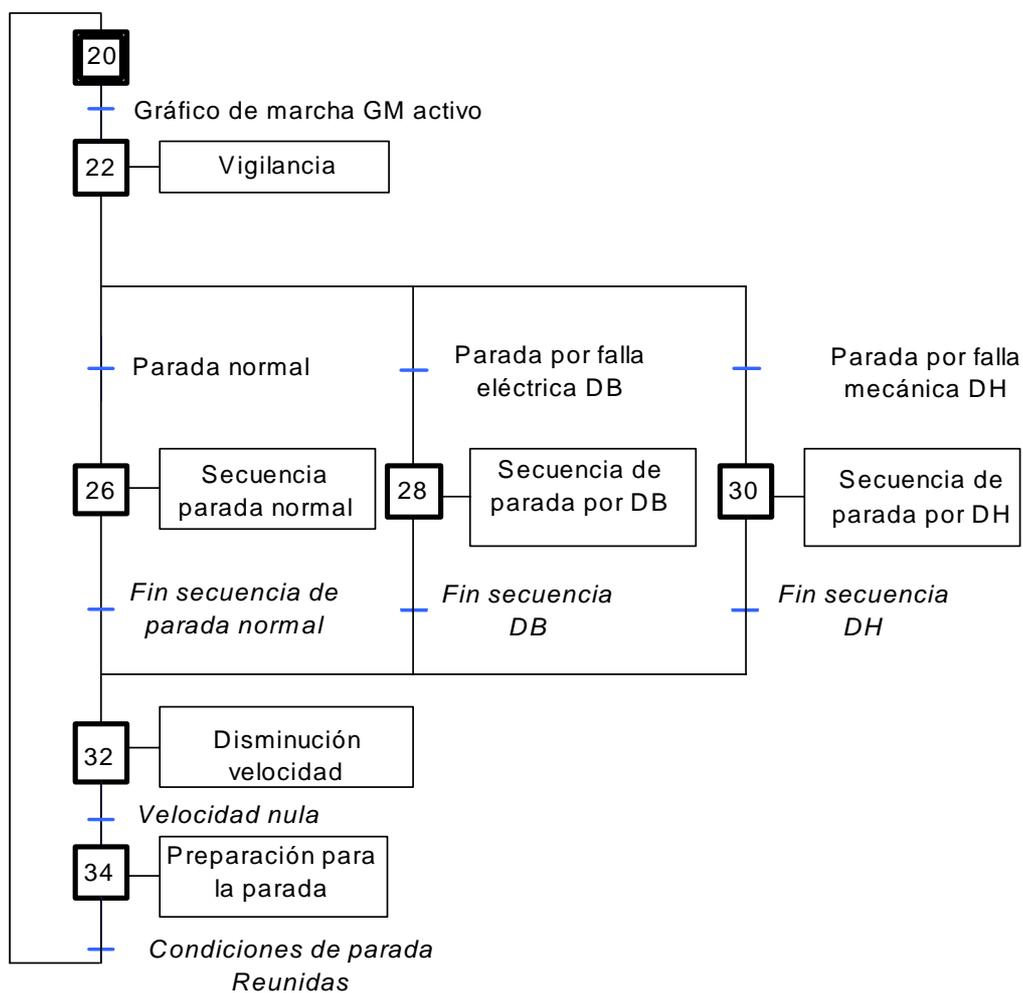


Figura 3.4 Puesta fuera de servicio del regulador

Los valores de limitación y los umbrales de velocidad son parametrables mediante el diálogo operador, ver gráfico 3.2

Puesta en servicio del regulador.- En el gráfico 3.2.3 se muestra el diagrama de bloques de la secuencia de arranque hasta la sincronización con el sistema interconectado.

Puesta fuera de servicio del regulador.- En el gráfico 3.2.4 se muestra el diagrama de bloques de la secuencia de parada de grupo para las condiciones de parada normal, parada por falla eléctrica con apertura inmediata del interruptor y cierre del órgano regulador y parada por falla mecánica donde el órgano regulador se cierra según su tiempo de cierre hidráulico mientras el interruptor permanece cerrado y es abierto cuando el órgano regulador alcanza su posición de marcha en vacío.

Secuencia lógica por parada mecánica.- En el gráfico 3.2.5 se muestra la secuencia de parada por falla mecánica se caracteriza por la parada rápida del grupo.

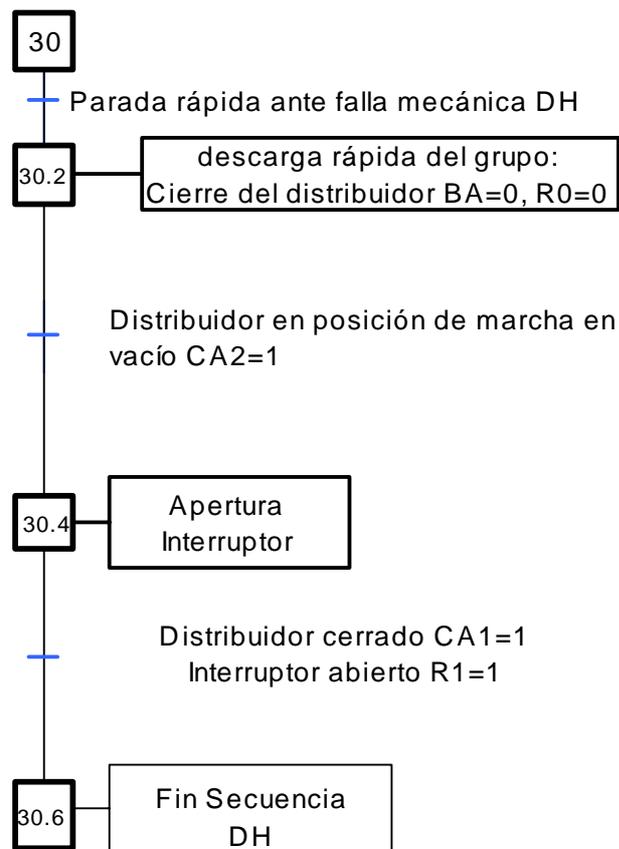


Figura 3.5 SECUENCIA LÓGICA POR PARADA MECÁNICA

Secuencia lógica por parada normal.- En la figura 3.6 se muestra la secuencia de parada normal donde el autómata de Grupo procede a la descarga del grupo llevando la consigna de Carga/Frecuencia a 0 mediante Modbus ($R7=1$) o en modo impulsional [$(R7)=0$, comando $R21=0$ y $R22=1$]. A continuación, emite una orden de apertura al interruptor de acoplamiento del grupo, y da una orden de parada al regulador ($BA=0$, $R0=0$).

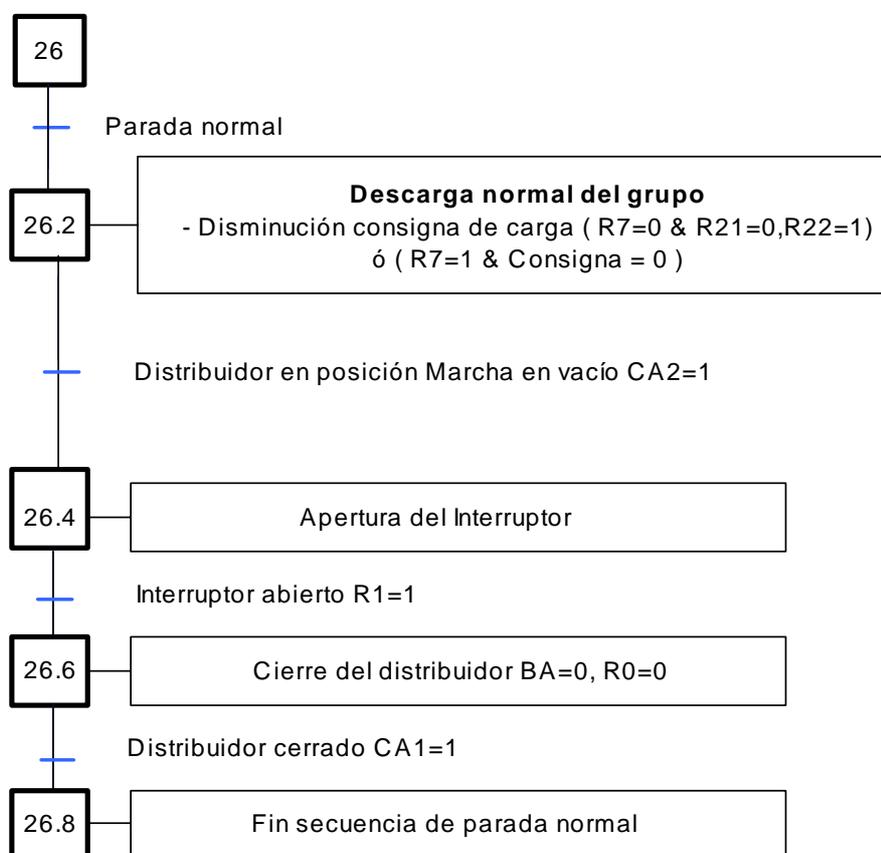


Figura 3.6 FRECUENCIA LÓGICA POR PARADA NORMAL

Secuencia lógica por parada de emergencia ante falla eléctrica.- En el gráfico 3.2.7 se muestra la parada de emergencia ante falla eléctrica (o cualquier otra falla que requiera la descarga instantánea del grupo), se caracteriza por la apertura inmediata del interruptor de grupo, y simultáneamente por una orden de parada al regulador ($BA=0$, $R0=0$).

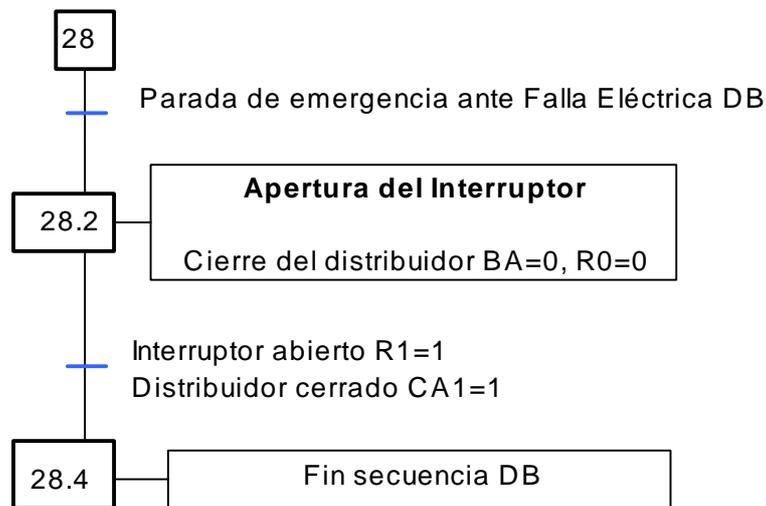


Figura 3.7 SECUENCIA LÓGICA POR FALLA ELÉCTRICA

Modos de limitación por potencia de grupo.- Para el control seguro y confiable de la operación del generador, el regulador de velocidad considera la limitación del órgano regulador bajo los siguientes modos:

Limitaciones secundarias del grupo.- Un valor de limitación puede ser memorizado en el regulador programando el valor apropiado de limitación sobre el parámetro interno LO_P.

Limitación por potenciómetro.- El limitador de apertura procedente del potenciómetro implantado en la platina del regulador está activo en todos los modos de funcionamiento.

Limitación por Modbus.- En modo “automático - distancia”, la limitación de abertura es dada por el medio de comunicación Modbus.

CAPITULO IV DESCRIPCIÓN COMPONENTES SISTEMA REGULACIÓN

A continuación se describe los diversos componentes que se utiliza para el sistema modernizado de regulación de velocidad:

4.1 Descripción

1.- Actuador TR10.- El actuador TR10 es un servo - distribuidor que permite transponer en continuo una señal de entrada eléctrica en una señal de salida hidráulica proporcional. En los esquemas hidráulicos, el actuador esta representado de la siguiente figura 4.1.



Figura 4,1 REPRESENTACIÓN EN ESQUEMAS HIDRÁULICOS DEL ACTUADOR TR10
Figura 4.1

Características

Los criterios muy específicos que han guiado su concepción son los siguientes:

- Funcionamiento 24/24 horas
- Larga duración con un mantenimiento limitado.

- Seguridad de cierre obtenida para una tendencia mecánica del actuador en caso de corte de alimentación de la bobina.
- Retroalimentación muy rápida para obtener una regulación de velocidad eficaz.

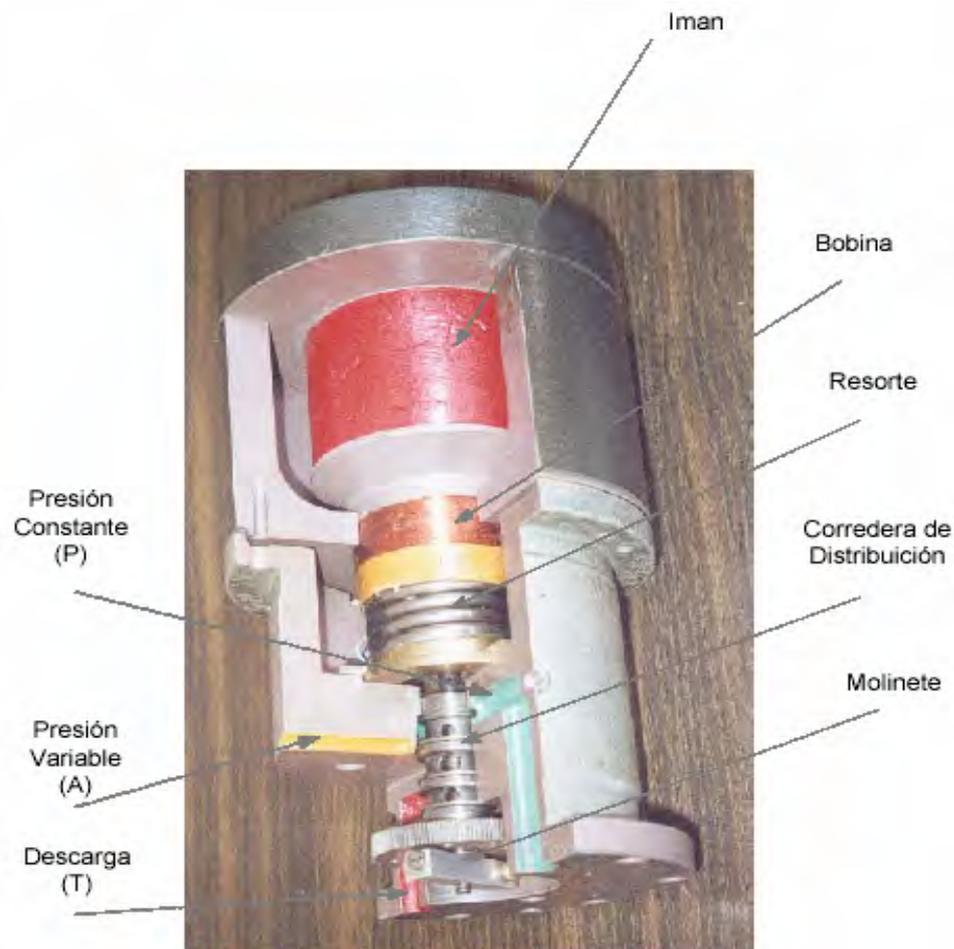
Elementos principales del actuador TR10:

- El motor electrodinámico está constituido por una bobina situada en un campo magnético constante, creado por un imán.
- La bobina acciona la corredera de distribución.
- El conjunto móvil (bobina + corredera de distribución) está soportado por un resorte.
- Para disminuir fricciones estáticas y el efecto de histéresis, la corredera de distribución está prevista en su parte inferior de un molinete hidráulico.

Características generales:

- Presión de utilización de 10 a 160 bar.
- Diámetro de la corredera de distribución 10 mm.
- Campo magnético 12,500 Gauss.
- Relación (Desplazamiento corredera) 2,15 mm/A.
- Intensidad máxima en la bobina 0,54 A.
- Resistencia de la bobina 26 ohmios.
- Fuga permanente del molinete hidráulico 1,6 dm³/min.
- Frecuencia propia del conjunto móvil 72 Hz.

En el gráfico 4.2 se muestra una vista de corte del actuador TR10, donde se indican las diversas partes del mismo.



ACTUADOR TR10
Figura 4.2

Principio de funcionamiento:

- En reposo.- En reposo, sin corriente eléctrica que atraviese la bobina, el conjunto móvil está centrado en equilibrio bajo la acción de su propio peso y del resorte. La tendencia hidráulica (generalmente en el sentido del cierre del órgano regulador) se obtiene mediante el ajuste de la posición de la camisa en el cuerpo del TR10.
- En servicio.- El regulador de velocidad electrónico envía al actuador una señal eléctrica. El sentido y la amplitud del desplazamiento del conjunto móvil dependen del sentido y de la intensidad de la señal eléctrica:

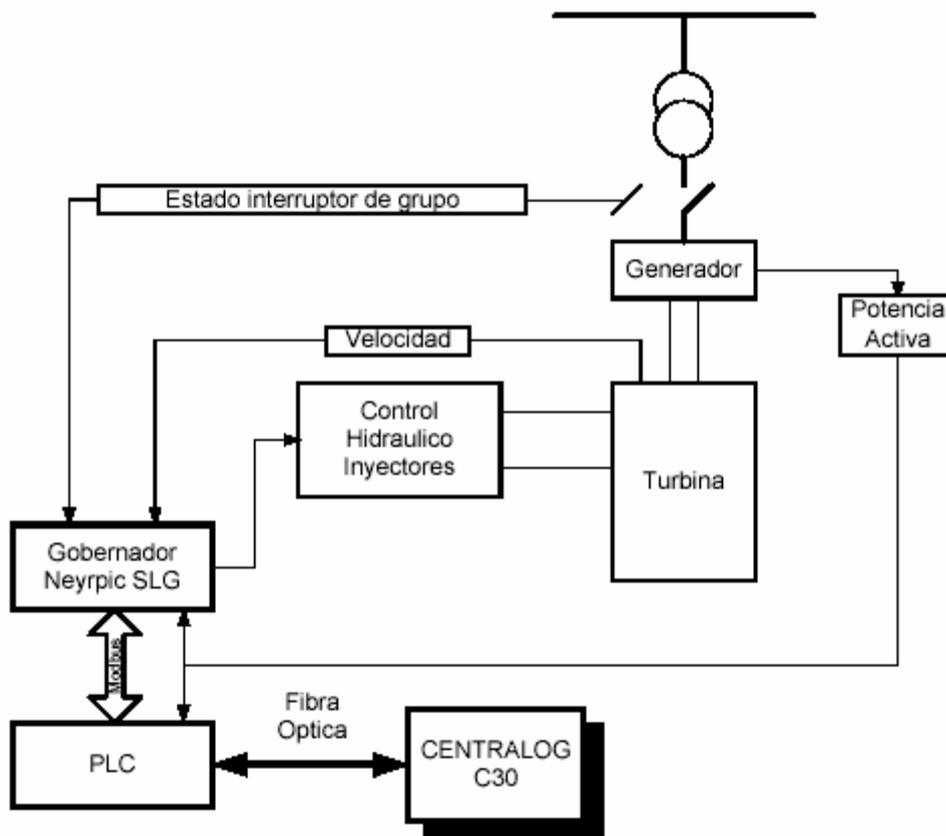
- Apertura: Este desplazamiento hacia arriba pone en comunicación los orificios P y A pilotando el distribuidor principal en el sentido apertura del órgano regulador.
 - Cierre: Este desplazamiento hacia abajo obstruye el orificio P y pone en comunicación la utilización de la descarga (T), pilotando el distribuidor principal en el sentido cierre del órgano regulador.
- 2.- Motobombas.- El funcionamiento del grupo de bombeo y acumulación de aceite es para acumular y controlar el aceite para las maniobras de la turbina. La presión media de funcionamiento del aceite es aproximadamente 20 bar, puesta la presión máxima posible de funcionamiento del grupo de bombeo de 26 bar.

El conjunto motor asíncrono trifásico cerrado con jaula de 21 Kw, 380 V corriente alterna, 60 Hertz, $\cos \phi = 0,87$ y la bomba de tipo tornillo de presión de servicio 20 bar con caudal nominal 5 dm³/s es para servicio continuo, funcionando una de respaldo de la otra, con inserción de socorro automática. En el gráfico 4.3 se muestra una fotografía de su ubicación en sitio.



Figura 4.3 Conjunto motor – bomba de bombeo y acumulador de aceite

- 3.- Gobernador SLG.- Es un gobernador de carga/velocidad diseñado para todo tipo de turbinas hidráulicas. La característica principal de este gobernador es que posee un sistema de comunicación por Modbus para el control y supervisión desde un PLC o SCADA. Ver gráfico 4.4



ESQUEMA REPRESENTATIVO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN DEL NEYRPIC SLG Y LOS DIFERENTES SUBSISTEMAS
Figura 4.4

Descripción funcional.- El gobernador Neypic SLG está provisto con un software de programación de alto nivel y estructurado en módulos de control que garantizan la confiabilidad de su operación en tiempo real:

- Modulo de control acelerotaquimétrico.- Este modulo funcional es usado para medir la velocidad de rotación del rotor, ajustar la insensibilidad tacométrica, calcular la variación entre la velocidad nominal y la velocidad de grupo (cuando esta en sincronismo) y calcular la acción derivada (Td, Kd).
 - Modulo de control apertura/potencia.- Este modulo funcional es usado para calcular el factor de corrección proporcional/integral (Kp, Ti), calcular el estatismo permanente (bp) y la toma en cuenta de la no linealidad en condiciones de operación con perturbaciones.
 - Modulo de control posicionador.- Este modulo funcional es usado para el lazo de retroalimentación al circuito de control PID, considera el efecto DITHER para eliminar la histéresis de la fricción del actuador.
 - Modulo de control limitador.- Este modulo funcional es usado para la limitación de potencia (la potencia medida es enviada a través del enlace serial).
- 4.- Electro distribuidor BB y BA.- El sistema oleodinámico considera la inclusión de dos electro distribuidores para el interbloqueo y protección del sistema de fuerza:
- Electro distribuidor BB.- El electro distribuidor BB, es de mando directo accionada por dos solenoides con alimentación de 220 Vcc, dependiendo del accionamiento de las bobinas, permite fluir el aceite bajo presión o enviarlo hacia el puerto de descarga (tanque). Desenergizando el electro distribuidor permite al resorte desplazar a la bobina hacia el centro aislando la entrada de la salida. El pasador manual al final de los tubos solenoides permite la operación manual de las bobinas localmente. Su función es de controlar el paso de presión de aceite hacia el circuito de mando hacia el distribuidor principal y servomotor principalmente.

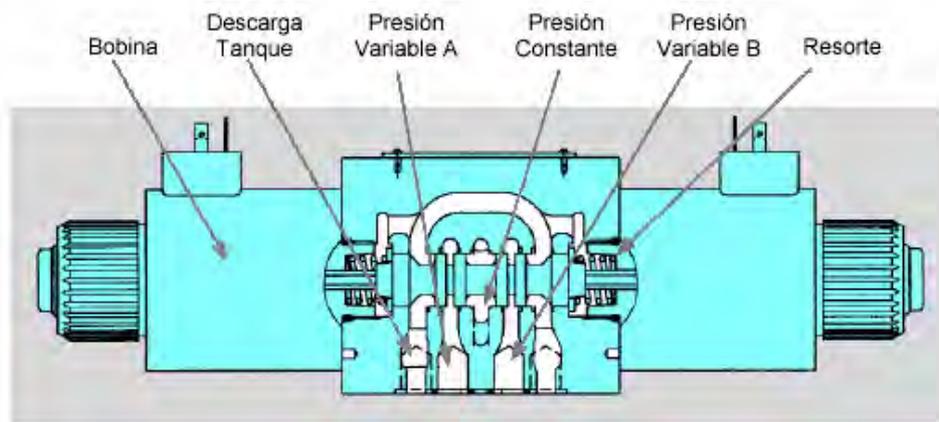
Características generales

- Rango de temperatura de trabajo de -20 a +50 °C
- Presión de operación (P, A, B) hasta 315 bar
- Presión permisible en el tanque (T) hasta 210 bar
- Flujo máximo hasta 140 l/min
- Rango de viscosidad de 10 a 650 cst.

- Rango de temperatura del fluido de -18 a +80 °C.
- Fuente de alimentación 220 Vdc.

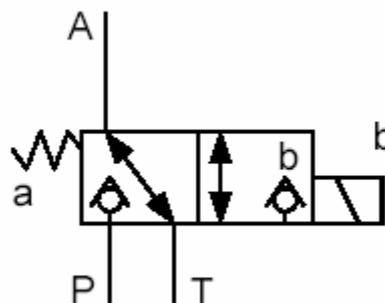
Elementos principales:

En el gráfico 4.5 se muestra los distintos componentes del electrodistribuidor BB:



ELECTRODISTRIBUIDOR BB
Figura 4.5

- Electro distribuidor BA.- El electro distribuidor BA es de mando directo accionada por un solenoide de alimentación de 220 Vcc. Controla el arranque, parada y sentido de circulación de un fluido. En los esquemas hidráulicos, esta representado según la figura 4.6.
Su función principal es de bloquear el circuito de presión aceite de mando ante una orden desde el PLC, de este modo ocasionando el cierre intempestivo del servomotor.



REPRESENTACIÓN EN ESQUEMAS HIDRÁULICOS DEL ELECTRODISTRIBUIDOR BA
Figura 4.6

Características generales:

- Rango de temperatura de trabajo de -30 a +50 °C
- Presión de operación (P, A, B) hasta 350 bar
- Presión permisible en el tanque (T) hasta 350 bar
- Flujo máximo hasta 40 l/min
- Rango de viscosidad de 2.8 a 500 mm²/s
- Rango de temperatura del fluido de -30 a +80 °C.
- Fuente de alimentación 220 Vdc.

5.- Presostatos digitales.- En el automatismo del sistema de regulación de velocidad, el sistema oleodinámico requiere de 4 presostatos electrónicos, para el proyecto de la modernización de la Central Mantaro considera al equipo de operación continua Electronic Pressure Switch con alimentación 220 Vdc que envía una señal análoga de 4 a 20 mA hacia el controlador además de poseer 4 contactos auxiliares que sirve para la lógica de operación del generador. En la figura 4.7 se muestra la instalación del presostato digital.



PRESOSTATOS DIGITALES PARA LA MEDICIÓN DE PRESIÓN DE ACEITE
Figura 4.7

Funciones de cada presostato:

- Presostato electrónico de mando del grupo motobomba de regulación prioritario AE1.
- Presostato electrónico de mando del grupo motobomba de regulación no prioritario AE2.
- Presostato electrónico de detección de presión normal en el acumulador de regulación.
- Presostato electrónico de detección de presión estable en el circuito de mando regulación.

6.- Indicador de nivel magnético.- El sensor de nivel magnético tipo 810 tiene por finalidad enviar la información del nivel de aceite hacia el controlador para considerarlo dentro de la lógica de automatismo y protección. Dicho sensor es accionado por el campo magnético de un imán dentro de un flotador, el circuito eléctrico es equivalente a un potenciómetro de tres cables. En la figura 4.8 se muestra la instalación de los sensores magnéticos de nivel.

De forma correspondiente con la posición del flotador en el interior del indicador magnético los contactos son accionados de acuerdo con el campo magnético. Estos van tanteando la cadena de resistencias del potenciómetro sin interrupción.

Por tanto, la señal es discontinua y proporcional al nivel del líquido en el interior del tubo indicador. El sistema de regulación de velocidad considera dos sensores de nivel aceite:

1. Un sensor de nivel para el tanque acumulador aire - aceite, que posee 9 contactos para el automatismo:

NO : Contacto de reserva

ND : Nivel demasiado alto en el acumulador de regulación

DA : Detección de alto nivel aceite en el acumulador de regulación

DC : Detección de nivel aceite suficiente en el acumulador de regulación

DB : Detección de nivel de aceite estable en el acumulador de regulación

DD : Detección de nivel aceite insuficiente en el acumulador de regulación.

NA : Bajo nivel primera etapa en el acumulador sistema de regulación

NB : Bajo nivel en el acumulador sistema de regulación segundo estadio

NC : Nivel demasiado bajo en el acumulador del sistema de regulación

2. Un sensor de nivel para el tanque de aceite, que posee 2 contactos para el automatismo:

NE : Alto nivel en el tanque de aceite

NF : Bajo nivel en el tanque de aceite



VISTA DE LOS SENSORES DE NIVEL DEL TANQUE Y ACUMULADOR
Figura 4.8

7.- Sensor de temperatura.- Para el presente proyecto el sistema oleodinámico posee dos formas de censar la temperatura. Estos son necesarios para poder monitorear la temperatura del aceite del tanque el cual nos dará la información para su respectivo mantenimiento: Ver Fig. 4.9

- Termómetro local.- Con rango de medición 0 a 100 °C con precisión DIN 16085: 1,6 y grado de protección IP65.
- Sensor digital.- Del tipo PT100 con rango de medición de 0 a 150 °C y transmisión de datos de 4 a 20 mA cuya función es de enviar hacia el PLC la medida de temperatura del aceite del tanque regulador.



Figura 4.9
Termómetro local para medición de temperatura de aceite del tanque

- 7.- Sensor de posición distribuidor principal.- El sistema de detección de posición del distribuidor principal esta dado a través de un con captador de proximidad inductivo con tensión de alimentación 24 Vdc encargada de elaborar una señal eléctrica, constituida por una corriente de 4 a 20 mA, proporcional a una posición de 0 a 100%, que es transmitida hacia el regulador electrónico NEYRPIC SLG para el automatismo de operación del generador. En la figura 4.10 se muestra la vista de planta del distribuidor principal en proceso de montaje.



Figura 4.10 VISTA DE PLANTA DE LA VÁLVULA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

8.- Sistemas afines.- Los sistemas afines que a continuación se mencionan son necesarios para la elaboración del automatismo del regulador electrónico NEYRPIC SLG.

- Captador posición servomotor.- La caja de retroalimentación IB elabora una señal eléctrica, constituida por una corriente de 4 a 20 mA, proporcional a una posición de 0 a 100%. En la figura 4.11 se muestra la instalación del sensor de posición del servomotor.



Figura 4.11
VISTA DE LA INSTALACIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN SERVOMOTOR

La caja de retroalimentación con captador de proximidad inductivo de tensión de alimentación de 24 Vdc, ha sido diseñado para indicar el bucle de retorno al regulador electrónico de velocidad la posición del servomotor de mando del órgano regulador de la turbina hidráulica. Las longitudes de la palanca y de biela son personalizadas en función del recorrido del servomotor, para obtener una rotación del eje de 90° entre las posiciones de abertura y cierre.

Tensiones y corrientes emitidas por el captador:

Posición Servomotor	Rotación eje En grados	Entrehierro en mm	Conexión 2 hilos 4 - 20 mA
Cerrado	0	0.7	5.0 mA (1,25 V)
1/2 recorrido	45	2.7	10.8 mA (2,7 V)
Abierto	90	4.7	16,4 mA (4,1 V)

Tabla 4.1 Valores de rotación y entrehierro para posiciones del servomotor

- Captador de velocidad eje rotor.- El sistema de detección de velocidad esta compuesto por una rueda dentada y tres captadores de proximidad inductivo (IE1, IE2, IE3) que se encargan de captar, medir y transmitir la información al regulador de velocidad (1 captador) y a la cadena tacometrica ADT 1000 (2 captadores), esta rueda dentada se ubica en la parte superior del eje tal como se muestra en la figura 4.12.



RUEDA DENTADA ACOPLADA AL EJE DEL ROTOR Y TRES SENSORES DE PROXIMIDAD
Figura 4.12

- Captador de posición inyectores.- El sistema de detección de posición de los inyectores (4) esta compuesto por captadores de proximidad inductivo (ID1, ID2, ID3, ID4) para cada inyector que se encargan de captar, medir y transmitir la información hacia el PLC.



Figura 4.13

**Sistema de captación de posición
de los inyectores**

CAPITULO V

MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

5.1 Características

El regulador NEYRPIC tiene funciones distintas según el modo de operación de la unidad:

- **Marcha en vacío:** Arranca la unidad y la estabiliza cerca de la velocidad nominal para permitir el proceso de sincronización.
- **En red aislada:** Adapta la potencia producida a la potencia consumida en forma de mantener la frecuencia de la red,
- **Conectado a un sistema eléctrico de potencia:** participa en la estabilidad primaria de ésta, ajusta la potencia producida a una consigna externa (consigna de potencia o de apertura), y queda listo para estabilizar la frecuencia en caso de paso a red aislada.

Los modos de operación anteriores necesitan juegos de parámetros distintos en marcha en vacío y con la unidad en sincronismo, puesto que el comportamiento dinámico del conducto depende en gran proporción del caudal.

En marcha en vacío, el juego de parámetros es determinado por el operador quien efectúa ensayos sucesivos al efecto de conseguir una rápida sincronización.

En red aislada, sería también posible determinar el juego de parámetros óptimos de modo manual, pero no es siempre posible funcionar en red aislada en el momento deseado. Por tal motivo, estos parámetros se determinan por medio del programa de simulación GRAMHY.

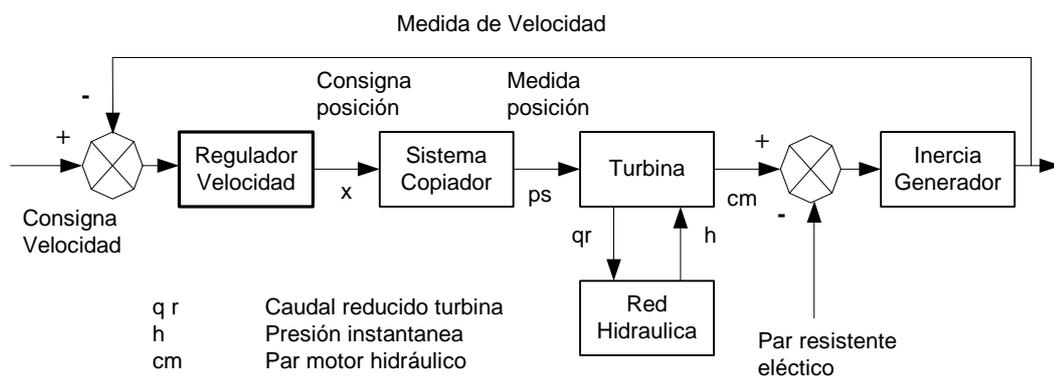
El software de simulación GRAMHY modela una turbina hidráulica que alimenta una red aislada. El modelamiento toma en cuenta:

- El golpe de ariete de onda en el conducto forzado.
- La turbina hidráulica, función de sus curvas características caudal - velocidad - presión.
- El servomotor con retroalimentación de posición (sistema copiador). Las velocidades límites (o tiempos de accionamiento) en gran movimiento están modeladas.
- El regulador de velocidad
- La red eléctrica, con un coeficiente de autorregulación que puede variar entre 0 y 1

5.2 Organización del modelo matemático

En el gráfico N° 5.2.1 indica la organización del lazo de simulación. Los parámetros PID de la regulación de velocidad son determinados por el programa en un modelo de turbina simplificado deducido del modelo completo. La regulación se define con una garantía del margen de ganancia y de fase.

El modelo completo permite verificar la estabilidad del sistema de regulación de velocidad durante variaciones de carga de fuerte amplitud.



CIRCUITO DE CONTROL CON RETROALIMENTACIÓN DE VELOCIDAD DE GRUPO

Figura 5.

5.3 Conducto en golpe de ariete de onda

El conducto se reduce a un conducto rectilíneo de sección constante. De otra parte, se admite que cada turbina es alimentada por un conducto especial. Respecto a la primera hipótesis, es posible determinar un conducto rectilíneo equivalente a un conducto de sección variable, desde el punto de vista de la dinámica de la columna de agua. Sea por ejemplo un conducto cónico de longitud L , con sección de entrada S_1 y sección de salida S_2 . La relación "L/S equivalente" de esta tubería es:

$$\left(\frac{L}{S}\right)_{eq} = \frac{L}{\sqrt{S_1 \cdot S_2}}$$

La relación L/S de un conducto completo se define como la suma de las L/S de cada tramo identificable. Respecto a las cajas espirales, Neypric dispone de valores estadísticos en función del diámetro de salida del rodete. En el caso frecuente de instalación de varias unidades en un mismo conducto, se demuestra que el caso más desfavorable ocurre cuando todas las unidades funcionan simultáneamente en una misma red aislada, pudiendo considerarse que cada unidad es alimentada por su columna de agua específica y determinándose cada sección de conducto a prorrata de la potencia de cada unidad.

5.4 Turbina hidráulica

Desde el punto de vista hidráulico, la turbina actúa como una válvula, definida por su reducido caudal:

$$\frac{Q}{\sqrt{H}}$$

Siendo Q el caudal turbinado y H el salto.

La hipótesis más sencilla consiste en suponer que el caudal reducido es función solamente de la posición de los álabes móviles. No obstante, procede tomar también en cuenta las sobrepresiones, sobrevelocidades, así como la deconjugación palas álabes móviles para las turbinas Kaplan o bulbo, o el coeficiente de corte de los deflectores para una turbina Pelton. El rendimiento hidráulico es también función del caudal, de la presión y de la

velocidad. El software GRAMHY interpola en cada instante de cálculo en tablas de datos que contienen las curvas características (colina) de la turbina. Esta "colina" puede entrarse manualmente o determinarse automáticamente por el programa a partir de datos estadísticos.

5.5 Servomotor

Un servomotor con retroalimentación de posición y controlado por una o dos válvulas de regulación se denomina un "sistema copiador, pues su finalidad es de obedecer a una consigna de posición externa. Tal sistema copiador tiene un comportamiento no lineal.

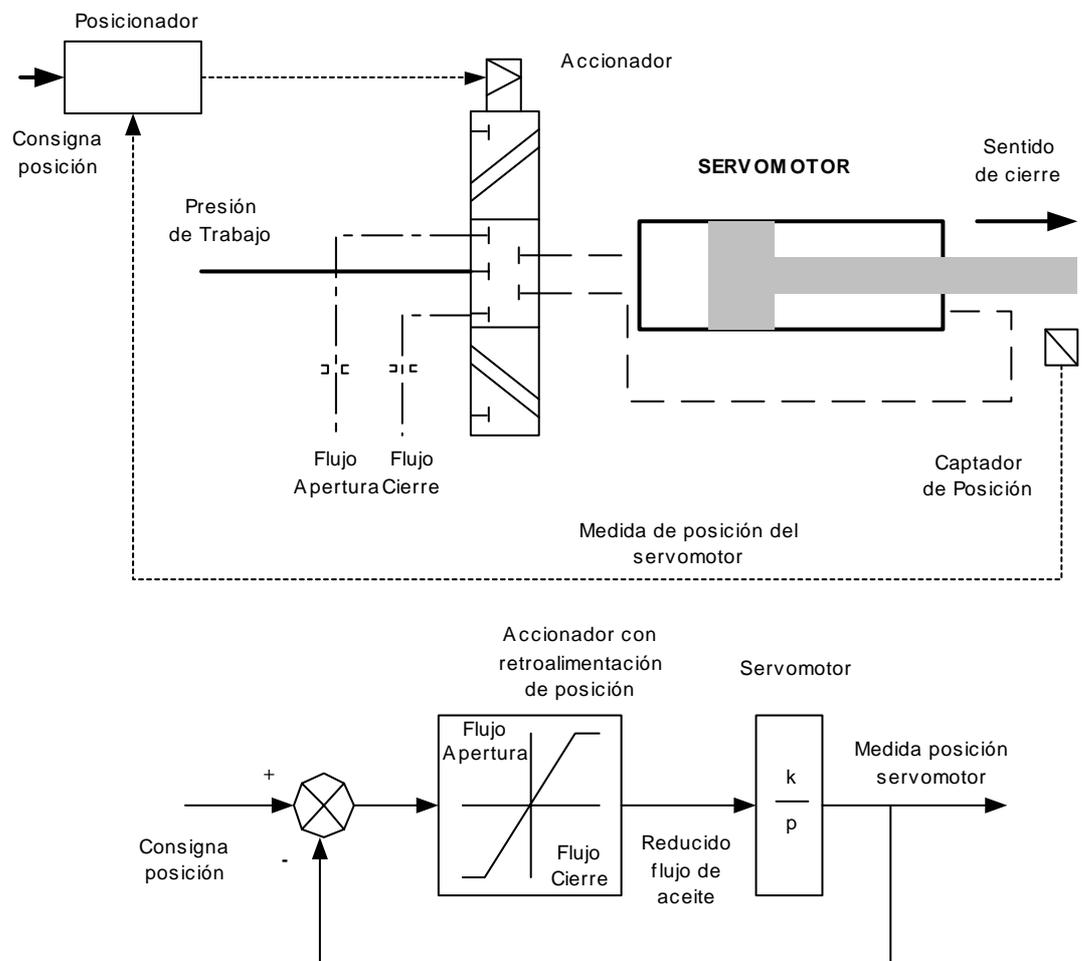


Figura 5.2 MODELAMIENTO PARA UN ACCIONADOR TIPO ED

Con pequeños movimientos alrededor de una posición de equilibrio, el caudal enviado al servomotor varía de modo bastante lineal con la posición

de las correderas de distribución. El sistema copiador puede por tanto asimilarse a un sistema pasa bajo del primer o del segundo orden según que el servomotor sea controlado directamente por el accionador o a través de una válvula de amplificación controlada hidráulicamente. En un movimiento amplio, el flujo de aceite queda limitado por diafragmas, lo cual define tiempos de accionamiento para la apertura y el cierre.

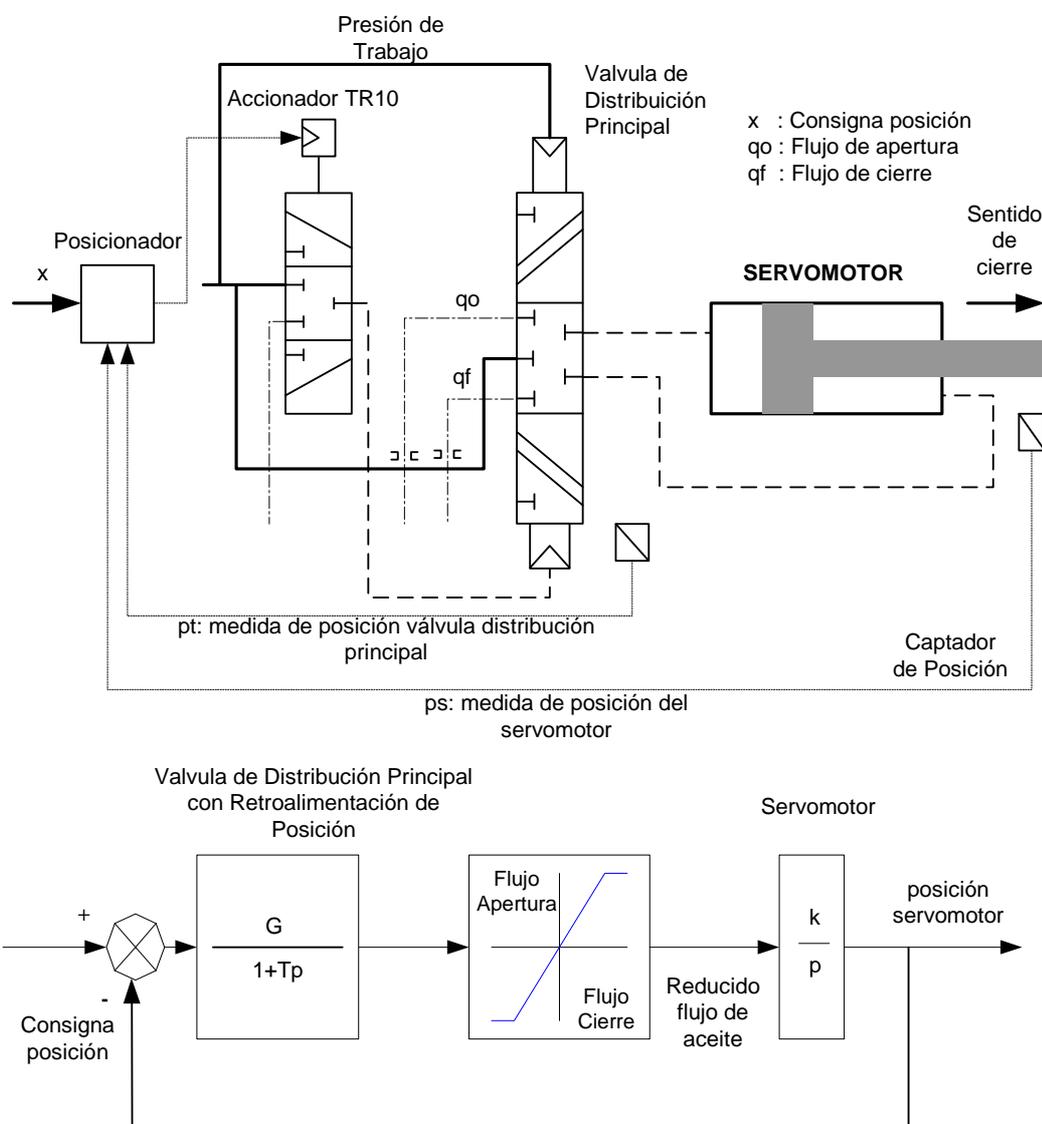


Figura 5.3 Modelamiento del accionador tipo TRIO

Una confusión frecuente consiste en asimilar la banda pasante del sistema copiador, o "constante de tiempo" y los tiempos de accionamiento para la

apertura y el cierre. Al ser la banda pasante f de alrededor de una unidad Hertz, la constante de tiempo T de un sistema copiador es de alrededor de 0,2 segundos ($T = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot f$), mientras que los tiempos de accionamiento sobrepasan a menudo los 10 segundos.

El modelamiento CETOP de este conjunto es representado en el software GRAMHY a través del gráfico N° 5.5.1 donde se muestra un servomotor controlado por un accionador del tipo ED.

El esquema CETOP mostrado en el gráfico 5.5.2 representa un servomotor controlado por un accionador del tipo TR.

5.6 Regulador de velocidad

El regulador de velocidad Neyrpic SLG considera circuitos de control para estados transitorios y en estado estable. A continuación se detalla la regulación dinámica y regulación estática.

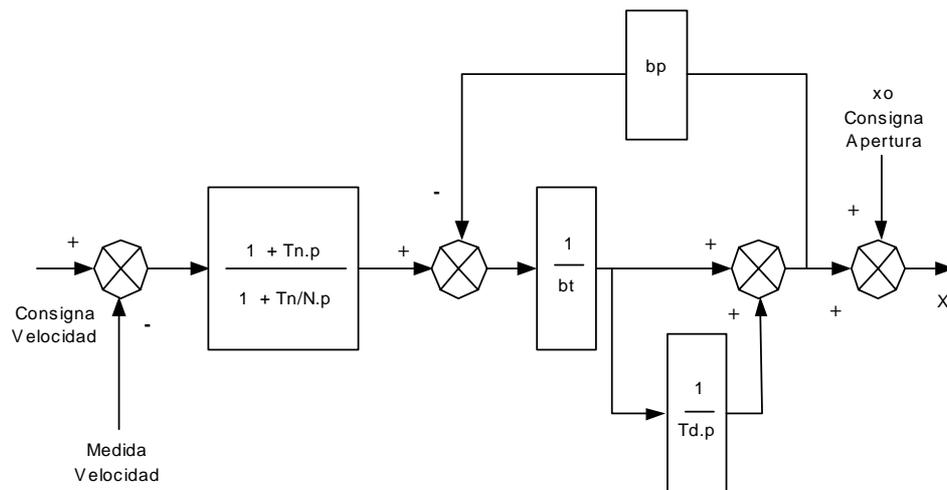


Figura 5.4 Regulación dinámica

Donde:

T_n	Constante derivada
p	Variable de Laplace
b_t	Estatismo transitorio
T_d	Constante integral
b_p	Estatismo permanente
X	Consigna de posición hacia el sistema copiador.
N	Ganancia del derivador

5.6.1 Regulación dinámica

El esquema funcional del regulador de velocidad cuando el interruptor está cerrado, se compone esencialmente de un bloque Proporcional Derivado y de un bloque Proporcional Integral, tal como se indica en la gráfico 5.6.1. T_n , T_d y b_t son determinados por el programa GRAMHY, N es un valor fijo que debe ser el mayor posible para obtener una acción derivada eficaz. En nuestros reguladores actuales, y tomando en cuenta en particular la calidad de la medida de velocidad, se utiliza frecuentemente un valor $N=10$.

5.6.2 Regulación estática

El parámetro b_p no tiene ninguna función en los regímenes transitorios. En régimen permanente, tiene una función importante en servicio con varias máquinas. Según el esquema funcional, tenemos la relación:

$$b_p(X - X_0) = C - \Omega$$

Donde X_0 es la consigna de apertura, C es la consigna de velocidad, b_p estatismo permanente y Ω es la medida de la velocidad respectivamente. Si la red es muy grande, la unidad no tiene incidencia sobre la frecuencia de la red. Si el valor del estatismo permanente es el mismo para todas las máquinas de la red (4% por ejemplo), la simple lectura de la frecuencia de la red indica la misma la potencia total consumida en el instante presente.

En una red pequeña con varias máquinas, b_p permite hacer participar más o menos la unidad considerada en la estabilidad de la red, si b_p es pequeño, la unidad reacciona con fuerza a una desviación de frecuencia. Si b_p es grande, la unidad obedece sobre todo a su consigna de carga.

5.7 La red eléctrica

La red eléctrica está representada por un coeficiente de autorregulación que puede variar de modo continuo entre 0 y 1. Si la autorregulación es nula, se supone que la red está a potencia eléctrica constante. Este es el caso de una red constituida únicamente por resistencias. Tal situación es desestabilizante ya que el par eléctrico disminuye al aumentar la velocidad de la unidad.

Si $A=1$, el par eléctrico es independiente de la frecuencia y la potencia crece con la velocidad de la unidad. Salvo especificación en contrario, el cálculo de estabilidad se efectúa con un coeficiente de autorregulación cero.

5.8 Determinación de los parámetros PID

El software GRAMHY dispone de dos métodos de cálculo de los parámetros PID. La optimización de los parámetros es un método paso a paso tendiente a mejorar la respuesta temporal del lazo de regulación a un pequeño escalón de potencia en red aislada. El criterio de calidad de la respuesta es:

$$I = \int_0^{\infty} \left[(C - \Omega)^2 + m \cdot \left(\frac{\partial x}{\partial t} \right)^2 \right] dt$$

m es un coeficiente de ponderación que permite afectar un margen a la regulación optimizada. El software GRAMHY determina el triplete (T_n , T_d y b_t) que minimiza I , por un algoritmo de programación no lineal. El segundo método utiliza una función de transferencia de la turbina, deducida del modelo completo y que utiliza las constantes T_a , T_w y R :

El tiempo de arranque hidráulico es:

$$T_a = \frac{J \cdot \Omega^2}{W}$$

J inercia MR2, W potencia máxima, Ω velocidad de rotación.

El tiempo de arranque hidráulico es:

$$T_w = \frac{QL}{gHS}$$

Q caudal máximo, L longitud del conducto equivalente, g aceleración de la gravedad, H salto, S sección del conducto equivalente.

El parámetro de Alievi es:

$$R = \frac{Qa}{2gHS}$$

Aceleridad de las ondas en el conducto equivalente.

Si R es superior a 1, el agua en el conducto se comporta más bien en golpe de ariete de masa. Si R es inferior a 1, el agua se comporta en golpe de ariete de onda. La determinación de la regulación se hace en el campo frecuencial (plano de Nyquist), en forma de garantizar la estabilidad del lazo cerrado con márgenes de ganancia y de fase especificadas. Este método es el más utilizado. La regulación obtenida por cualquier método se introduce seguidamente en el modo completo al efecto de controlar la estabilidad en grandes movimientos. El modelo completo trata siempre el caso general del golpe de ariete de onda.

5.9 Características de la instalación

La central Mantaro esta equipada con 7 turbinas del tipo PELTON. Los datos necesarios para el calculo de estabilidad se recogen en la tabla a continuación. La tercera columna indica la procedencia de los datos:

Tabla 5.1 Datos para análisis de estabilidad dinámica

Salto Nominal (m)	850	1
Potencia Nominal (Mw)	120	1
Velocidad de rotación (rpm)	450	1
Inercia turbina y generador MR^2 (T.m ²)	450	1
Tiempo de apertura de los alabes móviles (segundos)	62	1
Tiempo de cierre de los alabes móviles (segundos)	62	1
Longitud del conducto equivalente (m)	1600	2
Sección del conducto equivalente (m ²)	2.51	2
Coeficiente de autorregulación de la red	0	1

1: Pliego de condiciones, 2: Estimación según los planos disponibles, 3: Datos estadísticos Neyrpic.

En vista de la diversidad de condiciones hidráulicas para las diferentes unidades, se ha adoptado para este diseño el caso más desfavorable. Este corresponde a las unidades 5 a 7, con las tres unidades en funcionamiento simultáneamente. Los parámetros óptimos determinados en este caso son aplicables a las 7 unidades de la central.

De los datos anteriores, se deducen las magnitudes características:

Tabla 5.2 Resultados para tiempos de arranque mecánico hidráulico

Tiempo de arranque mecánico (s)	Ta	8.3
Tiempo de arranque hidráulico (s)	Tw	1.1
Parámetro de Alievi	R	0.34

5.10 Diagrama de bloques

En el ANEXO C se muestra el diagrama de bloque del nuevo regulador digital de velocidad Neyrpic así como también su lista de simbología utilizada para el diagrama de bloques y sus respectivas ecuaciones matemáticas.

En el ANEXO D se muestran los parámetros del diagrama de bloques para el regulador antiguo RIVA EM-58 así como del nuevo regulador Neyrpic SLG.

En el ANEXO E se muestra el diagrama de bloques del regulador antiguo RIVA EM-58 así como también los circuitos utilizados para la simulación de la respuesta en el tiempo. Además se muestran las simulaciones OFF LINE de los dos reguladores de velocidad.

CAPITULO VI

SISTEMA AUTOMATIZADO

6.1.- Niveles de mando

El sistema automatizado de Supervisión y Control consta de dos niveles de mando para cada una de las 7 unidades de Generación de la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo, el nivel de mando es seleccionado a través de una llave selector de dos posiciones ubicadas en cada cubiculo de controlador:

- **Nivel de mando local:** El nivel de mando local esta definido básicamente para operaciones de mantenimiento o de respaldo del sistema Centralog. El nivel de mando local otorga el control de cada unidad de generación desde su respectiva IHM (Interfaz Hombre-Maquina).
- **Nivel de mando distancia:** El nivel de mando Distancia permite el control desde el CENTRALOG ubicado en la Sala de Control y solo en modo de control automático.

6.2 Modos de control

El sistema de supervisión y control consta de dos modos de control para cada una de las 7 unidades de generación de la C.H. SAM, estos modos seleccionados a criterio del operador solo desde las vistas de control de la IHM:

- **Modo de control manual:** El modo de control Manual esta conceptuado básicamente para operaciones de mantenimiento, solo es posible seleccionarlo bajo condiciones de velocidad de grupo nula y nivel de mando local. Ver gráfico 6.2
- **Modo de control automático:** El modo de control Automático se selecciona desde la IHM y solamente es operado desde el Centralog C30.

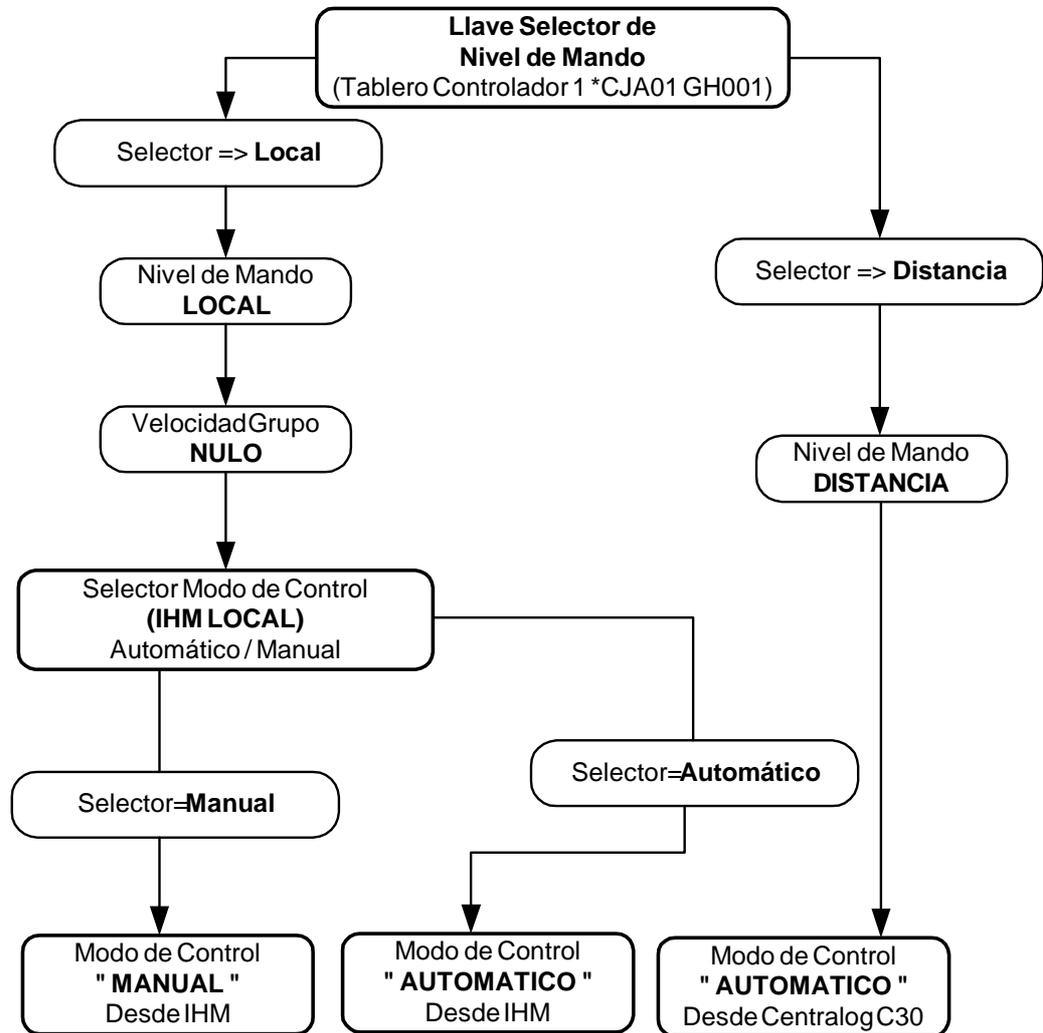


Figura 6.1 MODOS DE CONTROL

6.3 Modos de operación de secuencias

En el modo de funcionamiento normal de las unidades de generación SAM se tiene dos modos de operación de secuencias, los cuales son seleccionados a criterio del operador solo desde la IHM y cuando hay la necesidad de realizar una secuencia de arranque o parada normal. A continuación se detallan los modos de control de secuencias:

- **Paso a paso:** El modo de operación de secuencias paso a paso está definido para verificar la respuesta adecuada (posición, tiempo, medida, etc.) de cada sistema funcional que intervienen en cada una de las secuencias de arranque o parada definidas dentro del modo de funcionamiento normal de las unidades de

generación. Este modo solo es posible cuando se tiene seleccionado el nivel de mando en Local. Ver gráfico 6.2

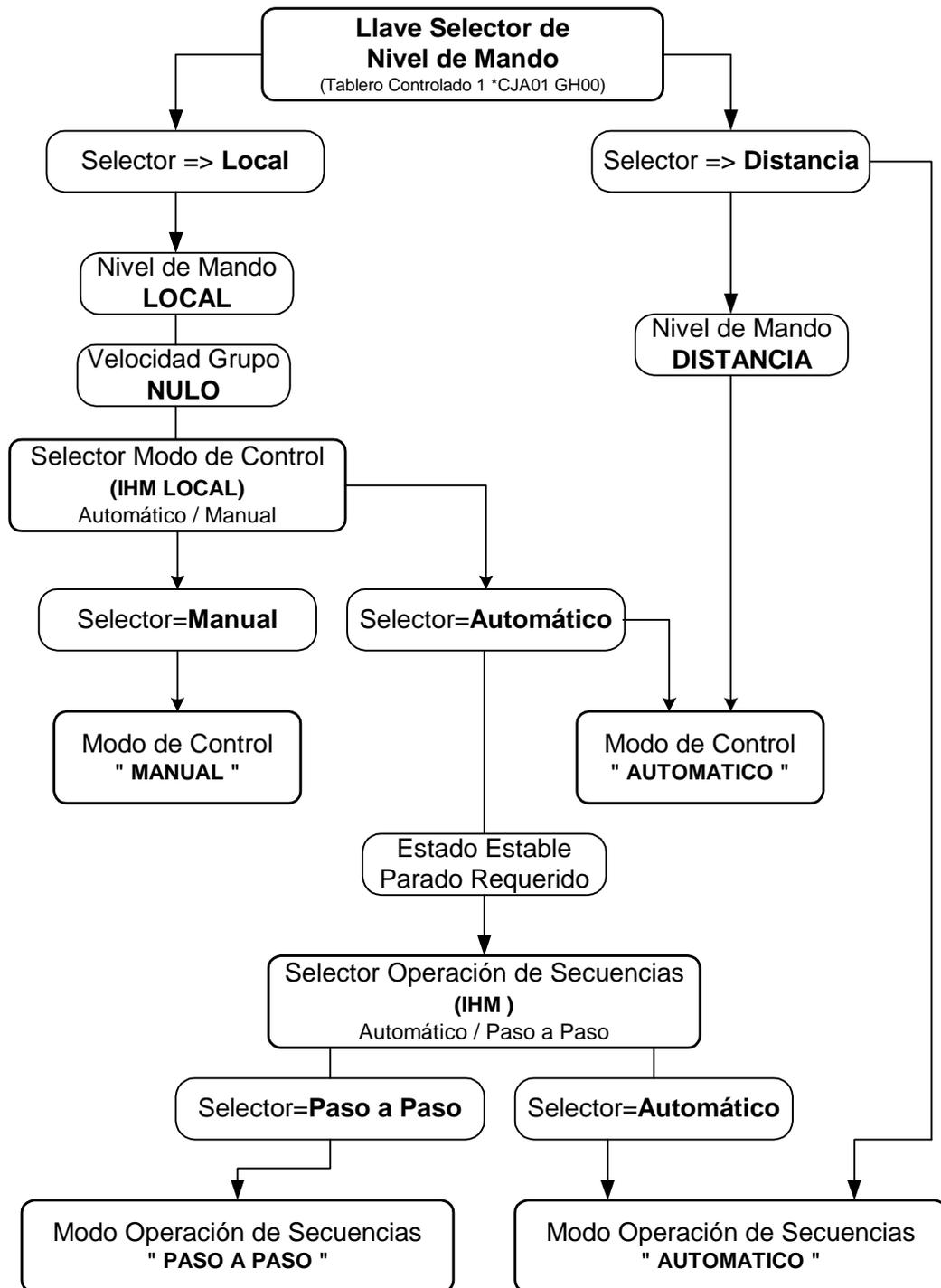


Figura 6.2 Lógica de control de operación

- **Automático:** El modo de operación de secuencias Automático se ejecuta cuando éste es seleccionado desde la IHM durante el requerimiento de un estado estable de las unidades de generación o cuando el nivel de mando esta definido en Distancia.

6.4 Organigrama de funcionamiento

En la operación normal de las unidades de generación SAM se considera los siguientes estados estables:

- Estado estable parado.
- Estado Estable Marcha en Vacío.
- Estado Estable en Paralelo.

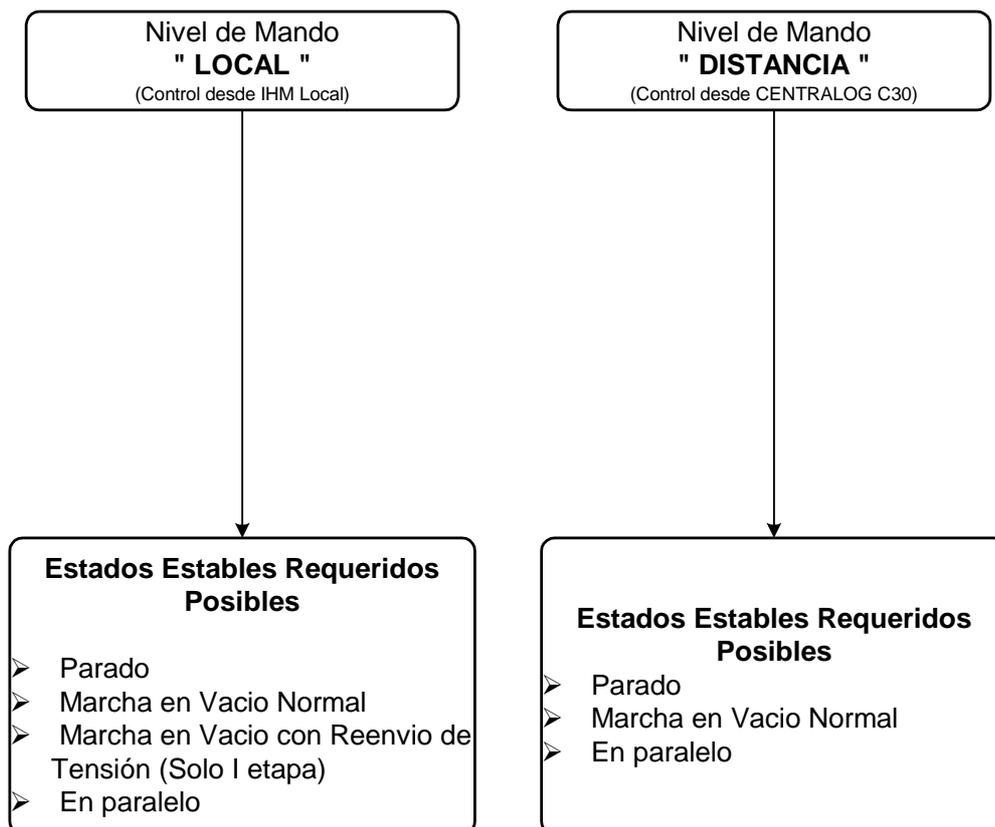


Figura 6.3 Lógica de control de operación

El requerimiento del estado estable Marcha en Vacío con reenvío de tensión solo es posible desde la IHM (nivel de mando Local) y para los grupos de la primera etapa. Ver gráfico 6.3

Las secuencias asociadas al paso de un estado estable a otro son las siguientes:

- **Secuencia 1:** Estado Estable Parado a Estado Estable Marcha en Vacío.
- **Secuencia 2:** Estado Estable Marcha en Vacío a Estado Estable Paralelo.
- **Secuencia 3:** Estado Estable Paralelo a Estado Estable Parado.
- **Secuencia 4:** Secuencia de Parada Parcial.
- **Secuencia 5:** Secuencia de Parada Rápida.
- **Secuencia 6:** Secuencia de Parada de Emergencia.

Las tres primeras secuencias forman parte del funcionamiento normal de las unidades de generación, las secuencias 5 y 6 son las secuencias de seguridad frente a una falla mecánica o eléctrica respectivamente. La secuencia 4 es una secuencia que es ejecutada a petición del operador o en forma automáticamente cuando se produce fallas en el transformador principal de potencia. Ver ANEXO F

6.5 Secuencias de funcionamiento normal

La secuencia de funcionamiento normal son las secuencias asociadas al arranque y parada normal de las unidades de generación, las cuales son ejecutadas desde la IHM Local o Centralog C30 a criterio del operador. A continuación describiremos las secuencias en mención:

6.5.1 Secuencia de arranque

En el arranque de cada unidad de generación se ejecutan las secuencias 1 ó 2 según la orden de arranque requerida (estado estable requerido marcha en vacío o en paralelo) y las condiciones iniciales en que se encuentra la unidad de generación. Las órdenes de arranque se pueden ejecutar desde los despliegues supervisión y control o secuencias de arranque que esta disponible tanto en la IHM y en el Centralog. Ver figura 6.4

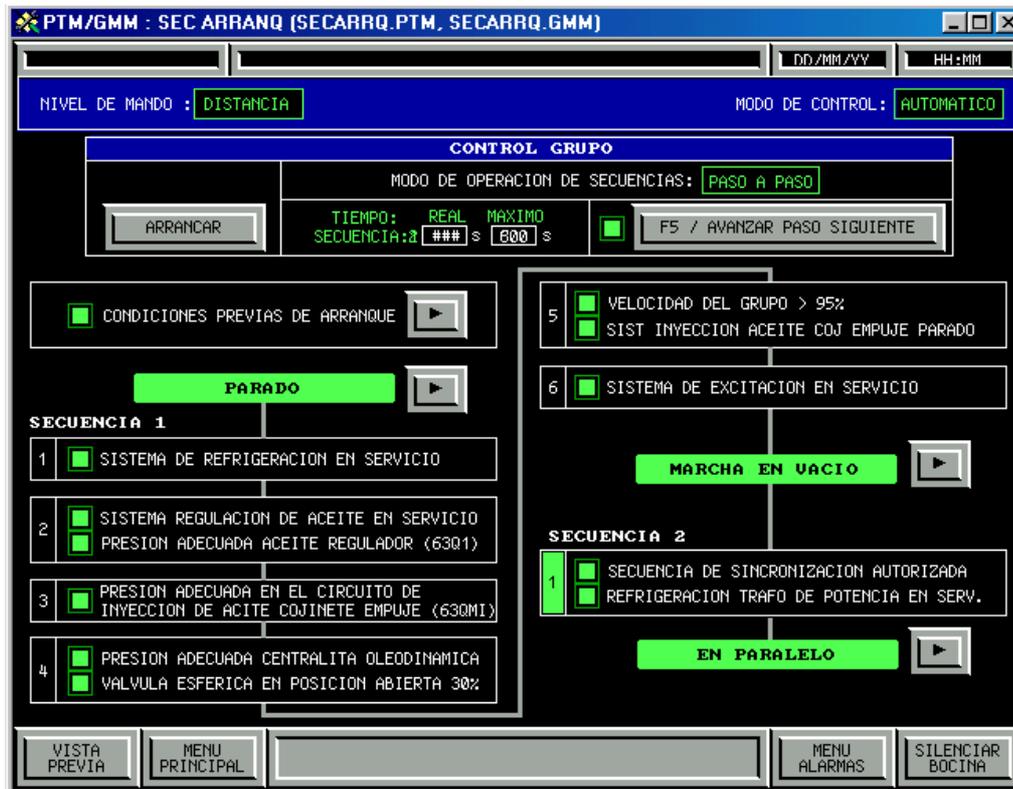


Figura 6.4 DISPLAY DE SECUENCIA DE ARRANQUE

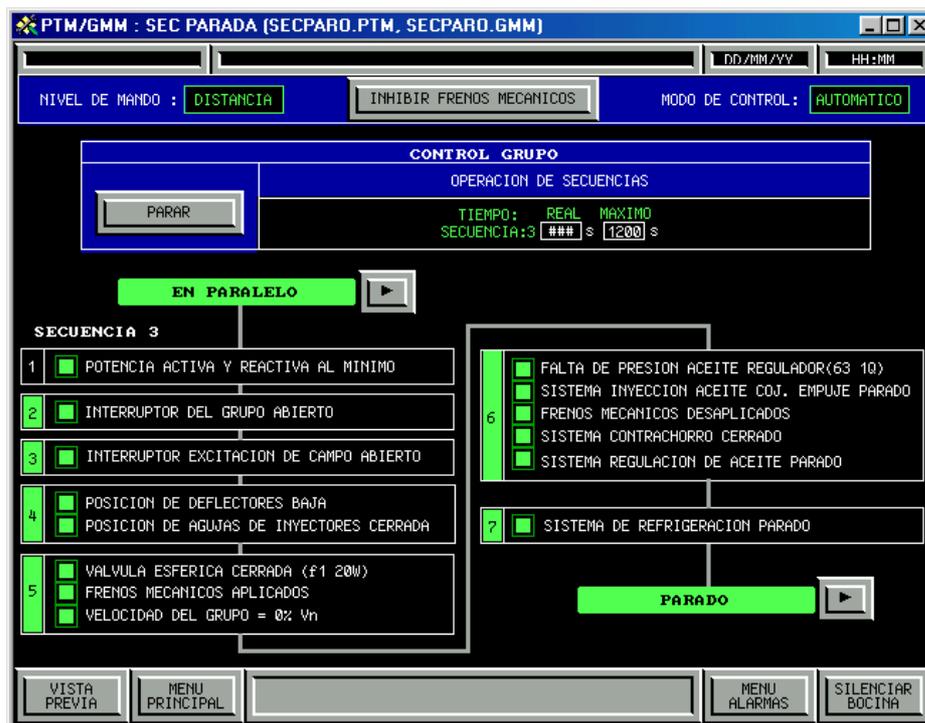
En el arranque se puede ejecutar las secuencias en modo paso a paso o en modo automático:

- **Secuencia paso a paso:** Este modo solo es posible de ejecutar desde la IHM, el operador validará cada paso de la secuencia con la respuesta a las ordenes que interviene en cada paso mediante el botón “avanzar paso siguiente o F5” ubicado en la parte superior derecha del despliegue secuencias de arranque. Este modo de operación de secuencias esta definida básicamente para evaluar el tiempo de respuesta de los sistemas funcionales que intervienen en cada paso de la secuencia de arranque, en este caso el tiempo de arranque no tiene limitante.
- **Secuencia automática:** Este modo se ejecuta desde la IHM o del Centralog. En este modo existe un registro de tiempo por cada secuencia, el cual tienen las siguientes consecuencias:

- La detección de tiempo demasiado largo en la ejecución de la secuencia 1 implica la parada rápida de la unidad de generación.
- La detección de tiempo demasiado largo en la ejecución de la secuencia 2 que implica la parada parcial de la unidad de generación.

6.5.2 Secuencia de parada

En la parada normal de las unidades de generación se puede ejecutar la secuencia 3 para una parada total o la secuencia 4 para una parada parcial según la orden de paro requerido (Estado estable requerido parado o marcha en vacío) y las condiciones iniciales en que se encuentra la unidad de generación.



DISPLAY DE SECUENCIA DE PARADA

Figura 6.5

La orden de parada total se puede ejecutar desde los despliegues supervisión y control o secuencia de parada, la parada parcial solo se puede ejecutar desde el despliegue supervisión control, estos

despliegues están disponibles tanto en la IHM y en el centralog. En la parada total se puede ejecutar la secuencia 3 solo en modo automático. Ver figura 6.5

6.6 Secuencias de seguridad

Las secuencias de seguridad son las secuencias asociadas a la protección de las unidades de generación, las cuales son ejecutadas automáticamente cuando se produce una falla mecánica o falla eléctrica, estas secuencias no son mostradas en los despliegues de la IHM y centralog, para el seguimiento respectivo de estas secuencias se puede usar como referencia el despliegue de secuencia de parada que esta disponible en la IHM y centralog. A continuación se detalla las secuencias de seguridad:

- **Secuencia de parada rápida:** Esta secuencia es ejecutada cuando se produce falla mecánica en el generador tales como cojinetes (sobretemperaturas), sistema de regulación (fallas de las dos bombas de regulación o falta de presión en el circuito de aceite regulador, etc.), cierre intempestivo de la válvula esférica, niveles de bloqueo en los acumuladores de aceite, detección de sobrevelocidad mecánica, etc.
- **Secuencia de parada de emergencia:** Esta secuencia es ejecutada cuando se produce falla eléctrica en el generador y sus sistemas auxiliares tales como falla eléctrica en el sistema de excitación, regulador de velocidad, servicios auxiliares de grupo o cuando el operador activa uno de los pulsadores de parada de emergencia.

6.7 Comandos manuales de operación y mantenimiento

Una condición inicial para generar las ordenes desde el controlador hacia los sistemas funcionales externos que intervienen en la operación de cada unidad de generación es habilitar los comandos a través del selector físico habilitar – inhibir ubicado en el interior de cada cubículo de control de la unidad. Con el selector en posición habilitado las órdenes hacia los sistemas funcionales externos son ejecutado por comandos provenientes desde la IHM o el centralog.

Las órdenes internas (memorias internas en el controlador PLC) son ejecutadas directamente por los comandos provenientes desde la IHM o el centralog. A continuación se detallan los comandos manuales usados en la operación normal o en casos de mantenimientos de cada unidad de generación.

6.7.1 Maniobras de seccionador

Las maniobras permitidas para el seccionador de unidad 220kV desde el controlador son la apertura y cierre. Estas maniobras son ejecutadas mediante los comandos de apertura - cierre definidos por el botón ubicado en el despliegue supervisión y control disponibles en la IHM y en el centralog (ver figura 6.8.5), para poder ejecutar estos comandos el operador debe verificar que se tenga activada la autorización respectiva definida por:

- Seccionador sin falla
- Seccionador de tierra abierto
- Unidad en estado estable parado
- Modo de control en manual (solo desde el IHM)

6.7.2 Parada parcial

Este comando manual ejecuta la orden de apertura del interruptor 220 kV cuando la unidad esta en el estado estable en paralelo llevando a la unidad al estado estable marcha en vacío. Este comando esta definido en el despliegue supervisión y control disponibles en la IHM y en el centralog; para poder ejecutar este comando es recomendable que el operador baje la potencia de generación al mínimo valor.

6.7.3 Modos de conmutación para servicios auxiliares de la unidad

La conmutación de la fuente de energía (o lado distribuidor) hacia los servicios auxiliares de unidad se puede realizar en modo manual o automático. Estos modos son definidos mediante 2 ordenes internas que son ejecutadas a través de 2 comandos definidos por un botón ubicado en el despliegue supervisión y control disponible en la IHM y en el centralog.

6.7.4 Conmutación de servicios auxiliares de unidad

La conmutación de la fuente de energía hacia los servicios auxiliares de la unidad se realiza a través de 4 órdenes, en el modo manual estas ordenes son ejecutadas por 2 comandos definidas por un botón ubicado en el despliegue supervisión y control disponible en la IHM y en el centralog, en el modo automático la conmutación se realiza durante la secuencia 2 y secuencia 3.

En el modo manual la conmutación solo es posible cuando la unidad esta en estado estable en paralelo, caso contrario la fuente de energía hacia servicios auxiliares de unidad será siempre la proveniente de los servicios generales o lado distribuidor.

6.7.5 Modos de operación del regulador de tensión

Los modos de operación del regulador de tensión están definidos por la selección del canal manual o automático de dicho regulador de tensión. Para seleccionar uno de estos modos se disponen de dos órdenes que van desde el controlador hacia el sistema de excitación y son ejecutados mediante dos comandos definidos por un botón ubicado en el despliegue supervisión y control disponible en la IHM y en el centralog. Ver gráfico 6.7.5.

El cambio de modo de operación durante la operación de las unidades de generación es a criterio del operador previa verificación de ambos canales de regulación (tensión diferencial entre canal automático y manual igual a 0)

6.7.6 Ajuste de tensión aumenta y disminuye

Para cada uno de los modos de operación del regulador de tensión manual o automático existen dos ordenes de pulsos (aumenta y disminuye) que se transmiten desde el controlador hacia el sistema de excitación, las cuales son ejecutadas por dos comandos definidos por dos botones ubicadas en el despliegue supervisión y control disponibles en la IHM y en el centralog.

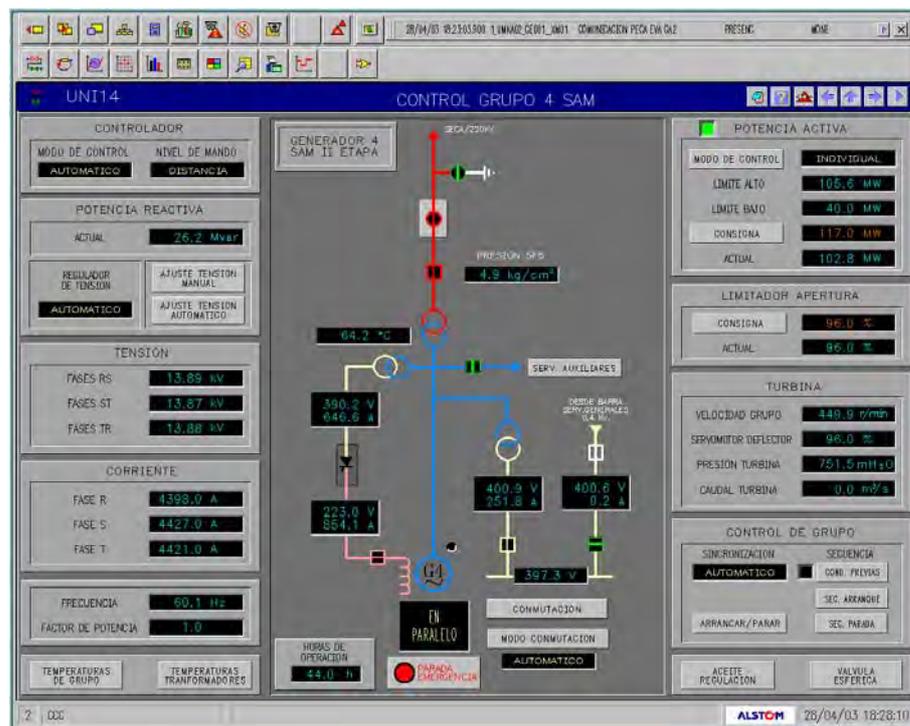
6.7.7 Modos de sincronización

Los modos de operación del sistema de sincronización durante la secuencia 2 esta definido por la selección del modo manual o automático, para seleccionar uno de estos modos se disponen de dos órdenes que se transmiten desde el controlador hacia el sistema de sincronización y son ejecutadas mediante dos

comandos definidas por un botón ubicado en el despliegue supervisión y control disponible en la IHM y en el centralog.

6.7.8 Modos de operación del regulador de velocidad

Los modos de operación del regulador de velocidad están definidos por la selección del modo manual o automático. Para seleccionar uno de estos modos se disponen de una orden interna (memoria del controlador PLC) que es activada y desactivada mediante dos comandos definidas por un botón ubicado en el despliegue regulador de velocidad disponible solo en la IHM. En el modo automático se habilita el control del regulador de velocidad desde la IHM o desde el centralog, en el modo manual se inhibe el control del regulador desde la IHM y el centralog permitiendo así en el modo manual la operación solo desde el cubículo local de regulación de turbina.



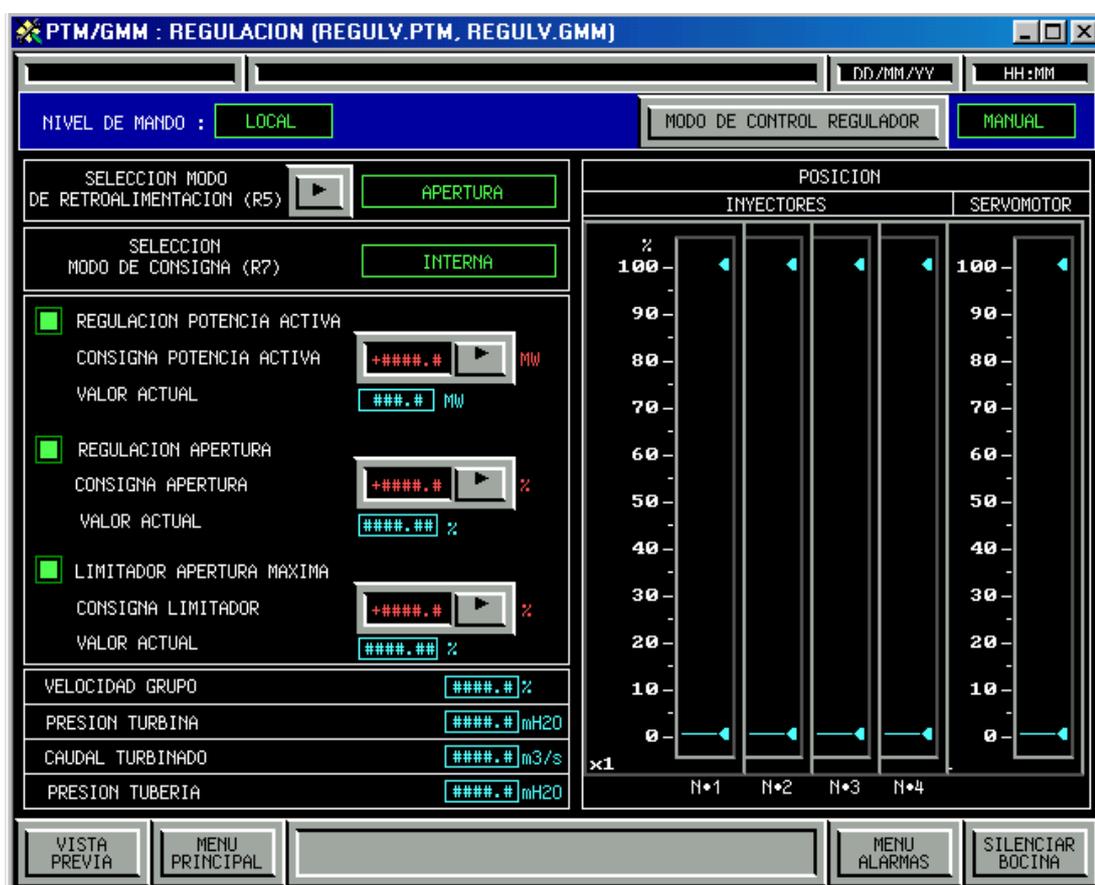
DISPLAY DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE GRUPO

Figura 6.6

6.7.9 Modos de retroalimentación

La regulación de potencia se realiza según la selección del modo de retroalimentación, los modos disponibles son los siguientes:

- Retroalimentación a la potencia, en este modo la regulación se realiza mediante consignas de potencia.
- Retroalimentación carga/frecuencia, en este modo la regulación se realiza mediante consignas de apertura directa del servomotor.



DISPLAY DE CONTROL DE REGULADOR DE VELOCIDAD

Figura 6.7

La selección de los modos de retroalimentación se realiza mediante una orden enviada desde el controlador de unidad hacia el sistema de regulación de turbina, esta orden es ejecutada por dos comandos (activación y desactivación) definidas por un botón ubicado

en el despliegue regulador de velocidad disponible sólo en la IHM local.
Ver figura 6.7

6.7.10 Consignas limitador de apertura, apertura y potencia

Son órdenes ejecutadas por comandos analógicos definidas por consignas ubicadas en el despliegue regulador de velocidad para la IHM y en el despliegue supervisión y control para el centralog.

La consigna limitador de apertura se inicializa con un valor máximo de 100% en el arranque, y el operador puede variarla una vez que la unidad llegue al estado estable en paralelo.

Con la unidad en paralelo se dispone de la autorización respectiva de las consignas apertura o potencia según el modo de retroalimentación seleccionado.

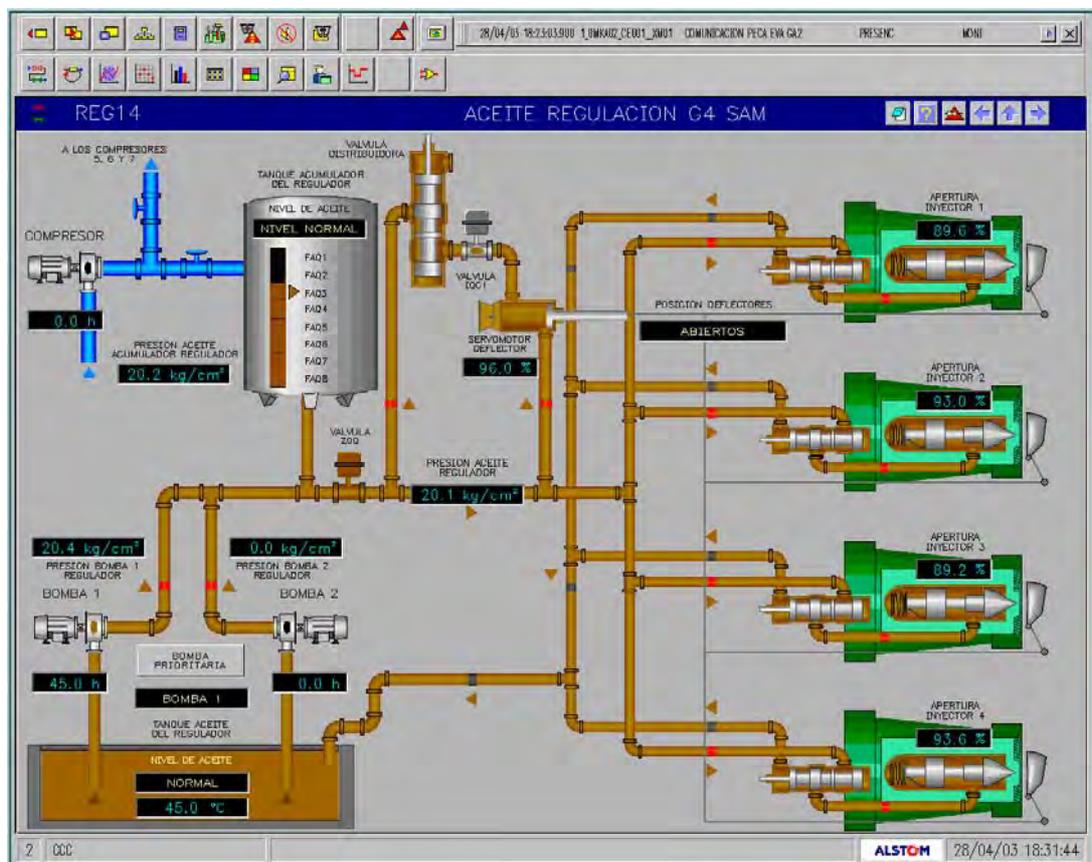


Figura 6.8 Display de aceite regulador de velocidad

6.7.11 Operación de bombas, compresor y extractor

Las órdenes para la operación manual de bombas (refrigeración, regulación, inyección forzada y válvula esférica) y compresor son ejecutados mediante comandos provenientes solo desde la IHM.

El operador solo puede generar estos comandos bajo la condición de que el modo de control se encuentre en manual y no exista presencia de falla en los equipos a operar. Ver gráfico 6.8

6.7.12 Selección de bomba prioritaria

En los sistemas de regulación de aceite y válvula esférica se dispone de dos bombas por cada sistema, en el funcionamiento normal de cada unidad de generación solo opera una bomba por cada sistema, la bomba en operación será la que está seleccionada como prioritaria.

Si la bomba prioritaria que esta en servicio falla durante la operación normal de la unidad de generación, la otra bomba automáticamente entra en servicio y el operador debe de cambiar la bomba sin falla como prioritaria.

La selección de la bomba prioritaria del sistema de regulación se realiza mediante dos órdenes internas (memorias) que es ejecutada por dos comandos definidos por un botón ubicado en el despliegue aceite regulación disponible en la IHM y en el centralog.

6.7.13 Operación de aerotermos

Existen 6 aerotermos por cada unidad de generación, cada 3 aerotermos forman parte de un grupo de refrigeración del transformador principal (refrigeración 1 o 2). Para la operación manual se dispone de una orden lógica por cada grupo de aerotermos de refrigeración.

Cada orden es enviada al tablero local de control del transformador de potencia y es activada (arranque) o desactivada (parada) mediante comandos definidos por un botón ubicado en el despliegue transformador principal disponible solo en la IHM, el operador únicamente puede generar estos comandos bajo la condición de que el modo de control esté en manual y no exista presencia de falla en los aerotermos a operar.

En el modo de control automático se dispone de una sola orden que es activada automáticamente en la secuencia 2 y es desactivada en las secuencias de parada, la orden es enviada al tablero de control local del transformador de potencia y los grupos de refrigeración entran en servicio según la lógica existente.

6.7.14 Reset de relés de bloqueo

Para la protección de cada unidad de generación ante la aparición de una falla eléctrica o acción de parada de emergencia, se dispone de dos relés electromecánicos de bloqueo (86E1 y 86E2) ubicados en el cubículo de protección de la unidad. Ver gráfico 6.6.14. El restablecimiento de estos relés de bloqueo, una vez eliminada la falla, se realiza localmente desde el cubículo de protección mediante el pulsador ubicada en cada relé o mediante una orden proveniente del controlador de unidad, esta orden es ejecutada por un comando definido por un botón ubicado en el despliegue condiciones previas de la IHM. El Display de condiciones previas es muy importante debido a que considera la lógica previa al arranque de grupo (ver gráfico 6.6.14), si se diera el caso de que alguna condición de dicho display no se activara el automatismo de grupo no autorizara la puesta en servicio del generador.

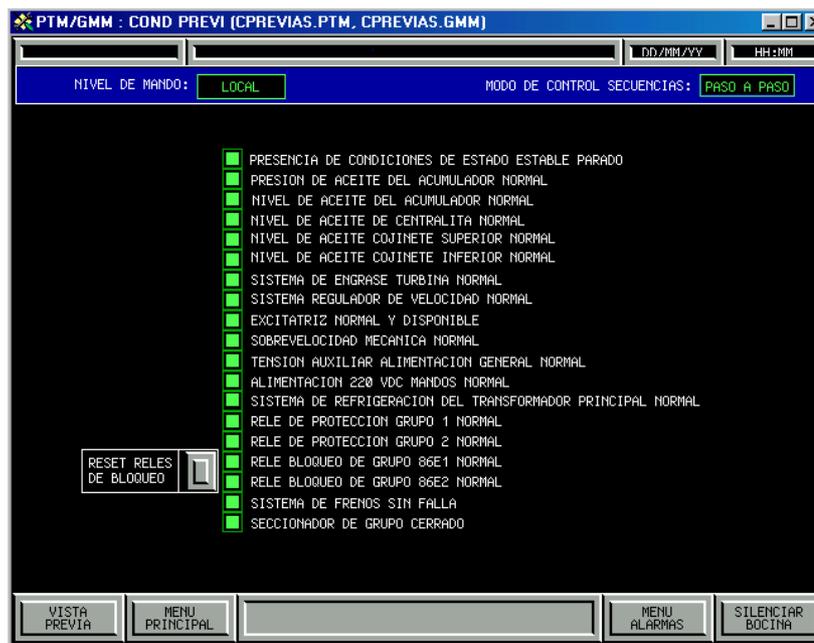


Figura 6.9 DISPLAY DE CONDICIONES PREVIAS (RESET DE RELES DE BLOQUEO)

En el esquema de cableado 5/6 del ANEXO G se muestra el esquema de conexionado del Actuador TR10, servomotor, distribuidor principal y captadores de velocidad.

En el esquema de cableado 6/6 del ANEXO G se muestra el conexionado de los relés auxiliares R29.6, RV15, RV16 con la cadena tacometrica Neyrpic ADT 1000.

7.2 Sistema de protección

En la Tabla 7.1 y Tabla 7.2 se indica el resumen de protección de grupo, donde se muestra las diferentes señales que activan una parada parcial (marcha en vacío) o parada total de grupo.

Tabla 7.1 Protecciones de grupo disponibles en la C.H. Mantaro

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	C A B	C A L	R E D
TRANSFORMADOR PRINCIPAL 3 x 40 MVA				
BAT10_EZ001V_XX02	RELE PROT. DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL (87T)			
BAT10_EZ002K_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE TRANSFORMADOR PRINCIPAL (51T)			
BAT01_GT100__ZA02	BUCHHOLZ ESTADIO 2 TRANSFORMADOR PRINCIPAL (FASES R, S, T)			
BAT01_GT001__ZA02	DISCORDANCIA CONMUTADOR DE TOMAS TRAF0 PRINCIPAL			
BAT01_CL001__ZA02	NIVEL DE ACEITE MUY BAJO TRAF0 PRINCIPAL (FASES R, S, T)			
BAT01_AA001__ZA02	VÁLVULA DE SEGURIDAD TRAF0 PRINCIPAL (FASES R, S, T)			
BAT11_CT021__XT01	TEMPERATURA COBRE TRAF0 PRINCIPAL FASE R DISPARO			
BAT12_CT021__XT01	TEMPERATURA COBRE TRAF0 PRINCIPAL FASE S DISPARO			
BAT13_CT021__XT01	TEMPERATURA COBRE TRAF0 PRINCIPAL FASE T DISPARO			
BAT11_CT001__XT01	TEMPERATURA ACEITE TRAF0 PRINCIPAL FASE R DISPARO			
BAT12_CT001__XT01	TEMPERATURA ACEITE TRAF0 PRINCIPAL FASE S DISPARO			
BAT13_CT001__XT01	TEMPERATURA ACEITE TRAF0 PRINCIPAL FASE T DISPARO			
SERVICIOS AUXILIARES DE GRUPO				
BBT10_EZ001J_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE INSTANTÁNEO TRAF0 AUX.			
BBT10_EZ001K_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO TRAF0 AUX.			
BBT10_EM001__XX02	BUCHHOLZ TRANSFORMADOR AUXILIAR 400 KVA			
BJA10_CE001__XX02	BAJA TENSIÓN SS AA DE GRUPO (SI GRUPO EXCITADO)			
SISTEMA DE EXCITACIÓN				
BBT01_EZ001J_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE INSTANTÁNEO TRAF0 EXC.			
BBT01_EZ001K_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO TRAF0 EXC.			
BBT01_BT001__XX02	BUCHHOLZ TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN			
BBT01_CT001__XT01	TEMPERATURA ACEITE TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN			

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	C A B	C A L	R E D
----------	-------------	-------------	-------------	-------------

GENERADOR PRINCIPAL				
MKA01_EZ001A_XX02	RELE PROT. MÍNIMA IMPEDANCIA GENERADOR (21G)			
MKA01_EZ001U_XX02	RELE PROT. MÍNIMA FRECUENCIA (81G)			
MKA01_EZ001M_XX02	RELE PROT. SOBRETENSION GENERADOR (59G)			
MKA01_EZ001P_XX02	RELE PROT. FALLA A TIERRA ESTATOR 100% (64S)			
MKA01_EZ002V_XX02	RELE PROT. DIFERENCIAL GENERADOR (87G)			
MKA01_EZ003V_XX02	RELE PROT. CORTOCIRCUITO ESPIRAS GENERADOR (87GN)			
MKA01_EZ002F_XX02	RELE PROT. PERDIDA DE EXCITACIÓN GENERADOR (40G)			
MKA01_EZ002G_XX02	RELE PROT. DESEQUILIBRIO CARGA GENERADOR			
MKA01_EZ002P_XX02	RELE PROT. FALLA A TIERRA ESTATOR 90% (64GS)			
MKA01_EZ004K_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE BOBINADO 1 GEN GP1 (51G)			
MKA01_EZ005K_XX02	RELE PROT. SOBRECORRIENTE BOBINADO 2 GEN GP2 (51G)			
MKA01_EZ002D_XX12	RELE PROT. POTENCIA INVERSA GENERADOR TEMPO (32R)			
SGJ01_AA001_XV00	EQUIPO CO2 EXPULSIÓN			
MKA01_AU001_ZA07	APLICACIÓN INTEMPESTIVA DE LOS FRENOS			
SGJ01_GH001_XC06	INTERVENCIÓN MANUAL CO2			
SGJ01_GH001_XC07	INTERVENCIÓN AUTOMÁTICA CO2			
MKD01_CT021_XT01	TEMPERATURA 1 METAL COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT022_XT01	TEMPERATURA 2 METAL COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT023_XT01	TEMPERATURA 3 METAL COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT024_XT01	TEMPERATURA 4 METAL COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT001_XT01	TEMPERATURA 1 ACEITE COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT002_XT01	TEMPERATURA 2 ACEITE COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT003_XT01	TEMPERATURA 3 ACEITE COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT004_XT01	TEMPERATURA 4 ACEITE COJINETE GUÍA SUPERIOR			
MKD01_CT011_XT01	TEMPERATURA 1 METAL COJINETE EMPUJE			
MKD01_CT012_XT01	TEMPERATURA 2 METAL COJINETE EMPUJE			
MKD01_CT013_XT01	TEMPERATURA 3 METAL COJINETE EMPUJE			
MKD01_CT014_XT01	TEMPERATURA 4 METAL COJINETE EMPUJE			

TURBINA				
MEY01_GH001_XZ09	SOBREVELOCIDAD ELÉCTRICA (RV34)			
MEA01_CS001_XC01	SOBREVELOCIDAD MECÁNICA			
MED01_CT021_XT01	TEMPERATURA 1 METAL COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT022_XT01	TEMPERATURA 2 METAL COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT023_XT01	TEMPERATURA 3 METAL COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT024_XT01	TEMPERATURA 4 METAL COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT001_XT01	TEMPERATURA 1 ACEITE COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT002_XT01	TEMPERATURA 2 ACEITE COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT003_XT01	TEMPERATURA 3 ACEITE COJINETE GUÍA TURBINA			
MED01_CT004_XT01	TEMPERATURA 4 ACEITE COJINETE GUÍA TURBINA			

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
86P	PARADA PARCIAL (APERTURA INTERRUPTOR DE GRUPO)
86M	PARADA RÁPIDA (FALLA MECÁNICA -> PARADA DEL GRUPO)
86E	PARADA DE EMERGENCIA (FALLA ELÉCTRICA -> PARADA Y BLOQUEO DEL GRUPO)
86E	PARADA PARCIAL SI GRUPO EN PARALELO O PARADA DE EMERGENCIA SI GRUPO FUERA DE PARALELO

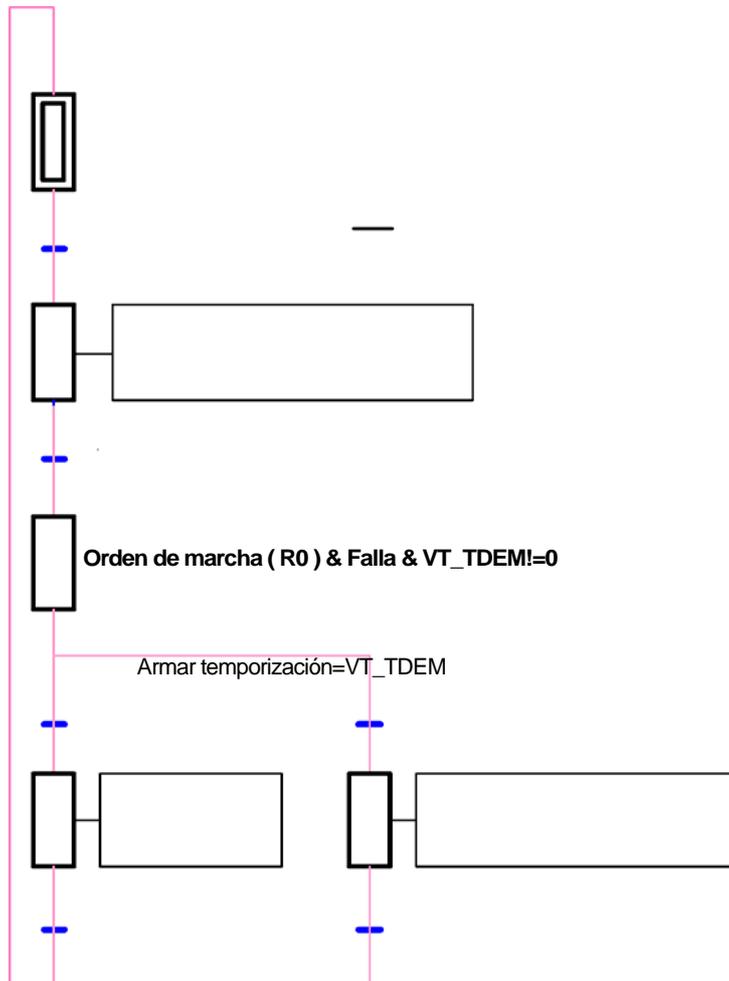
7.2.1 Protección de sobrevelocidad mecánica

En una caja ubicada por encima del soporte de guía inferior está instalado el dispositivo centrífugo de seguridad de disparo, equilibrado para una intervención a la velocidad de rotación del grupo de 515 rpm, correspondiente al 115% de la velocidad nominal de rotación. La masa centrífuga, que gira sólida con el árbol de la turbina, por efecto de la sobrevelocidad, determina el desenganche de un distribuidor de aceite 412i, que manda, a través de dos válvulas piloto de interceptación HQ – S65 y HQ – 20W, el cierre imperativo del regulador y de la válvula esférica.

7.2.2 Protección eléctrica contra la sobrevelocidad en el arranque

En cuanto recibe la orden de marcha (R0: 041), el regulador arma una temporización programable, con el objeto de vigilar la aparición de la señal de velocidad. Este dispositivo evita, en caso de anomalía (ejemplo: rotura de los hilos de la cadena tacométrica), solicita el disparo de la sobrevelocidad eléctrica cuando forma parte del suministro, ver figura 7.1

Cuando el regulador mide una velocidad, la temporización se desarma automáticamente, y la secuencia de arranque continúa normalmente. Si la temporización llega a su término sin que se haya constatado una detección de la información de velocidad, el regulador señala una falla mayor R29: 140 y cierra automáticamente el grupo según su tiempo de cierre hidráulico.



Detección de velocidad

Temporización=0

Puesta a cero
temporización

- Ausencia señal velocidad
- R29 = 0

Temporización=0

R29=0

7.3 Esquema de conexionado

En el siguiente diagrama 7.2 se muestra el conexionado eléctrico del regulador de velocidad. Como complemento ver Anexo I

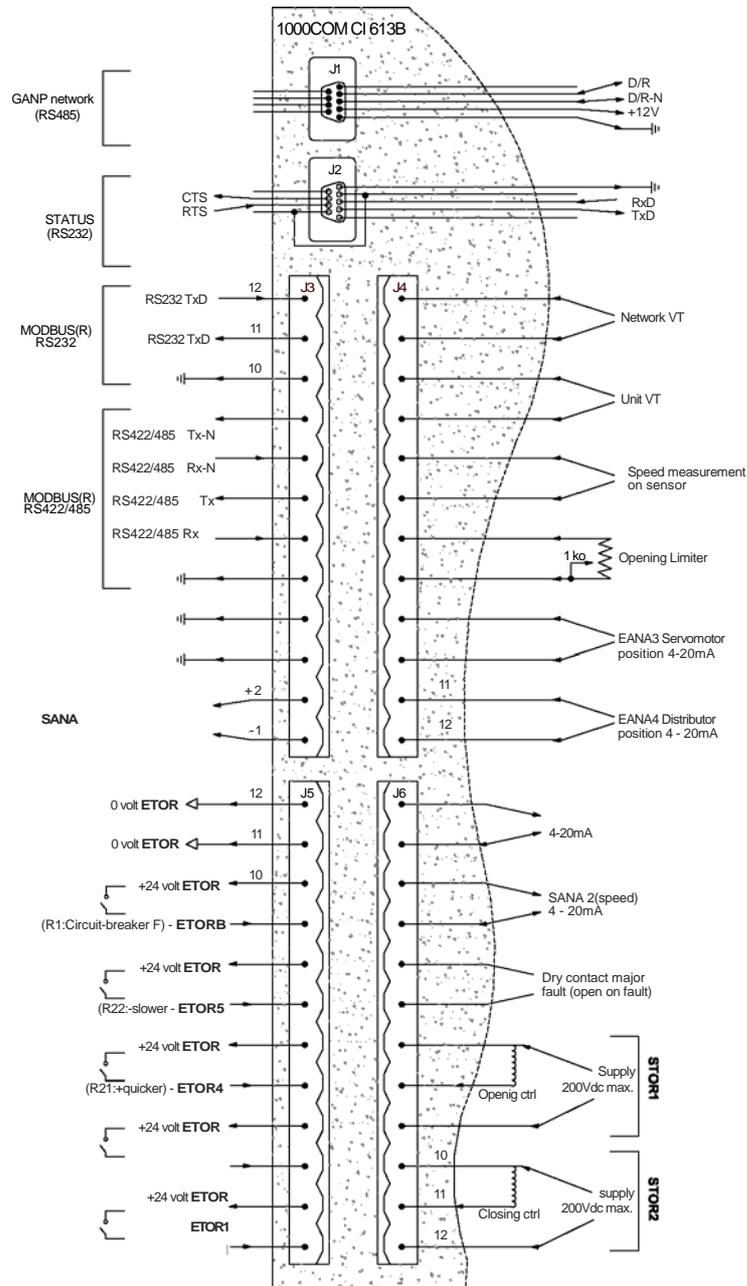


Figura 7.2 Esquema de conexionado del regulador de velocidad NEYRPIC SLG

CAPITULO VIII ASPECTOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS

En este capítulo se realizara el análisis y el impacto que causa la modernización del sistema de supervisión y control del Centro de Producción Mantaro.

8.1 Costos de inversión

Para la ejecución del proyecto la empresa APH cobra por sus servicios el monto de US \$ 8 522 178 según los cuadros 1 al 5 ANEXO J, dentro de los cuales considera en el punto 1.3.1 el monto por la ejecución de sistema de supervisión, control de turbinas, generadores, medición y señal de proceso; por otro lado en el punto 1.3.2 se visualiza el costo de adecuación, pruebas y puesta en servicio del sistema de regulación de turbinas para las 7 unidades de la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo.

8.2 Efectos técnicos y económicos sobre el sistema de generación

8.2.1 Efecto económico

En la Tabla 8.1 muestra el costo de indisponibilidad de los grupos de la Central Hidroeléctrica de Mantaro por necesidad de su modernización.

En la Tabla 8.2 muestra el efecto económico causado como consecuencia de la modernización de la C.H. Mantaro.

Tabla 8.1 Costo por indisponibilidad de grupos C.H. Mantaro para su modernización.

Grupo a Modernizar en C.H. Santiago A. Mayolo	Potencia Indisponible (MW)	Tiempo de Indisponibilidad (días)	Costo Total (S/) Por Indisponibilidad
SAM G5	20	63	2801630
SAM G4	90	42	8404890
SAM G7	20	46	2045635
SAM G6	20	45	2001164
SAM G2	90	48	9605589
SAM G3	90	41	8204774
SAM G1	90	45	9005240
			42,068,922

Tabla 8.2 Efecto económico por modernización C.H. Mantaro

Mes	Mínima Demanda	Media Demanda	Máxima Demanda
Enero	0,055	0,064	0,107
Febrero	0,046	0,063	0,107
Marzo	0,028	0,043	0,128
Abril	0,010	0,026	0,101
Mayo	0,063	0,073	0,117
Junio	0,096	0,110	0,128
Julio	0,102	0,118	0,150
Agosto	0,157	0,186	0,222
Setiembre	0,155	0,192	0,214
Octubre	0,109	0,124	0,161
Noviembre	0,042	0,059	0,122
Diciembre	0,042	0,055	0,123

8.2.2 Efecto técnico

Con respecto a la parte técnica por concepto de la indisponibilidad de cada grupo individual no tiene ningún efecto resaltante ni particular por lo siguiente:

- Cada año antes de lo previsto, los mantenimientos mayores a realizar por cada empresa generadora son analizados y aprobados en el COES de manera que no

exista una coincidencia de trabajos en centrales diferentes tal que pueda ocasionar un modo de operación débil o costoso. A su vez estos mantenimientos anuales programados son ajustados en la programación de mantenimiento mensual y semanal.

- El Sistema Eléctrico Centro es un sistema de tipo enmallado y la indisponibilidad de algún grupo de Mantaro no causa ningún efecto que transgreda la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

8.3 Cronograma valorizado para la ejecución

Se adjunta el cronograma respectivo, según ANEXO K, para la ejecución del proyecto de Nuevo Sistema de Regulación de Velocidad Neyrpic SLG.

8.4 Recuperación de la inversión – tiempos y costos

Para la presente tesis se plantea la opción de regulación primaria de frecuencia con un grupo de Mantaro debido a que cualquier grupo cumple los requisitos técnicos que pide el COES en su procedimiento N° 22 reserva Rotante en el Sistema Interconectado Nacional. En tal sentido, considerando una reserva rotante promedio disponible a utilizar dicho grupo de 40 MW y un costo marginal para hora punta de 140 S/MW se estima un tiempo promedio de 4 años para la recuperación del costo por indisponibilidad de los grupos de Mantaro por su modernización. Este tiempo de recuperación es conservador debido a que la presencia de participación a la reserva rotante son las 24 horas de cada día según procedimiento COES.

Tales requisitos son:

Requisitos Mínimos

- Estatismo permanente entre el 0 y el 6%.
- Banda muerta inferior al 0.1% (0.06Hz)
- Capacidad de regulación mínima del +/- 5% dentro de todo su rango de generación
- Rango de frecuencia admisible de operación de la unidad, sin límite de tiempo, entre 59 y 61 HZ.
- La variación de la carga de la central debe ser sostenible al menos durante los siguientes 30 segundos

- Estar implementado con un equipo GPS (Geographical Position System) con un Registrado de frecuencia y desviación de tiempo.
- Proporcionar la información en tiempo real al Coordinador (potencia Activa, Potencia Reactiva, niveles de los embalses de regulación asociados a la máquina regulante).
- Disponer en sus bornes de generación de un sistema de medición y registro automático de potencia y frecuencia que registrará continuamente su participación en la regulación primaria de frecuencia.
- Haber pasado las pruebas de calificación.

CAPITULO IX PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD

Para el presente capítulo se considera incluir los reportes de pruebas en sitio que se llevo a cabo para los grupos de la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo. Como protocolo de pruebas de puesta en servicio se consideraron la operación de arranque hasta marcha en vacío, el control de velocidad en marcha en vacío, proceso de sincronización, grupo en paralelo y finalmente el proceso de rechazo de carga.

9.1 Operación de marcha en vacío

Según la Figura 9.1 corresponde al reporte de pruebas en sitio del grupo N° 4 luego de haber culminado su modernización, se muestra el proceso de arranque hasta marcha en vacío donde se visualiza la rampa velocidad consiguiéndose como respuesta de la posición del servomotor.

Según el gráfico adjunto el tiempo en llegar por primera vez a su velocidad nominal es de 92 segundos aproximadamente y 45 segundos después llega a conseguir su velocidad de establecimiento en 450 revoluciones por minuto.

Así mismo en la siguiente Figura 9.2 se muestra las pruebas realizadas en el regulador Neyrpic BLG con relación a consignas de posición servomotor, en esta prueba lo que se quiere mostrar es el modo de operación de la válvula de distribución principal para cada mando de consigna posición servomotor teniendo como respuesta la función de velocidad de grupo.

Para la Figura 9.3 se muestra parte de las pruebas realizadas con el sistema de sincronización automática y con maniobras desde el limitador local PLO. La secuencia de sincronización se da a través del relé de sincronización SCR620 quien busca las condiciones de velocidad y tensión de maquina, para el caso de la condición de tensión el mando va directamente hacia el

sistema de excitación en cambio para el control de velocidad se da a través de los relés auxiliares R21 (aumenta velocidad) y R22 (disminuye velocidad).



Figura 9.1 Arranque de grupo hasta marcha en vacío

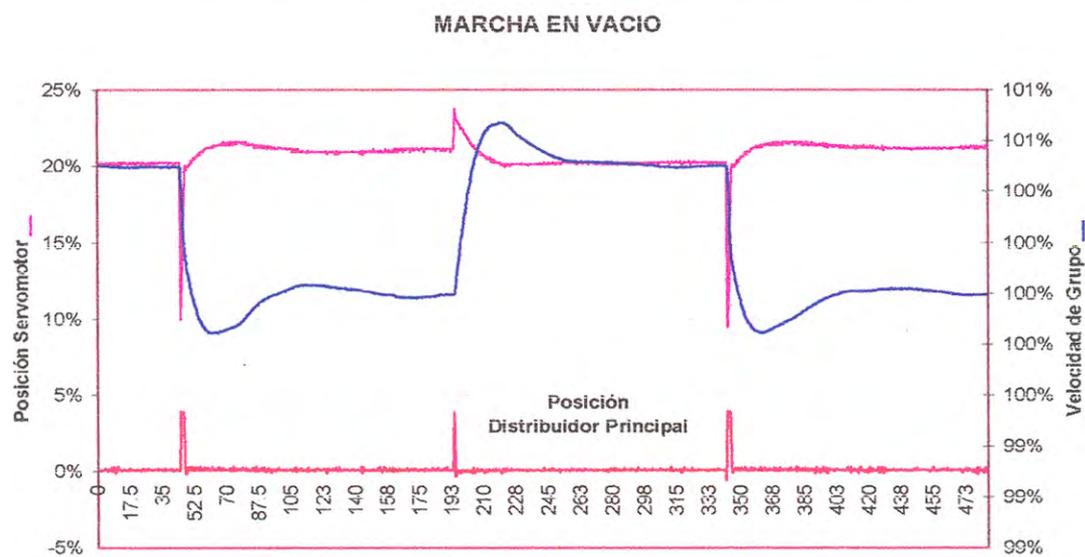


Figura 9.2 Consignas de posición servomotor a velocidad nominal

Durante el proceso de pruebas previa a la puesta en servicio se realizo primeramente con válvula esférica abierta y verificando cada mando de maniobras de apertura - cierre servomotor, vigilancia del sistema oleodinámico, animación de los display's correctamente en el IHM, culminado las pruebas en blanco se procede a realizar las pruebas con agua los que constan primeramente arranque de grupo hasta marcha en vacío, proceso de sincronización, grupo interconectado con el sistema nacional y finalmente el proceso de rechazo de carga al 25%, 50%, 75% y 100% de carga.

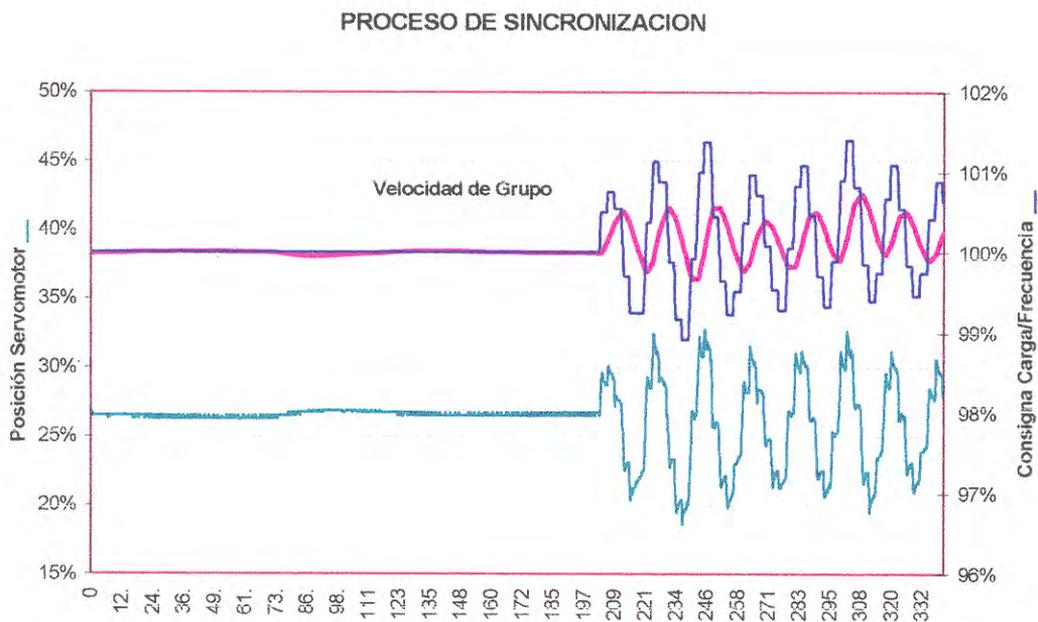


Figura 9.3 Sincronización automática con relés auxiliares R21 y R22

9.2 Operación de marcha con carga

Según el reporte de pruebas en sitio con respecto al grupo N° 4 se muestra en la Figura 9.4 la respuesta del circuito de control del regulador digital desde el arranque hasta sincronización y toma de carga, para el caso del proceso de sincronización la consigna carga/frecuencia es 100% pero desde el momento que el grupo ingresa al sistema esta consigna para a ser cero. Para el caso de la Figura 9.5 se muestra la toma de carga con modo de retroalimentación de apertura posición servomotor donde el regulador Neyrpic SLG espera:

$$\Delta C = \text{Consigna}_{\text{Servomotor}} - \text{Posición}_{\text{Servomotor}}$$

SINCRONIZACION DE GRUPO

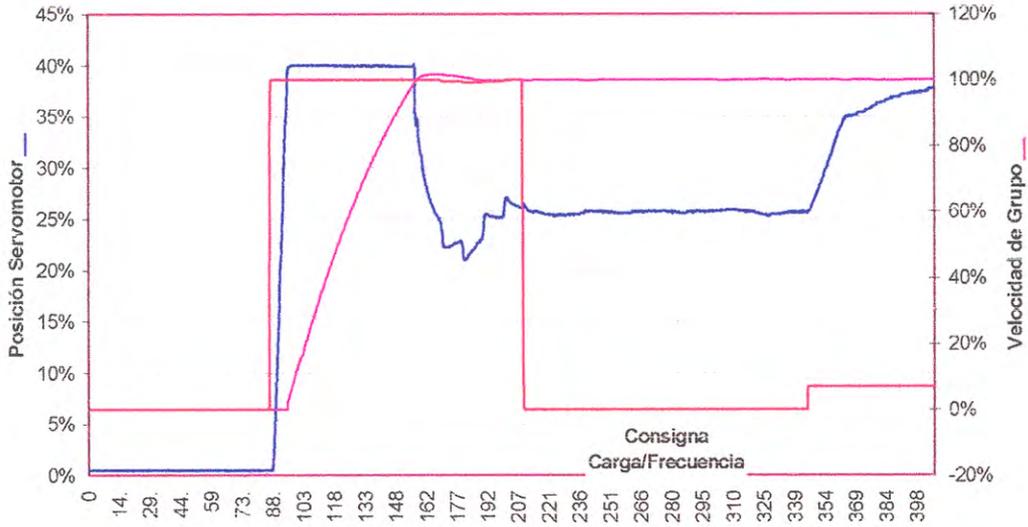


Figura 9.4 Control de potencia en modo apertura

TOMA DE CARGA
RETROALIMENTACION APERTURA

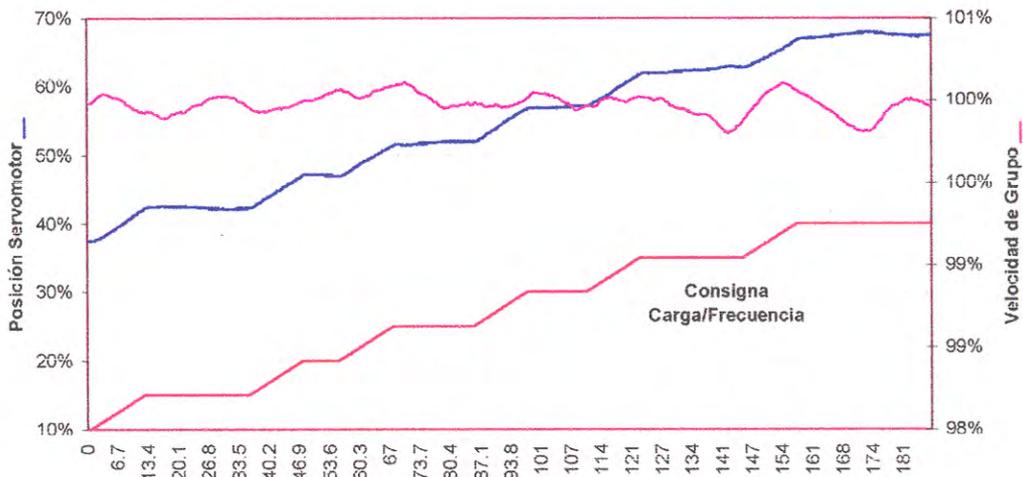


Figura 9.5 Retroalimentación apertura

En la Figura 9.6 se muestra la toma de carga con modo de retroalimentación de potencia, en este caso el regulador espera una retroalimentación de:

$$\Delta C = \text{Consigna}_{\text{Carga/Frecuencia}} - \text{Potencia}$$

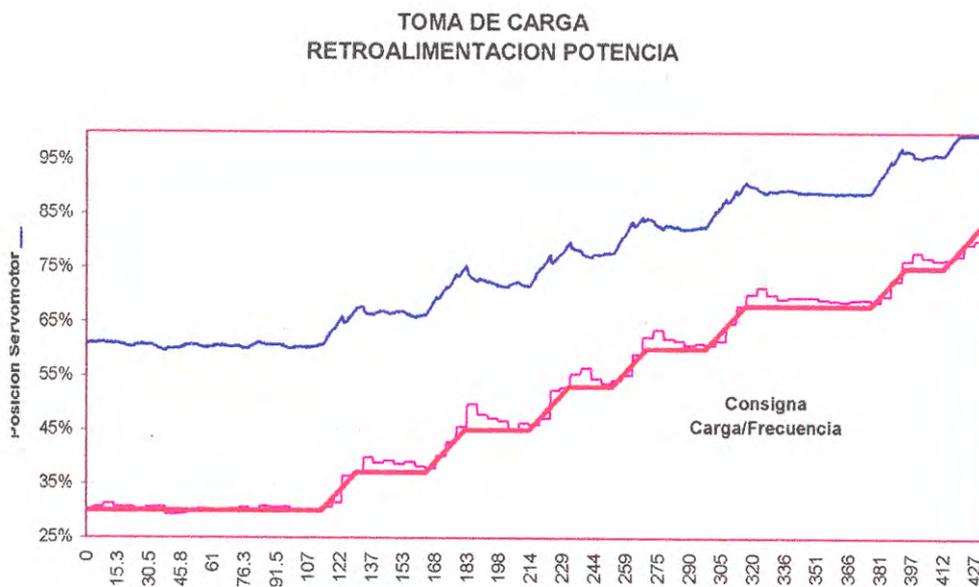


Figura 9.6 Retroalimentación de potencia

3 Rechazo de carga

En la Figura 9.7, muestra el rechazo de carga realizado en el grupo N° 4 de la Central hidroeléctrica SAM. Para dicha prueba el procedimiento para no afectar al sistema interconectado fue coordinar previo a la parada parcial de grupo un incremento de aproximadamente en 60.20 Hz la frecuencia del sistema nacional. Este rechazo de carga del 5% representa un incremento de velocidad del 101.21% aproximadamente, el que representa 53 Hz.

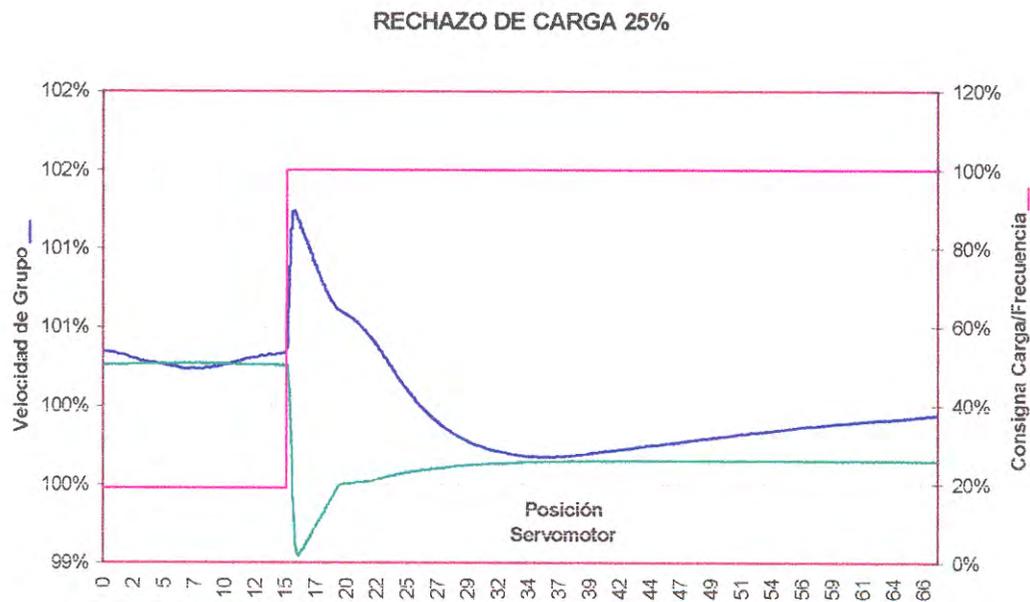


Figura 9.7 Rechazo de carga 25%

Para el caso de rechazo de carga del 50%, el que se muestra en la Figura 9.8, se coordinó con el COES una frecuencia de establecimiento en el sistema de 60.35 Hz aproximadamente. Para este caso se verifica que:

	Pre-Rechazo	Post-Rechazo
Posición Servomotor	62.5 %	26.0%
Consigna C/F	40%	100%

Este rechazo de carga del 50% representa un incremento de velocidad del 102.40% aproximadamente, el que representa 1.15 Hz.

RECHAZO DE CARGA 50%

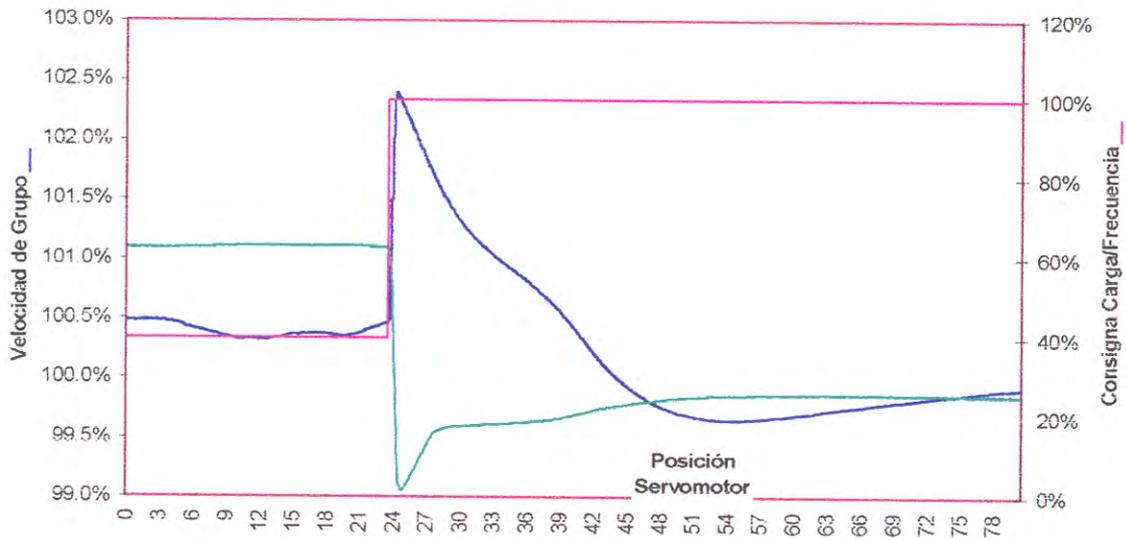


Figura 9.8 Rechazo de carga 50%

RECHAZO DE CARGA 100%

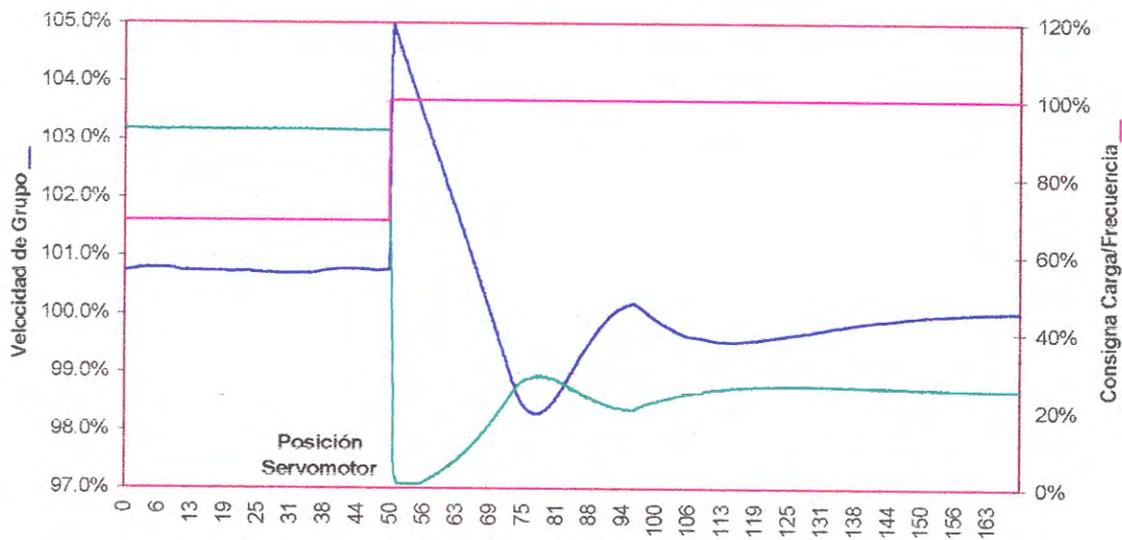


Figura 9.9 Rechazo de carga 100%

Para el caso de rechazo de carga del 100%, el que se muestra en la Figura 9.9, se coordinó con el COES una frecuencia de establecimiento en el sistema de 60.50 Hz momentáneamente. Para este caso se verifica que:

	Pre-Rechazo	Post-Rechazo
Posición Servomotor	92.4 %	26.0%
Consigna C/F	70%	100%

Este rechazo de carga del 100% representa un incremento de velocidad del 104.90% aproximadamente, el que representa 2.51 Hz.

CAPITULO X REPORTES DE OPERACIÓN

Para el presente capítulo se considera incluir los reportes de pruebas en sitio que se llevo cabo para los grupos de la Central Hidroeléctrica, para los cuales son mostrados las siguientes figuras:

- Figura 10.1 Consigna servomotor 1%
- Figura 10.2 Respuesta del regulador Neyrpic SLG con relè auxiliar R0
- Figura 10.3 Respuesta del regulador Neyrpic SLG con electroválvula BA
- Figura 10.4 Respuesta regulador Neyrpic SLG a consigna posición distribuidor principal
- Figura 10.5 Consigna servomotor 10%
- Figura 10.6 Comportamiento a rampa de consigna servomotor
- Figura 10.7 Consigna velocidad 0.5%
- Figura 10.8 Comportamiento a consigna de disminución
- Figura 10.9 Comportamiento a consigna aumenta-disminuye

10.1 Reportes de operación para arranque de grupo hasta marcha en vacío

En el ANEXO M se muestran el proceso de parada y arranque de SAM G7.

10.2 Proceso de arranque de grupo en automático hasta marcha en vacío

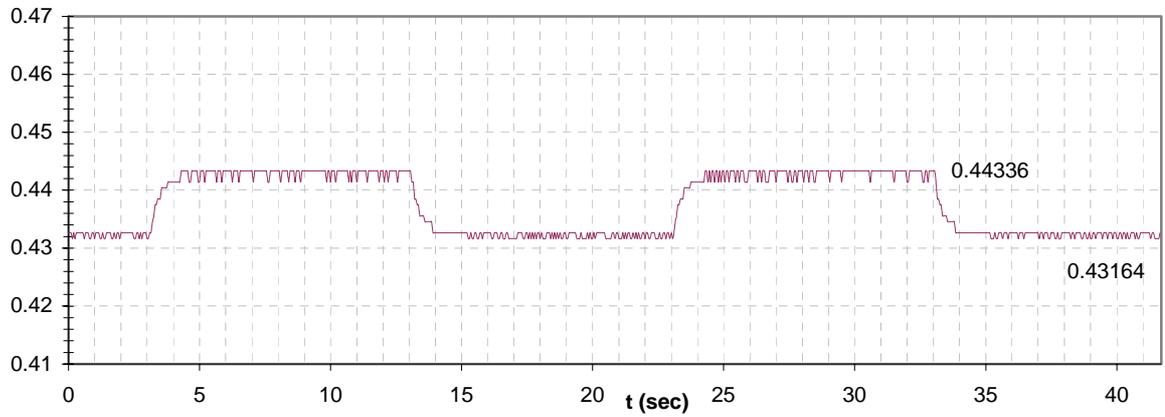
De la Figura 10.10 se muestra el comportamiento de las variables consigna r/ga/frecuencia, posición servomotor y posición distribuidor.

10.3 Proceso de disminución de potencia activa

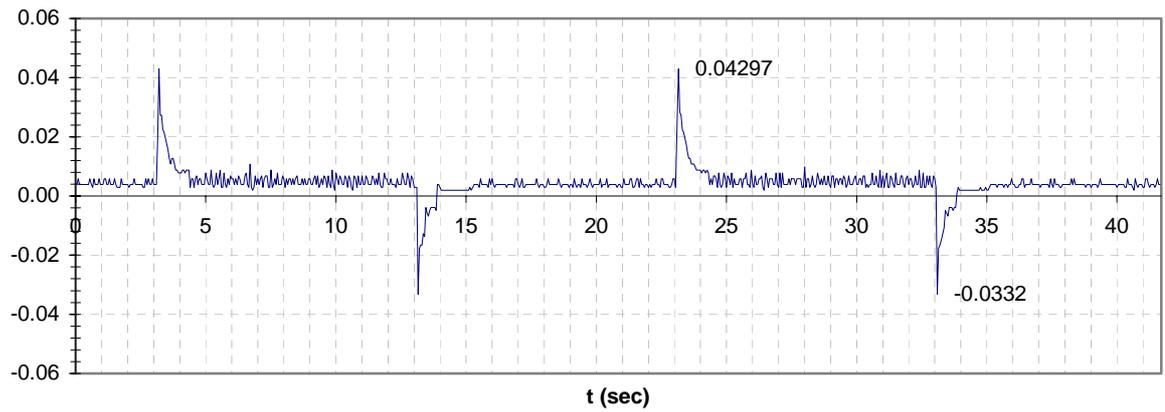
De la Figura 10.11 se muestra el comportamiento de las variables potencia activa, posición servomotor y posición distribuidor.

ESCALON DE 1%

Posición Servomotor



Posición Distribuidor



Comando Actuador

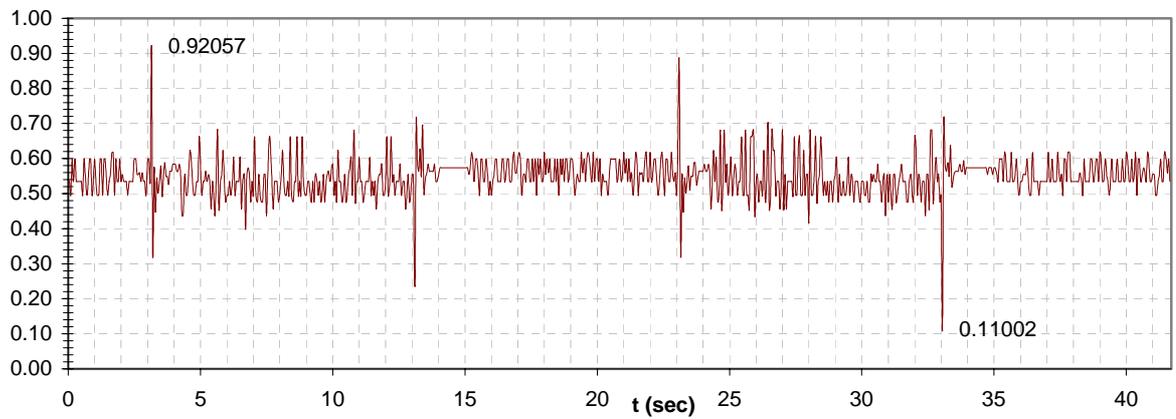


Figura 10.1
CONSIGNA SERVOMOTOR 1%

APERTURA Y CIERRE CON ORDEN DE MARCHA R0

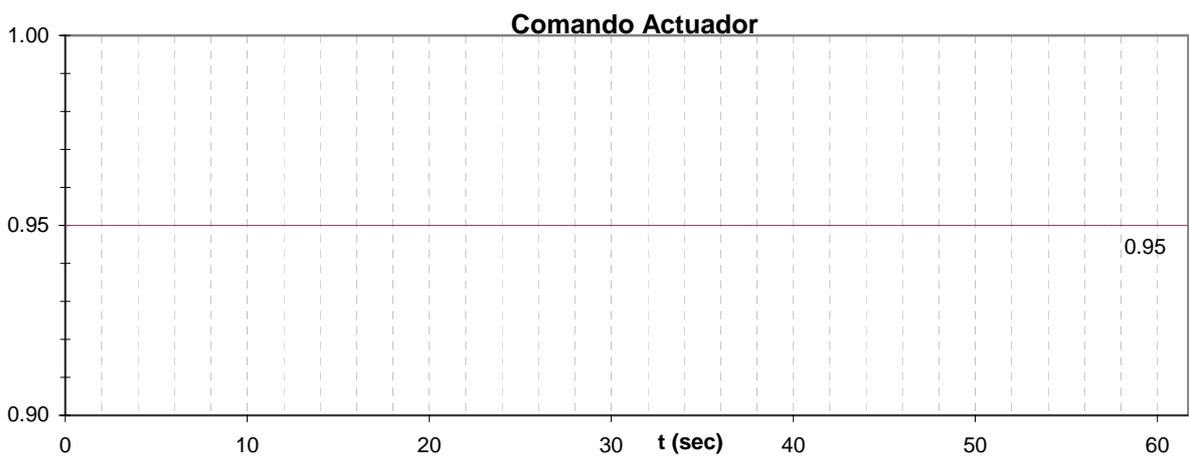
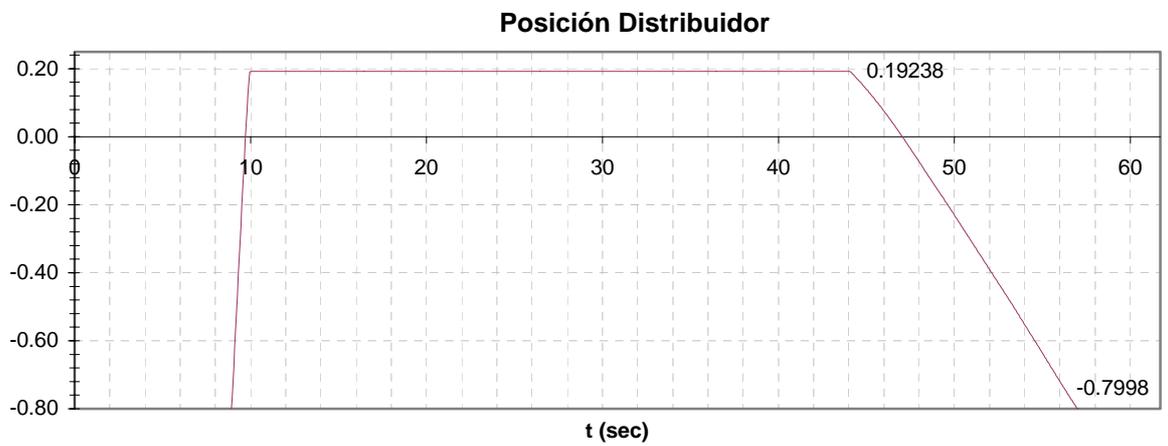
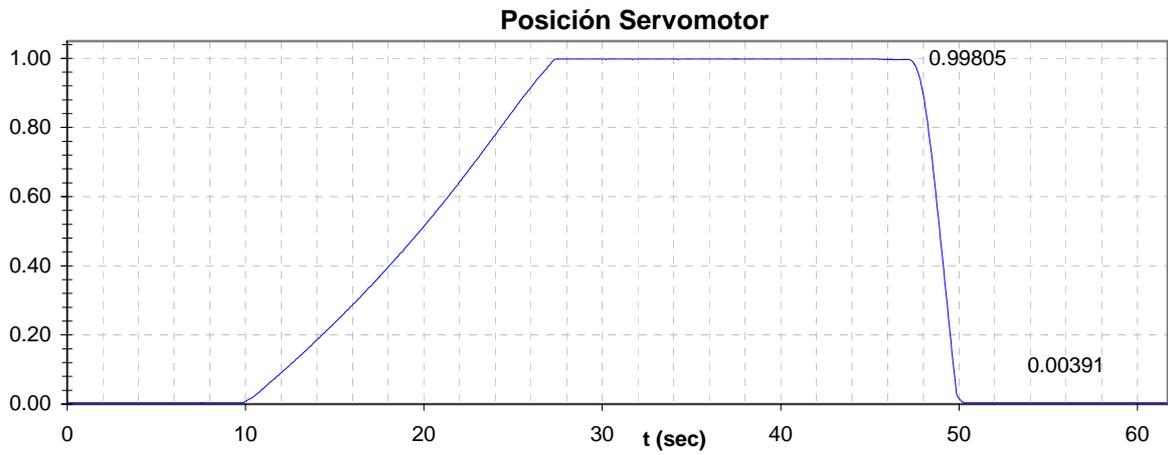


Figura 10.2
RESPUESTA DEL REGULADOR NEYRPIG SLG CON RELE AUXILIAR R0
APERTURA Y CIERRE CON ELECTROVALVULA DE SEGURIDAD

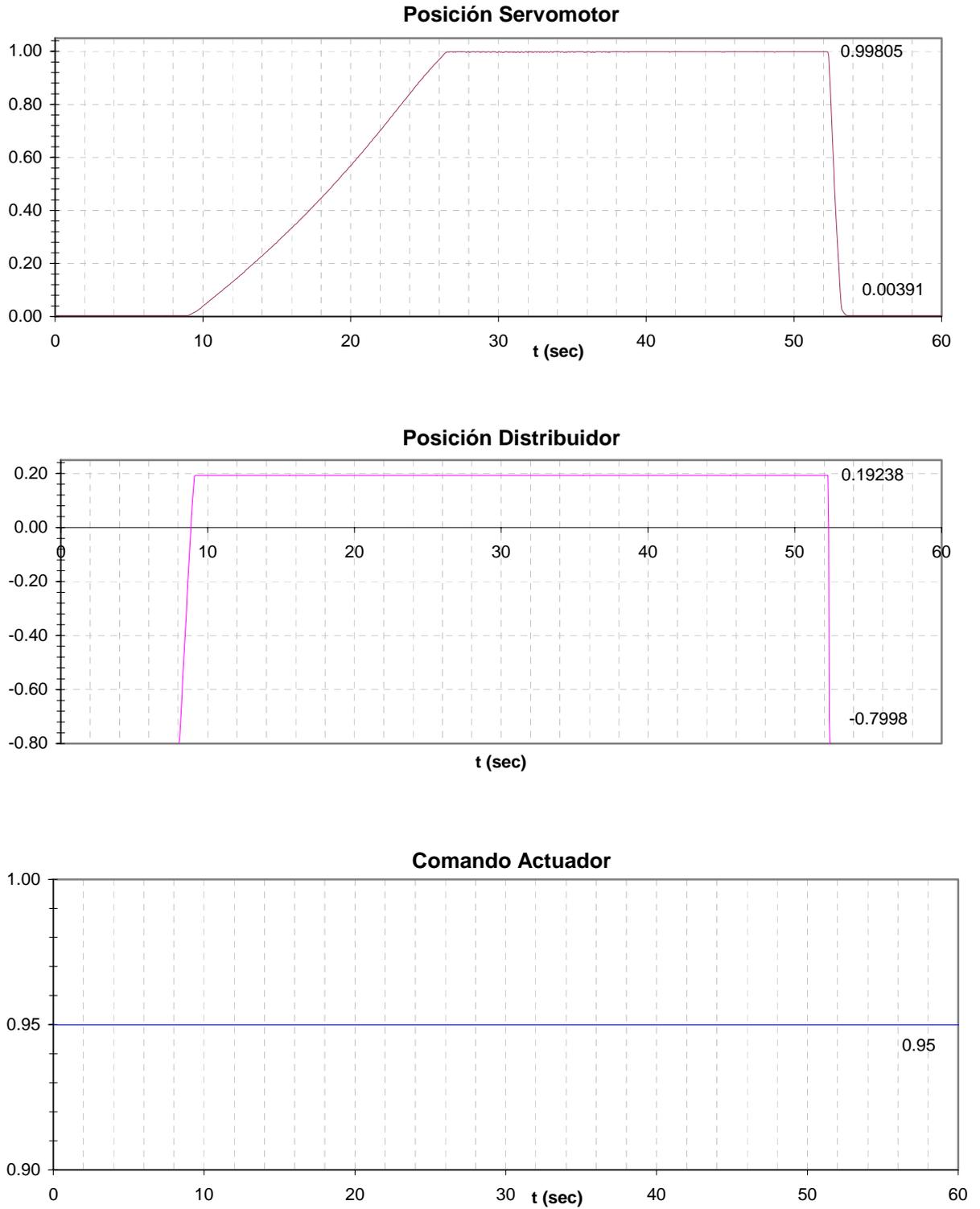
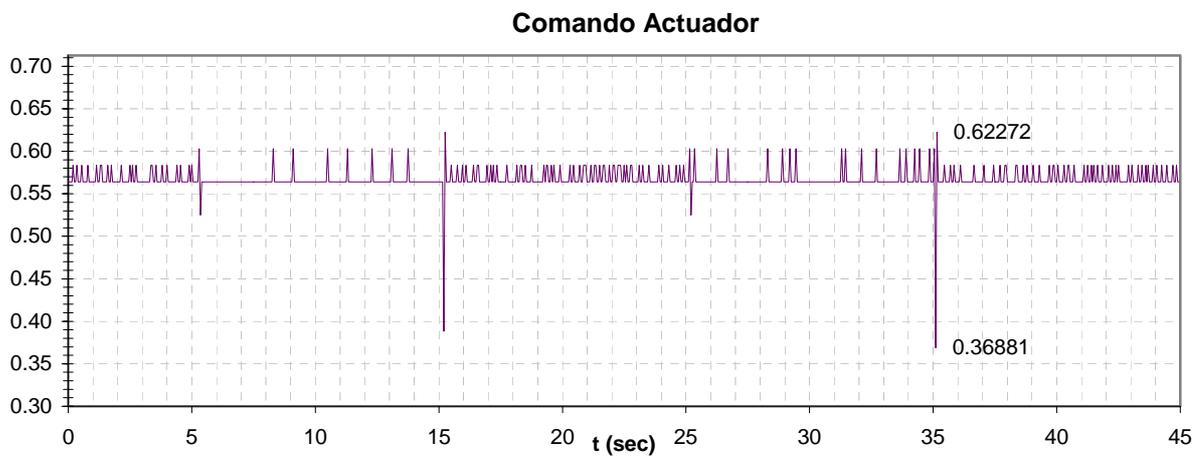
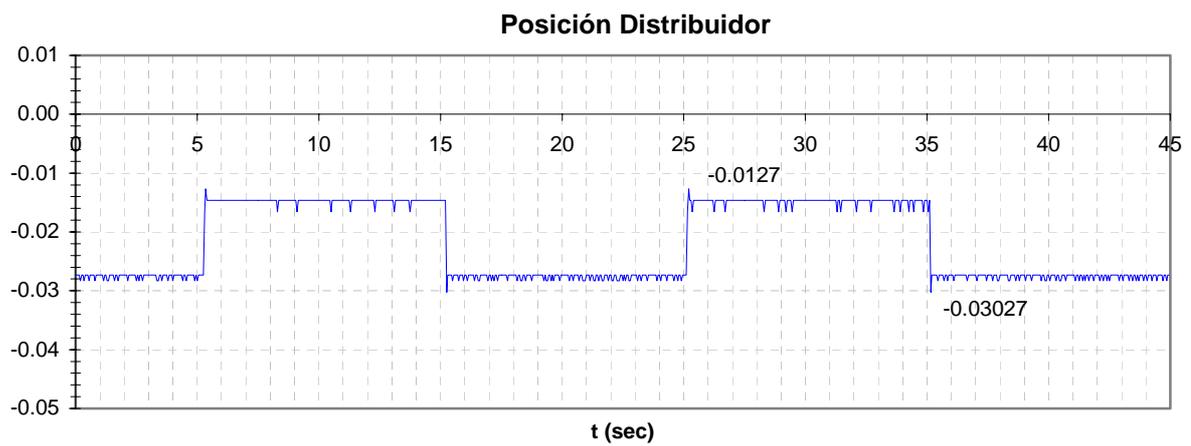
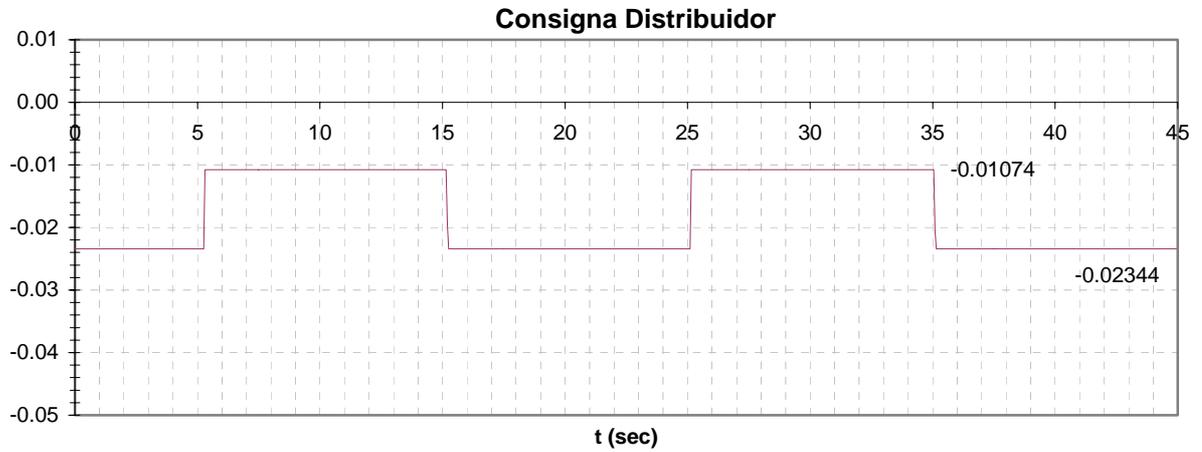


Figura 10.3

**RESPUESTA DEL REGULADOR NEYRPIC SLG CON ELECTROVÁLVULA BA
ESCALON DE 1%**



**Figura 10.4
RESPUESTA REGULADOR NEYRPIC SLG A CONSIGNA POSICIÓN DISTRIBUIDOR PRINCIPAL**

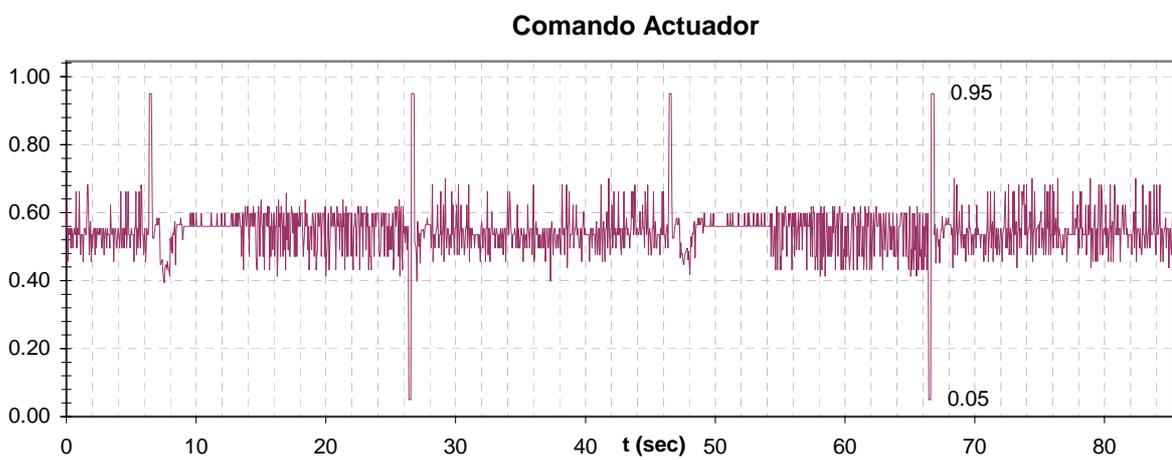
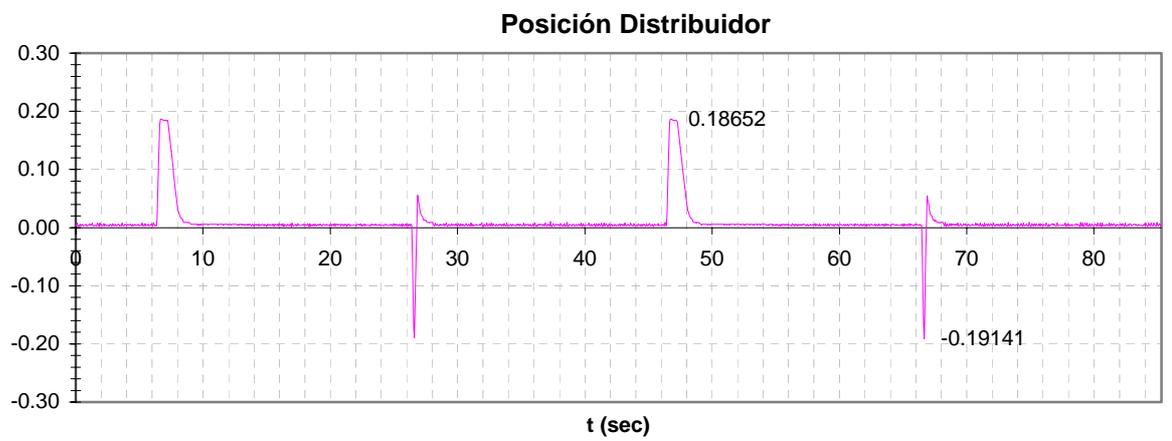
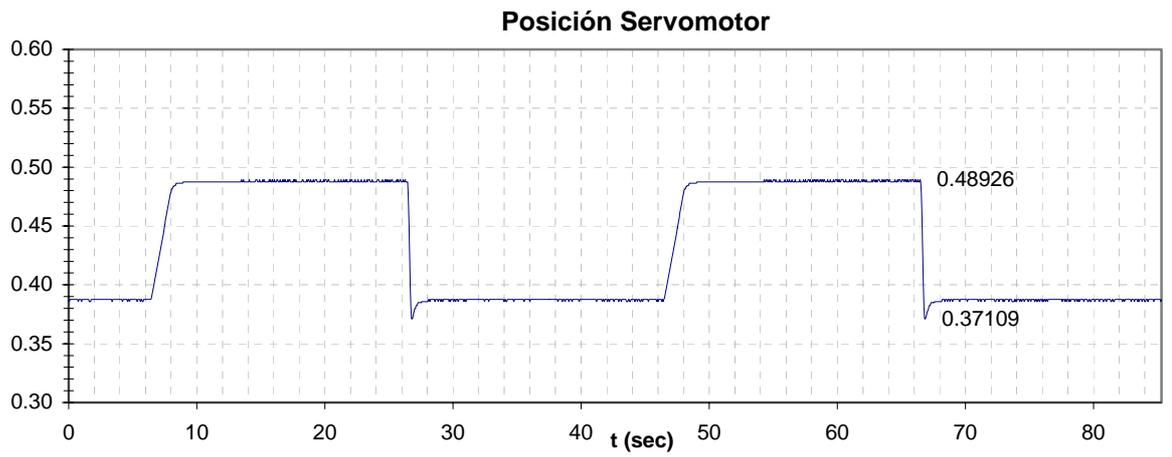


Figura 10.5
CONSIGNA SERVOMOTOR 10%

RESPUESTA A UNA RAMPA

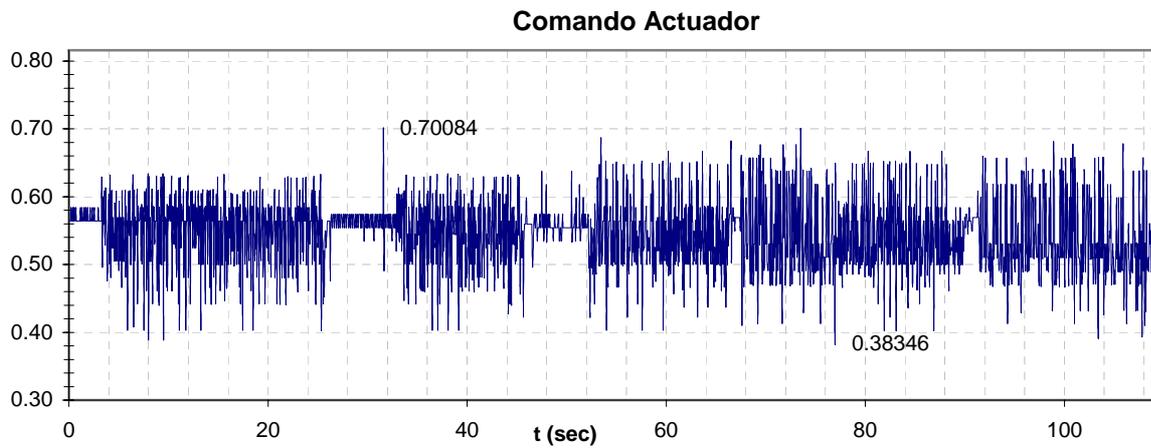
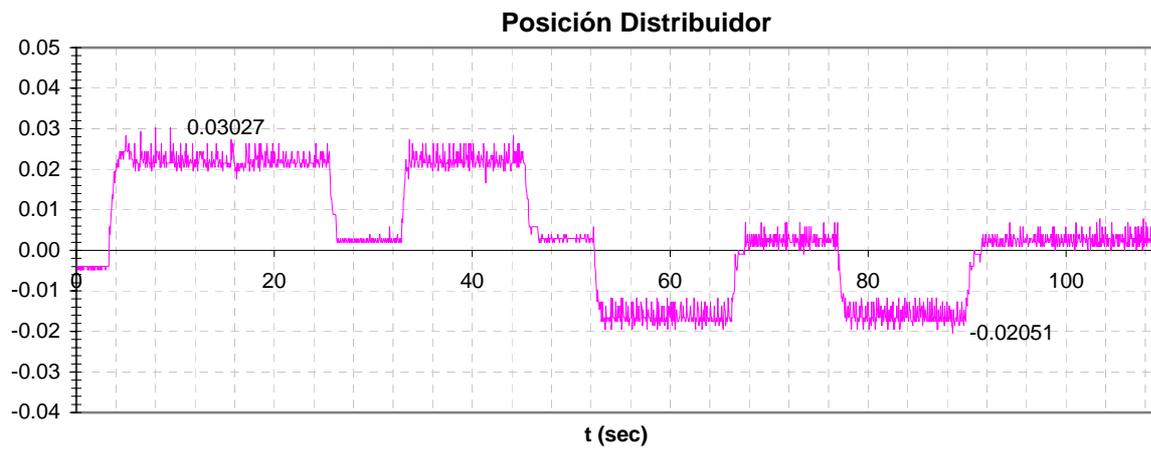
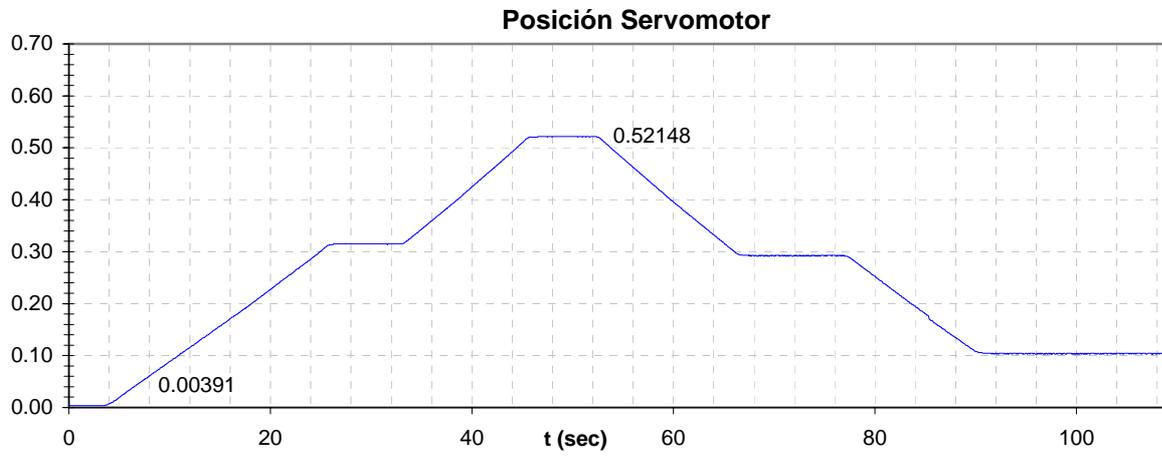


Figura 10.6
COMPORTAMIENTO A RAMPA DE CONSIGNA SERVOMOTOR

ESCALON DE VELOCIDAD 0.5%.

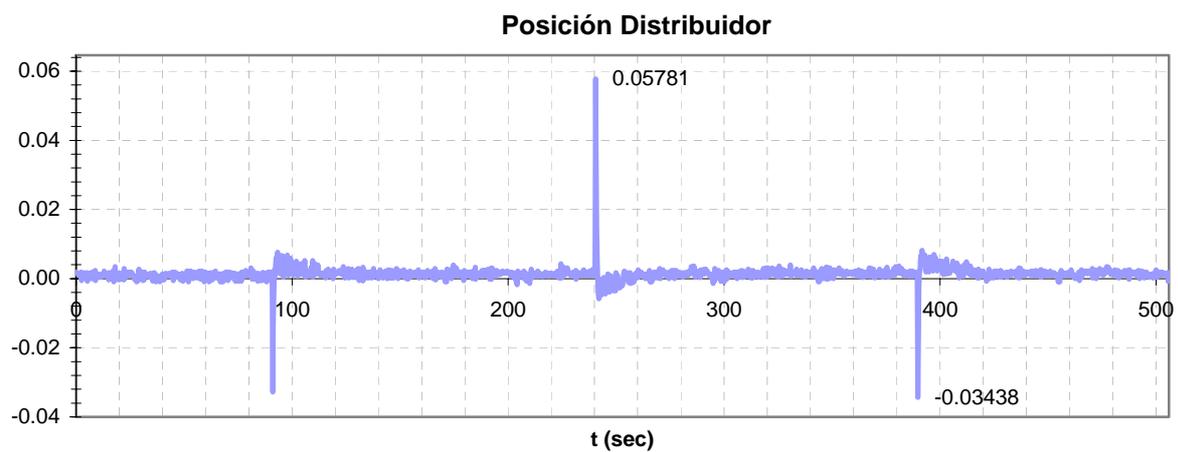
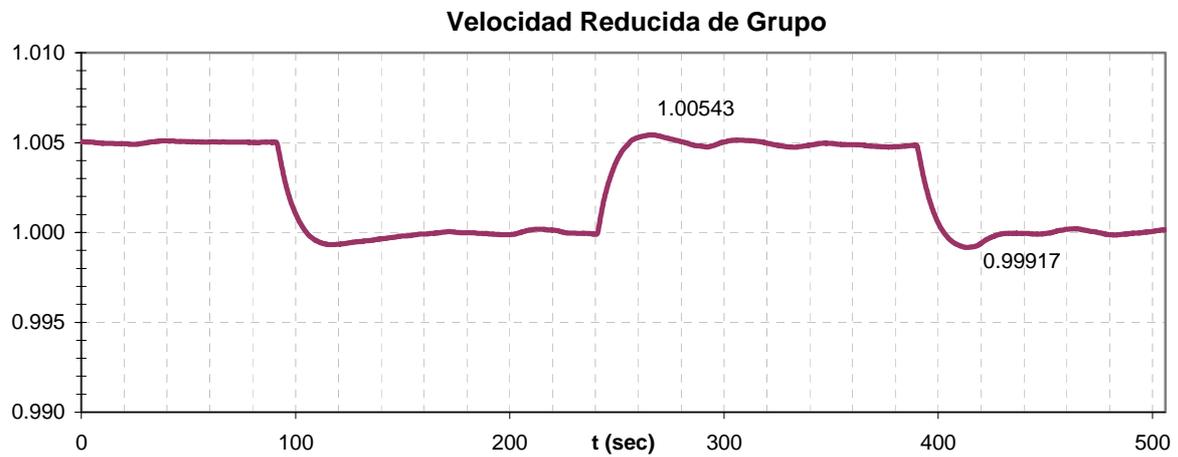
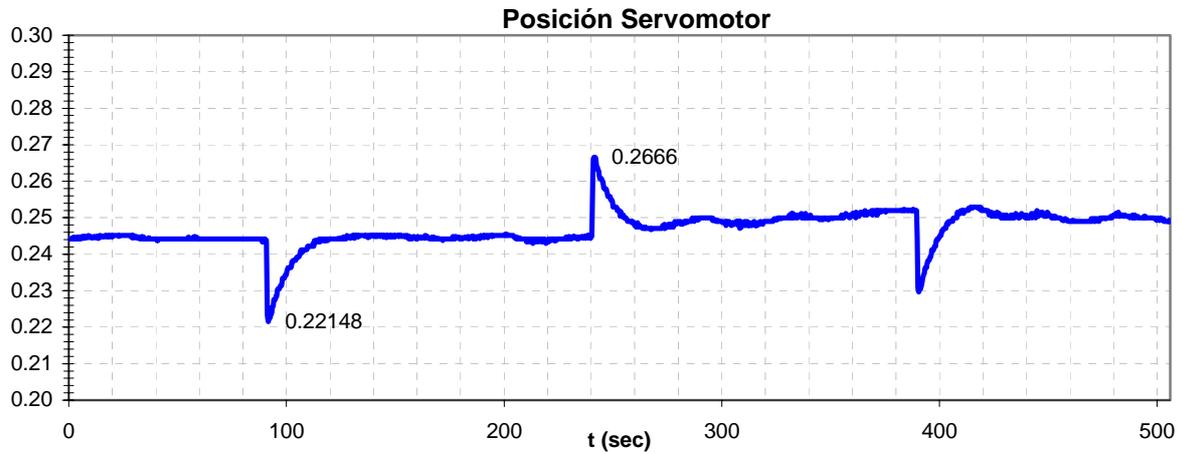


Figura 10.7
CONSIGNA VELOCIDAD 0.5%

DISMINUYE RESPECTO AL EQUILIBRIO

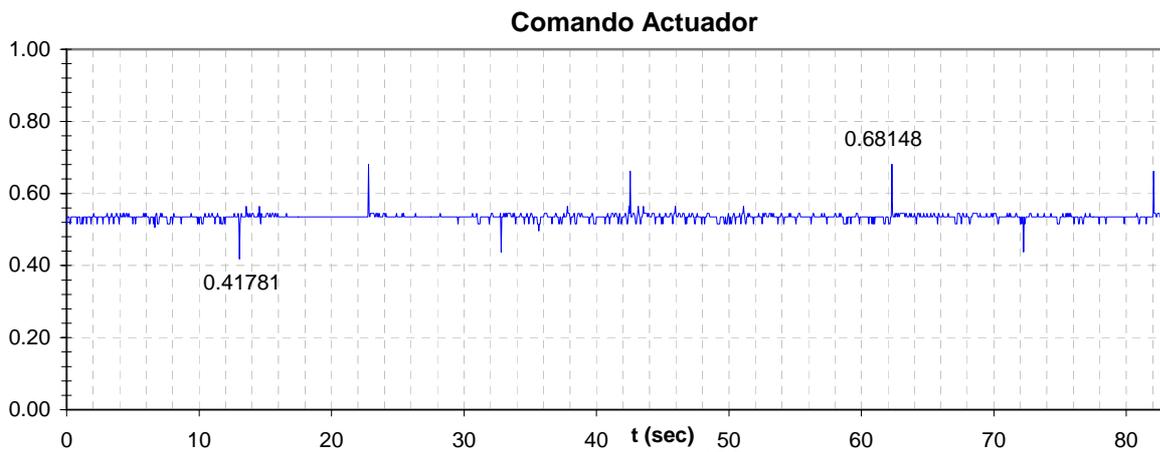
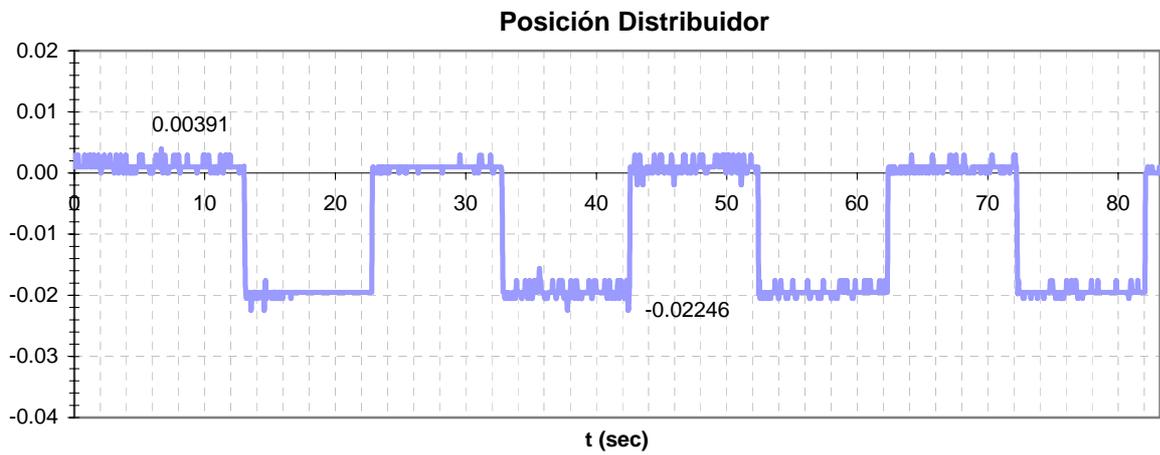
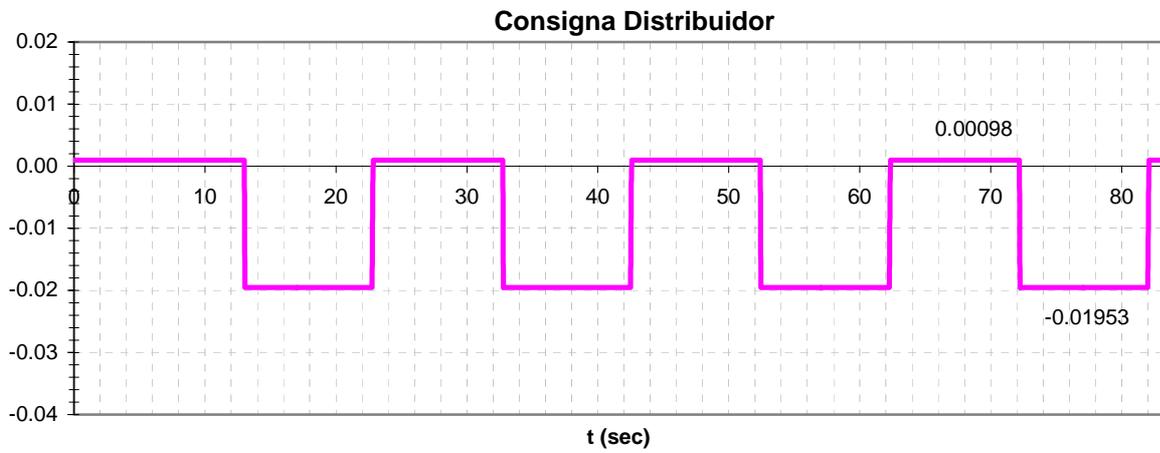


Figura 10.9
COMPORTAMIENTO A CONSIGNA DE DISMINUCIÓN

AUMENTA / DISMINUYE ALREDEDOR DEL EQUILIBRIO

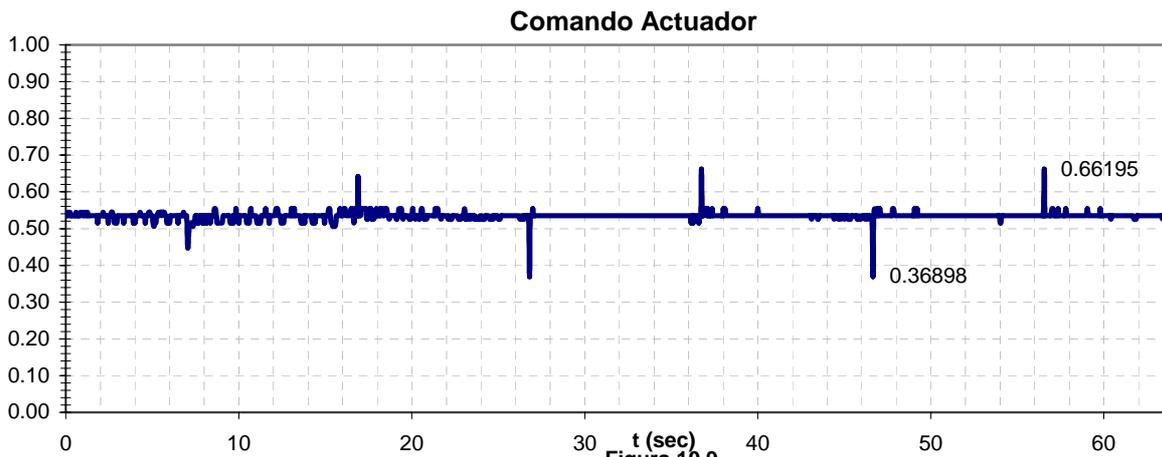
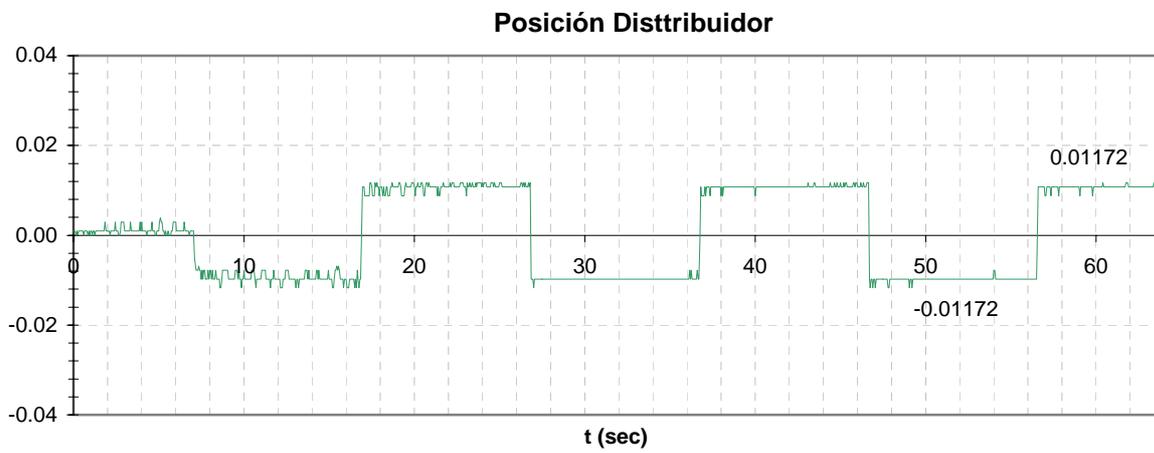
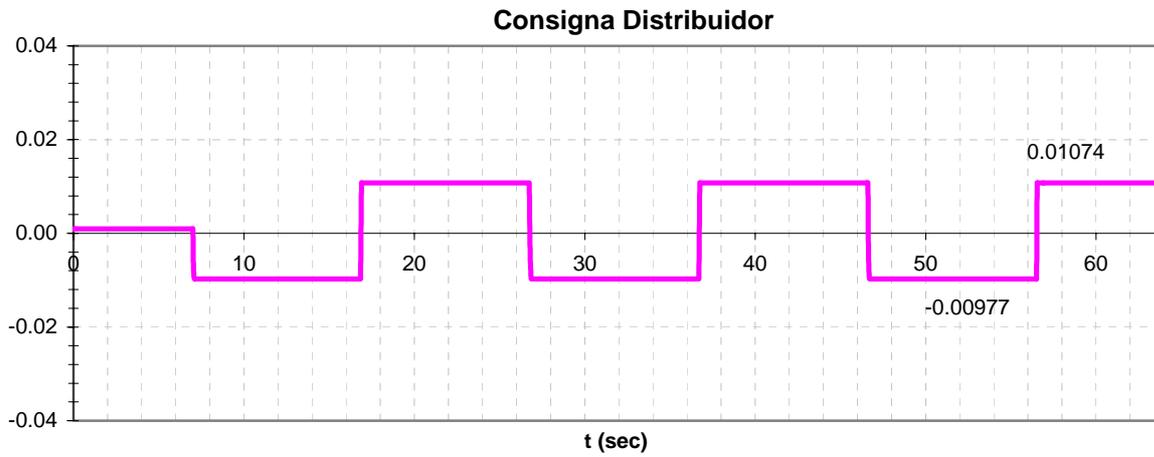
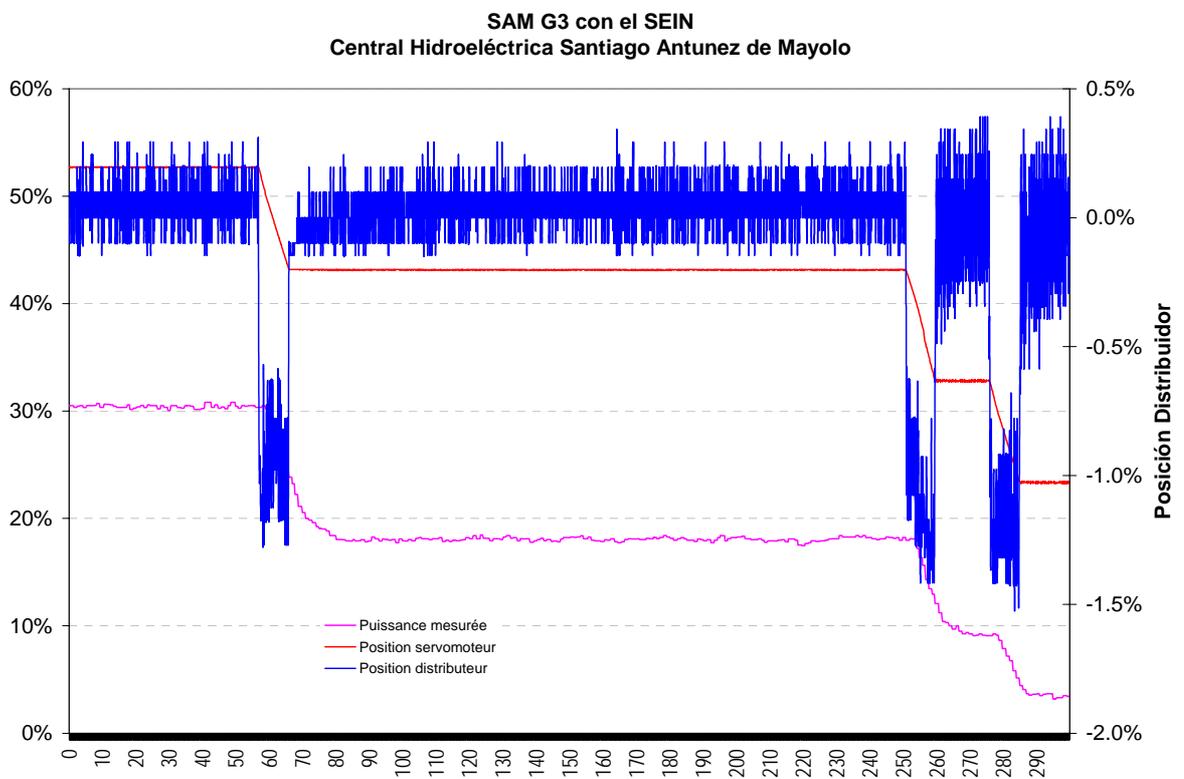
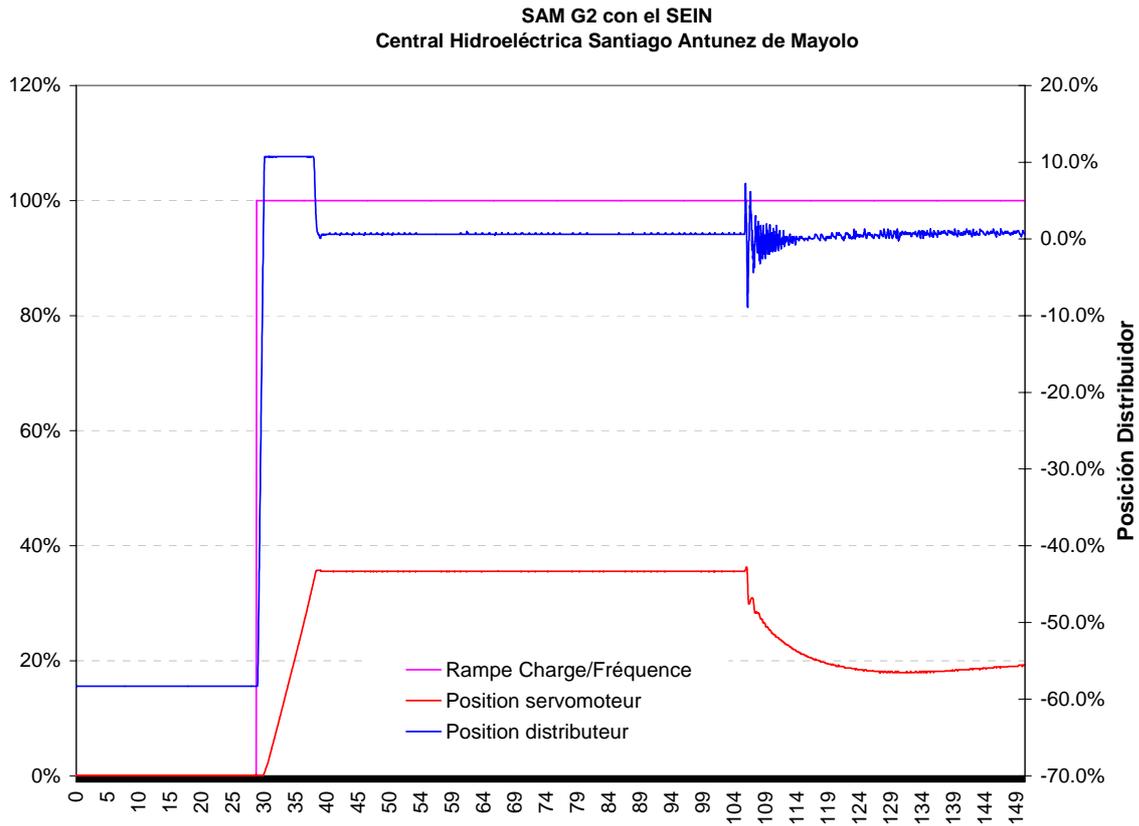


Figura 10.9
COMPORTAMIENTO A CONSIGNA AUMENTA-DISMINUYE



CONCLUSIONES

1. Reducción de tiempos de indisponibilidad de los grupos por intervención de mantenimientos e incremento de confiabilidad de los equipos de control.
2. La nueva lógica de supervisión y control nos permitirá contar con una participación mínima de personal de turno.
3. Nos permite contar con registros en tiempo real de los parámetros de cada componente además de contar con una base de datos histórico para fines de evaluación y diagnóstico posterior.
4. El actuador TR10 reemplaza al transductor de bobina móvil, es de característica similar a los distribuidores convencionales de dos posiciones y de comando eléctrico, la diferencia está en que su eje ó rotor gira en forma constante por acción de la misma presión de aceite del circuito de mando, permitiendo de esta manera mantenerse sensible a la orden del regulador de velocidad (equivalente al motor vibrador convencional), este componente no requiere de mantenimientos ni puesta a cero.

5. Para la programación de la nueva lógica de operación de los grupos de la Central Mantaro nos permitió conocer el sistema de codificación de identificación de los procesos, para lo cual se eligió el sistema de codificación KKS realizada por el VGB Technical Committee on Technical Classification Systems, que permite implementar 3 tipos de codificación:
 - codificación relativa al proceso (Process - related code)
 - codificación de puntos de instalación (Point of instalation code)
 - codificación de ubicación (Location code)
6. Dentro del proceso de montaje de los nuevos componentes nos permitió conocer la nueva tecnología utilizada para el control del proceso de regulación de velocidad tales como equipos de medición de posición, equipos de medición de nivel de aceite, equipos de medición de presión, etc.
7. La novedad del sistema modernizado respecto al convencional es la retroalimentación de potencia activa desde el controlador al regulador vía comunicación Modbus con lo que se permite el cierre del lazo de regulación de acuerdo a la potencia generada por el grupo. Además por la acción de regulación PID no requiere de señales estabilizantes adicionales como los que tenía el regulador anterior.
8. El regulador hace el control en tres fases de operación del grupo, siendo estas: Arranque, Puesta en paralelo y marcha con carga.
9. Durante el proceso de modernización de los 7 grupos nos permitió participar en el proceso de desmontaje de equipos antiguos, montaje de

equipos nuevos, pruebas preliminares a la puesta en servicio, pruebas de arranque de grupo, pruebas de sincronización manual y automática, pruebas con carga, pruebas de rechazo de carga y pruebas de parada de grupo.

10. Otra función que lo diferencia del antiguo regulador es en el arranque del grupo, a sola orden de arranque al regulador digital desde el controlador, este procesa la información necesaria para aperturar el servomotor deflector hasta llevarlo a la velocidad nominal y su posterior puesta en paralelo.
11. El módulo de frecuencia ADT 1000 recibe la información proveniente del tacómetro a rueda dentada instalada en la parte superior del eje del grupo, procesa la señal y comunica al controlador del grupo los umbrales requeridos para el automatismo de arranque y parada del grupo. Este modulo reemplaza al antiguo generador piloto o generador de imanes permanentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alstom Power Hydraulique, "Manual del regulador digital Neyrpic SLG, Manual de la cadena tacometrica ADT 1000", Grenoble-Francia 2001.
2. Alstom Power Hydraulique, "Manual de capacitación en fábrica", Grenoble – Francia julio 2001.
3. Clases de capacitación en fábrica (Grenoble – Francia), julio 2001.
4. Manual del regulador electromagnético RIVA - EM58
5. Asistencia a curso posgrado, "Power System Stability and Control by Prabha Kundur", San Juan – Argentina Noviembre 6-10/2000.
6. International electrotechnical commission, "International code for the field acceptance tests of hydraulic turbines", IEC.
7. International electrotechnical commission IEC STANDARD, "Guide for commissioning, operation and maintenance of hydraulic turbines", Publication 545 - 1976.
8. International electrotechnical commission IEC STANDARD, "International code for testing of speed governing systems for hydraulic turbines", Publication 308 - 1970.

9. Katsuhiko Ogata, "Ingeniería de control moderna", tercera edición University of Minnesota 1998.
10. Asistencia a curso posgrado, "Despacho Económico en sistemas eléctricos", San Juan – Argentina Junio 2003.

ANEXO A
DIMENSIONES Y DISPOSICIÓN DE EQUIPOS DEL REGULADOR DE VELOCIDAD

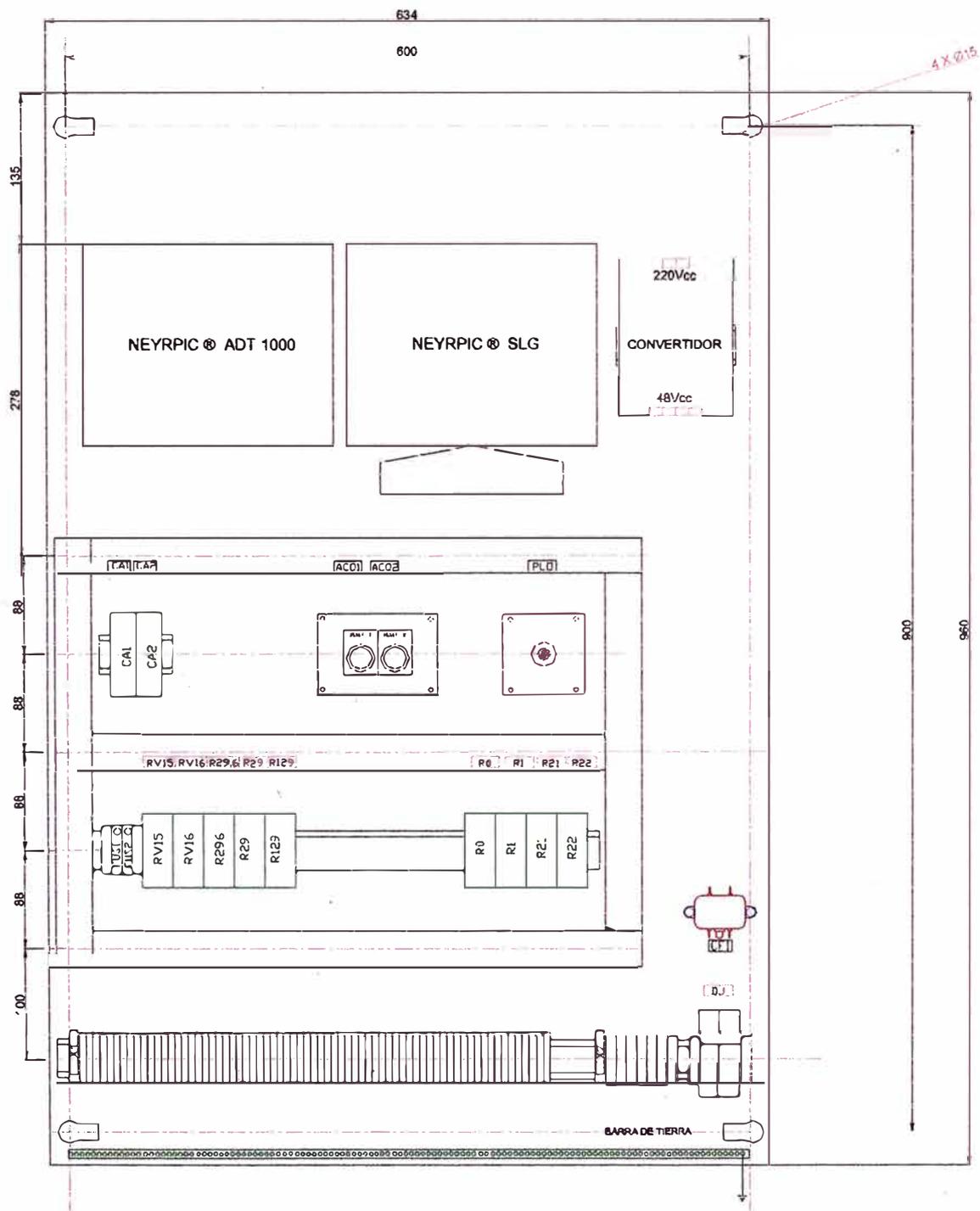


Figura 1/8 Dimensión y disposición del tablero de control del regulador de velocidad

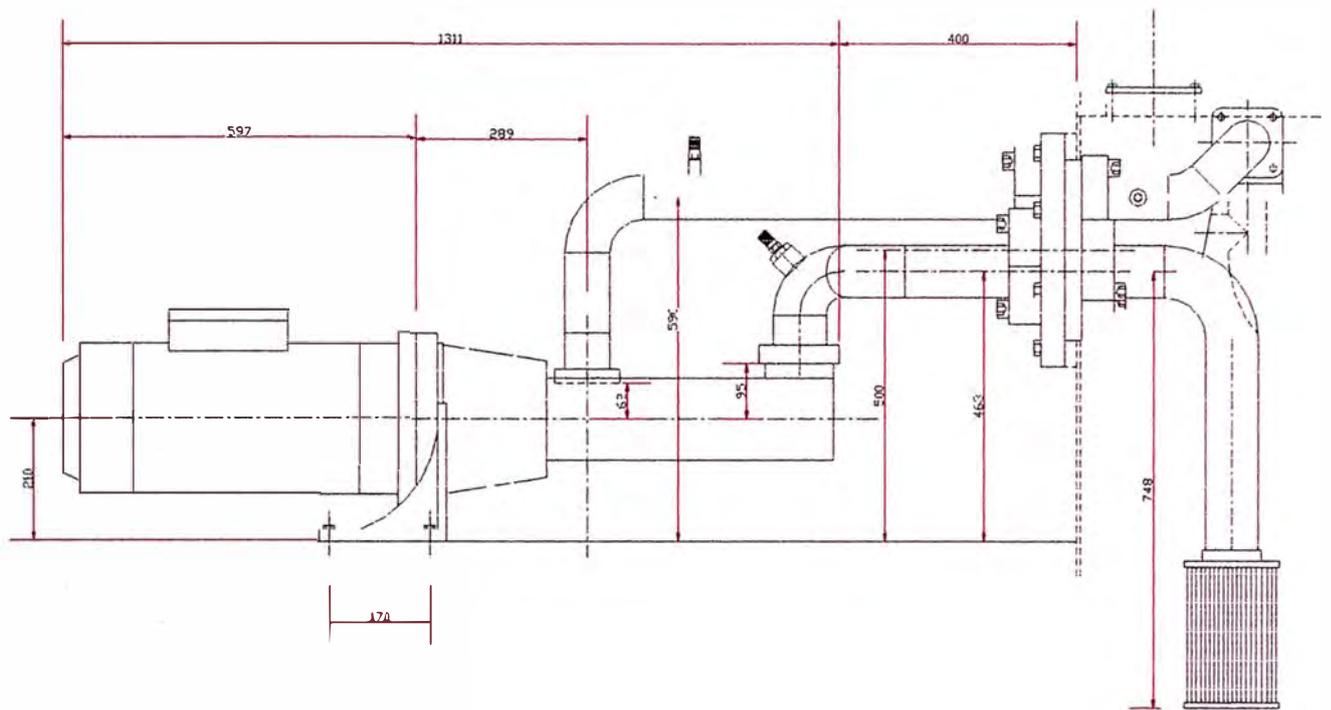


Figura 2/8 Vista de perfil para instalación motobombas

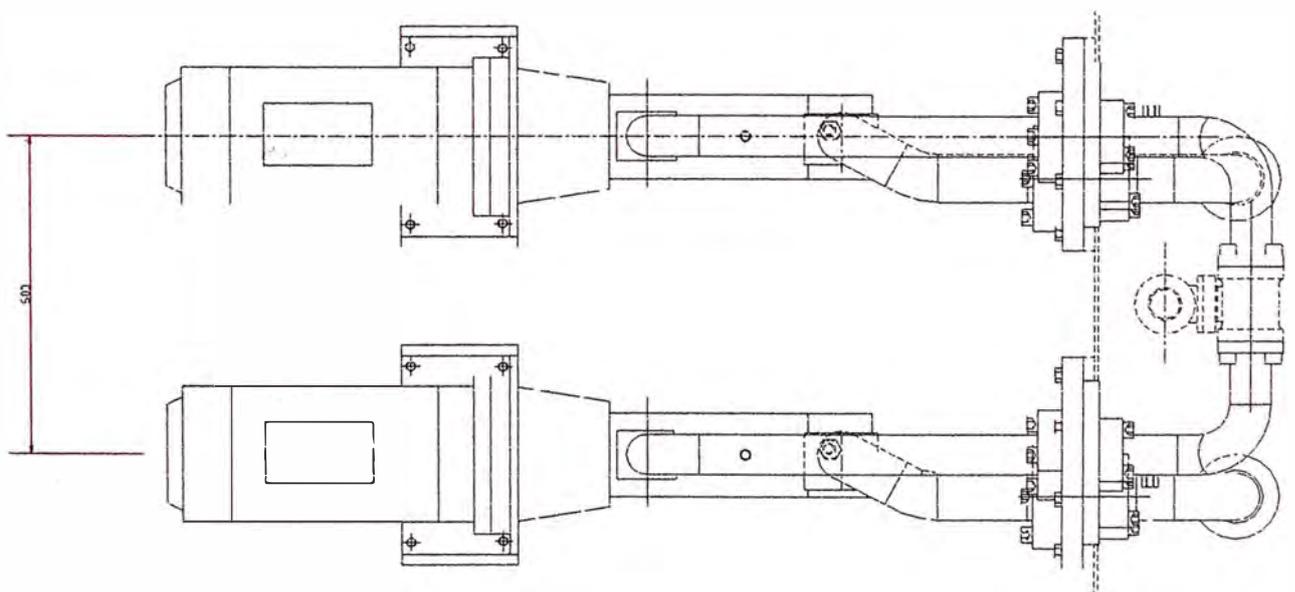


Figura 3/8 Vista de planta para instalación motobombas

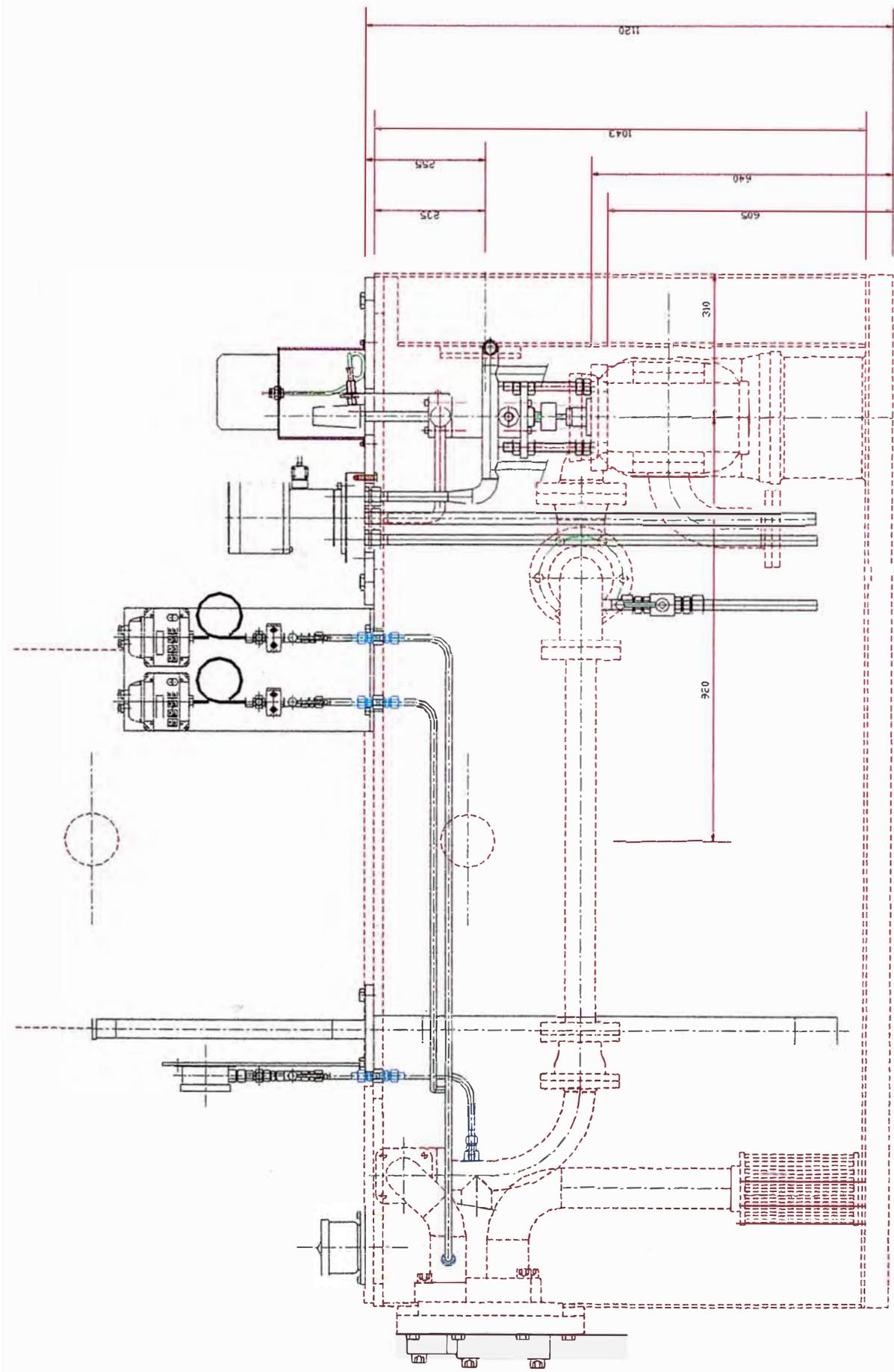


Figura 4/8 Vista frontal del circuito de fuerza

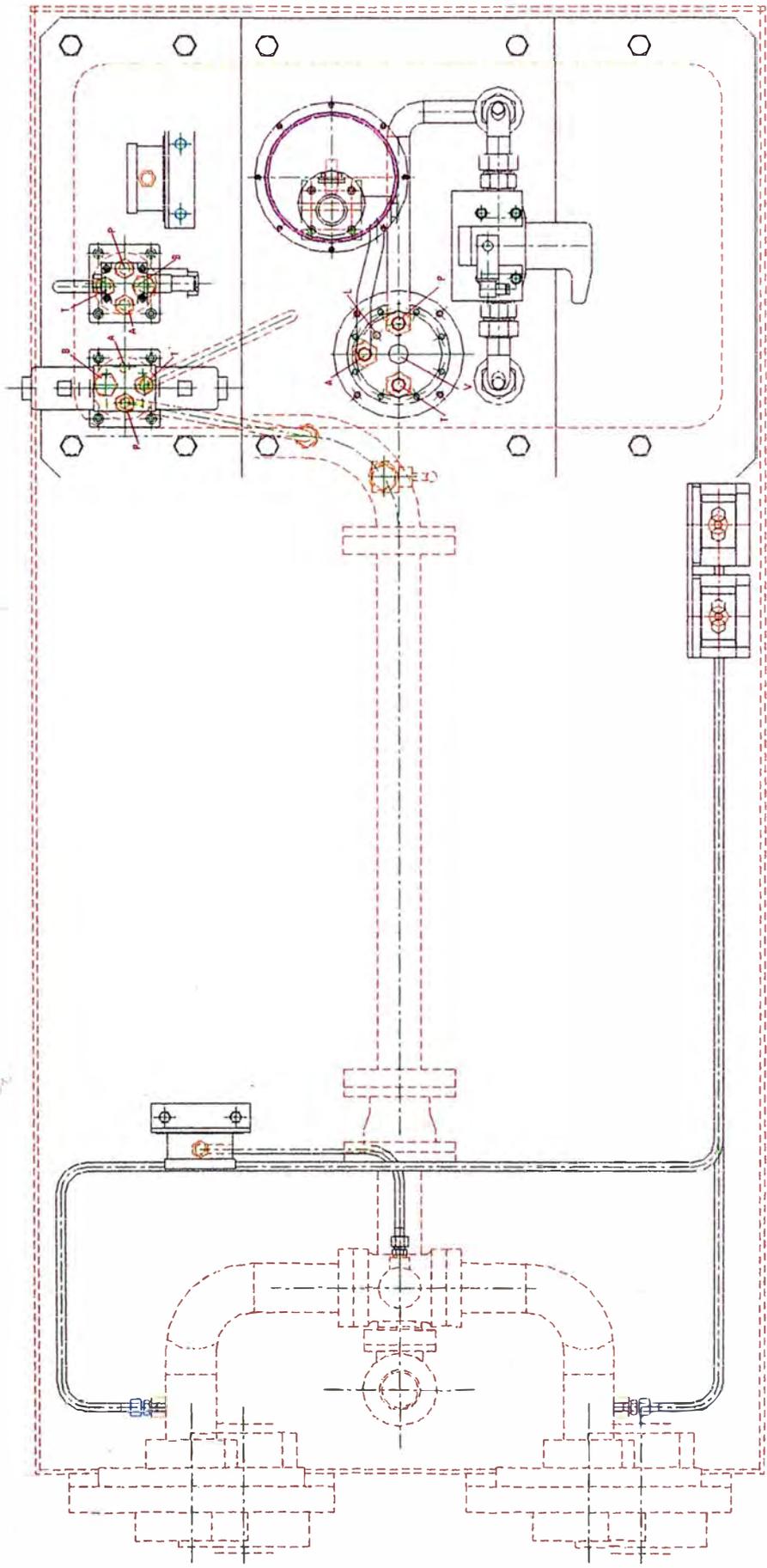


Figura 5/8 Vista de planta circuitos de fuerza

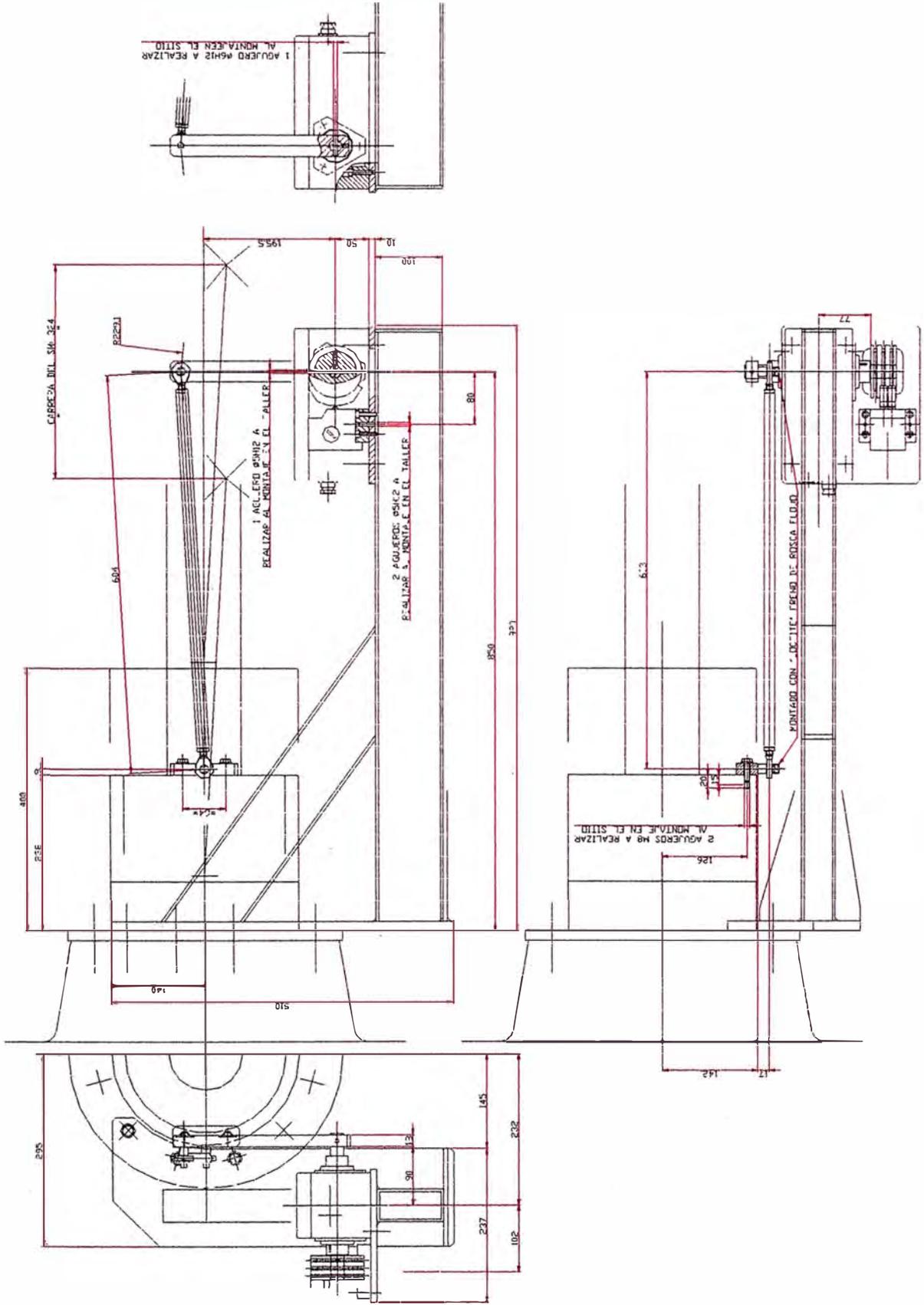


Figura 6/8 Instalación de dispositivo de proximidad para posición servomotor

ANEXO B
SISTEMA OLEODINAMICO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD

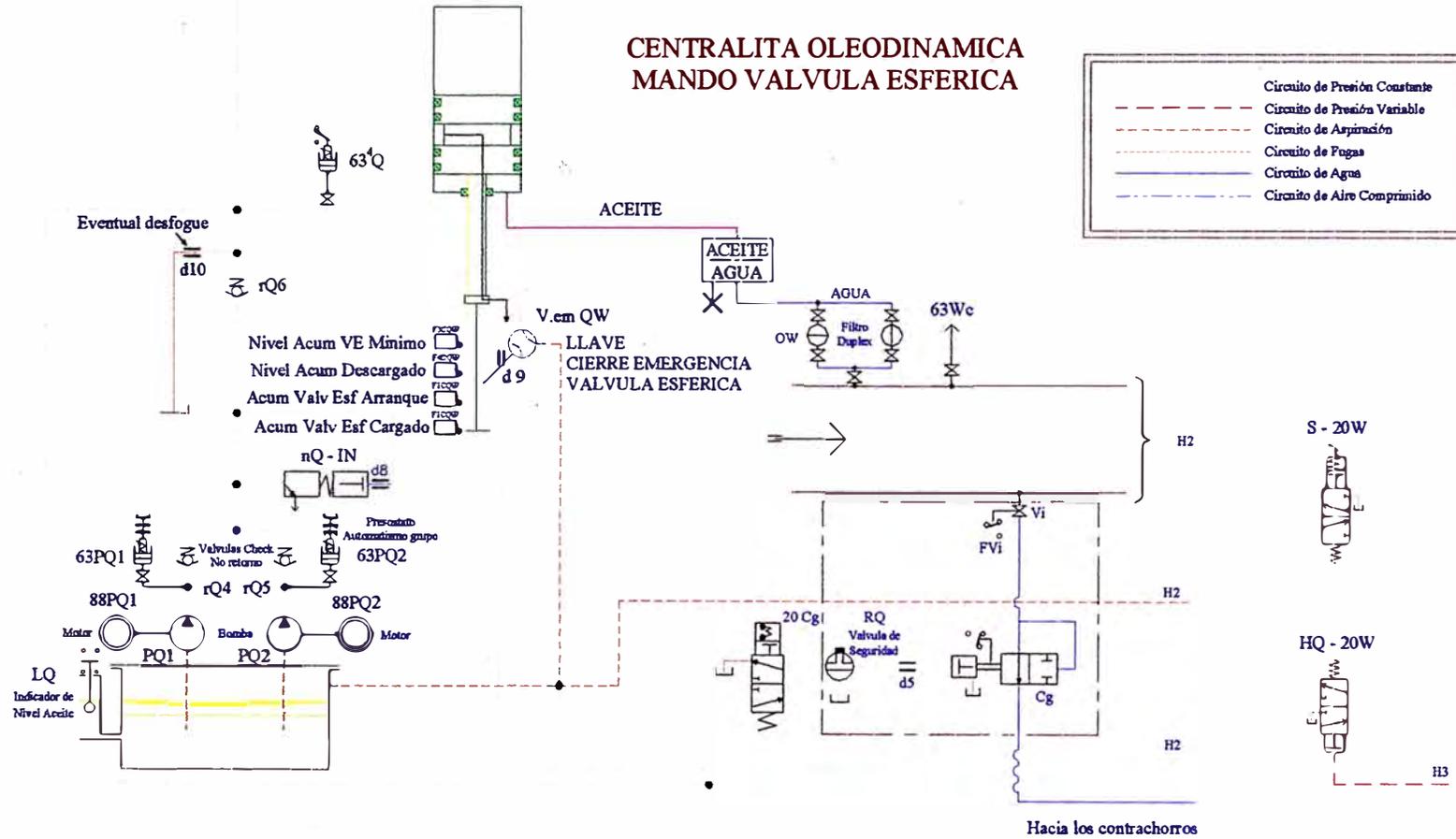


Figura 1/5 Esquema oleodinámico

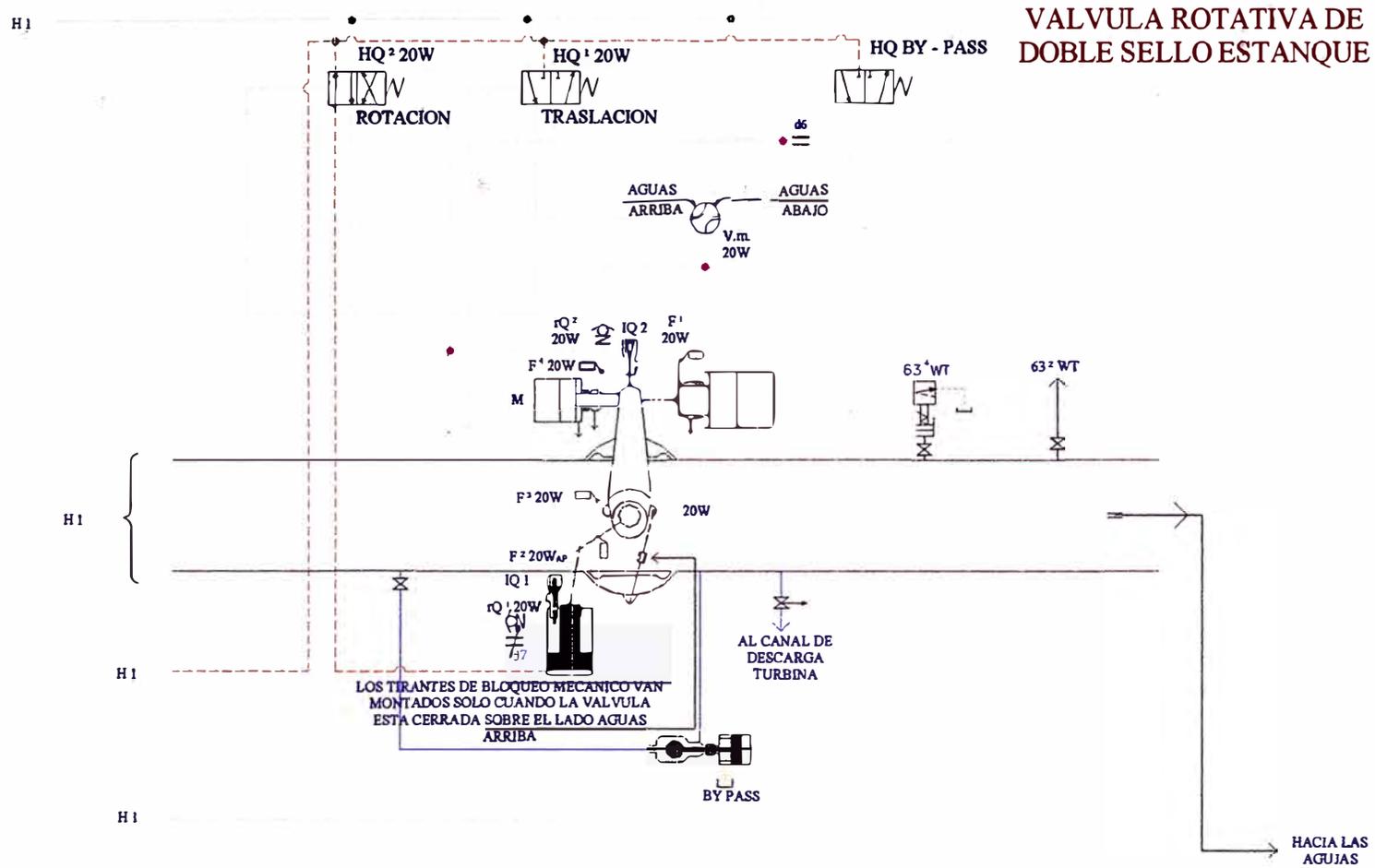


Figura 2/5 Esquema oleodinámico

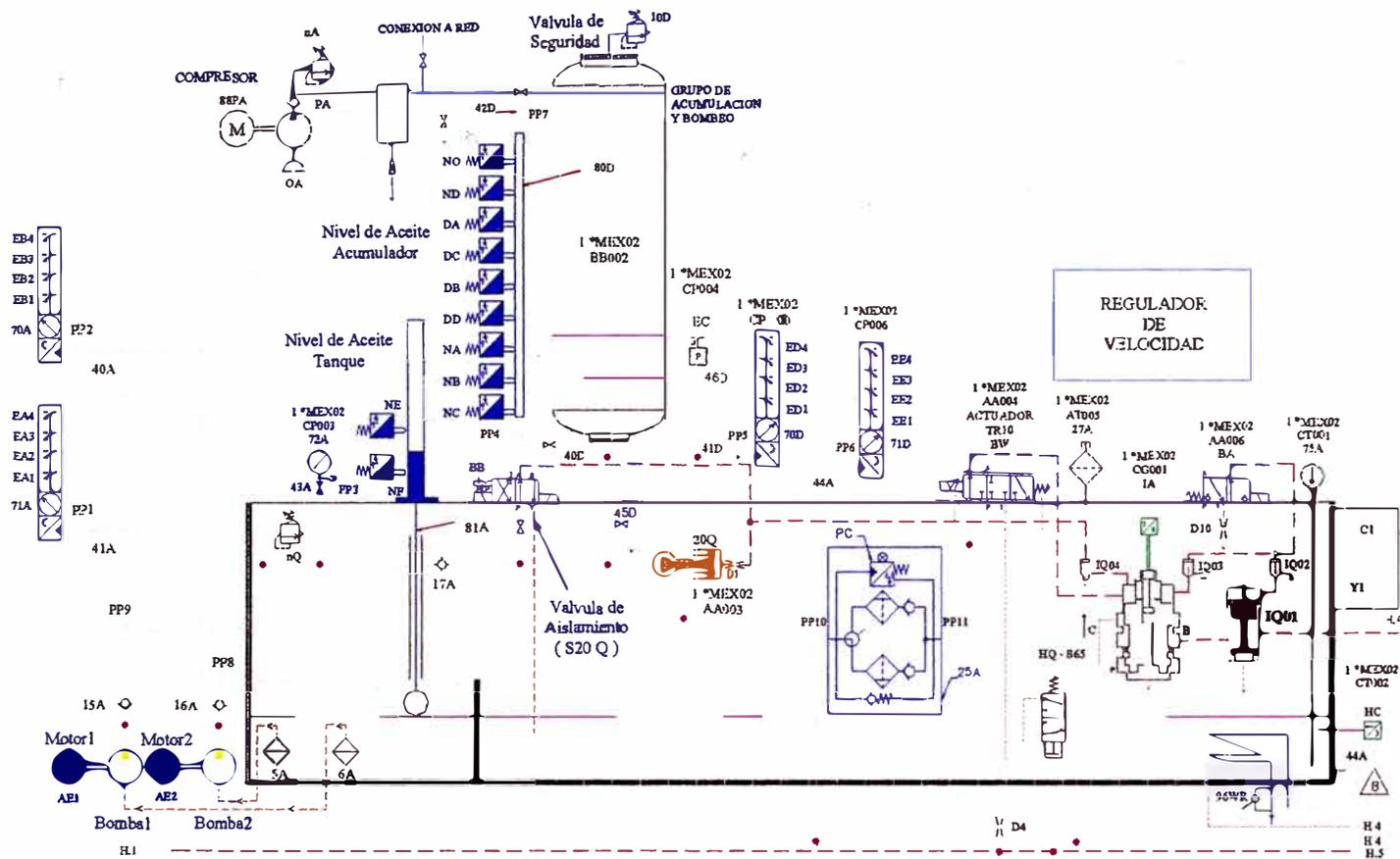


Figura 3/5 Esquema oleodinámico

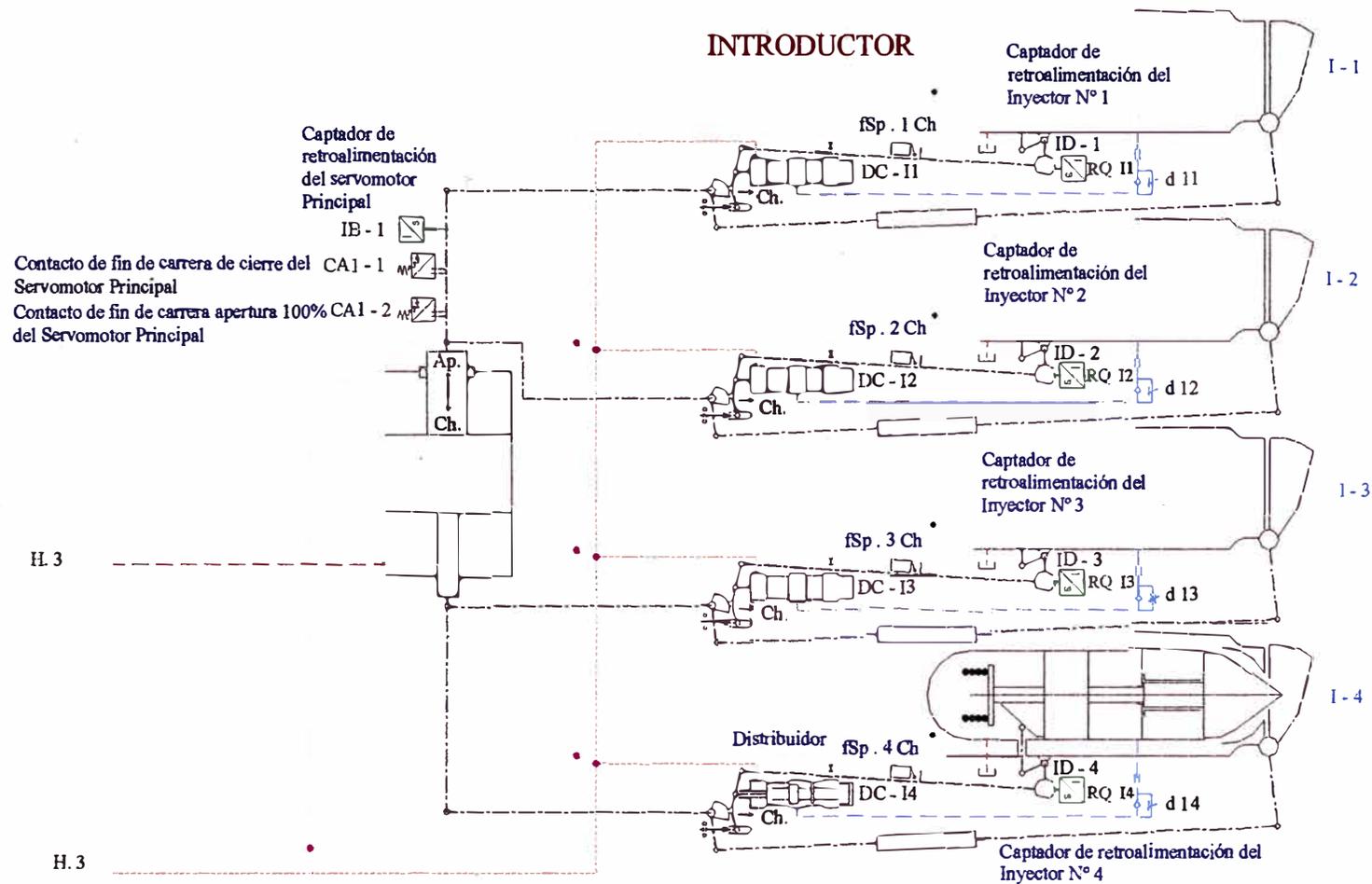


Figura 4/5 Esquema oleodinámico

PILETA DE SUSPENSION TIPO MICHELL COMBINADA

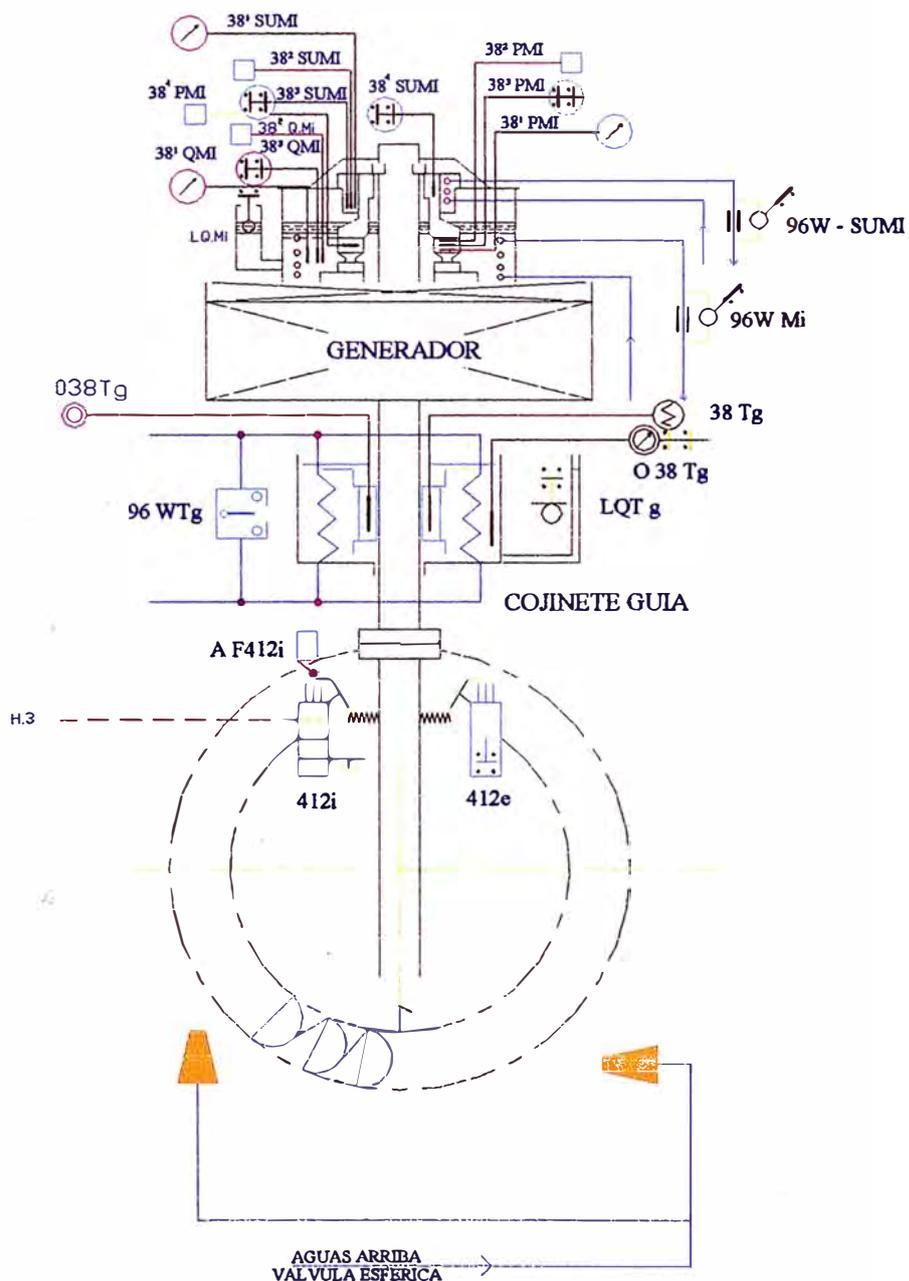
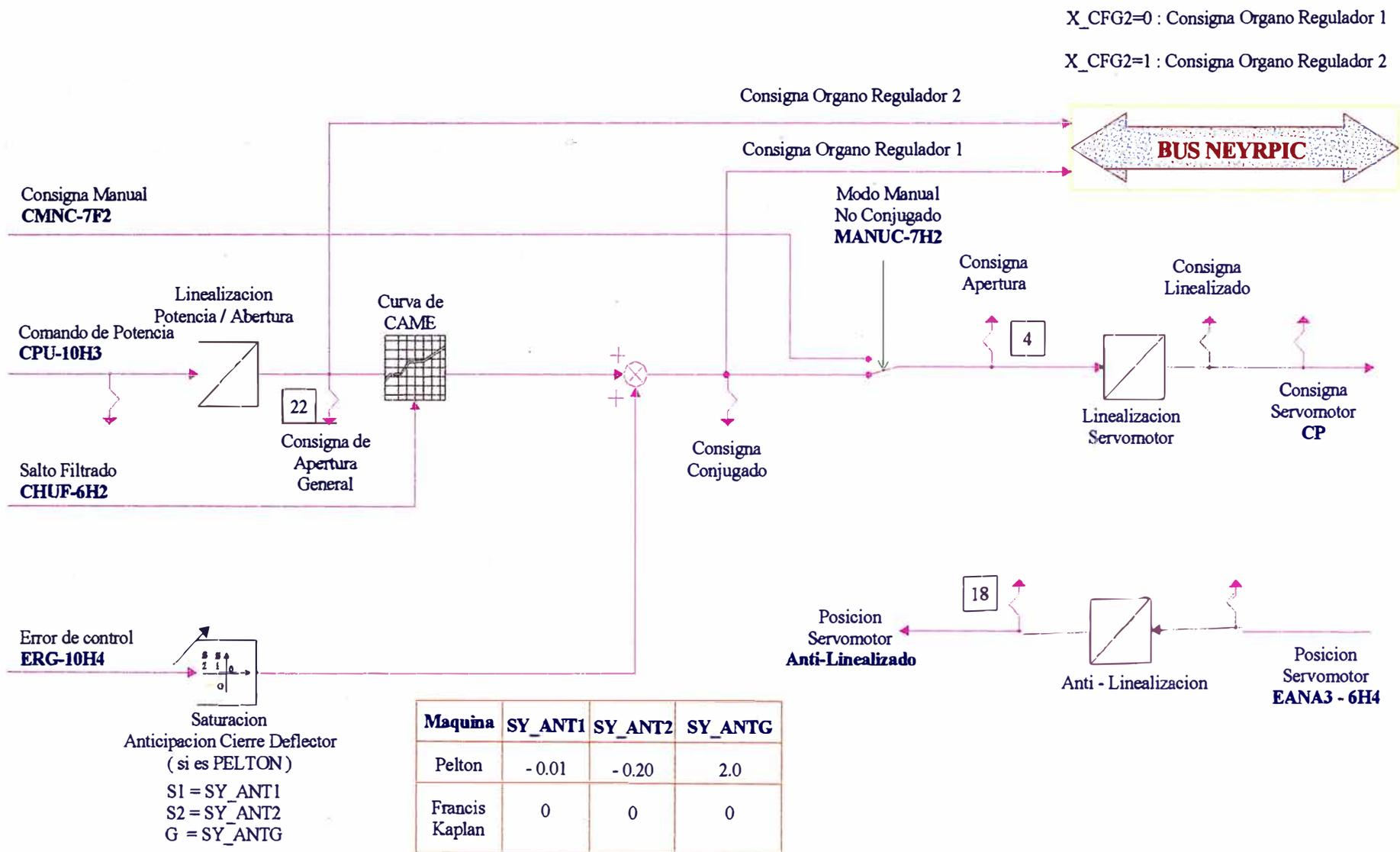


Figura 5/5 Esquema oleodinámico

ANEXO C
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL NUEVO REGULADOR DIGITAL DE
VELOCIDAD NEYRPIC



Maquina	SY_ANT1	SY_ANT2	SY_ANTG
Pelton	-0.01	-0.20	2.0
Francis Kaplan	0	0	0

Figura 1/16 Esquema de entradas continuas del Regulador Neyrpic SLG

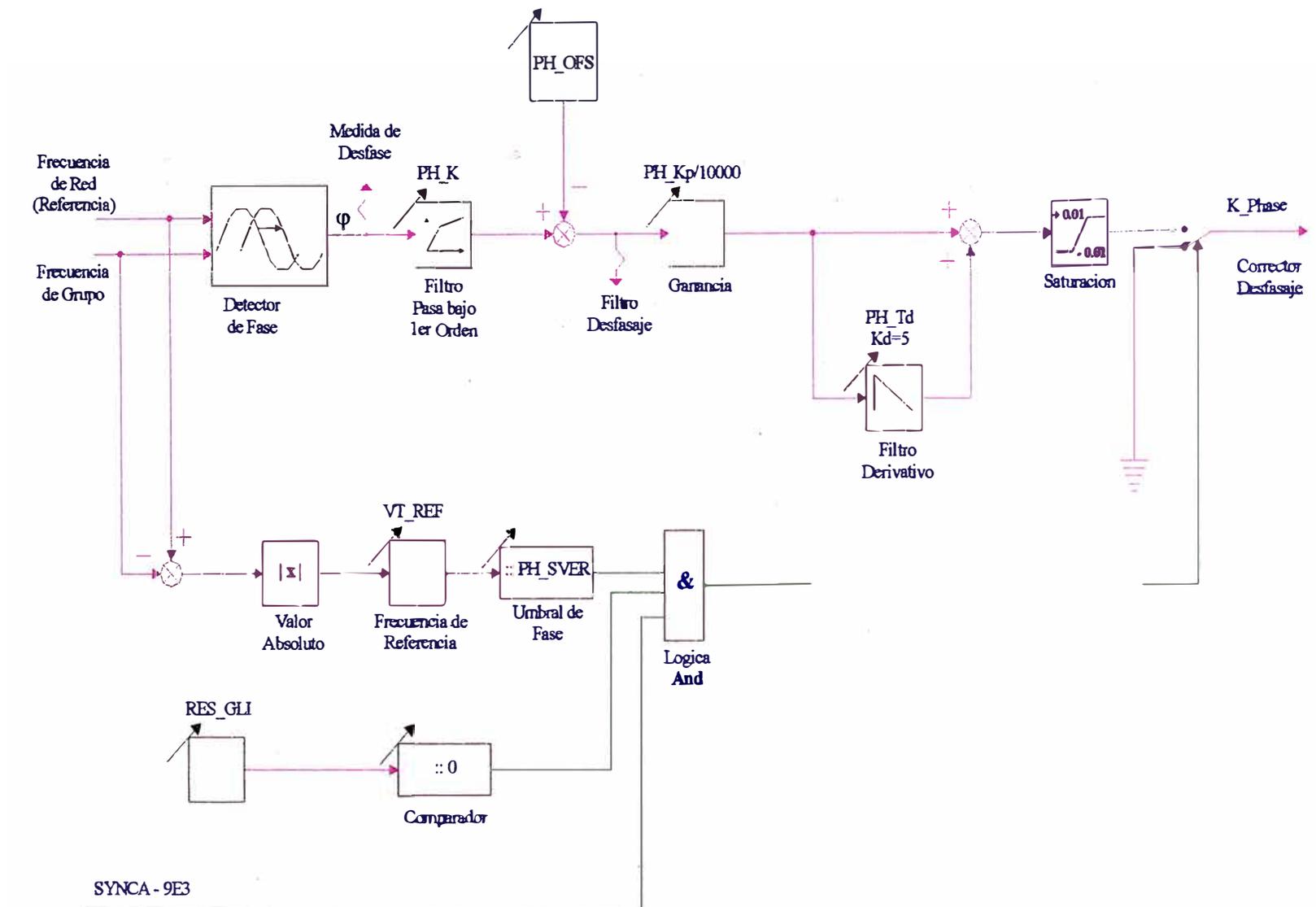


Figura 2/16 Esquema de modo manual Regulator Neyrpic SLG

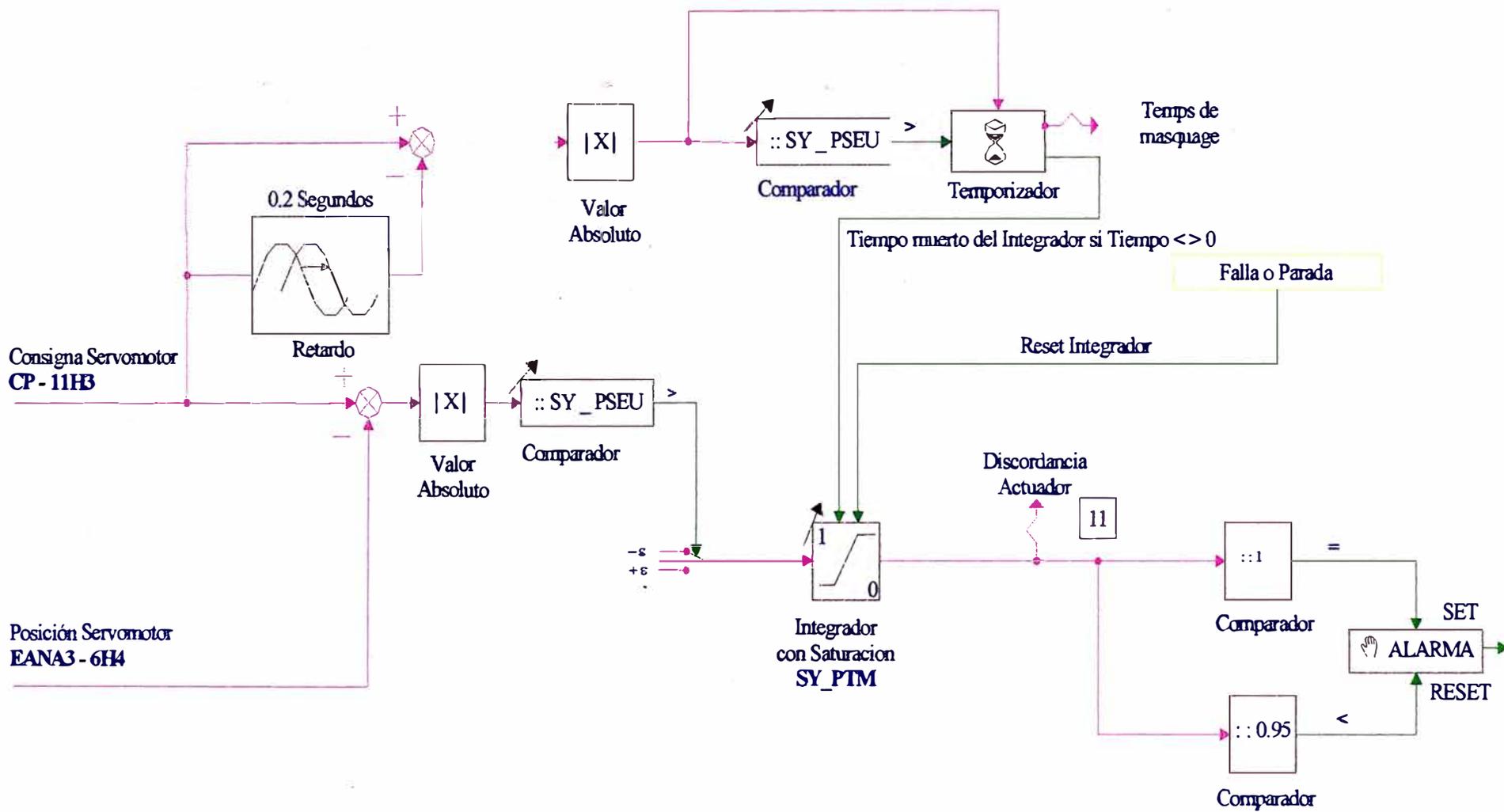


Figura 3/16 Esquema de consigna Carga/Frecuencia Regulador Neyrpic SLG

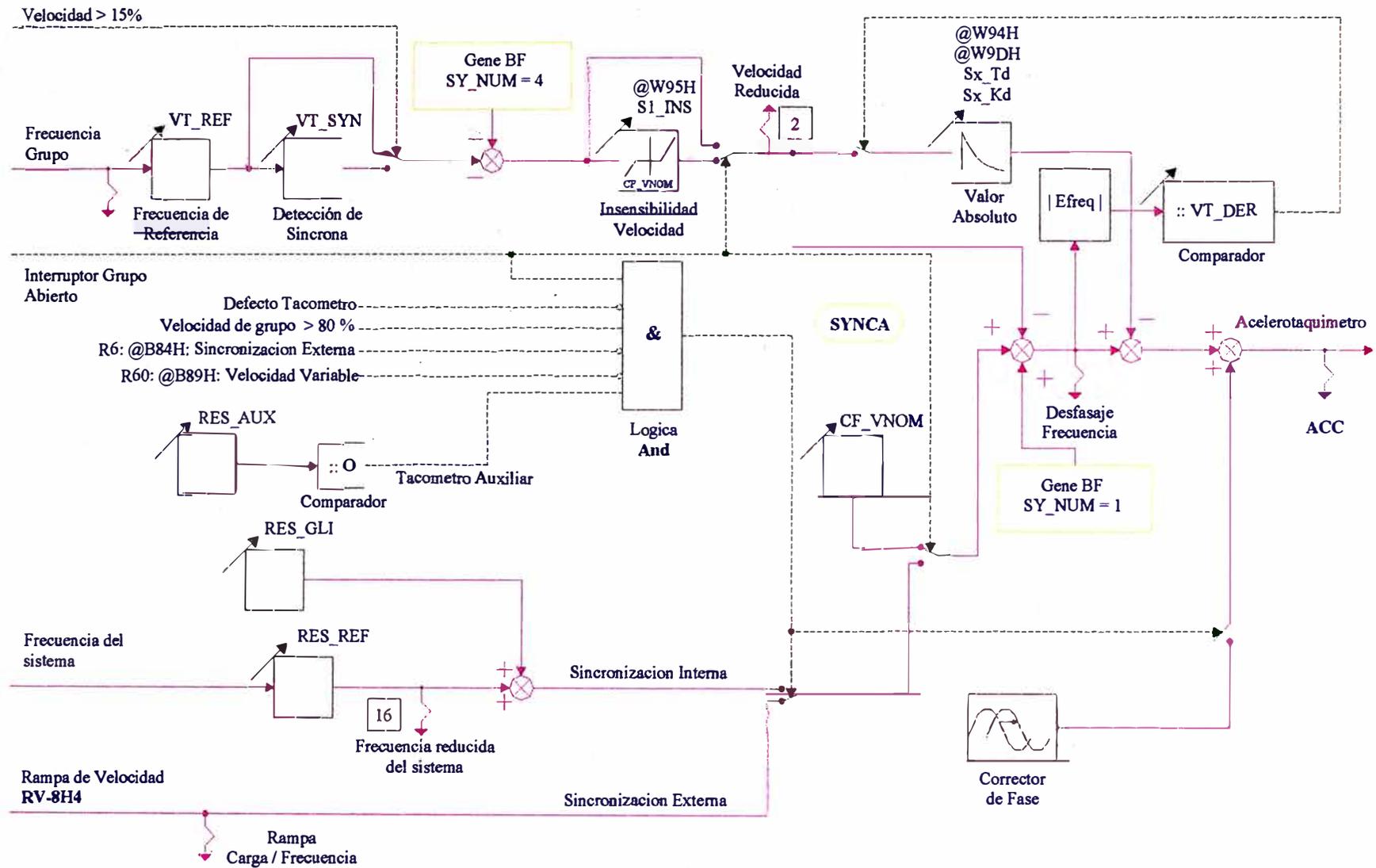


Figura 4/16 Esquema del acelerotacómetro del Regulador Neyrpic SLG

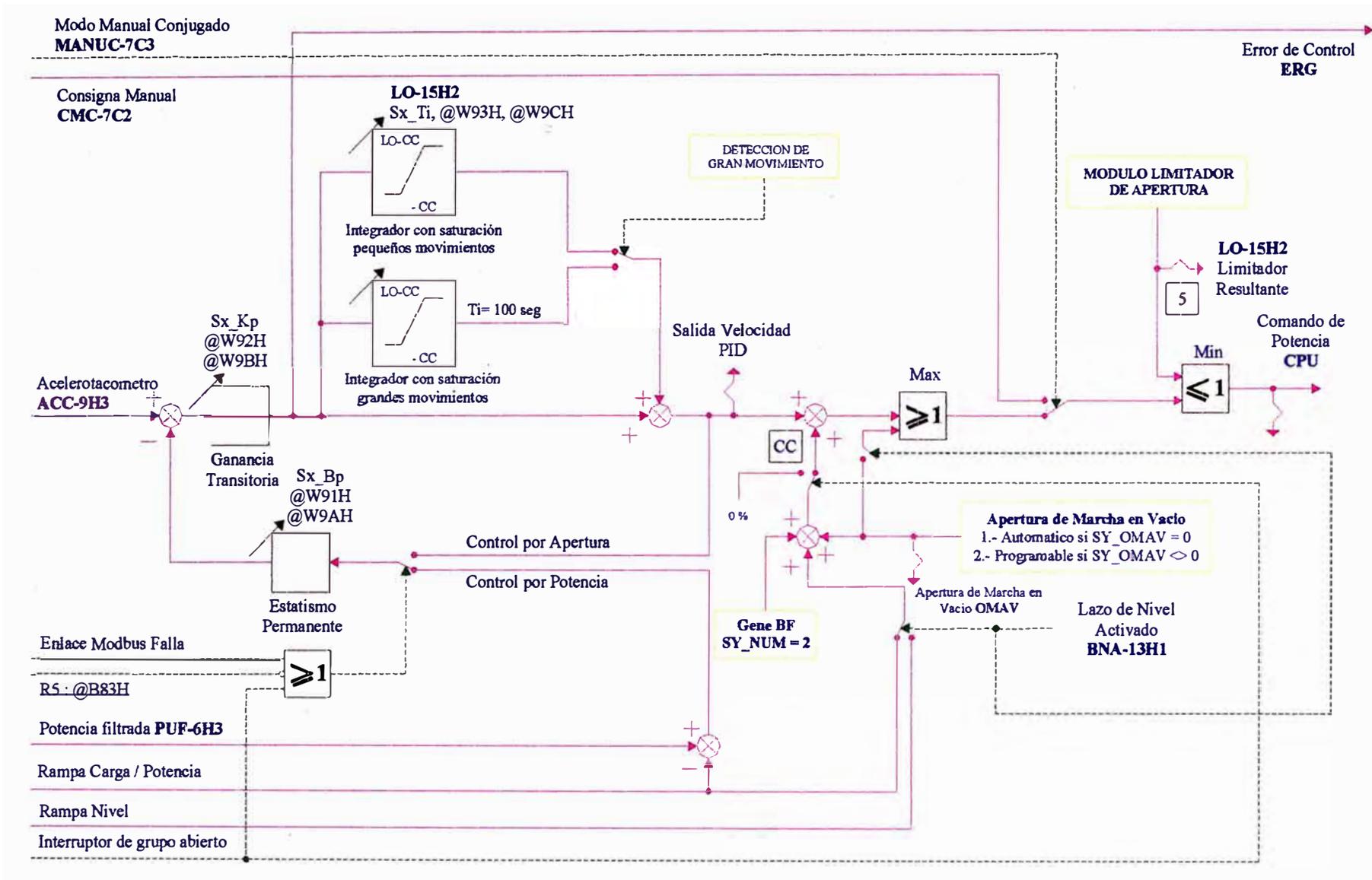


Figura 5/16 Esquema de regulación de Abertura-Potencia (1/2) Regulador Neyrpic SLG

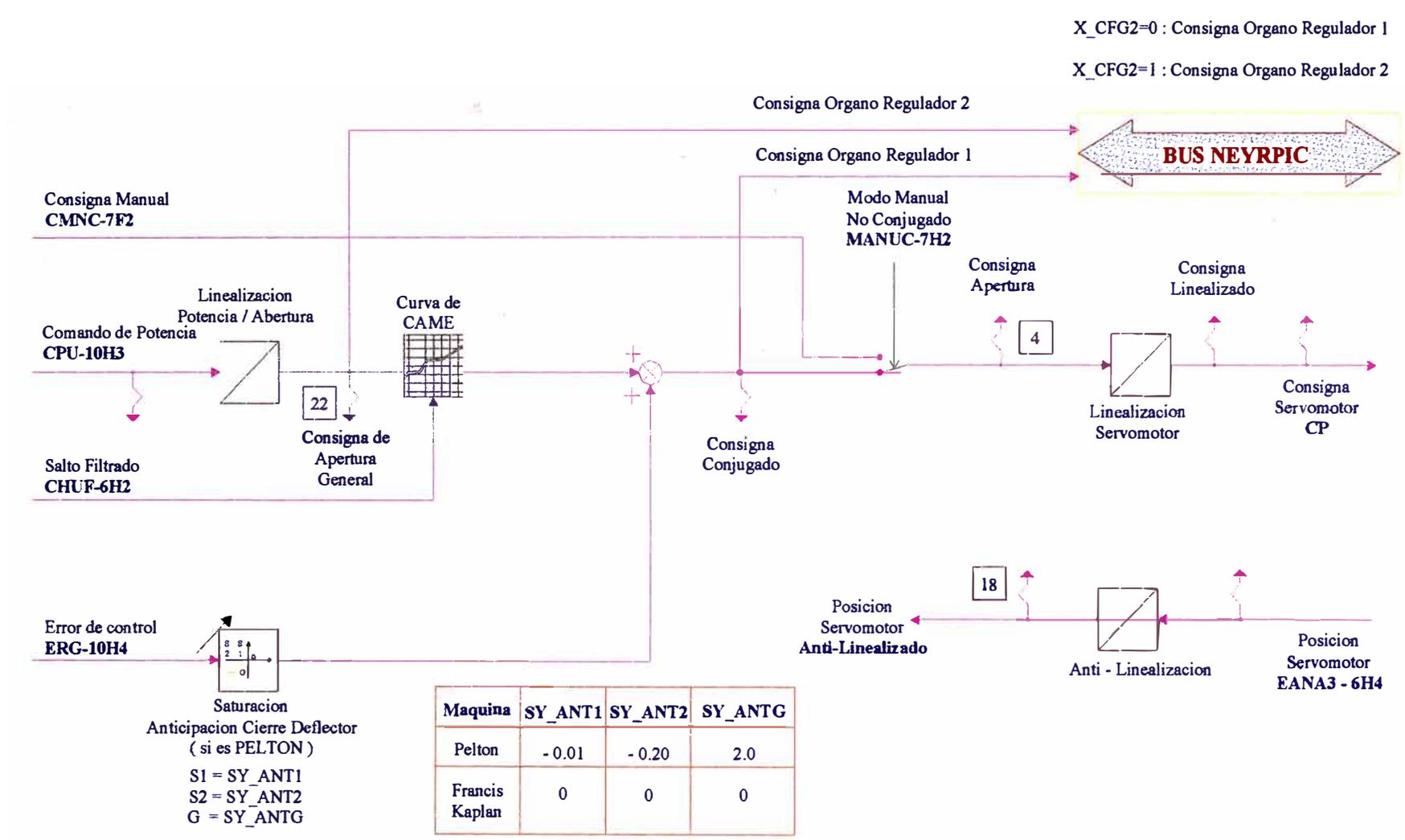


Figura 6/16 Esquema de regulación de Abertura-Potencia (2/2) Regulador Neyrpic SLG

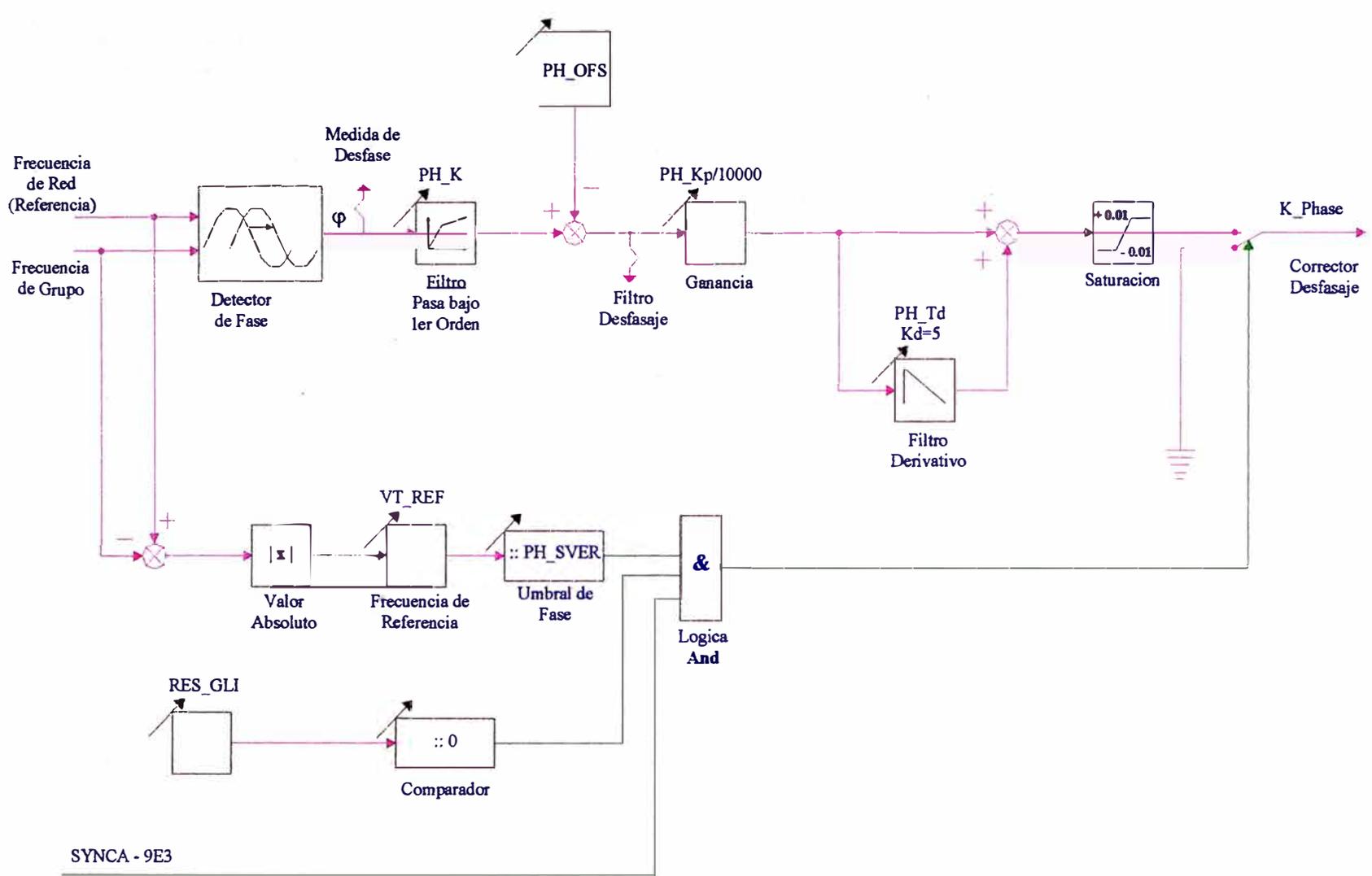


Figura 7/16 Esquema corrector de fase Regulador Neyrpic SLG

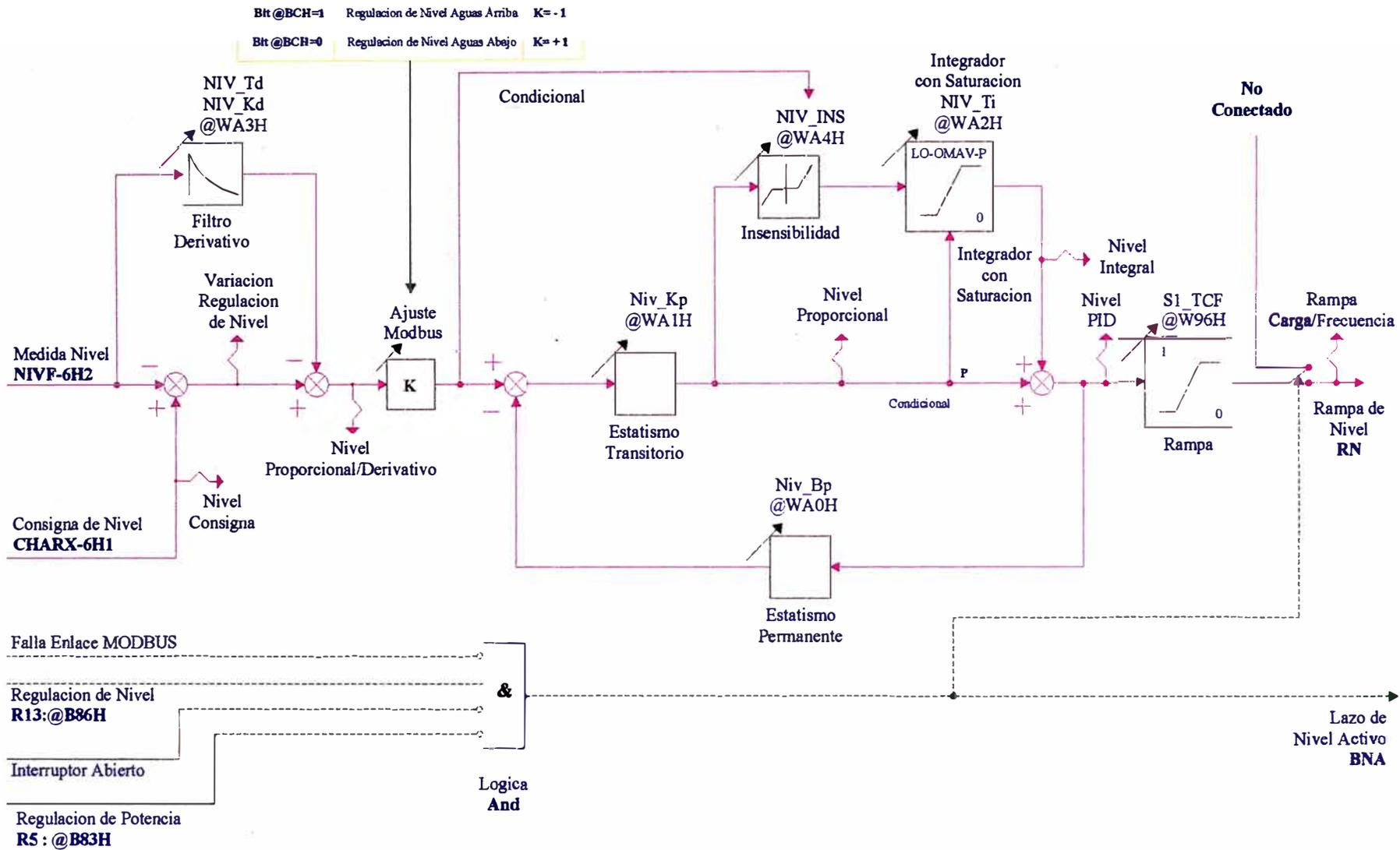
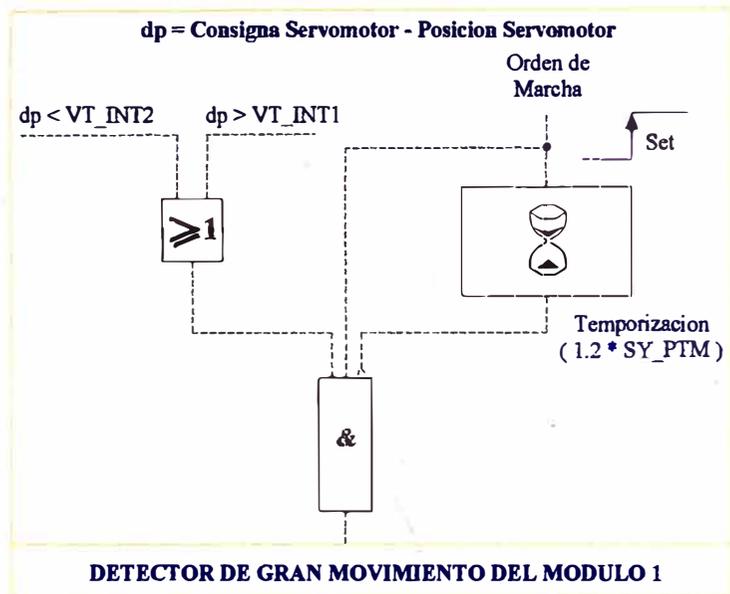


Figura 8/16 Esquema regulaci3n de nivel Regulador Neyrpc SLG



PRINCIPALES VALORES				
	VT_INT1 DIGIPID	VT_INT2 DIGIPID	VT_INT1 DIP	VT_INT2 DIP
FRANCIS	+ 0.05	- 0.10	X	X
KAPLAN	+0.05	- 0.05	+ 1.00	- 1.00
PELTON	+ 1.0	- 1.00	+ 0.05	- 1.00

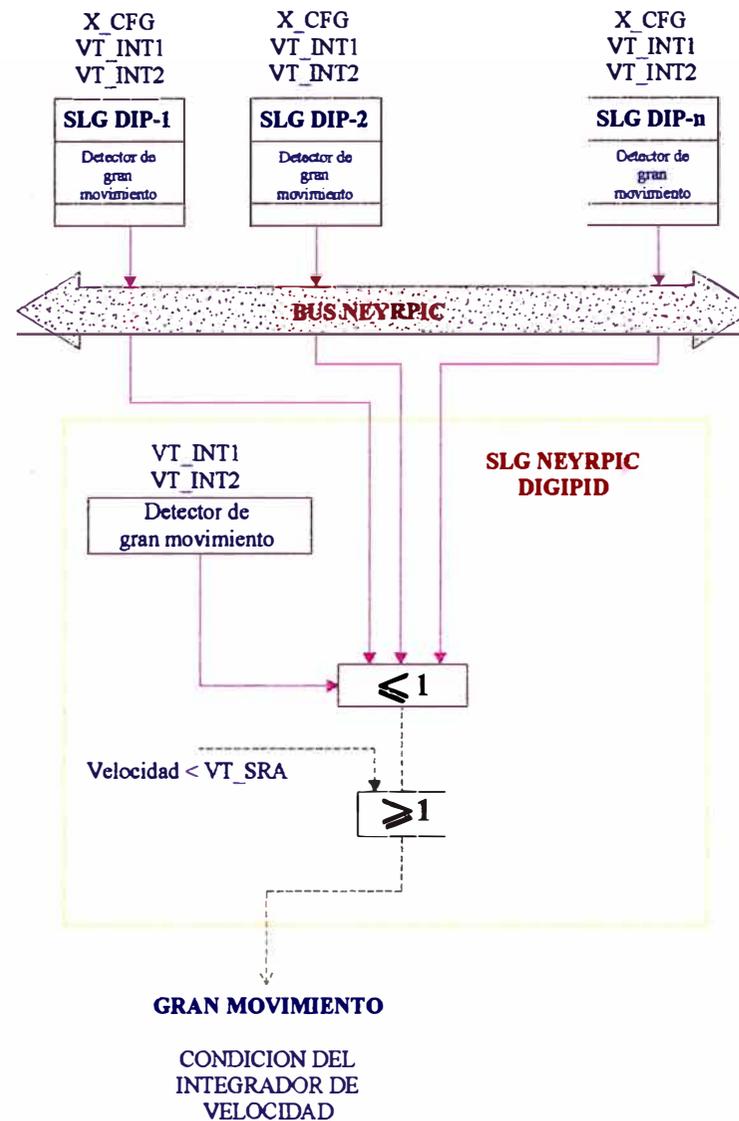


Figura 9/16 Esquema de detección de gran movimiento Regulador Neyrpic SLG

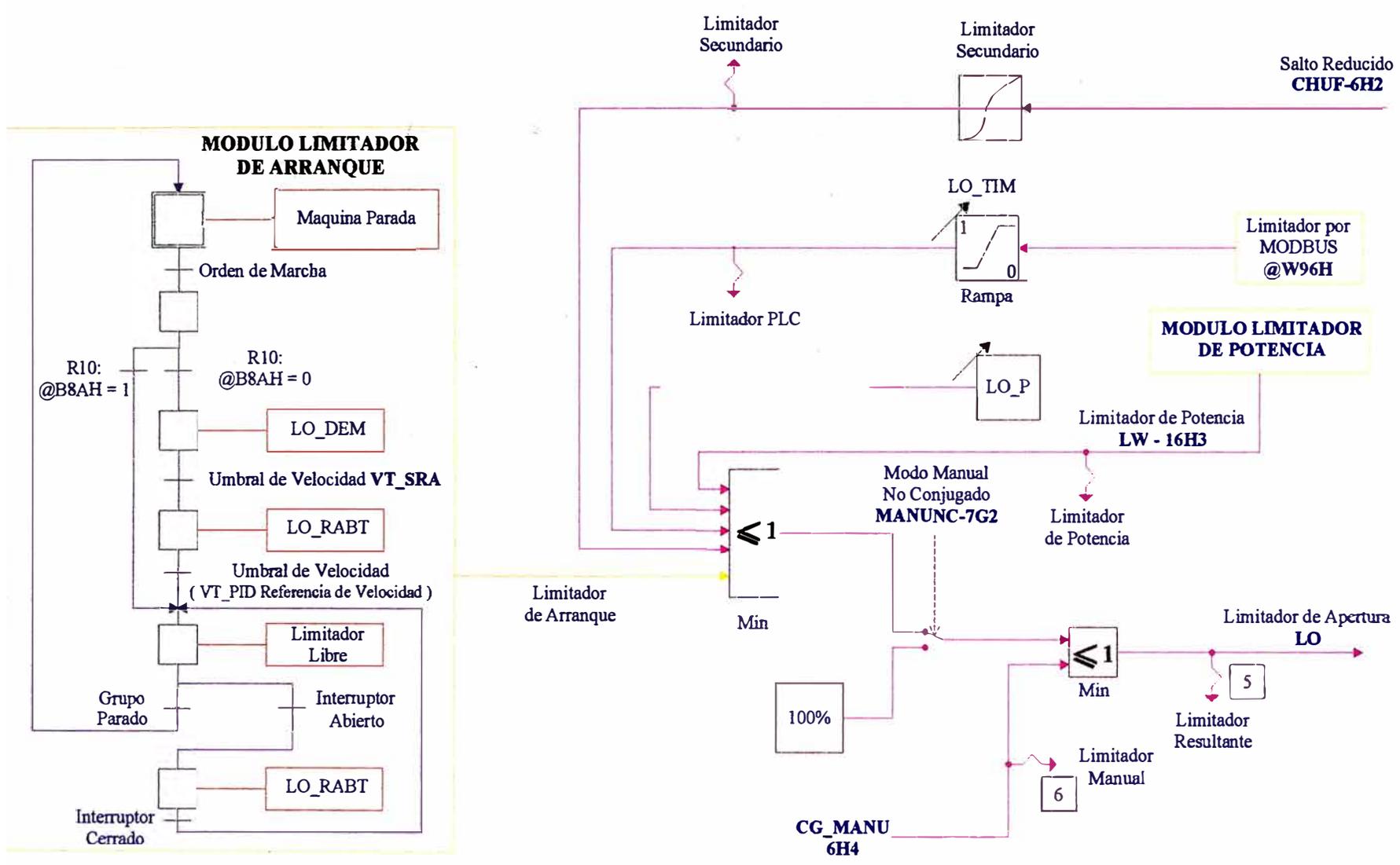


Figura 10/16 Esquema limitador de apertura Regulator Neyrpic SLG

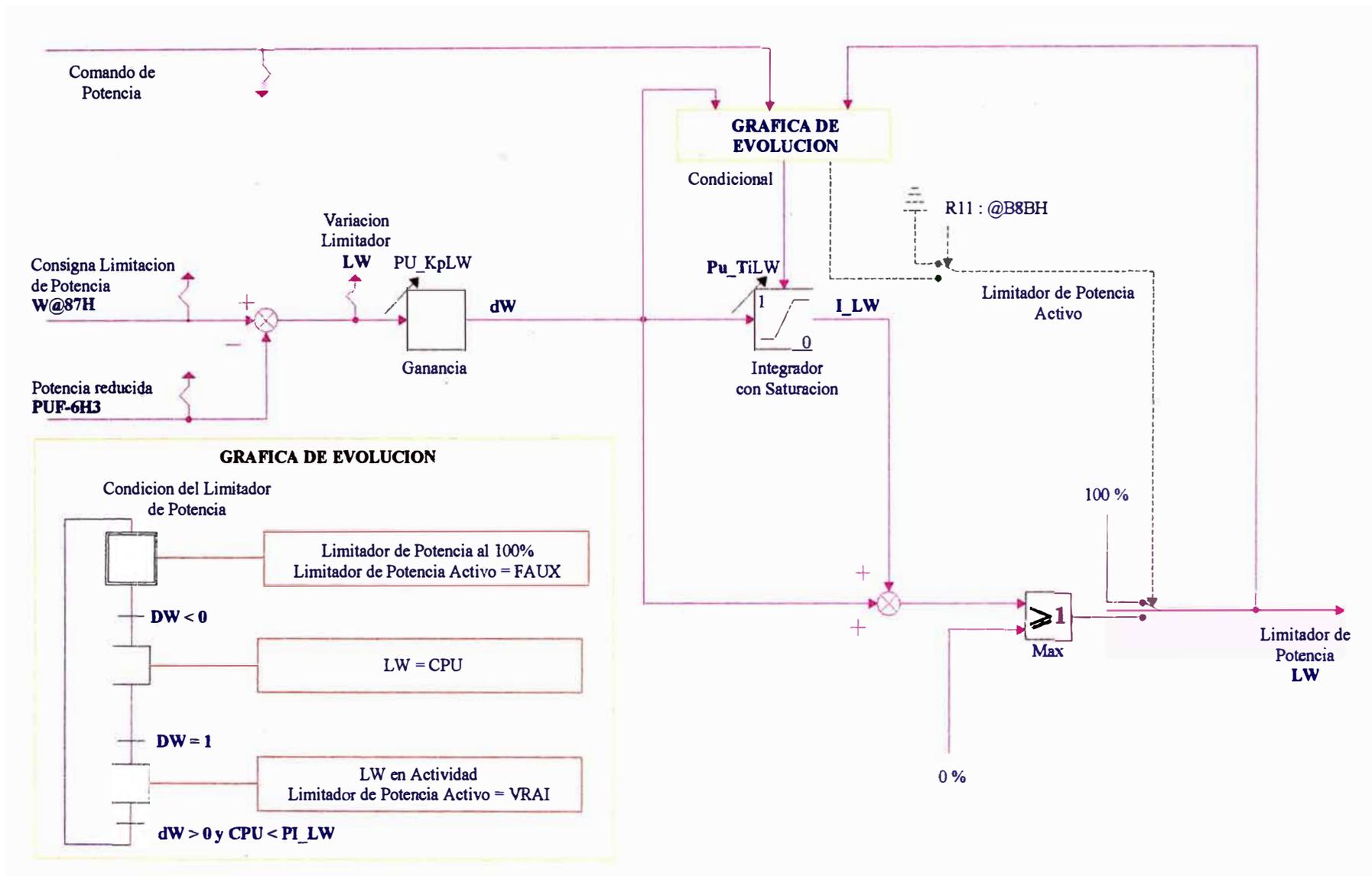


Figura 11/16 Esquema limitador de potencia Regulator Neyrpic SLG

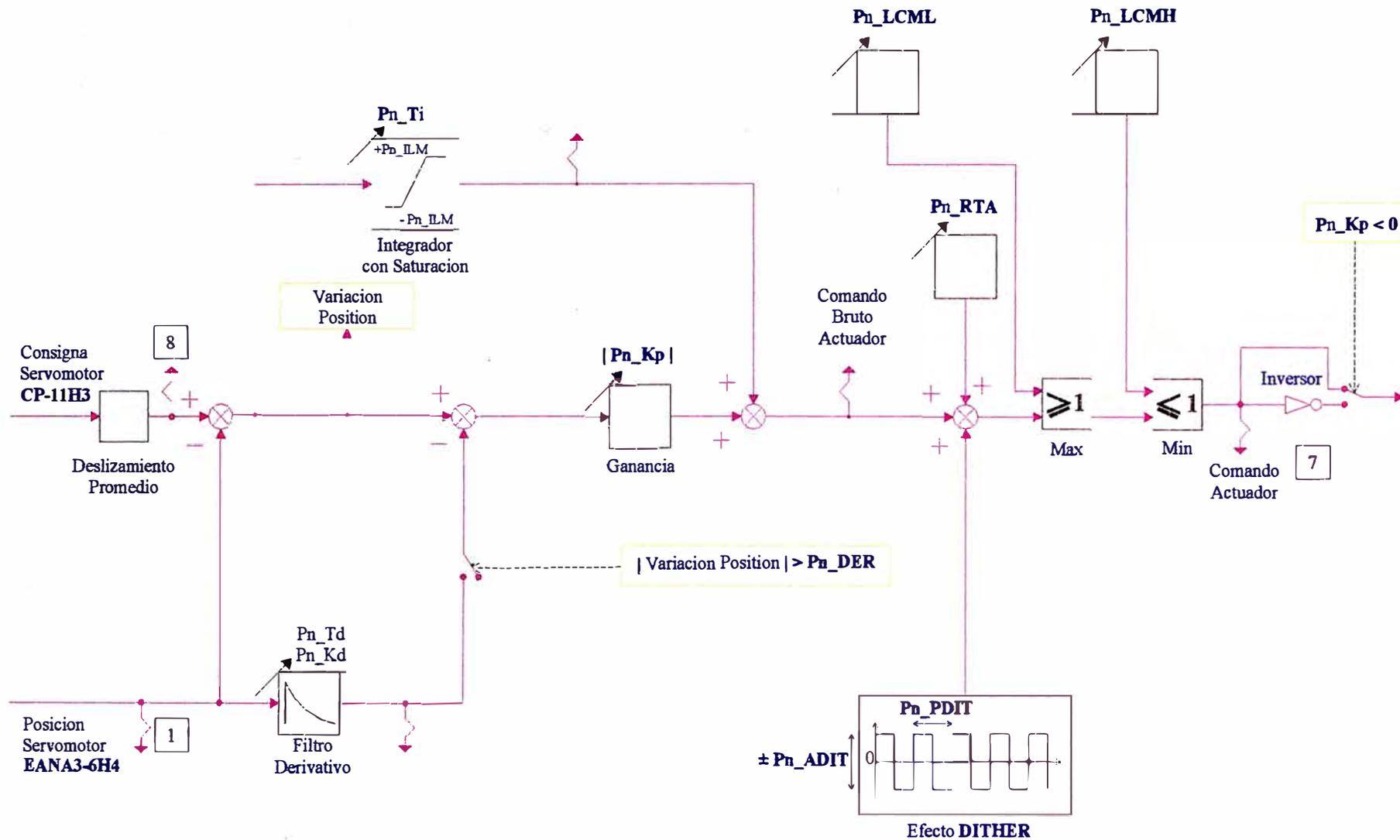


Figura 12/16 Esquema posicionador 1er estado Regulador Neyrpic SLG

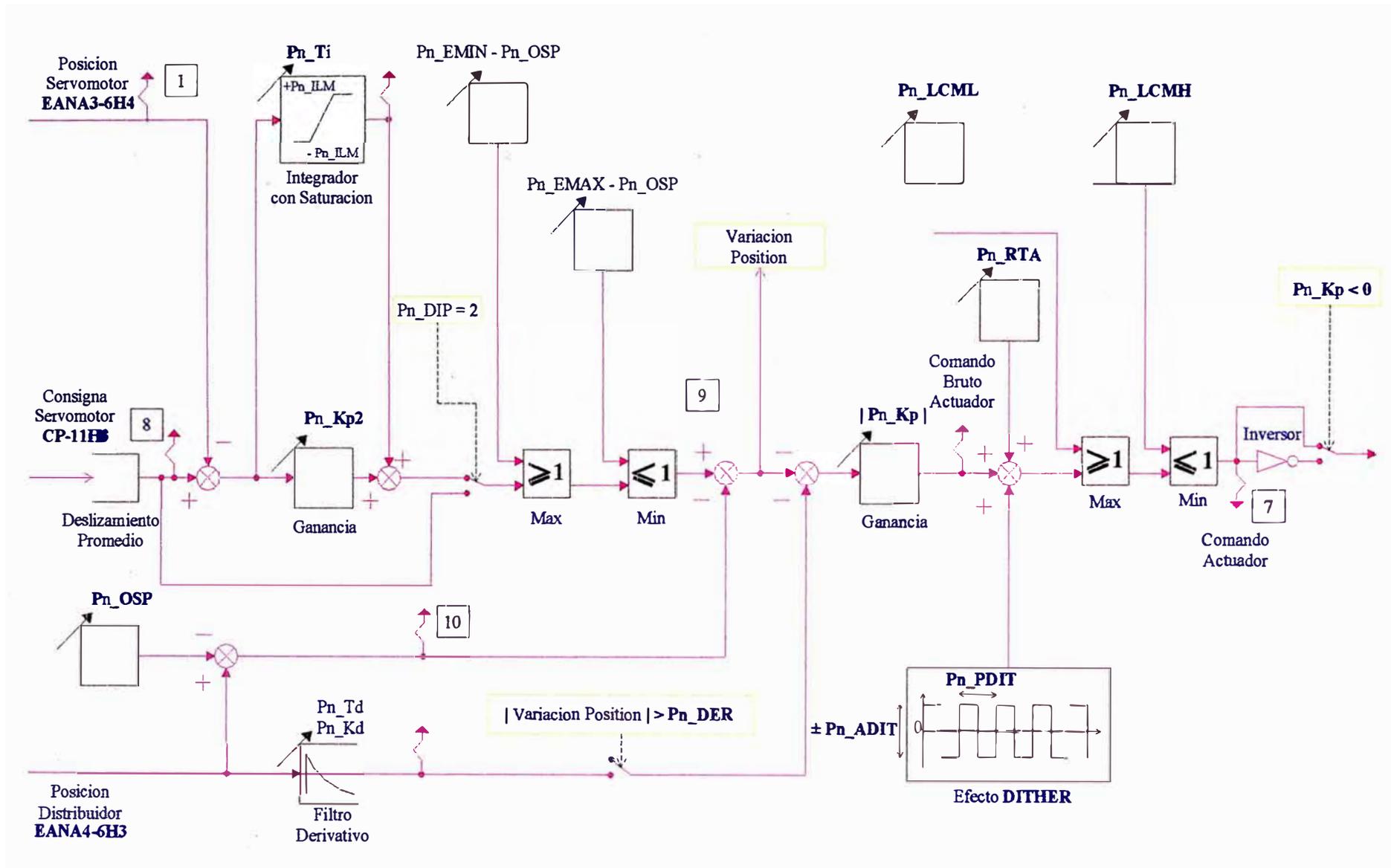


Figura 13/16 Esquema posicionador 2do estado Regulador Neytrpic SLG

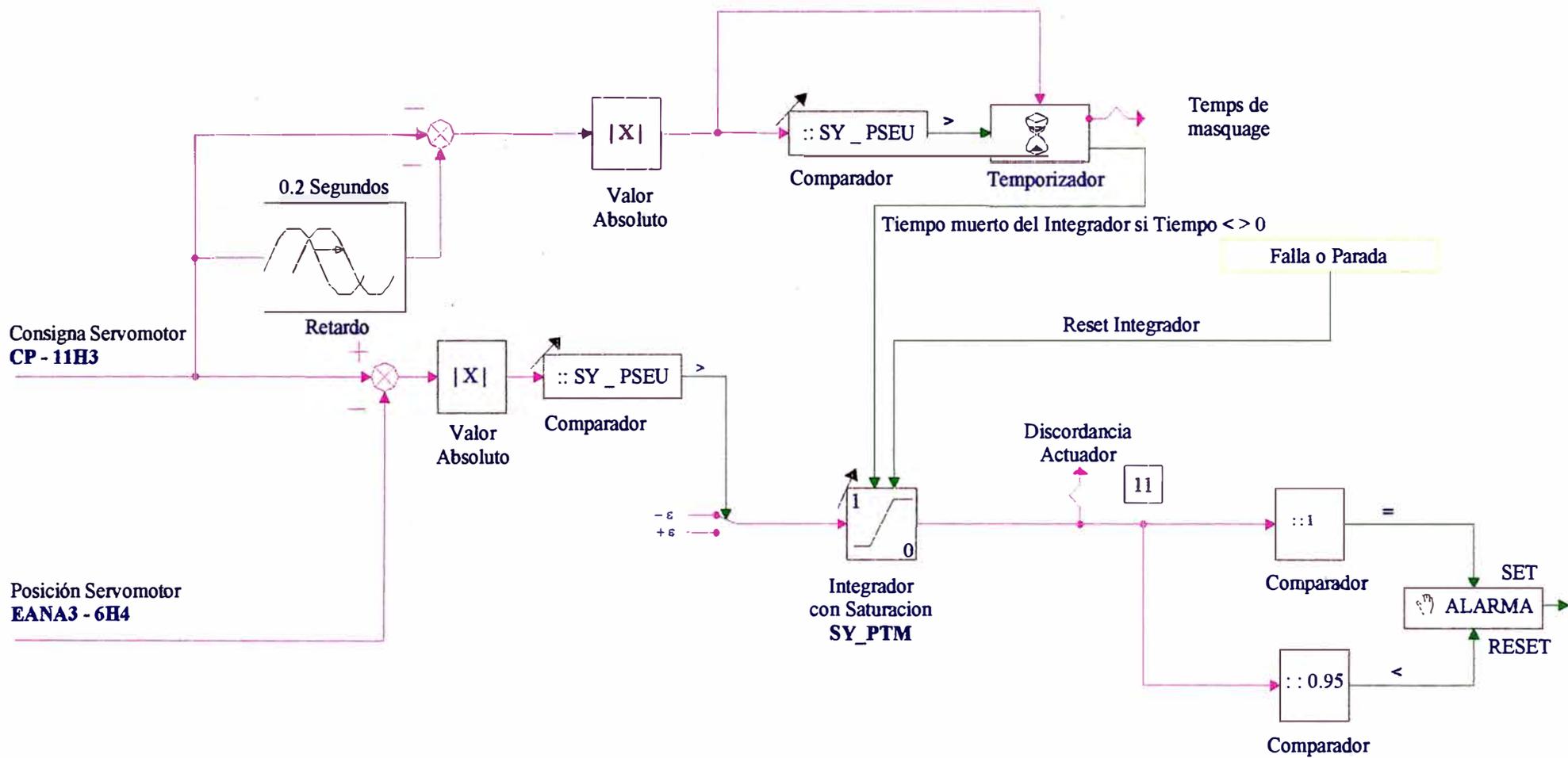
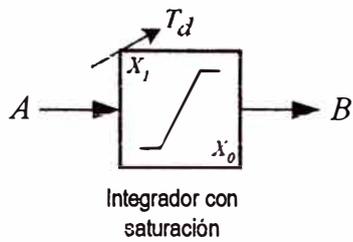
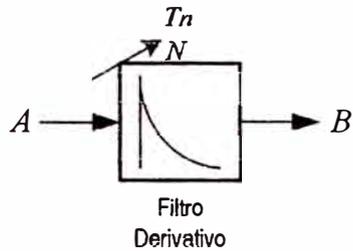


Figura 14/16 Esquema discordancia posicionador Regulador Neyrpic SLG



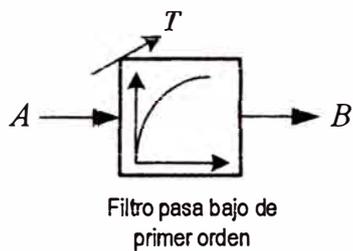
Realiza la función numérica equivalente:

$$B(t) = \frac{1}{T_d} \int_{t=0}^{\infty} A(t) \cdot dt \quad \text{con } X_0 \leq B(t) \leq X_1$$



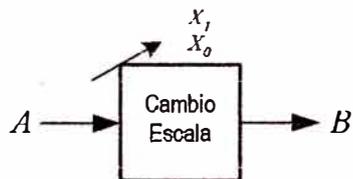
Realiza la función numérica equivalente:

$$B(t) = A(t) \cdot N \cdot e^{\frac{-N \cdot t}{T_n}}$$



Realiza la función numérica equivalente:

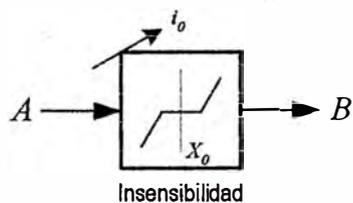
$$B(t) = A(t) \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{T}} \right)$$



Normalización de la variable

A:

$$B = \frac{A - X_0}{X_1 - X_0}$$

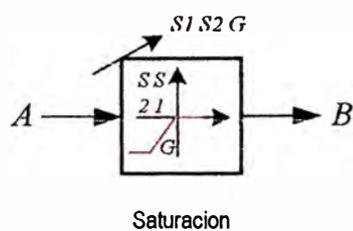


No lineal:

$$\text{Si } (A < X_0 - i_0) \quad B = X_0 + i_0$$

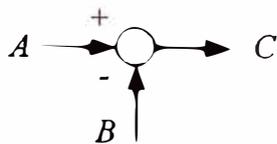
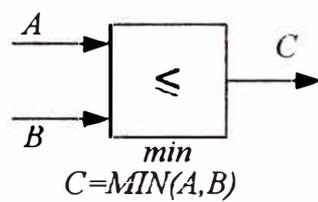
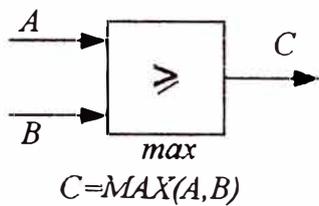
$$\text{Si } (A > X_0 + i_0) \quad B = X_0 - i_0$$

$$\text{Si } (X_0 - i_0 < A < X_0 + i_0) \quad B = X_0$$



No lineal con umbral y saturación

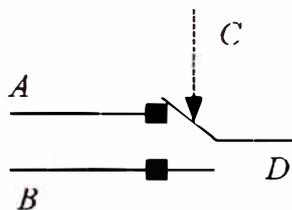
Figura 15/16 Lista de simbología 1/2



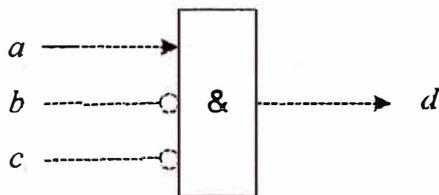
Realiza la suma de dos variables continuas $C = A - B$



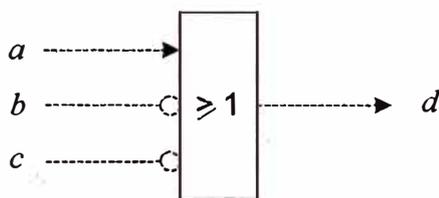
Inversor:
Realiza la función $B = 1 - A$



A, B, D : Variables continuas
 C : Variable Lógica
si $C=1 \implies D=B$
si $C=0 \implies D=A$



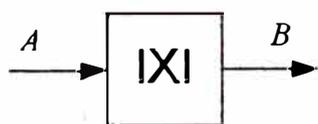
a, b, c, d : Variables Lógicas
 $d = a * \bar{b} * \bar{c}$



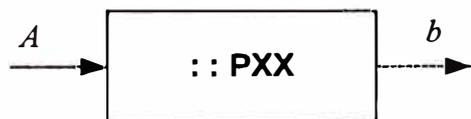
a, b, c, d : Variables Lógicas
 $d = a + \bar{b} + \bar{c}$



Función lógica:
 $b = \bar{a}$



Cálcula el valor absoluto:
 $B = \text{ABS}(A)$



Realiza la función booleana:
 $b = 1$ si $A > PXX$

Figura 16/16 Lista de simbología 2/2

ANEXO D
PARÁMETROS DEL REGULADOR DE VELOCIDAD ANTIGUO RIVA EM-58 Y
DEL NUEVO NEYRPIC SLG

PARÁMETROS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR DE VELOCIDAD RIVA CALZONI EM-58												
CENTRAL	T_N S	T_{NP} S	T_Y S	T_O S	T_F S	B_P p.u.	T_D S	B_T p.u.	K_{AP} p.u.	T_W S	T_R S	K_R p.u.
Mantaro I	5.57	0.12	1.22	15	20	0.05	0.47	3.68	1.5	1.1	-	3
Mantaro II	5.57	0.12	1.22	15	20	0.05	0.47	3.68	1.5	1.38	-	3

T_Y = Constante de Tiempo del servomotor (Segundos)

T_O = Tiempo de apertura total servomotor (Segundos)

T_F = Tiempo de cierre total servomotor (Segundos)

B_P = Estatismo permanente (p.u.)

T_N = Constante de tiempo del acelerometro (Segundos)

PARÁMETROS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR DE VELOCIDAD NEYRPIC SLG		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DATO
CF_VMAX	Valeur maximale de la consigne vitesse	1.1
CF_VMIN	Valeur minimale de la consigne vitesse	0.9
CF_VNOM	Valeur de la consigne interne	1
LO_DEM	Limiteur d'ouverture au démarrage	0.4
LO_P	Limiteur programmé	1
LO_RABT	Limiteur d'ouverture de marche à vide	0.4
LO_TIM	Accélération maximale du limiteur PLC	90
NIV_Bp	Statisme permanent de la boucie niveau	0
NIV_INS	Insensibilité de l'écart niveau	0
NIV_Kd	Coefficient d'efficacité de la dérivée niveau	0
NIV_Kp	Gain transitoire de la boucle niveau	1
NIV_Td	Constante de temps de la dérivée niveau	5
NIV_Ti	Constante de temps de l'intégrateur Niveau	20
PH_K	Constante de temps du filtre de phase	1
PH_Kp	Gain du correcteur de phase	1
PH_OFs	Offset de phase	0
PH_SVER	Seuil de verrouillage de phase	0.01
PH_Td	Constante de temps du dérivateur	0.05
PN_ADIT	Amplitude de l'effet DITHER	0

PARÁMETROS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR DE VELOCIDAD NEYRPIC SLG

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DATO
PN_COR	Mode de fonctionnement du correcteur position	5
PN_DER	Seuil de prise en compte de la dérivée position	1
PN_DIP	Mode de fonctionnement du module	0
PN_DTCY	Temps de cycle du positionneur discontinu	0
PN_DTMI	Temps minimal de conduction (positionneur discontinu)	0
PN_EMAX	Course électrique maximale de la soupape	0.7
PN_EMIN	Course électrique minimale de la soupape	0.25
PN_ILM	Limitation de l'intégrateur	0
PN_Kd	Gain de l'action dérivée	1
PN_Kp	Gain proportionnel étage 1	6
PN_Kp2	Gain proportionnel étage 2	5
PN_LCMH	Limiteur haut de la commande actionneur	0.95
PN_LCML	Limiteur bas de la commande actionneur	0.05
PN_OSP	Position d'équilibre du distributeur	0.594
PN_PDIT	Périodicité de l'effet DITHER	0.02
PN_RTA	Correction de tendance actionneur	0.58
PN_Td	Constante de temps du dérivateur	0.05
PN_Ti	Temps d'intégration	1
PU_K	Constante de temps du filtre puissance	0.1
PU_KpLW	Gain proportionnel (Limiteur puissance)	0.5
PU_MAX	Pourcentage maxi. de la puissance nominale	1.068
PU_MIN	Pourcentage mini. de la puissance nominale	-0.107
PU_TiLW	Temps d'intégration (Limiteur puissance)	1
RES_AUX	Mode de fonctionnement du tachymètre auxiliaire	1
RES_GLI	Glissement réseau	0
RES_REF	Fréquence de référence du tachymètre auxiliaire	60
S1_Bp	Statisme permanent de la boucle fréquence	0.1
S1_INS	Insensibilité de l'écart fréquence	0
S1_Kd	Coefficient d'efficacité de l'accéléromètre	10
S1_Kp	Gain transitoire de la boucle vitesse	2
S1_TCF	Accélération maximale normalisée	240
S1_Td	Constante de temps de la dérivée vitesse	0.6
S1_Ti	Constante de temps de l'intégrateur vitesse	7
S2_Bp	Statisme permanent de la boucle fréquence	0
S2_Kd	Coefficient d'efficacité de l'accéléromètre	10
S2_Kp	Gain transitoire de la boucle vitesse	6
S2_TCF	Accélération maximale normalisée	240
S2_Td	Constante de temps de la dérivée vitesse	1.2

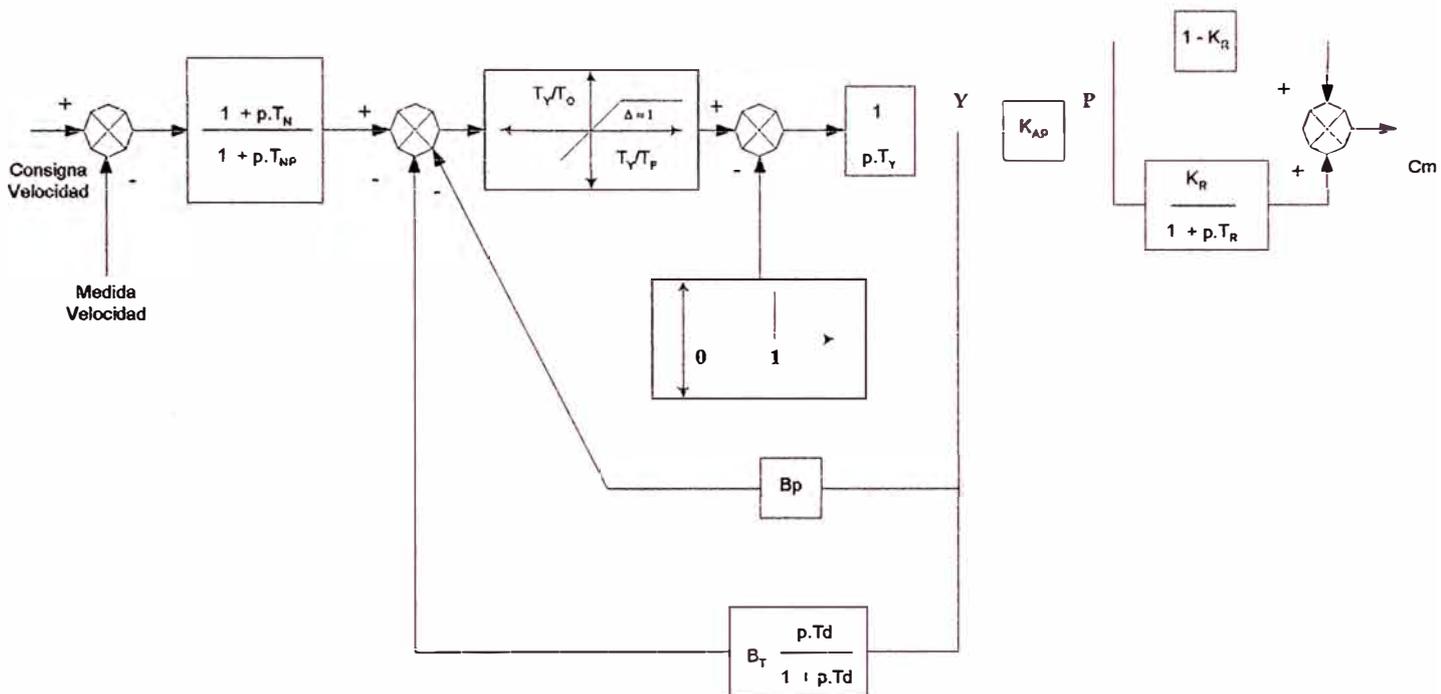
PARÁMETROS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR DE VELOCIDAD NEYRPIC SLG

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DATO
S2_Ti	Constante de temps de l'intégrateur vitesse	21
S5_TCF	Accélération maximale en mode manuel	60
SY_ANT1	Seuil d'anticipation 1	0
SY_ANT2	Seuil d'anticipation 2	0
SY_ANTG	Gain d'anticipation 1	0
SY_EA2K	Constante de temps du filtre niveau et chute	0.1
SY_EA30	Mise à échelle de l'entrée analogique EANA3	0.1545
SY_EA31	Mise à échelle de l'entrée analogique EANA3	0.7875
SY_EA40	Mise à échelle de l'entrée analogique EANA4	0.14
SY_EA41	Mise à échelle de l'entrée analogique EANA4	0.756
SY_NUM	Générateur de fonction basse fréquence	0
SY_POT5	Mise à l'échelle du limiteur manuel	0.925
SY_PSEU	Seuil de détection de discordance positionneur	0.05
SY_PTM	Temps de manoeuvre maximum	20
SY_SA1	Affectation de la Téléindication n° 1	17
SY_SA2	Affectation de la Téléindication n° 2	2
SY_SMAX	Rapport de durée maximale des télé-indications	0.994
SY_SMIN	Rapport de durée minimale des télé-indications	0.2
SY_ST1C	Affectation de STOR 1	12
SY_ST1H	Hystérésis STOR 1	0
SY_ST1S	Seuil de détection de STOR 1	1
SY_ST2C	Affectation de STOR 2	12
SY_ST2H	Hystérésis STOR 2	0
SY_ST2S	Seuil de détection de STOR 2	0
VT_DER	Seuil de prise en compte de l'accéléromètre	0.001
VT_FIL	Temps d'anticipation avant fermeture disjoncteur	0.2
VT_INT1	Seuil haut d'enclenchement de l'intégrateur vitesse	0.05
VT_INT2	Seuil bas d'enclenchement de l'intégrateur vitesse	-0.1
VT_OMAV	Ouverture de marche à vide programmée	0
VT_PID	Seuil de marche en régulation PID	0.99
VT_REF	Fréquence de référence du tachymètre	75
VT_SRA	Seuil de vitesse de rabattement	0.96
VT_SYN	Filtrage du signal vitesse	10
VT_TDEM	Temporisation au démarrage	0
X_CFG	Configuration du poste	0
X_DEFm	Gestion du défaut liaison	0
X_FCT	Mode de fonctionnement du régulateur	2
X_POSTE	Numéro de poste	2

ANEXO E

**DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR DE VELOCIDAD
ANTIGUO RIVA EM-58 , DEL NUEVO NEYRPIC SLG Y SIMULACIONES
OFF LINE**

E.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ANTIGUO REGULADOR RIVA CALZONI EM-58



E.2 SIMULACIÓN DE RESPUESTA EN EL TIEMPO – OFF LINE

En La Figura E.1 y E.2 se muestran los circuitos utilizados para la simulación OFF LINE con el programa SIMULINK-MATLAB

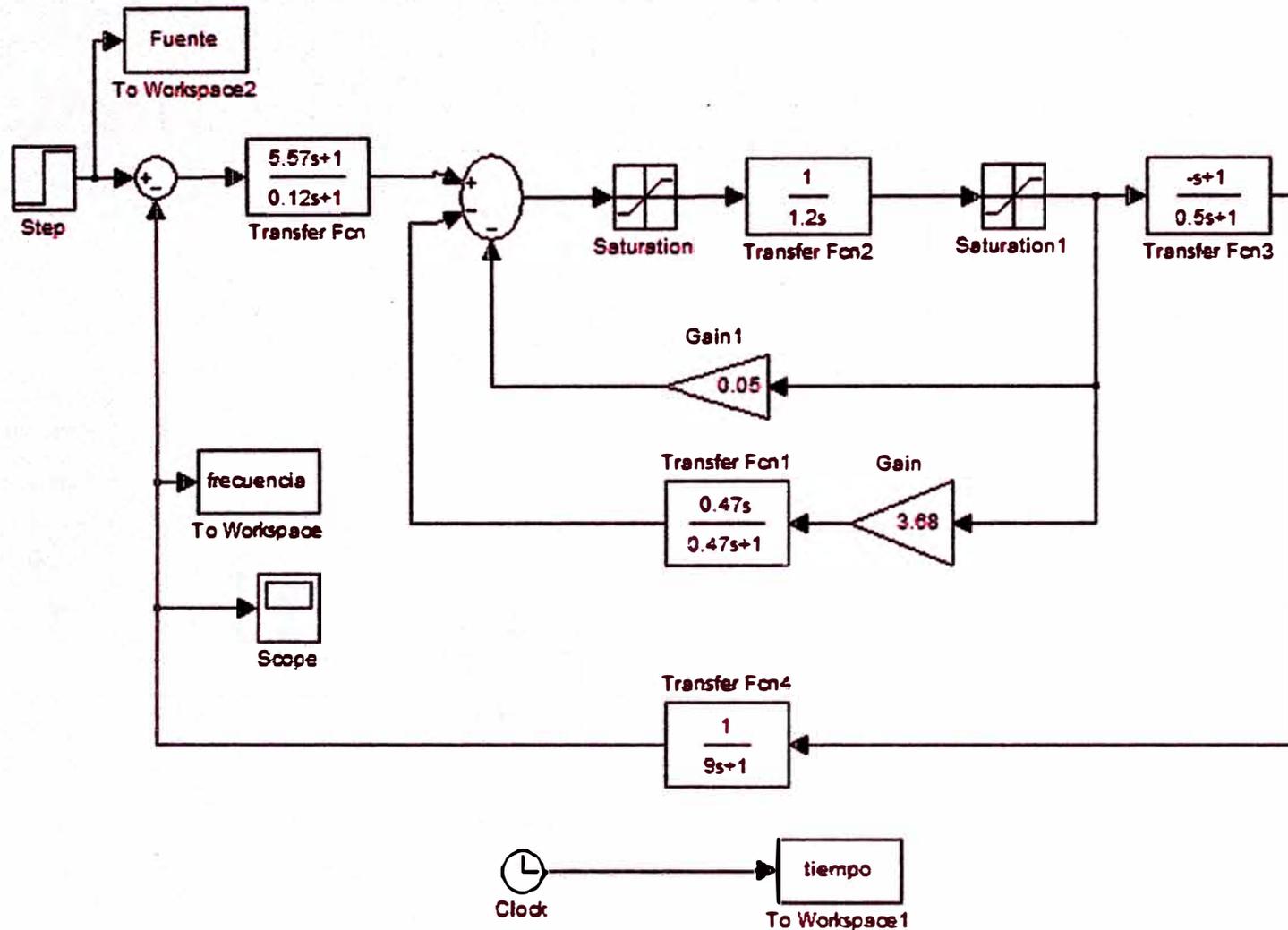


Figura E.1 Modelo utilizado para simulación OFF LINE del antiguo regulador de velocidad RIVA EM-58

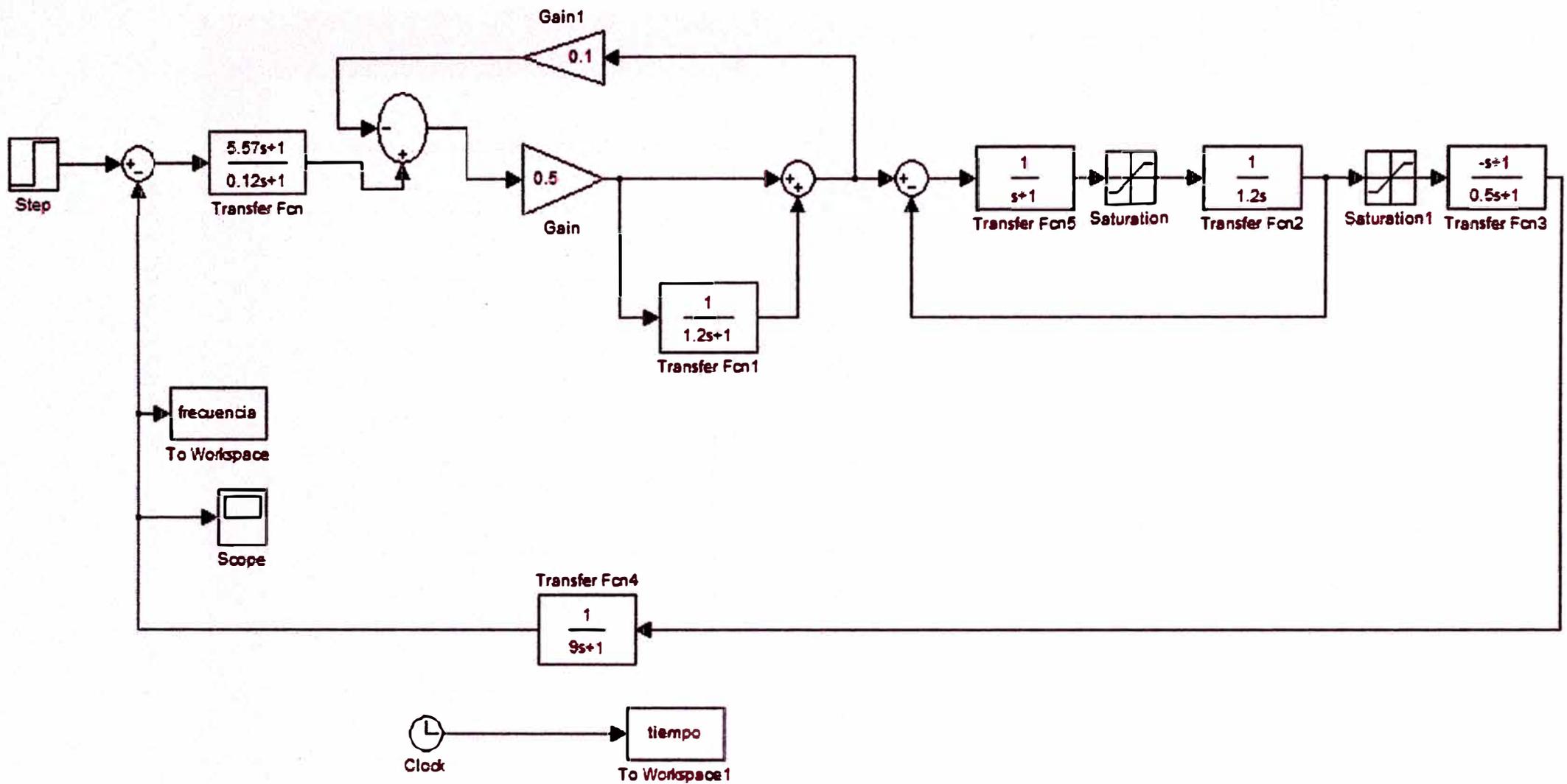


Figura E.2 Modelo utilizado para simulación OFF LINE del nuevo regulador de velocidad NEYRPIC SLG

E.3 SIMULACIÓN OFF LINE USANDO SIMULINK - MATLAB

En la Figura E.3 se muestra la respuesta en el tiempo del regulador antiguo RIVA EM-58.

De acuerdo al gráfico mostrado, el tiempo de llegada al máximo valor es de aproximadamente 28 segundos, estableciéndose finalmente en un tiempo total de aproximadamente 50 segundos.

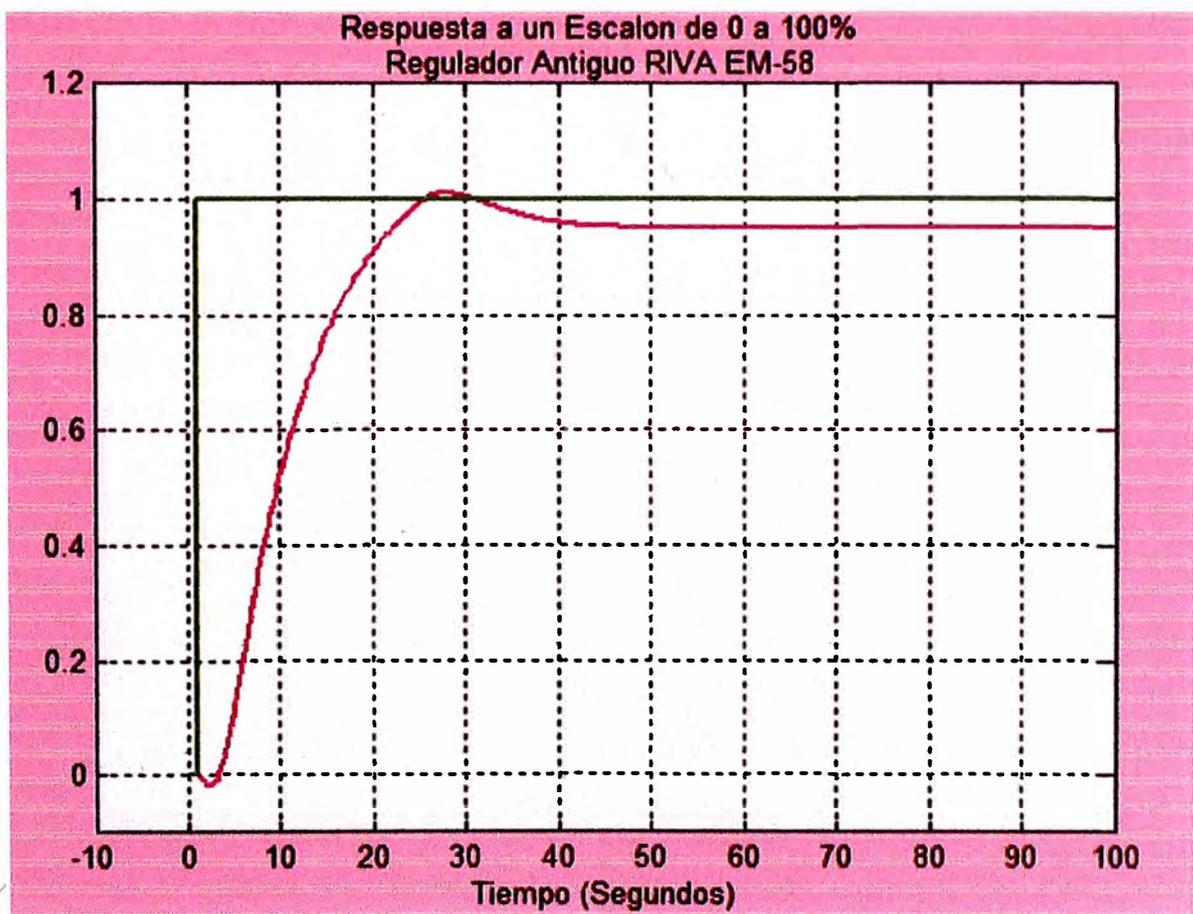


Figura E.3 Respuesta en el Tiempo de RIVA EM-58

En la Figura E.4 se muestra la respuesta en el tiempo del regulador nuevo Neyrpic SLG.

De acuerdo al gráfico mostrado, el tiempo de llegada al máximo valor es de aproximadamente 8 segundos, estableciéndose finalmente en un tiempo total de aproximadamente 30 segundos.

Como resultado de la simulación se obtiene una respuesta más rápida en 71.4% con respecto al primer pico.

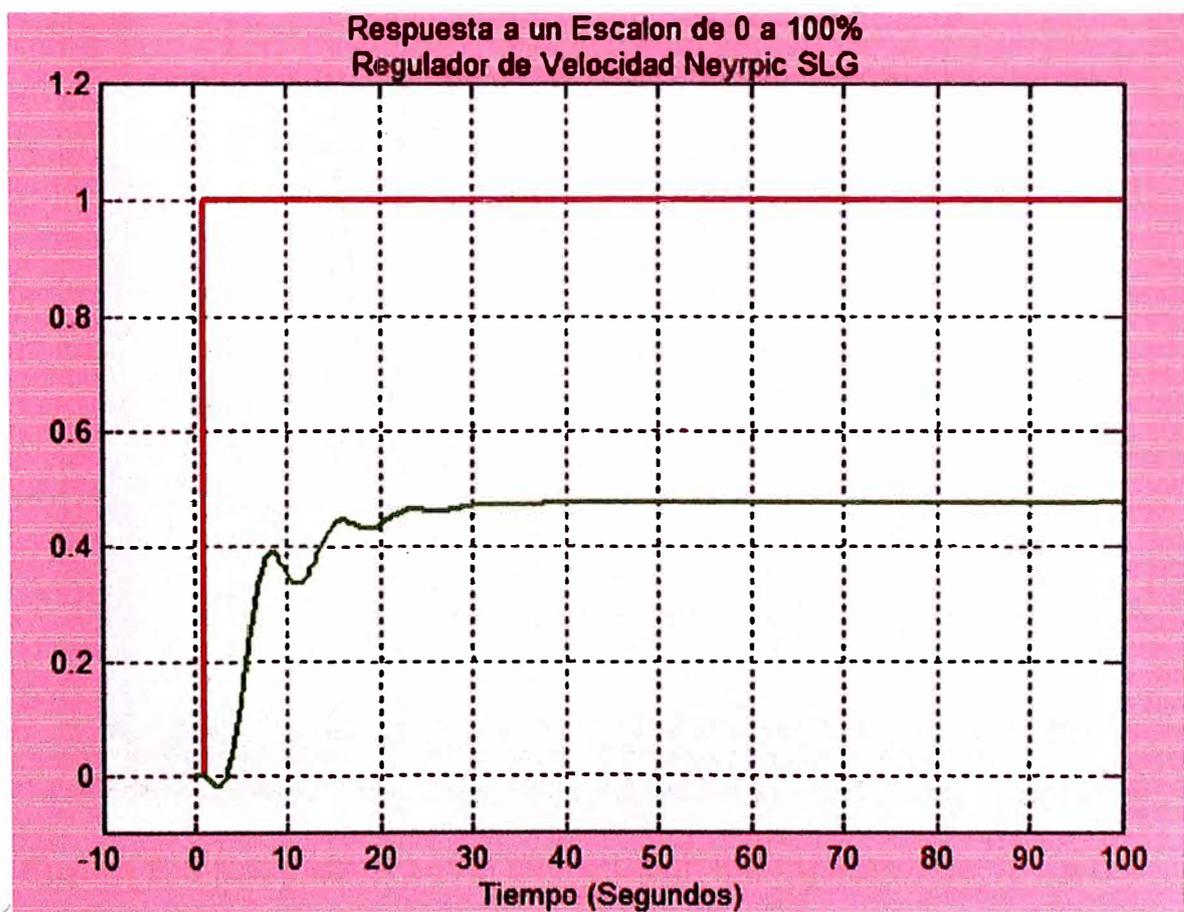


Figura E.4 Respuesta en el Tiempo de Neyrpic SLG

En la Figura E.5 se presenta la simulación de respuesta en el tiempo de la opción de disminución temporal de potencia activa 100 a 0%. Como respuesta se obtiene una recuperación de la carga durante 20 segundos aproximadamente.

Como prueba real a esta simulación se logro realizar con un grupo de la C.H. Mantaro, una disminución intempestiva de 70 % lográndose una recuperación luego de 8 segundos aproximadamente.

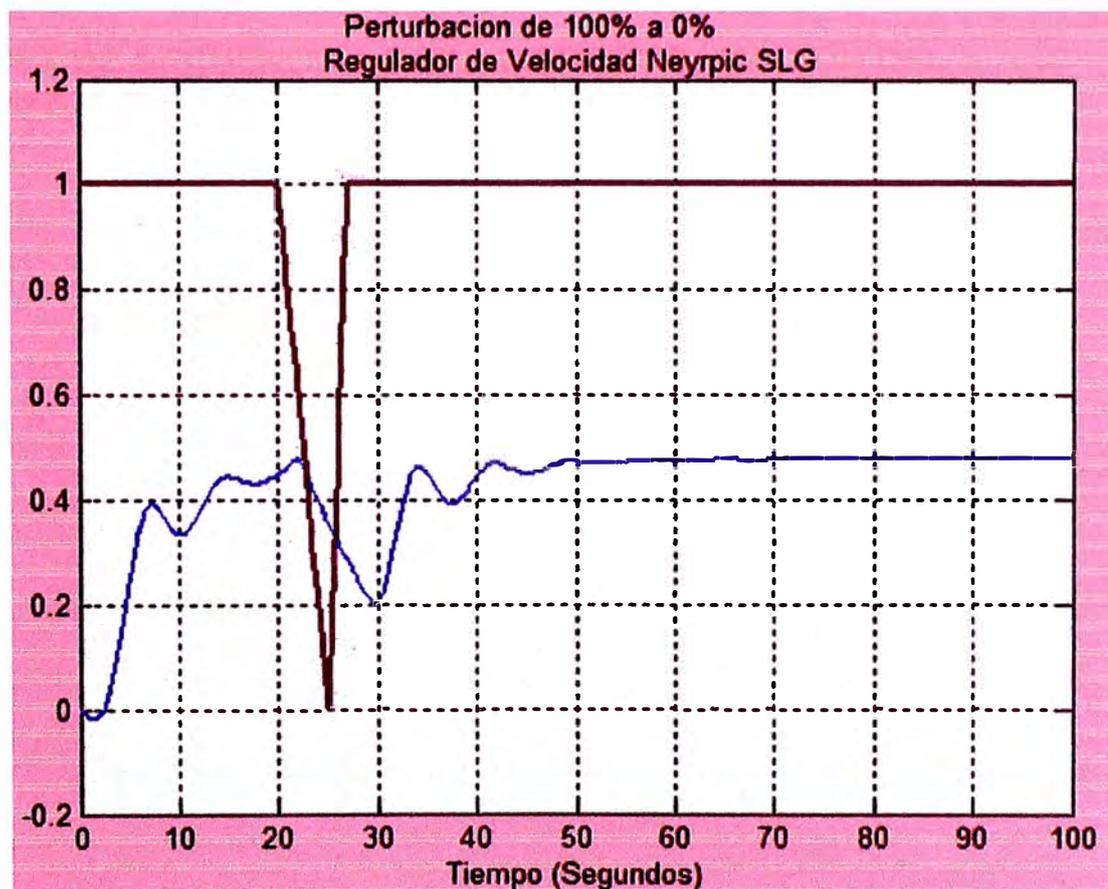


Figura E.5 Respuesta a una disminución intempestiva de 100 a 0%

ANEXO F

**GRAFICET DE SECUENCIAS PARA LA PROGRAMACION DEL
AUTOMATISMO DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR**

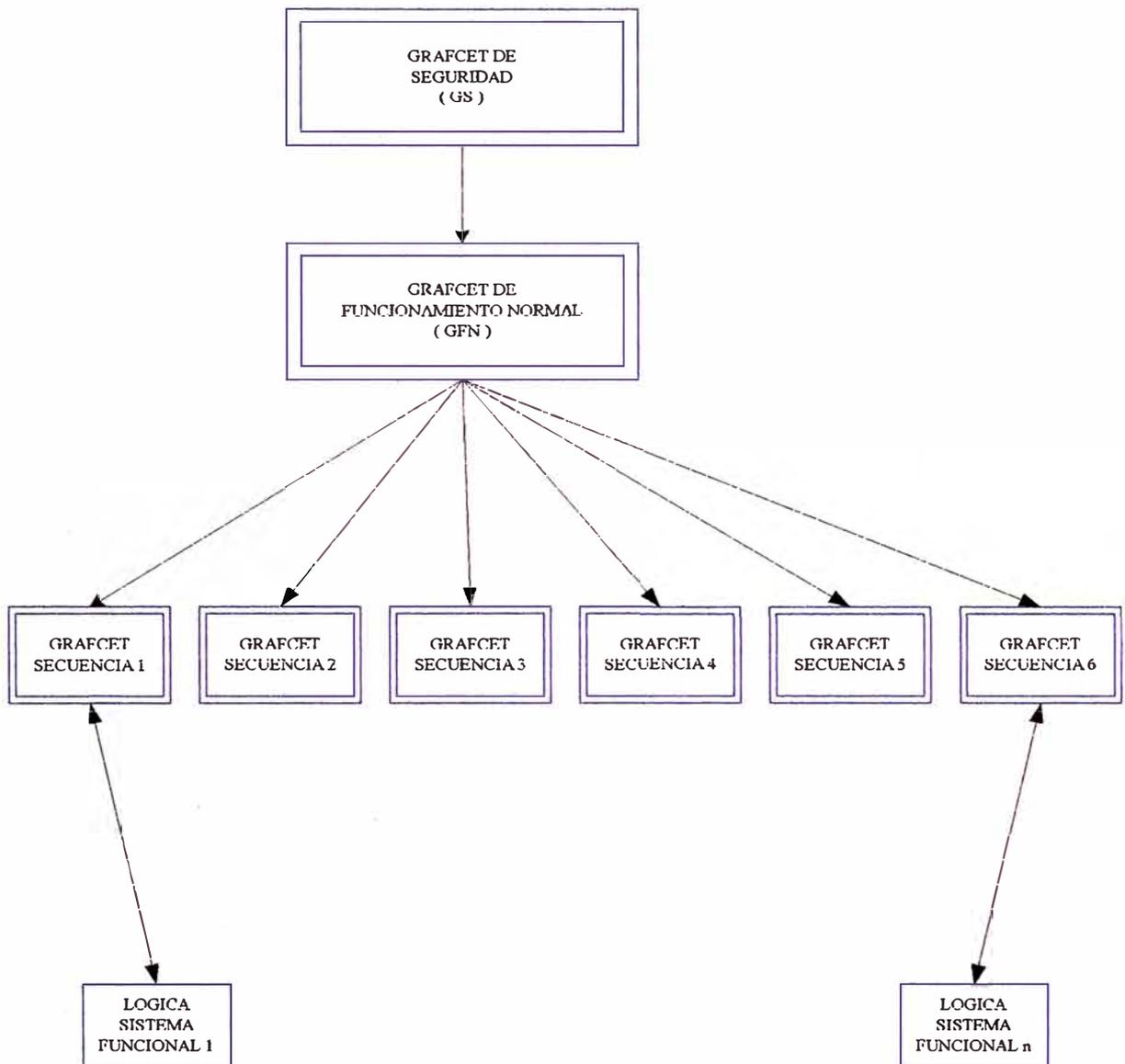
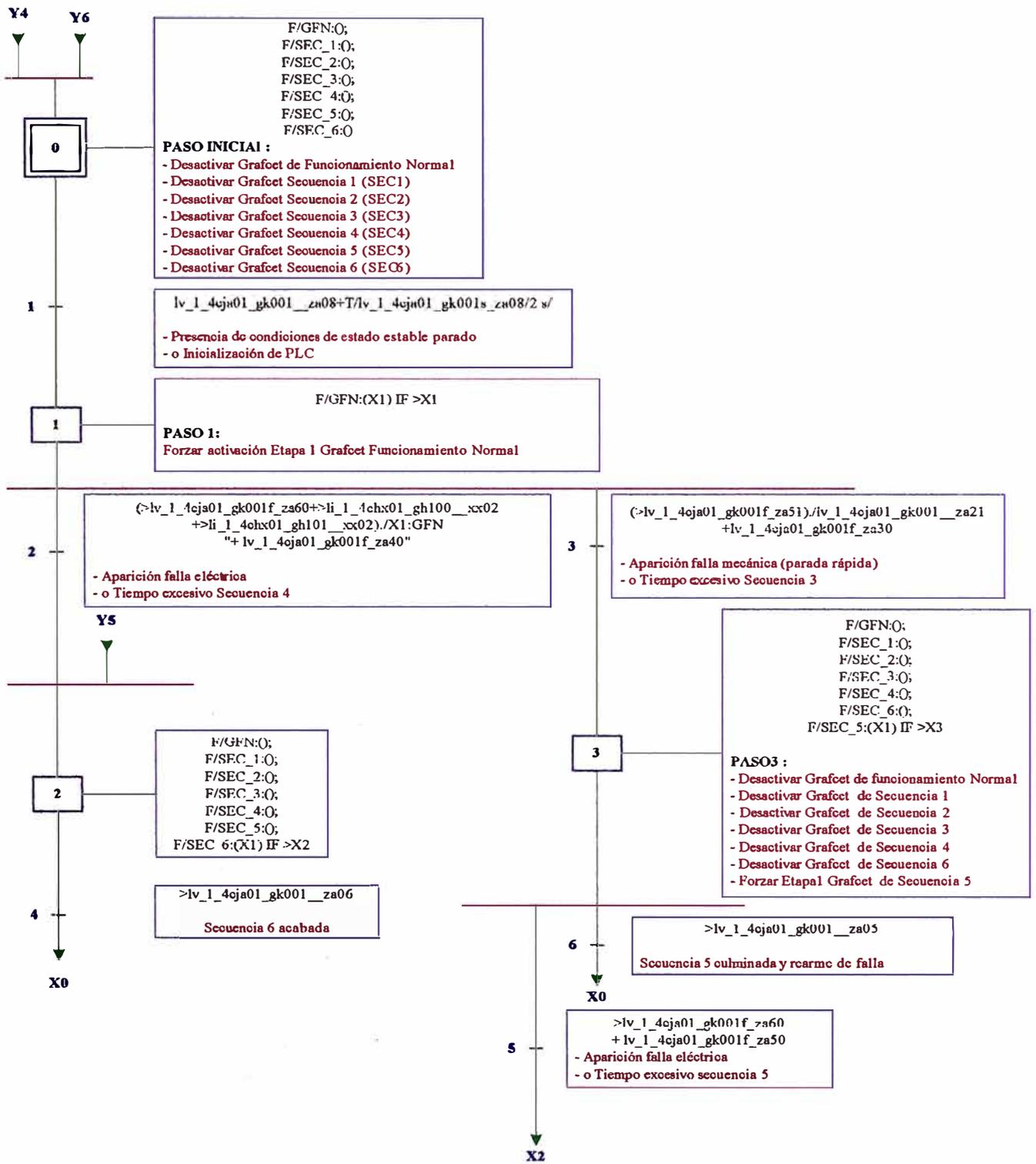


Figura 1/14 Organigrama general de funcionamiento



FAILLA ELECTRICA (SECUENCIA PARADA DE EMERGENCIA) - 86E

lv_1_4cja01_gk001e_za60=lv_1_4cja01_gk001f_za60
"+ lv_1_4cja01_gk001f_za40"+lv_1_4cja01_gk001f_za50

lv_1_4cja01_gk001m_za51=1 IF lv_1_4cja01_gk001f_za51
+lv_1_4cja01_gk001f_za30

lv_1_4cja01_gk001m_za51=0 IF ((dv_1_4cja01_gk100r_zh13=?'0')
./lv_1_4cja01_gk001f_za51

Figura 2/14 Graficet de seguridad

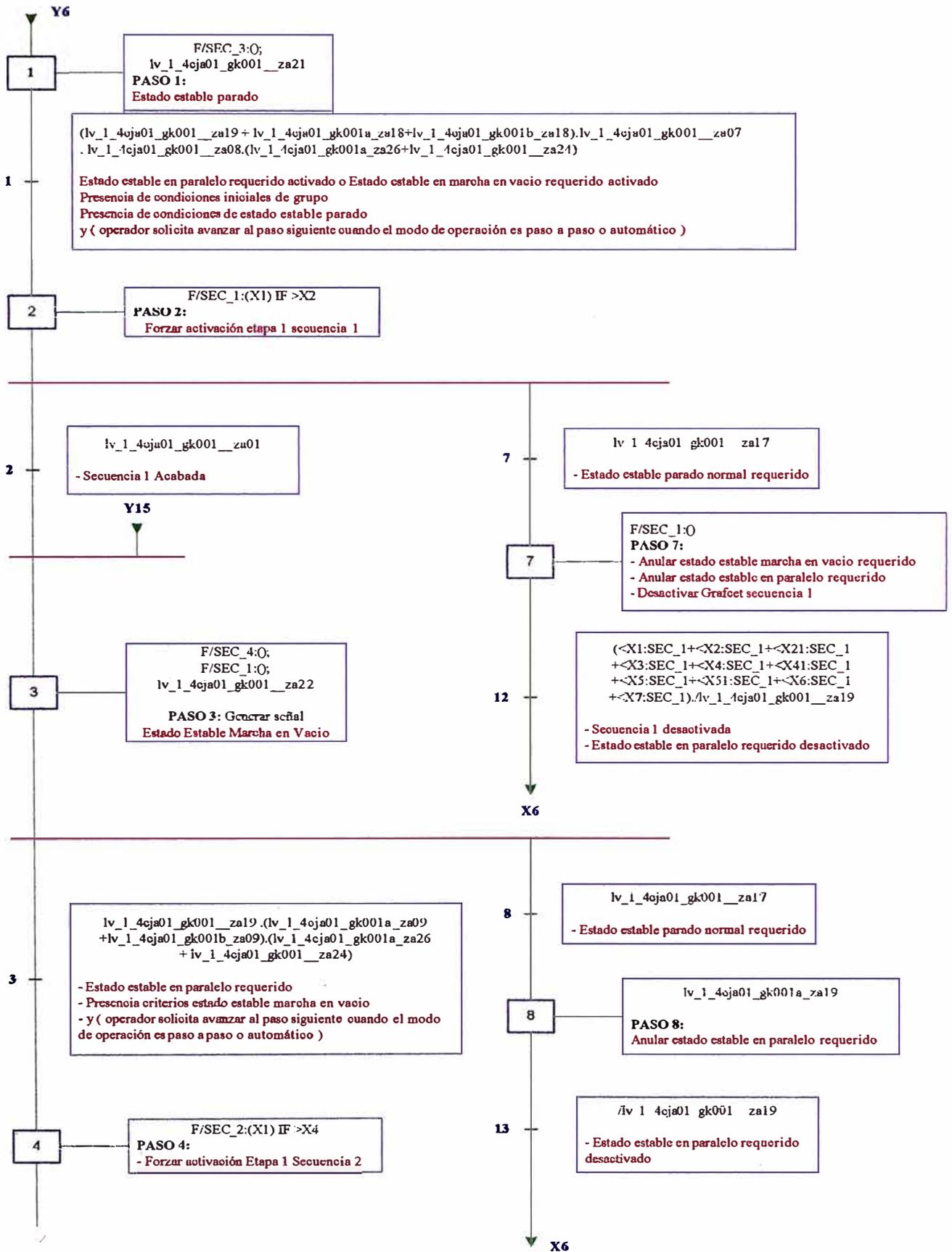


Figura 3/14 Grafcet de funcionamiento normal

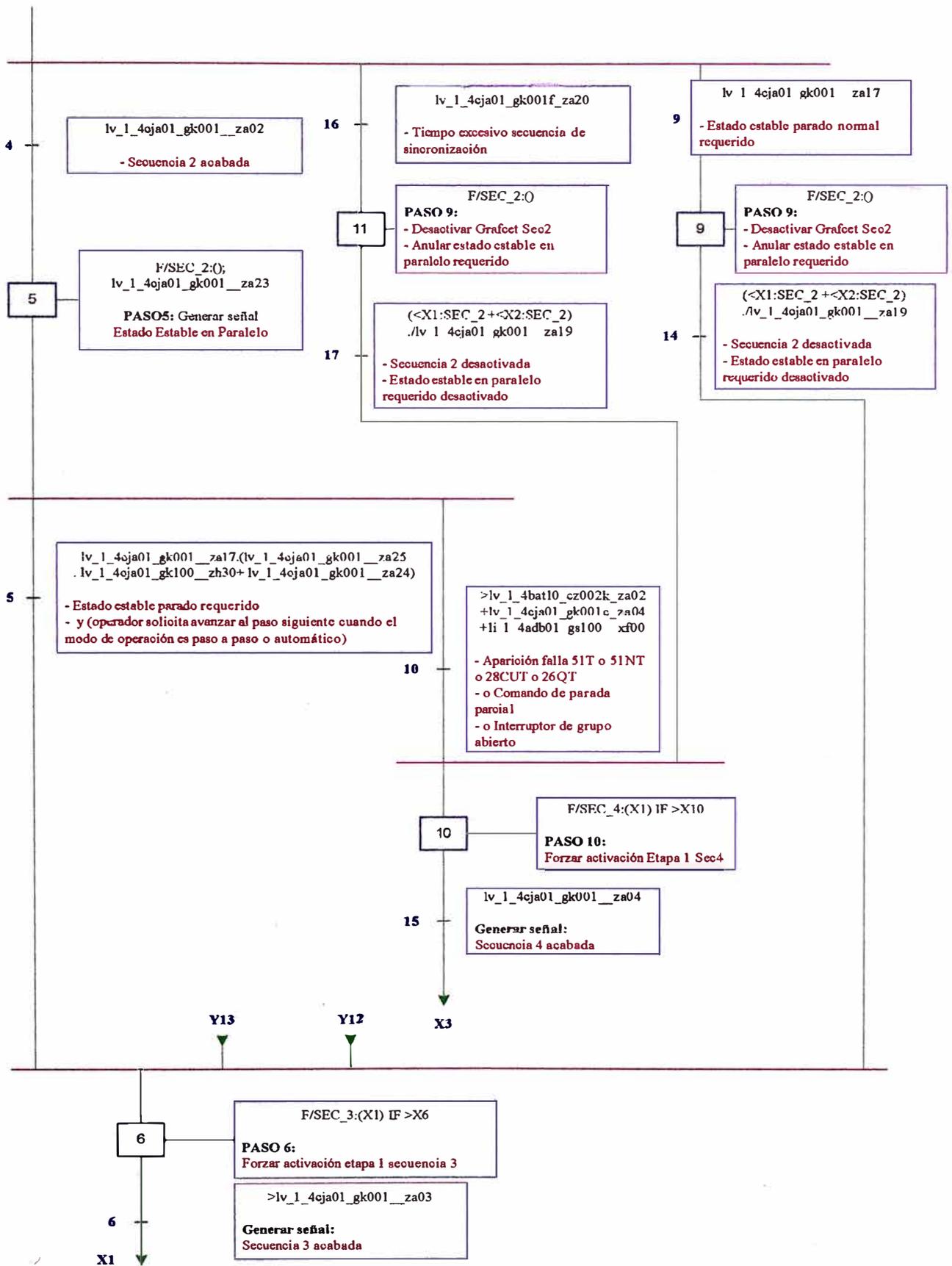


Figura 4/14 Grafcet de funcionamiento normal

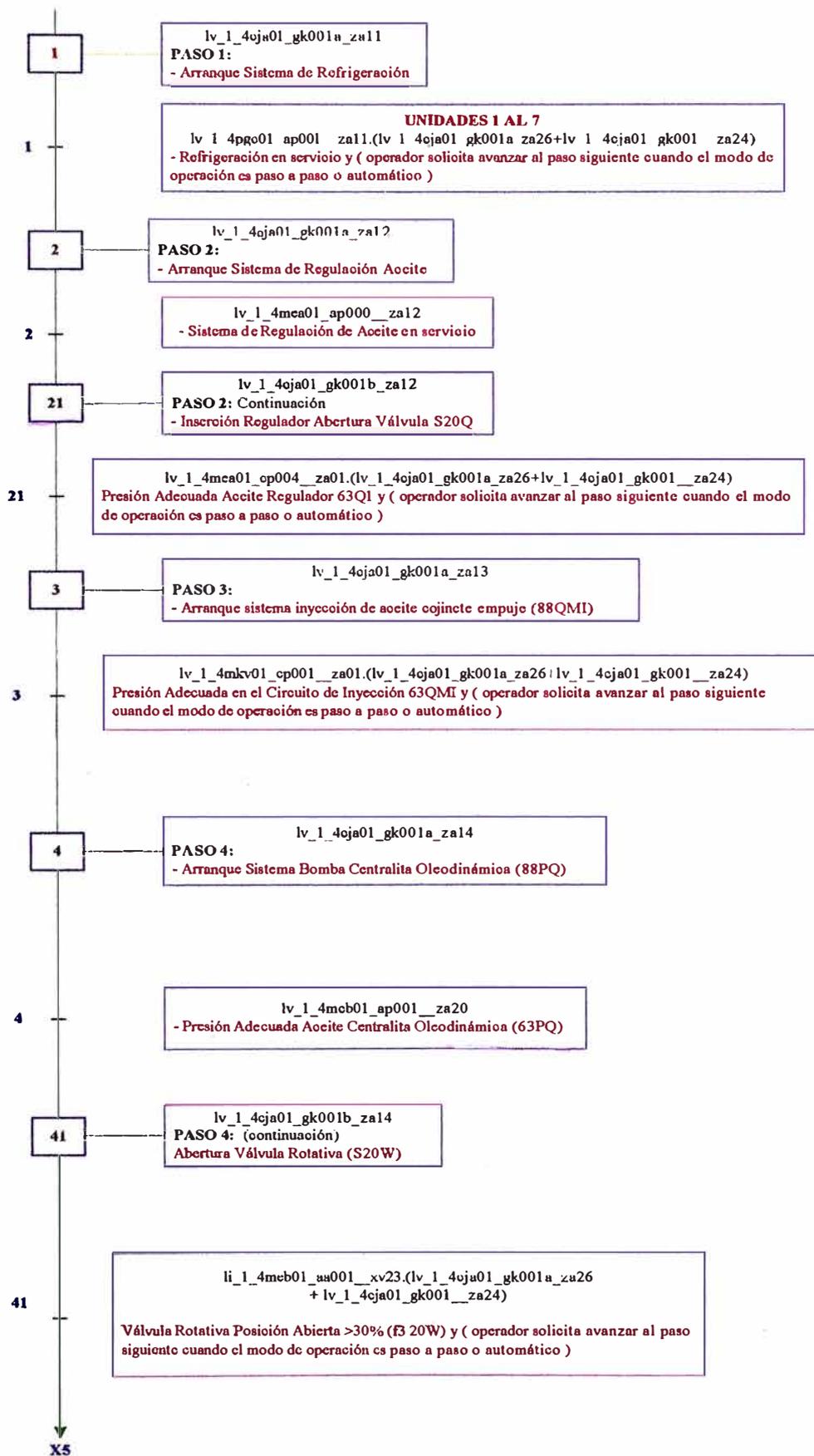


Figura 5/14 Secuencia 1: Estado estable parado a estado estable marcha en vacío

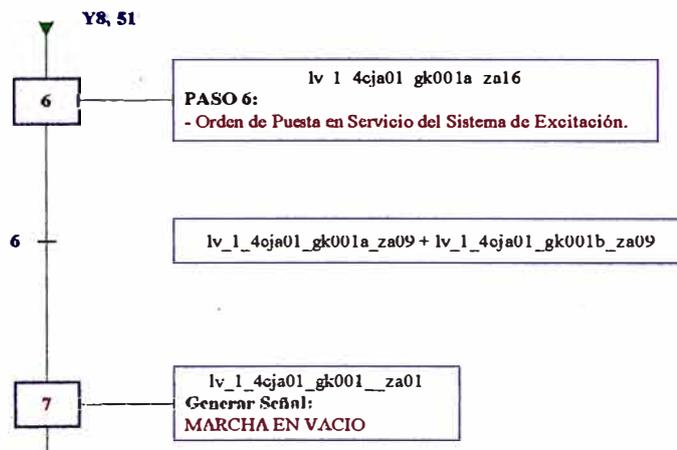
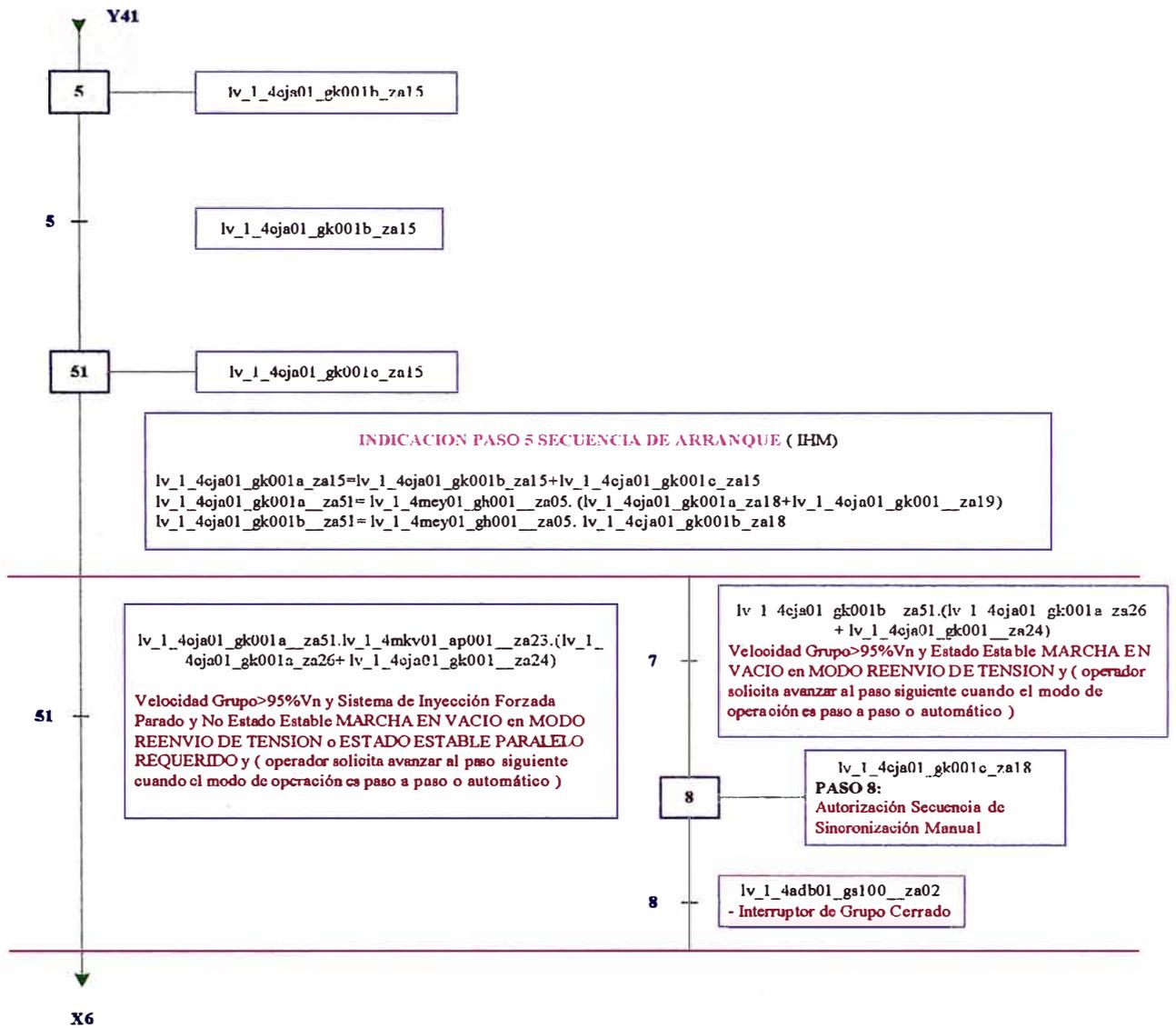


Figura 6/14 Secuencia 1: Estado estable parado a estado estable marcha en vacio

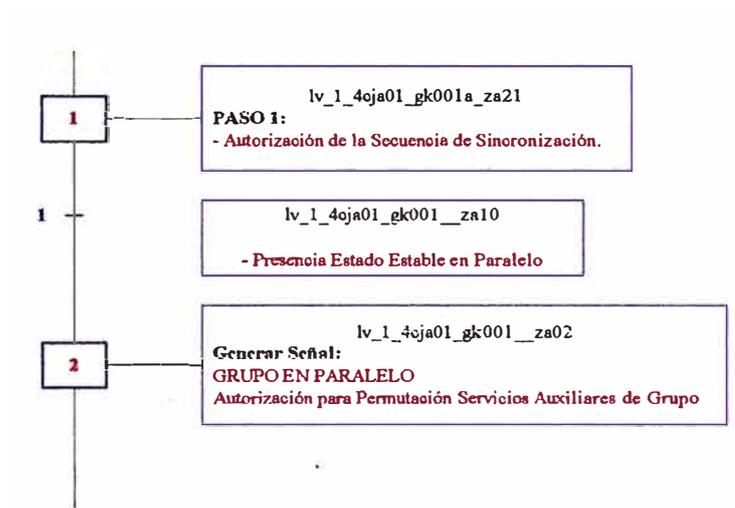
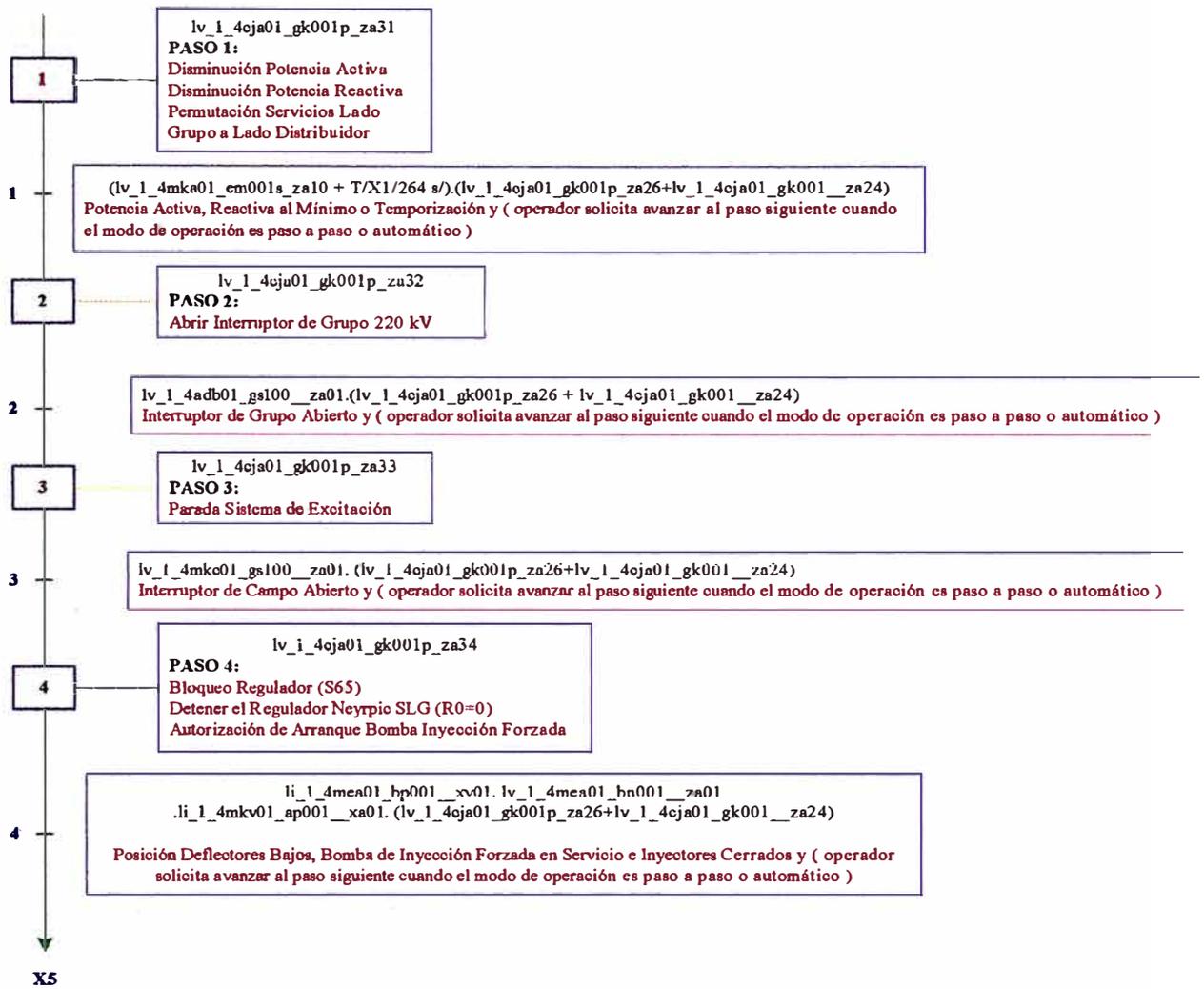


Figura 7/14 Secuencia 2: Estado estable marcha en vacío a estado estable en paralelo



lv_1_4cja01_gk001_za83 = li_1_4mcb01_aa001_xv01. lv_1_4mcy01_gh001_za00

SISTEMA CENTRALITA OLEODINAMICA PARADA Pag. 78a

lv_1_4mcb01_ap001_za61 li_1_4mcb01_ap001_xu00.li_1_4mcb01_ap002_xu00./li_1_4mcb01_ap001_xu01./li_1_4mcb01_ap002_xu01

SISTEMA REGULACIÓN DE ACEITE PARADA Pag. 78b

lv_1_4mea01_ap001_za61 = li_1_4mea01_ap001_xa00.li_1_4mea01_ap002_xa00./li_1_4mea01_ap001_xa01./li_1_4mea01_ap002_xa01

SISTEMA DE INYECCION DE ACEITE PARADA Pag. 60

lv_1_4mkv01_ap001_za23 =/lv_1_4mkv01_ap001_za16.li_1_4mkv01_ap001_xa00./li_1_4mkv01_ap001_xa01

lv_1_4cja01_gk001_za61=lv_1_4mkv01_ap001_za23./li_1_4mea01_aa200_xv00.lv_1_4mea01_ap001_za61

lv_1_4cja01_gk001_za62= lv_1_4cja01_gk001_za61.(li_1_4mka01_au001_xc00+lv_1_4mka01_au001_za00)

Figura 8/14 Secuencia 3: Estado estable en paralelo a estado estable parado

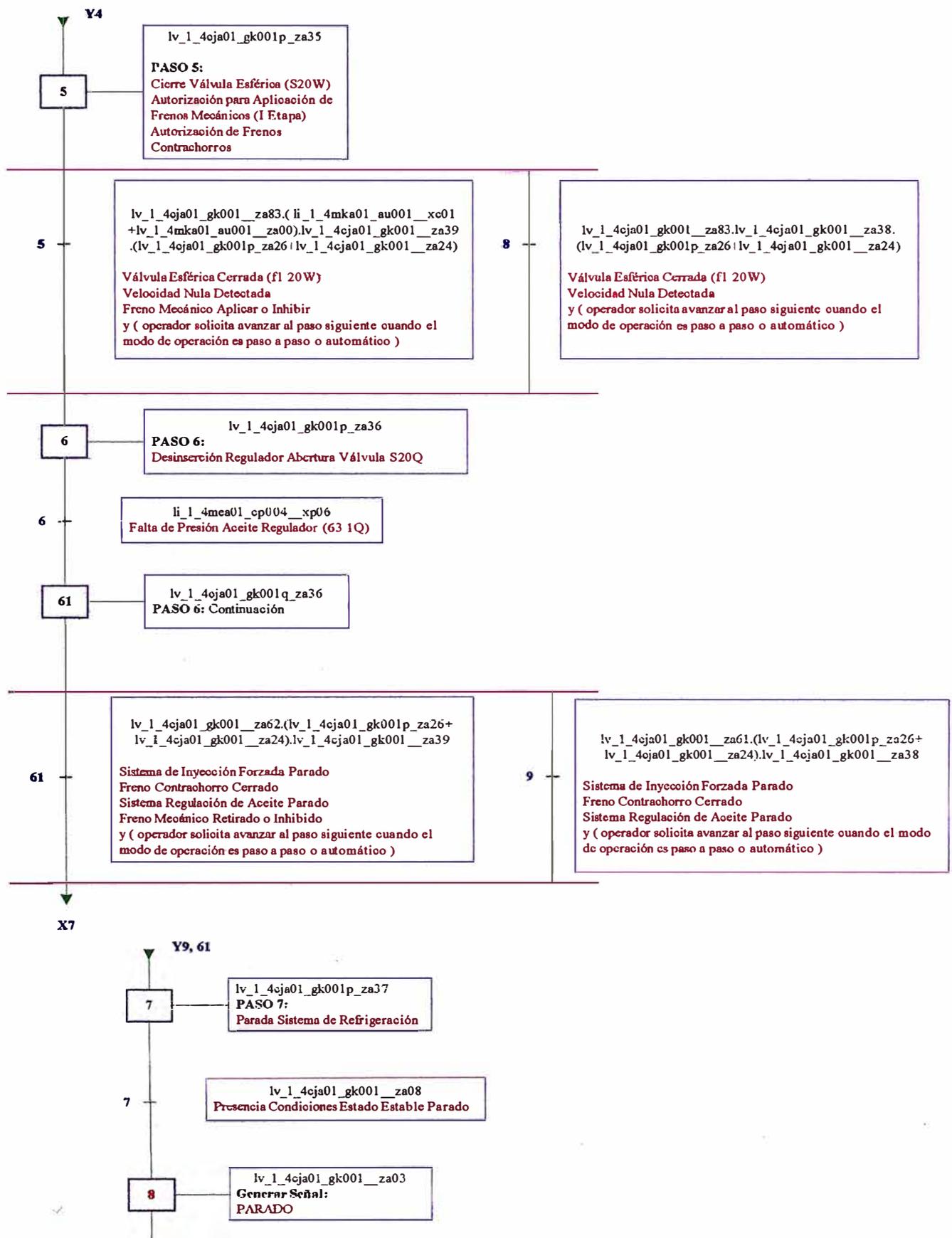


Figura 9/14 Secuencia 3: Estado estable en paralelo a estado estable parado

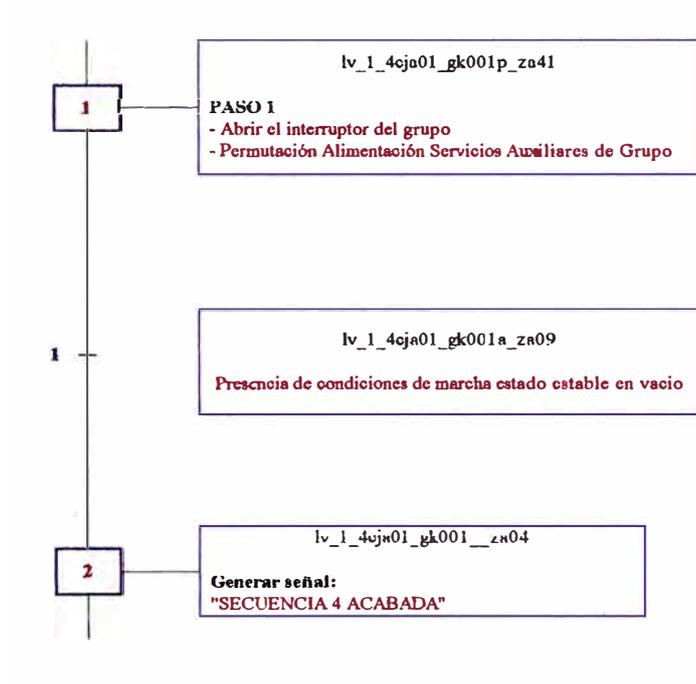


Figura 10/14 Secuencia 4: Secuencia de parada parcial

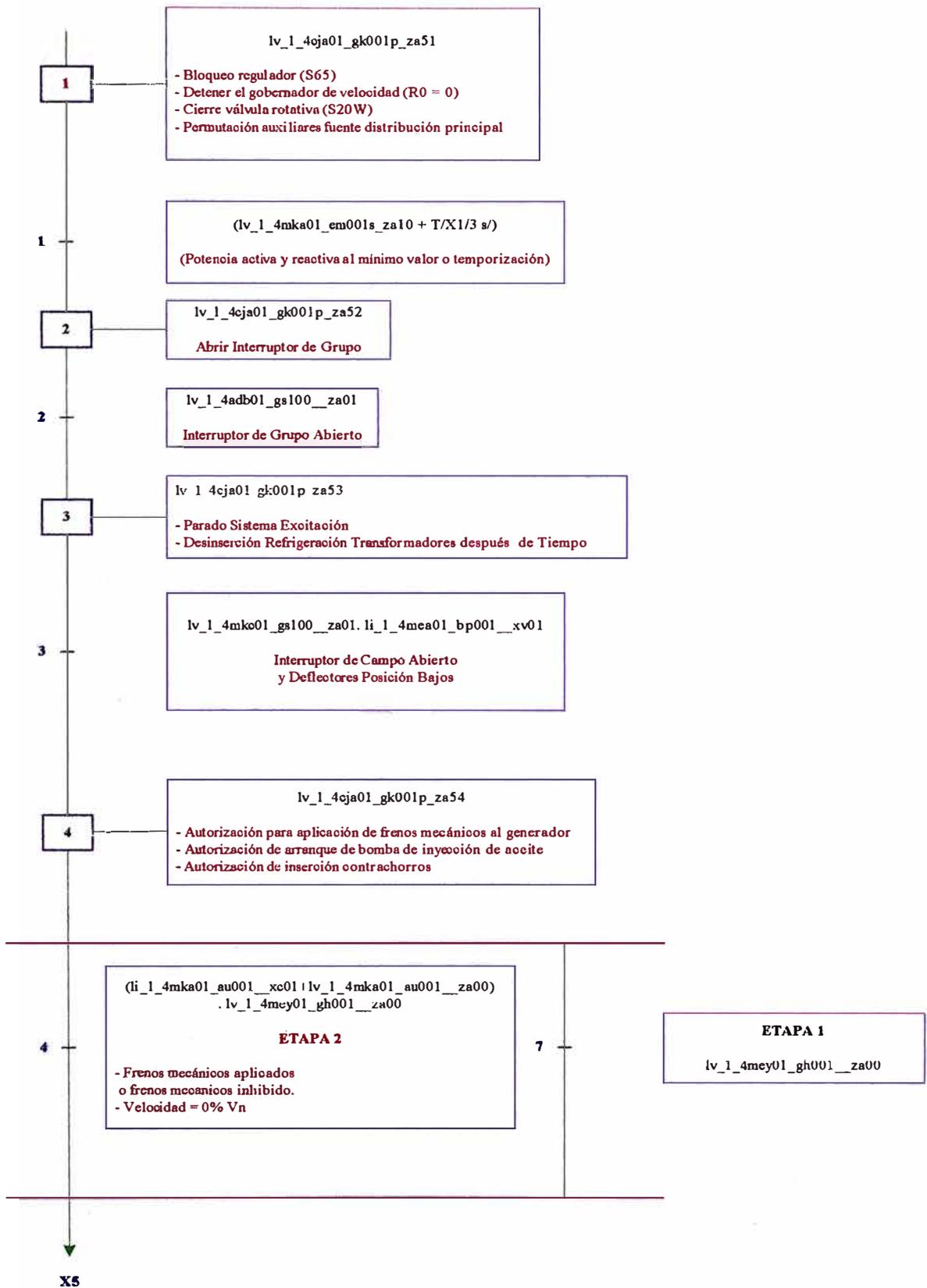


Figura 11/14 Secuencia 5: Secuencia de parada rápida

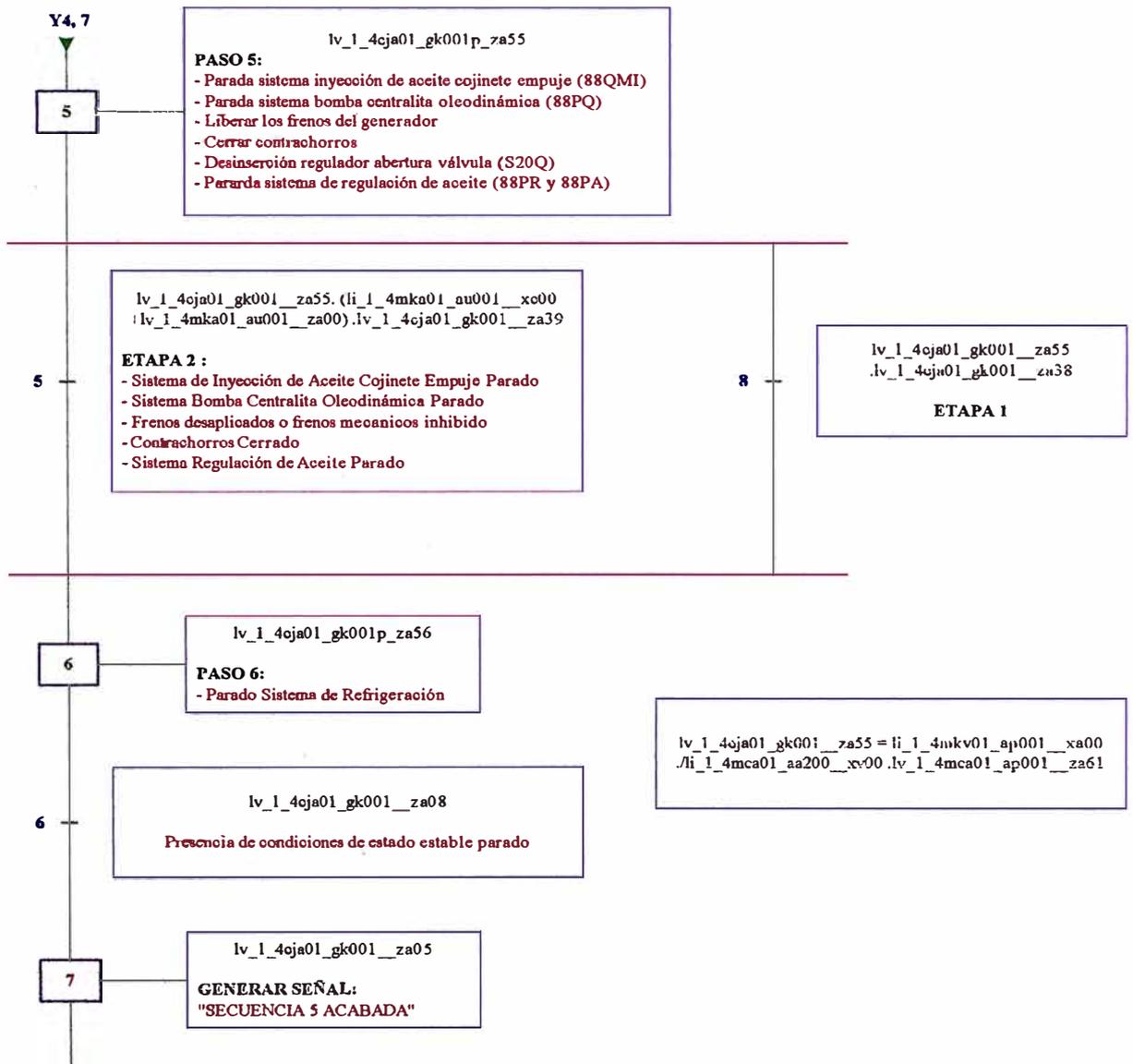


Figura 12/14 Secuencia 5: Secuencia de parada rápida

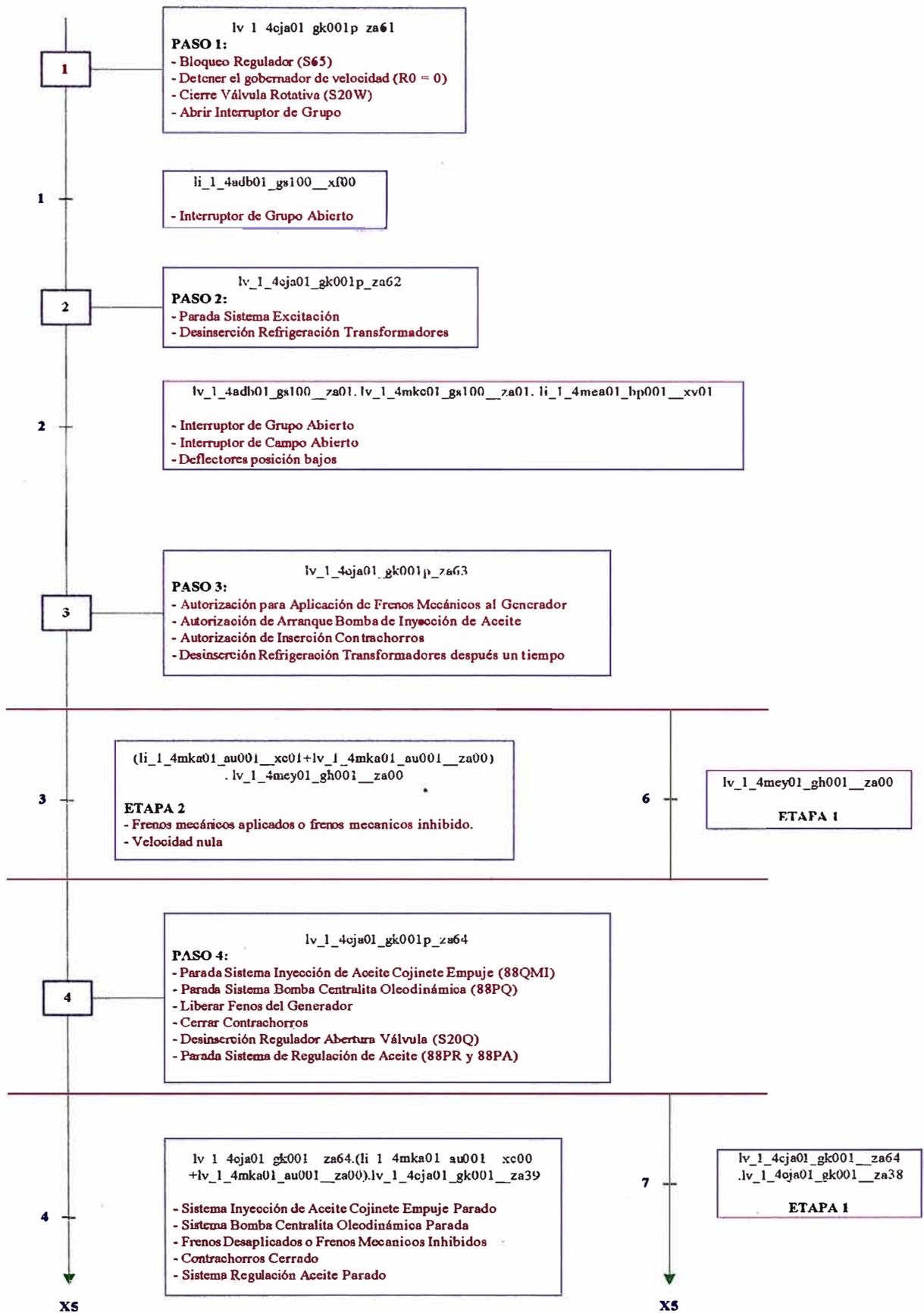


Figura 13/14 Secuencia 6: Secuencia de parada de emergencia

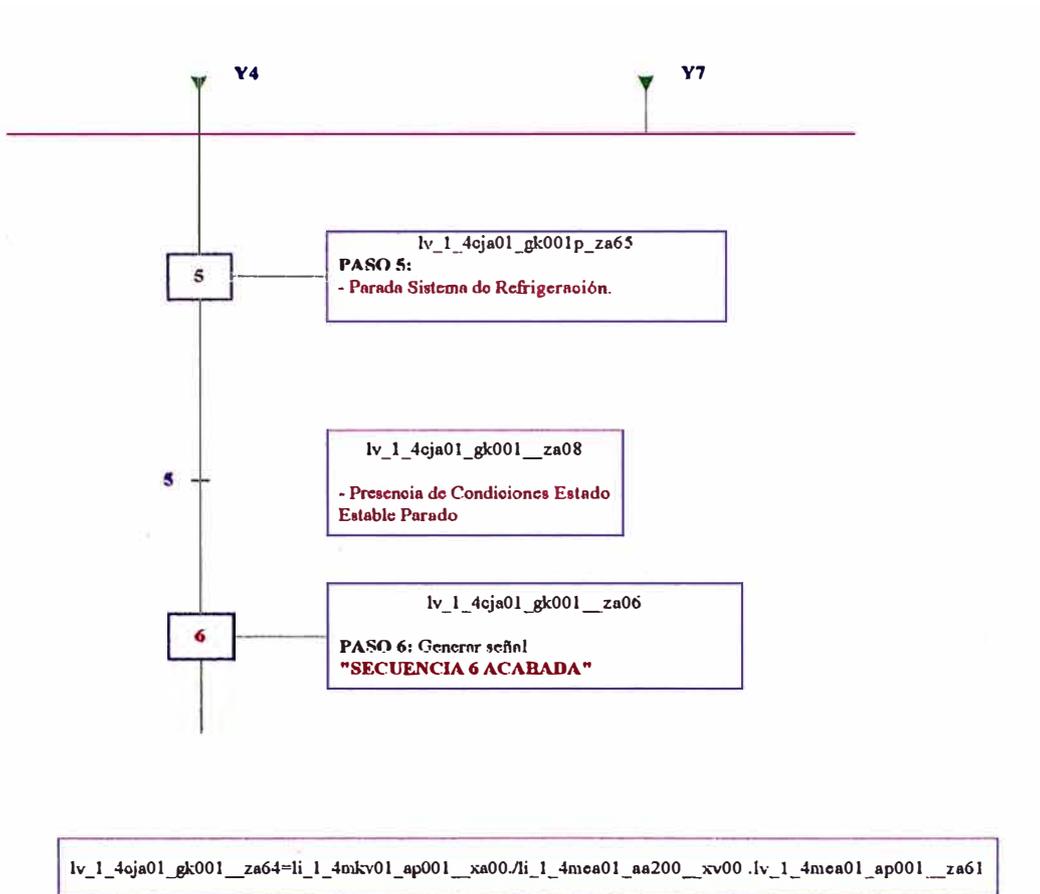


Figura 14/14 Secuencia 6: Secuencia de parada de emergencia

ANEXO G

**ESQUEMA DE CONEXIONADO ELECTRICO DEL REGULADOR
NEYRPIC SLG**

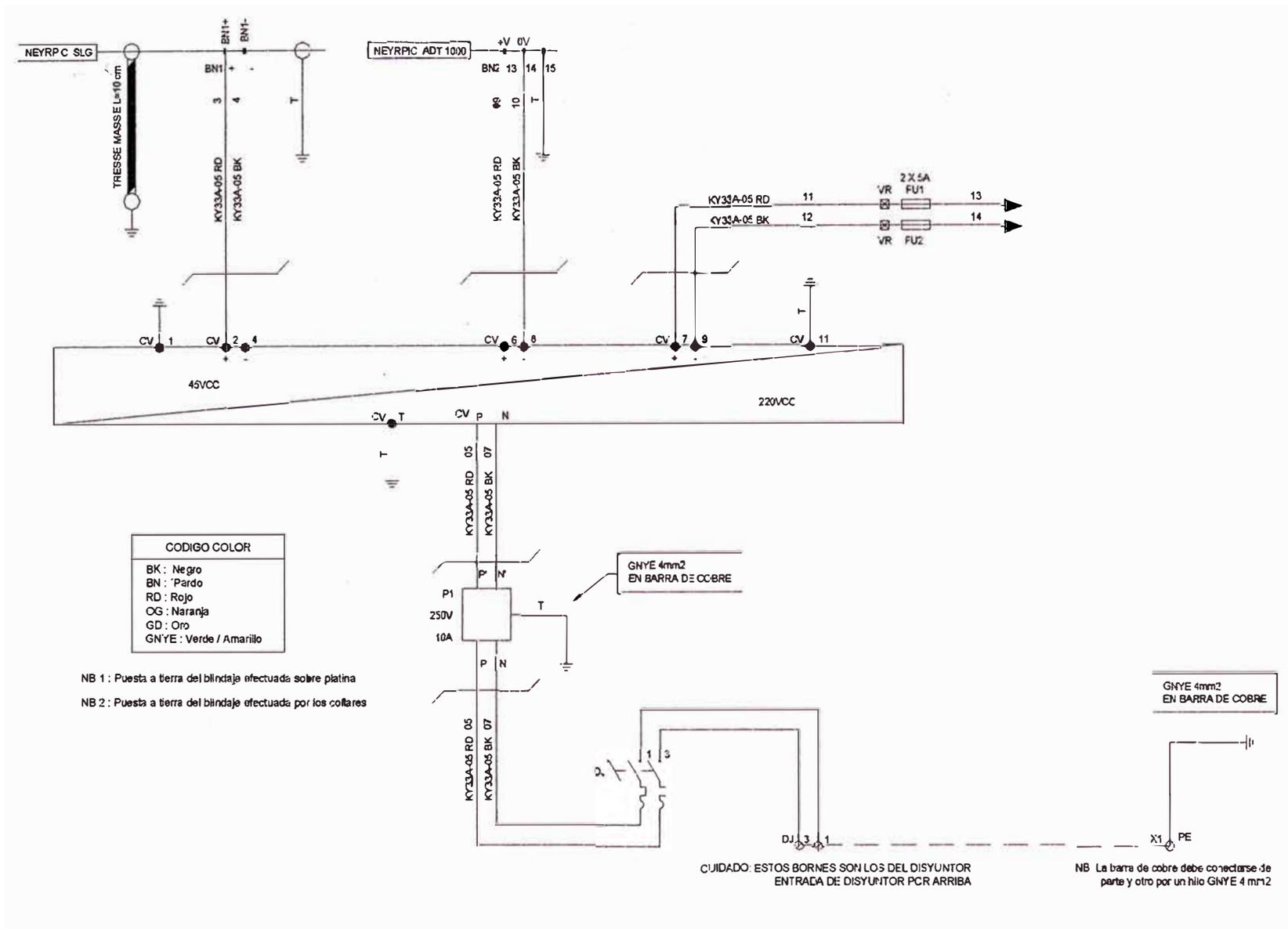


Figura 1/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPC SLG

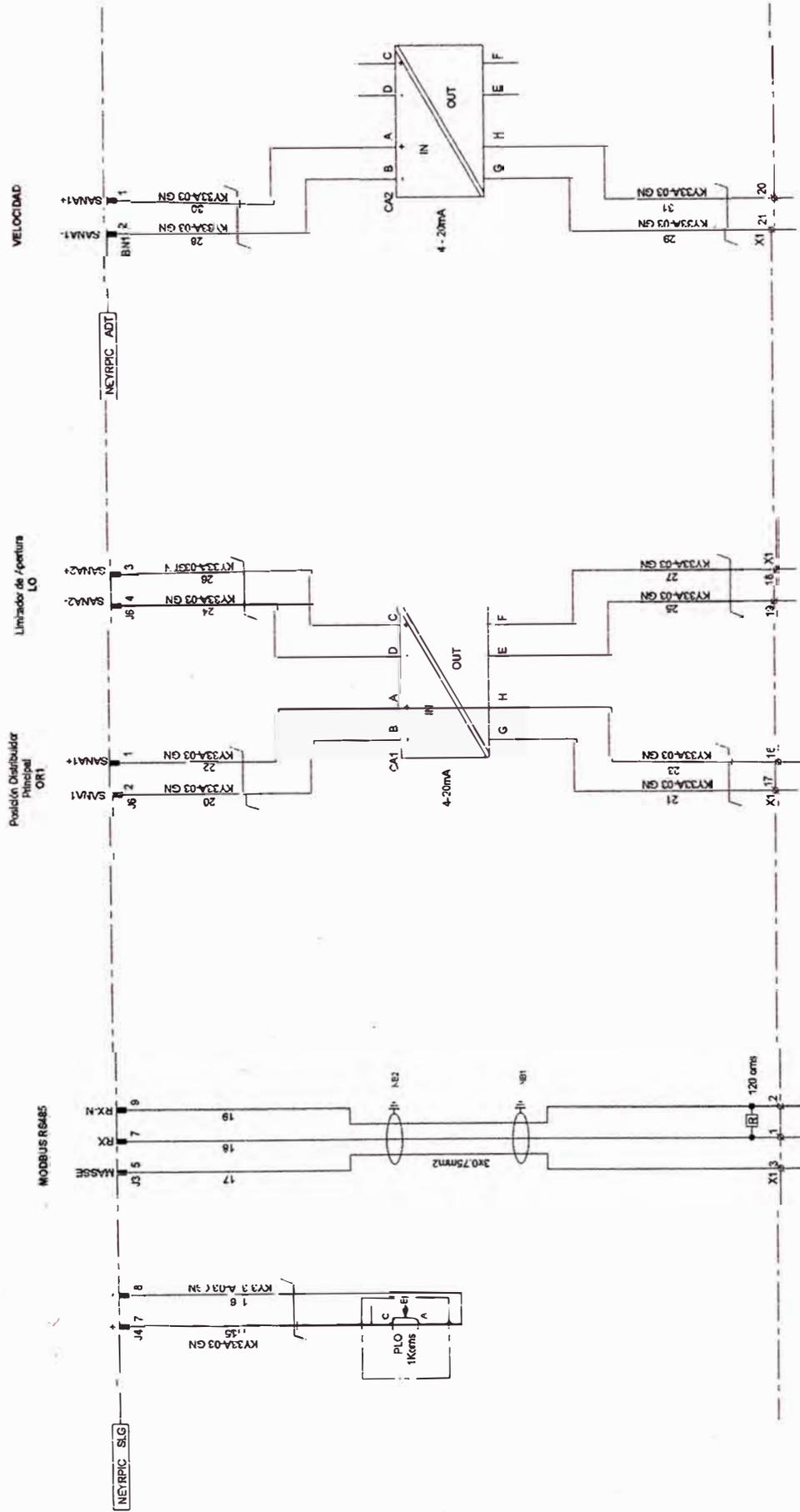


Figura 2/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPIC SLG

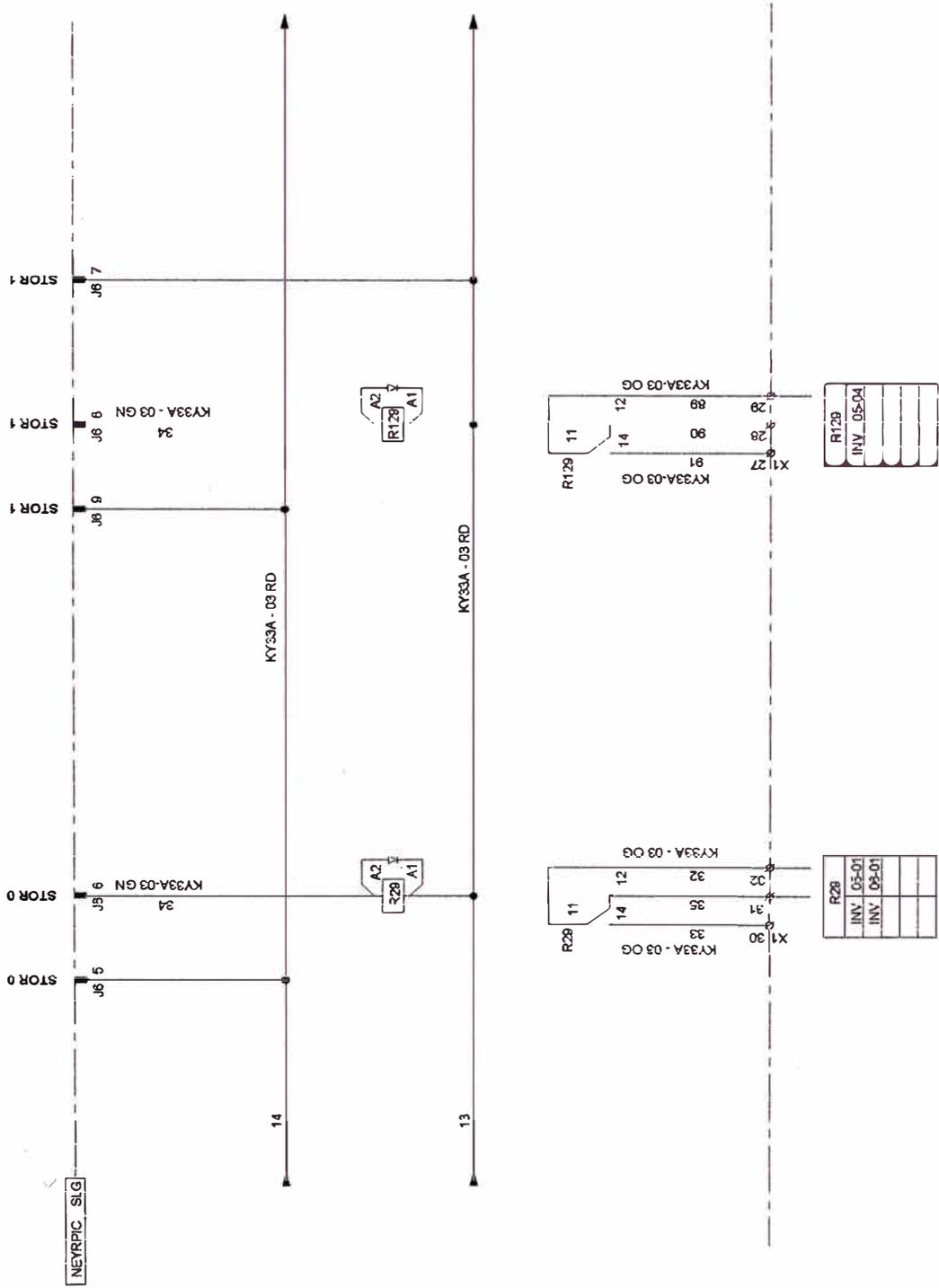


Figura 3/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPIC SLG

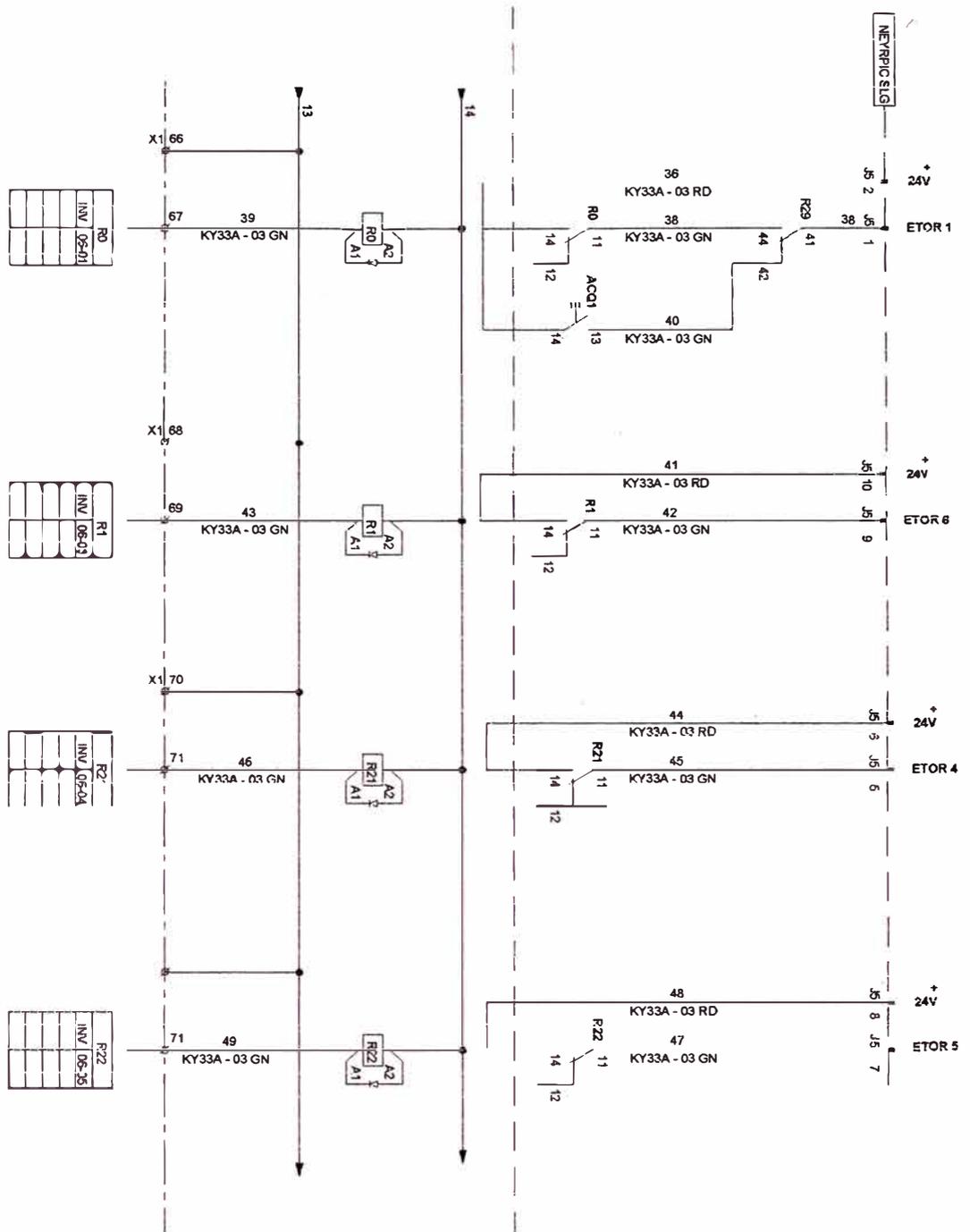


Figura 4/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPIC SLG

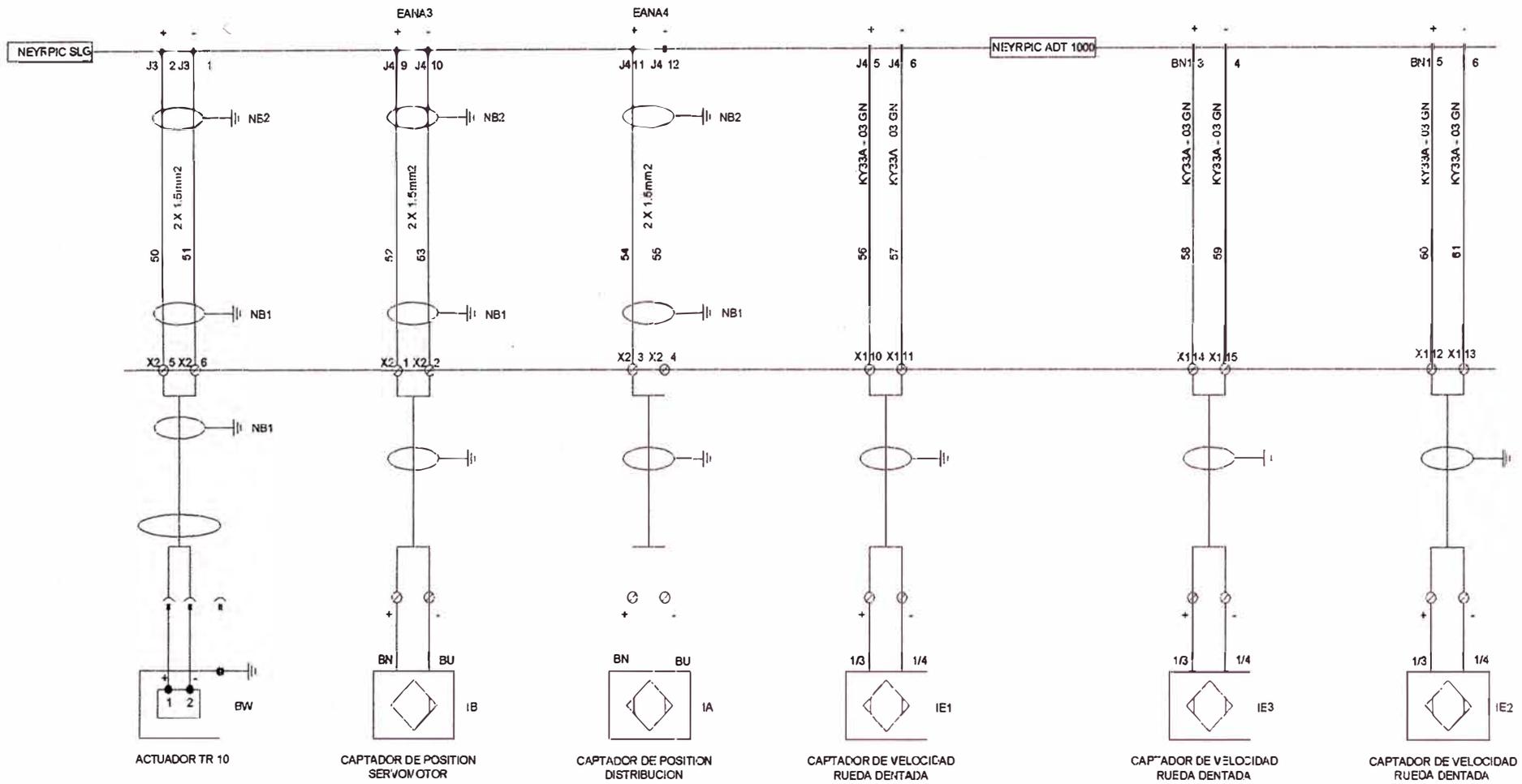


Figura 5/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPICT SLG

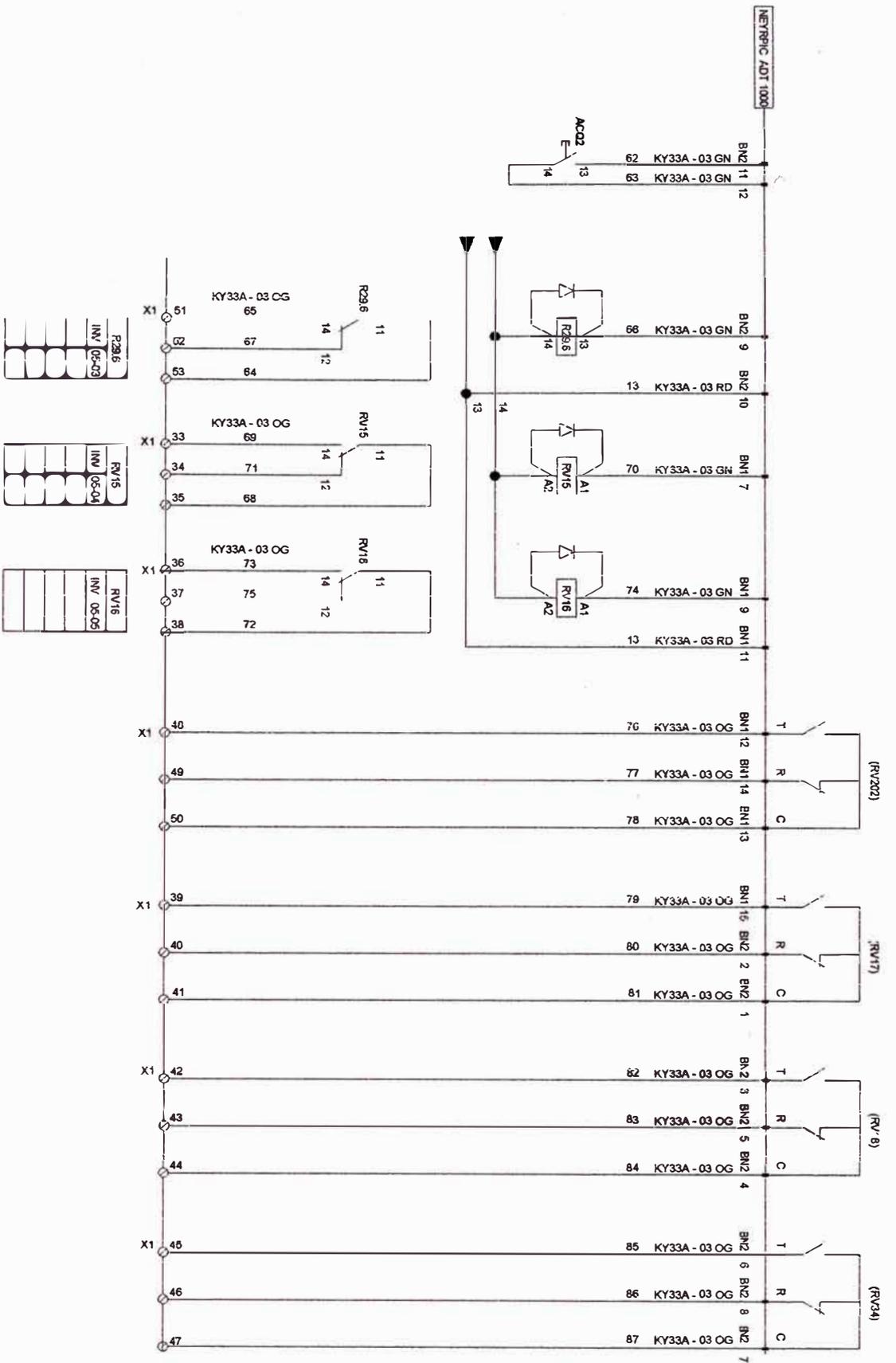


Figura 6/6 Esquema de conexionado eléctrico del regulador NEYRPIIC SLG

ANEXO H
ESQUEMA DE CONEXIONADO ELECTRICO DE RELES AUXILIARES DEL
REGULADOR NEYRPIC SLG

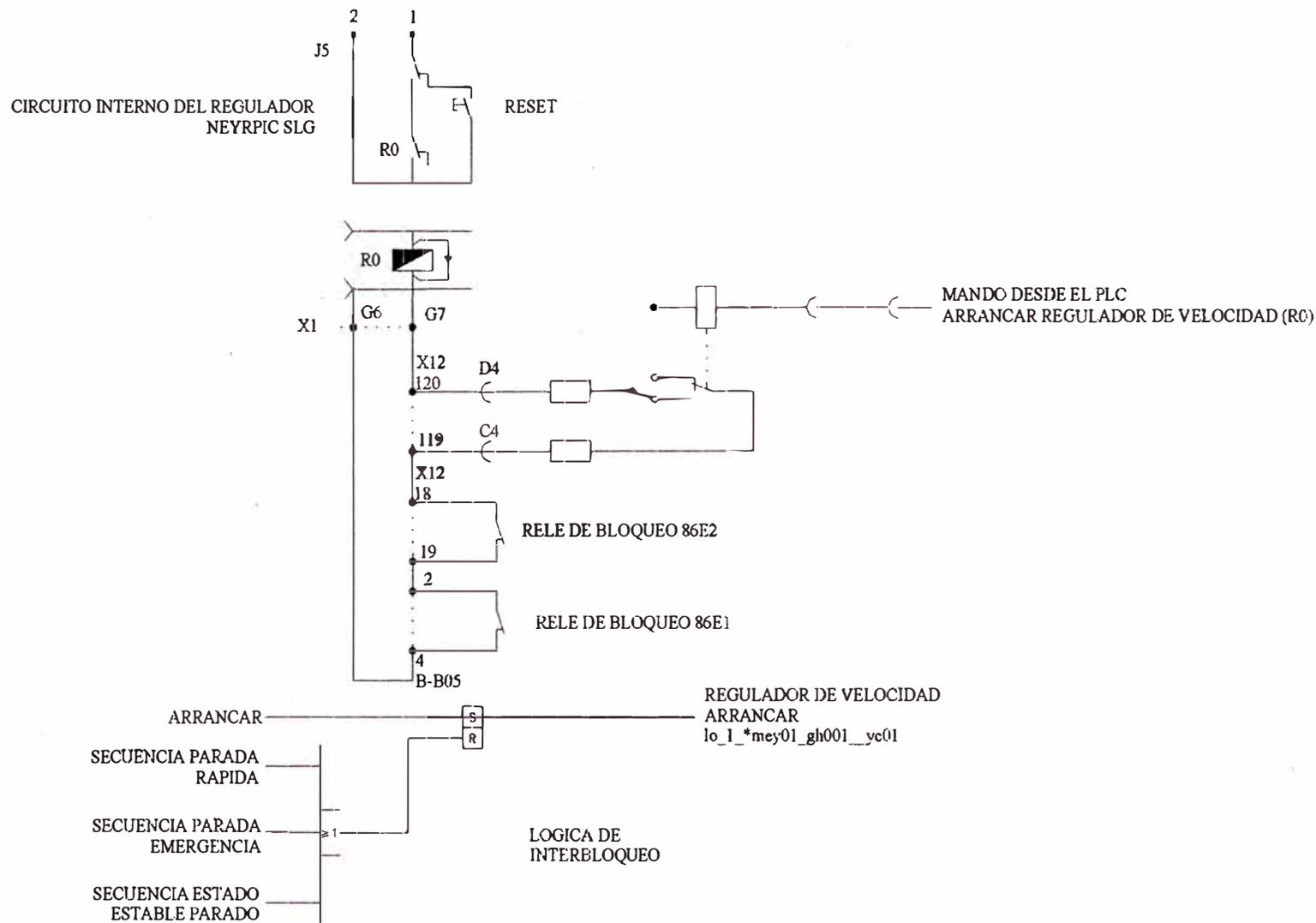


Figura 1/4 Rele auxiliar R0 del Regulador NEYRPIC SLG

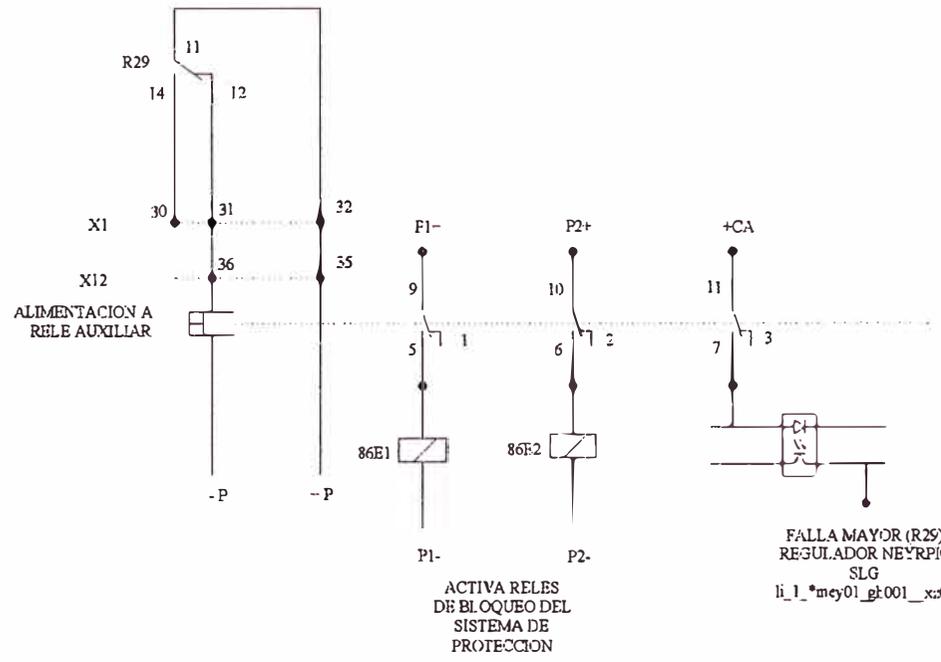
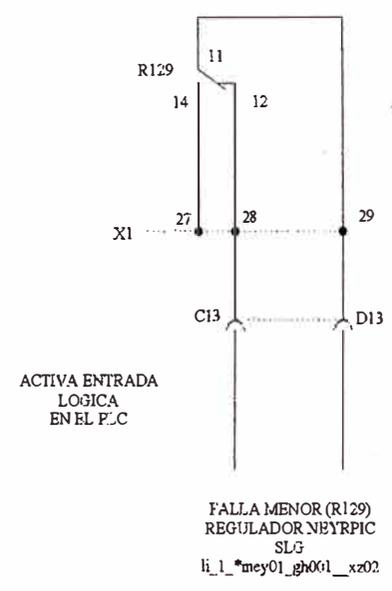
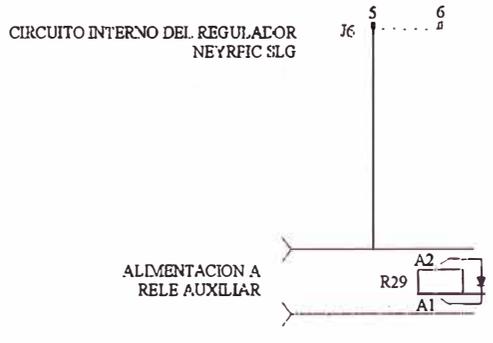
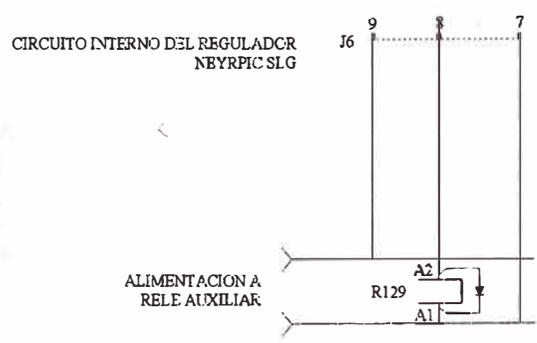


Figura 2/4 Rele auxiliar R29 del Regulador NEYRPIG SLG

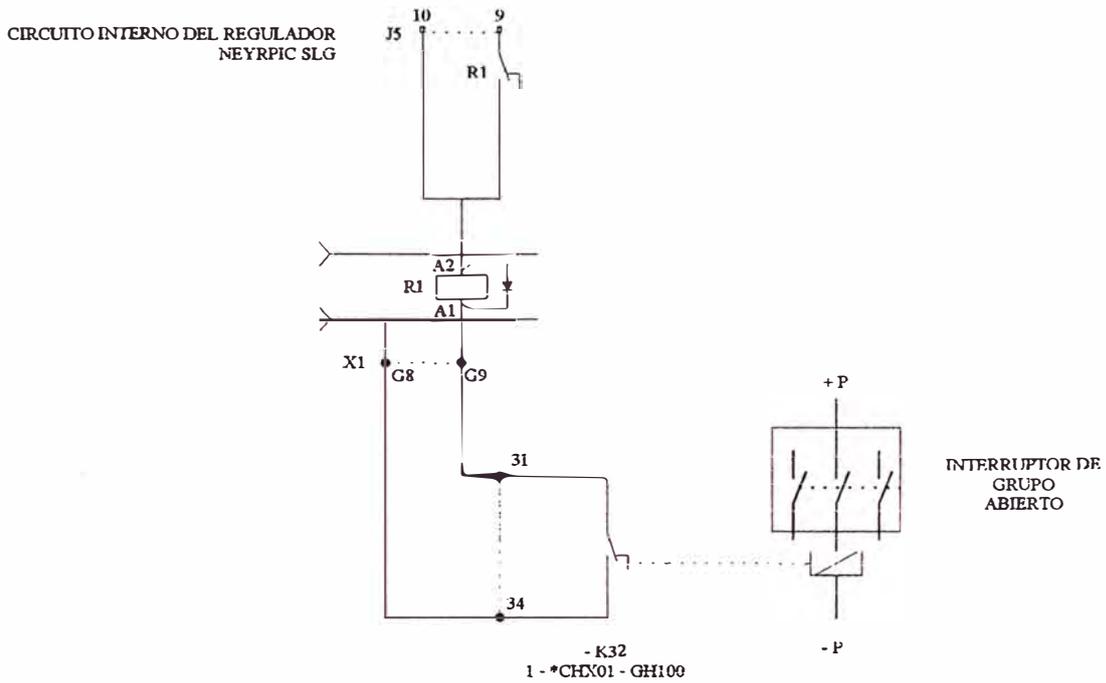


Figura 3/4 Rele auxiliar del interruptor 220 kV para interbloqueo

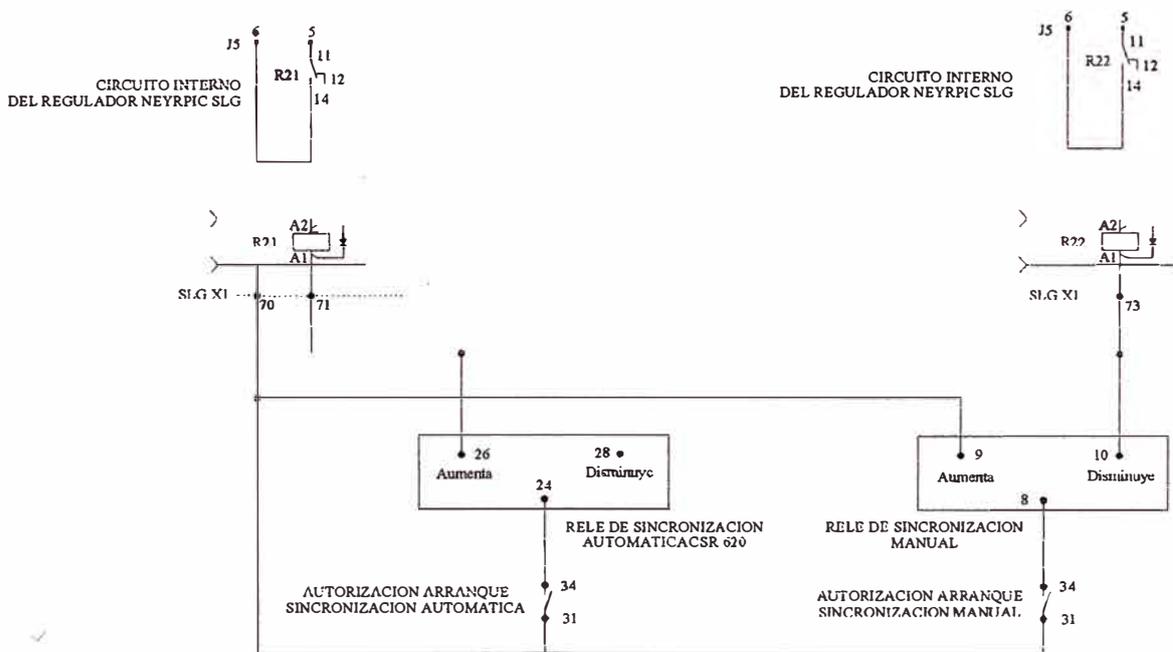
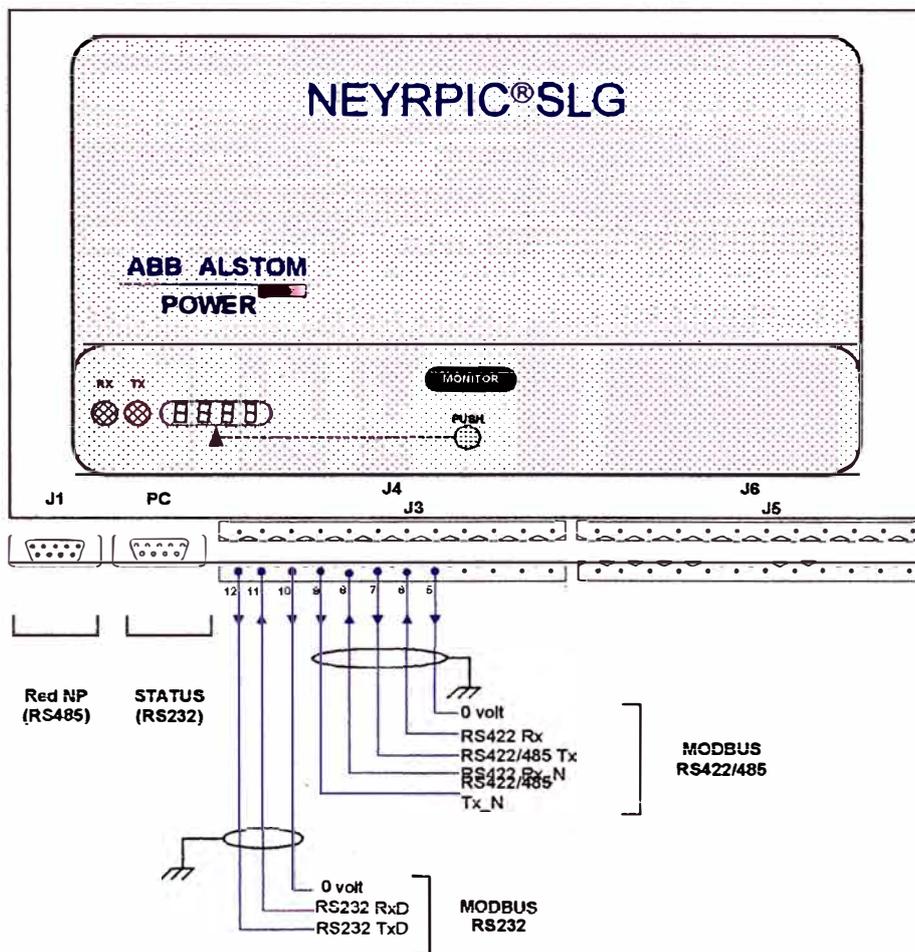


Figura 4/4 Interbloqueo automatismo aumenta – disminuye velocidad

ANEXO I
VISTA FRONTAL DEL REGULADOR NEYRPIC SLG

VISTA FRONTAL DE LA CAJA REGULADOR NEYRPIC SLG



ANEXO J
PRESUPUESTO PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Proyecto: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RESTITUCIÓN

CUADRO N° 1

Resumen del Control Económico de la Obra			Avance al 31 de Diciembre del 2002			
PARTE	SUB-PARTE	DESCRIPCIÓN	Propuesta ALSTOM US \$	FACTURADO US \$	POR FACTURAR US \$	% ECONOMICO DE AVANCE
1		Suministros en el sitio de la Obra				
	1.1	Precio de todos los materiales Hardware	3,429,446.00	2,394,182.44	1,035,263.56	69.81%
	1.2	Software	899,227.00	602,536.49	296,690.51	67.01%
	1.3	Documentación	19,099.00	7,032.82	12,066.18	36.82%
	1.4	Embalaje	23,328.00	8,589.94	14,738.06	36.82%
	1.5	Materiales de reserva y equipos de prueba	209,849.00	0.00	209,849.00	0.00%
		Total Precio FOB	4,680,949.00	3,012,341.69	1,568,607.31	65.76%
	1.6	Fletes y seguro Marítimo	87,615.00	59,615.14	27,999.86	68.04%
	1.7	Aranceles (12%) mas gastos de aduana (0.5%) y otros cargos aplicables (DUA)	465,864.00	372,693.00	93,171.00	80.00%
	1.8	Suministro Nacional	0.00	0.00	0.00	
	1.9	Transporte Local y Seguro hasta sitio de la obra	43,807.00	14,743.81	29,063.19	33.66%
		Total Parte 1 - Suministro	5,178,235.00	3,459,393.64	1,718,841.36	66.81%
2		Servicios				
	2.1	Ingeniería y Trabajos de Proyección	332,487.00	279,289.08	53,197.92	84.00%
	2.2	Desmantelamiento y trabajos de montaje	911,962.00	376,944.40	535,017.60	41.33%
	2.3	Pruebas en fábrica	10,665.00	10,665.00	0.00	100.00%
	2.4	Pruebas in situ	40,000.00	0.00	40,000.00	0.00%
	2.5	Arquitectura, obras civiles, interiores, etc. Estación Maestra.	88,234.00	0.00	88,234.00	0.00%
	2.6	Arquitectura, obras civiles completas, interiores, etc. Centro de Lima	144,506.00	134,164.67	10,341.33	92.84%
	2.7	Operación experimental	50,665.00	0.00	50,665.00	0.00%
	2.8	Capacitación del personal de ELECTROPERU	306,789.00	56,704.20	250,084.80	18.48%
		Total Parte 2 - Servicios	1,885,308.00	857,767.35	1,027,540.65	45.50%
3		Vehículos				
	3.1	Vehículos	158,642.00	158,642.00	0.00	100.00%
		Total Parte 3 - Vehículos	158,642.00	158,642.00	0.00	100.00%
4		TOTAL COSTO DIRECTO (USD)	7,222,185.00	4,475,802.99	2,746,382.01	61.97%
		GASTOS GENERALES (.....%)	incluido	incluido	incluido	
		UTILIDADES (.....%)	incluido	incluido	incluido	
		IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18%) parte local	1,299,993.30	296,876.23	307,761.07	
		IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18%) parte Importada		695,356.00		
		TOTAL COSTO GENERAL (US D)	8,522,178.30	5,468,035.22	3,054,143.08	64.16%

PROYECTO: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RESTITUCIÓN

CUADRO N° 2

PARTE 1: Suministros en el Sitio de Obra

SUB-PARTE 1.1 Precios de todos los materiales Hardware

(* Corresponde al 12.5% del costo CIF (FOB+flete y seguros)

SUB-PARTE	DESCRIPCIÓN	Metrados		FOB		Flete y Seg. Marítimo	Arancel G. De Aduana	Suministro Nacional		Flete y Seg. Local	Sub-total		Total
		Und.	Cant.	C.Uni.	C. Total			C.Uni.	C. Total		M.N.	M.N.	
				M.E.	M.E.			M.E.	M.N. (*)		M.N.	M.N.	
1.1	PRECIOS DE TODOS LOS MATERIALES HARDWARE												
1.1.0	Estación Maestra/Hardware												
1.1.1	Computadoras (server) principales completas	Lote	1	77,816.00	77,816.00	1,988.00	9,975.50			994.00		79,804.00	
1.1.2	Servidores de comunicación	Lote	1	14,262.00	14,262.00	364.00	1,828.25			182.00		14,626.00	
1.1.3	Interfases de comunicación (incluido)	Lote	1		0.00							0.00	
1.1.4	Estación de trabajo - 3 Monitores	1	1	60,034.00	60,034.00	1,534.00	7,696.00			767.00		61,568.00	
1.1.5	Estación de trabajo - 2 Monitores	1	3	10,761.00	32,283.00	825.00	4,138.50			412.00		33,108.00	
1.1.6	Estación de trabajo - 1 Monitor	1	1	8,308.00	8,308.00	212.00	1,065.00			106.00		8,520.00	
1.1.7	Sistema de archivo de datos historicos	1	1	16,413.00	16,413.00	419.00	2,104.00			210.00		16,832.00	
1.1.8	Pantalla de proyección video	1	1	128,541.00	128,541.00	3,284.00	16,478.13			1,642.00		131,825.00	
1.1.9	LAN - Redundante	Lote	1	83,291.00	83,291.00	2,128.00	10,677.38			1,064.00		85,419.00	
1.1.10	Impresora láser B/N	1	1	2,981.00	2,981.00	76.00	382.13			38.00		3,057.00	
1.1.11	Impresora laser - color	1	1	5,597.00	5,597.00	143.00	717.50			71.00		5,740.00	
1.1.12	Impresora prinler	1	1	2,014.00	2,014.00	51.00	258.13			26.00		2,065.00	
1.1.13	Puente de Conexión al LAN de Oficina	Lote	1	4,384.00	4,384.00	112.00	562.00			56.00		4,496.00	
1.1.14	Note Books - acceso remoto (incluido)	1	1		0.00	0.00	0.00			0.00		0.00	
1.1.15	PC' de oficina	1	4	6,070.00	24,280.00	620.00	3,112.50			310.00		24,900.00	
1.1.16	Estación de Monitoreo Tablachaca	1	1	15,322.00	15,322.00	391.00	1,984.13			196.00		15,713.00	
1.1.17	Modem interfase a la red telefónica pública	Lote	1	429.00	429.00	11.00	55.00			5.00		440.00	
1.1.18	Fuente de alimentación UPS	1	1	37,993.00	37,993.00	971.00	4,870.50			485.00		38,964.00	
1.1.19	Mobiliario	Lote	1	8,768.00	8,768.00	224.00	1,124.00			112.00		8,992.00	
1.1.20	Materiales adicionales imprevistos	Lote	1	4,384.00	4,384.00	112.00	562.00			56.00		4,496.00	
1.1.21	Sincronización de tiempo GPS	1	1	13,435.00	13,435.00	343.00	1,722.25			172.00		13,778.00	
1.2.0	Estación de Supervisión Lima (San Juan)												
1.2.1	Servidores de comunicación	Lote	1	38,165.00	38,165.00	975.00	4,892.50			488.00		39,140.00	
1.2.2	Interfases de comunicación	Lote	1	28,524.00	28,524.00	729.00	3,656.63			364.00		29,253.00	
1.2.3	Estación de trabajo - 2 monitores	1	1	10,761.00	10,761.00	275.00	1,379.50			137.00		11,036.00	
1.2.4	Estación de trabajo - 1 monitor	1	1	8,308.00	8,308.00	212.00	1,065.00			106.00		8,520.00	
1.2.5	Pantalla de proyección video	1	1	128,541.00	128,541.00	3,284.00	16,478.13			1,642.00		131,825.00	
1.2.6	LAN	Lote	1	11,106.00	11,106.00	284.00	1,423.75			142.00		11,390.00	
1.2.7	Impresora Láser - B/N	1	1	2,981.00	2,981.00	76.00	382.13			38.00		3,057.00	
1.2.8	Impresora Láser - color	1	1	5,637.00	5,637.00	144.00	722.63			72.00		5,781.00	
1.2.9	Modem de comunicación con otros centros	1	1		0.00	0.00	0.00			0.00		0.00	
1.2.10	Puentes de conexión a los LAN's de oficina	Lote	1	8,768.00	8,768.00	224.00	1,124.00			112.00		8,992.00	
1.2.11	PC's de oficina	NA			0.00	0.00	0.00			0.00		0.00	
1.2.12	Fuente de alimentación UPS	1	1	32,147.00	32,147.00	821.00	4,121.00			411.00		32,968.00	
1.2.13	Mobiliario	Lote	1	7,306.00	7,306.00	187.00	936.63			93.00		7,493.00	
1.2.14	Materiales adicionales	Lote	1	12,526.00	12,526.00	320.00	1,605.75			160.00		12,846.00	

PROYECTO: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RIBSTITUCIÓN

CUADRO N° 2

PARTE 1: Suministros en el Sitio de Obra

SUB-PARTE 1.1 Precios de todos los materiales Hardware

(*) Corresponde al 12.5% del costo CIF (FOB+flete y seguros)

SUB-PARTE	DESCRIPCIÓN	Medrados		FOB		Flete y Seg. Marítimo	Arancel G. De Aduana	Suministro Nacional		Flete y Seg. Local	Sub-total		Total
		Und.	Cant.	C. Unit.	C. Total			C. Unit.	C. Total		M.N.	M.N.	
				M.E.	M.E.	M.N. (*)	M.N.						
1.3.0	Sistema de Supervisión, Control y Regulación de las Unidades 1 - 7 de la C.H.-SAM												
1.3.1	Sistema de Supervisión y Control de turbinas y generadores												
	Mediciones y señales de proceso.	1	7	108,589.00	760,123.00	19,420.00	97,442.88			9,710.00	779,543.00		
1.3.2	Regulación de turbinas	1	7	92,783.00	649,481.00	16,593.00	83,259.25			8,297.00	666,074.00		
1.3.3	Protección de generadores y transformadores	1	7	41,783.00	292,481.00	7,472.00	37,494.13			3,736.00	299,953.00		
1.3.4	Materiales adicionales imprevistos	Lote	1		0.00	0.00	0.00			0.00	0.00		
1.4.0	Sistema SCADA - Remotas												
1.4.1	Central Hidroeléctrica RON												
1.4.2	RTU	1	1	119,747.00	119,747.00	3,059.00	15,350.75			1,530.00	122,806.00		
1.4.3	Material y equipos de adaptación y conexión con el proceso	Lote	1	29,225.00	29,225.00	747.00	3,746.50			373.00	29,972.00		
1.4.4	Subestación Campo Armiño-SECA				0.00								
1.4.5	RTU	1	1	107,425.00	107,425.00	2,745.00	13,771.25			1,372.00	110,170.00		
1.4.6	Material y equipos de adaptación y conexión con el proceso	Lote	1	29,225.00	29,225.00	747.00	3,746.50			373.00	29,972.00		
1.4.7	Presa Tablachaca				0.00		0.00						
1.4.8	RTU	1	1	39,378.00	39,378.00	1,006.00	5,048.00			503.00	40,384.00		
1.4.9	Material y equipos de adaptación y conexión con el proceso	Lote	1	29,225.00	29,225.00	747.00	3,746.50			373.00	29,972.00		
1.4.10	Cámara de válvulas				0.00		0.00						
1.4.11	RTU	1	1	34,101.00	34,101.00	871.00	4,371.50			436.00	34,972.00		
1.4.12	Material y equipos de adaptación y conexión con el proceso	Lote	1	29,225.00	29,225.00	747.00	3,746.50			373.00	29,972.00		
1.4.13	Servicios auxiliares - SAM				0.00		0.00						
1.4.14	RTU	1	1	64,714.00	64,714.00	1,653.00	8,295.88			827.00	66,367.00		
1.4.15	Material y equipos de adaptación y conexión con el proceso	Lote	1	29,225.00	29,225.00	747.00	3,746.50			373.00	29,972.00		
1.4.16	Material adicionales imprevistos	Lote	1	29,777.00	29,777.00	761.00	3,817.25			380.00	30,538.00		
1.5.0	Sistema de Transmisión de datos												
1.5.1	Equipos y materiales para la ampliación del Sistema de microondas	Lote	1	13,861.00	13,861.00	354.00	1,776.88			177.00	14,215.00		
1.5.2	Sistema digital PLC. Enlace de transmisión de datos completo entre SECA y San Juan.	Lote	1	117,396.00	117,396.00	2,999.00	15,049.38			1,500.00	120,395.00		
1.5.3	Sistema de transmisión de datos por cables de fibra óptica	Lote	1	64,009.00	64,009.00	1,635.00	8,205.50			818.00	65,644.00		
1.5.4	Cable autoport (12 fibra) 6000m	m	1	24,549.00	24,549.00	627.00	3,147.00			314.00	25,176.00		
1.5.5	Cable para ducto (4 fibras) 4000m	m	1	16,366.00	16,366.00	418.00	2,098.00			209.00	16,784.00		
1.5.6	Equipo Terminal (6)	m	1	2,922.00	2,922.00	75.00	374.63			37.00	2,997.00		
1.5.7	Sistema de transmisión de datos por cable telefónico						0.00						
1.5.8	Cable autoport 4 pares (2 cuaternas) 2000m	m	1	14,028.00	14,028.00	358.00	1,798.25			179.00	14,386.00		
1.5.9	Equipo adicional de conexión	Lote	1	4,384.00	4,384.00	112.00	562.00			56.00	4,496.00		
1.5.10	Sistema analógico ampliación del existente ETI-21	Lote	1	93,274.00	93,274.00	2,363.00	11,957.13			1,192.00	95,657.00		
1.5.11	Materiales para la reubicación del sistema telemétrico de la cuenca del río Mantaro.		1		0.00	0.00	0.00			0.00	0.00		
					3,429,446.00	87,815.00	439,632.63			43,807.00	3,517,061.00		

PROYECTO: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RESTITUCIÓN

CUADRO N° 3

PARTE 1: Suministros en el Sitio de Obra

Avance al 31 de Diciembre del 2002

SUB-PARTE	DESCRIPCIÓN	Total									Total Facturado Costo US \$
		Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	
SUB-PARTE 1.2	Software	Factura	M 6524 D	M 6763 D	M 6923 D	M 6927 D	M 6925 D	M 7006 D	M 7008 D	M 7010 D	
1.2.1	Software	Incluido									
1.2.2	Software de Supervisión y Control	460,000.00									
	Sistema de Adquisición de datos SCADA	Incluido									
	Software AGC	Incluido									
1.2.3	Software de Entrenamiento y Simulación	155,115.00									
1.2.4	Software de Aplicaciones Avanzadas	56,508.00									
1.2.5	Software del Sistema Digital de Supervisión, Control, Regulación y Protección de las Unidades 1-7 de la C.H. De SAM	220,000.00									
1.2.6	Software de adaptación para la Supervisión de la Cuenca del Mantaro (Sistema Telemétrico)	7,604.00	212,217.24	118,900.00	102,680.43	18833.28	18833.28	93405.7	18833.28	18833.28	
	Total Parte 1, Sub-parte 1.2 (USD)	899,227.00	212,217.24	118,900.00	102,680.43	18,833.28	18,833.28	93,405.70	18,833.28	18,833.28	602,536.49
SUB-PARTE 1.3	Documentación	Factura	M 6524 D	M 6763 D							
1.3.1	Documentación completa del Hardware	11,937.00									
1.3.2	Documentación completa del Software	7,162.00	4,507.36	2,525.46							
	Total Parte 1, Sub-parte 1.3 (USD)	19,099.00	4,507.36	2,525.46	0.00	0.00	0.00	0.00			7,032.82
SUB-PARTE 1.4	Embalaje Transporte y seguros	Factura	M 6524 D	M 6763 D							
1.4.1	Embalaje	23,328.00	5505.4	3084.54							
	Total Parte 1, Sub-parte 1.4 (USD)	23,328.00	5,505.40	3,084.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		8,589.94
SUB-PARTE 1.5	Materiales de Reserva y Equipos de Prueba	Factura									
1.5.1	Estación Maestra del Complejo Mantaro	58,321.00									
1.5.2	Centro de Supervisión de Lima	11,664.00									
1.5.3	Sistema SCADA (RTU's e Interfaces)	54,854.00									
1.5.4	Sistemas Digitales de Supervisión, Control, Regulación y Protección de las Unidades Generadoras de la C.H.SAM	17,672.00									
1.5.5	Sistema de Transmisión de Datos	40,697.00									
1.5.6	Otro Material de Reserva recomendado	11,664.00									
1.5.7	Sensores de sobrevelocidad	14,977.00									
	Total Parte 1, Sub-parte 1.5 (USD)	209,849.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
SUB-PARTE 1.7	Aranceles, impuestos, aduanas y otros cargos aplicables	Factura	DUA								
1	Estación Maestra del Complejo Mantaro	69,293.00									
2	Centro de Supervisión de Lima	37,788.00									
3	Sistema SCADA (RTU's e interfaces)	218,196.00									
4	Sistemas Digitales de Supervisión, Control, Regulación y Protección de las Unidades Generadoras de la C.H.SAM	69,387.00									
5	Sistema de Transmisión de Datos	44,969.00									
6	Otro Material de Reserva recomendado	26,231.00	372,693.00								
	Total Parte 1, Sub-parte 1.6 (USD)	465,864.00	372,693.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		372,693.00

PROYECTO: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS CENTRALES MANTARO Y RESTITUCIÓN

CUADRO N° 5

PARTE 3: Vehículos		Avance al 31 de Diciembre del 2002							
SUB-PARTE	DESCRIPCIÓN	Total	Adelanto 100%						Total Facturado parcial
		Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$	Costo US \$
SUB-PARTE 3.1	Vehículos (*)		ABB-APH 001-0175						
3.1.1	Vehículos	158,642.00	158,642.00						
	Total Parte 3, Sub-parte 3.1 (USD)	158,642.00	158,642.00	-	-	-	-	-	158,642.00

ANEXO K
CRONOGRAMA DE TRABAJOS PARA LA EJECUCIÓN DE DESMONTAJE Y
MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

ANEXO M

**PROCESO DE ARRANQUE Y PARADA DEL GRUPO N° 7 DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

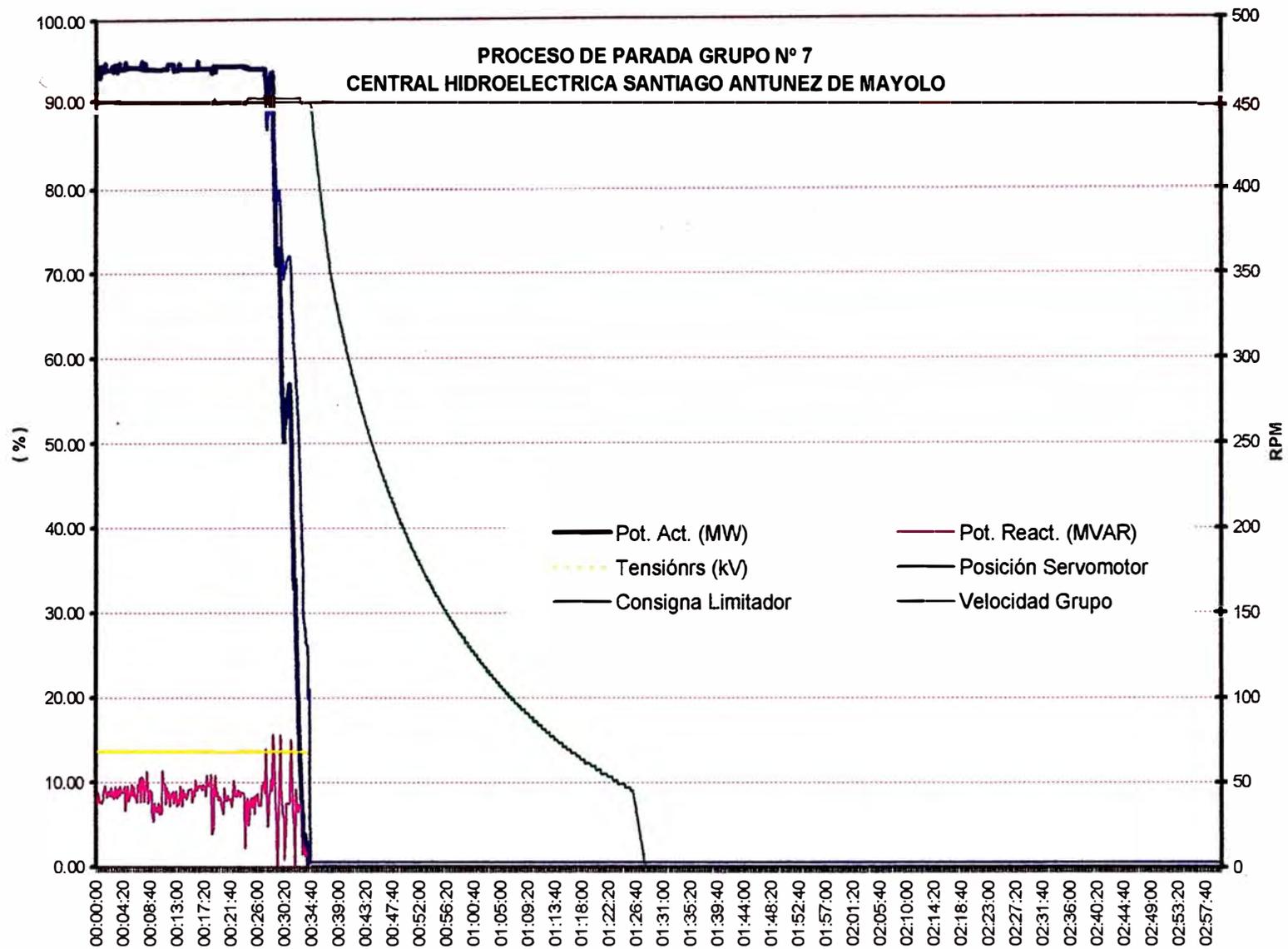


Figura M.1 Proceso de parada del grupo 7 de la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo

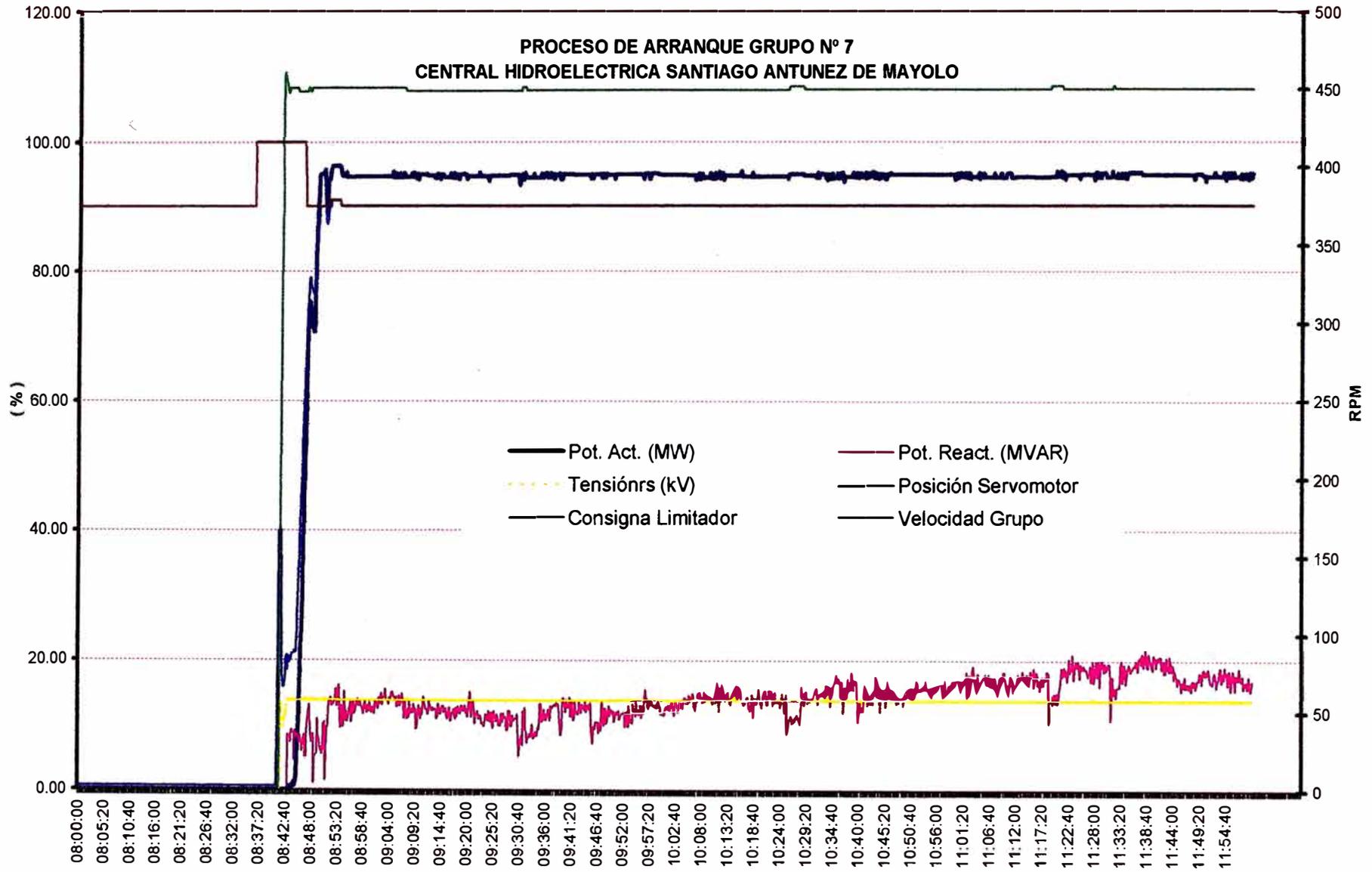


Figura M.2 Proceso de arranque del grupo 7 de la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo