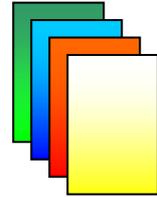


INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



Residencia Profesional



▣ Especialidad:

Ingeniería en Electrónica

▣ Trabajo:

Modernización de la unidad no. 3 de la C.H. Malpaso de PLC's s5 a PLC's s7 incluyendo la instrumentación

▣ Semestre:

Noveno

▣ Nombre de asesor interno:

M.C. Rafael Mota Grajales

Nombre de asesor externo:

Ing. Gilberto Figueroa Martínez

▣ Nombre del Alumno:

Artemio de Jesús Martínez Vázquez

▣ Lugar y Fecha de entrega:

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 07 de Diciembre del 2008

INDICE

Tema.	Pagina.
ÍNDICE	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1. CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE.....	4
2.2. SAT TC1703. DIGITAL TURBINE CONTROL SYSTEMS.....	6
2.3. TURBINA FRANCIS.....	7
2.4. REGULACIÓN PROPIA DE UN SISTEMA ELÉCTRICO.....	11
2.5 REGULACIÓN PRIMARIA.....	14
2.6 DESCRIPCIÓN DEL REGULADOR DE VELOCIDAD.....	19
3. PROBLEMAS A RESOLVER	27
4. POSIBLES SOLUCIONES	28
5. DESARROLLO DEL PROYECTO	28
5.1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	28
5.2. JUSTIFICACION DEL ROYECTO.....	28
5.3. ANTECEDENTES.....	28
5.4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	29
5.5. FAMILIARIZACIÓN CON EL FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD, ASÍ COMO LAS PARTES INTERNAS QUE LA COMPONEN.....	29
5.6. FAMILIARIZACION CON EL FUNCIONAMIENTO SAT TOOLBOX II.....	41
5.7. DESCRIPCION, INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO.....	44
5.8. PROGRAMACION DEL PLC SAT TC1703.....	47
6. CONCLUSION	47
7. BIBLIOGRAFIA	48
ANEXOS	49
APENDICE A; GLOSARIO.....	49
APENDICE B; COMANDOS DEL PROGRAMA CAEx PLUS.....	50
APENDICE C; DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR TC1703.....	66
APENDICE D; DIAGRAMAS DEL SISTEMA DE FRENADO.....	68
FOTOS.....	70

INTRODUCCION

En un mundo industrializado, modernizado y tecnificado como el nuestro se requieren de grandes sistemas que controlen y manipulen desde una sola variable hasta “n” variables, y al mismo tiempo ejecuten acciones. Además estos sistemas deben ser capaces de controlar desde mecanismos muy pequeños de producción o manufactura hasta gigantesco y complejos mecanismos de producción y/o manufactura. Por ello los sistemas electrónicos aplicados al área de control, como son los PLC’S, tarjetas de adquisición de datos, DPS, etc., son cada vez más usados y robustos, pero más fáciles de programarlos.

Por tal motivo las 4 grandes centrales hidroeléctricas con que cuenta Chiapas no son ajenas a estos sistemas de control, ya que en ellas se manejan grandes procesos para la producción de energía eléctrica, que van desde la apertura de compuertas hasta la regulación de la frecuencia y potencia. Estos sistemas deben de ser muy robustos ya que se manejan desde sistemas eléctricos y mecánicos, hasta sistemas neumáticos, hidráulicos y oleodinámicos.

Por ello esta residencia trata acerca de la automatización de la unidad numero 3 de la C.H. Malpaso, esta es una turbina hidráulica tipo FRANCIS. La cual se cambiara su actual sistema de control que esta basaba en PLC’s S5 en el AVR (Regulador Automático de Voltaje) y en los sistemas M.A.R. (Modulo de Adquisición Remoto), así como un sistema de control independiente en el Regulador de Velocidad de la unidad, a un sistema de control basados en los nuevos PLC’s S7 de Siemens para el AVR y los M.A.R. y un PLC SAT TC1703 (también de Siemens) para el control del Regulador de velocidad, así como aplicarle una nuevo y mejor sistema de instrumentación basados en equipos de la marca “Endress+Hauser”.

Cabe mencionar que esta residencia se enfatizo mas en el regulador de velocidad de la unidad, así como su sistema de frenado e instrumentación.

2. MARCO TEORICO

2.1. CONTROL LOGICO PROGRAMABLE (PLC).

El Control Lógico Programable, o PLC como es llamado universalmente, es el “caballo de trabajo” de la automatización industrial. También llamado la “Cenicienta del Control”, porque no es muy bien tratada en los colegios y universidades, pero cuando el ingeniero en Electrónica o Control usa PLC's en la industria, ellos se preguntan cómo vivirían sin ellos, porque ellos son demasiado importantes y con una amplia extensión

El Control Lógico Programable es importante porque todos los procesos de producción experimentan una secuencia repetitiva fija de operaciones que envuelve pasos y decisiones lógicas. Un PLC es usado para controlar tiempo y regular la secuencia. Ejemplos de procesos de producción que son controlados usando PLC's son: secuencias maquinadoras de metal, líneas de ensamblado de productos y procesos químicos.

El Control Lógico ha sido usado para controlar secuencias de acciones en sistemas de manufactura automática por muchos años. Originalmente, un sistema de control lógico fue cableado usando transmisores electrónicos y unidades lógicas y de tiempo. Esos sistemas eran inflexibles. Una vez que un sistema lógico cableado ha sido construido, si el programa de maquinación era alterado por otro tipo de producto, el sistema de control lógico tenía que ser manualmente re-cableado para la nueva aplicación. Esto era inflexible y consumía tiempo, restringía el plan de producción de una fábrica y hacía cambios de difícil producción.

La situación comenzó a cambiar en la década de los 70's cuando las minicomputadoras pudieron ser adquiridas. Es fácil realizar cambios en programas de computadoras. Un programa de computadora es también fácil de cambiar cuando el problema del control cambia y permite muchas más funciones lógicas que las que son posibles en un control lógico cableado. Cuando los microprocesadores pudieron ser adquiridos en la década de los 80's, con pequeñas memorias y características de entrada- salida flexibles, entonces la generación moderna de PLC's comenzó a emerger. Hoy, las microcomputadoras basadas en PLC's son un robusto y fiable instrumento con muchas funciones y características. Aunque los pequeños PLC's son capaces de controlar una estación de maquinación automática a media escala o reactores de reacciones químicas, grandes sistemas de PLC's son capaces de correr un sistema completo de automatización en la producción. Los PLC's tienen la estructura básica mostrada en la figura 1.

De la figura, los PLC's tienen cuatro unidades principales:

1. La Memoria Programable. Las instrucciones para la secuencia de control lógico están acomodadas aquí.
2. La Memoria de Datos. Las condiciones de los cambios, interbloqueo, valores pasados de datos y otros datos de trabajo están acomodadas aquí.
3. Los dispositivos de salida. Estos son los controladores de hardware/software para los procesos industriales como motores y válvulas.
4. Los dispositivos de entrada. Estos son los controladores de hardware/software para los sensores de los procesos industriales como sensores de cambio de estado, detectores de proximidad, ajuste de interbloqueo y más.

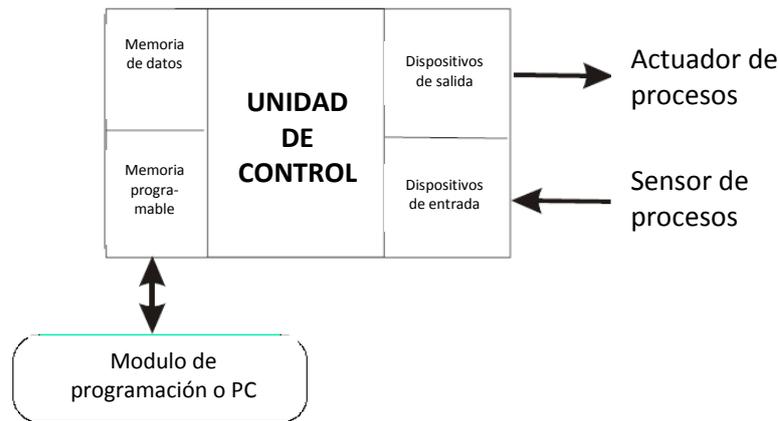


Figura 1. Esquematización de un PLC.

En adición a esto, los PLC's tienen una unidad de programación. Esta puede ser un módulo especial, una PC conectada a el PLC por la liga serial o ambas. La unidad de programación es usada para construir, examinar y editar la secuencia lógica que el PLC ejecutará. En un nivel básico, los PLC's son programados en forma simple por código ensamblador. Cada manufactura tiene sus propios estándares y definiciones para esos códigos. Hay otros lenguajes de programación como el estándar IEC 61131-3, secuencia de palabras de función, diagrama de funciones lógicas. De cualquier forma, una gran cantidad de lenguajes de programación estándar establecidos, llamados "Ladder Logic" son entendidos universalmente por programadores de PLC.

En años recientes, los PLC's han venido a ser más sofisticados. Como resultado, algunas veces es difícil poner todas sus características dentro de la estructura de la escala lógica, y los lenguajes alternativos de programación están siendo más ampliamente usados. De todos modos, en estos tiempos la escala lógica es la forma estándar para describir un programa de PLC.

Pero en sí, una definición más enfocada a lo eléctrico, es:
Que los PLC son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

Por tal motivo, Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por

los informáticos y electrónicos, es el FBD (Diagrama de funciones lógicas) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operación, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas, apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

2.2. SAT TC1703. DIGITAL TURBINE CONTROL SYSTEMS (SISTEMA DIGITAL DE CONTROL DE TURBINA)

El sistema digital de control de turbina, es un PLC precisamente para controlar turbinas hidráulicas de cualquier tipo (Turbinas Francis, Kaplan, Peltón, Bulbo, etc.) derivado de los PLC's S7 de Siemens y fabricado por la empresa VATECH ANDRITZ, entre sus características más sobresalientes se encuentra en la programación, ya que este cuenta con bloques de control específicos para manipular todos los procesos con que cuenta una turbina hidráulica de cualquier tipo, bloques que van desde limitadores, pasando por bloques de operación manual/automático integrados en uno mismo, hasta bloques de interpolación y bloques de ajustes llamados setpoint, así como controladores PID.

Entre otras características es que cuenta con lo siguiente;

Aplicaciones para turbinas de agua:

- Para todo tipo de turbinas.
- Unidad de inicio/Secuencia de paro.
- Periféricos remotos de hasta 200 m.
- Señal de campo condicionada y adquisición de datos.
- Combinación flexible de I/O analógicas y digitales con voltajes diferentes (hasta 220 VCD).

Operación y control:

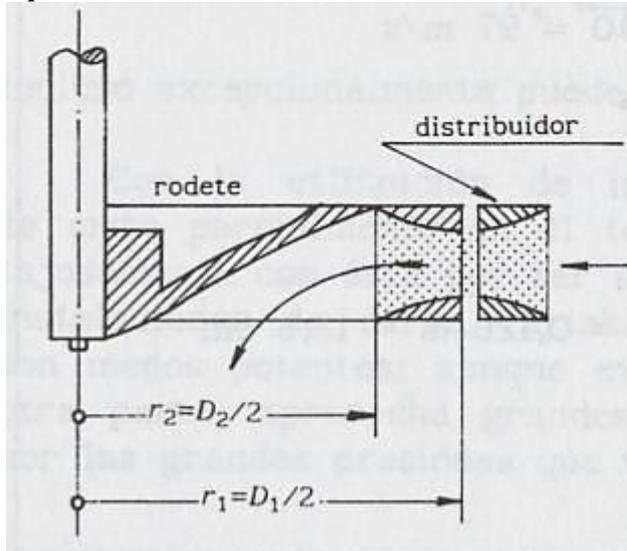
- Control de velocidad/potencia/flujo/nivel.
- Calculo de flujo por eje en turbinas Francis.
- Turbina Modelo Integrada.
- grabadora de eventos e interface de comunicación.
- Interface operador (HIM-Interface Hombre-Máquina).
- Función y display de estado con LEDs.
- Watchdog.

Programación fácil de usar:

- Programación por bloques funcionales.
- Auto-documentación.
- Interface C.
- Biblioteca sofisticada del modulo de programación.

2.3. TURBINA FRANCIS.

La turbina Francis, como todas las turbinas de reacción, es de admisión total, el agua entra por toda la periferia del rodete. En consecuencia, un mismo caudal así repartido requiere un rodete que puede resultar mucho menor que el de una rueda Pelton equivalente.



Este tipo de turbina fue diseñada por el ingeniero inglés James B. Francis (1815-1892). Era una turbina totalmente centrípeta y totalmente radial. Podemos observar dos partes, el distribuidor que es una parte fija a través de la que se admite el agua en el rodete que es móvil y solidario al eje.

2.3.1 Distribuidor

El agua procedente del embalse entra en una cámara espiral que se encarga de hacer uniforme la velocidad de agua por toda la periferia del distribuidor. Para alturas importantes esta caja espiral es metálica, mientras para pequeñas alturas (de grandes secciones) se construyen de hormigón.

El distribuidor de la turbina Francis, y en general de todas las turbinas de reacción, está formado por alabes de guía pivotadas. El agua es acelerada a una velocidad V_1' . Los alabes de guía giran sobre sus pivotes, para modificar la sección transversal de los canales y así ajustar en todo momento el caudal a la carga de la central. El movimiento de los alabes guía o parlas directrices, se consigue con la acción de sus correspondientes bielas, unidas todas a un anillo. Este anillo gira ligeramente, por la acción de uno o dos brazos de un servomotor.

Al girar los alabes forman un ángulo α_1 con la dirección tangencial del rodete. Con $\alpha_1=0^\circ$ se considera para un caudal nulo y con $\alpha_1=15^\circ$ a $\alpha_1=40^\circ$ según la velocidad específica de la turbina para el caudal máximo.

Podemos ver una sección de la turbina Francis completa en la siguiente ilustración:

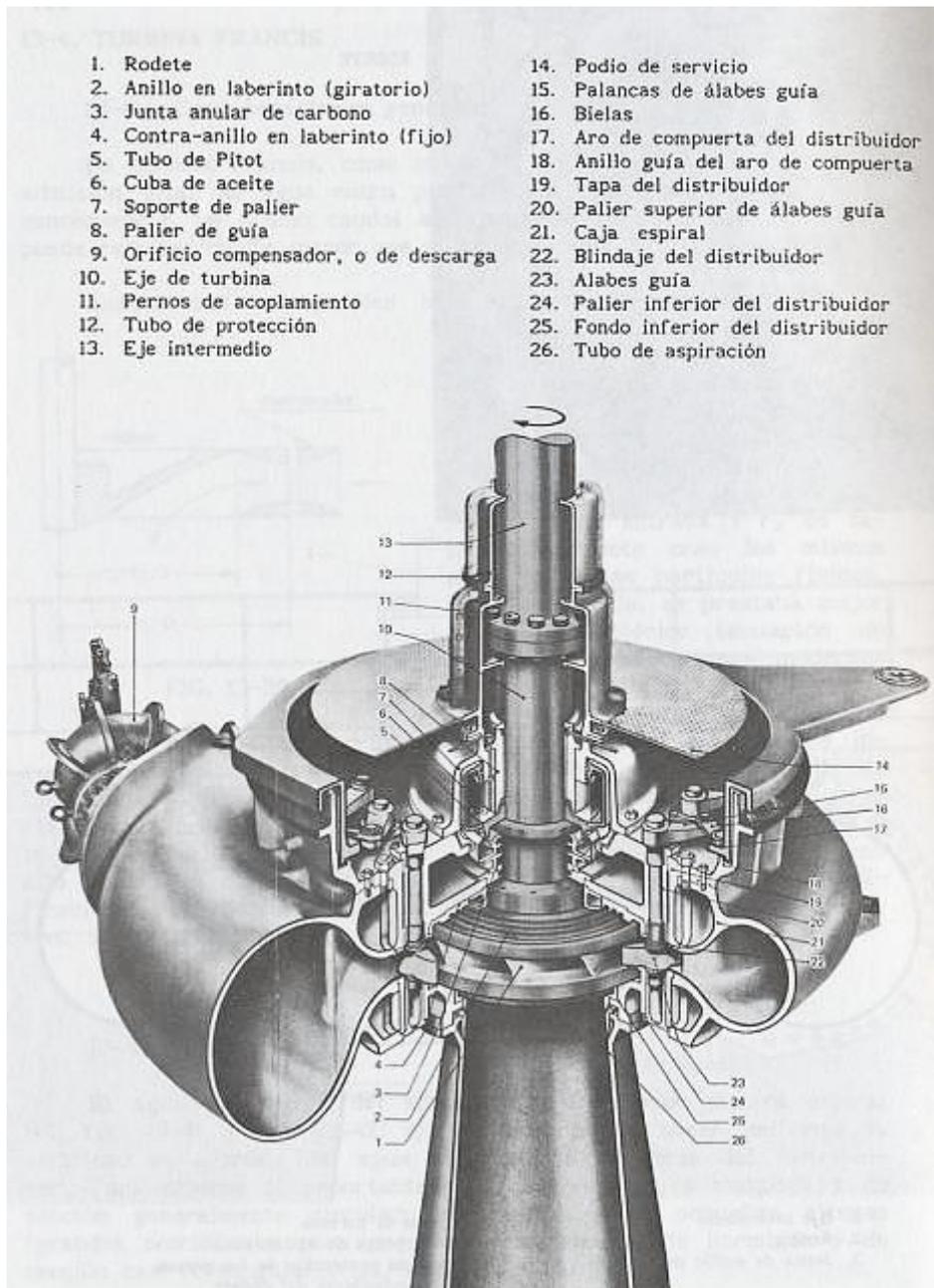


Imagen 1: Sección de la turbina Francis completa.

2.3.2. Rodete

El agua sale del distribuidor y gira como un vórtice libre en el espacio comprendido entre éste y los bordes de entrada de los álabes del rodete. La velocidad $V1'$ de salida del distribuidor no corresponde con la velocidad de entrada en el rodete $c1$.

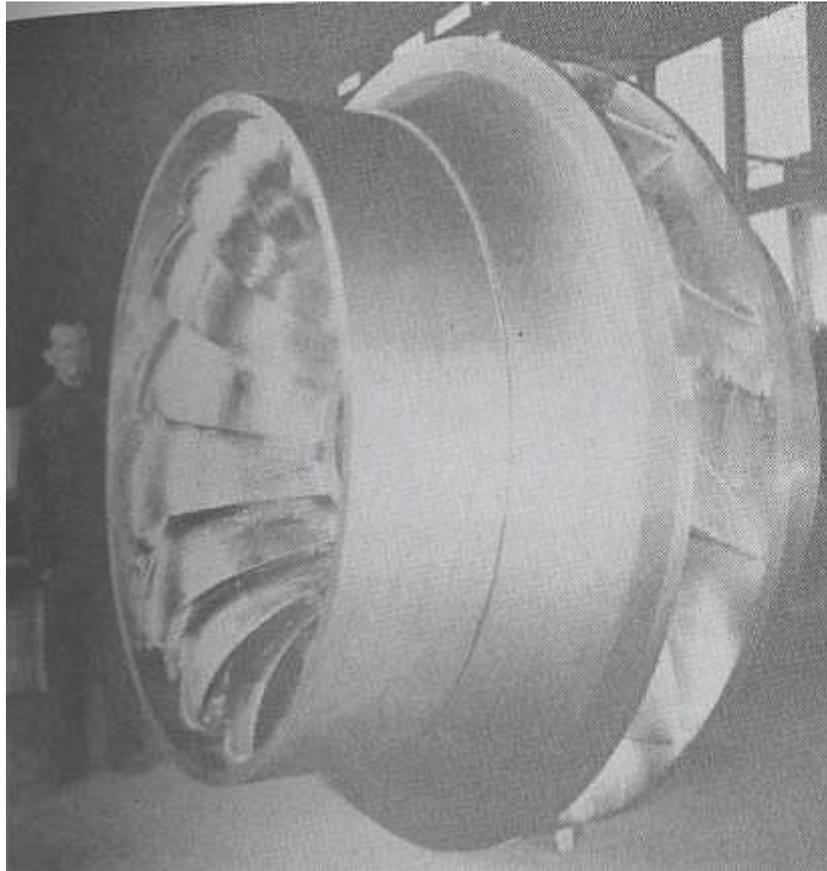


Imagen 2: Rodete de una turbina Francis.

Con mayores caudales y menores alturas (n_s mayor), la forma del rodete va evolucionando a mayores secciones de entrada y flujo más axial. Las potencias unitarias máximas instaladas son mayores que las Peltón, hasta aproximadamente 500.000 CV. Las alturas máximas son de unos 520 m, valores antes reservados a las Peltón y que ahora se solapan.

2.3.3. Calculo Elemental De Una Turbina Francis

Antes de proceder al cálculo elemental de una turbina Francis veamos algunas proporciones y factores de diseño, según el siguiente dibujo:

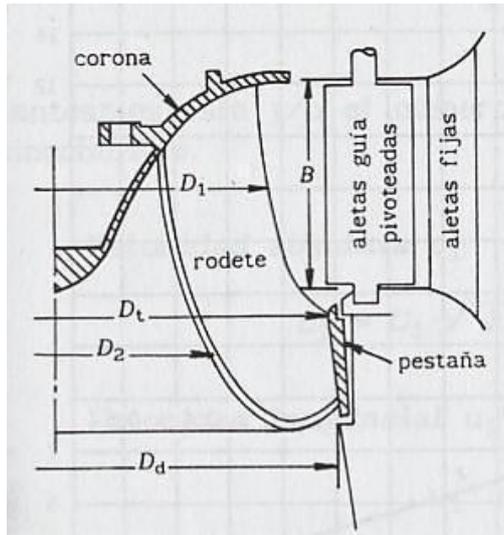


Imagen 3: Diseño de una turbina Francis.

Para ello haremos referencia constantemente al diagrama de proporciones y factores para turbinas de reacción:

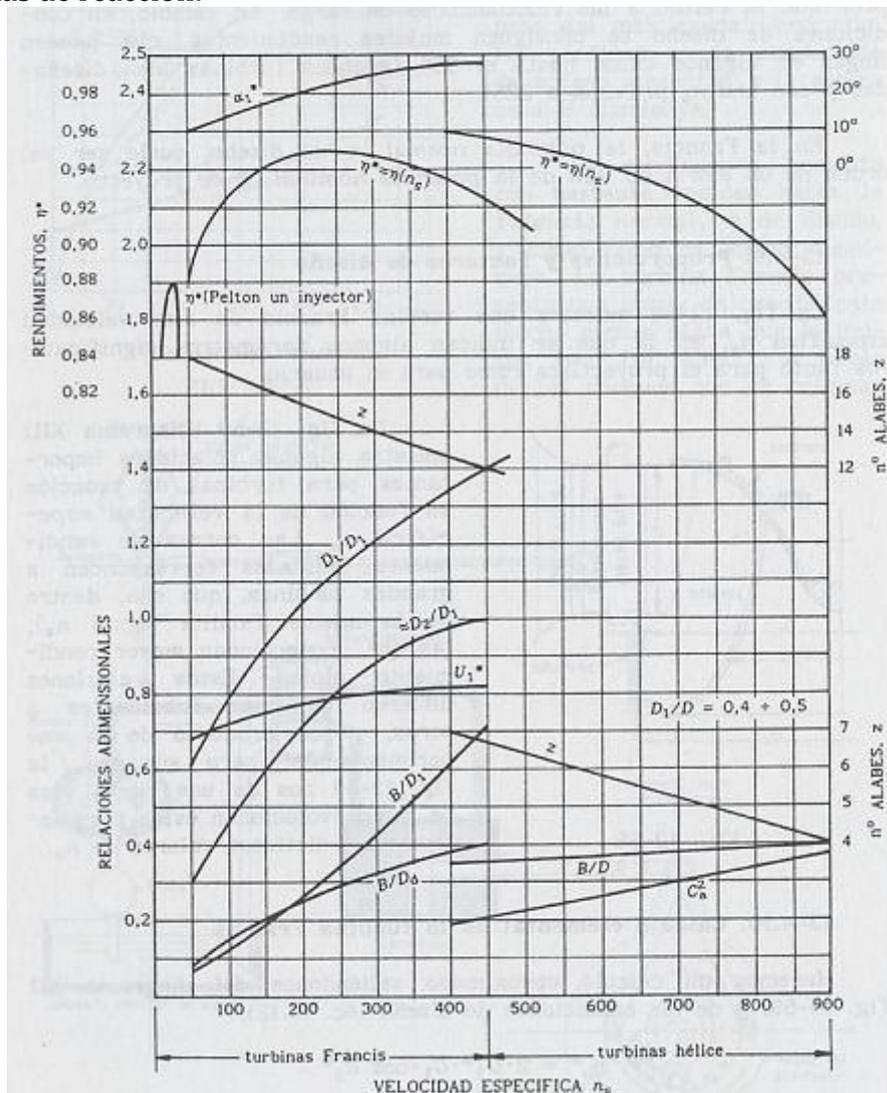


Imagen 4: proporciones y factores de diseño.

Supongamos como datos de partida la altura H y el caudal normal de funcionamiento Q, para ello determinaremos la potencia normal, tomando un 90% de rendimiento:

$$P_e^* = \rho * Q * H * \eta \rightarrow (1)$$

Tantearemos con el ns, los datos de partida y la potencia normal, las revoluciones de trabajo:

$$n_s = \frac{n * P_e^{1/2}}{H^{5/4}} \rightarrow (2)$$

Según el triangulo de entrada de velocidad absoluta c1. En la turbina Peltón toda la altura H del salto se transforma en velocidad antes de entrar en el rodete, de forma que:

$$c^2 \approx 2gH \rightarrow (3)$$

Pero en las turbinas de reacción sólo se transforma en velocidad (cinética) antes del rodete (en el distribuidor) parte de la energía potencial, de forma que nos encontramos con:

$$c_1^2 \approx C_1^2 2gH \quad c_1 = C_1 \sqrt{2gH} \approx 0,66 \sqrt{2gH} \rightarrow (4)$$

De forma que aproximadamente el valor de C1 (factor de velocidad) que en la turbina Peltón se acercaba a la unidad (0,98), en el caso de la Francis debe de tomar el valor de C1 =0,66. Es decir se transforma en energía cinética en el distribuidor un 44%. Tenemos por tanto como expresión para el cálculo de la velocidad absoluta:

Para el cálculo de la velocidad tangencial u1 aplicaremos la siguiente expresión, donde el factor de velocidad tangencial se obtendrá del DIAGRAMA:

$$u_1 = U_1 \sqrt{2gH} \rightarrow (5)$$

Conocidos los valores de n y u1 calcularemos el diámetro del rodete D1:

$$\eta_h = 2 * U_1 * C_1 * \cos \alpha_1 \rightarrow (6)$$

$$D_1 = \frac{60 * u_1}{\pi * n} \rightarrow (7)$$

Para el rendimiento hidráulico y el ángulo β de entrada al rodete utilizaremos la siguiente ecuación ya que conocemos U1, C1 y α_1 tomada también del DIAGRAMA:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{C_1 * \operatorname{sen} \alpha_1}{U_1 - C_1 * \cos \alpha_1} \rightarrow (8)$$

Para el cálculo de las dimensiones de los parámetros D2, Dt, Dd y B nos dirigiremos de nuevo al DIAGRAMA donde encontraremos las relaciones de ellos mismos con D1. Lo mismo haremos para obtener el número de álabes y el rendimiento de diseño, a través de la cual obtendremos la potencia de entrada de diseño (rehacer dicho cálculo, que en un primer momento era estimado el rendimiento al 90%).

2.4. REGULACIÓN PROPIA DE UN SISTEMA ELECTRICO

La potencia consumida en un sistema eléctrico varía en función del tiempo. Una diferencia entre la potencia consumida y la potencia generada causa una variación de frecuencia, ya que a esa diferencia corresponde un desequilibrio entre el par resistente y el par motor de las unidades generadoras.

Si partiendo de un estado de equilibrio en el que el par motor es igual al par generador y al que corresponda un valor determinado, constante, de la frecuencia, se produce un cambio de la potencia consumida y si la posición de las válvulas de admisión de agua o de vapor de las turbinas no se modifica, la frecuencia del sistema variará. En general se llegará a un nuevo estado de equilibrio o una frecuencia distinta de la inicial, en efecto, en la mayor parte de los casos un aumento de frecuencia, produce un aumento del par resistente de la carga y una disminución del par motor de las turbinas., una disminución de la frecuencia produce el efecto contrario.

Esta posibilidad, inherente al sistema, de alcanzar un nuevo estado de equilibrio, se expresa mediante un parámetro D llamado coeficiente de amortiguamiento del sistema, que caracteriza la ley de variación de la carga eléctrica en función de la frecuencia. (Véase la Fig. No. 2).

Si no existe ninguna regulación automática de la velocidad de la turbina, una variación de la carga eléctrica ΔP_e causará una variación de frecuencia.

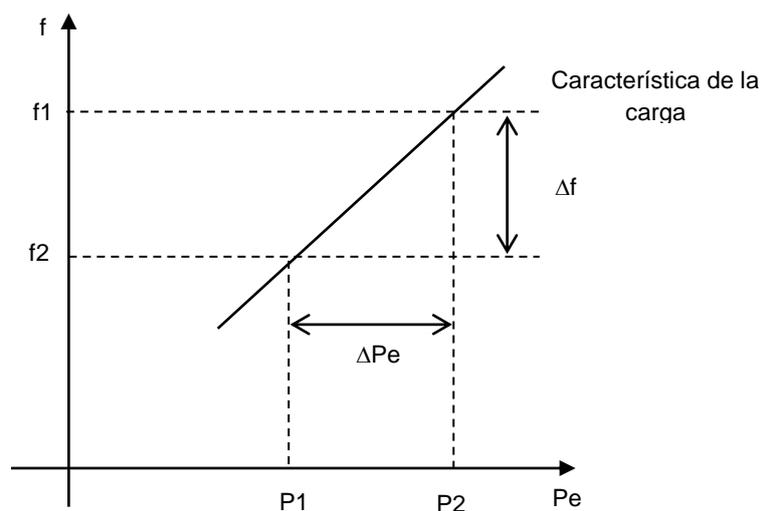


Fig. 2. Variación de la carga eléctrica en función de la frecuencia

$$\Delta f = \frac{\Delta p_e}{D} \rightarrow (1a)$$

Según la naturaleza de la carga considerada y el tipo de turbinas el valor del coeficiente D puede variar considerablemente. Por ejemplo, si la carga eléctrica conectada es insensible al cambio de frecuencia, el coeficiente D será igual a cero.

En un mismo sistema, el valor de D varía con la carga, ya que la relación de la carga sensible a la frecuencia, a la carga insensible a la frecuencia, no es la misma con carga alta que con carga baja. Por lo tanto la característica mostrada en la Fig. N° 1, se aplica para un rango de variación de carga limitada. La pendiente de la característica puede variar para variaciones de carga mayores.

En un sistema eléctrico grande, el valor del coeficiente de amortiguamiento puede tener valores bajos y en tal caso las variaciones de frecuencia del sistema debido a las variaciones inevitables de la carga pueden ser de una amplitud inadmisibles.

Es necesario, por lo tanto, adaptar en cada instante la potencia producida por la turbina y demás pri-motores a la potencia consumida en el sistema, actuando sobre las válvulas de admisión de las turbinas.

Para definir con precisión las condiciones que deben cumplir los dispositivos de regulación, es necesario examinar previamente la naturaleza de las variaciones de las cargas en un sistema eléctrico de potencia.

2.4.1. Naturaleza De Las Variaciones De Carga

La carga global de un sistema está constituida por un gran número de cargas individuales de diferentes clases (industrial, residencial, comercial, etc.) de potencia pequeña comparada con la potencia total consumida por el sistema.

Los instantes respectivos de conexión y desconexión de estas cargas dependen del azar, pero la potencia absorbida en un período dado por el conjunto de cargas de la misma especie sigue una ley bien determinada, que depende del ritmo de las actividades humanas en la región servida por el sistema considerado.

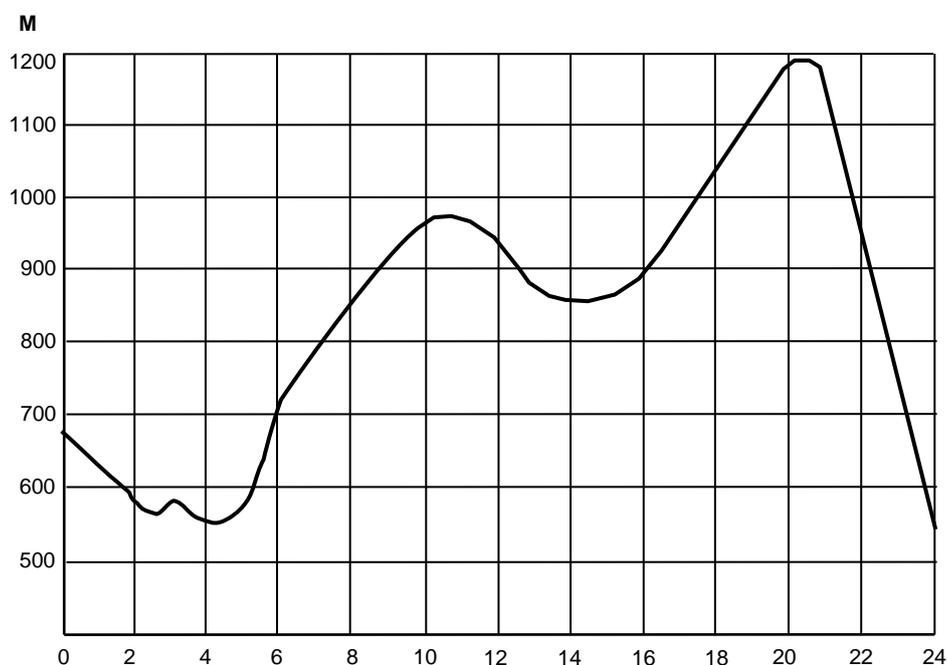


Fig. 3. Variación de carga en un día laborable

Por ejemplo, en un sistema eléctrico con una proporción de carga residencial y comercial importante, la carga varía durante un día laborable en la forma indicada en la Fig. N° 3.

Es por lo tanto, posible prever con bastante aproximación el consumo y elaborar un programa de generación a partir de estas previsiones.

Sin embargo, estas previsiones no son perfectas y además el programa de generación elaborado no puede llevarse a cabo por parte de las plantas generadoras exactamente en la forma prevista.

Por lo tanto, si no existiese ningún sistema de regulación automática, la potencia generada por el conjunto de unidades generadoras variaría en función del tiempo de acuerdo con la acción ejercida sobre los órganos de admisión de las turbinas por el personal de operación de las plantas, que tratará de realizar en la forma más aproximada posible, el programa de generación.

Entre la potencia generada controlada por la sola acción de los operadores de las plantas y la potencia consumida, habrá cierta diferencia, que se debe a dos causas:

- 1° A los errores inevitables tanto en la previsión del consumo, como en la realización del programa de generación., esto produce una diferencia entre el valor medio de la generación y el valor medio de la carga. Si el sistema de previsión y el programa de generación están bien hechos, esta diferencia suele ser inferior al 5% de la potencia consumida.
- 2° Al carácter aleatorio de los instantes respectivos de conexión y desconexión de las cargas individuales. Esto provoca una fluctuación de la carga alrededor de su valor medio la importancia relativa de estas fluctuaciones es tanto menor cuanto mayor es el sistema eléctrico, o sea cuanto mayor sea la carga total comparada con las cargas individuales.

Estas diferencias entre la generación y la carga producirán, si no existe ningún medio de regulación automático, variaciones de la frecuencia cuyo valor dependerá del coeficiente de amortiguamiento del sistema.

2.5. REGULACION PRIMARIA

La diferencia entre la potencia generada y la potencia consumida, descrita en el párrafo anterior, provocaría, si no hubiese un sistema de regulación automático, variaciones de frecuencia prohibitivas.

Con el objeto de evitar estas variaciones de frecuencias excesivas, que resultarían si la adaptación de la generación a la carga se realizase únicamente por autorregulación del sistema, las turbinas están provistas de reguladores de velocidad automática que actúan sobre los órganos de admisión cuando la velocidad de la turbina se aparta de la velocidad

de referencia del regulador. Llamaremos regulación primaria a esta regulación automática efectuada por los reguladores de velocidad.

En la mayoría de los casos, los reguladores de velocidad o gobernadores presentan una característica inclinada y tienen un dispositivo de reajuste o variador de carga que permite desplazar las características para variar la distribución de carga entre las diferentes unidades, manteniendo siempre la frecuencia al valor deseado. La función de los aparatos que efectúan la regulación de áreas es precisamente como veremos en los temas siguientes, actuar en el dispositivo de reajuste de los gobernadores.

El regulador de velocidad es el dispositivo que actúa sobre la turbina hidráulica para realizar funciones que tienen una repercusión directa sobre la turbina y sobre el sistema eléctrico interconectado.

Funciones Locales.

- 1) El regulador de velocidad permite llevar la máquina a la velocidad de sincronismo y mantener dicha velocidad estable para efectuar una sincronización correcta.
- 2) El regulador de velocidad permite controlar la carga de la unidad una vez que esta última esté sincronizada con el Sistema. Para tal efecto el regulador de velocidad establece una relación directa entre los dispositivos que controla el operador (variador de velocidad) y la apertura del distribuidor ó la apertura de los alabes móviles.
- 3) El regulador de velocidad vigila la seguridad de la unidad durante los rechazos de carga. Para tal efecto, al detectar un aumento brusco de velocidad el regulador manda cerrar el distribuidor para limitar la sobrevelocidad y evitar que la máquina se desboque. Un regulador de velocidad bien ajustado hará que la sobrevelocidad alcanzada durante el máximo rechazo no opere el disparo de sobre-velocidad el cual actuará únicamente como respaldo en caso de falla del propio regulador.

2.5.1. Participación en la regulación de frecuencia del sistema.

En un sistema eléctrico todas las unidades giran en sincronismo. Es decir que su frecuencia, relacionada con su velocidad (RPM) y su número de polos, es la misma para todas las unidades del sistema. Si las cargas aumentan en el sistema interconectado, ó si hay deficiencia de generación, por ejemplo durante las horas de máxima demanda ó a raíz de un rechazo de una de las unidades, la frecuencia baja en todo el sistema. El regulador de velocidad es el dispositivo que al detectar una disminución de frecuencia actuará sobre el distribuidor para aumentar automáticamente la generación de la unidad (Fig. No. 4). Al aumentar su generación, dicha unidad ayuda a restablecer la frecuencia en el sistema, ó sea, participa en la regulación de frecuencia del sistema. Para tal efecto el regulador establece una ley entre la potencia suministrada y la frecuencia del sistema.

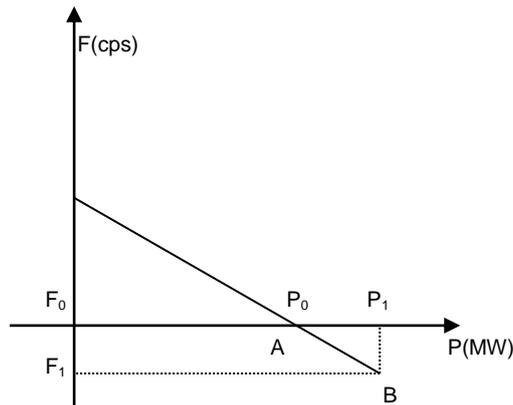


Fig. No. 4. Regulación potencia/frecuencia

Si la unidad funciona con una potencia de P_0 para la frecuencia F_0 , (Punto A), a raíz de una disminución de frecuencia F_1 , la unidad suministra una potencia P_1 (Punto B). El aumento de generación o participación de la unidad fue:

$$(P_1 - P_0) \rightarrow (1b)$$

2.5.2. Maquina libre o maquina amarrada.

El limitador de carga (ó limitador de apertura) es el dispositivo que bloquea la acción del regulador de velocidad. Cuando una unidad se encuentra amarrada, su generación es independiente de la frecuencia del sistema. En particular si llega a bajar la frecuencia del sistema, por ejemplo, a raíz de una deficiencia de generación constante, no trata de restablecer la frecuencia y consecuentemente no participa en la regulación de frecuencia. (Fig. 5)

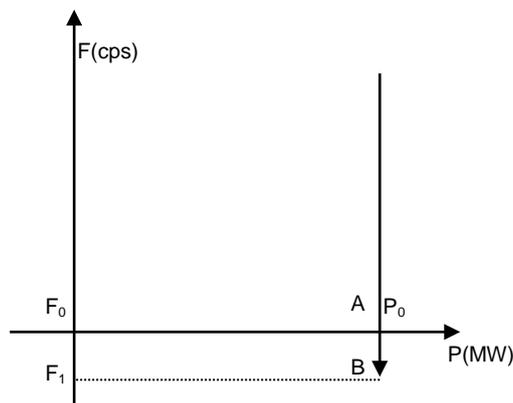


Fig. No. 5. Grafica de una maquina amarrada.

Si la unidad funciona con una potencia P_0 para la frecuencia F_0 , (Punto A). Para la frecuencia F_1 la unidad mantiene la misma potencia de P_0 (Punto B). Este modo de operar no se recomienda como se verá posteriormente.

2.5.3. Repartición uniforme de las cargas.

Suponiendo las máquinas libres, si baja la frecuencia en el sistema, todas las unidades aumentarán su generación para compensar la deficiencia de generación y restablecer la frecuencia del sistema. Para que todas las unidades se repartan las cargas proporcionalmente a su potencia nominal, sus características deben ser paralelas (Fig. 6).

Pendientes iguales $\Rightarrow dP1 = dP2$

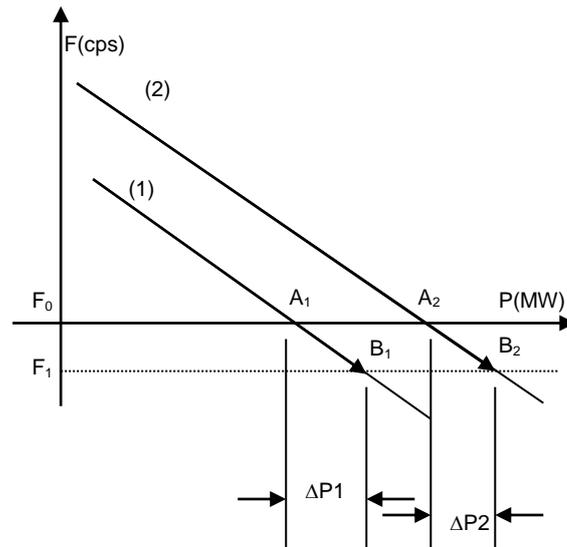


Fig. No.6. Repartición uniforme de cargas

Si las pendientes no son iguales, la repartición de potencia no será uniforme entre las diferentes unidades (Fig. 7)

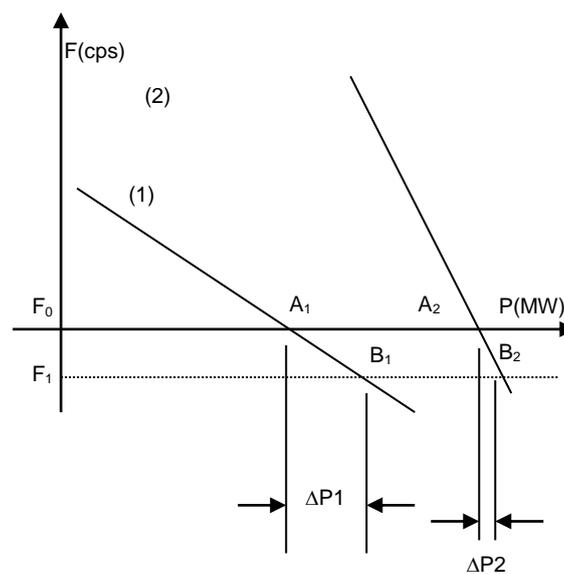


Fig. No.7. Repartición no uniforme de

2.5.4. Estatismo.

El estatismo es la pendiente de la característica anterior. A raíz de una variación de frecuencia ΔF , la unidad responde con una variación de generación ΔP . Fig. 8

Pendientes diferentes \Rightarrow dP1 \neq dP2

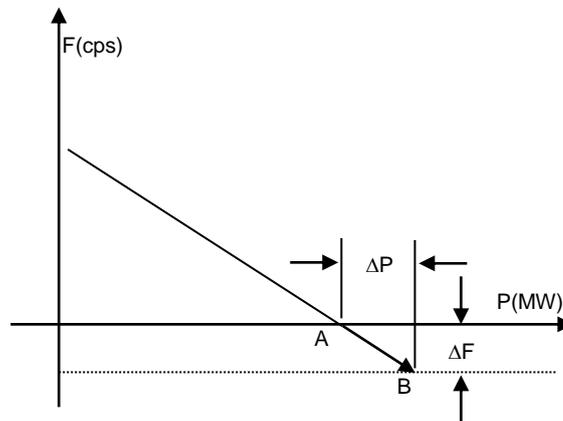


Fig. No.8. Grafica del estatismo de un

El estatismo se podría definir por:

$$\frac{\Delta F}{\Delta P} \quad \rightarrow (1E)$$

Expresado en cps/MW. Si expresamos ΔF en valor relativo de la frecuencia nominal F_0 ($\Delta F/F_0$) y ΔP en valor relativo de la potencia nominal P_0 de la unidad o sea:

$$\frac{\Delta P}{P_0} \quad \rightarrow (2E)$$

El estatismo se define por la variación:

$$\delta = \frac{(\Delta F / F_0)}{(\Delta P / P_0)} \quad \rightarrow (3E)$$

El estatismo se expresa en %. El valor comúnmente aceptado es un estatismo de 5% idéntico para todas las unidades. De esta manera, siendo las pendientes iguales, las unidades se reparten las cargas de manera uniforme en el caso de variación de frecuencia.

Suponiendo la unidad con la carga máxima P_0 para una frecuencia F_0 (Punto A) y suponiendo que la frecuencia suba al valor F_1 , por acción del regulador la nueva generación es nula (Punto B) Figura 9. En este caso la variación de potencia ΔP es igual a la potencia nominal de la unidad:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = 1 \Rightarrow \delta = \frac{\Delta F}{F_0} \quad \rightarrow (4E)$$

El estatismo se puede interpretar como la variación relativa de frecuencia necesaria para que la unidad pase de su plena carga a su carga nula.

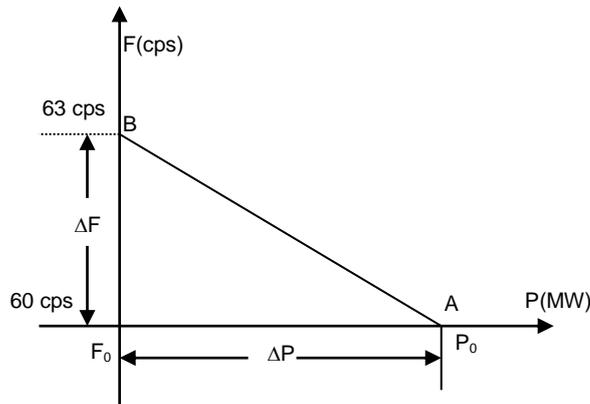


Fig. No.9. Potencia nominal de una unidad

Si el estatismo es:

$$5\%, \frac{\Delta F}{F_0} = 5\%, F = 5\% F_0, F = 5\% F_0 \quad \rightarrow (5E)$$

$$\Delta F = (0.05)(60cps) = 3cps \quad \rightarrow (6E)$$

En una unidad con estatismo de 5% es necesario llevar la frecuencia del sistema a 63 cps para que la unidad se descargue totalmente.

Consecuentemente un estatismo de 5% permitirá que la unidad varíe su potencia en una tercera parte de su potencia nominal para cada cps de variación de frecuencia en el sistema.

Suponiendo la unidad funcionando en el punto A, a raíz de un rechazo de carga, la unidad se estabiliza en el punto B, es decir, con una frecuencia igual a 63 cps.

2.6. DESCRIPCION DEL REGULADOR DE VELOCIDAD.

2.6.1. Descripción de un servomecanismo. Mando directo sobre el proceso.

Para actuar sobre la turbina, podríamos pensar en un sistema (válvula distribuidora y servomotor), el cual posicione el distribuidor en función de una determinada señal aplicada sobre la válvula distribuidora. Figura 9

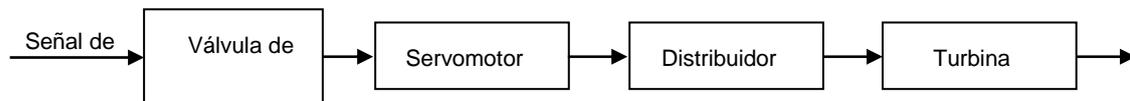


Figura 10. Proceso de regulación

En este caso se tendía el mando directo sobre el servomotor. Sin embargo el sistema recibe diferentes perturbaciones: variaciones de temperatura o presión del aceite, variaciones de presión en el caracol, etc., y no se tendría prácticamente nunca la misma posición del servomotor para una misma señal de mando, de ahí la necesidad de disponer de un sistema retroalimentado.

2.6.2. Sistema retroalimentado (servomecanismo).

En este sistema se compara constantemente la señal de mando con la variable controlada o la imagen de la variable controlada. El error, el cual representa la desviación entre el valor deseado, (señal de mando) y la retroalimentación (variable controlada) actúa directamente sobre las etapas de potencia en un sentido tal que reduzca este mismo error (figura 11). Si la posición del servomotor crece, el error es negativo y la válvula distribuidora actúa para disminuir la apertura. De la misma manera si la posición del servomotor disminuye, el error es positivo y la válvula distribuidora actúa para abrir más el servomotor.

Consecuentemente independientemente de las perturbaciones y para una misma señal de mando, se tiene una posición única del servomotor.

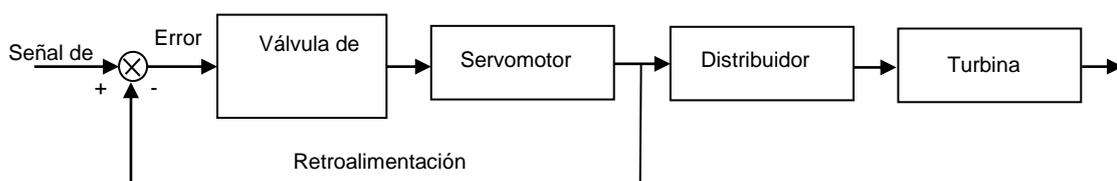


Figura 11. Sistema de regulación con retroalimentación.

2.6.3. Regulador de posición del servomotor principal.

El Regulador de velocidad aparece como un simple regulador de posición (Figura 12).

Se fija la posición del servomotor principal por medio del variador de velocidad o variador de carga el cual actúa como señal de mando. Se retroalimenta la posición del servomotor hasta el cabezal del regulador el cual elabora el error. Dicho error amplificado por dispositivos mecánicos o hidráulicos actúa sobre la válvula distribuidora y sobre el servomotor principal. Con el propósito de estabilizar el servomecanismo de posición, muchas veces se utiliza un dispositivo amortiguador el cual retroalimenta la velocidad de desplazamiento del servomotor principal. (Dash - pot).

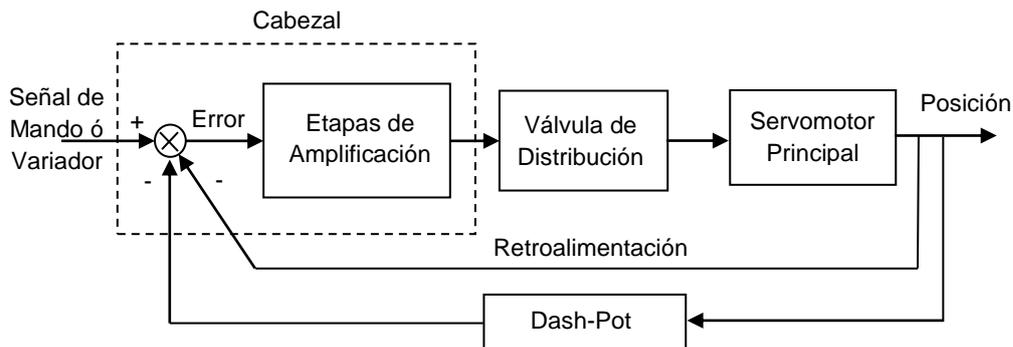


Figura 12. Regulador de posición

2.6.4. Regulador de velocidad

A partir del esquema básico de regulación de posición, se aplica en el cabezal del regulador una señal de velocidad, la cual convierte el regulador de posición en un regulador de velocidad (Figura 13). Esta retroalimentación se realiza por medio de un péndulo movido por un motor alimentado por el generador de imanes permanentes. En los reguladores modernos se tiene un circuito de detección de frecuencia del mismo generador de imanes permanentes.

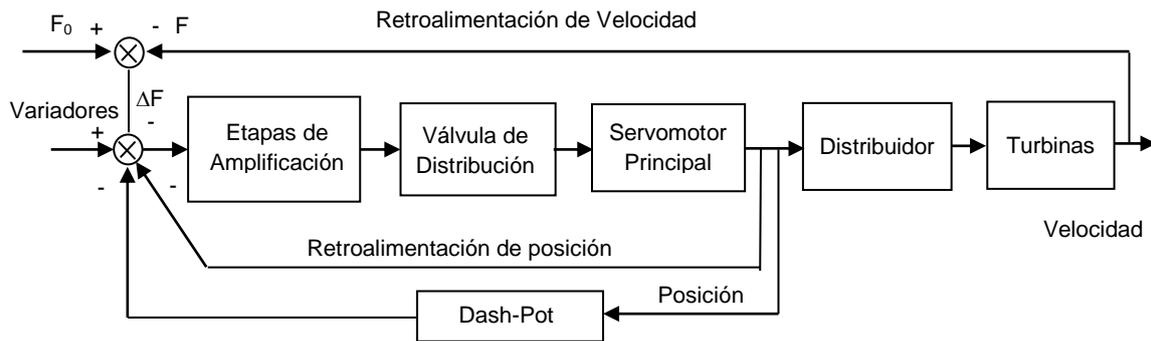


Figura 13. Regulador de velocidad.

Cuando la unidad funciona en vacío, esta última retroalimentación de velocidad permite:

- 1º Estabilizar correctamente la velocidad antes de la sincronización.
- 2º Limitar la sobrevelocidad en caso de rechazo de carga y restablecer la velocidad al valor fijado por el estatismo.

Cuando la unidad está sincronizada con el sistema cuya frecuencia es constante, dicha unidad mantiene una velocidad constante (la de sincronismo) la cual está determinada por el sistema interconectado.

El variador permite tener el control de la apertura o de la potencia. Al cambiar la posición del variador de 1 a 2, las características se desplazan de manera paralela y la potencia aumenta de P_0 a P_1 . Fig. 14

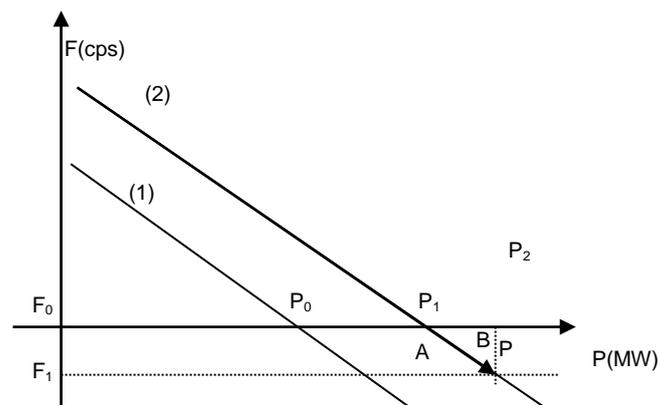


Figura 14. Grafica de un variador.

Si hay deficiencia de generación en el sistema, aparece un error de frecuencia ΔF negativo, lo que incrementa la posición del servomotor principal. De esta manera se cumple la función de participación en la regulación de frecuencia del sistema. A raíz de

una disminución de frecuencia de F_0 a F_1 el regulador aumenta la potencia de la unidad de P_1 a P_2 (Punto B).

65 y 65F

En la mayor parte de los reguladores, la elaboración de la señal $\Delta F = F_0 - F$ (F_0 : Frecuencia nominal, F : Frecuencia ó velocidad real de la turbina) no requiere ningún dispositivo especial para la definición de F_0 . Es el caso de los reguladores con péndulo en los cuales la posición del manguito del péndulo se encuentra en una posición tal que ΔF es igual a 0 cuando se tiene la frecuencia nominal F_0 .

En los reguladores modernos se tiene una señal de mando para fijar el valor F_0 , es el 65F (Figura 15). En este caso el variador se llama el 65P y sirve exclusivamente para fijar la carga de la unidad, una vez que esta última se encuentra sincronizada con el sistema. No se utiliza el 65F una vez que la unidad está sincronizada.

Cuando la unidad está en vacío el 65P debe permanecer en 0 y se ajusta la velocidad de la unidad a través del 65F. En otras palabras se sincroniza la unidad con el 65F.

El 65F viene siendo el variador de la velocidad cuando la unidad está en vacío y el 65P el variador de carga cuando la unidad está sincronizada al sistema.

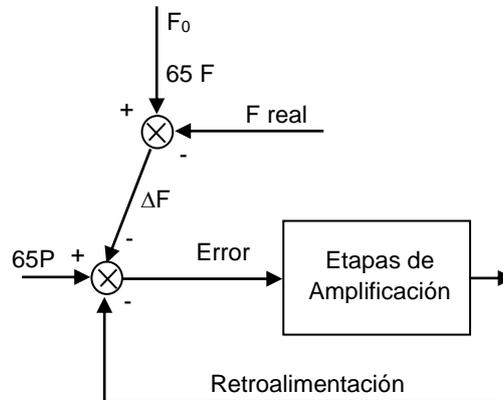


Figura 15. 65F Y 65P

2.6.5. Característica del regulador de velocidad.

Del punto de vista del régimen estático, el regulador de velocidad debe tener las características siguientes:

Rango de sincronización suficientemente amplio.

El variador de velocidad ó el 65F en su caso, deben permitir el ajuste de velocidad en un rango suficientemente amplio alrededor de la frecuencia nominal, para poder sincronizar la unidad tanto en condiciones de baja frecuencia como en condiciones de frecuencia alta en el sistema. (Figura 16).

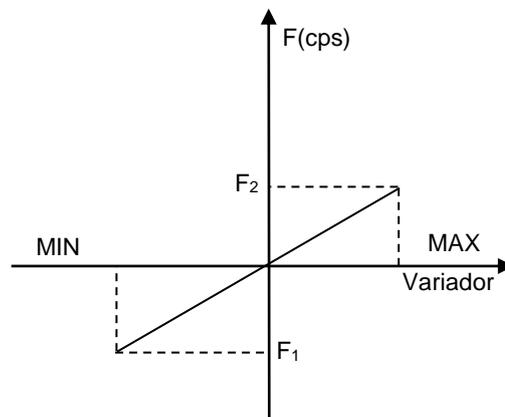


Fig. 16. Rango de Sincronización

Precisión

A una misma posición del variador de velocidad o del 65F en su caso, debe de corresponder siempre la misma velocidad de la unidad, cuando esta última está funcionando en vacío. Cuando esté sincronizada al sistema, a la misma posición del variador ó del 65P en su caso, debe de corresponder la misma apertura del distribuidor. Es importante recalcar que no se tendría forzosamente la misma potencia eléctrica,

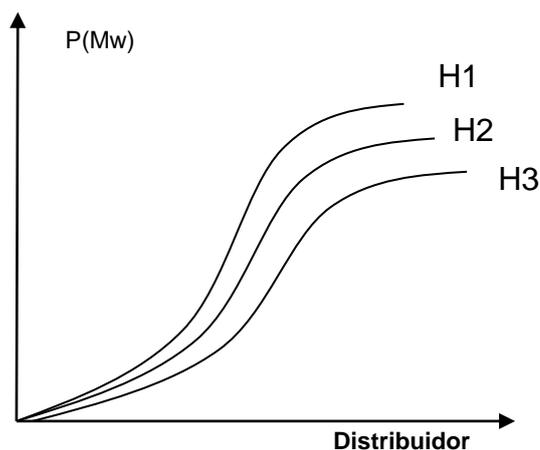


Fig. 17. Variación de Potencia

puesto que para una misma posición del distribuidor la potencia eléctrica depende del nivel en el vaso ó más bien de la caída neta (Figura 17).

Sensibilidad

El regulador debe ser suficientemente sensible como para detectar pequeñas variaciones de frecuencia del orden de algunas centésimas de ciclo. La alta sensibilidad permite tener una buena estabilidad en vacío, y una participación efectiva en la regulación de frecuencia del sistema cuando la unidad esté sincronizada.

El rango de variación de frecuencia en el cual el regulador no responde se llama “Banda Muerta”, y esta última aumenta con los desgastes ó huelgos que pueden que pueden presentar los diferentes mecanismos del regulador, de ahí la necesidad de establecer un programa riguroso de mantenimiento preventivo a estos dispositivos.

Estatismos

Como se ha visto el estatismo tiene que ser ajustado de manera uniforme en todas las unidades y su valor normalmente aceptado es de 5%.

2.6.6. Características Dinámicas.

Estabilidad

Tanto en vacío como con carga el regulador de velocidad debe presentar una buena estabilidad, en otras palabras el régimen transitorio que aparece después de un cambio en el variador ó como respuesta a una variación brusca de frecuencia en el sistema, se debe traducir por la aparición de oscilaciones suficientemente amortiguadas, tanto en la velocidad de la unidad como en la posición del servomotor principal (Figura 18)

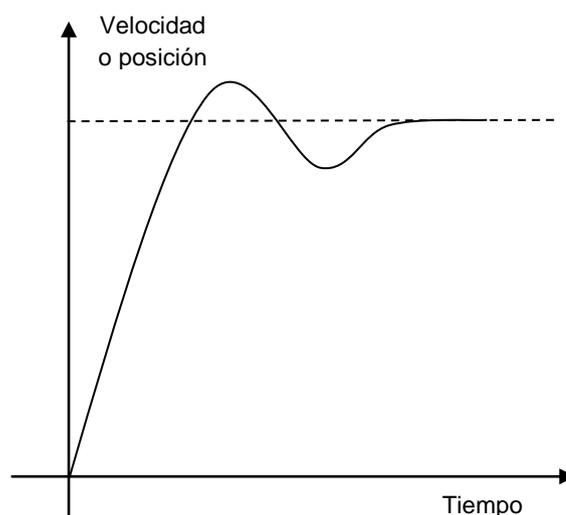


Fig. 18. Régimen Transitorio Correctamente Amortiguado

El dashpot es el dispositivo que permite ajustar el grado de amortiguamiento, y se recomienda revisar con cuidado su funcionamiento para asegurar una buena estabilidad de la unidad (Figura 19).

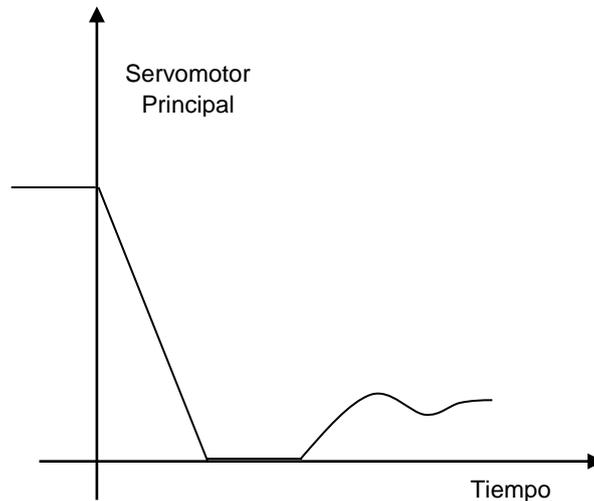


Fig. 19. Dashpot.

En muchos casos las condiciones de estabilidad son diferentes en vacío y con carga por lo que se tiene que buscar un ajuste promedio de dicho dashpot.

En los reguladores modernos se tiene ajustes diferentes según las condiciones de operación de la unidad.

Régimen Perturbado

La máxima perturbación para un regulador de velocidad es el rechazo de carga. AL subir la velocidad el regulador debe ser suficientemente sensible como para mandar cerrar el distribuidor con un tiempo muerto, lo más pequeño posible. El distribuidor no puede cerrar de inmediato sino al cabo de algunos segundos para evitar que el golpe de ariete produzca una presión demasiado elevada en la tubería a presión. (Figura 18).

El tiempo de cierre del servomotor viene ajustado desde el montaje de la unidad, sin embargo es conveniente revisarlo periódicamente. La sobrevelocidad alcanzada en el caso de una turbina Francis, no excede el 40% y si el regulador responde correctamente no debe de actuar la protección por sobrevelocidad, la cual opera únicamente en el caso de falla del regulador. Fig. 20

Si el amortiguamiento está correctamente ajustado. La unidad se estabiliza a una velocidad constante después de algunas oscilaciones. Esta velocidad de estabilización es superior a la velocidad de sincronización y está determinada por el propio estatismo.

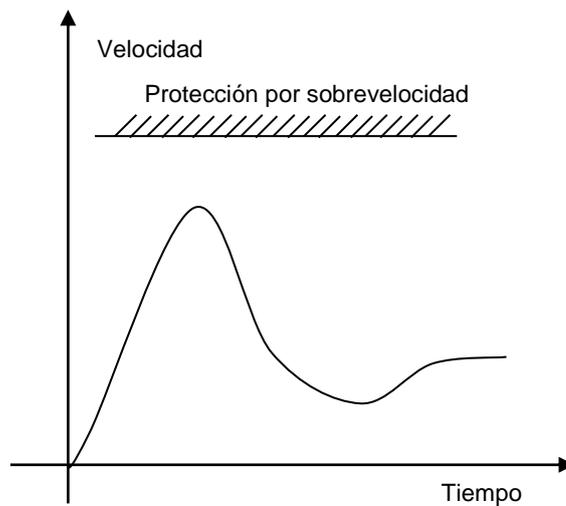


Figura 19. Sistema normal, si accionar la protección de sobrevelocidad.

Recomendaciones Para La Operación De Los Reguladores

Ajuste de la velocidad de sincronismo en vacío.

Se hace a través del variador ó del 65F

Ajuste de la carga

Se hace a través del variador ó del 65P. No se debe utilizar el 65F cuando la unidad esté sincronizada.

Utilización del limitador

Excepto casos específicos y debidamente justificados, la unidad deberá ser libre, es decir, que el limitador se ajustará en la posición correspondiente a la potencia máxima de la unidad.

Instrucciones de régimen de operación

Si la máquina esta libre (no amarrada) se tiene que aceptar pequeñas variaciones alrededor de la carga asignada por operación sistema. Estas variaciones de carga corresponden a la participación de la unidad en la regulación de frecuencia del sistema. Consecuentemente es indispensable para fijar la potencia de la unidad, considerar la frecuencia de referencia. Por ejemplo, una instrucción correcta sería la siguiente: Fijar la potencia de 80 MW para una frecuencia de 60.0 cps.

Maniobras después de un rechazo de carga.

Después de un rechazo de carga, la velocidad se estabiliza en un valor superior a la frecuencia de sincronismo. Es conveniente ajustar manualmente la velocidad a 60 cps, actuando sobre el variador ó el 65F para tener la unidad lista para ser sincronizada al recibir la instrucción correspondiente de operación sistema.

En ciertos reguladores modernos existe un dispositivo que regresa automáticamente el variador a la velocidad de sincronismo, inmediatamente después de un rechazo de carga.

3. PROBLEMAS A RESOLVER.

-Unos de los principales problemas es quitar el viejo sistema de regulación de velocidad e instalar el nuevo así como verificar que este funcione correctamente.

-Agregar los nuevos parámetros y ajustes a los PLC's S7 incluyendo al TC1703 y que este funcione correctamente, ya que va hacer el nuevo Regulador de Velocidad de la unidad 3 de la C.H. Malpaso.

-Instalar el nuevo sistema neumático de frenado para la turbina.

-La instalación de los nuevos sensores y de ser necesario adaptar algunos sensores de nivel, de temperatura de las chumaceras, de flujo para el control, de temperatura de aire frio y caliente, y monitoreo de dichas variables.

4. POSIBLES SOLUCIONES.

La solución al primer problema es quitar el cableado viejo, así como marcar y anotar los dispositivos que estaban conectados a estos, retirar los módulos existentes y poner los nuevos y hacer el tendido de los nuevos cables de control así como los cables de alimentación de 24 Vcd, 48 Vcd y 250 Vcd.

Para ajustar los parámetros, variables y consignas al TC703, primero se tiene que hacer un diagrama general y ver cuáles son los puntos cruciales y a partir de ello empezar a modificar los valores y que el sistema funcione bien.

La solución es cablear el gabinete donde está el sistema neumático de frenado (marca FESTO), es decir, conectar los 3 cables de control que vienen del M.A.R. (Modulo de Adquisición Remoto) que esta en piso de generadores, a los 3 relevadores que está en el gabinete, estos servirán para activar la válvula de admisión de aire comprimido, así como las válvulas para aplicar y des-aplicar los gatos neumáticos. También tiene que cablearse dichas válvulas y los presostatos para detectar la presión en el sistema y en la salida. Además de agregar la fuente de alimentación, para que dicho sistema funcione y opere, al igual que, interconectar todo lo anterior en la tablilla.

Para la instalación de los nuevos sensores de la marca Endress+Hauser el proveedor brindara los técnicos necesarios y CFE proveerá a 2 mecánicos. Para los otros sensores de diferentes marcas se colocaran de acuerdo a su manual de instalación y serán instalados por el departamento de control.

5. DESARROLLO DEL ROYECTO.

5.1. OBJETIVO DEL PROYECTO.

Mantener las unidades de la central con tecnología de última generación, para ser más eficientes en el monitoreo y control para garantizar el correcto funcionamiento de las unidades.

5.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Debido a la obsolescencia de los equipos, no permite la confiabilidad de sus variables, por lo que es necesario modernizar e instalar nuevos instrumentos y equipos programables. Además que los requisitos de los nuevos sistemas de gestión de calidad de CFE exigen tener sistemas de control e instrumentación de última generación.

5.3. ANTECEDENTES.

Respecto a los antecedentes solo se tenía unas diapositivas de la empresa VATECH-HIDRO sobre cómo funciona el regulador pero con una información muy pobre, ya que estaba más enfocado a la C.H. Belisario Domínguez (Angostura), entre los temas que se encuentran son:

- 1. funcionamiento del sistema de control de velocidad.
- 2. Equipo mecánico e hidráulico-Angostura.
- 3. Mantenimiento y ajuste equipo mecánico e hidráulico.
- 4. Equipo eléctrico.
- 5. Mantenimiento y ajuste de equipos eléctrico.
- 6. Operación del regulador.
- 7. Configuración Toolbox II.
- 8. Configuración SAT 250.

Estas diapositivas estaban más enfocadas a la venta de dicho sistema que su operación y funcionamiento de la misma.

5.4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

El cronograma de actividades aquí mostrado es el sugerido por comisión federal de electricidad, se encuentra en formato de Excel en la misma carpeta donde se encuentra este archivo.

5.5. FAMILIARIZACIÓN CON EL FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD, ASÍ COMO LAS PARTES INTERNAS QUE LA COMPONEN.

El regulador automático de velocidad, es el sistema principal (gobernador) para controlar la velocidad de la turbina hidráulica, desde ahí se controla desde la frecuencia,

hasta la potencia que suministrara el generador. Este sistema electro-hidráulico, también es el encargado de que la maquina no gire a una alta velocidad, impidiendo que esta se desboque.

El regulador automático de velocidad cuenta con algunas partes y elementos principales para cada una de ellas, que más adelante se mencionaran. Las partes principales con que cuenta dicho sistema son: la parte hidráulica y la parte eléctrica.

5.5.1. Regulador Automático de Velocidad. Parte Hidráulica.

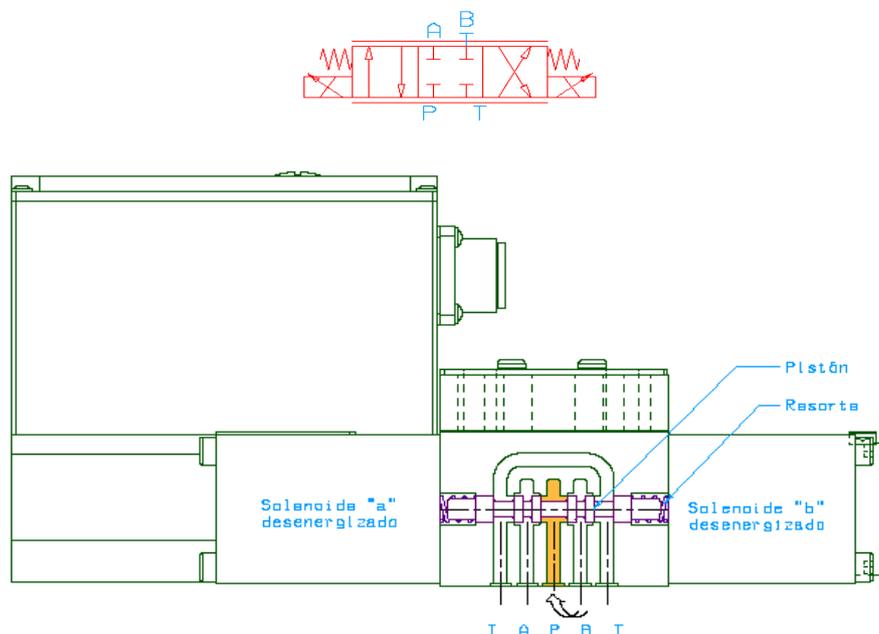
Para empezar se hablara del regulador automático de velocidad, pero en su parte hidráulica, en los cuales los elementos principales son:

Válvula proporcional 101 (servoválvula).

Esta, es la que se encarga del control real de la turbina hidráulica, es un sistema con control integrado que convierte los 4-20mA en pequeños y precisos movimientos, que está a su vez controla el distribuidor y este a su vez el servomotor piloto.

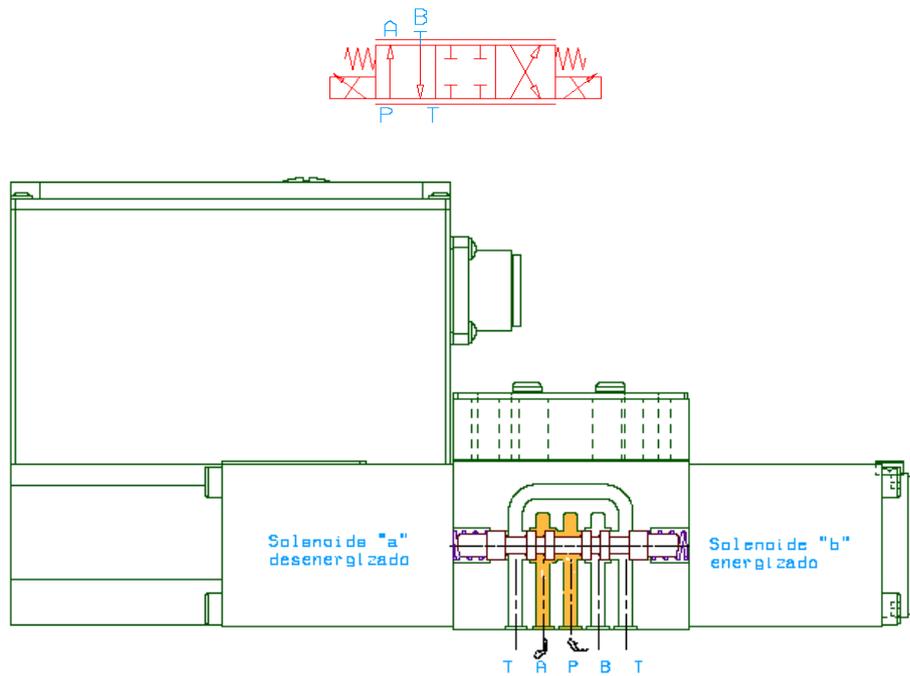
Funcionamiento. Esta servoválvula cuenta con dos solenoides en su interior, "a" y "b", dichos solenoides son los que controlan la dirección de flujo, bajo el mando del sistema de control de la propia servoválvula.

Cuando ambas solenoides están des-energizadas, la servoválvula está en equilibrio, es decir el vástago está en la posición central.

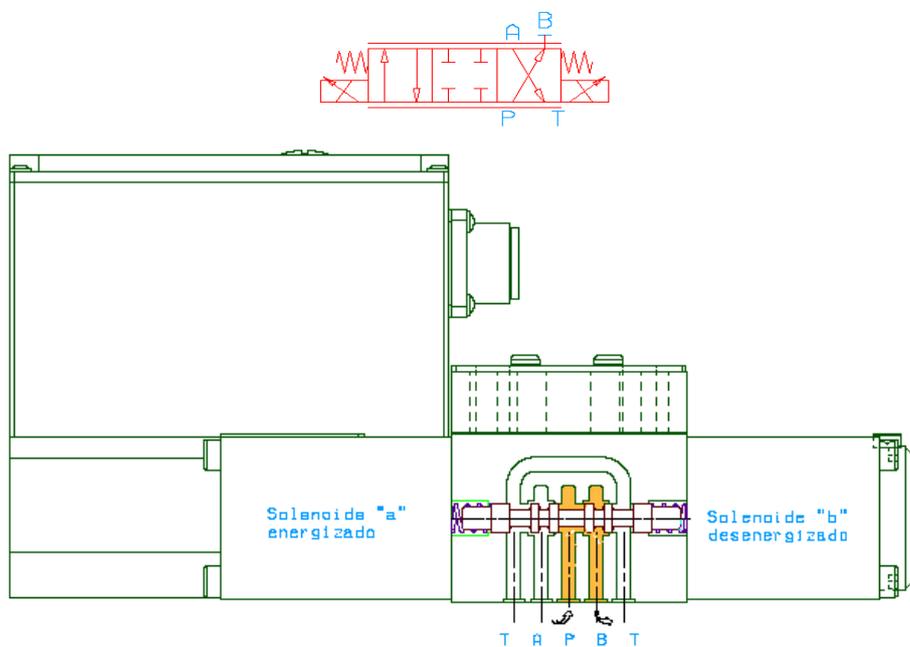


Cuando el solenoide "a" se energiza, el vástago se desliza provocando que el aceite se desplace de P→B y de A→T. Cabe mencionar que el vástago hará pequeños y precisos movimientos, y que su deslizamiento dependerá de la orden de control enviada (señal de

4-20mA) por el TC1703 (Controlador eléctrico principal, Véase en regulador automático de velocidad parte eléctrica).



Del mismo modo que en el caso anterior, cuando el solenoide "b" se energiza el vástago se desliza al lado contrario que cuando se energiza "a", provocando que el aceite fluya de P->A y de B->T.



Válvula de emergencia S108.

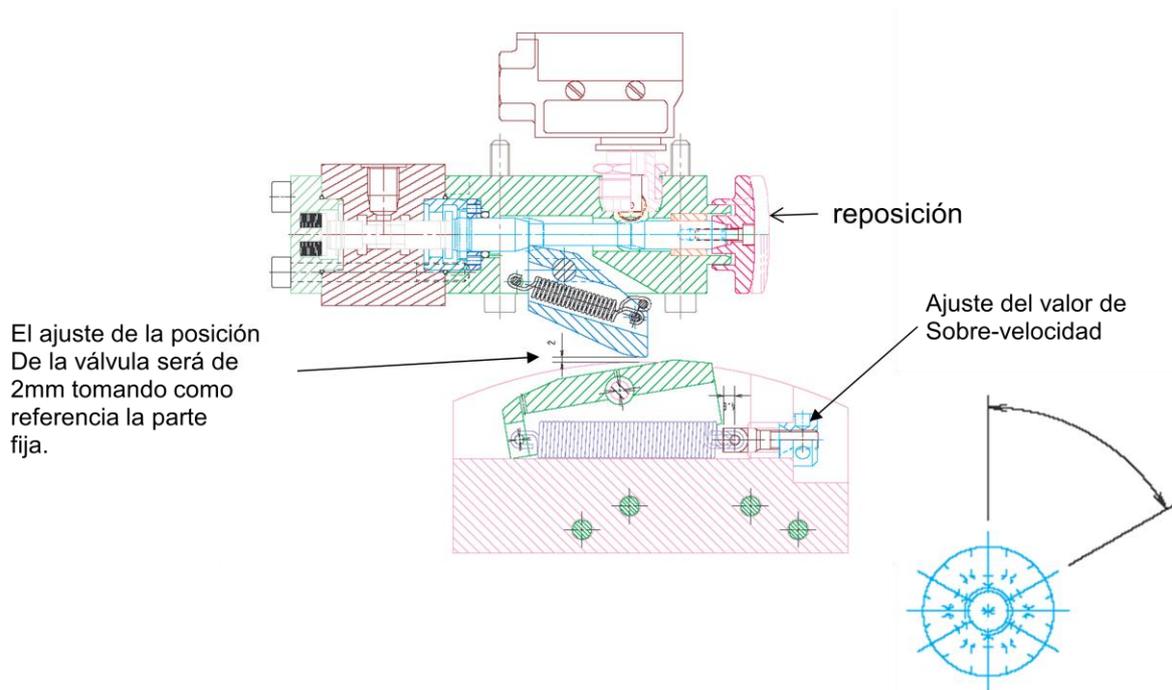
Es una válvula que actúa en caso de una emergencia o en el caso de que se valla la luz. Para que este funcione debe de estar energizado el solenoide, así permite el paso del aceite de P→A, de lo contrario de P→T.

Esta válvula opera en los siguientes casos:

- Al actuar el botón “paro de emergencia”.
- Al recibir una señal de paro por sobre-velocidad.
- Cuando se activa una protección eléctrica.
- En un fallo de energía eléctrica.

Válvula de disparo mecánico por sobre-velocidad 12-M.

Es una válvula totalmente mecánica el cual es accionada por una masa centrífuga en la flecha de la turbina, cuando la velocidad es superior al 100% esta se dispara, de manera que permite el flujo de P->T, de lo contrario de P->A. Cuando esta válvula se acciona, hay que volver a restablecerlo mecánicamente.

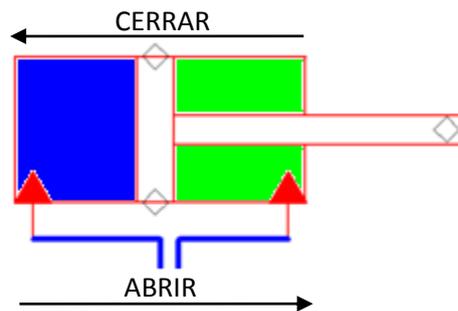


Válvula de Apertura 831.

Es la válvula que se encarga de permitir el flujo o no al lado de abrir del servomotor, siempre y cuando la válvula 12-M y la S108 estén activadas de lo contrario corta el flujo. Es el último eslabón en el control y seguridad del regulador de velocidad.

Servomotor Piloto

Es un cilindro de doble efecto, encargado de mover el distribuidor, y este a los alabes, con el mínimo esfuerzo del sistema hidráulico.



5.5.2. Regulador Automático de Velocidad. Parte Eléctrica.

Respecto a la parte eléctrica del regulador de velocidad, son dispositivos de control, de entrada y salida tanto analógica como digital, entre otros dispositivos, el elemento principal es el PLC de control, que en este caso es el TC1703.

Elemento de Control Maestro TC1703 (CP-6003-A).

El sistema TC1703 es un elemento de control maestro, que soporta hasta un máximo de 4 bus de interfaces para módulos y hasta 16 elementos perimetrales.

Los elementos perimetrales consisten en un modulo de fuente de poder, un modulo de control de periféricos y hasta 8 módulos I/O, los módulos son montados en un riel TS35, este elemento de control maestro puede ser configurado hasta con 2 módulos de interface serial.

Además cuenta con un bus maestro, el cual puede ser operado con 16 Mbps y 4 Mbps, este cuenta con diferentes conectores, como los son: vía USB/serie A 4 pines, vía RJ45 y vía D-SUB 9 pines.

Entre sus características más importantes son procesador 80C386EX a 50 MHz, memoria principal SRAM de 8 MB, memoria de programa FLASH-PROM 1 MB, tasa de transmisión de 2.4 Kbps, maneja como corriente continua máxima los siguientes rangos: 2 A/24 VDC, 1 A/60VDC, 0.77 A/78VDC, voltaje máximo de 60 VDC +30%.

Modulo de Fuente de Poder (PS-6620).

Voltaje de entrada es de 24 a 60 VDC, voltaje de salida para U1 de 5.1 VDC y voltaje de salida U2 de 5.2 VDC y 10 VDC, distribución de voltaje integrado, indicación de función vía LED.

Modulo de control de periféricos (PE-64XX).

Se pueden conectar hasta 8 módulos I/O vía TM bus, indicación de función y errores vía LED, la fuente de poder puede ser el modulo PS-6620.

Modulo de entrada analógico (AI-6300).

4 entradas, aislamiento galvánico por medio de opto-acopladores, adquisición de corriente de $\pm 20\text{mA}$, adquisición de voltaje de $\pm 10\text{V}$ indicación de función vía LED. Adquisición cada 10ms y 100ms en automatización y telecontrol respectivamente, reconocimiento de circuito abierto.

Modulo de entrada digital (DI-6100).

16 entradas, aislamiento galvánico por medio de opto-acopladores, voltaje de señal: 24 a 60 VDC, indicación de función y estado de las entradas vía LED. Adquisición cada 10ms en automatización y telecontrol.

Modulo de salida analógica (AO-6380).

4 salidas, aislamiento galvánico por opto-acopladores, salida de corriente de $\pm 20\text{mA}$ y $\pm 10\text{mA}$, salida de voltaje de $\pm 10\text{V}$, indicación de función vía LED, salida cada 10ms.

Modulo de salida digital (DO-6200).

16 salidas a transistor, aislamiento galvánico por opto-acopladores, si una entrada falla, no impacta en otra, para incrementar la capacidad de switching, 2 salidas pueden ser conectadas en paralelo, indicación de función vía LED, salida cada 10ms.

5.5.3. Funcionamiento.

Bloque de control.

Es el bloque más importante del sistema hidráulico, en ella se encuentra la válvula proporcional, el sistema actuador hidráulico, válvula distribuidora 201 y el cilindro de doble efecto.

El regulador electrónico de velocidad TC1703, genera una señal (4-20mA) de apertura o cierre que llegara a la servoválvula 101 proporcional a la diferencia de una consigna de control y su valor real, esta señal se convierte en un movimiento mecánico y controla hidráulicamente la posición del actuador 106, quien esta mecánicamente conectado a la válvula distribuidora 201, la cual controla la posición del servomotor piloto para dar una posición final a los alabes de la turbina hidráulica.

Este sistema hidráulico tiene algunas etapas de operación como son:

- Sistema operado en equilibrio.
- Abrir el distribuidor.
- Cerrar el distribuidor.
- Regulación.
- Paro de emergencia.
- Paro por sobre-velocidad.

Sistema Operado en Equilibrio.

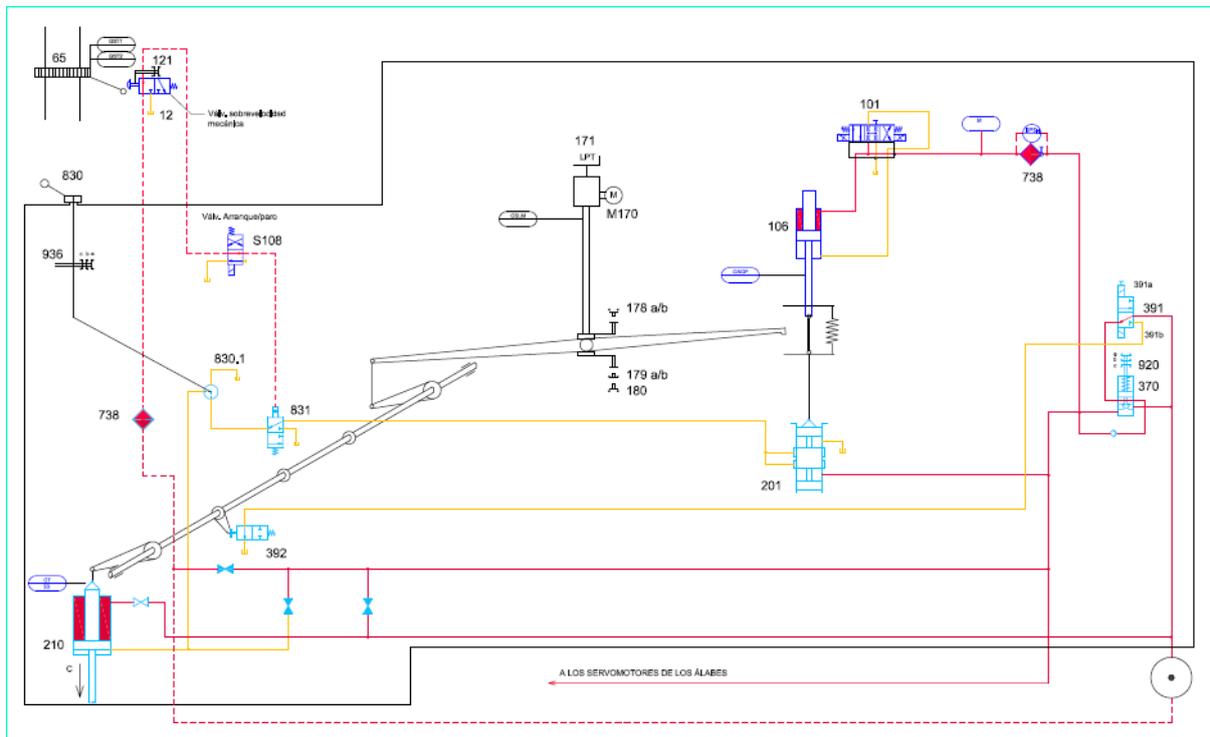


Figura que muestra al sistema operando en equilibrio.

El sistema opera en equilibrio cuando está presurizado y la diferencia entre la señal de retroalimentación y del setpoint es igual a "0" (cero).

Abrir el Distribuidor.

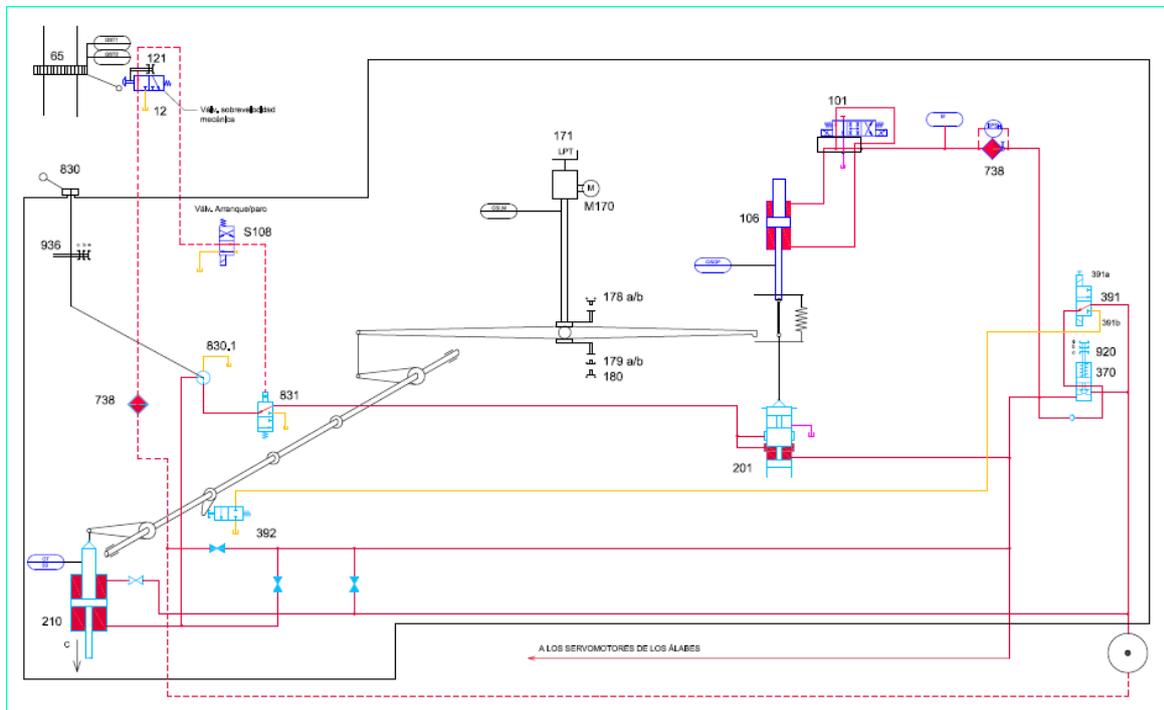


Figura que muestra al sistema al abrir distribuidor.

El distribuidor se abre debido a que la válvula proporcional recibe una señal a lado abrir, proveniente del PLC SAT 250. Con ello permite el flujo de más agua en la turbina.

Cerrar el Distribuidor.

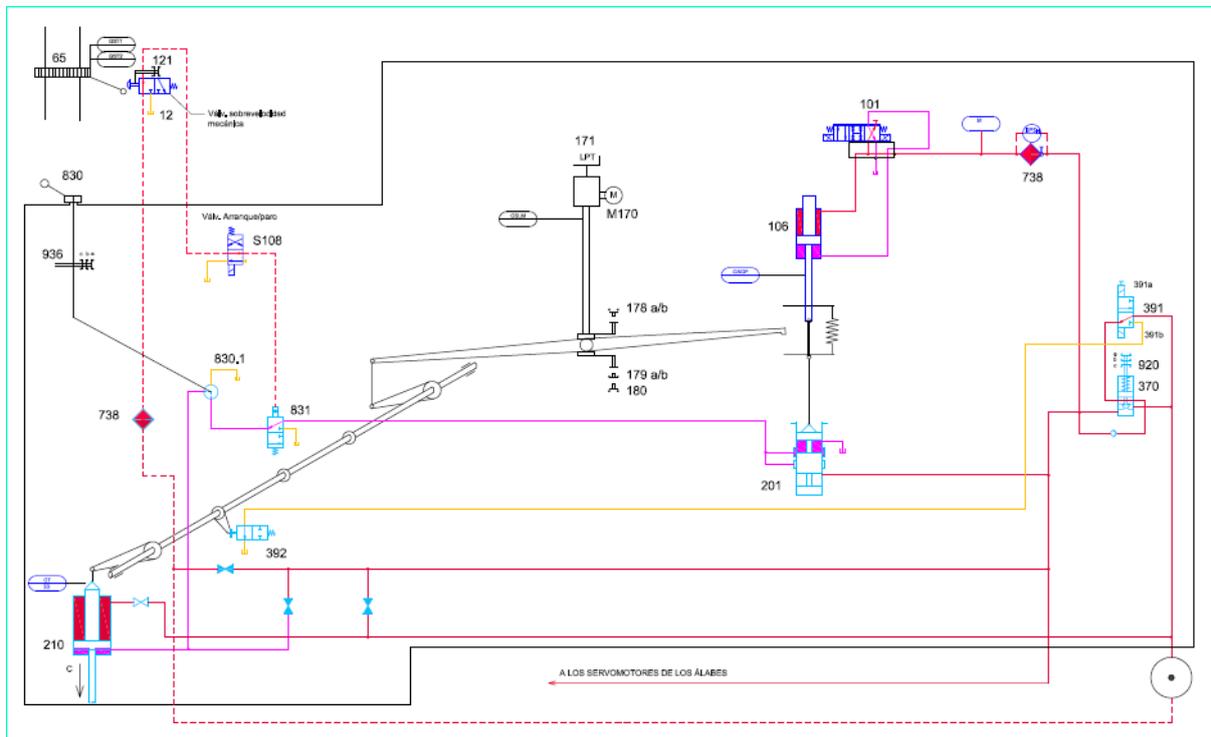


Figura que muestra al sistema al cerrar el distribuidor.

El distribuidor se cierra debido a que la válvula proporcional recibe una señal a lado cerrar, proveniente del PLC SAT 250. Con ello permite el flujo de menos agua en la turbina.

Regulación.

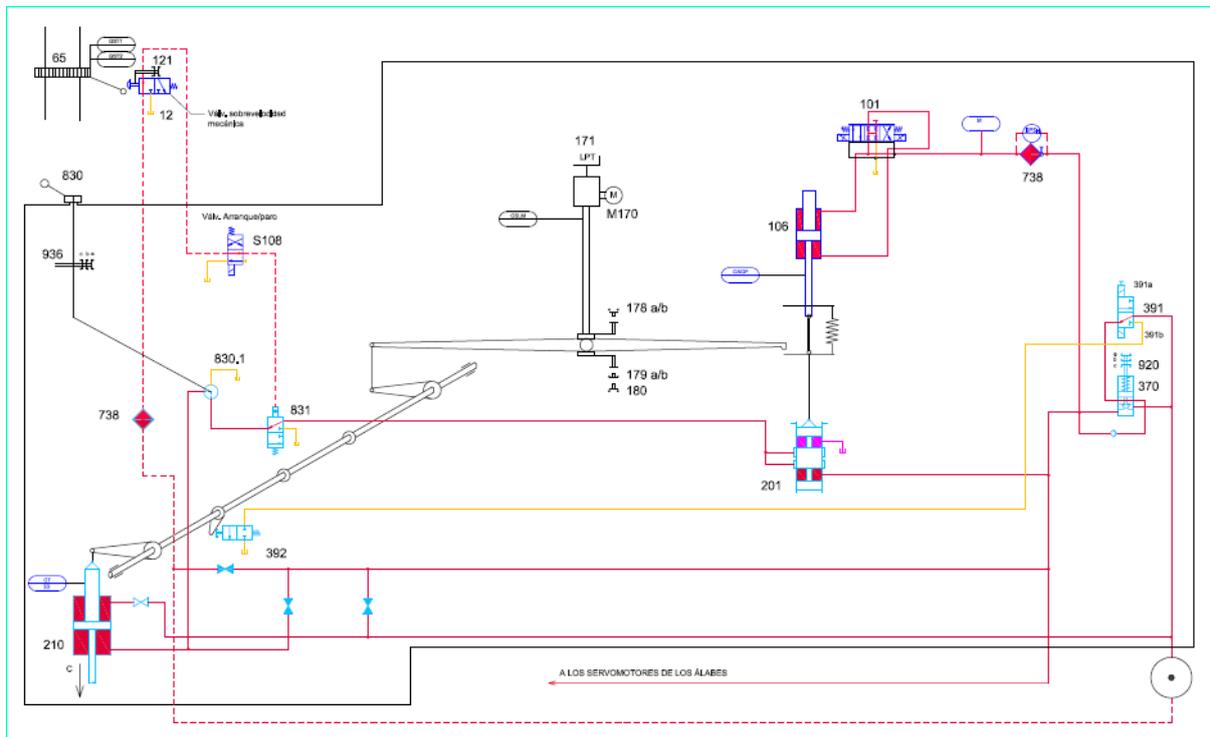


Figura que muestra al sistema en regulación.

El sistema entra en regulación cuando el PLC SAT 250 recibe la orden de arrancar turbina, con ello todas las señales provenientes del regulador (Posición del distribuidor, posición de la válvula piloto, posición de distribuidor cerrado, sensores de velocidad, presión mínima de aceite, etc.) son recibidas por el control maestro y junto con las consignas asignadas al sistema, el regulador de velocidad empieza a trabajar y dependiendo la configuración pre-cargada, este regula por velocidad, potencia o apertura.

Paro de Emergencia.

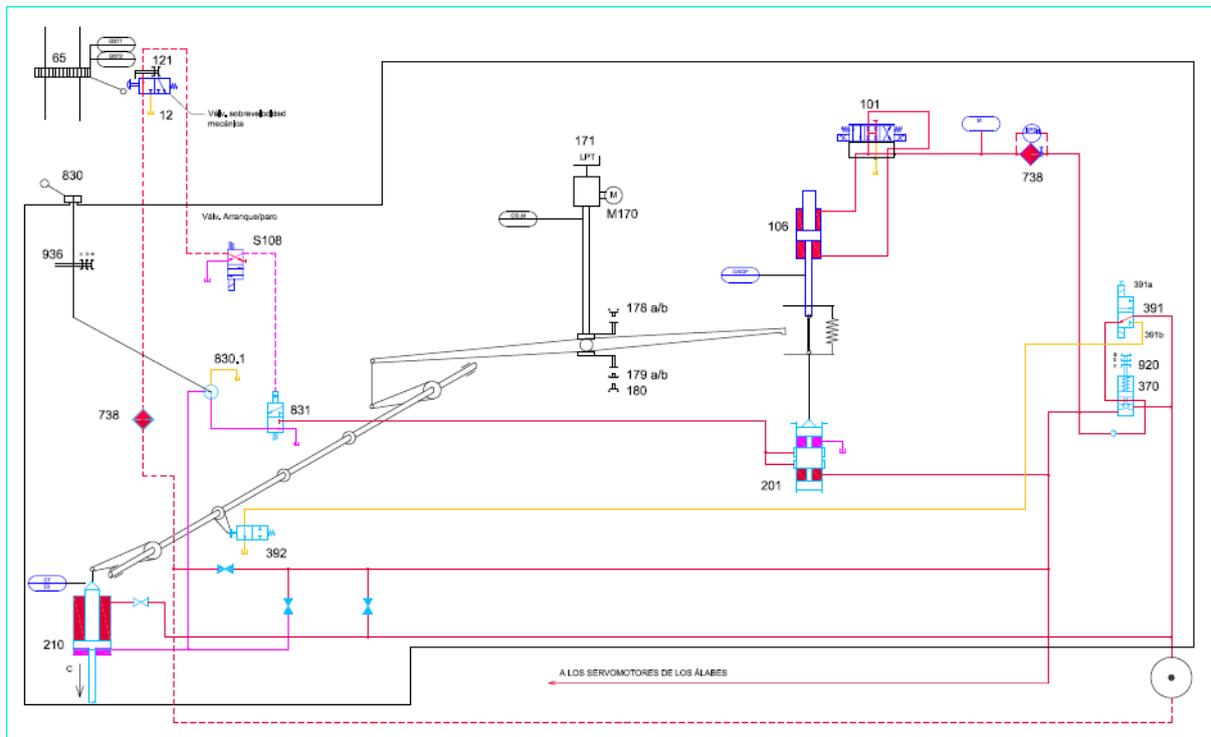


Figura que muestra al sistema en paro de emergencia.

Esta válvula actúa ante cualquier problema o peligro para la turbina. Des-energizando su bobina, cierra el flujo de aceite y la manda al depósito, con un cierto tiempo para no dañar al equipo, esta válvula actúa en los siguientes casos: al activar el botón paro de emergencia, al recibir una señal de paro por sobre-velocidad, cuando se activa una protección eléctrica en un fallo de energía eléctrica.

Paro por Sobre-Velocidad.

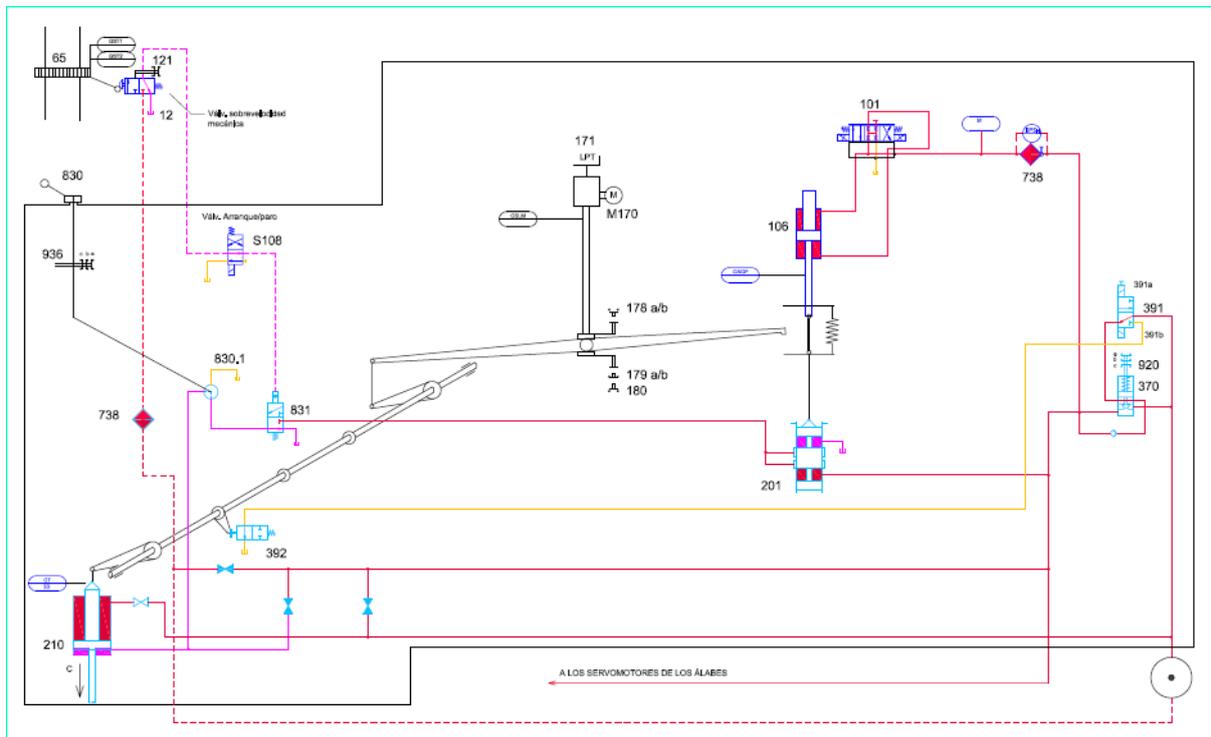


Figura que muestra al sistema en paro por sobrevelocidad.

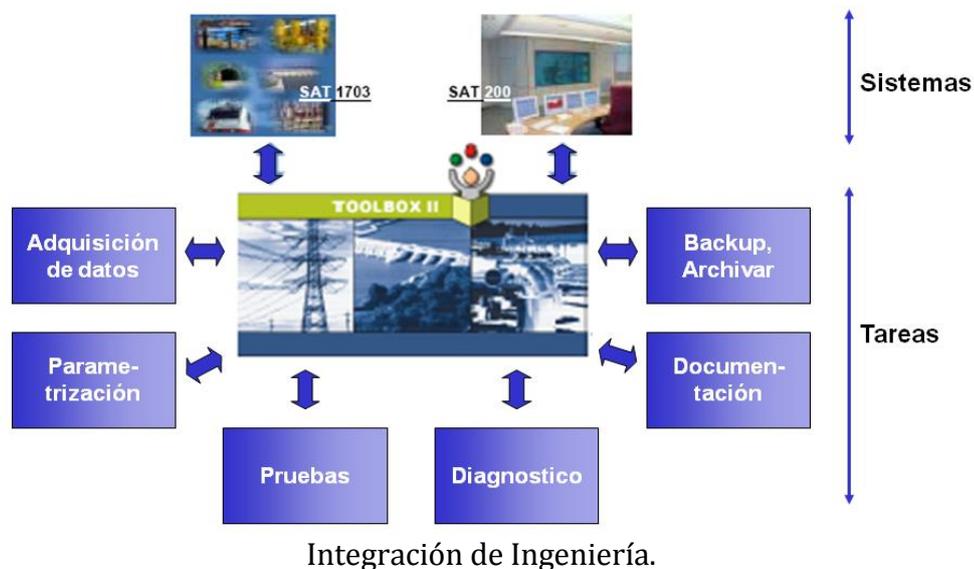
Esta válvula se activara cuando todos los dispositivos de seguridad antes mencionados hayan fallado y la turbina revolucione a 140%. Esta válvula es totalmente mecánica y cuando se activa, se debe de devolver a su estado original para que esta permita el flujo de aceite al sistema del lado abrir.

5.6. FAMILIARIZACIÓN CON EL FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA SAT TOOLBOX II.

5.6.1. SAT TOOLBOX II.

Programas que contiene el paquete:

- EM II: Engineering manager; Administrador de ingeniería.
- OPM II: Object oriented process data manager; Administrador de procesamiento de datos orientado a objetos.
- CAEx plus: Tool for open/closed loop control functions; Herramienta para funciones de control.
- PSR II: Configuring and service computer; Configuración y servicio.



5.6.2. EM II: Administrador de ingeniería.

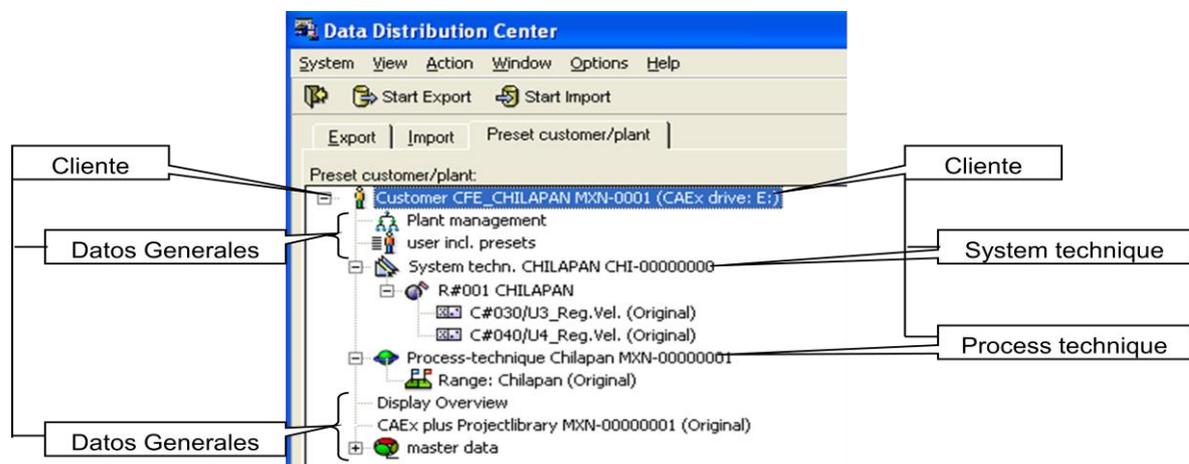
Toolbox II Preset: Prestablecer base de datos Toolbox II.

Data distribution center: Centro de distribución de datos.

HW - FW Configuration: Configuración de hardware y Firmware.

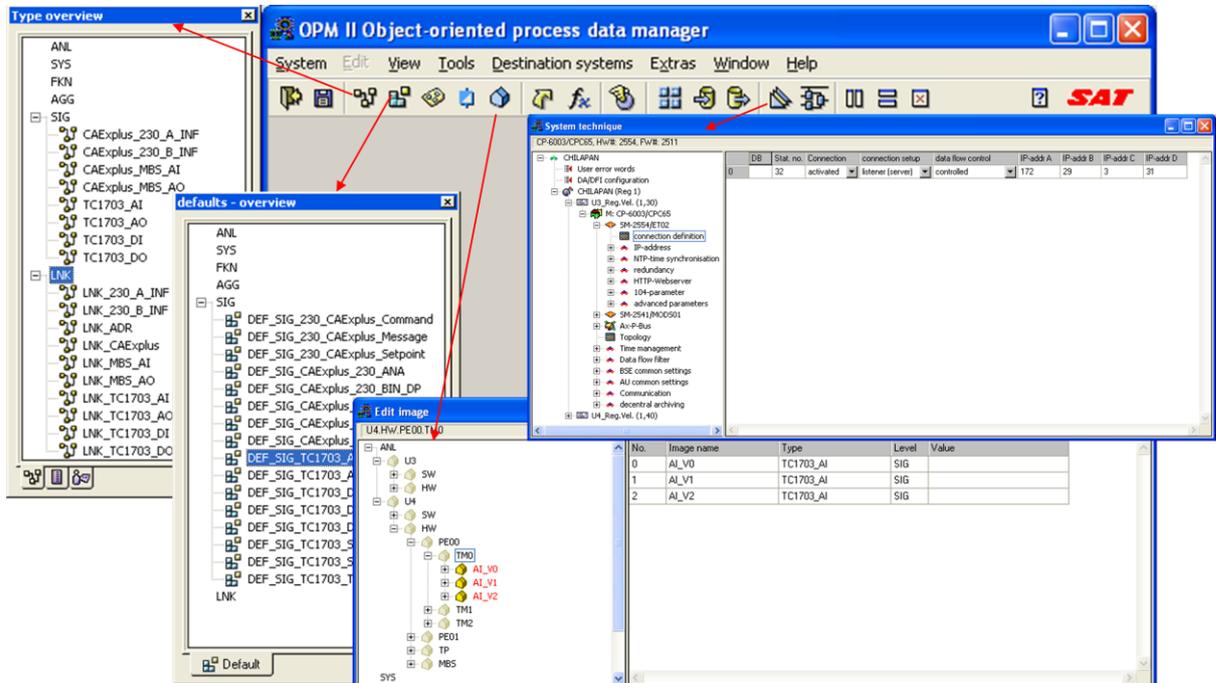
Plant Management: Gestión de planta.

Master data update: Actualización de sistema de datos.



5.6.3. OPM II Administrador de procesamiento de datos orientado a objetos.

En el OPM II, las señales se crean, para manejar parámetros de los diversos sistemas (destination System). Para asignar los parámetros a un sistema particular, las señales contienen grupos de enlaces (links). Cada link se asigna a un sistema destino y contiene los parámetros específicos para este sistema (ejemplo: periféricos SAT 1703, CAEx plus, SAT 250 SCALA, SAT 230...).



CAEx Plus.

- IEC 61131-3
- Configuración flexible (Tres tareas)
- Editor de diagramas de funciones
- Lista de señales integrada
- Funciones para prueba
 - Offline test
 - Online test
 - Osciloscopio
- Recarga sin interrupciones
- Documentación

Lenguajes

1. Diagrama de bloques de funciones.
2. Grafico de secuencias de funciones.
3. Texto estructurado.
4. Diagrama de escalera.

Software

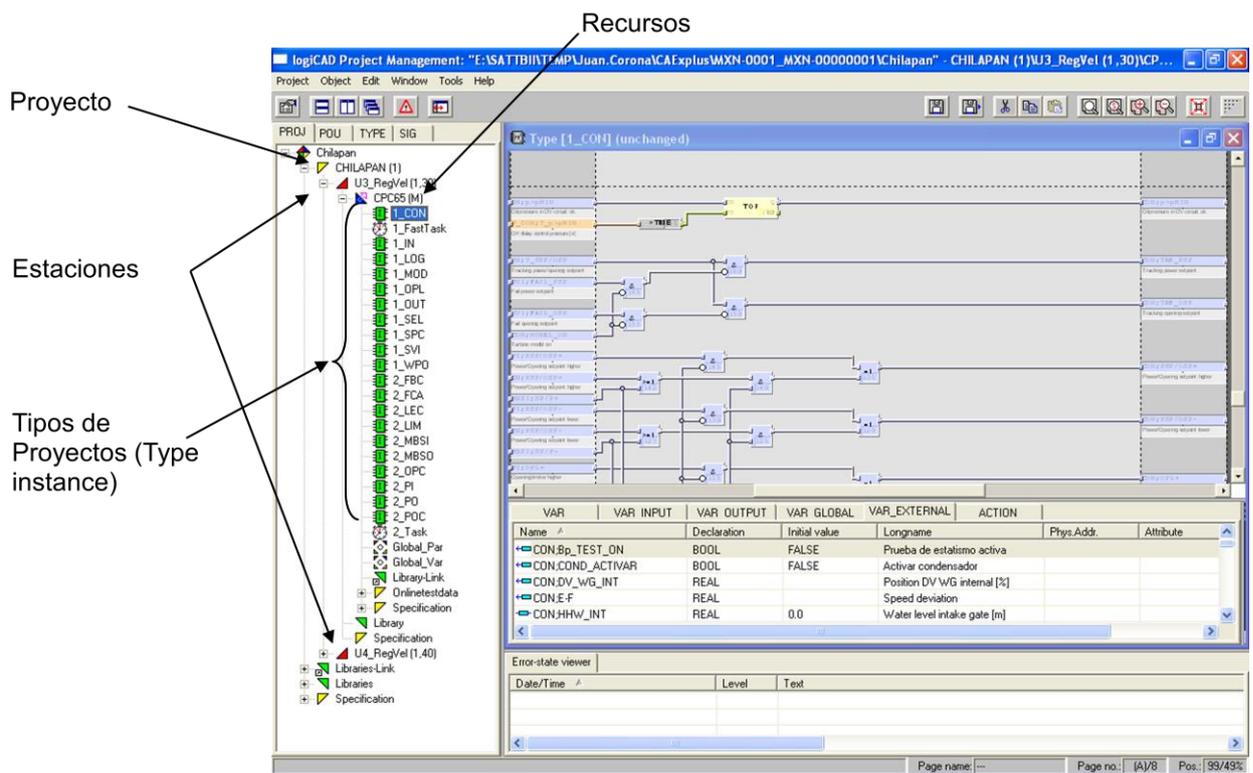
1. Tareas
2. Recursos
3. Configuraciones

Tipos de datos

1. Entero
2. Real
3. Booleana
4. Byte...

Funciones

1. OR
2. AND
3. SEN
4. MAX
5. RS
6. TON/TOFF...



Ventana Principal

5.6.4. PSR II: Configuración y servicio

Load parameter: Cargar parametros

Load firmware: Cargar firmware

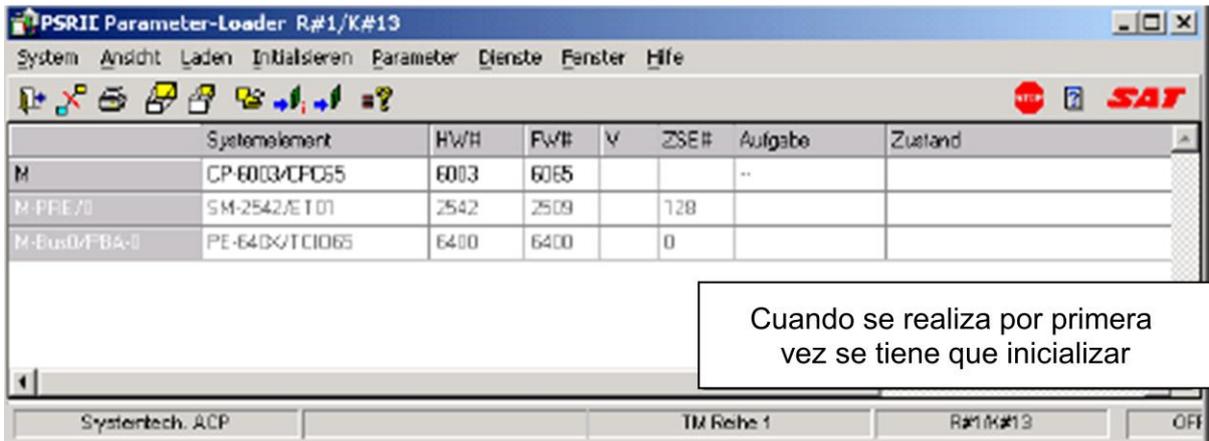
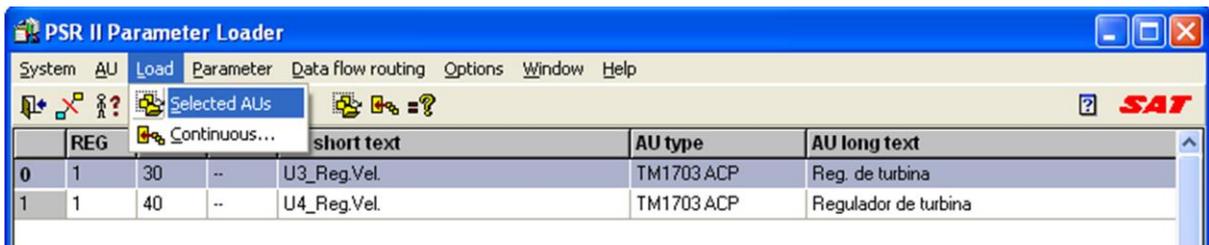
Data flow test: Prueba de flujo de datos

Revision interrogation and display: Revisión e interrogación de AU

Maintenance Function Online: Funciones de servicio en línea

Topology test: Prueba de topología

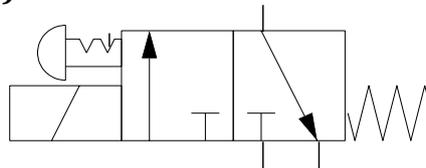
Diagnostic: Diagnostico



5.7. DESCRIPCIÓN, INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO.

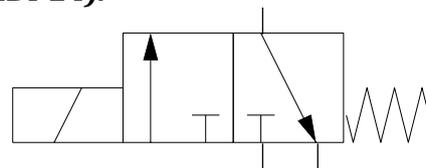
El sistema neumático de frenado de FESTO consta de las siguientes partes:

Válvula Manual (HE-D-MIDI).



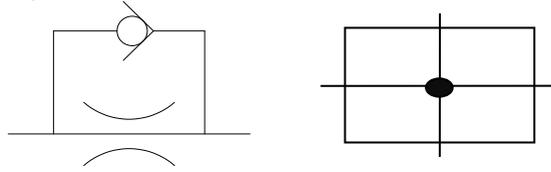
Esta válvula es el primer dispositivo de seguridad, y es por donde inicia este sistema, es decir, por donde entra la presión de aire que proviene de los compresores. Esta válvula es de apertura y cierre manual, y se usa en caso de que la válvula eléctrica falle. Esta válvula puede ser bloqueada en la posición “exhausted” (agotado) por medio de un candado común.

Válvula Eléctrica (HEE-D-MIDI-24).



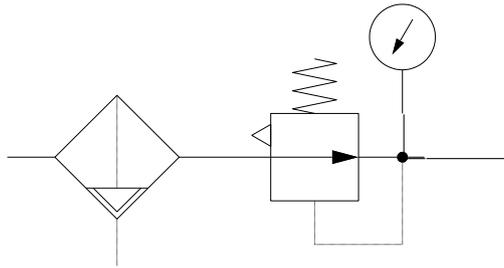
Esta válvula es de accionamiento eléctrico, y se activara siempre y cuando la velocidad de la turbina sea menor al 30%, permitiendo el ingreso y flujo de aire a presión al sistema. Además de que funciona como una válvula de bloqueo para el gato principal.

Distribuidor (FRM-D-MIDI).



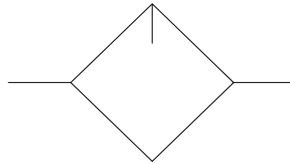
Es una válvula distribuidor de aire comprimido con 2 puertos de conexión, además es una válvula de cierre sin retorno que impide el flujo inverso de aire comprimido lubricado, al puerto de alimentación de aire comprimido.

Filtro Regulador (LFR-D-MIDI-A).



Es un filtro, regulador de presión y medidor que se combina en una sola unidad. Está equipado con un filtro que separa el agua y limpia el aire comprimido de impurezas, oxido, con tubería de depósito y de condensación.

Lubricador (LOE-E-MIDI).



Es un lubricador proporcional regulado, que añade una cantidad de aceite al aire comprimido, la válvula mantiene una niebla de aceite proporcional al flujo del aire comprimido. El aceite se puede añadir durante la operación de este. El regulador de presión con secundarios ventiladores mantiene una constante presión de funcionamiento a pesar de las fluctuaciones en la línea de presión y la cantidad de aire consumido.

El sistema neumático completo se muestra en Anexo D.

5.7.1. Instalación.

La instalación eléctrica interna del sistema se llevo a cabo de acuerdo a los diagramas de conexión que el proveedor proporcione, pero la conexión de este al PLC S7-200 del M.A.R. del piso de generadores, se llevo a cabo de acuerdo a la programación de este, de modo que las señales que proporciona el PLC son:

- Activar válvula de bloqueo.
- Aplicar gatos.
- Des-aplicar gatos.
-

El diagrama de conexión eléctrica interna y externa se muestra en el Anexo D.

5.7.2. Funcionamiento.

El sistema funcionara siempre y cuando, en la alimentación del sistema haya presencia de aire a presión.

Para que el gato funcione, el aire comprimido debe de pasar por los elementos antes mencionados, como primer dispositivo, se tiene la válvula manual, esta válvula se usara en caso de que la válvula eléctrica no funcione, es una válvula de bloqueo (seguridad). El segundo elemento es la válvula eléctrica, que no es más que una válvula de bloqueo del aire comprimido al sistema. El siguiente dispositivo es un distribuidor, y su función principal es impedir el retorno del aire comprimido ya lubricado, después del distribuidor, se encuentra el filtro regulador, cual su función principal es, separar el agua y limpia el aire comprimido de impurezas y oxido. Después se tiene el lubricador, el cual como su nombre lo indica, este añade una cantidad de aceite al aire comprimido. Por último se tiene la válvula distribuidora, que dependiendo que válvula se active (aplicar o des-aplicar), permite el paso al lado abrir del gato o bien permite que el gato se des-aplique.

Operación en automático

La operación del sistema de frenado en modo automático se ejecuta durante la secuencia de rodado de la unidad sin intervención del personal.

Aplicar Gato en Automático.- Para aplicar el gato, la válvula de bloqueo debe estar energizada, la válvula manual abierta y sobre todo, la turbina debe estar a una velocidad menor al 30% o bien totalmente parada. Cuando todas la condiciones antes mencionadas están listas, se energiza la válvula aplicar gato de 2 a 3 segundos, permitiendo que se enclave, y con ello el sistema neumático manda la presión al gato, permitiendo que este funcione y frene a la unidad.

Des-aplicar Gato en Automático.- Para des-aplicar el gato, se energiza la válvula des-aplicar gato de 2 a 3 segundos, esta se enclava y el sistema neumático deja de mandar presión al gato, permitiendo que este baje y a la unidad pueda rodar libremente.

Operación en manual.

La operación del sistema de frenado en modo Manual se ejecuta durante un mantenimiento para pruebas de los micros del sistema de frenado o en una falla de la secuencia de rodado en donde no se ejecute la operación de bajar gatos debido a fallas en los micros de los gatos de frenado.

Aplicar Gato en Manual

Para aplicar el gato, la válvula de bloqueo debe estar energizada, la válvula manual abierta y sobre todo, la turbina debe estar a una velocidad menor al 30% o bien totalmente parada. Cuando todas las condiciones antes mencionadas están listas.

- 1.- Abrir la puerta del gabinete
- 2.- Observar que esta energizado el relevador bloqueo de aire
- 3.- operar el relevador "ALPICAR GATOS" de 2 a 3 segundos con esto se energiza la válvula aplicar gato, permitiendo que se enclave, y con ello el sistema neumático manda la presión al gato, permitiendo que este funcione y frene a la unidad.

Des-aplicar Gato en Manual

Para des-aplicar el gato, la válvula de bloqueo debe estar energizada, la válvula manual abierta y sobre todo, la turbina debe estar a una velocidad menor al 30% o bien totalmente parada. Cuando todas las condiciones antes mencionadas están listas.

1.- Abrir la puerta del gabinete

2.- Observar que esta energizado el relevador bloqueo de aire

3.- operar el relevador “DES-ALPICAR GATOS” de 2 a 3 segundos con esto se energiza la válvula Para des-aplicar el gato, se energiza la válvula des-aplicar gato, esta se enclava y el sistema neumático deja de mandar presión al gato, permitiendo que este baje y a la unidad pueda rodar libremente.

5.8. PROGRAMACION DEL PLC SAT TC1703

Debido a un convenio de confidencia entre CFE y VATECH-HYDRO no se puede mostrar el programa completo, por tal motivo se realizo un resumen del programa donde viene la lógica de regulación de sistema, así como los principales parámetros y ajustes para que dicho sistema funcione correctamente.

Este programa es el que tendrá el PLC SAT TC1703, el cual contiene 3 formas de regular a la turbina, por velocidad, por potencia y por apertura.

El diagrama a bloques que se muestra a continuación, indica el funcionamiento desde que el PLC recibe la señal de arranque, pasando por los señores de velocidad y potencia hasta la salida de una señal analógica para la válvula proporcional, que es la que maneja todo el sistema oleodinámico.

El diagrama a bloques del regulador de velocidad se encuentra en un archivo anexo a este archivo en formato de autocad.

6. CONCLUSION.

Como conclusión puedo decir que el objetivo de esta residencia si se cumplió, ya que se automatizo el regulador de velocidad, el sistema de frenado, y se agrego la nueva instrumentación, este último no se vio a detalle en este trabajo debido a que la instalación de dichos sensores se llevo a cabo por la empresa Endress+Hauser, pero lo que respecta a lo demás si se efectuó. Respecto al regulador de velocidad fue probado tanto cuando estaba en el almacén, como también fue probado en otra unidad que ya cuenta con el mismo sistema para ver que todo funcionara bien, incluso esta nueva versión tiene muchas mejoras, ya que su limitador ya no es mecánico, si no es electrónico.

También puede decirse que el propósito de la residencia, de adquirir experiencia laboral, así como poner en práctica los conocimientos adquiridos entre lo que destacan las materias de control lógico programable, instrumentación avanzada, electrónica de potencia y sobre todo aprehender de los nuevos sistemas de control, monitoreo, supervisión también se cumplieron.

Además en la realización de este trabajo, aprendí a usar los programas que contiene el paquete SAT TOOLBOX II de la empresa VATECH-HIDRO, ya que recibí un curso para el manejo del regulador de velocidad y los programas de control y lógica que este tiene. También aprendí a manejar sistemas neumáticos, ya que parte del trabajo que realice involucro la puesta en servicio de un sistema de frenado del tipo neumático.

Para terminar puedo decir que este trabajo me ayudo mucho para crecer de manera profesional como también en el ámbito personal, por las responsabilidades que este trabajo traiga consigo y también por las políticas de CFE.

7. BIBLIOGRAFIA

- Mecánica de Fluidos Incompresibles y Turbomáquinas Hidráulicas.
Profesor D. José Agüera Soriano, de la Universidad de Córdoba.
Edición: 5ª.
Año de edición: 2003.
Editorial: Ciencia 3.
- Manual del regulador de velocidad VA TECH TC1703 standard – NEPTUN.
De VA TECH Escher Wyss S. A. de C. V., Grupo Andritz.
Año: 2007.
- Propuesta técnica para equipos de control de frecuencia y carga.
Editorial: honeywell.
México.
- Servomecanismos. capitulo 11- simulación Francis
Editorial: Milsant editores.
- Archivos y documentación de CFE.

ANEXOS

APENDICE A

Glosario

ESTATISMO:

Es la respuesta natural de la máquina en frecuencia a las variaciones de potencia. Se expresa en valores porcentuales.

Y en si se conoce como estatismo de un generador, a la relación entre el incremento relativo (por unidad) de velocidad $\Delta\omega_r$ y el incremento relativo de potencia de salida ΔP_m .

PRESOSTATO:

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Operación.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión), mientras estos últimos entregan una señal variable en base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente.

TIPOS DE REGULACIÓN DE FRECUENCIA:

- Regulación Primaria: se produce cuando la regulación de frecuencia se realiza sin el uso automatizado del control carga-velocidad. Además controla la potencia generada por cada máquina.
- Regulación Secundaria: cuando es necesario controlar en forma automática la potencia que fluye por las líneas y modificar convenientemente la generación total de cada sistema para lograr un correcto ajuste, este ajuste se realiza más lento que el caso primario.
- Regulación Terciaria: cuando los sistemas son muy grandes y cuentan con muchos generadores es necesario controlar automáticamente las máquinas para alcanzar valores económicamente convenientes, considerando las características propias de cada generador.

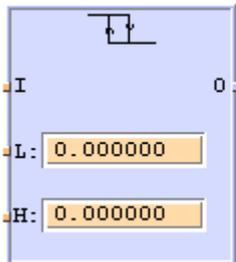
M.A.R.:

Modulo de Adquisición Remoto.

APENDICE B

Comandos del programa CAEx Plus.

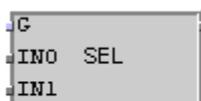
Flimiter_U



	Internal name	Display	
Inputs:	I	I	REAL
	L	L	REAL
	H	H	REAL
Outputs:	O	O	BOOL

En este bloque la variable de salida "O" se vuelve verdadero si la variable de entrada "I" permanece bajo de un valor de limite preestablecido "L". La Entrada de una histéresis "H" influye en el restablecimiento de la salida "O", esto significa que el restablecimiento del valor incrementa debido a la histéresis "H". El valor del límite "L" y la de la histéresis "H" puede prefijarse dentro del bloque. Si se conectan las líneas a las entradas "L" y "H", estos valores tienen una prioridad por encima de los valores internamente prefijados. En caso de una histéresis negativa "H" es un cero supuesto.

SEL

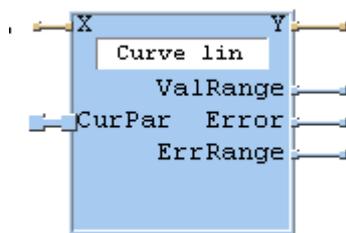


Inputs:	G	BOOL
	IN0	ANY
	IN1	ANY
Outputs:	OUT1	ANY

Una de las entradas IN0 o IN1 pueden ponerse en la salida. Dependiendo del estado de la entrada G, IN0 (si G = 0) ó IN1 (si G = 1) se conecta a la salida.

El bloque tiene una salida ENO. Sin embargo, esta salida nunca se vuelve activa porque el bloque no puede entrar en un estado de error bajo ninguna circunstancia.

TB_CURVE_LIN_Y_FX



Entradas y Salidas

X (entrada): valor X

Y (salida): valor Y

Los puntos de la interpolación se definen mediante el menú de contexto de edición de curva. (Los valores de entrada son monótonos ascendentes).

El número de puntos de la interpolación: mínimo 2, máximo 20

Rango de valor del límite inferior y superior de la salida

Si el valor de la salida está fuera del rango de valor de los límites de la curva definida, entonces dependiendo del parámetro establecido (contexto menú edit curve), el valor del rendimiento se pone al límite respectivo.

Rango de error del límite inferior y superior de la salida

Si el valor de la salida está por fuera de los del rango de error de la curva con límites definidos, entonces la marca de ErrRange se establece verdadera.

nota: los valores de entrada tienen que ser variables (ningún valor se prefija)

ValRange (salida): Si el valor de entrada está por fuera del rango de la curva definida, entonces la salida se coloca en verdadero. Dependiendo en el parámetro que pone (contexto menú edit curve) el seguimiento del valor de salida es retenido:

- se detiene el último valor
- coloca la salida al límite

Error (salida): Si un error ocurre durante el cálculo de la curva, la salida se pone en verdadero.

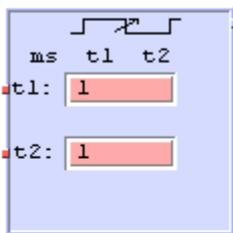
ErrRange (entrada): Si el valor del rendimiento cae debajo del límite más bajo de error o el valor de la salida excede el límite del error superior, entonces la salida se pone verdadero

CurPar (entrada): Aquí se tiene que hacer con la estructura del parámetro (la entrada) en que los parámetros de la curva - eso se introduce mediante la ventana de parámetros-son completados.

Después de que el parámetro de la curva coloca un complemento al parámetro global GlobalParamForCurves y una variable global será creada (vea la hoja AVR Externa). Descripción: Con la curva de acuerdo la "Interpolación Lineal" el valor de la salida "y" es calculado basado en el valor de la entrada "x", es decir "y = f(x)".

Las curvas definidas en las formas de los puntos de interpolación se adaptan entre los puntos individuales.

bcLOCK_PULSE_ms (reloj de pulso, Tiempo base: Milisegundos)

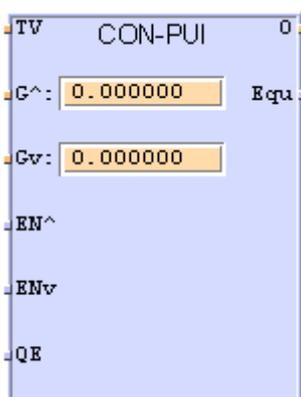


	Internal name	Display	
Inputs:	t1	t1	INT
	t2	t2	INT
Outputs:	O		BOOL

Este bloque de pulso de reloj crea una señal de pulso en la salida "O" en estado verdadero para el tiempo "t1" falso para el tiempo "t2". La salida "O" empieza con el estado verdadero durante un ciclo (sólo el primer ciclo después de una salida fría) seguido por falso para el tiempo "t2".

No se permiten valores negativos para "t1" y "t2." El valor positivo se interpreta como milisegundos. Si un valor negativo se conecta, no obstante, el error de salida (EN0) se activa.

fCONTROL_PULLUP (bloque integrador Pull-Up controlable)

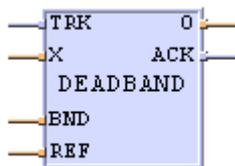


	Internal name	Display	
Inputs:	TV	TV	REAL
	Gu	G^	REAL
	Gd	Gv	REAL
	ENu	EN^	BOOL
	ENd	ENv	BOOL
	QE	QE	BOOL
Outputs:	O	O	REAL
	Equ	Equ	BOOL

Este bloque crea una variable de salida a la salida "O" que no realiza los cambios abruptos en el arranque normal. La salida variable "O" alcanza un cierto valor designado (= entrada variable "TV") mediante los gradientes predefinidas "Gu" y "Gd". El pre-establecimiento de las pendientes puede realizarse separadamente para el positivo (el runup) y negativo (el return) el cambio de la dirección mediante las variables de pendiente "Gu" y "Gd". Haciendo cuenta que ambas pendientes para el runup "Gu" así como una para el return "Gd" puede tomar cualquier señal a la entrada de ciertos casos. Las dos entradas habilitadas "ENu" y "ENd" sirven para cerrar ó habilitar el runup o return. El estado verdadero de uno de las entradas significa que habilitan y deshabilitan con llave el runup o return respectivamente. La entrada variable "QE" sirve para la igualación rápida, ejemplo: la abrupta subida de la variable de salida "O" al valor designado que es preestablecido como la entrada de variable "I". Para realizar un igualado rápido esta variable "QE" debe ser verdadero. La salida variable "Equ" se vuelve verdadera cuando la salida variable "O" ha alcanzado el valor designado (histéresis pequeña).

Las pendientes para el runup "Gu" y para el return "Gd" pueden introducirse internamente en el bloque así como abastecer una línea externa dentro del bloque. Los valores externamente proporcionados tienen prioridad por encima de los valores internamente preestablecidos.

DEADBAND



Entradas y salidas

TRK >> rastreo de la señal

X >> señal de entrada

BND >> ancho de banda medio

REF >> valor de Referencia

O >> señal de salida

ACK = 1 Para TRK = 0 y la señal de entrada dentro del ancho de banda

Función

Si la señal de rastreo TRK= 0, el elemento de la banda muerta se activa y aplica lo siguiente: mientras que el valor de la señal de entrada X se mueve con la banda alrededor del valor de referencia (incluyendo el límite de banda), el valor de salida O es igual al valor de referencia REF y al de la salida binaria ACK=1.

Si el valor de salida queda por fuera de la banda, entonces el valor de salida forma una imagen exacta de la entrada pero cambiada por el valor de la mitad del ancho de banda. La salida ACK es entonces igual a cero.

El ancho de banda efectiva corresponde al doble del valor de la entrada BND.

Si la señal TRK cambia a 1. Entonces la señal de entrada X es cambiada a través de la salida inalterada (salta por el valor BND). Entonces la salida ACK tiene valor cero.

RS



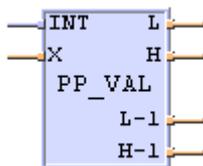
Inputs:	S	BOOL
	R1	BOOL
Outputs:	Q1	BOOL

El bloque RS-FLIP-FLOP es análogo al bloque SR-FLIP-FLOP. El valor de salida Q1 es colocada por la entrada S y la salida se restablece por la entrada R1. Las condiciones R1 indican que la entrada Re-establecida es dominante.

El bloque tiene una salida ENO. Sin embargo, esta salida nunca se vuelve activo porque el bloque no puede entrar en un estado de error, bajo ninguna circunstancia.

PP_VAL

Almacenamiento de valor pico durante un intervalo



Entradas y salidas

INT intervalo

X valor medido

L valor más Bajo del período de la medición actual

H valor más Alto del período de la medición actual

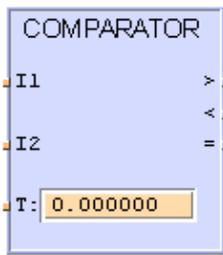
L-1 valor más Bajo del último período de la medición

H-1 valor más Alto del último período de la medición

Función

Durante un intervalo seleccionado (entre dos márgenes positivos a INT) los valores pico de un valor medido son determinados. En cada margen positivo a INT el valor actual de L y H son transmitidos a L-1 ó H-1.

fCOMPARATOR (bloque comparador)



	Internal name	Display	
Inputs:	I1	I1	REAL
	I2	I2	REAL
	T	T	REAL
Outputs:	O1	>	BOOL
	O2	<	BOOL
	O3	=	BOOL

Este bloque compara 2 entradas variables "I1" y "I2", tomando un restablecimiento de un valor de comienzo "T" dentro de una cuenta. El tipo de comienzo variable "T" corresponde a variables de entrada "I1" y "I2". El comienzo variable "T" puede ser preestablecido internamente en el bloque o externamente por la conectada a ella. El valor de suministro externo tiene prioridad

Salidas

La variable de salida "O1" es verdadera si la entrada variable "I1" es mayor que la entrada variable "I2" más el comienzo variable "T".

La variable de salida "O2" es verdadera si la entrada variable "I1" es menor que la entrada variable "I2" menos el comienzo variable "T"

La variable de salida "O3" es verdadera si el valor absoluto de la diferencia entre las variables de entrada "I1" y "I2" es menor o igual que la variable de comienzo "T".

Funciones lógicas:

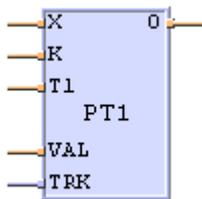
$$O1=1 \text{ si } I1 > (I2 + T)$$

$$O2 = 1 \text{ si } I1 < (I2 - T)$$

$$O3 = 1 \text{ si } |I1 - I2| \leq T$$

T < 0 igual a T = 0

PT1



Entradas y salidas

X >> señal de entrada

K >> ganancia proporcional

T1 >> tiempo de retraso constante [s]

VAL >> valor de rastreo

TRK >> rastreo habilitado

O >> señal de salida

Función

Función de transferencia para TRK = 0:

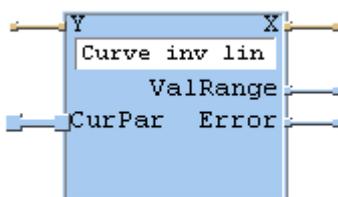
$$G(s) = K \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T1}$$

Para TRK = 1:

O = VAL

Filtro de primer orden que puede cambiarse al valor rastrear analógico. La función de este módulo se usa para el condicionamiento de los signos de la entrada analógicos congelando en una señal de fracaso.

TB_CURVE_INV_LIN_X_FY



Entradas y salidas

X (salida): valor X

Y (entrada): valor Y

Los puntos de la interpolación se definen mediante el menú de contexto de edición de curva. (Los valores de entrada son monótonos ascendentes).

El número de puntos de la interpolación: mínimo 2, máximo 20

nota: los valores de entrada tienen que ser variables (ningún valor se presenta)

ValRange (salida): Si el valor de entrada está por fuera del rango de la curva definida, entonces la salida se coloca en verdadero. Dependiendo en el parámetro que pone (el menú del contexto revisa la curva) el seguimiento del valor de salida es retenido:

- se detiene el ultimo valor
- coloca la salida al limite

Error (salida): Si un error ocurre durante el cálculo de la curva, la salida coloca en verdadero.

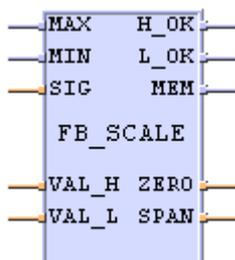
ErrRange (entrada): Si el valor del rendimiento cae debajo del más bajo límite de error o el valor de la salida excede el límite del error superior, entonces la salida se pone verdadero

CurPar (entrada): Aquí se tiene que hacer con la estructura del parámetro (la entrada) en que los parámetros de la curva - eso se introduce mediante la ventana de parámetros-son completados.

Después de que el parámetro de la curva coloca un complemento al parámetro global GlobalParamForCurves y una variable global será creada (vea la hoja AVR Externa).

Descripción: Con la curva de acuerdo la Interpolación inversa el valor de salida "X" es calculado basado en el valor de la entrada "y". es decir "y = f(x) "

FB_SCALE



Las entradas y salidas

MIN >> Activar la calibración mínima

MÁX >> Activar la calibración máxima

SIG >> Regeneración de la señal del sensor

VAL_H >> valor de entrada para la posición de la apertura

VAL_L >> valor de entrada para la posición del cierre

H_OK >> calibración Máxima activo

L_OK >> calibración Mínima activo

ZEROS >> compensación por medición de la señal de corrección

SPAM >> Rango de medición de la señal de corrección

MEM >> guardar comandos para ZEROS y SPAM en el FUD

El modulo de función FB_SCALE es usado para determinar los valores de corrección (SPAM, ZEROS) con la ayuda de cualquier señal de medición puede ser calibrada. Una calibración de un máximo y un mínimo de la señal de medición SIG es llevada a cabo en cualquier orden para calibrarse, con los dos valores de entrada VAL_L y VAL_H. Qué calibración debe hacerse si se cae la ayuda de las entradas MIN y MÁX. MIN y MÁXIMO deben existir por lo menos en un ciclo. Los valores de entrada VAL_H y VAL_L usualmente se eligen como sigue:

	VAL_L	VAL_H
clavos, deflectores y servomotores para distribuidores y corredores	0%	100%
Válvulas de control principal simétricas	-100%	100%

Para las principales válvulas de control con golpe asimétrico, aplica el siguiente procedimiento. El 100% del valor se asigna al control de pistón de golpe más largo h_{max} y el porcentaje de valor más pequeño se asigna al control de pistón de golpe h_{min} y se asigna como sigue.

$$h_{min} \cdot \frac{100\%}{h_{max}}$$

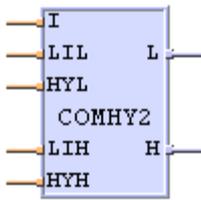
La asignación de el valor de entrada VAL_H y VAL_L se hace correctamente de acuerdo con sus señales que corresponden a la funcionalidad del control principal de válvula. Las salidas H_OK y L_OK cambian de estado de 0 a 1 durante cinco segundos durante la calibración respectiva. Después de que las calibraciones mínimas y máximas se han llevado a cabo, el valor de desplazamiento de corrección queda en salida ZERO y el valor de las pendientes de corrección queda en la salida SPAM del rendimiento (estos valores se retienen hasta la próxima calibración). La salida MEM cambia de 0 a 1 durante un ciclo y sirve como un resguardo para el comando ZERO y SPAM en el diagrama de la función (FUD).

Nota:

Ambas calibraciones deben ser siempre llevadas fuera (mínimo y máximo) solo entonces el resultado correcto queda como salida ZERO y SPAM.

La corrección de la señal de medición con los valores de corrección ZEROS y SPAM debe ejecutarse de acuerdo con la ecuación siguiente: $SIG_{calibrated} = (SIG + ZERO) \cdot SPAN$

COMHY2



Comparador doble con histéresis

Entradas y salidas

I >> Señal de entrada

LIL >> límite más bajo

HYL >> Histéresis por debajo del límite

LIH >> límite Superior

HYH >> Histéresis por el límite superior

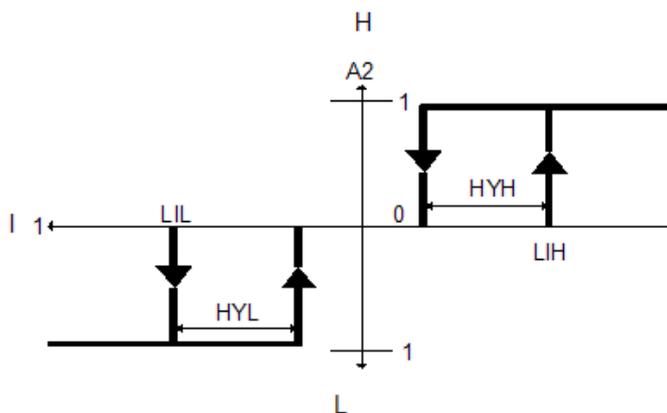
L >> salida "Baja"

H >> salida "Alta"

Función:

$L = 1$	if	$I < LIL$
$L = 0$	if	$I \geq (LIL + HYL)$
$H = 1$	if	$I > LIH$
$H = 0$	if	$I \leq (LIH - HYH)$

$|xx|$ ^ absoluto

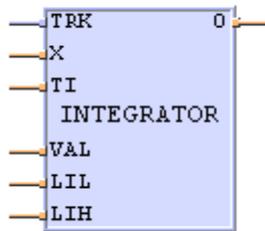


La salida L cambia de 0 a 1 si la señal de entrada "I" es < que el límite más bajo LIL.

"L" cambia de 1 a 0 si la entrada "I" se vuelve mayor o igual que límite el más bajo LIL más la histéresis más baja HYL.

Lógicamente, lo mismo aplica para el límite del interruptor superior. Las histéresis se evalúan como valores absolutos. Los límites LIL y LIH tienen que ser insertados correctamente de acuerdo con sus señales.

INTEGRATOR



Entradas y salidas

TRK >> Rastreo (preestablecido)

X >> señal de entrada X

TI >> tiempo de acción Integral

VAL >> valor de rastreo

LIL >> límite más bajo

LIH >> límite Superior

O >> señal de salida

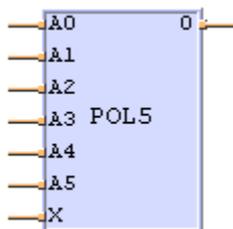
Función

TRK = 1, O = VAL

TRK = 0

LIH tiene prioridad por encima de LIL

POL5



Entradas y salidas

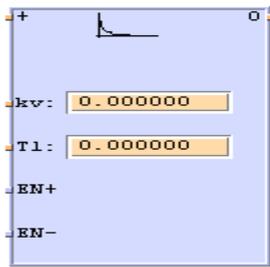
A0 ÷ A5 >> coeficientes

X >> señal de entrada X

O >> señal de salida

Función => $O = A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2 + A_3 \cdot X^3 + A_4 \cdot X^4 + A_5 \cdot X^5$

fDT1_CONTROL (DT1 Controller Block)



	Internal name	Display	
Inputs:	I+	+	REAL
	kv	kv	REAL
	T1	T1	REAL
	EN+	EN+	BOOL
	EN-	EN-	BOOL
Outputs:	O	O	REAL

Este bloque realiza la función de transferencia de un elemento derivado con un retraso de primer orden ingeniería de control automático. La amplificación de acción derivada K_v y la disminución de tiempo constante T_1 pueden ser ambas entradas internas en el bloque también como abastecimiento para el bloque por líneas externas los valores de abastecimiento externos tienen una prioridad por encima de los valores predefinidos internos. Las dos entradas $EN+$ y $EN-$ sirven para deshabilitar el efecto de resp. Positiva. La dirección negativa cambia del control de diferencia para el control de salida. Si ambas entradas $EN+$ y $EN-$ son falsas, entonces ambas direcciones de cambio son deshabilitadas. Si la disminución de tiempo constante T_1 es cero, Menos que T_{ciclo} o negativo, la función es deshabilitada (función cero). Si los valores son excedidos en cualquier dirección, el valor de la salida permanece en su valor máximo ó su valor mínimo.

Por llamada de los ciclos estacionarios en el proyecto de simulación de salida puede ser puesto hacia el valor cero.

Funciones de lógica.

Representación continúa

$$y(t) + T_1 * \frac{dy(t)}{dt} = T_1 * k_v * \frac{dx(t)}{dt}$$

Función de transferencia de LaPlace

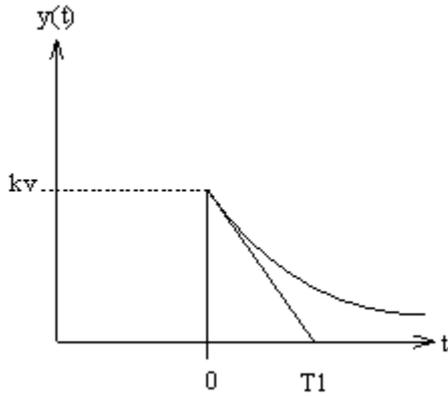
$$GR(s) = \frac{T_1 * k_v * s}{1 + T_1 * s}$$

Representación digital

$$y(k) = \frac{1}{1 + \frac{T_1}{T_0}} * \{ y(k-1) + k_v * [x(k) - x(k-1)] \}$$

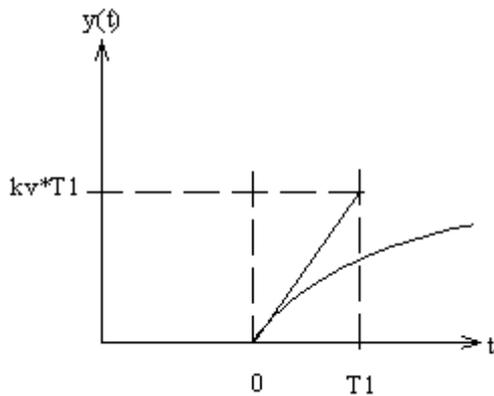
⇒ Respuesta escalón

$$y(t) = k_v * e^{-t/T_1} * \delta(t)$$



Respuesta de rampa

$$y(t) = kv * T1 * (1 - e^{-t/T1}) * \delta(t)$$



TERMINO DESCRIPCIÓN

X >> variable de entrada (correspondiente al control diferencial)

Y >> variable de salida

T1 >> tiempo de retraso constante

Kv >> amplificación de acción derivativa

Gr >> representación de Laplace de la respuesta transitoria del controlador

S >> transformada de Laplace

$\delta(t)$ unidad de paso (función grande)

$\delta(t) = 0$ para $t < 0$

$\delta(t) = 1$ para $t \geq 0$

$t * \delta(t)$ unidad de rampa (función de rampa)

$\delta(t) = 0$ para $t < 0$

$\delta(t) = 1$ para $t \geq 0$

t >> tiempo continuo

k >> muestras discretas de periodo

T0 >> ciclo del PLC

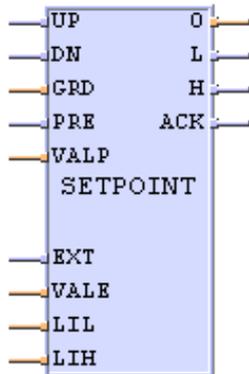
Variables auxiliares para el preestablecimiento del controlador:

kD >> coeficiente de acción derivativa

$kD = T1 * kv$

SETPOINT

Valor de posicionador de setpoint.



Entradas y salidas

UP >> valor de Setpoint superior.

DN >> valor de Setpoint inferior.

GRD >> pendiente.

PRE >> Prestablecer.

VALP >> valor de entrada para restablecer.

EXT >> activación externa.

VALE >> valor de entrada para activación externa.

LIL >> límite inferior.

LIH >> límite superior.

O >> señal de salida (valor de setpoint).

L >> límite inferior alcanzado.

H límite superior alcanzado.

ACK >> estado de información en alcance inicial del valor de entrada.

Función

El valor de setpoint es ajustado por comandos con la gradiente GRD. Si ambas señales UP = 1 y DN = 1 existe, la salida permanece sin cambiar.

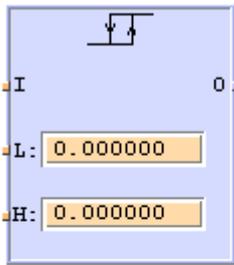
En la activación de PRE el valor VALP es aceptado inmediatamente (sin pendiente) pero es limitado por LIL y LIH.

La función preestablecida tiene la más alta prioridad. Siguiendo esto nos lleva a una activación externa antes de los comandos superiores e inferiores.

Con la activación externa (EXT =1) el valor setpoint es conducido hacia el valor de entrada VALE por la gradiente GRD. Cuando VALE es alcanzado para el primer tiempo, ACK = 1 es puesto y permanece hasta que EXT es desactivada.

El límite superior LIH tiene prioridad sobre LIL.

fLIMITER_O (Limiter Block, Exceeding Limit)

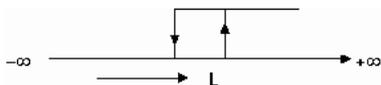


	Internal name	Display	
Inputs:	I	I	REAL
	L	L	REAL
	H	H	REAL
Outputs:	O	O	BOOL

(Bloque limitador, excediendo limite)

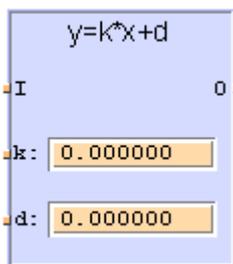
En este bloque la variable de salida “O” se vuelve verdadera si la variable de entrada “I” excede al valor limite preestablecido “L”. Salida de una histéresis “H” influencia el preestablecimiento de la salida “O”, esto significa que el valor preestablecido disminuye por la histéresis “H”. El valor limite “L” y la histéresis “H” pueden ser preestablecidas dentro del bloque. Si las líneas son conectadas a las entradas “L” y “H”, estos valores tienen prioridad sobre los valores preestablecidos internamente. En caso de histéresis negativa “H” cero es asumida.

Lógica funcional.



fLINEAR_FUNCT (Linear Function Block)

(Bloque de Función lineal)



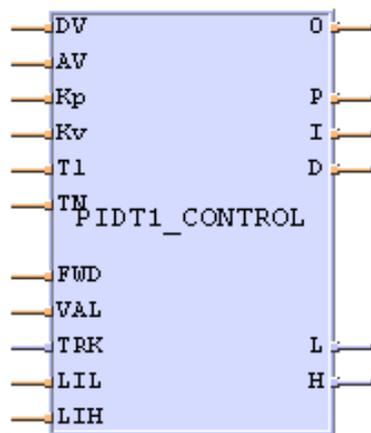
	Internal name	Display	
Inputs:	I	I	REAL
	k	k	REAL
	d	d	REAL
Outputs:	O	O	REAL

En este bloque la salida “O” es calculada de acuerdo a la ecuación de la línea recta ($O = k * I + d$). Aquí la entrada “k” corresponde a la ganancia constante, y la entrada “d” al desplazamiento cero. Si el valor es excedido en cualquier dirección, el valor de la salida permanece en el valor máximo ó mínimo.

Lógica funcional: $O = k * I + d$

PIDT1_CONTROL

Controlador PID



Inputs and outputs

DV Valor de Setpoint
 AV Valor actual
 Kp Ganancia P- y I –elemento [p.u.]
 Kv Ganancia element D [p.u.]
 T1 Tiempo de retardo del filtro de primer orden [s]
 TN Tiempo de accion de la integral [s]
 FWD Entrada auxiliar (feedforward control)
 VAL Valor de rastreo
 TRK Valor de rastreo habilitado
 LIL Limitación más baja de la salida de controlador
 LIH Limitación más alta de la salida del controlador

O Salida del controlador
 P Salida – Elemento proporcional (elemento P)
 I Salida – Elemento de integración (elemento I)
 D Salida – Elemento diferencial (elemento D)
 L Limite de alcance más bajo.
 H Límite de alcance más alto.

Funcion

TRK = 1 Switchover to tracking value

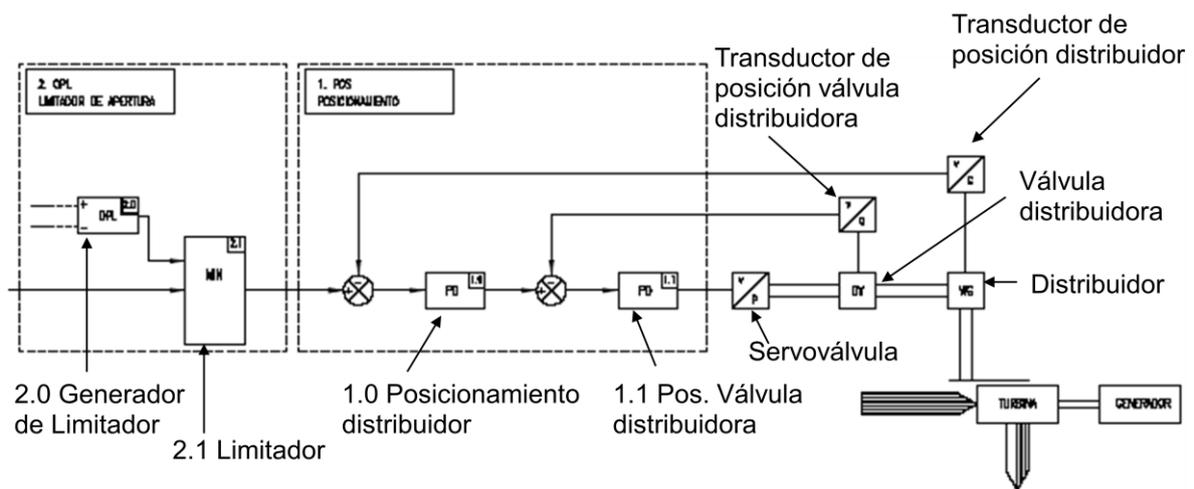
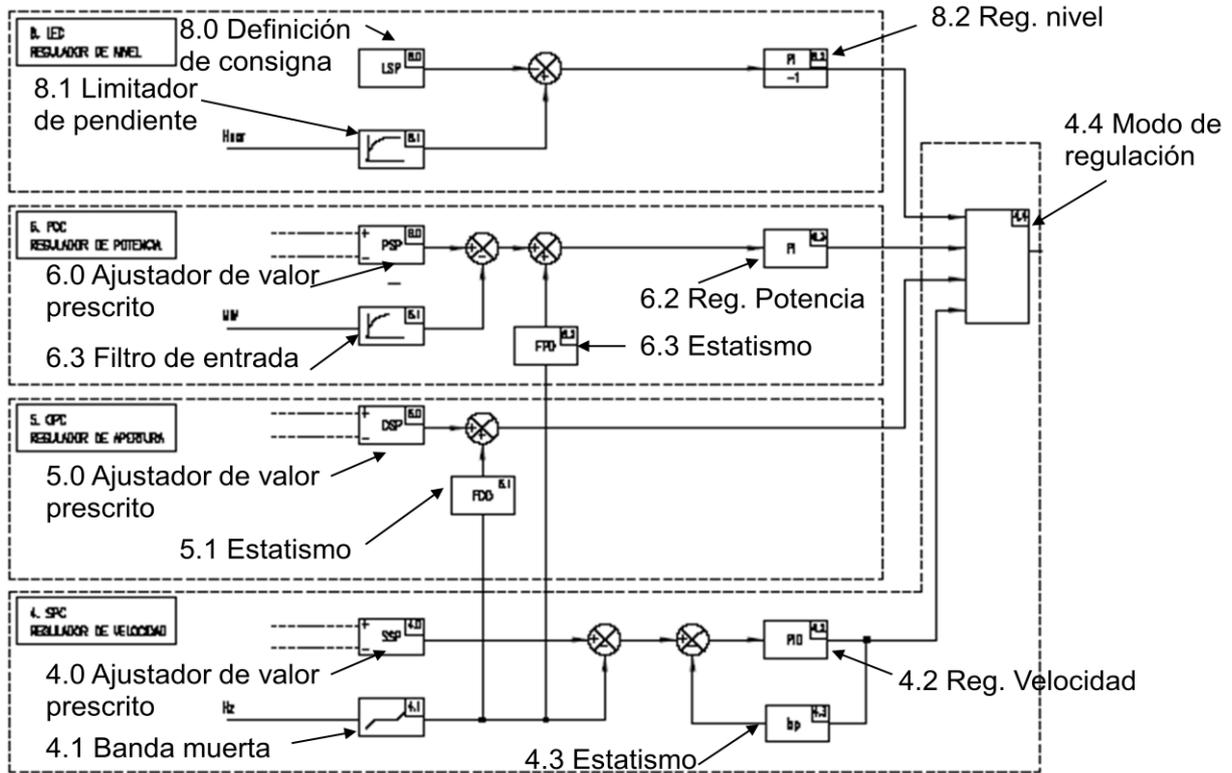
VAL Value which is led to the limiter instead of the PID controller output.

L = 1 >> Limite de alcance más bajo o bajo-arranque

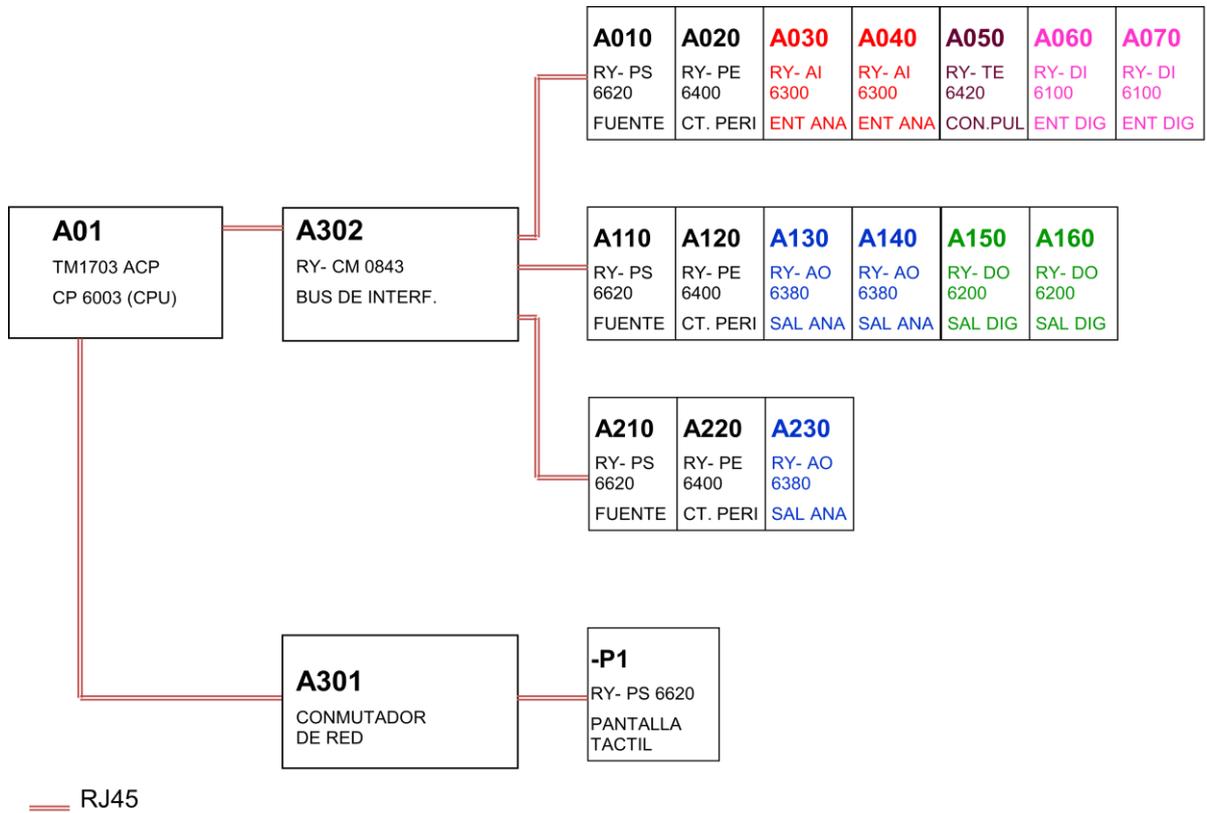
H = 1 >> Límite de alcance más alto o sobre-arranque.

APENDICE C

Diagrama de bloques del regulador TC1703



Estructura TC1703 Y PANTALLA 250



APENDICE D
Diagrama Eléctrico.

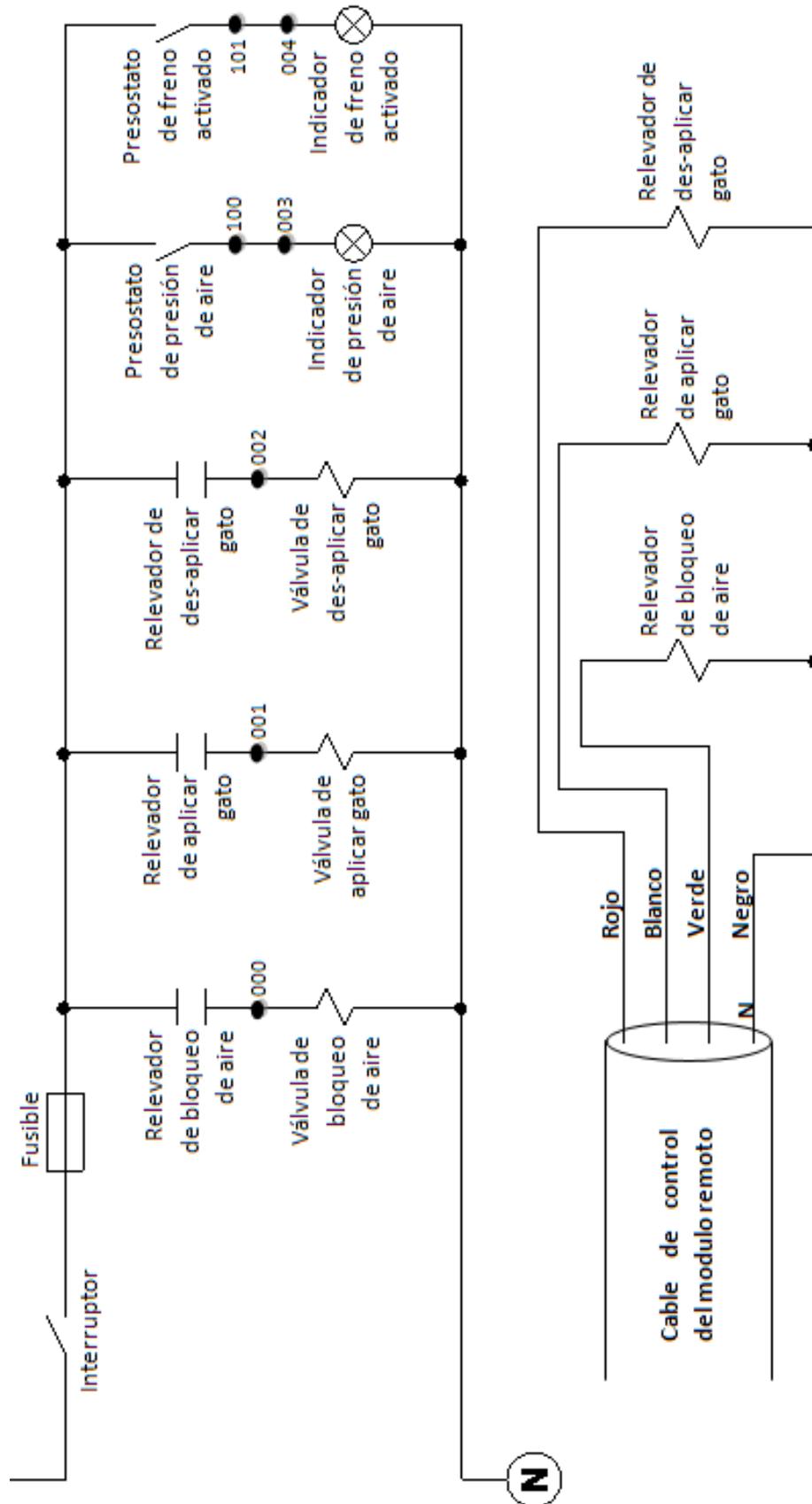
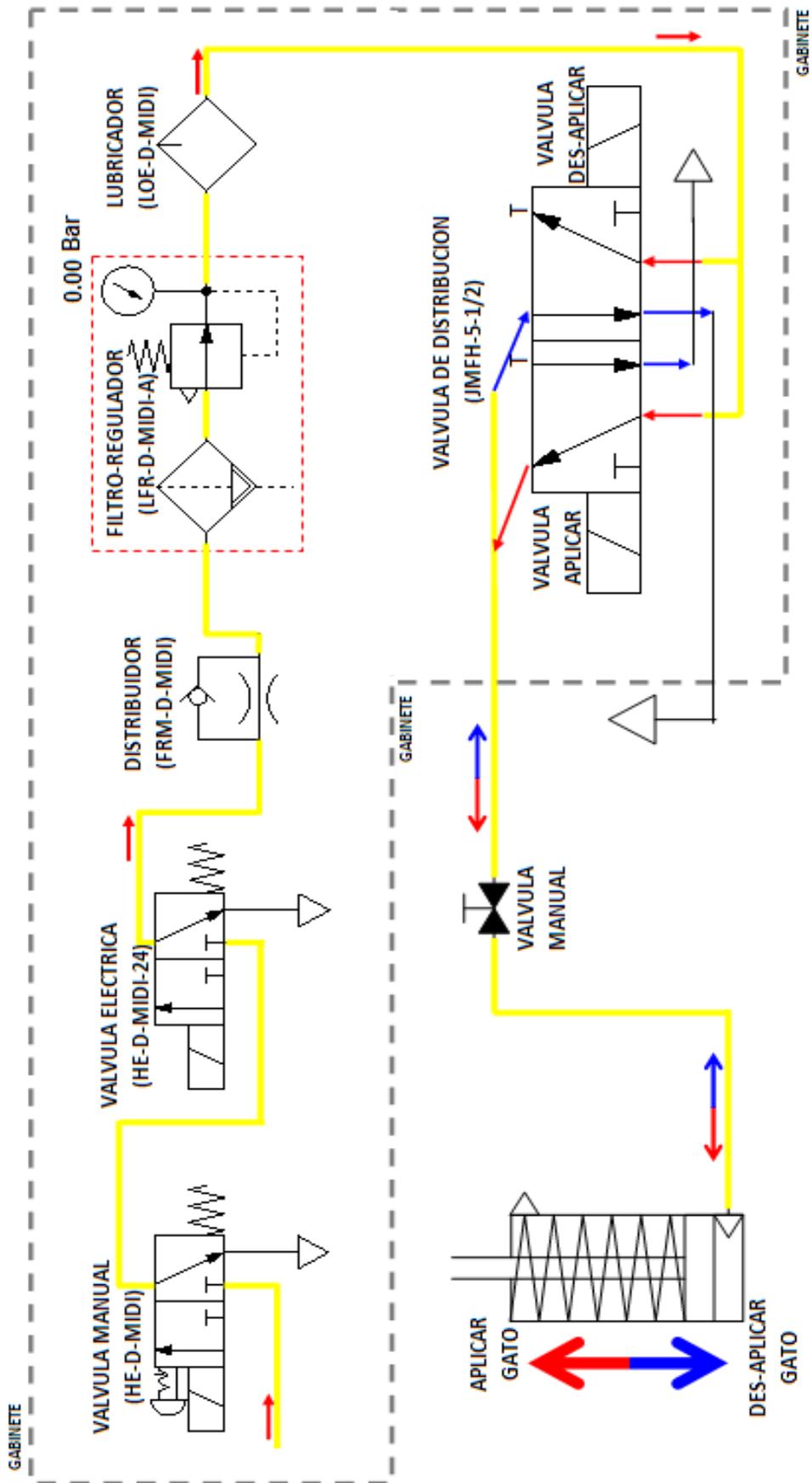


Diagrama Neumático.



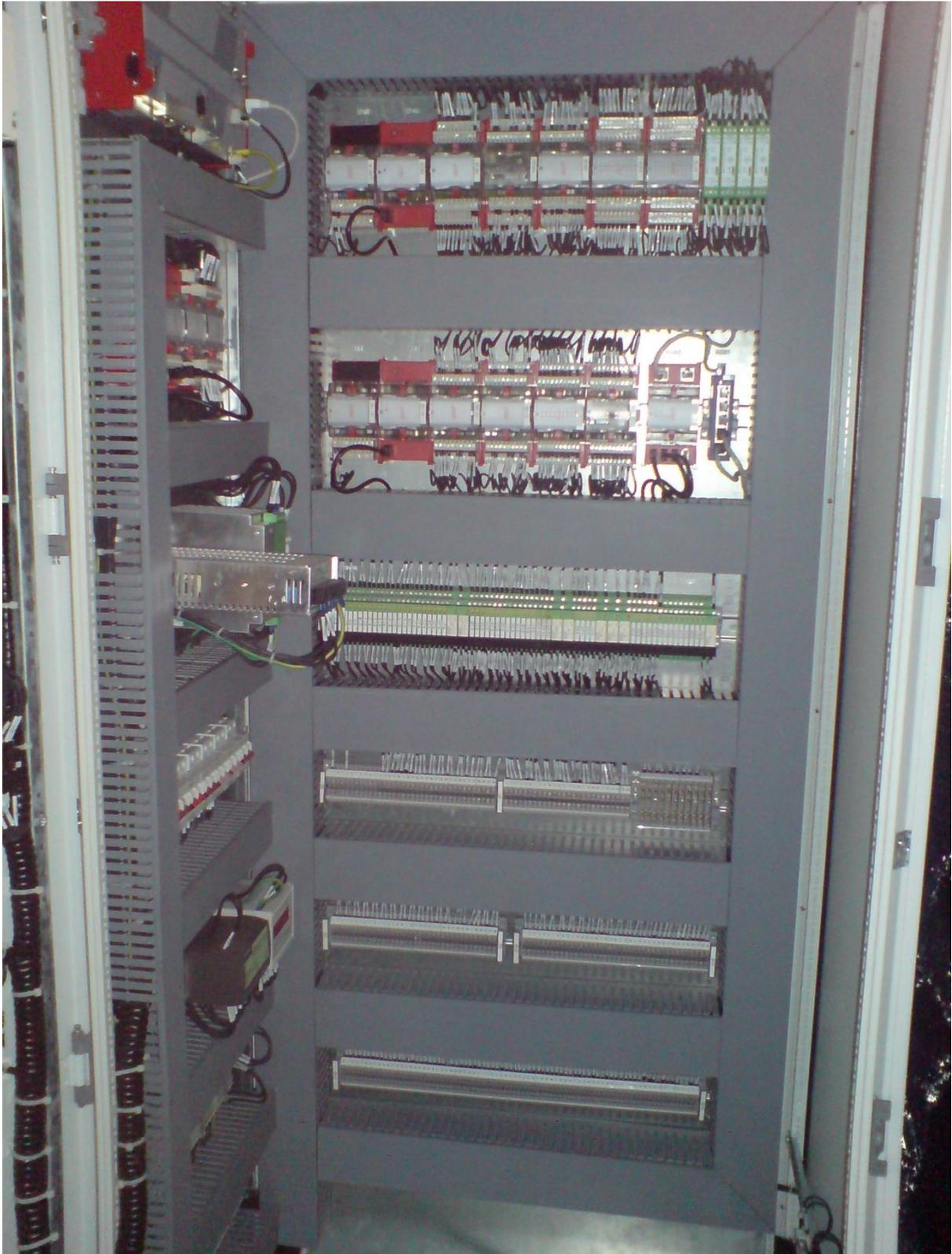
FOTOS



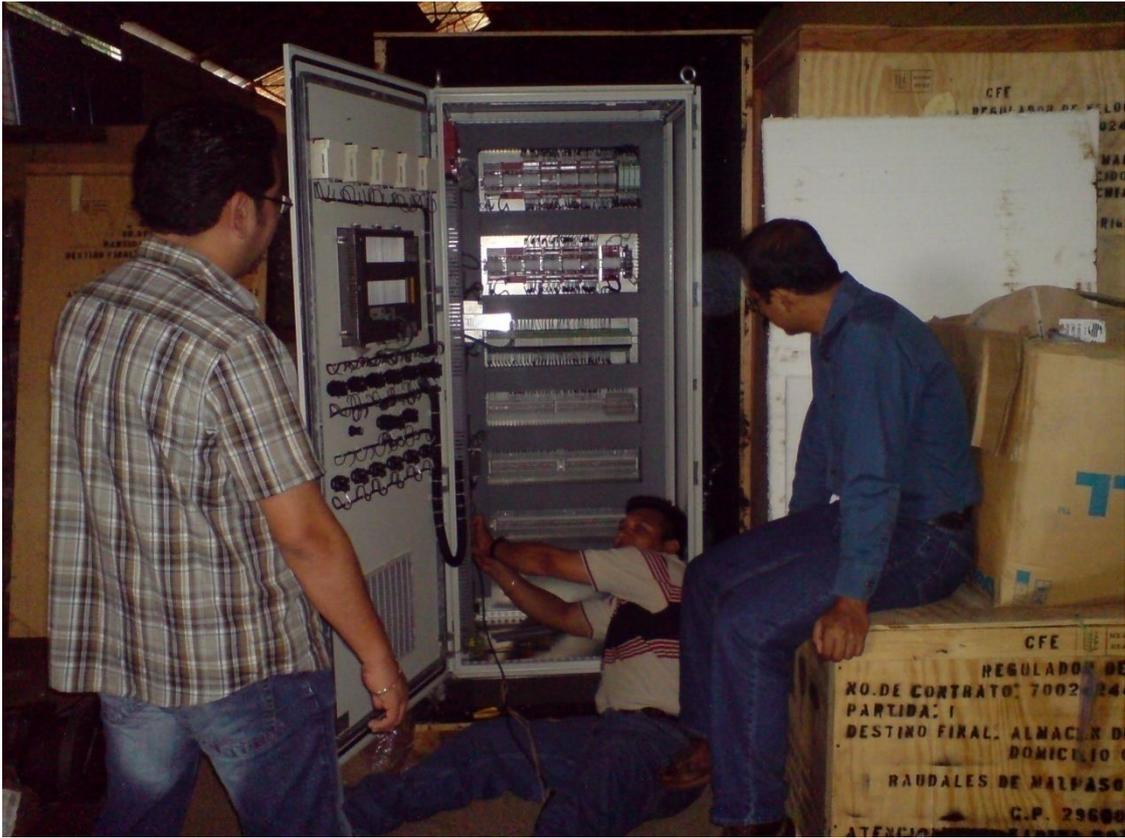
PLC SAT TC1703



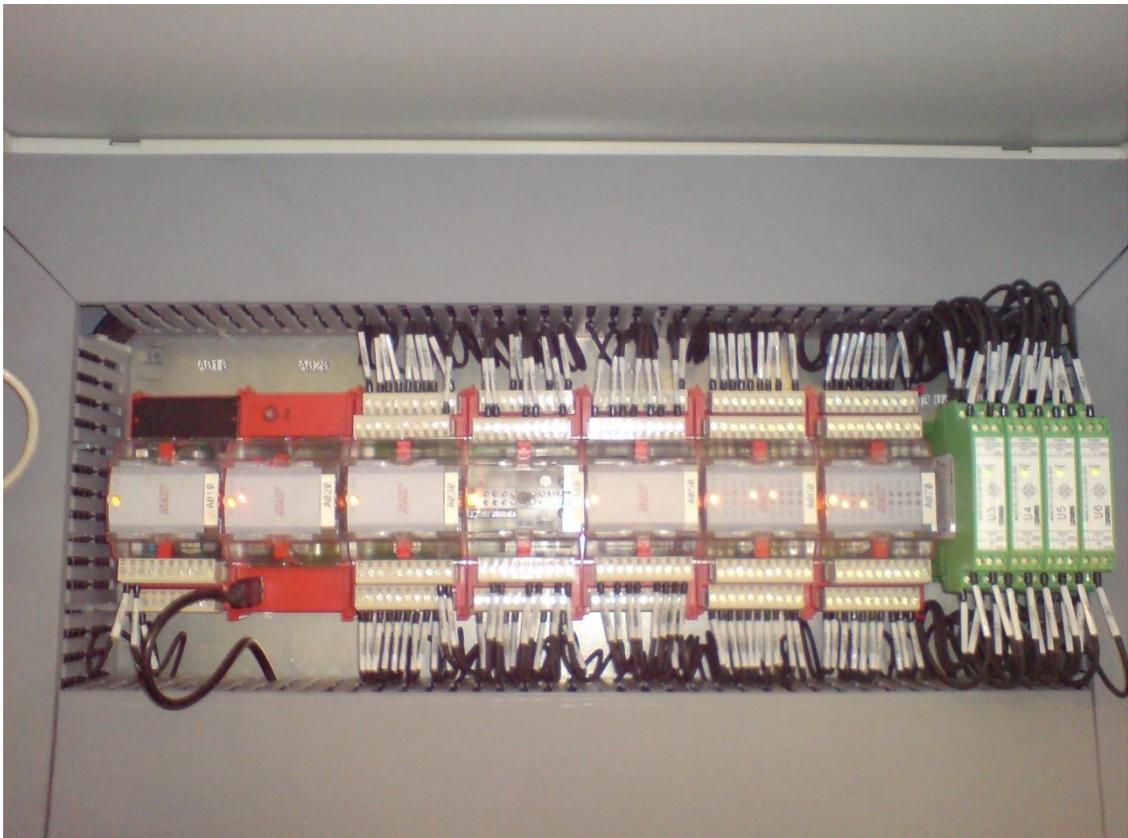
SISTEMA OLEODINAMICO (SERVOMOTORES DE LOS ALABES)



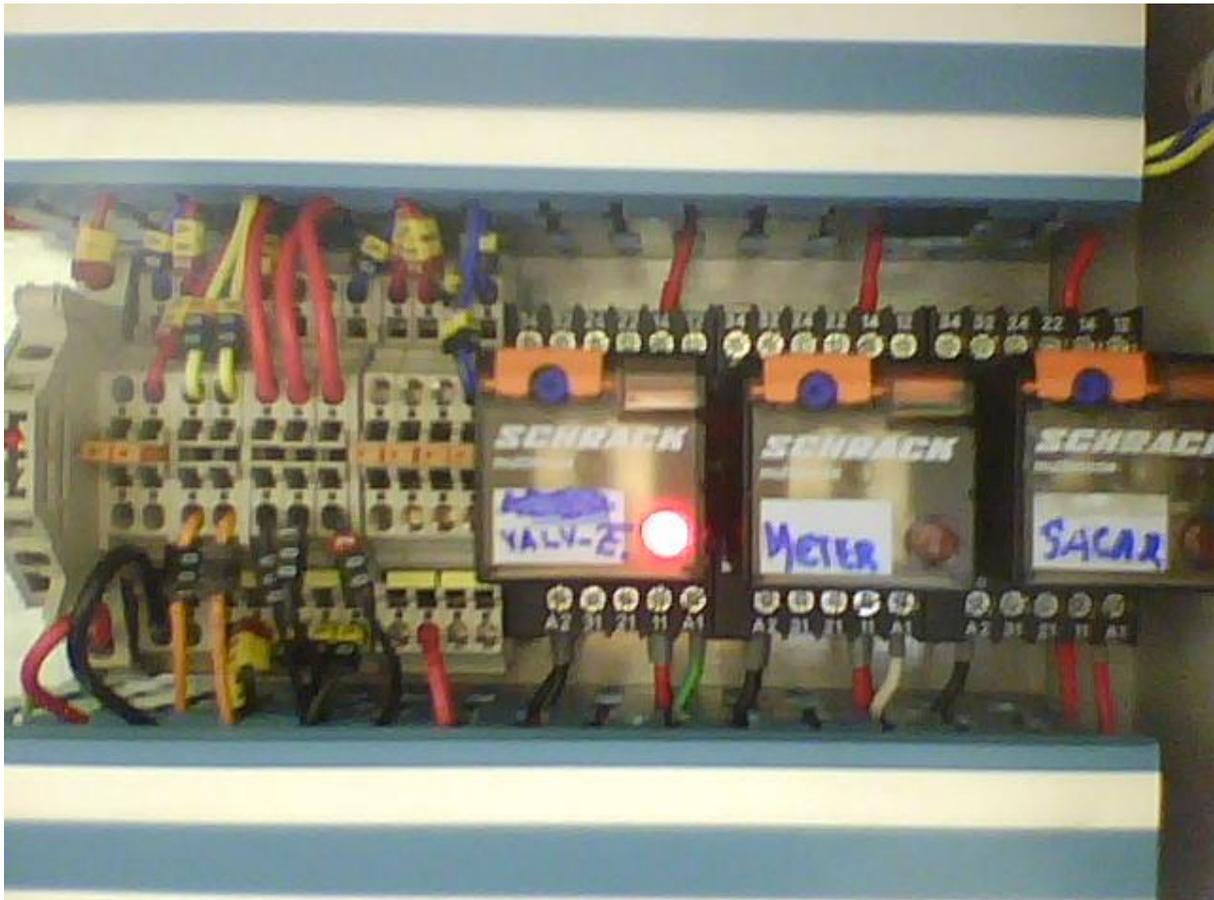
MODULO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD



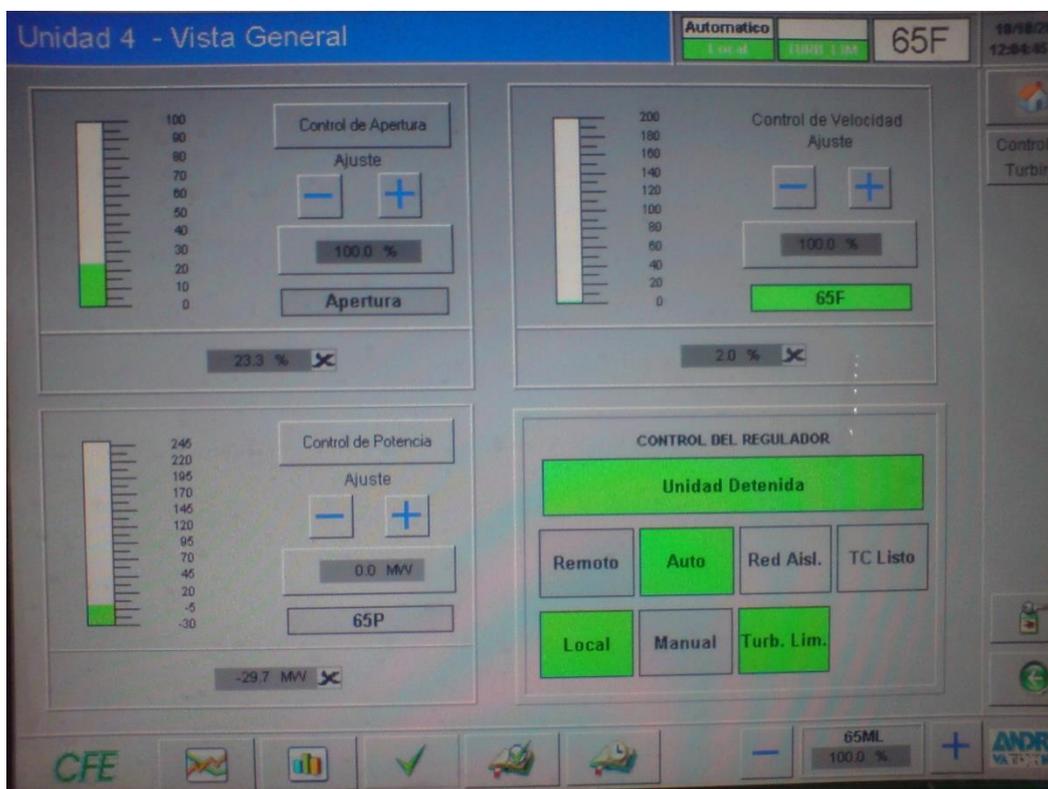
PROBANDO EL REGULADOR



MODULOS DE ENTRADA DEL PLC SAT TC1703



CIRCUITO ELECTRICO DEL SISTEMA NEUMATICO DE FRENADO.



VISTA GENERAL DEL CONTROL SAT 250 ESCALA DE LA TURBINA