

Actualización Tecnológica del Regulador de Velocidad

Informe técnico



Por favor indicar en cada punto si puede ofrecer el equipo tal cual las características solicitadas, cuál es su experiencia con equipos de estas características y cuáles serían sus recomendaciones.

OBJETO	1
Abreviaturas empleadas:	6
1. Suministro	6
1.2. Capacitación	9
1.3. Componentes que no serán reemplazados	9
1.4. Renovación opcional de la Válvula Principal de Distribución (VPD)	9
1.5. Documentación requerida para el modelado matemático del regulador de velocidad	10
2. Normas y Códigos.....	10
2.1. Normas CAMMESA	10
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	11
3. Sistema de Regulación de Velocidad (SRV).....	11
3.1. Generalidades.....	11
3.2. Características particulares del SRV	11
3.2.1. Características de los Controladores.....	11
3.2.2. Características Estáticas.....	12
3.2.3. Características Dinámicas.....	13
3.2.4. Estabilidad	13
3.2.5. Sobrepasso.....	13
3.3. Modos de Control.....	13
3.3.1. Modo de Control de Velocidad / Frecuencia.....	14
3.3.2. Modo de Control de Apertura	14
3.3.3. Modo de Control de Potencia	14
3.3.4. Modo Mantenimiento.....	15
3.4. Modos de Operación	15
3.5. Rampas de Potencia	15
3.6. Limitador de Apertura.....	15
3.7. Límite Operativos	16

3.8.	Vinculación con el Sistema de Control de Planta	16
3.9.	Funciones de Ingeniería.....	18
3.10.	Funciones de Control.....	18
3.11.	Funciones de Alarmas	19
3.12.	Función Combinatoria.....	19
3.13.	Funciones de ensayos.....	19
3.13.1.	PDT (Presión Desplazamiento Tiempo)	19
3.13.2.	Ensayos de Conjugación Húmeda - Index Test.....	21
3.14.	Funciones Adicionales.....	21
3.15.	Secuencias de arranque y parada de las Unidades Hidrogeneradoras..	22
3.15.1.	Arranque	22
3.15.2.	Parada Normal.....	24
3.15.3.	Parada rápida (por Protecciones Hidromecánicas)	26
3.15.4.	Parada rápida (por Protecciones Eléctricas)	27
3.15.5.	Parada de Emergencia (Por embalamiento del 115% de velocidad) ..	27
3.15.6.	Parada de Emergencia (Por pulsador de Emergencia)	27
3.15.7.	Protección de corte de pernos de seguridad de álabes del distribuidor	28
3.15.8.	Protección de bajo nivel de aceite.....	28
3.16.	Elementos necesarios para el Control Local del SRV	28
3.16.2.	Pantalla HMI	30
3.16.3.	Llaves, Indicadores luminosos y Pulsadores en el frente del TCRV ...	31
3.17.	Entradas - Salidas, Digitales y Analógicas:.....	32
13.	Alimentación de potencia eléctrica del SRV	32
13.1.	Alimentación del Bus Seguro del SRV	32
13.1.1.	Alimentación de los circuitos externos de señales de entrada.....	33
13.1.2.	Alimentación de las válvulas, sensores y actuadores.....	34
13.1.3.	Alimentación de los Controladores del Regulador de Velocidad, tarjetas de entradas/salidas, relés de entrada/salida y pantalla/s HMI	34
14.	Sistema de protección de embalamiento “SPE”	34
14.1.	Sensores del SPE	35
14.2.	Controladores del SPE	35
14.3.	Actuadores del SPE.....	35
14.4.	Entradas del SPE	35

14.5.	Alimentación del Bus Seguro del SPE	35
14.6.	Lógica de actuación del SPE	36
15.	Dispositivo de Protección contra el Embalamiento (último escalón de sobrevelocidad).....	36
16.	Mediciones de variables para el SRV	36
16.1.	Medición de velocidad de rotación de la Unidad Generadora	37
16.1.1.	Sistema Existente	37
16.1.2.	Sistema nuevo	37
16.1.3.	Requerimientos de medición conjunta, cableado y soportes	37
16.1.4.	Medición adicional de frecuencia como ayuda para la sincronización:38	
16.2.	Medición de Potencia	38
16.3.	Medición de la posición del distribuidor.....	39
16.4.	Medición del ángulo de rotación de las palas del Rodete	39
16.5.	Medición de la posición (desplazamiento) del vástago (spool) del Distribuidor y del vástago (spool) del Rodete sobre la VPD	40
16.6.	Medición de niveles (Cota de Restitución y Reja)	40
16.7.	Salto Neto.....	41
16.8.	Medición de Caudal	41
16.9.	Medición del nivel de aceite	42
16.10.	Medición de presión.....	42
16.11.	Lógica de medición de señales redundantes que llegan al SRV	42
17.	Actuador Electrohidráulico.....	43
17.1.	Generalidades	43
17.2.	Aceite a presión:.....	44
17.3.	Servomotores auxiliares (controllet).....	44
17.4.	Requisitos de filtrado de aceite	45
18.	Válvulas.....	45
18.1.	Válvula solenoide de cierre de emergencia (B en diag.)	46
18.2.	Válvula de mando de cierre progr. del distrib. (C en diag.).....	46
18.3.	Válvula de mando de corte de rodete (A en diag.).....	47
19.	Gabinetes	47
19.1.	Nuevos gabinetes "TCRV: Tablero de Control del Regulador de Velocidad".....	47
19.2.	Nuevos gabinetes "TAEH: Tablero del Actuador Electrohidráulico"	49

19.3.	Nuevos gabinetes "CB66: Caja de Bornes 66"	49
20.	Características del cableado.....	49
20.1.	Identificación del cableado.....	50
20.2.	Dimensionamiento del Cableado	50
20.3.	Características de los Conductores:	50
20.4.	Recorrido y Protección de Cables:.....	50
20.5.	Separación de Señales:.....	50
20.6.	Terminales y Conectores:	50
20.7.	Empalmes y Terminales de Conductores:	50
20.8.	Conductores de Circuitos de Alimentación:	50
20.9.	Conductores de Circuitos de Señal.....	51
20.10.	Colores	51
20.11.	Borneras.....	51
20.12.	Etiquetas de Identificación	51
21.	Cañerías y estructuras	51
21.1.	Cálculos y Verificaciones	51
21.2.	Certificaciones de materiales	52
21.3.	Condiciones Generales para Soldadura	52
21.4.	Ensayos No Destructivos de control y Prueba Hidráulica.....	52
22.	Otros requisitos	52
22.1.	Generales.....	52
22.2.	Estrategia de redundancia	53
23.	Ingeniería de detalle	53
24.	Ensayos.....	55
24.1.	Instrumentación	55
24.2.	Normativas	55
24.3.	Resultados	55
24.4.	Ensayos de Relevamiento	56
24.5.	Procedimiento de Trabajo N° 9 de CAMMESA / IEC 60308.....	56
24.6.	Ensayos de Aceptación en Fábrica (FAT).....	56
24.7.	Ensayos de Puesta en Servicio (SAT)	59
24.7.1.	Generalidades.....	59
24.7.2.	Ensayos previos a la Puesta en Servicio (generador detenido).....	59

24.7.3. Ensayos de puesta en Servicio (SAT).....	60
24.7.4. Conjugación Húmeda - Index Test.....	62

OBJETO

La presente Licitación tiene por objeto el suministro de 14 Sistemas de Regulación de Velocidad (SRV) y Automatismos de las secuencias de Arranque y Parada para los Generadores de Salto Grande. El proveedor será el responsable de: diseño, fabricación, ensayos de aceptación en fábrica (FAT), embalaje, almacenamiento, transporte hasta el sitio de la obra y su seguro, entrega e inspección a embalaje abierto de los reguladores y sus equipos auxiliares, montaje e instalación, vinculación al sistema de control de planta, ensayos de comisionamiento, ensayos de aceptación (SAT), y puesta en servicio de los 14 sistemas.

A su vez deberá encargarse del retiro, acondicionamiento y depósito de los equipos actualmente instalados, en el lugar definido por Salto Grande dentro del predio.

También deberán suministrarse servicios de capacitación y repuestos para el equipamiento adquirido.

Abreviaturas empleadas:

RAV:	Regulador Automático de Velocidad
SRV:	Nuevo Sistema de Regulación de Velocidad
SPE:	Sistema de Protec. de Embalamiento (indep. del RV)
VPD:	Válvula Principal de Distribución
Sistema Supervisor:	Sistema SCADA
Actuador Electrohidráulico:	Sistema de electroválvulas que comanda la VPD.
TXRV:	Transformador de Alimentación del Regulador de Velocidad
TCRV:	Tablero de Control del Regulador de Velocidad
TAEH:	Tablero del Actuador Electro-Hidráulico
SAP:	Sistema de Aceite a Presión 40 kg/cm ²
DPCE:	Dispositivo de Protección contra el Embalamiento

1. Suministro

1.1. Alcance del suministro

Para cada una de las catorce Unidades Generadoras de Salto Grande mínimamente se deberá suministrar:

- 1.1.1. Un documento denominado "Plan de Trabajo Detallado" luego de firmado el Contrato según detalles en el apartado 7.2 de éstas EETT.

- 1.1.2. Suministro de dos Controladores PID (Proporcional, Integral y Derivativo) redundantes según detalles en el apartado 12.2.1 de éstas EETT.
- 1.1.3. Elementos necesarios para el Control Local del SRV. Incluyen una PC industrial (IPC) una pantalla HMI táctil, llaves, pulsadores etc., según detalles en el apartado 12.16 de éstas EETT.
- 1.1.4. Una pantalla HMISM a ser instalada en la sala de mando correspondiente de la Central según detalles en el apartado 12.16.2 de éstas EETT.
- 1.1.5. Las Herramientas de Ingeniería, lógicas, módulos y aplicaciones del SRV:
 - Lógica principal: La que representa la lógica completa desarrollada para realizar las funciones que el SRV exige.
 - Módulos:
 - para modificar los parámetros de regulación
 - de registro cronológico de los mensajes de error
 - de visualización en forma gráfica de los distintos puntos de prueba en la cadena de regulación
 - Herramientas de Ingeniería: Las que permitirán realizar la puesta en servicio como así también las tareas de mantenimiento
 - Configuración y aplicaciones de la PC Industrial y la HMI y la HMISM
 - Evaluación del juego de la tuerca del rodete (PDT),
 - Index test,
 - Función combinatoria,
 - Optimización de oscilaciones,
 - Control de fugas,
 - Autoajuste de combinatoria,
 - Otros que el oferente considere necesarios u oportunos
- 1.1.6. Suministro de un nuevo Gabinete denominado TCRV: Tablero de Control del Regulador de Velocidad, según detalles en el apartado 19.1 de éstas EETT.
- 1.1.7. Suministro de un nuevo Gabinete denominado TAEH: Tablero del Actuador Electro-Hidráulico, según detalles en el apartado 19.2 de éste pliego.
- 1.1.8. Suministro de un nuevo Gabinete denominado CB66: Caja de Bornes 66, que reemplazará a la actual caja de levas (66), según detalles en el apartado 19.3 de éstas EETT.
- 1.1.9. Suministro de los siguientes sensores, según detalles en el apartado 16 de éstas EETT:
 - Tres (3) de proximidad Inductivos (pick-ups) para el sensado de la velocidad de rotación de las unidades generadoras
 - Uno (1) de desplazamiento del Pistón (spool) del Distribuidor.
 - Uno (1) de desplazamiento del Pistón (spool) del Rodete.
 - Dos (2) de desplazamiento de uno de los servomotores principales.

- Uno (1) de desplazamiento del servomotor de las palas del Rodete.
 - Un (1) Final de carrera (microswitch) para la detección de la posición hacia el cierre del distribuidor.
 - Un (1) Final de carrera (microswitch) para la detección de la posición del distribuidor (25% de apertura) para la válvula de Cierre Programado.
 - Un (1) sensor analógico de nivel de aceite en el tanque principal de aceite a presión del SAP.
 - Un (1) sensor analógico de presión para el tanque principal de aceite a presión del SAP.
 - Un (1) sensor analógico de nivel de aceite en el tanque sumidero de aceite atmosférico del SAP.
 - Un (1) sensor analógico de presión para el colector de entrada a servos del distribuidor.
 - Un (1) sensor analógico de presión para el colector de salida de servos del distribuidor.
 - Un (1) sensor analógico de presión para la entrada al cabezal Kaplan.
 - Un (1) sensor analógico de presión para la salida del cabezal Kaplan.
 - Diez (10) sensores de presión analógicos portátiles para la entrada y salida de servos del distribuidor con sus respectivos cables de conexión al SRV. (un solo juego compartido entre las 14 unidades hidrogeneradoras)
- 1.1.10. Suministro de una rueda dentada para la medición de velocidad en conjunto con los sensores de proximidad (pick-ups) descritos anteriormente, según detalles en el apartado 16.1.2 de éstas EETT.
- 1.1.11. Suministro de los soportes mecánicos (fabricación a medida) de todos los sensores y finales de carrera (microswitchs) detallados anteriormente.
- 1.1.12. Suministro de los Tubos Eléctricos Metálicos (EMT) para la protección adecuada de los cables de los sensores y actuadores.
- 1.1.13. Suministro de un Sistema de Protección de Embalamiento denominado SPE, según detalles en el apartado 14 de éstas EETT.
- 1.1.14. Suministro de un dispositivo contra el Embalamiento, independiente del SRV y del SPE para el último escalón de protección de sobrevelocidad de la turbina, según detalles en el apartado 15 de éstas EETT.
- 1.1.15. Suministro de todos los cables necesarios para el funcionamiento del Sistema, según detalles en el apartado 20 de éstas EETT.
- 1.1.16. Suministro de dos transductores multifunciones para la medición de potencia activa y otras magnitudes, según detalles en el apartado 16.2 de éste pliego.
- 1.1.17. Suministro de un Sistema de Alimentación de Potencia Eléctrica del SRV según lo detallado en el apartado 13 de éstas EETT.

- 1.1.18. Suministro de un Actuador Electrohidráulico con funciones de regulación proporcional, start/stop y funcionamiento automático/manual junto con todos los componentes necesarios para cumplir su función, según detalles en el apartado 17 de éstas EETT.
- 1.1.19. Suministro de válvulas: solenoide de cierre de emergencia, mando de cierre programado del distribuidor y mando de corte de rodete según se especifica en los apartados 18.1, 18.2 y 18.3 de éstas EETT.

1.2. **Capacitación**

Para cada capacitación (previo a los primeros ensayos FAT y previo a la primera puesta en servicio), el proveedor deberá presentar en la Oferta:

- Tópicos a ser cubiertos en la capacitación.
- Horas asignadas a cada tópico.
- Currículo de la o las personas que brindarán la capacitación.

1.3. **Componentes que no serán reemplazados**

Los elementos / componentes del Sistema de Regulación de Velocidad actual que se detallan a continuación, en principio no serán parte de esta actualización tecnológica. Sin embargo el contratista deberá considerarlos para una correcta vinculación con los nuevos componentes a suministrar:

- Sistema de Aceite a Presión (SAP) de 40kg/cm²: bombas hidráulicas, tanque de presión de aire, tanque de presión aire – aceite, tanque sumidero, sensores de presión y nivel de aceite discretos.
- Válvula Principal de Distribución (tener en cuenta en el punto posterior “Renovación opcional de la Válvula Principal de Distribución”)
- Servomotores Principales
- Cañerías de vinculación entre los anteriores

El proveedor podrá dar a conocer sus razones técnicas por las cuales considere conveniente incluir en ésta actualización tecnológica alguno de estos elementos, quedando a decisión de incorporarlo o no por parte de Salto Grande

1.4. **Renovación opcional de la Válvula Principal de Distribución (VPD)**

El Oferente deberá cotizar de forma separada una o más opciones de renovación de la VPD, considerando un retrofit de la válvula actual o la sustitución. Se deberá presentar en la Oferta una lista de ensayos a realizar en cuatro de las unidades actuales con el fin de definir el estado actual de estas válvulas y los beneficios de su renovación. Se deberán incluir los ensayos establecidos en IEC 60308 - Cap. 6.5.2 Amplificadores hidráulicos. Entre los beneficios deberá incluirse la mejora esperada en los resultados de los ensayos del PT9 de CAMMESA.

1.5. **Documentación requerida para el modelado matemático del regulador de velocidad**

Se deberán proveer modelos necesarios para simular el comportamiento dinámico del regulador de velocidad.

Estos comprenderán:

- Rutinas fuente (Flecs y/o Fortran) y todos los archivos anexos necesarios para poder utilizar el mismo, y realizarle modificaciones futuras, para versión 32 ó 34 del Software PSS/E - Siemens (en medio digital). Se deberá acompañar de:
 - Diagrama de bloques. Los diagramas deberán estar revisados y, la denominación de las variables deberá corresponderse con las incluidas en las rutinas fuentes.
 - Planilla de parámetros, similar al denominado "DATA SHEET" del PSS/E. La definición de variables y constantes deberá ser completa y contar con comentarios adecuados que permitan una identificación unívoca de la misma.
- O bien aportar una parametrización adecuada para modelar el equipamiento con algún modelo standard de librería de PSS/E (HYGOV, HYGOV2, HYGOVM, HYGOVT, PIDGOV, IEEEG3, WEHGOV, WPIDHY, WSHYHDD o WSHYGP)

2. Normas y Códigos

2.1. **Normas CAMMESA**

Por otra parte, el diseño y ensayos de aceptación deberán cumplir con los requerimientos de las normas del sistema eléctrico de potencia de Argentina (CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico).

- CAMMESA. Procedimiento Técnico N° 4: Ingreso de Nuevos Grandes Usuarios Mayores, Distribuidores, Generadores, Autogeneradores y Cogeneradores al MEM.
- CAMMESA. Procedimiento Técnico N° 9: Participación de los Generadores en el Servicio de Regulación de Frecuencia en el MEN.

Ver: "PT9 CAMMESA.pdf" y "PT4 CAMMESA.pdf"

<https://aplic.cammesa.com/guias/procedimientos/Los%20Procedimientos.pdf>

3. Sistema de Regulación de Velocidad (SRV)

3.1. Generalidades

El regulador automático de Velocidad (RAV) será de alta respuesta inicial, redundante y de tecnología digital de sistemas embebidos. No se admitirán sistemas basados en computadores personales bajo sistema operativo Windows.

La lógica principal deberá ser abierta y solo se aceptarán algunos bloques cerrados pero los mismos deberán ser de bajo nivel. Se deberá declarar en la oferta la política de utilización de bloques lógicos propietarios (black box) y la política del proveedor en proveer el know-how necesario para el análisis y diagnóstico de los mismos.

El RAV amplificará la señal de error existente entre el valor de referencia (o valor consigna) y el valor actual o real de la frecuencia / potencia activa del generador, y actuará sobre la posición de los servomotores principales, con el objeto de variar la cantidad de agua que ingresa a la turbina para mantener la frecuencia / potencia activa del generador en el valor prefijado.

Las señales de medición analógicas, tales como las posiciones de los servomotores principales, posiciones de los servomotores auxiliares, las posiciones del rodete, y la tensión del PMG (Generador de Imanes Permanentes), serán convertidas a señales digitales mediante conversores analógicos - digitales. Se deberá contar con aislación galvánica en todas las entradas y salidas digitales del equipo de Regulación de Velocidad. Los valores de consigna (set-points), valores límites, y todos los parámetros de control serán configurables en forma digital.

El sistema del regulador de velocidad a proveer debe tener la capacidad suficiente para poder operar los servomotores de los álabes del distribuidor y de las palas del rodete para dos carreras completas de apertura o carreras completas de cierre.

3.2. Características particulares del SRV

El SRV deberán cumplir con las siguientes características:

3.2.1. Características de los Controladores

Deberán ser redundantes. Es decir, el SRV contará con dos canales completamente separados e idénticos. Un canal será el principal, y estará normalmente en operación, y el otro canal será de reserva (hot standby), de tal manera que frente a una falla en el canal principal conmute al canal de

reserva sin saltos bruscos en la posición del distribuidor ni saltos bruscos en la posición del rodete.

En el caso de detenerse una unidad generadora estando en falla uno de los canales de regulación, el sistema, ante una orden de arranque de la unidad, deberá poder operar normalmente con el otro canal sin falla.

Ambos canales funcionarán tanto en **Modo Automático** (regulación de frecuencia / potencia activa / apertura de distribuidor) como en **Modo Manual** (regulación de apertura de distribuidor) según detalles en el apartado xx. Cuando ambos canales no puedan continuar funcionando en modo Automático, se deberá conmutar automáticamente al modo manual sin perturbaciones ni saltos bruscos.

Los controladores deberán contar con lógicas especializadas en generación de energía, detallando los antecedentes en el uso de estas. Además serán robustos, con capacidad de expansión modular, con posibilidades de reemplazo en caliente sin interrumpir la operación del sistema.

Mínimamente deberán tener capacidad de registrar y convertir 20,000 puntos (variables). Como mínimo deberán poder ejecutar hasta cinco lazos de control en tiempo real. Deberán contar con capacidad de procesamiento integral de secuencia de eventos (SOE) con una resolución como mínimo de 1 milisegundo.

Los controladores, en funcionamiento redundante, deberán contar con varios niveles de redundancia para componentes críticos como:

Procesador, Memoria, Fuente de poder del procesador, Interfaces de E/S, Entradas de alimentación de energía, Fuente de poder de E/S, Interfaz de comunicación

Los controladores deberán poder trabajar con módulos especiales como ser:

- Módulos especiales para medición de Velocidad: Deberán, poder trabajar con señales del tipo tren de pulsos como también sinusoidales; tener capacidad de intercambio en caliente; alimentaciones eléctricas redundantes.
- Módulos especiales para el mando de válvulas: Deberán, trabajar como interfaz entre el controlador y las válvulas proporcionales, tener la posibilidad de soportar una configuración redundante por válvula, tener alimentación de energía redundante, poder detectar bobina abierta y en corto.

3.2.2. Características Estáticas

Se deberán cumplir los siguientes requisitos del Procedimiento técnico N°9 de CAMMESA según el apartado xx:

- Estatismo permanente ajustable entre el 1 y 10%.
- Banda muerta inferior al 0,1% (+/-0,025 Hz).

3.2.3. **Características Dinámicas**

Se deberán cumplir los siguientes requisitos del Procedimiento técnico N°9 de CAMMESA según el apartado xx:

- Tiempo de establecimiento (necesario para ingresar en la banda del +/-10% del valor final) del lazo de regulación de velocidad menor a 60 segundos.

3.2.4. **Estabilidad**

En la condición que el sistema hidráulico y el paso de agua sean estables, el sistema del regulador se considerará estable cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Estando la unidad funcionando a velocidad nominal sin carga o a velocidad nominal con carga constante en un sistema aislado, con el ajuste del estatismo permanente configurado en 2 % o más y la fluctuación de la presión del aceite dentro de $\pm 0,10$ %, el sistema del regulador debe garantizar que las fluctuaciones de velocidad de operación de la unidad no deben exceder $\pm 0,10$ % de la velocidad nominal dentro de los 2 min.
- Estando la unidad operando a carga sostenida y en paralelo con otros generadores, con el ajuste del estatismo permanente configurado en 2 % o más, el sistema del regulador debe asegurar que las continuas fluctuaciones de potencia de la unidad no excedan $\pm 0,3$ % de la potencia nominal.

3.2.5. **Sobrepaso**

En el SRV deberá permitir modificar los parámetros necesarios para poder ajustar el sobrepaso de la señal de Frecuencia - Potencia

3.3. **Modos de Control**

El SRV deberá tener en cuenta dos condiciones según la posición del Interruptor Principal de Máquina:

- **Fuera de línea (Off-line):** Cuando el Int. Ppal de Máquina se encuentra en la posición abierto.

- **En línea (On-line):** Cuando el Int. Ppal. de Máquina se encuentra en la posición cerrado.

El SRV deberá tener los siguientes Modos de Control

3.3.1. **Modo de Control de Velocidad / Frecuencia**

En Vacío (Off-line)

En esta instancia la única función de control activa en el regulador es la de velocidad que controlará las rpm de la unidad llevándola a un setpoint con un deslizamiento predeterminado.

Aislado (On-line)

Este modo de control deberá estar activo únicamente cuando el interruptor principal de máquina se encuentre cerrado y cuando la velocidad de la unidad exceda una banda muerta determinada entorno a la velocidad nominal. La única función de control activa en el regulador es la de velocidad que controlará las rpm de la unidad llevándola a un setpoint sin corrección por estatismo.

Isla (On-line)

Este modo de control deberá estar activo únicamente cuando el interruptor principal de máquina se encuentre cerrado y el sistema se estabilice a partir de la excursión de frecuencia que lo forzó a modo aislado. La única función de control activa en el regulador es la de velocidad que controlará las rpm de la unidad llevándola a un setpoint con corrección por estatismo.

3.3.2. **Modo de Control de Apertura**

Estando este modo activo, el usuario podrá seleccionar de manera local o remota, la activación o desactivación de la corrección por estatismo, estando por defecto la corrección activada.

3.3.3. **Modo de Control de Potencia**

Estando este modo activo, el usuario podrá seleccionar de manera local o remota, la activación o desactivación de la corrección por estatismo, estando por defecto la corrección activada. Adicionalmente, si existiera algún problema por el cual este modo no puede continuar en servicio, por ejemplo la pérdida de la realimentación de Potencia, el sistema automáticamente deberá conmutar a Control de Apertura. Dicha conmutación deberá ser sin variaciones bruscas en la posición del distribuidor y sin variaciones bruscas en la posición del rodete (bump-less).

3.3.4. **Modo Mantenimiento**

Este modo de operación deberá estar activo únicamente con máquina detenida u offline. Estando el sistema de regulación de velocidad en LOCAL y MANUAL, permitirá el movimiento del distribuidor y el ángulo de palas a pie del equipo de manera independiente, fuera de combinatoria, mediante el ingreso de sus respectivas consignas.

Desde la PC Industrial (IPC) como también desde la HMI ubicadas en el frente de los TCRV se deberá poder seleccionar cualquiera de las Modos de Control descritos anteriormente.

3.4. **Modos de Operación**

Operación Local / Remoto

El sistema deberá ser capaz de permitir la selección de operación en modo LOCAL y REMOTO. El modo REMOTO se refiere a la recepción de consignas y comandos desde el Sistema de Control de Planta mediante los vínculos previstos a tal fin. Mientras que operación LOCAL se refiere a la operación a pie de equipo.

La selección de estos modos deberá poder realizarse mediante el accionamiento de una llave conmutadora en el frente del gabinete TCRV. El gabinete deberá contar con un indicador luminoso a modo de testigo que se active si el sistema está en Local.

Operación Manual / Automático

El sistema deberá ser capaz de permitir la activación de un modo MANUAL, independientemente si se encuentra activado el Modo Local o Remoto. En esta instancia el sistema activará el modo de Control de Apertura sin estatismo.

La conmutación entre los modos Manual - Automático será bump-less.

3.5. **Rampas de Potencia**

El rango de ajuste deberá tener un valor límite de variación de potencia por minuto de 10 a 100 MW/min.

3.6. **Limitador de Apertura**

El regulador de velocidad deberá contar con un limitador electrónico de apertura de distribuidor que definirá el máximo porcentaje (%) de apertura

permitido. Esta limitación deberá poder seleccionarse en modo Automático o Fijo en cualquier modo de control.

- Limitador Automático: en este modo se calculará automáticamente según el modo de control en uso.
- Limitador Fijo: en este modo el límite deberá ser ingresado externamente y permanecerá fijo en dicho valor.

La selección entre la modalidad Automática o Fija se podrá realizar a pie de equipo estando seleccionada la Operación Local o bien a través del vínculo digital con el Sistema de Control de Planta si se encuentra seleccionada la Operación Remota.

3.7. **Límite Operativos**

El sistema deberá calcular los Límites Operativos Inferior y Superior de la unidad en función del salto neto de agua. Para el límite superior dicho cálculo tendrá una modalidad especial de funcionamiento denominada “Unidad en Sobrecarga”, cuya habilitación dependerá exclusivamente del usuario (a pie de equipo o bien en modo Remoto) si la cota de restitución es superior a 10,4 m. En caso que la cota de restitución sea menor a 10,4m, la modalidad “Unidad en Sobrecarga” se deshabilitará automáticamente. Ver: “Zona Operación SG.pdf”

Estas curvas deberán poder ser parametrizables a través de las herramientas de configuración provistas.

3.8. **Vinculación con el Sistema de Control de Planta**

En cada unidad generadora, existe una estación que supervisa y controla no sólo el estado de la unidad sino también de sus sistemas auxiliares. E equipamiento con capacidades digitales que forme parte de la provisión de cada regulador deberá permitir su vinculación permanente con dicha estación para integrarse con el Sistema de Control de Planta.

Dicha vinculación con un sistema externo deberá ser única a los efectos de garantizar la seguridad operativa, trazabilidad de comandos y confiabilidad en los registros de eventos para el análisis de fallas, permitiendo como mínimo: Reportar medidas, eventos y alarmas, Reportar variables de estado interno, Recibir comandos, Recibir medidas, Aceptar el ingreso remoto de consignas.

En relación a las especificaciones técnicas del vínculo, se distinguen dos juegos de características que el equipamiento deberá cumplir a los efectos de poder interactuar con el Sistema de Control de Planta actualmente en servicio y el nuevo a instalarse a mediano plazo como reemplazo.

1er Juego: Vinculación con el Sistema de Control en servicio.

La vinculación con el sistema de control actual requiere un tratamiento diferenciado para los comandos o consignas respecto al resto de las variables.

Reporte de medidas, eventos, alarmas y variables de estado.

Para el reporte de este tipo de información el equipamiento deberá implementar alguna de las siguientes opciones:

- Salidas analógicas en corriente. (0..20mA, 4..20mA, etc).
- Salidas analógicas en tensión. (0..+5V, 0..+10V DC).
- Salidas digitales. (hasta 125V DC y 132V DC con baterías en tensión flote)
- Protocolos digitales seriales (RS-232 o RS-485) en modo Slave: DNP V3.0 Level 2, IEC 60870-5-101 o Modbus-RTU.

Nota: si bien el sistema podrá contar con estos protocolos, para este 1er juego se deberá implementar DNP V3.0 level 2 debido a la experiencia en el uso del mismo en SG.

Recepción de Comandos y Consignas.

Para la recepción de comandos el equipamiento deberá aceptar señales provenientes de relés con contacto seco. Las tensiones de mojado de contacto permiten la utilización de niveles hasta 132V DC. (132V DC con baterías en tensión flote)

En lo referente a consignas el equipamiento deberá aceptar la filosofía subir-bajar. Dichas señalizaciones llegarán como pulsos de ancho variable generados por relés con contactos secos. Las tensiones de mojado de contacto permiten la utilización de niveles hasta 125V DC. (132V DC con baterías en tensión flote)

Será necesario entonces que el nuevo regulador tenga la capacidad de aceptar pulsos de ancho variables para subir-bajar consignas con una ganancia ajustable por configuración, la cual se determinará durante la ingeniería de detalle.

Recepción de medidas:

Para la recepción de medidas el equipamiento deberá aceptar protocolos digitales seriales (RS-232 o RS-485) en modo Slave, a saber: DNP V3.0 Level 2, IEC 60870-5-101 o Modbus-RTU.

2do Juego: Vinculación con el futuro Sistema de Control de Planta.

A los efectos de garantizar la compatibilidad con el futuro Sistema de Control el equipamiento deberá permitir el reporte de medidas, eventos, alarmas y variables de estado en conjunto con la recepción de comandos y consignas mediante la utilización de protocolos digitales con estampado de tiempo.

Como mínimo deberá permitir la implementación en modo Slave de: IEC 60870-5-104 o DNP V3.0.

Para la propuesta básica, el equipamiento de campo deberá estar destinado exclusivamente al ámbito de una única unidad generadora que presenta un comportamiento autónomo, independiente y libre de cualquier vínculo de red externa IP o de equipamiento de enrutamiento o selección de paquetes IP.

Serán aceptados en la propuesta base únicamente vínculos IP punto a punto que podrían llegar a existir entre distintos dispositivos que formen parte de la provisión asociada a una única unidad generadora.

En la Oferta básica se deberán enumerar y describir aquellas funciones potenciales que el equipamiento podría explotar en caso que el mismo sea integrado a un Sistema Distribuido de Control (DCS), definiendo para cada una de ellas el entorno necesario para su funcionamiento, el nivel de dependencia de tecnología propietaria y el grado de funcionalidad (en %) alcanzable con sistemas DCSs de terceros, describiendo de qué manera se alcanzaría la integración.

3.9. *Funciones de Ingeniería*

La interfaz gráfica (IPC), deberá ser intuitiva permitiendo la concentración en el proceso. Todos los paquetes de las funciones de ingeniería deberán incluir también el software del Operador, ofreciendo una funcionalidad dual cuando se necesite. El software del Operador deberá proveer acceso a los puntos dinámicos del sistema, gráficos de proceso, pantallas de funciones estándar, tendencias, y un eficiente sistema de administración de alarmas. El operador deberá poder desplegar datos en tiempo real a través de gráficos de proceso de alta velocidad y alta resolución, pantallas de alarmas, y otras herramientas que el oferente considere necesarias y que aporten información importante.

3.10. *Funciones de Control*

El SRV deberá contar con herramientas para la construcción de funciones de control tales como lógicas avanzadas y estrategias de control inteligentes. La herramienta de construcción de control deberá contar con una interface gráfica intuitiva, así como una navegación simplificada con capacidades de reportes.

Deberá presentar la información en algún formato conocido internacionalmente como el SAMA. Estas herramientas deberán ser provistas junto con el SRV y deberán contar con una librería de funciones avanzadas de control.

3.11. Funciones de Alarmas

El SRV deberá contar con Sistema de manejo de alarmas que permita al operador enfocarse en las actividades importantes del proceso. Este sistema debe detectar y mostrar condiciones anormales del proceso. Estas condiciones incluyen puntos fuera de rango, cambios de estados digitales, time outs, etc. Las alarmas deberán ser desplegadas en una ventana específica de alarmas. Características: Filtración de alarmas, Alarma audible, Aviso de alarmas, Configuración de alarmas.

3.12. Función Combinatoria

El sistema deberá ser capaz de cargar las curvas de relación combinatoria actuales con 3 dimensiones de variación, salto, apertura de distribuidor y ángulo de pala del rodete, mediante funciones o tablas electrónicas como se indica en IEEE Std 125-2007, ch. 5.9.1.1 Blade control.

Deberá permitir cargar curvas combinatorias adicionales o correcciones a ser adoptadas automáticamente en función del funcionamiento de las unidades hidrogenadoras aledañas. La información necesaria para cumplir con éste requerimiento a cada controlador de unidad desde los controladores de las otras unidades, será a través del Sistema de Control de Planta.

Se tomarán como base las curvas presentadas en el archivo "Relación combinatoria.pdf", luego se ajustarán en base a un index test que el contratista deberá ejecutar sobre la primera unidad. Deberá cotizarse en forma opcional la realización de index test en todas las unidades, la contratación de este punto quedará a criterio de Salto Grande.

El regulador deberá mantener la posición del ángulo de pala dentro del 1% del valor óptimo acorde a la curva de combinación cargada. La precisión del sistema de medición de la posición de las palas utilizado deberá ser mayor al 0.1 % con una resolución del 0.02% según la norma IEEE Std 125-2007, ch. 5.2.7 Control actuator position feedback. De todos modos deberá brindar la posibilidad de ajustar la banda muerta como precaución en caso que se constate un consumo excesivo de aceite a presión.

3.13. Funciones de ensayos

3.13.1. PDT (Presión Desplazamiento Tiempo)

Se trata de un ensayo que permite controlar las luces existentes en el mecanismo de ajuste de palas del Rodete mediante la medición de presiones diferenciales y desplazamiento del servomotor que

cierra/abre

las

palas.

Luces medidas entre:

- La tuerca superior (M450x6, posición 31) y el pistón del servomotor del rodete (posición 17)
- La tuerca inferior (M 450 x6) y cruceta (posición 16)

Ver: "TUR-ROD-M00-PL-0001-03-[15014] Rodete.pdf"

El sistema deberá ser capaz de ejecutar el ensayo PDT de forma semiautomática cuando el usuario lo requiera. El ensayo se ejecutará desde el modo de operación manual en el panel de comando local de la unidad.

Procedimiento:

1. Posicionar la unidad hidrogenadora en el punto de funcionamiento deseado, en operación o detenida.
2. Unidad en control manual con el distribuidor en una posición fija (estatismo desactivado)
3. Se ingresa al modo ensayo PDT
4. Se ingresa el movimiento de pala de rodete entre $\pm 0.5 - 1^\circ$
5. Se registra desplazamiento del indicador de posición del Kaplan y presión diferencial en las cañerías del Kaplan durante el movimiento

Resultados:

- El programa presentará un gráfico conjunto de presión diferencial y desplazamiento vs tiempo
- El usuario seleccionará 2 puntos en el gráfico de desplazamiento mediante los cuales se medirá la velocidad de desplazamiento
- El usuario seleccionará 2 puntos en el gráfico de presión diferencial mediante los cuales se medirá el tiempo vinculado a las luces de las tuercas
- Con la velocidad y el tiempo seleccionado el programa calculará la luz como $V \cdot t$, el resultado se indicará en mm.
- El usuario indicará si se trata de la luz en la tuerca superior o inferior
- Una vez finalizado el programa emitirá un reporte conteniendo, la unidad ensayada, el ángulo de pala de rodete inicial, el gráfico, los puntos seleccionados en el gráfico, los valores de velocidad, tiempo, luz calculada y la indicación de tuerca superior o inferior.
- También se emitirán las planillas con los datos crudos medidos durante el ensayo

Ver: "Ensayo PDT (Presión Desplazamiento Tiempo) - 1987.pdf"

3.13.2. **Ensayos de Conjugación Húmeda - Index Test**

El sistema deberá contar con la posibilidad de realizar un Index Test bajo las normas ASME PTC 18-2011, IEC 60041, de forma semiautomática cuando una medida de caudal externa se encuentre conectada al regulador.

En base a los resultados de este test, una vez analizados y validados por el usuario, se ajustará la relación combinatoria de la unidad de forma automática.

El test se realizará en un modo similar al modo mantenimiento, se le ingresarán manualmente al sistema valores de ángulo de pala del rodete, un rango de valores del distribuidor a testear relativos a la posición combinatoria actual y un paso de variación. Por ejemplo: Ángulo de pala 10º; Variación distribuidor ± 5 º; paso 1 º. El sistema realizará las medidas de forma automática, esperando la estabilización de cada punto. Una vez finalizado se solicitará un nuevo ángulo de pala y así sucesivamente hasta obtener todos los datos necesarios.

Resultados:

- Curva de eficiencia de la unidad en función de potencia y apertura distribuidor para el salto de ensayo, conteniendo las curvas de combinatoria ensayadas en cada ángulo de pala, y con las correcciones establecidas en las normas.
- Para cada ángulo de pala se presentarán en forma independiente las curvas de eficiencia en función de potencia y apertura distribuidor.
- Todos los datos del ensayo en bruto para su análisis independiente.
- Posibilidad de aplicar en el momento o posteriormente correcciones a la función combinatoria en base a este ensayo, ver IEEE Std 125-2007, ch. 5.3.9 Efficiency optimization.
- Historial de resultados de ensayos realizados sobre la unidad, con la incorporación del parámetro de eficiencia máxima (estimada en base al ensayo) de forma tal que permita realizar un seguimiento histórico del estado de la unidad de forma rápida.

3.14. **Funciones Adicionales**

En cada función el Oferente deberá especificar en la Oferta antecedentes detallados de aplicación de estas y sus resultados.

- Algoritmo de optimización de oscilaciones de presión en la regulación. Se deberán especificar los principios de funcionamiento de este

algoritmo y los resultados esperados, el mismo deberá reducir las oscilaciones de presión con un impacto mínimo y controlable sobre el seguimiento de la frecuencia. No podrá presentarse un algoritmo que simplemente aumente la insensibilidad del sistema, si esta es la solución propuesta deberá presentarse como ajuste de insensibilidad.

- Algoritmo para minimizar fugas de aceite entre las cámaras de los servomotores hidráulicos. Se deberán especificar los principios de funcionamiento de este algoritmo y los resultados esperados.
- Algoritmo de control adaptativo para el autoajuste al punto de mayor eficiencia en base a los datos de operación. Esto no se considera incluido en la función de seguimiento de combinatoria, se trata de un algoritmo que permite ajustar levemente la relación combinatoria para optimizar el funcionamiento. Para ejecutar este algoritmo será necesario contar con medidas de caudal que serán incorporadas por Salto Grande posteriormente. El algoritmo deberá contar con un registro de las modificaciones en la combinatoria base bajo la que está operando y con las precauciones para limitar el rango de ajuste. Mediante el control de este registro Salto Grande evaluará la necesidad de realizar nuevos index tests para corregir la función combinatoria de base. Deberá poder ajustarse el período de repetición del ajuste, de modo que no vuelva a ejecutarse en rangos cercanos a los ya ajustados dentro de ese período, para evitar excesivo ajuste y desgaste. Ver: IEEE Std 1207-2011, ch. 4.30 Efficiency optimization y IEEE Std 125-2007, ch. 5.3.9 Efficiency optimization.

3.15. Secuencias de arranque y parada de las Unidades Hidrogeneradoras

3.15.1. Arranque

Consideraciones:

La orden de aumentar limitador de apertura de distribuidor no está habilitada mientras el interruptor principal esté abierto, por lo que luego del arranque el limitador quedará en 30% hasta que no se cierre el interruptor principal. La orden de disminuir el limitador si estará habilitada permanentemente.

Condiciones Previas y necesarias que permiten realizar el arranque:

- Regulador de velocidad en Automático.
- Angulo de palas del rodete en +7° (el rango de variación es entre -15° y +17°).
- Cañería de frenado sin presión de aire.
- Zapatas de freno todas abajo.
- Trabas mecánicas de los servomotores principales del distribuidor levantadas.

- Sin disparo de las protecciones (hidromecánicas, eléctricas, embalamiento etc.)
- Llave de control de frenos en automático o desconectado.

Al recibir una orden de arranque se deberá simultáneamente:

- Si está realizando un proceso de parada, debe ignorar la orden de arranque (la orden de parada siempre debe tener prioridad sobre el arranque).
- Si no encuentra impedimento alguno, el sistema de control debe aceptar la orden de arranque y realizar las siguientes acciones:
- Abrir las válvulas motorizadas de agua de refrigeración.
- Conectar la bomba de lubricación forzada.
- Dejar de controlar velocidad 0 (Inhibir el control del deslizamiento de la unidad).
- Iniciar un temporizado del proceso de arranque.

Luego, al recibir la indicación de presión mayor a 40kg/cm² del circuito de lubricación forzada, se deberá:

Esperar 10 segundos, y seguidamente:

- Posicionar el limitador de apertura de distribuidor al 30%.
- Abrir el distribuidor hasta el 30 %.

Por consecuencia la unidad comenzará a girar.

Al llegar al 50% de velocidad se deberá:

- Habilitar el control del ángulo de palas del rodete por la dependencia combinatoria.
- Cerrar el distribuidor hasta el 20%.

Al llegar al 80% de velocidad se deberá:

- Iniciar el control de velocidad por medio de los algoritmos correspondientes del Regulador Automático de Velocidad (RAV).

Al llegar al 95% de velocidad se deberá:

- Dar orden de excitar la unidad
- Interrumpir el temporizado del proceso de arranque.
- Habilitar las alarmas de pérdida de agua de enfriamiento (detectores de flujo).

Luego, 18 segundos después de alcanzar el 95% de velocidad, se deberá:

- Desenergizar la bomba de lubricación forzada.

- Interrumpir la orden de apertura a válvulas motorizadas de agua de enfriamiento.

Si la unidad no alcanza el 95% de velocidad en 3 minutos, se deberá dar una alarma “Secuencia de arranque automática no concluida”

Si la unidad entra en paralelo (se cierra el interruptor principal):

- Se deberá posicionar el limitador de apertura del distribuidor en el 100%, permitiendo la apertura completa del distribuidor.

3.15.2. Parada Normal

Actualmente la parada normal se realiza inicialmente de forma manual descargando la unidad (disminución de la potencia activa y reactiva), luego teniendo pocos MW y MVAR abren el interruptor principal y luego dan la orden de parada normal. Si bien el automatismo actual permite realizar esto de forma automática, lo hace muy rápido y se decidió no implementarlo para cuidar la máquina.

Lo que se pretende con el nuevo sistema es poder hacer el mismo proceso de parada normal que se realiza actualmente, pero además que permita hacerlo de forma completamente automática y desde el principio.

Para este último caso, el nuevo Sistema de Regulación de Velocidad, al recibir una orden de Parada Normal, ya sea desde el TCRV (Cota +16,00), remotamente (desde el Sistema de Control) o desde la Sala de Mando, deberá realizar la siguiente secuencia de eventos según el orden y el detalle siguiente:

Primero se deberá:

- Energizar bomba de lubricación forzada.
- Iniciar una temporización del proceso de parada

Luego, al recibirse la indicación de presión mayor o igual a 40kg/cm² (presión del circuito de lubricación forzada), se deberá:

- Esperar 10 segundos

Luego en simultáneo se deberá:

- Inhibir orden de abrir limitador de apertura de distribuidor
- Dar orden de desexcitar la unidad. Lo deberá hacer cerrando un contacto de salida.
- Dar orden de cerrar el distribuidor. Para esto el sistema deberá permitir modificar el tiempo de cierre del distribuidor de modo de poder controlar la velocidad del mismo.

Al llegar la posición del distribuidor al 20% se deberá:

- Dar orden de abrir el interruptor principal de máquina
- Interrumpir el cierre del distribuidor al llegar a $\leq 18\%$.

Al abrir el interruptor principal de máquina se deberá:

- Cambiar el control de funcionamiento de Potencia (o apertura) al control de velocidad.
- inhibir las alarmas de los detectores de flujo de agua de enfriamiento de la unidad.
- Continuar el cierre del distribuidor hasta el 0% de apertura

Al llegar la apertura del distribuidor al 2,5% se deberá:

- Posicionar las palas del rodete en 7° (el rango de posición de las mismas es entre -15° y $+17^\circ$) siendo 7° el ángulo de posición más favorable para detener la unidad.

En estas condiciones la unidad comienza a perder revoluciones

Al llegar la unidad al 30% de velocidad (este % deberá poder modificarse en el nuevo sistema), se deberá:

- Iniciar temporizado de 38 segundos (este tiempo deberá poder modificarse en el nuevo sistema)
- Si no levantó presión en el circuito de lubricación forzada y cumple las condiciones de frenado (ver condiciones) se deberá dar la orden de frenado.

Luego de los 38 segundos, cumpliendo las siguientes condiciones de frenado:

- Interruptor abierto
- Orden de parada.
- Distribuidor menor al 3% de apertura
- Posición de la llave de frenado en Automático

Se deberá dar la orden de frenado (la velocidad de rotación será aprox. 15%). La unidad comienza a frenar.

Al llegar al 0% de velocidad se deberá:

- Interrumpir el temporizado del proceso de parada.
- Iniciar temporizado de 45 segundos.

Luego de los 45 segundos se deberá:

- Desconectar bomba de lubricación forzada.
- Dar orden de cierre a válvulas motorizadas de agua de enfriamiento de la unidad.
- Iniciar control de velocidad 0 (Control de deslizamiento).

Si la unidad no alcanza el 0% de velocidad en 6 minutos, se deberá dar una alarma "Secuencia automática de parada no concluida"

3.15.3. Parada rápida (por Protecciones Hidromecánicas)

El disparo de Protecciones Hidromecánicas puede suceder por alguna de las siguientes causas:

- Caída de compuerta de toma por debajo de 11 metros.
- Temperatura excesiva en:
 - Cojinete de empuje.
 - Cojinete del generador.
 - Cojinete de turbina.
- Presión baja (26kg/cm²) en el sistema de aceite a presión.
- Nivel bajo de emergencia (11%) del sistema de aceite a presión.
- Falla en la realimentación de posición del distribuidor o el rodete.
- Disparo de la válvula de parada de emergencia.
- Disparo a la compuerta de toma y velocidad menor o igual al 75%

Al cumplirse alguna de las anteriores causas, se deberá:

- Si no actuó la válvula de parada de emergencia, cerrar el distribuidor inmediatamente.
- Iniciar temporizado de 20 segundos para protección de reserva.
- Cuando la posición del distribuidor sea menor o igual al 2,5% o la velocidad de rotación sea menor a un 30%, se deberá llevar las palas del rodete a la posición de +7°.
- Dar orden de parada normal (descrita anteriormente)

Si al cumplirse el temporizado de los 20 segundos la posición del distribuidor no es menor o igual al 3%, se deberá:

- Realizar el disparo de la Válvula de Parada de Emergencia (el cual cierra el distribuidor enviando aceite a la válvula de cierre de emergencia). Cuando la posición del distribuidor sea menor o igual al 25% de apertura, se deberá conectar la válvula de Cierre Programado (ésta última provoca una disminución en la velocidad de cierre del distribuidor).
- Interrumpir la orden de cierre del distribuidor que hasta antes de los 20 segundos se ejecutaba por medio de la válvula de distribución principal de aceite.

Al cerrar completamente el distribuidor continuar con la orden de cierre del distribuidor por medio de la válvula de distribución principal de aceite.

Observaciones: La parada de emergencia a diferencia de la parada normal no espera a que la bomba de lubricación forzada levante presión. La parada de emergencia tiene 20 segundos para cerrar completamente el distribuidor, en caso contrario da disparo a válvula de parada de emergencia.

3.15.4. **Parada rápida (por Protecciones Eléctricas)**

El disparo de protecciones eléctricas es dado por el tablero de protecciones (TPU). En caso de recibir un disparo de protecciones eléctricas deberá simultáneamente:

- Iniciar la parada normal, pero sin esperar a que haya presión en el circuito de lubricación forzada.
- Abrir el interruptor Principal de la unidad.

3.15.5. **Parada de Emergencia (Por embalamiento del 115% de velocidad)**

Para efectuarse un disparo por embalamiento del 115% de velocidad, deberán presentarse todas las siguientes condiciones:

- Embalamiento de unidad mayor o igual a 115% velocidad.
- Posición del distribuidor mayor al 28% de apertura.
- Posición del spool de la válvula principal no debe estar posicionado completamente al cierre (esto significa que el SRV o la Válvula proporcional fallaron y no se hizo efectiva la orden de cerrar el distribuidor).

Dadas todas las condiciones anteriores se deberá simultáneamente:

- Realizar el disparo de la Válvula solenoide de Cierre de Emergencia. Ésta válvula cierra el distribuidor enviando aceite a la válvula de cierre de emergencia. Cuando la posición del distribuidor sea menor o igual al 25% de apertura, se deberá dar orden de disparo a la válvula de mando de Cierre Programado del distribuidor (ésta última provoca una disminución en la velocidad de cierre del distribuidor).
- Interrumpir la orden de cierre del distribuidor que se estaría ejecutando por medio de la válvula de distribución principal de aceite.
- Posicionar palas de rodete en 7°.
- Dar disparo de protección hidromecánica.

3.15.6. **Parada de Emergencia (Por pulsador de Emergencia)**

Observación: Hay 2 pulsadores de emergencia independientes, uno ubicado en sala de mando y otro en el tablero eléctrico del regulador de velocidad. Al recibir un disparo del pulsador de emergencia, se deberá simultáneamente:

- Dar disparo de apertura al interruptor principal.
- Dar disparo al tablero de compuerta de toma para cerrar la compuerta.
- Dar Disparo al tablero de protecciones eléctricas de la unidad (TPU).
- Dar disparo al regulador de velocidad.

Al disminuir la velocidad por debajo del 75% el regulador de velocidad deberá dar disparo de protecciones hidromecánicas.

3.15.7. **Protección de corte de pernos de seguridad de álabes del distribuidor**

Al recibir un disparo de la protección de corte de pernos se deberá:

- Dar alarma.
- Si se presenta un disparo de protección eléctrica o hidromecánica deberá también:
 - Dar disparo para cierre de la compuerta de toma.

Luego al disminuir la velocidad por debajo del 75% el regulador de velocidad deberá dar disparo de protecciones hidromecánicas.

3.15.8. **Protección de bajo nivel de aceite**

Al recibir señal de nivel bajo (29%) del tanque aceite a presión se deberá:

- Dar alarma.
- Si la unidad está conectada a la red (interruptor principal cerrado) deberá simultáneamente:
 - Conectar la válvula de corte de suministro de aceite al rodete.
 - Activar función de cerrojo del distribuidor (no permitir apertura de distribuidor)

3.16. ***Elementos necesarios para el Control Local del SRV***

3.16.1. **PC Industrial (IPC)**

A través de la misma se deberá realizar el Control Local del SRV, ofreciendo la visualización y el control de las variables principales del sistema. La misma debe correr independientemente de la CPU de control.

Deberá permitir que tanto los Operadores como el personal de Mantenimiento tenga un completo control del SRV, con una interfaz sencilla de interpretar y manejar.

Debe proporcionar al operador un rango de pantallas seleccionables que muestren información sobre el estado actual del sistema en forma gráfica y numérica. Las principales variables deberán presentarse en formato digital en números y gráficamente con agujas simulando ser un instrumento analógico.

Mínimamente desde cada PC Industrial se deberá poder realizar:

- La selección y el ajuste de cualquiera de los modos de Control
- La selección y el ajuste de cualquiera de los modos de Operación
- Leer y ajustar todos los parámetros y valores del SRV.
- El ajuste y visualización de:
 - la rampa de potencia
 - el limitador de apertura
 - los límites operativos
 - de las cotas de restitución y de reja
- Monitoreo de los valores actuales del SRV
- La visualización y configuración de las Funciones Adicionales
- La visualización del estado on line de las secuencias de arranque, parada normal, paradas de emergencia etc.
- La visualización y configuración de las alarmas / eventos del SRV. Cuando ocurra alguna alarma y/o evento, deberán aparecer en la pantalla de una forma fácil y evidente de visualizar por el operador.
- La visualización de un esquema unifilar del sistema que sea dinámico y presente de forma sencilla y clara sobre todo las principales variables
- Acceder a información del Sistema y en particular cuando ocurren fallas y/o eventos que brinden datos de las distintas causas posibles de las mismas. Esto deberá brindar información que ayude a resolver dichas fallas y eventos sin tener que acudir a los manuales del equipamiento.
- Cualquier otra funcionalidad por fuera de esta lista que el oferente considere necesario incluir para lograr el control y la optimización de del sistema.

Deberá tener una combinación eficiente y confiable de un PC industrial y un monitor táctil, con la parte frontal robusta con protección IP65 y de fácil montaje en el nuevo gabinete TCRV

Características técnicas que deberán tener las IPC:

- Tamaño de pantalla: Mínimo 16" con formatos 4:3 o 16:9
- Proyectivas - capacitivas

- Rendimiento del procesador adaptado a la aplicación con procesadores potentes y eficientes energéticamente como por ejemplo Intel® Atom™, Celeron®, Pentium® o Core™ i de última generación
- Elevada disponibilidad del sistema mediante una estructura apta para entornos industriales sin ventiladores y que prescinde de piezas móviles
- Sistemas operativos para cada aplicación: Windows® 7, Windows® Embedded Standard 7 o Windows® 10 IoT Enterprise LTSB
- Ampliables de manera flexible mediante ranuras PCI y PCIe opcionales
- De mantenimiento especialmente sencillo con componentes fácilmente accesibles

Deberá instalarse en el frente del gabinete TCRV a una altura que facilite la visualización de la pantalla por una persona de altura promedio. La alimentación de la misma será desde el bus seguro de alimentación del TCRV.

3.16.2. **Pantalla HMI**

Con la finalidad de tener un camino alternativo a la PC Industrial que ofrezca el control y visualización de las principales variables del SRV, sobre todo ante una falta de respuesta de la IPC, se deberá suministrar una pantalla del tipo HMI táctil para cada uno de los gabinetes TCRV del Sistema.

Se entiende como pantallas HMI a pantallas que son más robustas y no utilizan sistemas operativos basados en Windows como las IPC, otorgando mayor confiabilidad sobretodo en la continuidad de su funcionamiento.

No se pretende que en las HMI se presenten las mismas funcionalidades y aplicaciones que en la IPC, pero sí que presente todo lo necesario para poder realizar el control local del SRV

Deberá permitir un control local óptimo y completo del SRV, con una interfaz sencilla de interpretar y manejar desde las HMI, tanto para el personal de Operaciones como para el de Mantenimiento.

Mínimamente desde cada HMI se deberá poder realizar:

- La selección y el ajuste de cualquiera de los modos de Control
- La selección y el ajuste de cualquiera de los modos de Operación
- El ajuste y visualización de las principales variables del SRV
- El ajuste y visualización de:

- la rampa de potencia
- el limitador de apertura
- los límites operativos
- de las cotas de restitución y de reja
- La visualización de las alarmas / eventos más importantes del SRV.
- La visualización de un esquema unifilar del sistema que sea dinámico y presente de forma sencilla y clara sobre todo las principales variables
- Cualquier otra funcionalidad por fuera de esta lista que el oferente considere necesario incluir para lograr el control y la optimización de del sistema.

Mínimamente el tamaño de estas pantallas será de 12". Deberá instalarse en el frente del gabinete TCRV a una altura que facilite la visualización de la pantalla por una persona de altura promedio, al lado de la IPC. La alimentación de la misma será desde el bus seguro de alimentación del TCRV.

Cada una de las HMI deberá permitir la conexión con otra pantalla HMI idéntica, denominada HMISM a ser instalada en la Sala de Mando de la Central correspondiente, una para cada uno de los Generadores. El suministro de las HMISM también será por parte del contratista. Cada HMISM deberá tener las mismas funcionalidades que las HMI del TCRV. La relación y la lógica de comandos entre ambas HMI se definirán en la Ingeniería de detalles.

Para la propuesta básica, las IPC, las HMI y HMISM deberán estar destinadas exclusivamente al ámbito de una única unidad generadora que presente un comportamiento autónomo, independiente y libre de cualquier vínculo de red externa IP o de equipamiento de enrutamiento o selección de paquetes IP.

Con vista a un futuro recambio de Sistema de Control, aquellas funciones potenciales que el SRV podría explotar en caso que el mismo sea integrado a un Sistema Distribuido de Control (DCS), las pantallas IPC, HMI y HMISM descritas anteriormente deberán seguir funcionando ante cualquier falla en dicho DCS o red de datos.

3.16.3. **Llaves, Indicadores luminosos y Pulsadores en el frente del TCRV**

En el frente de cada gabinete TCRV se deberá instalar:

- una llave conmutadora para la selección del Control Local - Remoto
- un indicador luminoso a modo de testigo que se active si el sistema está en Local

- un pulsador para la Parada de Emergencia del SRV. Deberá tener una protección mecánica en el frente que lo tape para evitar una activación por error.
- un indicador luminoso a modo de testigo que se active si se ha presionado el pulsador de Parada de Emergencia. El mismo deberá apagarse una vez que se haya reseteado dicha protección.

3.17. **Entradas - Salidas, Digitales y Analógicas:**

El nuevo sistema deberá contar mínimamente con las cantidades de E/S que se detallan a continuación:

- Entradas digitales: 64
- Salidas digitales: 64
- Entradas analógicas: 24.
- Salidas analógicas: 24

Las mismas deberán ser compatibles con las señales de salida de los sensores, las señales de entradas de los actuadores y con el Sistema Supervisor.

13. **Alimentación de potencia eléctrica del SRV**

13.1. **Alimentación del Bus Seguro del SRV**

El nuevo Sistema SRV deberá contar con una configuración de doble entrada de alimentación con doble fuente redundante. Deberán existir dos entradas independientes de alimentación que tendrán las siguientes características:

Entrada de alimentación 1 (AC):

Estará alimentada desde un nuevo transformador, a suministrar por el Contratista, denominado "TXRV" (Transformador de Alimentación al Regulador de Velocidad).

El TXRV deberá cumplir con las siguientes características:

- Entrada y salida monofásica
- Potencia: Según el consumo total del nuevo Sistema. Deberá ser tal que permita la alimentación de todas las cargas del Bus Seguro de Alimentación, incluso en el caso de falla de la otra rama de alimentación (DC).
- Tensión de entrada: 600Vac
- Tensión de salida: 220Vac
- Estará alimentado al secundario del transformador de excitación del generador correspondiente a cada unidad, con lo cual para esto el nuevo transformador a suministrar deberá cumplir con:

- Niveles de Aislamiento según lo establece la tabla V de la IEC 60726-1982: Bobinados con niveles de aislamiento para equipos $U_m < 1.1 \text{ KV r.m.s.}$
- Valor de distorsión armónica THD medido a distintos valores de carga: 30%, $k=12$
- Tensión Valor pico de los Transitorios producidos por el Convertidor: 4000 V

Se pretende de esta forma lograr una autoalimentación de la entrada de alimentación 1 una vez que la unidad haya sido arrancada y excitada. Esta entrada alimentará a la primera fuente del equipo previo paso por un filtro.

Entrada de alimentación 2 (DC):

Estará alimentada desde los dos bancos de baterías de la Central. El Contratista deberá suministrar y montar sobre el nuevo gabinete las protecciones y los diodos necesarios para interconectar ambos circuitos de las baterías para lograr un único camino de suministro en corriente continua. Este camino alimentará a la segunda fuente del equipo previo paso por un filtro.

Las salidas de ambas fuentes deberán conectarse en paralelo y alimentar un único bus de provisión de energía segura al sistema "Bus Seguro de Alimentación". Ambas fuentes deberán trabajar de forma redundante.

En el caso de fallar una de las fuentes o quedarse sin tensión de alimentación, la otra fuente deberá poder alimentar el sistema normalmente sin presentar inconvenientes. La fuente en falla o con ausencia de alimentación, deberá dar aviso al sistema de lo ocurrido. En el caso de fallar ambas fuentes o de tener ausencia de tensión de alimentación en ambas, el sistema deberá enviar una orden de parada rápida (shut-down) cerrando el distribuidor de la unidad.

13.1.1. Alimentación de los circuitos externos de señales de entrada

Desde el bus seguro de alimentación, descrito arriba, se deberán alimentar los circuitos externos de las señales de entrada tales como contactos secos de diferentes sensores o dispositivos instalados en campo. El número de circuitos dedicados a esta función se definirá en la Ingeniería de detalle. Esta alimentación contará con su correspondiente interruptor termomagnético de protección seguido de un filtro y un convertidor.

El convertidor deberá cumplir la función de separar los circuitos de la instalación otorgando aislamiento galvánico y además compensar las caídas de tensión sobre todo en aquellos conductos de suministros largos. Además el convertidor deberá proteger a las cargas críticas de las posibles fluctuaciones de tensión perturbadoras.

13.1.2. **Alimentación de las válvulas, sensores y actuadores**

Desde el bus seguro de alimentación, descrito arriba, se deberán alimentar los circuitos externos de las válvulas, los Sensores y el resto de los componentes que sean críticos para el funcionamiento del Sistema. En particular las válvulas del SPE serán alimentadas de forma independiente y desde el bus seguro de alimentación del SPE. El número de circuitos dedicados a esta función se definirá en la Ingeniería de detalle. Esta alimentación contará con su correspondiente interruptor termomagnético de protección seguido de un filtro y un convertidor.

El convertidor deberá cumplir la función de separar los circuitos de la instalación otorgando aislamiento galvánico y además compensar las caídas de tensión sobre todo en aquellos conductos de suministros largos. Además el convertidor deberá proteger a las cargas críticas de las posibles fluctuaciones de tensión perturbadoras.

13.1.3. **Alimentación de los Controladores del Regulador de Velocidad, tarjetas de entradas/salidas, relés de entrada/salida y pantalla/s HMI**

Desde el bus seguro de alimentación deberán alimentarse, de forma separada e independiente cada uno de los siguientes circuitos/dispositivos:

- Controlador 1 del SRV
- Controlador 2 del SRV
- Tarjetas de entradas y salidas
- Relés de entradas y salidas
- Pantalla IPC y HMI
- Otro circuito que sea de gran importancia que deba estar alimentado de forma segura y que pueda independizarse de los anteriores

Cada uno de éstos circuitos deberá contar con su debida y exclusiva protección del tipo interruptor termomagnético. En la Ingeniería de detalle se definirán como deben ser cada uno de los circuitos de alimentación así como las cantidades necesarias de los mismos y si es necesario una incorporación y/o modificación sobre lo planteado anteriormente con el fin de lograr una configuración de alimentación segura, confiable y que brinde practicidad a la hora de realizar el mantenimiento del mismo.

14. **Sistema de protección de embalamiento “SPE”**

Este Sistema estará destinado a proteger a la turbina de velocidades por encima de la velocidad nominal y que pueden provocar daños en la misma. En particular debe actuar cuando la velocidad llega al 115%. Si bien éste valor es característico, el nuevo Sistema deberá tener la posibilidad de modificar éste porcentaje y además poder agregar otro escalón diferente por encima o por debajo del 115%.

Su funcionamiento deberá ser totalmente independiente del SRV. Esto significa que contará con sus propios sensores, controladores y actuadores.

14.1. **Sensores del SPE**

Cada SPE deberá contar con (3) sensores de velocidad (pick-ups) de las mismas características que los requeridos para el SRV.

14.2. **Controladores del SPE**

Cada SPE deberá contar con (3) Controladores con lógica de actuación 2 de 3 para la medición de velocidad y con certificación SIL 3 según IEC 61508

14.3. **Actuadores del SPE**

Como actuadores, cada SPE contará con la Válvula solenoide de cierre de emergencia y Válvula de mando de cierre programado del distribuidor según los detalles del apartado 20 de éste pliego.

14.4. **Entradas del SPE**

Este sistema deberá contar con 16 entradas binarias para recibir condiciones de estados de otros sistemas. Por ejemplo desde el final de carrera de posición del 25% de apertura del distribuidor.

14.5. **Alimentación del Bus Seguro del SPE**

El SPE deberá contar con una configuración de doble entrada de alimentación con fuentes redundantes. Esta alimentación será totalmente independiente de la alimentación del SRV. Deberán existir dos entradas independientes de alimentación que tendrán las siguientes características:

Entrada de alimentación en CA: se pretende utilizar el PMG como fuente de alimentación siempre que la potencia del mismo sea suficiente. La configuración del conexionado se definirá en la Ingeniería de detalles. Esta entrada alimentará a las fuentes del equipo previo paso por un filtro.

Entrada de alimentación en DC: Estará alimentada desde los dos bancos de baterías de la Central. El Contratista deberá suministrar y montar sobre el nuevo gabinete (TCRV) las protecciones y los diodos necesarios para interconectar ambos circuitos de las baterías para lograr un único camino de suministro en corriente continua. Este camino alimentará a otra fuente del equipo (independiente a las de la entrada en CA) previo paso por un filtro.

Las salidas de todas las fuentes deberán conectarse en paralelo y alimentar un único bus de provisión de energía segura al SPE "Bus Seguro de Alimentación del SPE". Todas las fuentes deberán trabajar de forma redundante. En el caso de fallar una de las fuentes o quedarse sin tensión de alimentación, las otras fuentes deberán poder alimentar el sistema normalmente sin presentar inconvenientes. La fuente en falla o con ausencia

de alimentación, deberá dar aviso al sistema de lo ocurrido. En el caso de fallar todas las fuentes o de tener ausencia de tensión de alimentación, el sistema deberá enviar una orden de disparo a sus actuadores.

14.6. Lógica de actuación del SPE

El SPE deberá actuar de forma totalmente independiente del SRV. Esto cubrirá la falta de acción que pueda presentar el SRV debido a alguna posible falla tanto en la parte electrónica como en el actuador electrohidráulico.

En particular se deberá tener en cuenta que si el SRV no posee ningún desperfecto, ante un embalamiento, este enviará una orden de cierre al distribuidor (1) y si la velocidad alcanza el porcentaje de disparo al cual se ajustó el SPE, éste no debe dar orden de disparo a la válvula solenoide de cierre de emergencia. De esta forma se pretende evitar la parada de la unidad cuando posiblemente el SRV pueda controlar la velocidad y llevarla de nuevo a su valor nominal.

(1) Esta orden de cierre provocará el desplazamiento del spool del distribuidor y actuará sobre el final de carrera (microswitch) correspondiente. Esta señal deberá llegar al SPE y será la condición para evitar el disparo de emergencia.

15. Dispositivo de Protección contra el Embalamiento (último escalón de sobrevelocidad)

Para la protección del último escalón de embalamiento de la turbina, correspondiente al 155% de velocidad, deberá actuar éste dispositivo que lo denominamos DPCE. Deberá estar compuesto por un interruptor centrífugo de modo que al aumentar la velocidad de rotación de la turbina por encima de la nominal, se desplace y provoque el cambio de estado un microswitch. Éste último deberá tener por lo menos tres contactos secos. Las acciones que realizarán cada uno de estos contactos se definirán en la Ingeniería de Detalles.

El oferente podrá presentar una alternativa o mejora al DPCE descrito, entendiéndose que se ofrece una protección más eficiente y confiable y que se adapta mejor a las necesidades de Salto Grande, siempre y cuando se cuente con la debida justificación.

Cualquier elemento o parte adicional que sea necesario para ésta alternativa y que no esté considerado en este pliego, deberán ser suministrados por el contratista. SG se reserva el derecho de aceptar o no esta alternativa.

16. Mediciones de variables para el SRV

16.1. **Medición de velocidad de rotación de la Unidad Generadora**

16.1.1. **Sistema Existente**

El sistema actual de medición de velocidad consiste en un Generador de Imanes Permanentes (PMG) montado en la parte superior del eje del Generador.

Datos del PMG:

- Trifásico
- Potencia: 250VA
- Tensión de Línea: 110Vac
- Corriente de fase: 1,31A

16.1.2. **Sistema nuevo**

Medición principal (primaria) de Velocidad:

Como medición primaria de Velocidad deberá tomarse la señal proveniente del PMG descrito arriba. En la Ingeniería de detalle se definirá la configuración del conexionado con el SRV. El nuevo equipo deberá tener por lo menos tres entradas analógicas para poder conectar las tres fases del PMG de forma independiente. El contratista deberá proveer de las protecciones termomagnéticas para cada una de las fases del PMG y dejarlas instaladas en el nuevo gabinete TCRV.

Medición de respaldo (back-up) de Velocidad:

Para la medición de respaldo de Velocidad el contratista deberá suministrar mínimamente tres (3) sensores de proximidad inductivos (pick-ups). Los mismos no deberán tener contacto con las partes rotantes, instalados frente a un anillo provisto con ranuras equidistantes, denominado rueda dentada, con acabado superficial de precisión. Dicha rueda dentada, también suministro por parte del contratista, deberá ser de material resistente a la corrosión, fijada firmemente sobre el eje del generador. Deberá contar con un mecanismo para evitar y detectar corrimientos, y un procedimiento para garantizar su correcta alineación.

Éste conjunto sensores - rueda dentada deberá generar y transmitir al SRV los pulsos con la frecuencia adecuada para una medición eficiente de la velocidad en todo el rango de regulación y también para las sobrevelocidades a las que puede llegar la unidad generadora. Cada uno de los sensores pick-ups deberán ingresar a módulos de velocidad independientes de cada controlador.

16.1.3. **Requerimientos de medición conjunta, cableado y soportes**

El nuevo sistema debe hacer uso de ambos tipos de detección de velocidad, por tensión (PMG) y por rueda dentada, para el sistema de regulación automático.

16.1.4. **Medición adicional de frecuencia como ayuda para la sincronización:**

Se deberá contar con un canal adicional de medición de frecuencia aguas arriba del interruptor principal de máquina, de modo que el nuevo SRV pueda iniciar el proceso de igualación de los niveles de frecuencia lado máquina y lado red para facilitar al proceso de sincronización. Dicho proceso de sincronización completo lo seguirá realizando el dispositivo que actualmente se utiliza para dicha función y que es totalmente independiente del sistema de regulación de velocidad. Para éste canal adicional de medición se podrá utilizar el transformador de tensión (PTR3) cuya relación es $(13800V/1,73) / (115V/1,73)$.

16.2. **Medición de Potencia**

Para la retroalimentación de la Potencia Activa, el oferente deberá suministrar dos transductores multimedidores de primera marca sujeto a aprobación de Salto Grande.

Éstos deberán poder medir:

- Potencia Activa de salida de la unidad (MW).
- Potencia Reactiva de salida de la unidad (MVar)
- Potencia Aparente (MVA)
- Energía (MW/h)
- Frecuencia (Hz)
- Corriente (kA)
- Tensión (kV)

El rango de medición de Potencia Activa debe abarcar desde al menos el 0% de la salida nominal del generador hasta el 120% de la salida nominal del generador. La precisión de la medición de Potencia Activa debe ser de al menos el 0,5% en todo el rango y el tiempo de respuesta al escalón no debe ser superior a 250 ms. Deberán ser de estado sólido y estarán ubicados en el nuevo gabinete TCRV.

Estos transductores deberán ser conectados a los transformadores de medida existentes en la Central. Para el circuito entre estos transformadores de medida y los nuevos transductores multimedidores, el oferente deberá proveer todos los dispositivos de protección así como también de las borneras seccionables y cortocircuitables. Éstas borneras permitirán hacer las mediciones de corriente y tensión en cada uno de los transductores como parte de las pruebas de mantenimiento y ensayos sobre los dispositivos. Las entradas deben contar mínimamente con las siguientes opciones de corriente y tensión nominales:

- Entrada de Corriente: 5 A y 1A
- Entrada de Tensión de Línea: 115 V

Deberán tener por lo menos las siguientes señales de salida:

- Una por corriente de 4 a 20mA para el rango desde cero hasta plena escala y deberá ser adecuada para su conexión con una carga resistiva de hasta 750 ohm.
- Una señal de salida por datos para poder transmitir algunas o todas las magnitudes descritas anteriormente. Ésta señal por datos deberá ser por el protocolo estándar modbus RS 485.

La lógica interna de los Controladores del Sistema de Regulación de Velocidad para la utilización de las señales de ambos multimedidores, debe responder a lo planteado en el apartado “Lógica de medición de las señales redundantes que llegan al SRV”.

16.3. **Medición de la posición del distribuidor**

La retroalimentación de la posición del distribuidor deberá hacerse a través de dos sensores de desplazamiento lineal que deberán proporcionar información precisa y repetible de la posición del distribuidor. El nuevo Sistema de Regulación de Velocidad recibirá la señal de retroalimentación del distribuidor en un módulo de entrada analógica de alta velocidad nativo del controlador.

La lógica interna de los Controladores del Sistema de Regulación de Velocidad para la utilización de las señales de ambos sensores, debe responder a lo planteado en el punto “Lógica de medición de las señales redundantes que llegan al SRV”

Montaje:

Deberán montarse mecánicamente ambos sensores sobre uno de los servomotores principales. Se deberá suministrar e instalar un soporte fabricado a medida para la fijación de los dos sensores, que proporcione protección contra daños accidentales durante el mantenimiento o instalación y además permitiendo un fácil acceso para la calibración y configuración. Deberán presentarse en la oferta esquemas de detalle y fotografías de ejemplos del montaje de estos sensores en otras obras realizadas por el oferente. El soporte mencionado deberá ser previamente aprobado por Salto Grande.

Señal de salida:

El dispositivo de retroalimentación de posición proporcionará una señal de salida 4 a 20 mA al módulo de E / S del sistema de control sin ningún acondicionador de señal intermedio. En el caso de proponer una salida diferente, el oferente deberá justificarlo y quedará a decisión de SG de aceptarlo o no.

16.4. **Medición del ángulo de rotación de las palas del Rodete**

La retroalimentación del ángulo de rotación de las palas del Rodete deberá hacerse a través de dos sensores de desplazamiento lineal conectados directamente al eje del servo de las palas. Estos sensores deberán proporcionar información precisa y repetible del ángulo de las palas del

Rodete. El nuevo Sistema de Regulación de Velocidad recibirá ésta señal de retroalimentación en un módulo de entrada analógica de alta velocidad nativo del controlador.

La lógica interna de los Controladores del Sistema de Regulación de Velocidad para la utilización de las señales de ambos sensores, debe responder a lo planteado en el punto “Lógica de medición de las señales redundantes que llegan al TCRV”

Montaje: Igual al caso anterior.

Señal de salida: Igual al caso anterior.

16.5. ***Medición de la posición (desplazamiento) del vástago (spool) del Distribuidor y del vástago (spool) del Rodete sobre la VPD***

La retroalimentación de la posición del spool del distribuidor y el spool del Rodete se deberán realizar mínimamente con un sensor de desplazamiento lineal para cada caso. Estos sensores deberán proporcionar información precisa y repetible de las posiciones medidas. El nuevo Sistema de Regulación de Velocidad recibirá la señal proveniente de los sensores en un módulo de entrada analógica de alta velocidad nativo del controlador.

El oferente podrá presentar una alternativa que contenga dos sensores en vez de uno para cada spool (del distribuidor y del rodete) para ofrecer redundancia en la medición pero deberá justificar debidamente esta opción. Salto Grande se reserva el derecho de aceptar o no esta alternativa y en el primer caso, los sensores deberán ser suministrados por el contratista.

Montaje: Igual al caso anterior.

Señal de salida: Igual al caso anterior.

16.6. ***Medición de niveles (Cota de Restitución y Reja)***

El sistema deberá ser capaz de disponer de dos variables internas destinadas a almacenar los niveles de Cota de Restitución y nivel Reja de unidad. El equipamiento deberá permitir alimentar dichas variables desde dos fuentes diferentes de información:

1- A través de la recepción de los niveles de Cota de Restitución y Reja tomados por los elementos primarios de medición. (sensores en campo). Para lo cual el equipamiento deberá prever por lo menos 4 (cuatro) entradas del tipo 4 a 20mA y además deberá poder leer estos datos por protocolo de comunicación digital serial RS-485

2- Desde los niveles de Cota de Restitución y Reja recibidos por el vínculo digital con el Sistema de Control de Planta.

En ese contexto, donde existen 2 vías diferentes de adquisición de cada medida de nivel, el sistema deberá utilizar por defecto aquellos valores provenientes de los elementos primarios de medición. Sin embargo, permitirá de manera independiente:

- Sustitución del nivel de Cota de Restitución proveniente del elemento primario de medición por el recibido desde el Sistema de Control de Planta.
- Sustitución del nivel de Reja proveniente del elemento primario de medición por el recibido desde el Sistema de Control de Planta.

La selección de la sustitución para cada nivel deberá ser seleccionable únicamente por el usuario ya sea en modo de Operación Local (a pie del equipo) o bien en modo Remoto a través del Sistema de Control de Planta. Durante el funcionamiento normal, ante una eventual pérdida o falla de alguna de las señales provenientes de los elementos primarios de medición o del Sistema de Control de Planta, el sistema deberá emitir una alarma y continuar funcionando con el último valor válido.

16.7. **Salto Neto**

El regulador de velocidad deberá implementar dos modalidades de funcionamiento para el manejo del valor del Salto Neto.

- Salto Automático: en ese modo el sistema calculará automáticamente el valor de Salto Neto de la unidad, en base a las variables internas de Cota de Restitución y Reja.
- Salto Fijo: esta variante de funcionamiento de Salto Neto permitirá el ingreso del valor de salto manualmente por el usuario, ya sea a pie de equipo estando en Modo Local o del vínculo digital con el Sistema de Control de Planta.

La selección entre las modalidades podrá realizarse por el usuario ya sea en modo de Operación Local (a pie del equipo desde la PC industrial y desde la HMI) o bien en modo Remoto a través del Sistema de Control de Planta.

16.8. **Medición de Caudal**

Salto Grande incorporará posteriormente medidas de caudal obtenidas a partir de las tomas de presión en la cámara espiral, utilizando el método Winter-Kennedy rigurosamente calibrado, o mediante otro método a adquirir como puede ser Acoustic Scintillation. El SRV deberá ser capaz de incorporar estas medidas sin mayor dificultad para la realización de ensayos o la ejecución de funciones especiales. El SRV deberá enviar el dato al sistema de control de planta. Cuando la medida no esté disponible el

regulador deberá estimar el valor en base a la curva de eficiencia, salto y potencia de esa unidad.

La curva de eficiencia utilizada para estimar el dato será actualizada cada vez que se ajuste la relación combinatoria, a su vez mientras la medida de caudal esté disponible el sistema verificará la precisión de la estimación, generando históricos y correcciones que podrán ser consultadas por el usuario. Diferencias mayores al 10% generarán una alarma de medida incorrecta que será enviada al sistema de control de planta.

Tener en cuenta que se podrá optar por un sistema de medición de caudal que rote de una unidad a otra, con una permanencia de aproximadamente un mes en cada unidad.

16.9. Medición del nivel de aceite

Se deberán instalar sensores para obtener medidas analógicas del nivel de aceite en los tanques principales (aire/aceite) y tanques sumidero del sistema de aceite a presión actual de cada unidad hidrogeneradora. La medida deberá estar visible en las pantallas del nuevo regulador y deberá comunicarse al sistema de control de planta.

16.10. Medición de presión

Se deberán instalar sensores para obtener medidas analógicas de presión en los siguientes puntos de cada unidad hidrogeneradora:

- Tanque principal (aire/aceite) del SAP actual.
- Colector de entrada a servos del distribuidor.
- Colector de salida de servos del distribuidor.
- Entrada y salida del cabezal Kaplan.

Deberá proveerse un juego único de 10 sensores de presión con los accesorios necesarios para su instalación en la entrada y salida de cada servo del distribuidor y los cables para su conexión al SRV. Este juego se trasladará entre las diferentes unidades hidrogeneradoras para controles de mantenimiento. Deberán preverse las entradas analógicas en el controlador de cada unidad para la conexión de estos sensores. Las medidas deberán estar visibles en las pantallas del nuevo regulador y deberán comunicarse al sistema de control de planta.

16.11. Lógica de medición de señales redundantes que llegan al SRV

Para las señales que llegan a los controladores de forma redundante, como lo son las señales de:

- Velocidad
- Potencia Activa
- Posición del Distribuidor
- Posición del Rodete
- Posición del Pistón (spool) del Distribuidor en la VPD

- Posición del Pistón (spool) del Rodete en la VPD.

Deberá existir una lógica interna de Control en el Sistema de Regulación de Velocidad que tenga en cuenta la calidad y las magnitudes de las señales provenientes de los sensores. Deberán considerarse dos márgenes: uno de alarma a un determinado valor y otro de control a otro valor. Ambos deberán poder configurarse.

La lógica deberá cumplir mínimamente con las siguientes consignas:

- Si las señales tienen todas buena calidad y están dentro de ambos márgenes, se debe calcular entonces el promedio de las señales.
- Si existe una desviación mayor al margen de alarma, se deberá emitir un aviso de alarma.
- Si existe una desviación mayor al margen de Control, se deberá conmutar automáticamente al modo Manual.
- Si una de las señales tiene mala calidad, se deberá conmutar automáticamente a la señal con buena calidad
- Si todas las señales tienen mala calidad, se deberá conmutar automáticamente al modo Manual

Cualquier conmutación deberá ser sin saltos (bump-less) en la medición continua de las señales.

17. Actuador Electrohidráulico

Se entiende como Actuador Electrohidráulico a todo el conjunto de elementos que permiten amplificar las señales eléctricas provenientes del Controlador del Sistema de Regulación de Velocidad y poder mover así los vástagos (spool) del distribuidor y el rodete en la VPD para poder regular la velocidad / carga de la unidad hidrogenadora.

17.1. Generalidades

El actuador Electrohidráulico existente deberá ser reemplazado por uno nuevo con funciones de regulación proporcional, start/stop y funcionamiento automático/manual. La función proporcional deberá contar con redundancia del tipo doble bobina o similar. El nuevo Actuador deberá ser montado en cota +12.50 m, donde actualmente se encuentra el Actuador existente. Deberá colocarse en un nuevo gabinete denominado TAEH con las exigencias y requerimientos planteados en el apartado 19.2 de éstas EETT.

Las válvulas encargadas del control que puedan verse afectadas por la fricción estática o puedan pegarse por una parada prolongada, como la válvula proporcional, deberán contar con un sistema de frecuencia Dither u otros medios para evitar estos problemas.

Se aceptarán como Oferta Básica diversas combinaciones de las opciones presentadas en 17.2 (aceite) y 17.3 (servomotores) siempre y cuando se presenten antecedentes exitosos de utilización en otras plantas similares.

17.2. **Aceite a presión:**

El sistema operará con aceite a presión que podrá ser provisto de las siguientes formas.

Opción sistema aceite a presión independiente: aceite a presión provisto por un sistema independiente que garantice un suministro de calidad y cantidad adecuada. Este sistema deberá ser completamente independiente del existente, contando con su propio sistema de recolección de fugas, retorno a sumidero, enfriamiento, filtrado, etc. El aceite utilizado deberá ser el mismo que el sistema actual, YPF Turbina R46, y la temperatura del aceite no deberá superar los 55°C en ningún punto. La capacidad de las bombas deberá superar en al menos 2 veces el máximo caudal requerido por el sistema, contemplando los mecanismos necesarios para evitar arranques y paradas excesivos. Se ubicará en cota 9.50 m o 12.50 m, próximo a la válvula de distribución principal (VDP).

Con esta opción deberán proporcionarse dos sistemas de filtrado portátiles, uno para cada margen, para garantizar la calidad del aceite requerida en el llenado inicial y futuras reposiciones.

Opción filtrado: aceite a presión del sistema existente, con el filtrado adecuado para obtener una calidad de aceite acorde a las necesidades de la nueva válvula proporcional y de cualquiera de los elementos que utilice este aceite. De optar por esta solución el contratista deberá instalar en Salto Grande un sistema de filtrado de prueba con el fin de comprobar la calidad obtenida y la duración de los filtros. La instalación de esta prueba deberá realizarse en un plazo menor a 2 meses luego de adjudicado el contrato con el fin de disponer de los resultados antes de instalar el primer regulador. Salto Grande se reserva el derecho de tomar muestras de aceite y analizarlas en su laboratorio en cualquier momento.

17.3. **Servomotores auxiliares (controllet)**

El servomotor auxiliar que opera la válvula de distribución principal (VDP) podrá mantenerse, reemplazarse o anularse y sustituirse por un servomotor que actúe mecánicamente sobre el vástago de realimentación que sobresale por la parte superior de la válvula de distribución principal (VDP).

En cualquiera de los casos deberán presentarse con la Oferta antecedentes en el uso de esta tecnología, incluyendo fotos y especificaciones, para válvulas de distribución principal (VDP) de aprox. 200 mm como las existentes en Salto Grande.

De ser adjudicado, el Contratista deberá proporcionar ingeniería de detalle de este mecanismo, incluyendo: planos de todos los elementos, mecanismos de alineación, memorias de cálculo, cálculos de resistencia a la fatiga de los elementos existentes y nuevos, y toda la ingeniería necesaria para garantizar el buen funcionamiento del sistema por un período de 30 años.

17.4. **Requisitos de filtrado de aceite**

El sistema deberá cumplir con los siguientes requisitos de filtrado:

- Período de recambio de filtros mayor a 4 meses.
- Repuestos de elementos filtrantes ampliamente disponibles en el mercado local.
- Tamaño acotado de fácil manipulación por una sola persona.
- No podrán disponer de válvulas bypass por sobrepresión.
- Señal de alarma en el sistema de control de planta e indicación local de estado según presión diferencial.
- Definir a detalle (tamaños, características, etc.) el tren de filtrado con referencia a modelos comerciales.
- Estimación del costo anual de reposición (en base al costo unitario) y la cantidad de horas hombre involucradas.
- Se deberá evitar la emisión de vapores de aceite mediante filtros o conexión al sistema de extracción de vapores de aceite de la central.
- Deberá presentarse una memoria de cálculo para el diseño y selección del sistema de filtrado, haciendo referencia a antecedentes.

18. **Válvulas**

A continuación se describen una serie de válvulas que deberán ser sustituidas. En cualquiera de los casos el oferente será responsable de evaluar las características de las válvulas existentes y ofrecer sustitutos que cumplan y superen las funcionalidades actuales. La sustitución apunta a mejorar la fiabilidad del sistema, las válvulas a sustituir son las encargadas del accionamiento o pilotaje de las válvulas colocadas directamente sobre las cañerías de los servos del rodete y distribuidor, estas últimas no serán sustituidas.

En caso de uso de bobinas las mismas deberán permanecer energizadas o contar con funciones de auto testeo y alarma por falla, el oferente deberá indicar la periodicidad del reemplazo de estas, el costo y disponibilidad en el mercado local.

En válvulas de alto nivel de seguridad se requieren soluciones que no requieran de reemplazos periódicos para garantizar el buen funcionamiento, como son las soluciones que utilizan aceite a presión como señal de accionamiento.

En cualquiera de los casos las nuevas válvulas deberán ser equipos probados y homologados con antecedentes comprobados en funciones de seguridad de exigencias similares. No se aceptarán adaptaciones particulares.

Las siguientes válvulas se encuentran identificadas en el diagrama "Diagrama SAP con indicaciones ABC.pdf" y "055_ESQUEMA DEL CIERRE DE EMERG - AB.pdf".

18.1. **Válvula solenoide de cierre de emergencia (B en diag.)**

Esta válvula es parte de una protección de seguridad de la turbina, su actuación envía aceite para accionar la válvula de cierre de emergencia. La nueva válvula deberá permitir el pasaje del mismo caudal de aceite con la misma pérdida de carga que la válvula actual. Solamente se sustituirá la válvula de accionamiento y no la válvula colocada sobre la cañería que conduce a los servos del distribuidor.

Se requiere:

- Sistemas de seguridad del tipo 2 de 3 o similar, para evitar falsos accionamientos.
- Posibilidad de testeo en operación, sin afectar el funcionamiento de la turbina.
- Sistemas de seguridad de disparo por falta de señal.

Esta válvula se considerará como parte componente del SPE (Sistema de Protección de Embalamiento). Particularmente es uno de los actuadores de éste sistema y será comandada por sus propios controladores que deberán ser totalmente independiente de los del SRV.

Información técnica:

“Valvula Solenoide de Cierre Emergencia - 15071.pdf”

“Electromagnets Series 3BT - sg02_mop_vol_01a.pdf”

18.2. **Válvula de mando de cierre progr. del distrib. (C en diag.)**

Esta válvula funciona como “alivio” del cierre de emergencia, reduciendo la velocidad de cierre del distribuidor pasado el 25% de apertura del mismo. Su importancia es similar a la del cierre de emergencia ya que de no actuar pueden producirse golpes de ariete que afecten a la unidad. Por lo tanto la estrategia de seguridad implementada en la misma deberá ser idéntica a la utilizada en la válvula solenoide de parada de emergencia, cumpliendo todos los requisitos especificados para ese caso.

Esta válvula se considerará como parte componente del SPE (Sistema de Protección de Embalamiento). Particularmente es uno de los actuadores de éste sistema y será comandada por sus propios controladores que deberán ser totalmente independiente de los del SRV.

Características: Solenoide modelo nc 3 12 /30 T3, modelo rp- 63 / 10 M- T43, Presión 63 kg/cm², Diámetro 10 mm, Flujo 40 L/ min.

Información técnica:

Valvula de cierre programado – 15074.pdf

Solenoide con trinquete de corriente directa 125 V - sg02_mop_vol_01a.pdf

Sistema de aceite a presión - 15021ch.pdf (posición 189)

18.3. **Válvula de mando de corte de rodete (A en diag.)**

Esta válvula corta el envío de aceite para operar las palas del rodete en caso de presentarse un nivel bajo de emergencia del aceite. Su función es ahorrar aceite en situaciones críticas, pero no se trata de una función de protección en la cual se requiere un nivel muy alto de seguridad como en las anteriores y por lo tanto las exigencias serán menores. No obstante, se requiere un sistema de actuación redundante, como por ejemplo doble solenoide.

Esta válvula no se considerará como parte componente del SPE (Sistema de Protección de Embalamiento). La misma será comandada por los controladores del SRV.

Características constructivas: exactamente igual a la válvula de cierre programado.

19. **Gabinetes**

19.1. **Nuevos gabinetes “TCRV: Tablero de Control del Regulador de Velocidad”**

Para cada uno de las 14 unidades hidrogeneradoras, el contratista deberá suministrar un gabinete nuevo, denominado “TCRV: Tablero de Control del Regulador de Velocidad, que alojará todos los componentes internos necesarios para cumplir con las funciones y requerimientos planteados en este pliego. Los nuevos gabinetes TCRV, deberán tener todos los componentes internos instalados, cableados entre sí y con la debida identificación según los detalles más abajo.

Mínimamente cada uno de los gabinetes TCRV deberá contener:

- Los Controladores del SRV y del SPE,
- Las Fuentes de Alimentación del SRV y del SPE
- Las Pantallas: PC Industrial (IPC) y la HMI
- Los Transductores Multifunción
- Las Protecciones Eléctricas del SRV y del SPE
- Las borneras frontera e internas del equipo
- Las borneras seccionables y cortocircuitables para los circuitos de alimentación y medición de potencia.
- Todo el cableado necesario con las exigencias planteadas en el apartado “CARACTERÍSTICAS DEL CABLEADO”.
- Todo lo necesario para el control local
- Todo lo necesario para cumplir con las funciones y requerimientos del nuevo SRV y el SPE

Requisitos que deberán cumplir cada uno de los nuevos gabinetes TCRV:

- Todos los instrumentos de control serán agrupados y distribuidos en el tablero; los instrumentos y equipos de control serán de fácil extracción para un adecuado mantenimiento. Todo el cableado interior estará terminado en fábrica antes del despacho a obra.
- Grado de protección: IP53, protección contra depósitos perjudiciales de polvo y agua a 60° de la vertical, según la norma IEC 60529.
- Los paneles serán fabricados con chapa de metal sólido, con una estructura de metal cerrada. El espesor de la chapa de acero no será menor a 2 mm. Se deben tomar precauciones para fortalecer la instalación de instrumentos y equipos de control.
- La puerta deberá estar en el frente del tablero y permitirá soportar una pantalla IPC (PC Industrial) y al lado una pantalla HMI. Además deberá contar con una cerradura robusta y segura.
- Deberá tener una óptima protección contra la corrosión y ser resistente a aceites minerales, lubricantes, emulsiones y disolventes.
- Autoportantes, con base de acero estructural para adosar el tablero al piso de hormigón, cubiertas y puertas en chapa de acero de espesor no inferior a 2 mm. Terminación superficial con esmalte epóxico electrostático (o similar) espesor 100 micrones. Puerta abisagrada de altura total en el frente y fondo para acceso de todos los equipos.
- Puesta a tierra: Deberá suministrarse una barra de tierra de cobre de por lo menos 5 x 25 mm a lo largo del tablero. Deberán suministrarse los bornes necesarios para su conexión a los cables de puesta a tierra de 120 mm vinculados a la malla de tierra de la central.
- Vibraciones: Su diseño será tal que impida que los equipos instalados en ellos sean afectados por las vibraciones resultantes de la marcha de las unidades generadoras, según la norma IEC 60255-21-1.
- Las rejillas de ventilación en tableros deben ser a prueba de insectos, de manera de garantizar la circulación del aire en las partes superior e inferior del gabinete. Deberán contar con un elemento filtrante que impida la entrada de polvo. Todos los orificios deberán sellarse de forma que el aire solo ingrese a través de los filtros. La entrada de los cables y de la tubería debe tener una cubierta de sello tipo pasamuro y separada de la base del armario.
- Los tableros deben tener instalados calefactores para el control de temperatura, garantizando que los gabinetes no se vean afectados por la humedad y el rocío cuando se detiene la operación, siendo la fuente de alimentación de 220 V en CA. Los calefactores deben ser especiales y del tipo de calentamiento interno con la potencia adecuada. El

sistema de operación de los calefactores debe estar interconectado con el funcionamiento del sistema; y será capaz del control automático de acuerdo con el medidor de temperatura y humedad respectivo.

- Con Aprobaciones y homologaciones reconocidas a nivel internacional (IEC 61439-1, IEC 61439-2, EN 61439-1, EN 61439-2, DIN EN 61439-1, DIN EN 61439-2).

19.2. **Nuevos gabinetes “TAEH: Tablero del Actuador Electrohidráulico”**

Para cada uno de los catorce Generadores de Salto Grande, el contratista deberá suministrar y montar un gabinete nuevo, denominado “TAEH: Tablero del Actuador Electro-Hidráulico, que alojará todos los componentes internos necesarios para cumplir con las funciones y requerimientos planteados en este pliego. Características similares al descripto anteriormente.

19.3. **Nuevos gabinetes “CB66: Caja de Bornes 66”**

Situación actual: actualmente existe una caja (Caja de Bornes 66) que aloja doce (12) levas mecánicas que giran según la posición del distribuidor y accionan cada una de ellas un micro contacto. Estos contactos realizan diferentes acciones sobre el automatismo de la unidad y otros circuitos del Generador.

Debido a que algunos de esos circuitos no serán reemplazados en esta actualización, se deberá reemplazar la caja de bornes 66 por un gabinete nuevo que irá conectado con el nuevo SRV para mantener la información de la posición del distribuidor en dichos circuitos.

Por esta razón, para cada uno de los catorce Generadores de Salto Grande, el contratista deberá suministrar y montar un nuevo gabinete, denominado CB66, que alojará todos los componentes internos necesarios para mantener la conexión eléctrica del nuevo SRV con los circuitos del Generador que utilizan la posición del distribuidor y que no serán reemplazados. El nuevo CB66 deberá estar instalado cerca de la caja de bornes 66 (cota +9,50) para facilitar el conexionado de los cables. Las mismas consideraciones que los gabinetes TCRV.

20. **Características del cableado**

El contratista deberá suministrar todos los cables necesarios para que el nuevo Sistema de Regulación de Velocidad completo pueda funcionar de forma satisfactoria y cumplir con los requerimientos de éste pliego. Esto deberá cumplirse tanto para el cableado interno de los nuevos gabinetes como también para todo el cableado externo que vincula los sensores, actuadores, y otros armarios existentes con los nuevos gabinetes.

20.1. Identificación del cableado

Cada vena de los cables deberá contar con una inscripción que deberá coincidir con la documentación final del equipamiento. Las venas de los cables deberán identificarse en cada extremo indicando el destino del extremo opuesto. Las identificaciones deberán ser de tipo espagueti con impresión duradera realizada con algún equipo destinado para ese fin. No se aceptarán identificaciones con cinta adhesiva y/o marcador.

20.2. Dimensionamiento del Cableado

Mínimamente deberán tener las siguientes secciones:

- Circuitos de Control y Medición: 1 mm²
- Circuitos de las fuentes de alimentación: 2,5 mm²

20.3. Características de los Conductores:

Todos los conductores deberán satisfacer las propiedades de resistencia mecánica y eléctricas requeridas por la naturaleza de su uso. La aislación deberá ser resistente al pelado y agrietamiento y no deberá facilitar la combustión. El Contratista deberá suministrar todos los cables necesarios del tipo adecuado para cada uso para interconectar todos los equipos de su suministro. Cuando sea necesario los cables deberán estar blindados para ajustarse a lo estipulado en los Requerimientos de Diseño

20.4. Recorrido y Protección de Cables:

El recorrido de los cables de cualquier tipo deberá ser tal que ni la aislación ni el conductor puedan ser dañados o apretados por puertas, tapas, bandejas, por la inserción o remoción de conjuntos o por otras acciones requeridas para la operación y el mantenimiento

20.5. Separación de Señales:

Todos los cables que transporten señales de bajo nivel deberán estar separados lo máximo posible de los cables de potencia, en lo posible empleando en sus recorridos lados opuestos del gabinete.

20.6. Terminales y Conectores:

Todos los terminales de cables de interconexión interna entre los equipos deberán ser de tipo duradero y de alta confiabilidad.

20.7. Empalmes y Terminales de Conductores:

No se admitirán empalmes de cables en recorridos dentro de gabinetes o bandejas, debiéndose calcular previamente las longitudes del tendido en todos los casos con una reserva adecuada. Tampoco se admitirá más de un conductor conectado a un mismo borne o terminal.

20.8. Conductores de Circuitos de Alimentación:

El cableado para los circuitos de alimentación de corriente alterna o continua deberá hacerse con conductores de cobre de 2,5 mm² como mínimo, para tensión de servicio de 600V y con aislación de polietileno o equivalente.

20.9. Conductores de Circuitos de Señal

El cableado para todos los demás tipos de circuitos de entrada y salida, datos, señal etc., exceptuando los de alimentación definidos precedentemente, deberán realizarse con cables correspondientes por norma para el tipo de servicio al que está destinado, respetando impedancias, pérdidas, etc., siempre empleando cables de primera calidad.

20.10. Colores

De acuerdo a los estándares internacionales

20.11. Borneras

Deberán ser de primera calidad de modo de asegurar una correcta continuidad eléctrica y evitar falsos contactos. Deberán tener características nominales acordes a la tarea específica de los circuitos conectados, en lo posible según normas DIN y con las tiras identificadoras. Deberán ubicarse de manera de permitir el fácil acceso a los bornes individuales. Deberán existir las comunes de uso general y las seccionables para los circuitos de alimentación y la de los transductores multifunciones en los nuevos gabinetes TCRV. Para todo el cableado que proviene de los sensores y va hacia los actuadores deberán existir borneras frontera dentro de los gabinetes como primer punto de vinculación con los mismos.

20.12. Etiquetas de Identificación

Cada nuevo equipo deberá contar con su identificación correspondiente y deberá estar en lugar visible. El tamaño, material y demás características de las identificaciones de equipos deberán ser aprobados por la inspección de Obra.

21. Cañerías y estructuras

Todos los diseños de nuevas cañerías y/o alteraciones de cañerías existentes, que pertenezcan al Sistema de Aceite a Presión, deberán tener su correspondiente ingeniería general y de detalle aprobada por SG previo al inicio de su ejecución. Lo mismo aplica a estructuras y cualquier intervención de carácter mecánico o hidráulico que se realice.

21.1. Cálculos y Verificaciones

Requerimientos para construcción y/o alteraciones de cañerías del Sistema Aceite a Presión:

- Cálculo de componentes sin rating asociado bajo norma: ASME B31.1.
- Verificación de Componentes con Rating asociado según la o las normas correspondientes. (Por ejemplo: ASME B16.5 – Bridas).
- Verificación de Bulonería.
- Verificación de Juntas.

21.2. Certificaciones de materiales

Todos los materiales que sean involucrados en la construcción y/o alteraciones cañerías del Sistema Aceite a Presión deberán contar con su correspondiente certificado de calidad de material.

21.3. Condiciones Generales para Soldadura

Para la soldadura de construcción y/o alteraciones de cañerías del Sistema Aceite a Presión se requerirá:

- WPS, PQR y WPQ según ASME Sección IX.
- Soldadura por proceso GTAW únicamente.
- Diseño de junta de las uniones soldadas de cañería aprobadas prev. por SG.

21.4. Ensayos No Destructivos de control y Prueba Hidráulica

El Contratista deberá contratar a un tercero que realice los ensayos de forma independiente y presente los reportes directamente a Salto Grande. El ensayista deberá contar con la aprobación de Salto Grande que verificará sus referencias en el mercado local, garantizando su integridad e independencia a la hora de realizar los ensayos. En caso de no ser aprobado se deberán presentar otras opciones. Salto Grande se reserva el derecho de repetir los ensayos con personal propio o terceros a modo de verificación.

- Los Ensayos No Destructivos serán conducidos bajo los requerimientos de ASME B31.1 Ítem 136.4.
- Se realizará Inspección Visual bajo los requerimientos y criterio de aceptación del Ítem 136.4.2. El alcance de la Inspección visual será el 100% de todas las soldaduras.
- Se realizarán Partículas Magnetizables bajo los requerimientos y criterio de aceptación del Ítem 136.4.3. El alcance de esa inspección será el 100% de las soldaduras (lado exterior).
- Se realizarán Radiografías (RX) bajo los requerimientos y criterio de aceptación del Ítem 136.4.5. El alcance de esa inspección será el 100% de las soldaduras a tope.

22. Otros requisitos

22.1. Generales

Una vez renovado el SRV, debe mantener la capacidad existente de poder operar los servomotores de los álabes del distribuidor y de las palas del rodete en tres carreras completas de apertura o de cierre de acuerdo con los tiempos establecidos cuando la presión de aceite de operación en el tanque de presión de aceite es la más baja (26 kg/cm²) y los pares de torsión necesarios en los álabes del distribuidor y en las palas del rodete son los mayores. La carrera completa se define como: el servomotor se mueve a una apertura máxima de 0 ~ 100 %, y debe haber 1 ~ 2 % de carrera

adicional cuando finaliza la carrera de cierre. También aplica para definir el volumen del tanque presurizado en la opción de un sistema de aceite a presión independiente.

Bajo cualquier condición el nuevo sistema debe superar las prestaciones del sistema existente y nunca actuar como elemento limitante (cuello de botella).

En caso de ser necesario instalar algún equipamiento de fabricación exclusiva del oferente, el mismo deberá indicar la cantidad de años de soporte técnico y disponibilidad de repuestos asegurada a partir del momento que se discontinúe la producción.

Todo el equipamiento que necesite recambios periódicos deberá ser identificado con su frecuencia de cambio, costo, y disponibilidad en el mercado local. Solo se aceptará el uso de repuestos específicos, no disponibles en el mercado local, si se garantiza un período de recambio mayor a 5 años.

22.2. Estrategia de redundancia

Todo el equipamiento deberá ser redundante de modo que la falla de un elemento no impida su operación normal y mucho menos provoque la salida de servicio de la unidad generadora. Todo el equipamiento que necesite mantenimiento periódico (filtros, bombas, membranas, sellos, enfriadores, acumuladores, etc.) deberá contar con redundancia que permita realizar un hot swap, a modo de mantenerlo sin afectar el servicio.

No se aceptarán configuraciones donde un equipo atienda a más de una unidad hidrogeneradora. En caso de existir equipamiento que por razones técnicas no pueda contar con redundancia, este deberá ser identificado por el proveedor en un listado contenido en la Oferta, junto con una estrategia que limite la posibilidad de falla repentina y evite la necesidad de mantenimiento por períodos de al menos 2 años (ej. sellos, válvulas y/o equipamiento conectado directamente a la válvula reguladora principal).

23. Ingeniería de detalle

Una vez adjudicado el Contrato el contratista deberá elaborar la ingeniería de detalle para las instalaciones en un plazo no mayor a 3 meses. La misma deberá incluir:

- Planillas de cableado
- Planillas de borneras
- Planos eléctricos de Control de lógica cableada
- Planos de la lógica principal (del Software)
- Conexión con el PMG para la medición primaria de Velocidad
- Alimentación eléctrica de Potencia:
- Detalles de la formación del Bus Seguro de Alimentación

- Detalles y cantidades necesarias de las alimentaciones planteadas en cada uno de los apartados de este punto.
- Lógica de medición de las señales redundantes que llegan al SRV y SPE.
- Modos de Operación: Manual, Automático, Local, Remoto (se definirá en conjunto con SG)
- Modos de Control: Velocidad, Potencia, Apertura, etc. (se definirá en conjunto con SG)
- Límites de apertura del distribuidor, automáticos y fijos
- Límites Operativos
- Vinculación con el Sistema de Control de Planta:
 - Reportes de medidas, eventos, alarmas y variables de estado
 - Recepción de comandos, consignas y medidas
 - Vinculación con el futuro Sistema de Control de Planta
- Secuencias de:
 - Arranque
 - Parada normal
 - Parada rápida (por Protecciones Hidromecánicas)
 - Parada rápida (por Protecciones Eléctricas)
 - Parada de Emergencia (por Embalamiento del 115% de vel.)
 - Parada de Emergencia (por Pulsador de Emergencia)
 - Protección de Corte de pernos de seguridad
 - Protección de bajo nivel de aceite
- SPE (Sistema de Protección de Embalamiento):
 - Conexionado y alimentación de los Sensores, Controladores y Actuadores
 - Entradas de alimentación (AC y DC): Configuración y conexionado.
- Funcionalidades, opciones de visualización y Control sobre las PC Industriales, HMI y HMISM
- Configuración de las PC Industrial, HMI del TCRV y HMISM
- Relación y lógica de comandos entre la HMI del TCRV y la HMISM
- DPCE: Dispositivo de Protección de Embalamiento. Conexión, ajuste y acción de cada uno de sus contactos.
- Ensayo PDT (Presión, Desplazamiento, Tiempo)
- Planos Funcionales Generales del Sistema Completo
- Planos Funcionales en Bloque del Sistema
- Diagrama de bloques de la lógica de programación completa del Sistema
- Diagrama de flujo de las Secuencias de arranque y de todos los tipos de parada.
- Planos de detalles de las conexiones eléctricas de todos los componentes del Sistema (unifilares y multifilares)
- Dimensiones, borneras a instalar y detalles del conexionado de los nuevos gabinetes CB66
- Planos hidráulicos exponiendo las conexiones de todo el conjunto de válvulas
- Planos con las ubicaciones de los equipos en la Central,
- Planos isométricos o 3D de las acometidas a las instalaciones existentes,
- Planos de ensamble y desarme, etc.

24. Ensayos

24.1. *Instrumentación*

Toda la instrumentación necesaria para la ejecución de los ensayos solicitados deberá ser provista por el Contratista. Los instrumentos deberán estar debidamente calibrados y los certificados que acrediten su calibración deberán presentarse previo a la realización de cada ensayo e incluirse como anexos en los informes de cada ensayo.

La precisión de los instrumentos deberá ser la requerida por las normas, permitiendo obtener resultados con una imprecisión acotada a lo establecido en ASME PTC 29-2005 Table 1-1 y IEC 60308 - Ch. 7 - Tabla 2 - Nivel 2.

24.2. *Normativas*

Los nuevos equipos deberán ser ensayados en fábrica y/o en sitio según lo indicado en las normas:

- IEC 60308 Segunda Edición 2005 - Nivel 2, Programa exhaustivo de ensayos, Tabla B.6 y B.8.
- IEEE Std 1207-2011
- IEEE Std 125-2007
- ASME PTC 29-2005

Se tomarán en cada caso los ensayos más exigentes de cada norma. Salto Grande se reserva el derecho de presenciar todas las pruebas.

Deberá prestarse especial atención a los ensayos cuyos resultados impacten en la capacidad de regulación primaria y secundaria de frecuencia pues la central trabaja usualmente en esas condiciones.

24.3. *Resultados*

Deberá presentarse un informe con los resultados de cada ensayo realizado, el mismo deberá contener:

- Identificación de los equipos ensayados, números de serie, unidad, etc.
- Resultados de ensayo y su comparación con lo establecido en la norma.
- Esquema de conexiones y equipamiento utilizado para el ensayo.
- Certificados de calibración de los instrumentos utilizados.
- Datos base sin procesar obtenidos directamente del adquirente.

A su vez deberá presentarse una tabla resumen de todos los ensayos donde se indique el ensayo, el valor obtenido, el valor requerido por cada norma y su desviación. En caso de estar fuera del rango solicitado deberán realizarse las correcciones necesarias y repetir el ensayo.

Una vez finalizado cada ensayo deberá proporcionarse a Salto Grande un pendrive con los resultados de ensayo obtenidos directamente del adquirente, sin ningún tipo de procesamiento. Posteriormente se proporcionarán las funciones de procesamiento con el fin de que SG pueda ejecutar su propio análisis para verificar los resultados.

24.4. Ensayos de Relevamiento

El contratista deberá presentar una lista de ensayos a ejecutarse sobre los reguladores existentes con el fin de relevar parámetros de configuración y su estado actual, como por ejemplo: tiempos de cierre y apertura de álabes, presiones en servos, insensibilidades, curvas características, etc., con el fin de obtener información necesaria para el diseño del nuevo regulador.

Se deberán incluir los ensayos mencionados en IEC 60308 - Cap. 6.3.2 Sistemas de regulación existentes y el PT 9 de CAMMESA.

Antes de realizar cualquier modificación sobre el regulador deberán ejecutarse todos los ensayos y presentar un reporte con los resultados para cada unidad, estos ensayos podrán coordinarse una vez asignado el contrato. Luego de ejecutada la renovación deberán repetirse los ensayos y presentar un informe comparando ambos resultados. El oferente deberá garantizar que en todos los parámetros se obtendrán resultados iguales o mejores a los anteriores, en ningún caso se aceptará un empeoramiento en cualquiera de los parámetros.

24.5. Procedimiento de Trabajo N° 9 de CAMMESA / IEC 60308

El sistema deberá poder realizar todos los ensayos del Procedimiento Técnico N.º 9 (PT9) de CAMMESA (Anexo I) así como también los establecidos en las tablas B.6 y B.8 del Anexo B de la IEC 60308. Deberá contar con todas las mediciones analógicas y modos de operación necesarios de forma que sea posible realizar los ensayos en cualquier momento sin necesidad de agregar sensores.

Adicionalmente deberán presentarse los resultados anteriores en el formato y condiciones utilizados en el informe adjunto "Medición parámetros característicos de turbinas hidráulicas y sus reguladores de velocidad – 1984.pdf" a modo de poder comparar con los parámetros originales.

Ver: "PT9 CAMMESA.pdf", "Medición parámetros característicos de turbinas hidráulicas y sus reguladores de velocidad - 1984"

24.6. Ensayos de Aceptación en Fábrica (FAT)

24.6.1. Generalidades

Antes del embarque de los equipos, los mismos deberán ser armados completamente en fábrica y el contratista deberá demostrar al cliente el buen

desempeño a través de ensayos sobre los mismos, mediante el cual se pondrá a prueba el funcionamiento integrado de todos sus componentes.

Se deberá ensayar el proceso completo de regulación para verificar las prestaciones globales. Para esto deberán contar con equipos hidráulicos de similar porte a los existentes en Salto Grande y que no serán parte del suministro, como por ejemplo: servomotores, válvulas, bombas, tanques. También deberán contar con la posibilidad de simular circuitos sencillos para ensayar subsistemas y/o emplear un modelo de simulación de la Central.

Todos los equipos a renovarse deberán formar parte de los ensayos, sean estos sensores, válvulas, controladores, etc. No se aceptará el uso de equipos similares ya instalados para evitar su montaje.

El contratista deberá presentar un Procedimiento de estos ensayos "Procedimiento de Ensayos en Fábrica del Sistema de Regulación de Velocidad" con una antelación no menor a 60 días de la fecha sugerida para el ensayo. Este procedimiento debe incluir esquemas de ensayos, esquemas de prueba, equipos a utilizar, métodos, errores permitidos, estándares, cronograma de tareas etc.

24.6.2. Ensayos de Rutina

El siguiente listado se adiciona a lo establecidos en las normas y no exime de la realización de los ensayos contenidos en las mismas. Se deberán realizar todos los ensayos establecidos en las normas con la excepción de aquellos que sean fuertemente influenciados por las características hidráulicas del sistema y por lo tanto carezca de sentido realizarlos. Dichos casos deberán acordarse previamente.

- Verificación de las características técnicas y de calidad del equipamiento (puestas a tierra, cerraduras, iluminación interior, pintura, etc.) de acuerdo a lo especificado en el apartado 19 y 20 de éste pliego
- Verificaciones mecánicas y visuales utilizando el procedimiento, diagrama eléctrico y esquema constructivo
- Medición de la resistencia de aislación de los circuitos de potencia y de control.
- Ensayos dieléctricos de acuerdo a Norma ANSI C34.2, NEMA o IEEE de los circuitos de potencia y de control.
- Ensayos funcionales de cada módulo de control-corrida de diagnósticos.
- Ensayo funcional de módulos interrelacionados mediante inyección de señales, para verificar la operación combinada
- Calibración de todos los módulos de control. Las curvas de calibración de cada unidad deberán ser suministradas al Comitente como parte de las instrucciones de operación.
- Chequeo de los todos los circuitos de alimentación (bus seguro de alimentación del SRV, bus seguro de alimentación del SPE, etc.)
- Carga del Firmware de los Controladores y demás programas de aplicación.

- Se deberá explicar y manipular los archivos de usuario necesarios para la operación y el mantenimiento del SRV (archivos de aplicación, archivos de parámetros, archivos de texto de los paneles de control, etc.).
- Demostrar la carga y descarga del archivo de aplicación utilizando las herramientas de Ingeniería correspondientes
- Demostrar los seteos de parámetros utilizando las herramientas de ingeniería correspondientes
- Explicar los parámetros básicos y sus asignaciones en los diagramas del software utilizando las herramientas de ingeniería correspondientes. Diagramas.
- Prueba funcional de los dispositivos de protección y señalización del SRV y el Sistema de Protección de Embalamiento (SPE). Los mismos deberán ser probados dentro de su rango de ajuste y en lo posible ajustados al valor final en fábrica.
- Prueba de señales analógicas y binarias del Sistema
- Verificación de las características Estáticas, Dinámicas, Estabilidad y Sobrepaso
- Verificación de las funciones de alarmas
- Verificación de la función combinatoria
- Verificación de las funciones adicionales
- Pruebas de los Modos de Control:
 - Modo de Control de Velocidad / Frecuencia
 - Modo de Control de Apertura
 - Modo de Control de Potencia
 - Modo de Mantenimiento
- Prueba de los Modos de Operación
 - Operación Local / Remoto
 - Operación Manual / Automático
 - Pruebas en Operación en lazo abierto
- Verificación de comandos:
 - On / Off
 - Subir / Bajar consignas de Frecuencia / Potencia
- Verificar transferencia entre canal 1 y canal 2 (Controlador 1 y Controlador 2)
- Prueba de ajustes de Potencia, Limitadores de Apertura, Límites operativos
- Verificación de las secuencias de arranque, parada normal, parada por protecciones hidromecánicas, parada por protecciones eléctricas etc.
- Verificación de las funcionalidades completas de la PC Industrial, HMI y HMISM
- Verificación completa de las llaves, Indicadores luminosos y pulsadores en el frente del TCRV.
- Verificación de la Protección contra el Embalamiento DPCE
- Verificación de las señales de todos los sensores.
- Prueba de la lógica de medición de las señales redundantes. Prueba de pasaje a modo manual etc.
- Verificación de mandos, ajustes, enclavamientos, protecciones, alarmas, etc. que no estén contemplados en ésta lista pero que el Contratista considere necesario realizar.

Para el caso de equipamiento independiente, como podría ser un sistema de aceite a alta presión independiente, estos equipos deberán ser ensayados bajo las normas específicas de su tipo de equipo. El Contratista deberá especificar las mismas con antelación.

24.7. Ensayos de Puesta en Servicio (SAT)

24.7.1. Generalidades

El ensayo para la puesta en servicio de cada equipo completo se realizará una vez concluido en el emplazamiento todas las tareas de montaje correspondientes. Para este tipo de ensayo se deberá poner el mayor cuidado para no afectar la generación ni el suministro de energía eléctrica a ambos países, estando supeditado a las condiciones de ese momento de la generación de la central.

El contratista deberá presentar un Procedimiento para estos ensayos "Procedimiento de Ensayos de Puesta en Servicio del Sistema de Regulación de Velocidad" coordinado con SG y aprobado formalmente por ella previo a la realización de los mismos. Este procedimiento debe incluir esquemas de ensayos, esquemas de prueba, equipos a utilizar, métodos, errores permitidos, estándares, cronograma de tareas etc.

Todos los diferentes ajustes a los sistemas de regulación y estabilización, deberán fundamentarse y realizarse en forma conjunta con el personal que SG designe para ello. Cualquier modificación en los ajustes con respecto a los definidos en la instancia de los ensayos FAT quedará supeditada a aprobación por parte de SG.

24.7.2. Ensayos previos a la Puesta en Servicio (generador detenido)

Una vez que se haya completado el montaje del equipo completo se deberán llevar a cabo sobre cada unidad detenida los siguientes ensayos, bajo la dirección del supervisor del Contratista:

- Verificación de la exactitud y de la calidad del montaje cumplido de acuerdo al pliego.
- Resistencia de aislación de todos los elementos.
- Verificación de las tensiones y polaridades de las fuentes de alimentación.
- Sistema de ventilación de los Gabinetes.
- Verificación del cableado en obra y puestas a tierra correspondientes.
- Control del funcionamiento de las etapas de protección y control de regulación.
- Disparo del SPE
- Control de los dispositivos de indicación y supervisión de operación de los equipos.

24.7.3. Ensayos de puesta en Servicio (SAT)

Éstos ensayos deben incluir los requerimientos de CAMMESA, en particular el Procedimiento Técnico N° 9.

Las pruebas de campo relacionadas con el circuito de potencia y frecuencia se enumeran a continuación:

- Configurar la medición del tiempo.
- Prueba de medición: Estática, Banda muerta y Tiempo de liberación (en línea con el PT N° 9 de CAMMESA).
- Operación en carga.
- Reducción instantánea de carga.
- Incremento instantáneo de carga.

Las pruebas de campo relacionadas con el funcionamiento general de las unidades generadoras se enumeran a continuación:

- 50 % de rechazo de carga.
- 72 horas de puesta en marcha con el 50 % y el 75 % de la carga nominal.
- 100 % de rechazo de carga.
- 72 horas de puesta en marcha con el 100% de carga.

Las pruebas de aceptación de campo definidas por IEEE se enumeran a continuación:

- Prueba de sincronización del accionador del control
- Prueba de amortiguación del control de velocidad del regulador
- Pruebas de tiempo muerto
- Prueba de rechazo de carga
- Pruebas de estabilidad en estado estable
- Prueba de rango de referencia de velocidad
- Prueba de control de límite de compuerta
- Prueba de control manual
- Prueba de respuesta de punto de ajuste en línea
- Prueba de paso de velocidad simulado en línea
- Pruebas de comunicación

Algunas de las pruebas de aceptación en campo definidas por IEC 60308 se enumeran a continuación:

- Verificación de los modos de funcionamiento: marcha en vacío, funcionamiento en red aislada, regulación de frecuencia-potencia. Se deberán imponer señales de ensayo definidas en coherencia con estos modos y se deben observar/registrar los cambios resultantes para los valores especificados, en todo el campo de funcionamiento, de forma que durante el proceso se pueden optimizar los ajustes de regulación. Los resultados de estos ensayos pueden utilizarse como valores de partida para compararlos con los resultados de los ensayos de mantenimiento que se llevarán a cabo durante la vida del equipo.

- Verificar la insensibilidad del regulador; teniendo en cuenta el apartado 4.3.2 de la Norma IEC 61362 (incertidumbres de medida aceptables).
- Determinar los parámetros del regulador. Si no se alcanza el comportamiento garantizado se deberá identificar la causa y consecuentemente examinar otras funciones que tengan influencia en el comportamiento del sistema de regulación. Estas funciones pueden incluir: masas, características en carga del generador e influencia de las fuerzas del regulador en los tiempos de actuación.
- Indicación de las deficiencias de regulación. Detección de los siguientes efectos:
 - Tiempos largos de ajuste de la variable regulada;
 - Tiempos de sincronización largos, excesivo amortiguamiento;
 - Deriva de los puntos de funcionamiento;
 - Cambios en las velocidades del actuador;
 - Oscilaciones inusuales (en marcha en vacío y/o en funcionamiento en red aislada, etc.);
 - Excesivas insensibilidades y/o efectos de histéresis;
 - Excesivas fugas (periodo de bombeo, temperatura del aceite, etc.).
- Identificación de las deficiencias. Verificar:
 - Medición de la Inestabilidad
 - Registro de la respuesta a una entrada en escalón / funciones transitorias (respuestas a una entrada en escalón unitario) mediante la aplicación de señales definidas en la entrada (señal de mando, variable controlada, frecuencia, etc.);
 - Determinación de las características de los servomotores;
 - Verificación de la ley de conjugación entre las palas del rodete y los álabes directrices en las turbinas Kaplan;
 - Identificación de posibles resonancias (tubo de aspiración, generador, etc.);
 - Mediciones para verificar los parámetros de la central;
 - Verificación de la seguridad global de la conducción hidráulica y del sistema de tuberías.
- Ensayo del sistema de interfaz del proceso: Verificar las señales eléctricas para la posición del actuador, velocidad, potencia, salto, etc. para:
 - Las características en circuito abierto e histéresis (posición del actuador);
 - La deriva nula y la sensibilidad a la temperatura;
 - Las interferencias;
 - El filtrado (potencia, nivel del agua);
 - La adquisición del valor límite;
 - La vigilancia de los fallos

- Ensayo de los Convertidores, Amplificadores y Actuadores (servo-válvulas, válvulas proporcionales etc.).
 - Caudal de aceite en función de la señal de mando y de la pérdida de carga. Debería hacerse para varias presiones distintas.
 - Verificación del tiempo muerto y las características dinámicas.
 - Verificación del disparo de emergencia
 - Verificar la señal vibratoria (de excitación)

24.7.4. **Conjugación Húmeda - Index Test**

Una vez finalizados los ensayos de puesta en servicio de la primera unidad se deberá realizar un ensayo de Index Test bajo las normas ASME PTC 18-2011, IEC 60041 con el fin de verificar las curvas de conjugación utilizadas. Estas deberán corregirse en todas las unidades en base a estos resultados, para esto deberá contarse con la aprobación previa de Salto Grande. El ensayo sobre la primera unidad formará parte de la oferta base, pero deberá cotizarse de forma opcional la realización del ensayo sobre todas las unidades. Salto Grande decidirá su realización en base al apartamiento verificado respecto a las curvas originales.