



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN ESP**

Especificaciones técnicas del sistema de excitación- central hidroeléctrica Bonyic de  
HIDROECOLÓGICA DEL TERIBE S.A.

**Contenido**

Pág.

<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>5</b>
1.1.	ALCANCE DEL CONTRATO .....	5
<b>2.</b>	<b>Condiciones del sitio de Instalación</b>	<b>7</b>
2.1.	LOCALIZACIÓN Y DATOS AMBIENTALES .....	7
2.1.1.	<i>Descripción general de la central y localización</i> .....	7
2.1.2.	<i>Características ambientales</i> .....	7
2.1.3.	<i>Condiciones sísmicas</i> .....	7
2.2.	PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	7
2.2.1.	<i>Diagrama unifilar y características del sistema</i> .....	7
2.2.2.	<i>Características de la máquina</i> .....	7
2.2.3.	<i>Suministro de servicios auxiliares</i> .....	7
2.3.	SISTEMAS DE EXCITACIÓN ACTUALES .....	8
2.3.1.	<i>Reguladores de tensión</i> .....	8
2.3.2.	<i>PT'S y CT'S</i> .....	9
<b>3.</b>	<b>Requerimientos Técnicos</b>	<b>9</b>
3.1.	NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS.....	9
3.2.	PRESTACIONES DEL SISTEMA.....	10
3.3.	REQUISITOS GENERALES PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	14
3.4.	VOLTAJES DE ALIMENTACIÓN .....	16
3.5.	CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS O CUBÍCULOS .....	17
3.6.	INTERFACES DE SEÑALES ELÉCTRICAS .....	18
3.7.	CABLEADO ESTRUCTURADO PARA COMUNICACIONES.....	18
3.8.	CONTROLADORES.....	21
3.8.1.	<i>Módulo de unidad central de proceso CPU</i> .....	23
3.8.2.	<i>Módulos de comunicación</i> .....	24
3.8.3.	<i>Módulos de alimentación</i> .....	24
3.8.4.	<i>Módulos de entrada y salida</i> .....	25
3.9.	SUICHES CAPA 2 Y CAPA 3.....	26
3.10.	IHMS.....	28
3.10.1.	<i>Interfaces de comunicación</i> .....	29
3.10.2.	<i>Almacenamiento IHM</i> .....	29
3.10.3.	<i>Software IHM</i> .....	29
3.10.4.	<i>Protocolos de comunicación IHM</i> .....	30
3.10.5.	<i>Funcionalidades de la IHM</i> .....	30
3.10.6.	<i>Software de aplicación y soporte IHM</i> .....	30
3.10.7.	<i>Licencias y Software</i> .....	32
3.10.8.	<i>Seguridad IHM</i> .....	32
3.11.	INSTRUMENTACIÓN .....	33
3.11.1.	<i>Generalidades para el suministro de la instrumentación</i> .....	33

3.11.2.	<i>Aspectos constructivos</i> .....	34
3.11.3.	<i>Alimentación disponible</i> .....	34
3.11.4.	<i>Tropicalización</i> .....	35
3.11.5.	<i>Sensores y transductores</i> .....	35
3.11.6.	<i>Indicadores de instrumentación local</i> .....	35
3.12.	INTEGRACIÓN AL NUEVO SISTEMA DE CONTROL MODERNIZADO .....	35
<b>4.</b>	<b>Especificación técnica para los sistemas de excitación para la central Bonyic</b>	<b>37</b>
4.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL REGULADOR .....	38
4.2.	REGULACIÓN Y ESTABILIDAD .....	40
4.3.	REQUERIMIENTOS TRANSITORIOS Y NOMINALES: .....	45
4.4.	TABLEROS DE POTENCIA .....	50
4.4.1.	<i>Interruptores de campo en DC, protección contra sobrevoltajes, sistemas de pre y des- excitación</i> 50	
4.4.2.	<i>Puentes de tiristores</i> .....	51
4.5.	TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN Y CABLES DE POTENCIA .....	54
4.5.1.	<i>Transformador de excitacion</i> .....	54
4.5.2.	<i>Cable para alimentar el campo desde el sistema de control de excitación</i> .....	54
4.5.3.	<i>Cable para alimentar el puente de tiristores desde el secundarios del trafo de excitación</i> ...	55
4.6.	TABLEROS DE CONTROL .....	55
4.7.	INTERFACES DE OPERACIÓN .....	61
4.8.	INTEGRABILIDAD DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN .....	64
4.9.	MONTAJE DE LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN .....	67
4.10.	MATERIALES PARA EL MONTAJE DE LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN.....	67
<b>5.</b>	<b>Características Técnicas Garantizadas</b>	<b>68</b>



## 1. Introducción

En este documento se definen los requerimientos y condiciones técnicas que los oferentes deberán tener en cuenta para la presentación de sus ofertas, y para el posterior cumplimiento del objeto del presente Proceso de Contratación.

Se especifica los requisitos técnicos para el sistema de excitación para la central hidroeléctrica de Bonyic perteneciente a HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A., con el propósito de mejorar las condiciones técnicas, tecnológicas y operativas de la central mencionada.

El alcance comprende la reposición del sistema de excitación excepto el trafo de excitación de las unidades 1, 2 y 3, el diseño, la Puesta en servicio hasta la entrega en operación comercial y la capacitación.

### 1.1. Alcance del contrato

Este proceso de contratación tiene como alcance general el DISEÑO, FABRICACIÓN, PROGRAMACIÓN, PRUEBAS EN FÁBRICA, EMBALAJE, SERVICIOS DE PERSONAL ESPECIALIZADO PARA MODELAMIENTO, PUESTA EN SERVICIO EN CAMPO, CAPACITACIÓN, ENTREGA DE LOS EQUIPOS Y REPUESTOS NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LA UNIDAD GENERADORA 1,2 y 3 DE LA CENTRAL BONYIC, según los alcances técnicos específicos que se desarrollan en este documento.

Las soluciones técnicas incluye el suministro de los equipos, gabinetes, cableado interno, materiales, instrumentos, interfaces, acoples, adaptaciones mecánicas de barras, adaptaciones eléctricas, electrónicas, de software y de comunicaciones, etc., que sean necesarias para la modernización e integración de los equipos objeto de este contrato y con los equipos existentes en la central, de acuerdo con los requerimientos y condiciones técnicas especificadas en los demás capítulos de este documento.

También incluye la ingeniería de detalle, dimensionamiento y calibración en fábrica de la instrumentación, ajuste de protecciones, programación y configuración de lógicas, enclavamientos, secuencias y demás configuraciones necesarias para el buen funcionamiento de dicho sistema.

Deberá incluir las Pruebas en fábrica FAT y pruebas en sitio SAT del sistema suministrado, de acuerdo con los requerimientos y condiciones técnicas especificadas en el Capítulo posterior de este documento.

- Servicios de personal especializado para las pruebas de puesta en servicio de los sistemas suministrados y capacitación, de manera que la unidad de generación opere correctamente bajo las condiciones descritas en este documento de referencia.

- Servicios de personal especializado para pruebas y modelamiento para la obtención del modelo matemático de los reguladores de tensión en el software DigSILENT Power Factory. El modelamiento matemático debe seguir los requerimientos establecidos en el acuerdo CNO 1825 de 2024 (o el que esté vigente en la fecha de realización): Por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación sincrónicas del SIN despachadas centralmente, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación
- Servicios de personal especializado para Pruebas auditadas de potencia reactiva y entrega del informe. Las pruebas auditadas deben estar acorde o seguir los lineamientos del Acuerdo 1586 de 2022 (o el que esté vigente en la fecha de realización) Por el cual se actualiza el procedimiento para la realización de las pruebas de potencia reactiva de unidades de generación sincrónicas despachadas centralmente.
- Suministro de las herramientas necesarias para la gestión, monitoreo y mantenimiento del hardware y software de los sistemas objeto de este contrato (computadores de gestión, licencias de desarrollo, cables de conexión, llaves de licencias, entre otros).
- Entrenamiento del personal de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A. en el módulo de operación, mantenimiento e ingeniería de los sistemas suministrados, según lo indicado en el Capítulo posterior de este documento.
- Entrega de la documentación del proyecto, según lo establecido en el Capítulo posterior de este documento.
- Suministro de los repuestos solicitados.

## 2. Condiciones del sitio de Instalación

A continuación, se indican las características eléctricas de los equipos existentes.

### 2.1.1. Características de la máquina

Actualmente, las unidades cuentan con generadores con las siguientes características:

**Tabla 1. Características de la máquina.**

Descripción	Sistema MV
Tipo de generador	Sincrónico
Potencia nominal	10.8 Mw
Factor de Potencia	0.9
Frecuencia, (Hz)	60 Hz
Tensión nominal	13.8 kV
Corriente nominal	502A
Voltaje de campo Nominal	116V
Corriente de campo nominal	487A
Voltaje de campo en vacío	42,24V
Corriente de campo nominal en vacío	259.89A
Constante de tiempo transitoria de eje directo en vacío: T'do	4.7412s
Resistencia de campo	R75=0.2025Ω R15=0.1633Ω

### 2.1.2. Suministro de servicios auxiliares

En la central se tiene disponible las siguientes tensiones para alimentación de los tableros y equipos:

**Tabla 2. Disponibilidad de servicios auxiliares.**

Descripción	Valor
Corriente alterna	120 V, +10/-15% , 220V y 480V
Corriente continua	Casa de máquinas y subestación:125 Voltios +10/-15%, dos hilos aislados de tierra

Descripción	Valor

Las fuentes de alimentación deben tener aislamiento galvánico entre las tensiones de entrada y de salida, medios de protección termo-magnética por el lado de baja y alta tensión para prevenir daños en el equipo, protecciones por cortocircuito y sobrecarga y filtros adecuados para evitar la entrada de ruido desde el sistema de alimentación, o que el equipo imponga ruido sobre éste.

## 2.2. Sistemas de excitación actuales

### 2.2.1. Reguladores de tensión

La central Hidroeléctrica Bonyic actualmente tiene instalado un sistema de excitación que controla el campo con las siguientes características

#### **Transformador de excitación(No forma parte del alcance, se conservará)**

Potencia=160KVA

Voltaje nominal=13,8Kv

Voltaje secundario=200V

Voltaje devanado terciario=380V

Símbolo de conexión=Yd11/y0

Transformadores de corriente Trafo de excitación=1000A/1A

El devanado secundario se usa para alimentar los puentes de tiristores. El devanado terciario se utiliza para alimentar los ventiladores de los puentes de tiristores.

#### **Control del sistema de excitación actual**

Regulador de tensión de doble canal y un tercer respaldo en el modo de corriente, con tres modos de operación(V,I,Qreactiva), limitadres,PSS, IHM.

#### **Modelo del sistema de excitación**

El modelo del sistema de excitación acorde a la norma IEEE 421.5, es el Type ST1A

#### **Potencia del sistema de excitación actual**

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

Regulador de tensión con doble puente de tiristores

Interruptor de campo lado DC

Crowbar

protección de sobretensiones antes del interruptor de campo

preexcitación por medio de un rectificador en DC alimentado de servicios auxiliares de 480Vac

Ventiladores para cada puente de tiristores y alimentados desde el trafo de excitación (Devanado terciario) y respaldados en alimentación desde servicios auxiliares de la planta

Generador de pulsos redundante

Amplificador de Pulsos Redundante

### 2.2.2. PT'S y CT'S salida Generador existentes

Transformadores de potencia a la salida del generador de 13.8Kv/120v

Transformador de corrientes a la salida del generador de 600A/1A

## 3. Requerimientos Técnicos

### 3.1. Normas técnicas aplicables a los equipos electrónicos

Los equipos que tengan características electrónicas de control, automatización y telecomunicación, deberán diseñarse y fabricarse en conformidad con las siguientes normas<sup>1</sup>.

- Publicación IEC 601010 "*Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use*".
- Publicación IEC 60512 "*Electromechanical components for electronic equipment; basic testing procedures and measuring methods*".
- Publicación IEC 60801 "*Electromagnetic compatibility for industrial process measurement and control equipment*".

---

<sup>1</sup>IEC (*International Electrotechnical Commission*), ISO (*International Organization for Standardization*), IEEE, ANSI, ITU-T (*Internacional Telecommunications Union*), CISPR (*Comité International Special des Perturbations Radioelectriques*), ISA (*Instrument Society of America*) y NERC (*North American Electric Reliability Corporation*).

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

- Publicación IEC 61000: *“Electromagnetic compatibility”*.
- Publicación IEC 61010-1: *“Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use. Part 1: General requirements”*.
- Publicación IEC 61131: *“Standard for programmable controllers”*.
- Publicación IEC 61508: *“Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safetyrelated systems”*.
- Publicación IEC 61850: *“Communication networks and systems in substations”*.

Las redes de comunicación deben cumplir con las siguientes normas:

- Publicación IEC 60794: *“Optic fiber cables”*.
- Publicación IEC 60874: *“Connectors for optical fibers and cables”*.
- Publicación ITU-T G.651: *“Characteristics of a 50/125 um multimode graded index optical fibre cable”*.
- Publicación *“IEEE 802.1: IEEE Standards for Local and metropolitan area networks”*.
- Publicación IEEE 802.3: *“IEEE Standard for information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications”*.
- Publicación IEEE 1613: *“Standard Environmental and Testing Requirements for Communications Networking Devices in Electric Power Substations”*.
- ANSI/ISA 18.2 Alarm Management Standar

Siempre que se haga referencia a una norma, se entiende que pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas, equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente especificación, sujeto a la validación de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A.. Las normas solicitadas deben ser la última versión publicada.

### 3.2. Prestaciones del sistema

A continuación, se describen las prestaciones relacionadas con el sistema de control de la central, que son válidas para los equipos solicitados en estas especificaciones.

**Seguridad y protección:** Los equipos deben estar diseñados de tal forma que, ante una falla en un elemento o un equipo cualquiera no resulte en una acción de control inadvertida o no deseada, en la pérdida de una función crítica o en la pérdida de una mayor parte del sistema de la que estrictamente sea afectada por la falla.

Los equipos deben cumplir con los requerimientos prescritos de inmunidad al ruido, condiciones de aislamiento y capacidad de absorción de transitorios, según las regulaciones de las entidades de normalización internacionales. Deben cumplir con la norma IEC 61508 en lo relacionado con los niveles de seguridad en sistemas eléctricos, electrónicos, unidades de control y actuadores. El nivel de integridad de seguridad (SIL) debe ser mínimo SIL 1 o equivalente.

Para protección del personal y de los equipos durante las operaciones de mantenimiento, se debe disponer de dispositivos de control con enclavamientos que permitan inhabilitar los circuitos.

**Diseño:** Todos los equipos eléctricos deben ser diseñados de acuerdo con la norma IEC 61010 “Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio”. Las tarjetas impresas deben cumplir los requisitos de la norma IEC 62326: “Tarjetas impresas”. Todos los equipos electrónicos programables, deben disponer de medios para conservar su programación en caso de interrupción de su alimentación auxiliar. Los equipos de procesamiento digital deben disponer de filtros “anti-aliasing”, de acuerdo con su frecuencia de muestreo.

Los equipos electrónicos deben cumplir los límites de generación de perturbaciones establecidos en la publicación CISPR 11 “Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics - Limits and methods of measurement” o equivalente.

**Mantenibilidad:** El diseño de los equipos debe ser modular, de forma tal que los problemas de mantenimiento puedan ser solucionados fácilmente mediante el reemplazo de los módulos enchufables que requieran ser sustituidos. Los equipos de control deben poseer funciones de supervisión para verificación de su propio funcionamiento. Para esto deben contar con programas de autochequeo y autodiagnóstico que permitan detectar la ocurrencia de una operación incorrecta del sistema y su localización, suministrándole al personal de operación y mantenimiento la información necesaria para la reparación de la falla. Se debe suministrar información completa acerca de los diferentes programas, pasos, criterios y condiciones a ser verificados para alcanzar este propósito.

**Capacidad y expansión:** La capacidad y dimensionamiento de los equipos deben estar de acuerdo con lo solicitado en las especificaciones. Los equipos deben tener un alto grado de modularidad, tanto en programación (software) como en sus elementos (hardware), para permitir cambios adicionales posteriores durante su vida útil. La expansión debe ser realizada mediante la adición de equipos y recursos sin requerir el reemplazo del equipo previamente instalado. Las expansiones podrán comprender principalmente la inclusión de funciones adicionales de control y supervisión que puedan ser necesarias o deseables posteriormente, así como la adición de nuevos componentes.

Se debe suministrar información detallada de la capacidad inicial de los equipos, la modularidad y la capacidad máxima de expansión de éstos. La expansión debe ser por lo menos del 30 % para las tarjetas y para el cableado.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

**Vida útil:** Los equipos suministrados por EL CONTRATISTA deben estar en la última versión de hardware y software en el momento de la puesta en servicio, de manera que se garantice que no entrarán en obsolescencia tecnológica en un período cercano, sino que se mantendrá su disponibilidad de repuestos en el largo plazo. Para tal efecto, EL CONTRATISTA deberá entregar el certificado oficial de ciclo de vida de los equipos suministrados. Si para los próximos 6 meses en entrada en servicio de este regulador el fabricante lanza al mercado una última versión, el sistema de excitación que se suministrará para la central Bonyic deberá ser esta última.

EL CONTRATISTA debe garantizar el suministro de repuestos de los equipos en un periodo mínimo de 3 años, a partir de la puesta en operación del mismo, ante una falla o por requerimiento de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A..

**Disponibilidad:** Los equipos deben tener los mayores índices de confiabilidad y disponibilidad, por lo tanto, EL CONTRATISTA debe presentar las memorias de cálculo que considere necesarias para modelar los índices de confiabilidad y disponibilidad del sistema y de sus componentes individuales. Debe presentar, los cálculos de disponibilidad para cada uno de los equipos que componen el sistema de control digital y para el sistema en conjunto, según el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparación (MTTR).

**Facilidades:** Los equipos electrónicos deben ser diseñados para permitir quitar y reemplazar fácilmente las tarjetas electrónicas, sin interferir con la operación de los demás equipos.

Para tal fin, es recomendable utilizar conectores que estén de acuerdo con lo estipulado en la publicación IEC 60603 *“Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards”* o un mecanismo similar.

**Requerimientos de seguridad:** La red de comunicación de la Central Hidroeléctrica es una red de comunicaciones independiente de la red corporativa, por lo tanto, los equipos suministrados deben aplicar las políticas de seguridad de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A., las cuales atienden a los siguientes requerimientos:

- Cumplir la política de seguridad de la información y ciberseguridad de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A..
- Cumplir la política de tratamiento de datos personales.
- Seguir la guía de Ciberseguridad del Concejo Nacional de Operaciones en su acuerdo 788. Si se realizaran modificaciones sobre este marco normativo en el transcurso de este proyecto, serán informadas al proveedor y se validará la posibilidad de implementación en caso de que se requiera.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

- Confidencialidad: Garantizar que única y exclusivamente el personal autorizado tenga acceso a la información.
- Integridad: La información no debe ser modificada por personal no autorizado.
- Disponibilidad: El sistema no puede indisponerse por personal no autorizado.
- Autorización: El sistema debe aplicar políticas de control de acceso.
- Autenticación: El sistema debe requerir como mínimo usuario y contraseña para cambios en las configuraciones, así como activación de comandos. En el caso de que los sistemas a suministrar cuenten con autenticación multifactor la misma podrá ser implementada, por solicitud de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A..
- Auditabilidad: Debe garantizar la posibilidad de reconstruir los sistemas, aplicaciones, históricos y demás elementos que conformen la solución. Se deben generar registros con el detalle de las actividades de acceso de las cuentas de usuario, estos registros al igual que los del sistema serán enviados al SOC de segunda generación de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A..
- Seguridad en la operación: los equipos deben incluir la función de selección antes de ejecución (*Select before Operate*) y de verificación antes de ejecutar la operación.

EL CONTRATISTA debe suministrar a HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A., los estándares y procedimientos de seguridad, respaldo de información, auditoría y contingencias para cada uno de los componentes del sistema. Estos deben incluir como mínimo:

- Seguridad de los aplicativos: roles y responsabilidades, configuración de usuarios, registros de auditoría y su interpretación, configuración y complejidad en contraseñas, puertos de salida autorizados y en general todos los elementos de seguridad de información que deban configurarse en los aplicativos. El esquema de autenticación centralizada debe realizarse usando un directorio activo, preferiblemente Active Directory de Microsoft.
- Seguridad de redes y comunicaciones: Incluye la configuración de VLANs y listas de control de acceso.
- Estrategia de gestión de control de cambios, auditoría y contingencia.
- Servicio de actualizaciones y parches de seguridad: incluye la implementación de las actualizaciones y parches de seguridad, dentro de los treinta días calendario, siguientes a la disponibilidad de los mismos. En caso de que la actualización o el parche de seguridad no puedan ser instalados por comprometer las prestaciones del sistema, se deben documentar las medidas compensatorias a ser aplicadas para mitigar la exposición al riesgo, teniendo como premisa siempre la disponibilidad del sistema.

- El proponente debe documentar el proceso para la actualización de las firmas de los sistemas antimalware. El proceso debe abordar la forma de instalación de las firmas y sus correspondientes pruebas y certificación antes del paso a producción.

**Interoperabilidad:** El sistema de control debe ser un sistema abierto que emplee productos comerciales de uso mundial y protocolos industriales que operen sobre estándares internacionales, debe garantizar la interoperabilidad con equipos de diversos fabricantes.

**Redundancia en comunicaciones:** Cada IED o controlador que hace parte de la jerarquía de control deberá comunicarse con la red de área local de forma redundante, de tal forma que, en caso de falla de uno de los enlaces de comunicación, de manera completamente automática, el equipo pueda continuar intercambiando información a través de la red de datos sin perder en ningún momento la comunicación.

### 3.3. Requisitos generales para equipos eléctricos, instrumentación y control

Todos los equipos, sistemas, accesorios, instrumentos, etc. deben ser de primera calidad, de última generación, robustos, para uso industrial, suministrados por fabricantes altamente reconocidos nacional e internacionalmente y deben ser aprobados por entidades reconocidas internacionalmente, tales como UL, FM, CSA, VDE o CE, además deben garantizar alto grado de seguridad, confiabilidad y continuidad de servicio.

Todos los materiales y equipos que se incorporen al suministro deben cumplir con las últimas revisiones de las normas de la ASTM, IEC, IEEE, ANSI, NEMA, VDE, UL o equivalentes en otros estándares internacionales ampliamente reconocidos.

Todos los equipos, cableado y elementos instalados en las celdas y tableros deben tener características retardantes a la llama y auto extinguidos, de baja producción de humo y de gases tóxicos.

Los equipos y sistemas deben ser seleccionados considerando factores externos tales como: Ruido eléctrico, interferencias electromagnéticas, áreas de instalación (ambientes corrosivos y abrasivos), grado de protección y tipo de cerramiento, acorde con las designaciones que se enuncian en las normas NEC, NTC y NFPA, de modo que se garantice estabilidad, confiabilidad y precisión en la medición de las variables y en el control de los procesos.

Los diferentes equipos deben operar al 50-60%, de su capacidad máxima (capacidad de procesamiento y memoria interna), esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema ante posibles avalanchas.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

Los equipos electrónicos deben conservar su programación en caso de interrupción de la alimentación y no perder el registro de eventos en el mismo caso.

Los equipos del sistema de control deben permitir el acceso remoto vía WEB SERVER a través de la red propia del sistema o mediante acceso remoto a través del firewall, para realizar funciones de diagnóstico y programación. El diagnóstico debe permitir la identificación de las condiciones anormales de funcionamiento o de operación en los equipos y sistemas de la planta: mensajes de alarma, fallas de equipos como sensores o actuadores, violación de límites operativos, entre otros.

El software para supervisión y gestión de los equipos debe tener las siguientes funcionalidades:

- Medios para monitorear los programas de aplicación del usuario
- Medios para verificar la validez de los datos intercambiados
- Medios para chequear la operación de las fuentes de alimentación.
- Medios que permitan monitorear el estado de las unidades centrales de procesamiento, memorias, módulos de comunicaciones, módulos de entrada y salida, alimentaciones y en general todos los elementos y módulos que constituyen los IEDs.

Todos los equipos de control, medida, instrumentación, actuadores eléctricos y redes de datos deben ser suministradas con protección contra sobrecargas y transitorios. Los controladores deben contar con protección contra transitorios tanto en la fuente como en los módulos de I/O análogos y digitales.

Los instrumentos de medida y dispositivos de control deben estar provistos de elementos de disparo automático, deben disponerse de tal forma que cuando fallen éstos o el suministro de energía, el equipo controlado sea llevado automáticamente a una condición de operación segura. Ante una falla en un controlador, este no debe cambiar el estado de las salidas; cuando se recupere la falla, el controlador debe mantener las salidas en el estado previo a la falla, es decir, deben ser "fail safe".

**Compatibilidad electromagnética:** Los equipos que EL CONTRATISTA suministrará serán instalados en sitios sometidos a un alto campo electromagnético, por tanto, los equipos electrónicos deben cumplir con lo estipulado en la publicación IEC 61000: "Electromagnetic Compatibility (EMC)" y deben ser aptos para soportar las pruebas de descarga electrostática y de perturbaciones de campos electromagnéticos radiados que se estipulan en las normas IEC 60255-22-2 e IEC 60255-22-3, o normas equivalentes, como se detalla a continuación:

- Prueba de descarga electrostática, nivel 3: 8kV
- Prueba de campo electrostático radiado, nivel 3: 10V/m

**Capacidad de soporte de alta tensión:** El equipo electrónico debe cumplir plenamente con las pruebas de aislamiento y de perturbación oscilatoria amortiguada a 1 MHz, de acuerdo con las

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

prescripciones de las normas IEC 255-5 e IEC 255-22-1 respectivamente, niveles de severidad III y II o equivalentes.

**Capacidad de soporte de esfuerzos mecánicos:** El equipo electrónico debe cumplir plenamente con las pruebas de vibración y choque, de acuerdo con las normas IEC 255-21-1 e IEC 255-22-2 o equivalentes.

**Operación en ambientes robustos:** Los equipos objeto de esta contratación, se instalarán en ambientes de alta temperatura y humedad, por lo tanto, los equipos, instrumentos, materiales y componentes que puedan favorecer el crecimiento de hongos y otros parásitos, o que puedan estar sujetos a deterioro por alta humedad, deben poseer las características de hardware necesarias, para trabajar en estos ambientes industriales. Todos los bornes, contactos, terminales y barras deben ser protegidos adecuadamente con revestimientos metálicos o fabricados con un material resistente a las condiciones ambientales; las cajas metálicas eléctricas expuestas deben ser fabricadas en metales resistentes y protegidas con pinturas epóxicas anticorrosivas. Las cajas metálicas y tableros se deben suministrar con calefacción eléctrica. La construcción de cajas y tableros debe realizarse de tal forma que asegure una circulación efectiva de aire para eliminar la formación de bolsa de aire caliente y la condensación de humedad al interior del tablero.

### 3.4. Voltajes de alimentación

En los diseños de los sistemas electrónicos se debe tener en cuenta la norma “STD IEEE 1100 Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment”, y la norma “IEEE Std 1050 - IEEE Guide for Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations”.

Para alimentar los diferentes equipos, HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A. garantizará en las zonas de casa de máquinas y subestación 125 Vdc y 120 Vac regulados y no regulados. También se dispone de 220Vac y 480Vac. Cualquier otra polaridad requerida, debe ser adaptada por EL CONTRATISTA. Los computadores del sistema de control, impresoras y servidores, que normalmente poseen alimentación a 120 Vac, 60 Hz, se alimentarán desde sistemas ininterrumpidos de potencia (UPS).

Las fuentes de alimentación propias de los equipos, deben tener aislamiento galvánico entre las tensiones de entrada y de salida, medios de protección por bajo y alto voltaje para prevenir daños en el equipo, protecciones por cortocircuito y sobrecarga, filtros adecuados para evitar la entrada de ruido desde el sistema de alimentación, o que el equipo imponga ruido sobre éste y cumplir con la última edición de las normas ANSI/IEEE C37.90, IEC 60801 e IEC 61000 respecto a la capacidad para soportar sobre voltajes.

En todos los sistemas que se tengan equipos principales y de reserva, dichos equipos deben ser alimentados independientemente y como criterio general, conectados a circuitos independientes. El circuito de control común debe ser conectado a una fuente de 125 Vcd. Los tableros eléctricos y

de control que cuentan con calefacción, iluminación, y tomas se alimentarán a 120 Vca no regulados. Para equipos de potencia se encuentra disponible 480 Vac.

El CONTRATISTA deberá suministrar todas las fuentes internas necesarias para la alimentación de sus equipos. Estas fuentes deberán estar provistas de contactos de alarma por fallas para señalización local y/o remota. Las fuentes internas deberán ser redundantes.

EL CONTRATISTA deberá validar con HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A. la disponibilidad de la tensión requerida para la alimentación de los diferentes equipos objeto de este suministro, según el sitio de instalación y la capacidad de los sistemas regulados y no regulados de AC y DC.

### 3.5. Construcción de tableros o cubículos

La construcción y ubicación de todos los paneles, tableros y cubículos, debe considerar las previsiones para garantizar la inspección y mantenimiento de todos sus componentes, considerando los elementos de alce para facilitar su montaje o remoción en caso de ser necesario. Deben ser diseñados y construidos de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas:

IEC 60439-1	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies.
IEC 60297-1	Racks, panel and. Associated Equipment. Dimensions of mechanical structures of the 482.4 mm (19in) series
IEC 60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
ASTM D1535	"Standard Practice for Specifying Color by the Munsell System"
ASTM D2197	"Standard Test Method for Adhesion of Organic Coatings by Scrape Adhesion"
ASTM B539	" Standard Test Methods for Measuring Resistance of Electrical Connections (Static Contacts)"
NTC 3608	"Especificaciones técnicas para armarios, cajas de dispersión, gabinetes y pedestals para redes de telecomunicaciones"
ISO 9001	Sistema de gestión de Calidad.

ISO 14000            Normas internacionales de gestión ambiental

IEV                    International Electrotechnical Vocabulary

IEC 6094            Low-voltage switchgear and controlgear

ANSI/IEEE C37.21    Standard for control switchboards

NEMA 250           Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)

Los ensambles metálicos deben ser rígidos, reforzados, libres de abolladuras, rayones, huecos y defectos en general y serán indeformables por el peso de los equipos. Los bordes deben ser laminados formando un ángulo y las esquinas serán soldadas y pulidas suavemente. Para uso interior deben contar con grado de protección IP54 o superior. Color RAL 7035.

Los tableros, paneles y cubículos de fuerza, instrumentación y control deben suministrarse con sellos que permitan la confinación y eviten la propagación de humo y fuego.

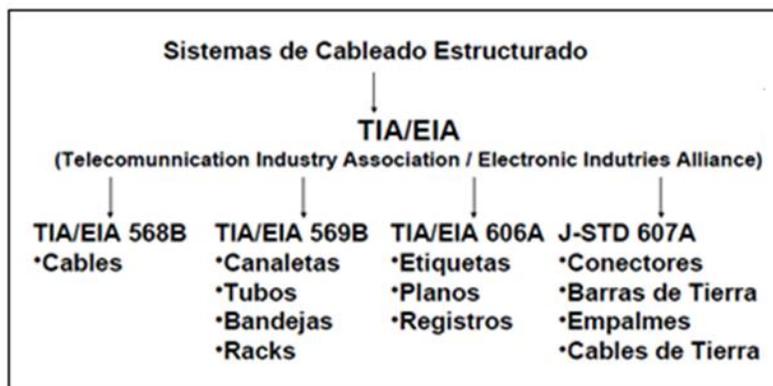
### **3.6. Interfaces de señales eléctricas**

Las interfaces para control, señalización y alarma de los equipos de control deben realizarse por medio de opto acopladores o contactos libres de tensión de relés auxiliares, los cuales deben cumplir los requisitos establecidos en las publicaciones IEC 60255-0-23 e IEC 61810-1.

### **3.7. Cableado estructurado para comunicaciones**

El diseño del alambrado interno del tablero y la posterior conexión entre equipos y sistemas debe corresponder con las normas de cableado estructurado identificadas en la siguiente figura.

**Figura 1. Normas representativas cableado estructurado**



Al interior de los gabinetes deben ser instalados ODFs y Patch Panels de tamaño acorde con los equipos a comunicar y de tipo de sobreponer, de tal manera, que permitan la segmentación del cableado. Todos los equipos deben ser suministrados con sus respectivos Patch Cords de fibra óptica o eléctricos, los cuales deben estar debidamente conectados al ODF o Patch Panel.

El cableado dentro gabinetes y/o paneles debe ser canalizado por medio de canaletas plásticas y el uso de organizadores horizontales y verticales.

Los patch panel y ODFs de 24 o más puertos serán usados en los tableros de comunicación. En los demás casos se debe emplear patch pannel y ODFs con menor capacidad en puertos y de montaje superficial (según lo requerido para cada tablero).

**Patch cord eléctrico:** Todos los equipos deben ser suministrados con sus respectivos patch cord de cobre, empleando cable S/FTP CAT 6A o superior, 4x2 23-26 AWG de color azul, blindado, terminados en sus extremos con terminales RJ45 de categoría 6A o superior, debidamente conectorizados, sin que presenten daños o pérdidas por una mala conectorización. Los patch cord deben estar conectados a los respectivos patch panels.

Debe cumplir con las normas ANSI/TIA-568-C.2, ISO/IEC 11801 Clase EA, ANSI/TIA-1096-A, listado cULus.

**Patch cord de fibra óptica:** Todos los equipos deben ser suministrados con sus respectivos patch cords de fibra, debidamente conectados a los ODFs. Los patch cord que se suministren deben ser multimodo OM2/OM3 50/125um, conectorizado (excepto en los casos en que específicamente se requiera fibra óptica monomodo), preferiblemente tipo **LC-LC macho**, sin que presenten daños o pérdidas por una mala conectorización. Serán del tipo dúplex, con chaqueta de 3mm para red interna, sin ningún tipo de empalme, ensamblados y probados en fábrica, flexibles y resistentes a la corrosión. Cada patchcord se debe entregar certificado de fábrica, evidenciando su correcta construcción.

Deben cumplir con la norma TIA/EIA-568-C.3. Pérdida por inserción 0.10dB típico y máximo 0.3dB. No se aceptarán patch cords hechos manualmente.

**Convertor de medio (transceiver) 10/100MBIT RJ45 / FO LC:** Convertor de medio, tipo eléctrico Ethernet 10/100 Mbit con conector RJ45 a fibra óptica multimodo o monomodo según se requiera con conector tipo LC preferiblemente. Debe ser tipo industrial, apto para instalarse al interior de gabinetes de control, libre de ruidos y aislado ópticamente.

**Patch panel 24 puertos:** Los patch panel 24 puertos deberán ser organizadores de redes de cobre, tipo herraje blindado con capacidad para 24 puertos, que admitan todos los conectores estilo QuickPort, debe tener números de puerto, barra de manejo de cables posterior, arandelas para conexión a tierra, debe contar con placa de acero inoxidable para darle continuidad a la tierra entre el panel y los conectores. Deben incluir los 24 jacks Cat 6A, blindados tipo quickport y autoponchables, etiquetas, sujetadores y todos los accesorios necesarios para la instalación.

Debe soportar terminaciones de cable 22-26AWG, 100Ω y cumplir con el código de colores T568A y B.

Debe cumplir con las normas ANSI/TIA-568-C para Cat 5e, Cat 6, y Cat 6A, ANSI/TIA-1096-A (antes FCC parte 68).

**ODF 24 puertos tipo LC:** Los ODF de 24 puertos, deberán ser organizadores de fibra óptica metálicos, para instalación en Rack de 19", para una terminación o empalme de fibra de alta densidad, anillos de fibra apilables y ajustables que simplifican la organización de los cables, con cubiertas delantera y posterior extraíbles que faciliten el acceso al interior de la caja.

Debe tener capacidad para veinticuatro (24) puertos dúplex (48 hilos) tipo LC Multimodo MM o Monomodo SM, bandejas porta empalmes, protectores de empalme, pigtails simplex LC MM OM2/OM3 50/125um o SM según se requiera, protectores de empalme para fusiones, etiquetas, sujetadores y todos los accesorios necesarios para la instalación.

Los organizadores tendrán la resistencia mecánica para soportar fibras ópticas que contengan hasta 48 hilos sin deformarse o desplazarse del punto de instalación inicial por el peso de los cables y los accesorios.

Deben cumplir con las normas y especificaciones ANSI/TIA 568.C, ANSI/TIA 606-A.

**ODF de sobreponer:** Los ODF en sobreponer deberán ser organizadores de fibra óptica, tipo caja de montaje superficial - MOS (de sobreponer) en material tipo ABS autoextinguible o similar, para cableado estructurado en fibra óptica, e instalación al interior de tableros de control y protección. Serán utilizados en la organización y conectorización de las fibras ópticas que van desde los diferentes tableros de control y protección, hasta tableros concentradores.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

En el ODF se deberá efectuar la terminación de los cables de fibra óptica de manera que cada una de las fibras termine en un conector, deberá contar con una cubierta desprendible, que exponga las fibras y sus empalmes y permita la manipulación de las fibras sin que se requiera su retiro o desconexión.

Deberá tener capacidad para albergar mínimo seis (6) puertos dúplex - 12 hilos de fibra óptica, empalmadas por fusión y protegidas en los pigtailes para evitar daños en la manipulación, debe incluir los acopladores LC dúplex, módulos tipo quickport, Pigtailes simplex LC.

Deberá suministrarse con protección de los empalmes fusionados de fibra, etiquetas, sujetadores, protectores de cable, además debe contar con el espacio disponible y los accesorios necesarios para reserva de fibra en la bandeja de empalme y reserva de longitud extra de pigtail en el distribuidor.

Deberá contar con la adecuada resistencia mecánica para soportar los hilos sin deformarse o desplazarse del punto de instalación inicial por el peso de los cables y los accesorios.

Debe cumplir con las normas y especificaciones ANSI/TIA 568.C, ANIS/TIA 606-A.

### **3.8. Controladores**

Los controladores, módulos y demás accesorios del sistema de control, deben cumplir con las características técnicas especificadas en este numeral y con la última edición de las normas ANSI, NEMA, IEC e IEEE, principalmente las ANSI/NEMA ICS 1 a 6, ANSI/IEEE C37.1, IEC 61850.

El sistema debe incluir el software necesario para realizar la configuración, diagnostico en línea y simulación de las señales tanto físicas como lógicas, de los equipos a suministrar.

Los controladores deben incluir todos los módulos necesarios para su operación tales como: CPU, módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, fuentes de alimentación, módulos de comunicación y cualquier otro módulo necesario para operar satisfactoriamente los sistemas que controlan de acuerdo con las presentes especificaciones.

Debe ser un sistema modular tanto en software como en hardware. Los diferentes módulos y tarjetas que conforman el controlador deben ser montados en un bastidor y deben ser conectados a través de un bus en la parte posterior mediante una tarjeta de circuito impreso. No se aceptan conexiones entre tarjetas del rack mediante cables.

Los módulos se deben poder instalar o retirar en caliente sin afectar la funcionalidad o estabilidad del equipo. Todos los módulos deben poder ser instalados o retirados sin producir disturbios en las tarjetas adyacentes o en el cableado de campo. Los módulos deben ser diseñados de manera tal que eviten daños o malas operaciones si son instalados en el lugar equivocado.

El equipo debe permitir expansión de la capacidad de módulos de entrada y salida, y se deben considerar al menos una disponibilidad del 30% adicional aprovisionadas y listas para operar.

Los módulos de entradas y salidas digitales deben ser aislados galvánicamente mediante optoacopladores o relés de interposición.

Las salidas digitales deben ser mediante relés auxiliares, con la capacidad requerida para manejar adecuadamente los niveles de tensión y corriente de las cargas a maniobrar.

Las memorias donde se almacenan los programas, parámetros y datos permanentes deben ser del tipo no volátil.

Debe contar con el sistema de supervisión del tipo watchdog, con capacidades de autodiagnóstico y autochequeo, con señalización local y/o contacto para señalización remota. Este sistema debe anunciar fallas de hardware y software, fallas en tensiones internas, memorias, procesador, sistemas de entradas y salidas, módulos de extensión, verificación de los programas, manejo de datos, interfaces y equipos periféricos del sistema.

El sistema de supervisión debe satisfacer como mínimo lo siguiente:

- El procesador debe tener sus propias rutinas de prueba que supervisan hardware y software respectivamente.
- En el arranque el procesador debe verificar la memoria del sistema, las tarjetas de entradas y salidas y los programas. En el caso que se detecte un error, el procesador transmitirá un mensaje de error y el equipo no debe arrancar.
- Todo el sistema operativo debe ser supervisado continuamente. Si hay un error del procesamiento, el procesador y el hardware periférico se bloqueará, lo cual significa que todos los relés de salida se desactivan y las salidas analógicas toman el valor 0.
- El sistema debe también supervisar la fuente de alimentación de forma que, si hay un error, se bloquea el procesador y se deshabilita el hardware.

El sistema operativo del equipo debe permitir la operación multitarea.

El lenguaje de programación del controlador debe cumplir con el estándar IEC 61131-3 o permitir lenguajes de bloques de funciones y texto estructurado.

El controlador debe llevar a cabo la función de contador horario para el registro del tiempo de servicio de equipos como bombas, compresor o ventiladores. El contador debe ser ajustable y de por lo menos 7 dígitos. El número de arranques y tiempos de operación se debe registrar y almacenar en archivos exportables.

Debe disponer de un puerto para la conexión de una terminal portátil de operación, para programación, diagnóstico y prueba. El controlador debe permitir la programación por medio de un computador personal de tipo portátil con sistema operativo bajo Windows de forma local o remota, a través de la red. Todo el software necesario para efectuar la programación debe ser suministrado, con sus respectivas licencias.

Los controladores deben tener fuentes de alimentación redundante, una fuente debe ser en DC y la otra debe ser de AC. Además, deben tener doble canal de comunicaciones nativos en protocolo

Modbus TCP/IP y debe soportar redundancia de tipo Hot – StandBy o Hot - Hot. En el caso de implementar redundancia Hot-Hot se deberá suministrar los elementos y programación necesaria para integrar los equipos con el sistema de control

Los controladores deben permitir modificaciones en línea de variables y secciones de programa sin afectar el proceso.

El módulo de CPU debe incluir las memorias de tipo EPROM y RAM de acuerdo con las aplicaciones y funciones solicitadas. Las memorias RAM donde se almacenan los programas, parámetros y datos permanentes deben tener alimentación de respaldo por baterías, con una duración mínima de 5 años y sistemas de detección de baja carga.

Los controladores deben contar con señalización a través de LED's, display, o remotamente de las siguientes señales:

- Puerto Ethernet en falla
- Puerto Ethernet en modo RUN
- Actividad de RX/TX
- Falla de la batería de la RAM (si está disponible)
- Alimentación
- Indicación de cada una las señales de I/O activas

Los controladores, deben estar diseñados para operar en un rango de temperatura de 0 a 60°C aproximadamente y una humedad relativa del 95%.

Los controladores deben contar con los enclavamientos, medidas, secuencias y señalizaciones necesarias para ejecutar el control local manual, automático y remoto, de los equipos asociados y realizarán la adquisición y validación de las señales de indicación, alarma y medida.

Los controladores deben ser suministrados para montaje sobre riel DIN o bastidor.

### **3.8.1. Módulo de unidad central de proceso CPU**

El microprocesador debe ser de gama alta, de tecnología más reciente del mercado en el momento de presentar la oferta, debe tener una capacidad de direccionamiento y un ciclo de instrucción apropiados para cumplir con las funciones de regulación y control. Con una estructura de palabra mínima de 32 bits más signo, con capacidad de ejecutar instrucciones complejas en tiempos de nanosegundos y manejo de interrupciones externas.

Debe disponer de una memoria no volátil para los programas operativos del sistema y una memoria para los datos y parámetros del proceso.

El controlador de unidad debe permitir la sincronización de tiempo por medio del protocolo IRIG-B o NTP/SNTP y opcionalmente PTP. La precisión de la estampa de tiempo debe ser igual o menor a 1ms.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

### 3.8.2. Módulos de comunicación

El sistema debe contar con los módulos de comunicaciones necesarios para:

a) Conexión a la red de control redundante mediante interfaces de comunicación independientes, puerto óptico de tipo multimodo o eléctricos RJ45, 10/100/1000 Base TX/FX (preferiblemente puerto óptico), en el caso opuesto se deben suministrar los respectivos conversores óptico-eléctricos.

Estos módulos deben manejar en forma autónoma, el tráfico de datos por la red local, descargando así de la unidad central de proceso esta función.

Los controladores deben soportar protocolo de comunicación Modbus TCP/IP en operación maestro y esclavo o su equivalente Cliente-Servidor. Estos protocolos deben ser nativos, no se permite el uso de Gateway o conversores de protocolo externos. Módulos de alimentación.

Las fuentes de alimentación del controlador deben ser redundantes, para conexión a circuitos de alimentación externos independientes.

El voltaje disponible para la alimentación del equipo será de 125 Vdc, tomado del sistema de corriente continua de la central y de 120 AC tomado de los servicios esenciales de la planta . La alimentación debe ser redundante. Los dos alimentadores conjuntamente se podrán acoplar en una fuente de tensión ininterrumpida para que en caso de falla de una fuente esta no afecte la operación normal del sistema. Debe disponerse de un contacto para indicación de falla suministro de tensión e indicación de falla del módulo de alimentación. En el caso de que los equipos operen a un nivel de tensión diferente al disponible, para esta tensión se deberán emplear fuentes de alimentación redundantes provistas de contactos de falla y señalización local.

El sistema debe estar equipado con las fuentes de alimentación internas necesarias para alimentar todos los componentes que lo constituyen, con la capacidad suficiente para suministrar la potencia requerida por el equipo.

Si se requiere disponer de fuentes de alimentación independientes a las del controlador para la alimentación de la instrumentación conectada a este, dichas fuentes deben ser redundantes y conectadas en paralelo mediante circuitos que eviten que la falla en una afecte a la otra o a los circuitos que se alimentan.

Las fuentes de alimentación deben poseer aislamiento galvánico entre las tensiones de entrada y de salida, tener medios de filtrado y elementos y circuitos de protección por sobrecarga, cortocircuito y sobre/baja tensión para prevenir daños en el equipo. Estos dispositivos deben incluir alarmas para indicación local y/o remota.

### 3.8.3. Módulos de entrada y salida

El sistema debe ser flexible, de fácil modificación y ampliación, las entradas y salidas deben suministrarse montadas en tarjetas que puedan ser instaladas y removidas fácilmente.

a) Entradas Digitales: Estos módulos deben ser empleados para la entrada de señales del proceso tales como indicadores, alarmas, estados de equipos, etc.

Las señales serán recibidas directamente del proceso mediante potenciales de 125Vcd (preferiblemente), 24Vcd o 48Vcd (estos casos solo se deben presentar cuando la instrumentación del proceso no permita emplear 125Vcd), sin requerir relés de interposición, por lo que cada una de las entradas debe ser aislada galvánicamente, por medio de optoacopladores para recibir los niveles de potencial anteriores y debe ser protegida por rebotes de los contactos por medio de filtros.

Los módulos deben estar en capacidad de detectar alarmas y cambios de estado momentáneo y deben poseer filtros de tiempo con el fin de prevenir indicaciones dobles o posiciones indefinidas.

Los módulos de entrada digitales deben realizar la marcación de eventos directamente en cada entrada digital, con una resolución y precisión igual o menor a 1ms en el caso de las variables que indican actuación de protecciones, las demás variables podrán tener una estampa de tiempo con precisión igual o menor a 10 milisegundos sincronizadas directamente por el controlador.

Los módulos deben tener indicación del estado operativo de las entradas por medio de LEDS y funciones de supervisión del circuito de la entrada.

b) Entradas Análogas: Se utilizarán para la adquisición de las señales provenientes de los transductores y transmisores que entreguen señales de 4-20mA.

Las entradas análogas deben estar equipadas con las protecciones adecuadas para garantizar que los transcientes y oscilaciones inducidas no dañen los módulos de entrada o los componentes que los integran, de acuerdo con los requerimientos de la Norma ANSI C37.90. Por lo tanto, cada módulo de entrada analógica debe ser suministrado con su propio convertor análogo/digital, circuitos de control y multiplexaje, de tal manera que si se presenta un daño en la parte común de una tarjeta no se extienda a los demás módulos, igualmente si se presenta un daño en el circuito de una señal individual, no se deben afectar las demás señales del módulo al cual está conectado, señalizaciones de falla deben ser provistas en la parte frontal de cada módulo.

Los convertidores (análogo/digital (A/D) deben tener una resolución mínima de 12 bits

El equipo debe contener funciones de supervisión, de cada una de las señales análogas y debe reportar sus fallas.

c) Salidas Digitales: Las salidas digitales deben ser por medio de relés de interposición, mediante contactos libres de potencial, que a su vez sirvan de aislamiento galvánico entre el equipo y el proceso. Los relés de salida deben tener la capacidad requerida para operar las cargas de los equipos

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

que accionan. Las bobinas de los relés deben ser alimentadas internamente y los contactos tendrán la alimentación del circuito exterior, con valores de 125 Vcd típicamente.

Los módulos deben tener indicación del estado operativo de las salidas por medio de leds y funciones de supervisión del circuito de la salida y reportar sus fallas.

Los módulos deben estar en capacidad de generar por software diferentes tipos de salidas a través de sus relés como son: Contactos con tiempos de activación ajustables, salidas con enclavamientos (Latching type), trenes de pulsos ajustables, salidas codificadas, etc. Según sean las necesidades de los equipos a controlar.

d) Salidas Análogas: Estos módulos deben entregar señales independientes, aisladas galvánicamente y seleccionables para salidas de corriente de 0 o 4 a 20mA y de voltaje de 0 a  $\pm 10$ Vcd.

Los módulos deben tener conversores análogo/digital de al menos 12 bits.

Deben tener la potencia requerida para la alimentación de los equipos a conectar e incluir los amplificadores en caso de ser necesario. Las salidas deben ser a prueba de cortocircuito y permitir una impedancia de circuito hasta de 600 Ohm.

Cada módulo debe tener su propio convertidor digital/análogo de tal manera que los daños en una tarjeta no se extiendan a los demás módulos; igualmente un daño en el circuito de una señal individual no debe afectar las demás señales del mismo módulo.

e) Entradas para señales de RTD: Se utilizarán para la adquisición de las señales provenientes de las RTD de platino 100 Ohm, que entregan señales directas al controlador, para conexión a tres hilos, sin emplear transductores.

Las entradas deben estar equipadas con las protecciones adecuadas para garantizar que los transcientes y oscilaciones inducidas no dañen los módulos de entrada o los componentes que los integran, de acuerdo con los requerimientos de la norma ANSI C37.90

### **3.9. Suiches capa 2 y capa 3**

Estos equipos serán los encargados de garantizar la conectividad entre los diferentes dispositivos de la red de gestión, sincronización y control, dentro de los cuales esta el controlador y la IHM del regulador de tensión.

Deben ser equipos de tipo industrial, diseñados y fabricados para operar en condiciones ambientales exigentes como las de las centrales de generación. Los equipos deben poder operar en un rango de temperatura de 0°C a 60°C, en condiciones de alta humedad propias de una central hidroeléctrica y sometidos a vibraciones constantes.

Los equipos deben suministrarse completos, con todos los puertos, transceivers o convertidores de medio y fuentes requeridas para garantizar su correcta operación.

Los equipos deben ser modulares, de manera que permitan realizar adiciones o cambios en todos o algunos de los puertos, mediante la inserción de módulos o tarjetas SFP o similares. La inserción y/o retiro de módulos o tarjetas debe poder hacerse por personal de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A., en el sitio donde están instalados los equipos, sin que se requieran herramientas especializadas y sin que esto implique ningún cambio en las condiciones de garantía de los equipos.

Las interfaces ópticas deben usar conector LC, Las interfaces eléctricas deben usar conector RJ45. Todos los puertos deben operar en configuración full-duplex.

La hora de los equipos suministrados debe poder ser sincronizada usando protocolo SNTP.

Los equipos suministrados deben ser gestionables, estos deben almacenar información de todos los eventos relevantes ocurridos, tales como: falla y restablecimiento de enlaces, tormentas de broadcast detectadas, intentos de acceso no autorizado, reinicio del equipo, etc. Estos eventos deben almacenarse con la fecha y hora de ocurrencia, en una memoria no volátil, de modo que el log pueda consultarse aún después de haberse apagado el equipo.

Los equipos suministrados por EL CONTRATISTA para la funcionalidad de Suiche Ethernet deberán ser de la misma marca y de referencia similar.

Los suiches de capa 2 deberán soportar todos los protocolos y herramientas descritos en la siguiente tabla de "Protocolos y herramientas requeridos para Suiches de comunicación capa 2" y garantizar la conectividad con los otros equipos de red:

**Tabla 3. Protocolos y herramientas requeridos para suiche de comunicación capa 2**

FUNCIONES Y PROTOCOLOS	CARACTERÍSTICAS
<b>Protocolos Capa Física</b>	10/100/1000 Base-Tx (802.3u)
	100/1000 Base-Fx (802.3u) Multimodo y 100/1000 Base-LX (802.3z) (Monomodo)
	Auto-negociación (802.3 Sección 28)
	IEEE 802.3ad LACP
<b>Funciones y Protocolos Sistema Operativo</b>	Rapid Spanning Tree Protocol (802.1w)
	Calidad de Servicio QoS (802.1p) con al menos 4 colas de prioridad
	Control de acceso por puerto (802.1x)

FUNCIONES Y PROTOCOLOS	CARACTERÍSTICAS
	VLAN (802.1q), con al menos 250 VLAN de 1 a 4096
	Protocolo SNMP/NTP
	Link aggregation
<b>Protocolos y herramientas de Gestión y Troubleshooting</b>	SNMP v2 y v3
	Port Mirroring
	Interfaces de Gestión por líneas de comando (Consola, Telnet, SSH, etc.)
	Interfaces de Gestión HTTPS
	Estadísticas de tráfico por puerto
	Indicadores LED de estado por puerto
	Update de Firmware mediante Webserver
<b>Funciones y Aplicaciones de Seguridad</b>	SSH/SSL Encryption
	Permitir control de autenticación centralizada mediante servidor RADIUS, AAA
	Seguridad de puerto basado en direcciones MAC
	Storm Filtering / RateLimiting
	Múltiples niveles de usuario protegidos con contraseña

### 3.10. IHMs

Las interfaces hombre-máquina deberán ser de tipo industrial con pantalla plana a color, de matriz activa TFT, tipo LCD o LED, de 17 pulgadas aproximadamente, con resolución mínima de 1280x1024 para relaciones de aspecto 4:3 o 1366x768 para relaciones de aspecto 16:9, funcionalidad con botones en la pantalla, apta para ambientes de trabajo típicos de una central de generación y ambientes tropicales.

Debe tener grado de protección IP65 y trabajar en el rango de temperatura entre 5° - 60°C aproximadamente.

Debe cumplir con los siguientes requerimientos:

a) Un procesador Intel robusto de características mínimas, similares o superiores a un Core i5, última generación, que permita el correcto funcionamiento del sistema operativo y de las aplicaciones instaladas.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

b) Tener pre-instalado un sistema operativo Windows, 64 bits y cuya fecha de fin de soporte extendido sea mayor a 10 años.

c) La IHM debe ser completamente independiente del controlador.

d) Una Interfaz tipo VGA

e) Un contacto de salida binario utilizado para la señal en falla interna o señalización configurable por software

### **3.10.1. Interfaces de comunicación**

a) Al menos dos (2) interfaces Ethernet LAN 10/100Base Tx o Fx (Preferiblemente puerto óptico)

b) Al menos dos (2) interfaces USB.

c) Opcionalmente la IHM debe soportar protocolo PRP/HSR

### **3.10.2. Almacenamiento IHM**

La IHM debe ser suministrada con disco duro de al menos 250GB y memoria RAM de al menos 8GB, estos deben permitir el correcto funcionamiento de las aplicaciones instaladas.

### **3.10.3. Software IHM**

A continuación, se establecen las condiciones básicas mínimas a nivel de software que debe tener la IHM:

Con la funcionalidad de IHM local (Interfaz hombre-máquina), se visualizarán las alarmas, eventos, medidas, despliegues y diagramas del sistema de control. Se debe suministrar todo el software necesario para cumplir con dichas necesidades.

La IHM debe tener la capacidad de representar todas las señales digitales y análogas asociadas al proceso que está controlando e integrando, y deberá permitir la integración de señales futuras dejando un 20% de reservas aprovisionadas.

Debe poseer la función de reconocimiento, reposición local y remota de alarmas, así como la posibilidad de ejecutar mandos sobre los equipos de control y protección.

La IHM debe pasar a modo de ahorro de energía después de un tiempo determinado por el usuario en el software de configuración. La pantalla debe salir del modo de ahorro de energía cuando el usuario realice una operación sobre las teclas.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

La IHM de debe tener la capacidad de albergar mediante una base de datos todos los eventos (SOE) que ocurran en el sistema.

Como el sistema operativo es basado en Windows, el equipo debe tener preinstalado un software antimalware con al menos cinco (5) años de licencia y debe ser compatible con todas las funcionalidades y software que tenga instalados. El software Antimalware debe ser aprobado previamente por el equipo de Seguridad de HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A.. El proveedor debe indicar si la solución es compatible con Symantec.

La IHM debe tener programas de aplicación tipo SCADA en versión runtime y de desarrollo, incluyendo el manejador de base de datos y manejador de despliegues de seguridad del sistema.

#### **3.10.4. Protocolos de comunicación IHM**

La IHM debe garantizar la estampa de tiempo de todas señales asociadas a los procesos de generación de la unidad. Los perfiles de interoperabilidad del protocolo empleado deben garantizar conectividad e integración con el controlador y deben ser nativos de la IHM, en ningún momento se aceptará conversores externos de protocolos.

#### **3.10.5. Funcionalidades de la IHM**

La gestión e intercambio de información con la IHM para la programación y acceso a la información almacenada en su memoria se debe hacer por medio de una red TCP/IP, que permita su enlace con un sistema de gestión y poder realizar cambios de todos los ajustes y parámetros de configuración.

La IHM debe permitir además realizar la conexión por escritorio remoto o Web Server de tal forma que sea posible parar o arrancar los aplicativos o cargar nuevas configuraciones. Se debe garantizar que al cerrar el escritorio remoto el aplicativo en la central siga operando correctamente.

Programas de autodiagnóstico y autochequeo: El software debe tener la característica de autodiagnóstico y autochequeo, con el propósito de supervisar la operación del equipo, de tal manera que reporte cualquier funcionamiento erróneo de éste a través de la interfaz hombre-máquina.

#### **3.10.6. Software de aplicación y soporte IHM**

Debe manejar gráficas orientadas a objetos.

Debe manejar una gran librería de símbolos, permitir la creación de nuevos y la importación de otros símbolos. Con el software generador y manejador de despliegues se debe suministrar un conjunto de librerías de símbolos básicos, preferiblemente normalizados, con el fin de que puedan usarse para configurar cualquier nuevo despliegue.

Debe tener programas para el manejo, edición, creación y modificación de despliegues gráficos y de datos que soporte la comunicación hombre – máquina permitiendo la representación visual del proceso mediante la generación de despliegues de alta resolución y legibilidad, compuestos por símbolos gráficos y caracteres alfanuméricos de tipo estático y dinámico.

La operación del sistema se debe efectuar fácilmente a través de estos despliegues, los cuales deben poseer guías de comandos y funciones ejecutables en la parte baja de la pantalla y mensajes de diálogo para el operador.

Debe permitir el envío de consignas y comandos de operación.

Los despliegues deben estar organizados y jerarquizados a través de menús, permitiendo la representación del sistema o cualquier parte del mismo comenzando por una visión general para terminar en un diagrama detallado de elementos.

El sistema para edición y manejo de despliegues gráficos debe contar, entre otras y sin limitarse a ellas, con las siguientes características:

- Técnicas de multi – ventanas
- Protección de zonas en la pantalla.
- Protección de la pantalla completa por tiempos de no utilización.
- Editor confortable para despliegues dinámicos, formularios, reportes, menús, curvas de tendencia, etc.

La actualización de las ventanas de eventos y alarmas debe hacerse en forma automática. La IHM debe permitir realizar las funciones de visualización, despliegue, indicación y operación, en forma local. Debe permitir la realización, como mínimo, de las siguientes funciones:

- Indicación del estado de los equipos.
- Comando sobre los equipos correspondientes.

Monitoreo y despliegue de las medidas

- Supervisión de valores límites para las medidas analógicas
- Programas para manejo y registro de reportes y tendencias
- Supervisión de las alarmas y eventos
- Selección del modo operación y de control del sistema

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

- Programas para esquemas y diagramas de enclavamientos.
- Despliegues de diagramas del proceso (P&ID).
- Unifilares y estado de los elementos eléctricos.
- Secuencias de arranque y paro.
- Implementación de funciones de bloqueo: permitirá bloquear el control sobre cualquier dispositivo, así mismo, permitirá inhibir señales del proceso tales como: indicaciones, alarmas, eventos, valores medidos, entre otras.

### 3.10.7. Licencias y Software

EL CONTRATISTA, debe suministrar el paquete de software, las licencias, llaves de software, llaves de hardware, entre otros, que sean necesarios para la programación de la IHM, así como los programas fuente.

### 3.10.8. Seguridad IHM

Las funciones de seguridad deben evitar el acceso no autorizado a los despliegues, datos, funciones y facilidades del sistema. Para lo anterior se debe asignar a cada tipo de usuario un nombre y una contraseña, a los cuales estará asociado un nivel de seguridad que determinará las funciones accesibles al usuario en las IHM. Ninguna de las credenciales del sistema puede ser transmitida en texto plano. El sistema no debe proveer mecanismos de autocompletado o permitir usuarios anónimos.

Se debe disponer de los siguientes niveles de seguridad:

Nivel de visualización: Este nivel sólo permitirá visualizar la información y la navegación por los despliegues. No es posible realizar ningún comando, cambio o modificación al sistema. Este nivel no requiere de nombre de usuario ni contraseña.

Nivel de operación: Este nivel permitirá la visualización, navegación, generación de comandos, cambio de modos de operación, reconocimiento de alarmas, activación de secuencias.

Nivel de Ingeniería y administración: Además de las funciones descritas en los anteriores niveles, este nivel permitirá cambiar y modificar la configuración y funcionalidad del sistema. Además, permitirá la adición, modificación y borrado de códigos de acceso, mantenimiento y administración general del sistema.

Se debe contar con un registro donde se almacenen las acciones realizadas por cada uno de usuarios tal como lo indica la NERC

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

### 3.11. Instrumentación

Entiéndase la instrumentación como los indicadores de variables eléctricas, CT, PTS, Shunt, convertidores, transductores, sensores de efecto hall, medidores de temperatura, sensores de caudal de aire.

Para garantizar una correcta y confiable implementación de todo el sistema, EL CONTRATISTA será responsable de definir, integrar y adaptar toda la instrumentación necesaria en su diseño para todos los subsistemas. En cuanto al suministro de estos elementos, EL CONTRATISTA deberá revisar cuáles de estos se conservan o están ya incluidos en el alcance y contrastarlos con los elementos que necesita para implementar su solución, basándose en los levantamientos que EL CONTRATISTA deberá realizar en sus procesos de diseño.

En este numeral se define el alcance técnico, generalidades y requerimientos asociados con el reemplazo de la instrumentación de la central.

#### 3.11.1. Generalidades para el suministro de la instrumentación

Tipo de señal para los instrumentos

- La instrumentación por suministrar debe ser de tipo convencional:
- 4-20 mA para señales análogas.
- La medición de temperatura debe ser realizada por medio de instrumentos RTD con conexión directa a los módulos de entrada de sus respectivos tableros de lectura de señales.
- Para señales digitales se permite el uso de contactos secos o transistorizados.

Requerimientos generales:

Todos los elementos deben incluir en su suministro, como mínimo, la siguiente información:

- Hoja de datos del instrumento suministrado en formato ISA-20 (en su versión más actualizada), incluyendo las condiciones de operación normal, máxima y mínima, en todos los puntos de ajuste de los instrumentos.
- Tabla de instrumentos con la totalidad de equipos suministrados. Deberá indicar las características técnicas más relevantes como rango, conexión al proceso, proceso al que hace parte, material, tensión de alimentación, corrientes, etc., entre otros.
- Planos típicos de montaje y planos eléctricos en formato Autodesk, en software Revit, Inventor y Autocad Electrical.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

- Manuales de instalación, operación y mantenimiento
- Certificados de calibración en fábrica.

### 3.11.2. Aspectos constructivos

Todos los instrumentos deben presentar las siguientes características:

- Alta durabilidad, adecuados para operación continua y resistente a la humedad y a la contaminación.
- Capacidad de operar correctamente bajo los altos campos eléctricos y magnéticos presentes en los diferentes sitios de la central, incluidos los recintos del generador, celdas de transformadores, equipos y cables de alta, media y baja tensión.
- Compensación automática por variación de temperatura.
- Placa de identificación en donde se indique su función, intervalo de ajuste, tensión de alimentación, tipo de señal de salida.
- Cuando aplique, deben ser suministrados con soportes que permitan una instalación firme y de fácil manipulación, así como la protección contra vibraciones y golpes accidentales.
- Los instrumentos, transmisores y demás elementos para el mismo uso y función deben ser idénticos e intercambiables.
- Las señales de salida deben tener una protección efectiva contra interferencias electromagnéticas, ruido y sobretensión.
- Las señales de salida deben ser estables en todo el intervalo de la escala de operación, para condiciones constantes de temperatura y señal de entrada.

### 3.11.3. Alimentación disponible

Para la alimentación de la instrumentación y los sistemas de control a los cuales las señales de dicha instrumentación serán llevadas, se tiene disponible una alimentación de 125 Vdc.

En caso de que se requieran voltajes de alimentación con valores diferentes al indicado, se deben suministrar las fuentes necesarias como parte de los equipos. Dichas fuentes deben ser redundantes y conectadas en paralelo mediante dispositivos que eviten que la falla de una de ellas afecte a la otra o al circuito correspondiente. Para tensiones en corriente directa, solo se permite como tensión de alimentación alternativa 24 Vdc.

La alimentación de los equipos debe estar en conformidad con la Norma IEEE 1100 – *“Recommended practice for powering and grounding electronic equipment”*, y la Norma IEEE 1050 – *“IEEE Guide for instrumentation and control equipment grounding in generating stations”*.

#### **3.11.4. Tropicalización**

Todos los equipos, instrumentos, materiales y componentes que puedan favorecer el crecimiento de hongos y otros parásitos, o que puedan estar sujetos a deterioro por alta humedad, deben ser tropicalizados a fin de darles protección contra tales efectos.

Todos los bornes, contactos, terminales y barras deben ser protegidos adecuadamente con revestimientos metálicos o fabricados con un material resistente a las condiciones ambientales; las cajas metálicas eléctricas expuestas deben ser fabricadas de metales resistentes y protegidas con pinturas epóxicas anticorrosivas como acabado.

#### **3.11.5. Sensores y transductores**

Los sensores y transductores que se encuentren en contacto directo con el medio deben tener todas las protecciones necesarias contra la corrosión, vibración, golpes, corrientes parásitas y cualquier otro fenómeno que pudiera afectar su buen funcionamiento. Los transductores deben operar dentro de límites definidos. Los instrumentos deben tener medios para calibración y compensación.

#### **3.11.6. Indicadores de instrumentación local**

Para todos los instrumentos que requieran indicación local. La escala de indicación debe ser adecuada para la variable que se esté midiendo, en unidades del sistema internacional (SI) o en porcentaje, de acuerdo con el tipo de medición y debe mostrar, en su parte frontal, la unidad de medida que se esté procesando.

Los indicadores para instalación local deben tener la carátula en forma circular, con un diámetro de entre 60 y 100 mm, de acuerdo con las normas ISO o DIN; además se debe garantizar que el indicador permita la lectura del operador desde una distancia mínima de 2 metros.

Los indicadores deben tener cubiertas con vidrios frontales que permitan la lectura de los registros de la escala sin la apertura de las cajas, los frentes de vidrio deben ser de tipo antideslumbrante.

### **3.12. Integración al nuevo sistema de control modernizado**

Los reguladores que hacen parte de este contrato deberán operar como un sub-automatismo dentro del sistema de control de las unidades generadoras, por lo tanto, tendrán comunicación con el sistema a través del protocolo Modbus TCP/IP sobre una LAN basada en una plataforma de tecnología Ethernet con conexiones 10/100/1000BaseTX y 100/1000 BaseFX, denominada red de comunicaciones para gestión y control, a través de la cual se intercomunicarán los equipos de control, supervisión y protecciones

Al operar como un sub-automatismo dentro del conjunto de control de la unidad, el CONTRATISTA deberá suministrarlo con todo el equipo y programación necesaria para operar por sí mismo y para suministrar y recibir las señales requeridas para las secuencias de arranque y parada de la unidad y para su control y regulación. Los programas deberán incluir todos los enclavamientos propios del sistema y suministrar los requeridos por otros sistemas para garantizar una operación correcta y segura de los reguladores, y de su relación con el sistema de control de unidad.

Los reguladores estarán ubicados en la misma jerarquía de control, junto al sistema de protecciones, los sincronizadores, los controladores de los diferentes subprocesos (Controladores e IHMs de Nivel 1) y los controladores de bahía de la subestación. La conexión mediante los protocolos permitirá el intercambio de información entre los equipos de la red, permitiendo la centralización del manejo de eventos con estampas de tiempo reales, monitoreo de alarmas, configuración, mantenimiento y control remoto, tanto en las IHMs de los controladores de unidad, como en las estaciones de operación del SCADA y de los centros de control remoto que se definan.

Para la marcación en tiempo real de los eventos, se debe tomar la señal del reloj sincronizada por satélite GPS, de modo que se garantice la precisión requerida, para el registro secuencial de eventos. Este registro se deberá efectuar en cada controlador y en cada una de las señales de entrada, en la tarjeta donde se toman las señales.

#### 4. Especificación técnica para los sistemas de excitación de las unidades de la central Bonyic

El alcance del suministro incluye la reposición completa del regulador de tensión de cada unidad de generación. Este cambio incluirá las etapas de potencia y control de los sistemas de excitación, excepto el transformador de excitación

Los nuevos reguladores deberán ser completos y modernos, y consistirá en las siguientes secciones, de acuerdo con los requerimientos particulares que se describen en este capítulo:

- **Sección del regulador de voltaje:** Equipada con el regulador de voltaje digital en configuración de doble canal, dispositivos de control, protección y supervisión, así como los componentes adicionales requeridos para regulación de voltaje.
- **Sección del interruptor de campo en DC y de los sistemas de pre y des-excitación:** Incluye los tableros que alojan los interruptores de campo, las resistencias de des-excitación no lineal, los circuitos limitadores de sobrevoltaje AC, los circuitos limitadores de sobrevoltaje y de protección del rotor, los dispositivos para la conexión de la pre-excitación.
- **Sección de tiristores y control de tiristores:** Incluye las celdas de los puentes de tiristores redundantes y su control de compuerta de tiristores: Incluyendo las bandejas de control y las bandejas de potencia, con sus dispositivos de enfriamiento, protección, medida, supervisión y alarma.
- **Cables para alimentar el rotor:** Incluye el suministro de los cables de potencia y las terminales desde el sistema de excitación para alimentar el rotor o campo del generador.
- Para el diseño detallado, EL CONTRATISTA será responsable de realizar el levantamiento en campo de las dimensiones de las bases, acoples, características de conexión mecánica, alimentación eléctrica y tipo de señal de control, de medida y demás elementos de potencia asociados a todo el proceso y demás elementos que se conservan, con el objetivo de garantizar el correcto montaje e interacción con los elementos nuevos suministrados.

Los reguladores de tensión a suministrar deben cumplir con los siguientes estándares en lo que respecta a su fabricación, pruebas y operación:

*IEEE std 421.5 Recommended practiced for excitation system models for power system Stability study.*

*IEEE std421 Standard Criteria and Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines*

IEEE std 421.1. *“Standard definitions for excitation systems for synchronous machines”*.

IEEE Std 421.3 *“Standard for High - Potential Test Requirements for Excitation Systems”*.

IEEE Std 421.2 *“Guide for Identification, Testing, and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems”*.

IEEE std 421.4 *“Guide for the preparation of excitation system specifications”*.

IEEE Std. C37.18 *“Standard Enclosed Field Discharge Circuit Breakers for Rotating Electric Machinery”*.

IEEE C57.116” *Guide for Transformers Directly Connected to Generators”*

*IEEE C57.18.10 “Practices and Requirements for Semiconductor Power Rectifier Transformers)”*

*IEEE C57.110 “Recommended Practice for Establishing Transformer Capability when Supplying Non Sinusoidal Load Currents”*

*IEC 146-1-1 Semiconductor convertors General requirement and line conmutated conmutated convertors*

Los materiales aquí no especificados estarán sujetos a aprobación por parte de LAS EMPRESAS, deberán ser los más apropiados para su finalidad y cumplir las últimas especificaciones de *American Society for Testing and Materials (ASTM)* o normas equivalentes aprobadas.

Pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas, equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente especificación, sujeto a la aprobación de Hidroecologica del Teribe S.A. Las normas solicitadas deben ser la última versión publicada.

Si el proponente requiere suministrar equipos o materiales que cumplan normas diferentes o con revisiones posteriores a las mencionadas anteriormente, deberán adjuntar con su oferta copia de dichas normas en idioma español o en su defecto en idioma inglés, siendo potestativo de Hidroecologica del Teribe S.A. aceptar o rechazar la norma que el proponente pone a su consideración.

#### **4.1. Características generales del regulador**

Los tableros que conforman el sistema de excitación, es decir, el tablero de control, y los tableros de potencia estarán ubicados en el piso del generador. El transformador de excitación(No forma

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

parte del alcance del suministro), estará en línea con los tableros de control y de potencia del regulador de tensión.

Forma parte del suministro, el cable de potencia desde el sistema de excitación al rotor.

Las licencias que debe suministrar incluye software de ingeniería con el que fue desarrollado el programa del regulador, software para cargar y descargar programas en el regulador o modificaciones en los programas, software para hacer cambios de parámetros o ajustes en el regulador en pruebas o puesta en servicio, software requerido para visualización del comportamiento del regulador en pruebas y puesta en servicio, software para aplicar escalones en pruebas y puesta en servicio. También debe ser entregada una licencia del software de las IHMs.

Los equipos (Hardware), sistemas operativos y programas (Software) asociados a los reguladores de tensión, deben ser de la más avanzada tecnología, acordes con el estado del arte y con las mejores características técnicas disponibles en el mercado para el momento. El equipo debe ser de tipo y modelo moderno, para trabajo en ambientes industriales, probado en operación comercial satisfactoria, de tecnología ampliamente conocida.

Los reguladores de tensión que deberá suministrar EL CONTRATISTA deberán ser del tipo estático, diseñado para control local, remoto, manual y automático, y será del tipo digital, programable, controlado por microprocesadores, con salidas de comando a los subsistemas dispuestos para el control de tal manera que permitan garantizar el funcionamiento óptimo de la regulación de voltaje y carga de las unidades generadoras. Deberá ser completo y moderno, con acción proporcional, integral y derivativo (PID).

Los reguladores de tensión deberán operar como un sub-automatismo dentro del conjunto de control de la unidad, por lo tanto, tendrá comunicación directa con el controlador de unidad a través de una conexión por puerto serial RS485 con protocolo Modbus TCP/IP. EL CONTRATISTA deberá suministrarlo con todo el equipo y programación necesaria para operar por sí mismo, y para suministrar y recibir las señales requeridas para las secuencias de arranque y paro de la unidad, y para su control y regulación.

El Contratista deberá entregar el “mapeo de memoria” de la base de datos y de las funciones implementadas en el regulador digital.

EL CONTRATISTA deberá suministrar con los reguladores, todo el Hardware y Software (con su programación) necesarios para operar por sí mismos, y para entregar y recibir las señales requeridas con las cuales se realizarán las secuencias de arranque y paro de la unidad.

Los equipos (Hardware), sistemas operativos y programas (Software) asociados al regulador de tensión, deben ser de la más avanzada tecnología, acordes con el estado del arte y con las mejores características técnicas disponibles en el mercado para el momento. El equipo debe ser de tipo y

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

modelo moderno, para trabajo en ambientes industriales, probado en operación comercial satisfactoria, de tecnología ampliamente conocida.

#### **4.2. Regulación y estabilidad**

Los equipos deberán ser diseñados para controlar el voltaje cuando el generador opere aislado del sistema y cuando opere en paralelo con éste a través de líneas de transmisión e interconexión largas, y deberán contar con los equipos necesarios para que no se presenten perturbaciones al cambiar de automático a manual o de manual a automático, además de tener la posibilidad de hacer control de lazo abierto del ángulo de disparo de los tiristores para propósitos de prueba.

El regulador debe tener una función por software de seguimiento y transferencia automática entre el modo manual (regulador de corriente) y automática (regulador de voltaje), y viceversa, de manera que, en caso de tener que pasar de un modo a otro, no se produzcan oscilaciones de voltaje en los generadores. No se aceptarán circuitos de balance o procedimientos manuales para estas transferencias de modo.

El regulador deberá cumplir con las especificaciones de desempeño descritas en la última versión del estándar IEEE Std 421, Secciones A y B.

El equipo debe tener una operación estable y una respuesta de excitación rápida a todas las condiciones de operación del sistema de potencia y tener las siguientes funciones y dispositivos, sin limitarse a ellas:

Funciones de regulación:

- Lazos de control para modo automático, modo manual y modo potencia reactiva según exigencias de la IEEE 421
- Lazos de control para los limitadores según exigencias de la IEEE 421
- función del estabilizador de potencia PSS con modelos 2B o modelo 4B según exigencias de la IEEE 421.5
- Regulación automática de tensión PID (Modo Automático).
- Regulación automática de corriente de campo PI (Modo Manual).
- Regulación automática de potencia reactiva (Modo potencia reactiva).
- Control en lazo abierto del ángulo de disparo de los tiristores.

- Compensación de potencia activa y reactiva ajustable.
- Arranque suave con parámetros de excitación inicial ajustables.
- Seguimiento automático permitiendo la conmutación entre modos de control, sin pérdida del punto de operación del generador.
- Limitador de corriente máxima de rotor sin retardo.
- Limitador de corriente máxima de rotor con retardo.
- Limitador de corriente mínima de rotor
- Limitador de corriente de estator.
- Limitador de subexcitación(ángulo de carga).
- Limitador V/Hz.
- Función de protección 50BF, el sistema de excitación debe tener una entrada que se activa, cuando ocurre una falla en el interruptor que sincroniza la máquina, de modo que cuando este activa, la función des- excita el generador.
- Función descarga de potencia, el sistema de excitación debe tener una entrada que se activa cuando ocurre un 86R, 86P1, de modo que descargue la potencia del generador hasta potencia cero o activación del relé de potencia nula.
- Potencia nula, el sistema de excitación debe tener un relé que indique cuando la potencia está en cero, o potencia nula, para informar al control de unidad y este ordene la desconexión del interruptor de maquina
- Función de eualización de corrientes en los puentes de tiristores, con un desvío inferior al 10%.
- Capacidad de tensión negativa a través de la inversión de la tensión de campo
- Aumento de voltaje durante operación aislada (compensación de frecuencia).
- Límites de consigna automática en valores de excitación máximo y mínimo para todos los modos de regulación
- Cálculo de la temperatura del rotor.

- Control digital para el arranque y desexcitación del sistema, incluida la conmutación de todos los contactores necesarios (Contactor de campo, Contactor excitación inicial etc.).
- monitorización de temperatura por tiristor, ventilación y corrientes por rama de tiristores
- Control Remoto-Local, Manual-Automático.
- Teclas de comando, para operación directa en la IHM, para las funciones encender/apagar excitación, subir/bajar valor de consigna, elección del Modo Remoto/Local, Modo corriente/Voltaje/Reactiva, paro de emergencia, reposición de mensajes de alarma
- Selectores y pulsadores en el tablero de control para operación directa en caso de daño de la IHM, para las funciones encender/apagar excitación, subir/bajar valor de consigna, elección del Modo Remoto/Local, Modo corriente/Voltaje/Reactiva, paro de emergencia, reposición de mensajes de alarma
- Indicación en la IHM de magnitudes (Volteje de campo, corriente de campo, voltaje en terminales, corriente en terminales, potencia reactiva, potencia activa)
- Indicadores con display digitales en el tablero de control para magnitudes (Volteje de campo, corriente de campo, voltaje en terminales, corriente en terminales, potencia reactiva, potencia activa)
- Supervisión durante operación de fallas en el hardware (Watchdog del hardware, fuentes de alimentación y voltajes de referencia, tarjetas de salida).
- Supervisión durante operación del software.
- Detección de errores durante el arranque del sistema.
- protección contra tiempo largo de preexcitación
- Sobre-tensión de campo (ANSI 59F). Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.
- Sobre-corriente de campo (ANSI 76F). Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.
- Pérdida de excitación (ANSI 40/32Q). Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.
- Volts/Hertz (ANSI 24). Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.

- Protección de mínima corriente de campo (ANSI 37F): Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.
- Sobre-corriente del transformador de excitación (ANSI 50/51). Equipo físico
- Protección de sobrevoltaje AC. Función por software, si no la dispone debe entregar un equipo físico.
- Indicación desagregada cuando se activa un limitador (Limitador mínima excitación...limitador máxima)
- Tiempo de arranque y paro sobrepasado.
- Protección contra la perdida de voltajes y corrientes de retroalimentación con conmutación automática para el modo Corriente.
- Falla del interruptor de campo.
- Falla alimentación AC tiristores.
- Disparo por baja frecuencia.
- Alarma temperatura de rotor.
- Supervisión y falla en pulsos de disparo y conducción de los tiristores con indicación IHM y en bornera.
- Alarma y disparo por temperatura de tiristores con indicación en IHM y Bornera.
- Supervisión y Falla en ventilador de los puentes de tiristores con Indicación en IHM y bornera.
- Alarma y disparo por alta temperatura y sobrecorriente del transformador de excitación con Indicación en IHM y Bornera.
- Protección Crowbar por sobrevoltaje DC con Indicación en IHM y Bornera.
- Supervisión y Falla por fusible de tiristores con indicación IHM y Bornera.
- Alarma y bloqueo por falla en las tensiones de sincronismo para disparo de los puentes de tiristores.

- Supervisión en los minibreaker internos del sistema de excitación con indicación en IHM y Bornera.
- Supervisión cierre y apertura interruptor de campo con Indicación en IHM y Bornera.

EL CONTRATISTA deberá suministrar un diagrama de bloques completo, mostrando la función de transferencia de cada componente principal del sistema de excitación.

Todos los ajustes y valores de consigna del regulador deberán formar parte del software, no se deberán utilizar potenciómetros mecánicos.

Los reguladores se deberán diseñar para des-excitación rápida del campo en caso de rechazo parcial o total de carga, sin permitir que el voltaje terminal del generador supere el 110% del voltaje nominal, y deberán tener capacidad para funcionar normalmente con variaciones del voltaje entre el 25% y el 150% de su valor nominal y entre el 80% y 150% de la frecuencia nominal.

Los equipos deberán responder continua e instantáneamente para corregir cualquier cambio en el voltaje del generador, y mantener este voltaje con las condiciones de carga de estado estable, sin oscilaciones, con una precisión de regulación mejor que  $\pm 0.5\%$  del valor del voltaje nominal del generador, con cualquier condición dentro de los límites de operación del regulador. El ajuste del voltaje terminal del generador deberá permitir un control desde el 90% hasta el 110% de su valor nominal.

Los equipos deberán ser capaces de soportar variaciones de frecuencia y voltaje causadas por cortocircuitos monofásicos y polifásicos en el sistema de potencia, conexión o desconexión de cargas activas o reactivas, descargas atmosféricas, sincronización incorrecta y otros factores.

El sistema control de excitación deberá estar inmune de falsas operaciones, o fallas de transientes de alto voltaje y alta frecuencia que puedan ser conducidos por los sistemas de circuitos de control y suministro de voltaje interno y externo del sistema control de excitación

El fabricante deberá aislar los circuitos electrónicos conectados a equipos remotos. Todos los dispositivos inductivos, tales como relés y solenoides deberán ser suministrados con dispositivos supresores para limitar los arcos de voltaje que pueden ser generados cuando el circuito de la bobina es interrumpido. El sistema de control de excitación deberá ser diseñado y probado para resistir capacidades de sobretensión de acuerdo con ANSI/IEEE Std C37.90.1- 1974(R1980), además deberá ser diseñado y probado para ser insensible a radiación de interferencia de alta frecuencia tal como las asociadas a los transmisores de radio portable (Valores típicos entre 10V/m -20V/m encima de los rangos de frecuencia de 25MHz-1000MHz medida en el equipo). De la misma forma todas las tarjetas o módulos deberán asegurar el más alto nivel de inmunidad a la interferencia y deberán ser probados según la norma IEC 801-4.

#### 4.3. Requerimientos nominales, transitorios y modelamiento:

**Corriente de Techo:** El excitador deberá tener alta capacidad para los requerimientos de altas corrientes de techo. Si la corriente de techo, irrestrictivamente, puede alcanzar altos valores el excitador deberá tener capacidad para responder a estas corrientes. La corriente del puente debe ser igual 1.2 veces la corriente nominal de campo. La corriente de techo debe ser igual a 1.4 veces la corriente nominal de campo.

En el excitador deberá ser suministrado con un limitador de corriente de campo para limitar la corriente de techo a un valor específico.

El sistema de excitación deberá ser capaz de producir una corriente de tiempo transitoria igual o superior que la capacidad de sobrecarga de tiempo del devanado de campo del generador según la norma ANSI C50.13.

**Voltaje de Techo:** El voltaje de techo deberá ser calculado acorde al trafo de excitación existente(13,8/200,160KVA). mínimo deberá ser de 264.6V

**Tensión de bloqueo de los tiristores:** La tensión inversa pico deberá ser 2.5 veces la tensión de pico del secundario del transformador de excitación.

**Respuesta nominal del sistema de excitación:** Medida de desempeño del sistema excitación, determinado según el estándar IEEE 421.El fabricante deberá entregar la razón de crecimiento de salida del voltaje de excitación y demostrarlo en las pruebas en campo.

**Operaciones Anormales:** Los reguladores deberán resistir, sin daño, algunas fallas de operación anormales del generador, funciones y equipo de protección deberá ser suministrado para proteger el excitador y el circuito de campo del generador. El contratista como parte del diseño deberá entregar un documento con las funciones de protección implementadas en el controlador del regulador y los equipos de protección que usaran independientes al controlador del regulador.

**Consideraciones de la fuente de potencia del excitador:** Los reguladores deberán operar durante condiciones de falla para un porcentaje del 30% del voltaje nominal en terminales del generador. Si el voltaje en terminales se normaliza, el sistema de excitación deberá ser capaz inmediatamente de recuperarse y poder ser capaz de suministrar el voltaje para restaurar el voltaje del sistema.

**Rendimiento de estado estable:** La respuesta de los reguladores a variaciones lentas en carga, frecuencia, y temperatura ambiente constituyen el rendimiento de estado estable. La “regulación de carga” o el resultado de cambios de voltaje debido a cambios de carga, debe ser mejor que +/- 0.5% del voltaje en terminales del generador.

**Rendimiento de señal pequeña:** Los reguladores deberán responder a los criterios de las características de rendimiento de señal pequeña referidas a los cambios de carga creciente, cambios de voltaje creciente y los cambios crecientes en el voltaje del rotor del generador asociados con la etapa inicial de inestabilidad dinámica (donde las oscilaciones son bastante pequeñas), por lo cual deberán cumplir con lo establecido en el numeral 5.2.2 “Small signal performance” de la norma IEEE 421.4-90.

**Sistema con respuesta inicial alta:** Los reguladores deberán ser capaces de alcanzar el 95% de la diferencia entre el voltaje de techo y el voltaje de campo de carga nominal, en 0.1 segundos o menos, cumpliendo la definición del estándar IEEE421.1. Debe demostrarlo en las pruebas en campo.

**Estabilizador de Excitación:** La función de estabilizador de excitación será acompañada por reducción de ganancia transitoria.

**Rendimiento de Señal Grande:** Los reguladores deberán responder a las características de rendimiento de señal grande referidas a transientes severos que pueden incluir variación grande en voltajes y corrientes del estator del generador y corrientes inducidas en el campo del generador, por tanto deberán cumplir con lo establecido en el numeral 5.2.3 “large signal performance” de la norma IEEE 421.4-90 y con lo establecido en el numeral 3 large signal performance criteria” de la norma IEEE 421.2-90.

### **Modelamiento del regulador de tensión, limitadores y PSS**

El fabricante de los reguladores de tensión deberá entregar el modelo matemático en el software DigSILENT Power Factory. El modelo debe seguir los lineamientos del Acuerdo 1825 de 2024. La validación del modelo debe ser hecha generando escalones, tomar los registros asociados al escalón y la respuesta del modelo debe cumplir con los índices de coherencia del anexo 3 del acuerdo 1825 de 2024. Solo cuando las respuestas del modelo, de cumplimiento a los índices de coherencia del anexo 3 del acuerdo, el fabricante podrá entregar el modelo a hidroecologica del Teribe S.A., para posterior ser entregado al operador del sistema, quien en ultima dará la certificación o aprobación del modelo, corroborando que las respuestas del modelo efectivamente cumple con los índices del Acuerdo.

Cuando el operador del sistema certifique el modelo matemático del regulador cumpliendo los índices del acuerdo, se entenderá que termino la obligación del fabricante o contratista del regulador de tensión, con Hidroecológica del Teribe S.A. Si sucede lo contrario, se da por incumplimiento en la entrega del contrato. El cumplimiento finaliza, cuando se de la entrega definitiva del modelo cumpliendo con los índices del acuerdo. El acuerdo debe ser el que esté vigente al momento de hacer las pruebas del modelamiento (escalones y registros, etc)

La validación de los modelos (Modelo del regulador de tensión, limitadores y PSS) será por medio de los índices de coherencia del anexo 3 del acuerdo el propósito es reproducir dentro de niveles aceptables de precisión la respuesta real de los elementos modelados ante pruebas o perturbaciones en diferentes condiciones operativas.

El fabricante o Contratista deberá garantizar que la respuesta real y la simulada, utilizando los modelos validados, sea coherente en los siguientes aspectos:

- Forma general de las curvas para las distintas pruebas de validación que se desarrollen, incluyendo la magnitud y velocidad de la respuesta
- Tiempo de establecimiento, tiempo de respuesta inicial, tiempo de retardo, sobreimpulso
- Bandas muertas
- Valores iniciales y finales

Las coherencias de las curvas entre la respuesta real y la simulada, utilizando los modelos presentados por el fabricante será confirmada con el cumplimiento del Anexo 3 del acuerdo 1825 del 2042.

Para cualquier condición los modelos del sistema de excitación y PSS deben cumplir con la presentación, pruebas y validación de lo siguiente:

-Acuerdo 1825 de 2024 o el vigente al momento de hacer las pruebas

- ANEXO 1 del acuerdo 1825 de 2024 -Formato para el reporte de modelos validados del generador y de los controles asociados

-ANEXO 2. Procedimiento propuesto para la realización de las pruebas en simulación de red aislada para unidades hidráulicas

-ANEXO 3. Índices de evaluación para verificar la validez de los modelos

-ANEXO 4. Guía de pruebas mínimas para realizar la validación de los modelos de control para los generadores.

-ANEXO 5 acuerdo 1825

-Acuerdo CNO 1457 por el cual se establece el procedimiento de ajuste de los Estabilizadores de los Sistemas de Potencia PSS

-Otro anexo o acuerdo no mencionado en este documento

### Pruebas de potencia reactiva

El fabricante de los reguladores de tensión deberá gestionar a la empresa o firma autorizada para hacer auditoria para la realización de las pruebas de potencia reactiva. Las pruebas y la auditoria de las pruebas deben cumplir con el acuerdo 1586 de 2022. El fabricante deberá entregar el informe a Hidroecológica del Teribe S.A. Cuando el operador del sistema, certifique las pruebas de potencia reactiva según el acuerdo 1586 de 2022, se entenderá que termino la obligación del fabricante o contratista del regulador de tensión, con Hidroecológica del Teribe S.A. Si sucede lo contrario, se da por incumplimiento en la entrega del contrato, el cumplimiento finaliza, cuando se dé la certificación de las pruebas reactivas cumpliendo con los índices del acuerdo. El cumplimiento del acuerdo debe ser el que esté vigente al momento de hacer las pruebas

### Funciones de control y regulación adicionales:

**Compensación:** Para evitar los problemas de reparto de cargas reactiva y obtener un punto de operación estable, los reguladores deberán ser suministrados con compensación de corriente activa y reactiva del generador. Deberá hacer compensación positiva y negativa. Todos estos compensadores deberán poderse habilitar o deshabilitar por software. La compensación de carga activa y reactiva deberá ser ajustable de 0 al 20% con característica ascendente y descendente.

**Estabilizador Sistema de Potencia (PSS):** Los reguladores deberán ser suministrados con estabilizador con el fin de atenuar las oscilaciones de rotor en las frecuencias del sistema. Éste deberá ser de tipo con señal de entrada de potencia acelerante (realimentación de potencia activa y frecuencia) con facilidades de ajuste en operación. El estabilizador del sistema de potencia deberá suministrar amortiguamiento a las frecuencias del sistema de potencia asociadas con oscilaciones. Para ver completamente los requerimientos exigidos ver numeral 5 “Excitation Control System Stability” de la norma 421.2-5. Los reguladores deberán tener la posibilidad de utilizar PSS del tipo 2B o 4B de manera parametrizable.

**Limitador de Baja Excitación:** Los reguladores deberán ser suministrado con un limitador de baja excitación configurado con un lazo de control PI ajustable, para prevenir operaciones que puedan causar sobrecalentamientos en el estator y regiones del generador o inestabilidad y perdida de sincronismo. Este limitador deberá controlar el ángulo de carga actuando sin retardo y evitar oscilaciones del mismo. Este debe poderse activar o desactivar por software según se requiera del ángulo de carga.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

**Limitador de Sobre Excitación:** Los reguladores deberán ser suministrado con un limitador de sobre excitación configurado con un lazo de control PI ajustable. El sistema de excitación deberá ser suministrado con limitadores de sobreexcitación así:

**Limitador Volts/Hertz:** Los reguladores deberán ser suministrado con un limitador de Volts/Hertz configurado con un lazo de control PI ajustable, para prevenir sobrecalentamientos que puedan aumentar el excesivo flujo magnético debido a operaciones bajas de frecuencia u operaciones de sobrevoltaje o ambos.

**Limitador de corriente del estator:** Los reguladores deberán ser suministrado con un limitador de corriente de estator configurado con un lazo de control PI ajustable. Se deberá suministrar un limitador de la corriente del estator del generador a un valor preestablecido, básicamente en la zona que corresponde a la máxima potencia activa y en donde no opera el limitador de mínima excitación, ni tampoco el limitador de máxima excitación.

**Regulación de carga reactiva:** En operación automática se deberá disponer de un regulador de carga reactiva que actúe sobre el valor de consigna del regulador de voltaje y regule la carga reactiva a un valor de consigna estacionario, de esta forma se deberá asegurar la regulación de oscilaciones transitorias de carga sin ningún problema y la regulación de voltaje permanezca en función. Se deberá poder seleccionar este modo de operación y dar la consigna de potencia reactiva

**Ajustador de set-point:** La operación del equipo de excitación cuando aumenta o disminuye voltaje o potencia reactiva deberá ser realizada en varios modos. El ajuste del set point se deberá realizar manual, remota. La operación de aumentar y disminuir deberá ser en unos tiempos específicos para suministrar un cambio específico en términos de voltaje o potencia reactiva.

Los reguladores deberán recibir valor de consigna digital, de igual forma deberá poder recibir un valor predefinido de consigna, es decir, se le podrá dar cualquier valor dentro de la curva de capacidad de la maquina desde el control de la unidad y automáticamente el equipo deberá colocar a trabajar el generador a esta capacidad. Es decir, el regulador deberá recibir señales de consigna, por pulsos digitales y por un valor predefinido. En el evento en que uno de los modos de recibir la señal falle, automáticamente se deberá pasar al otro modo.

**Set-point tracking:** En el evento de falla del control automático (Modo voltaje), el sistema de excitación deberá tener un apropiado set point manual, de manera que el cambio a modo manual se haga en forma suave sin oscilaciones de la corriente de campo.

#### 4.3.1. Interruptores de campo en DC, protección contra sobrevoltajes, sistemas de pre y des-excitación

El sistema debe estar provisto de una resistencia para descarga del campo y un sistema de protección contra sobrevoltajes tipo estático (crow-bar), para protección contra sobrevoltajes producidos por pérdidas de sincronismo del generador. El sistema crow-bar debe ser completamente independiente y autónomo compuesto por circuito de detección de sobrevoltajes, disparo de los tiristores, tiristores en conexión espalda contra espalda y conexión a la resistencia de descarga no lineal.

La resistencia de descarga de campo debe ser de tipo estático, no lineal, como por ejemplo un varistor. Las características de la resistencia deben asegurar que el voltaje del devanado del rotor permanezca siempre por debajo del voltaje de prueba del rotor aun cuando se interrumpan altas corrientes de excitación y la energía almacenada en el campo sea disipada acorde a la constante de tiempo del generador  $T'_{do}=4.7412$ , o en máximo 2 segundos. La resistencia de campo del generador es:  $R75=0.2025\Omega$  y  $R15=0.1633\Omega$

Para la pre-excitación, el sistema de excitación podrá utilizar el sistema de alimentación DC de la central. El fabricante, deberá calcular y procurar que la corriente para preexcitar sea mínima, para no afectar el sistema DC de la central. EL CONTRATISTA debe suministrar, dentro del tablero del regulador de tensión, el contactor para la excitación inicial, el diodo o tiristor, las resistencias limitadoras y todos los accesorios necesarios para obtener una operación correcta y para efectuar las conexiones de los circuitos al banco de baterías. Cuando el voltaje terminal del generador alcance un valor aproximado del 40% del valor nominal, el contactor debe abrir automáticamente para conmutar la excitación a los puentes de tiristores.

Cuando sea necesario des-excitar las unidades, el sistema de excitación deberá poder generar un voltaje negativo transitorio para forzar el decaimiento de la corriente de campo hacia cero.

El sistema de des-excitación estará compuesto básicamente por el interruptor de campo en el lado de corriente continua, de acuerdo con la norma ANSI/IEEE C37.18, con operación eléctrica, con sistema de extinción de arco y con mecanismo de energía almacenada actuado por resorte.

El interruptor de potencia para la corriente continua de campo debe cumplir los requisitos de la norma ANSI/IEEE C37.18 o equivalente actualizado, se debe suministrar con un contacto electromecánico conectado a la resistencia de descarga de campo, que deberá operar justo antes de que éste abra. Debe ser bipolar, para instalación interior, del tipo removible, operado eléctricamente con corriente directa y debe estar provisto con extinción del arco por medio soplado electromagnético, con mecanismo de energía almacenada actuado por resorte y medios de operación desde el frente del cubículo. No se aceptarán interruptores de caja moldeada.

El interruptor debe tener una capacidad nominal de corriente no inferior al 110% de la corriente continua máxima del circuito de campo, bajo cualquiera de las operaciones especificadas del generador; debe ser del tipo de acción rápida y asegurar en cualquier caso la interrupción de la corriente de excitación. Debe tener capacidad de interrupción de la máxima corriente de corto circuito producida por el puente rectificador con los rectificadores en estado de máxima conducción.

Los contactos deben ser de fácil acceso para inspección y mantenimiento y las partes sujetas a desgaste deben ser fácilmente cambiables desde el lado frontal. El interruptor debe tener la cantidad de contactos auxiliares normalmente cerrados y abiertos que se requieran para los controles.

EL CONTRATISTA debe suministrar en el tablero del equipo de desexcitación dos resistencias en derivación (shunt) de 100 mV montadas sobre los conductores de excitación y todas las conexiones hasta los transductores de corriente y de temperatura de campo y hasta el indicador de temperatura. La precisión de estos elementos debe estar coordinada con la precisión requerida para la medida de temperatura del devanado rotórico, si es necesario debe contar con medición de temperatura para efectuar los ajustes correspondientes.

#### **4.3.2. Puentes de tiristores**

Incluye dos (2) puentes rectificadores trifásicos de onda completa en configuración redundante “n-1” de reserva en caliente, montados en bandejas extraíbles e insertables solo en frío, con sus disipadores de calor y sus respectivos ventiladores para asegurar la óptima refrigeración de estos.

Cada puente deberá tener un ventilador y otro de respaldo, un solo ventilador estará en capacidad de refrigerar el puente en la máxima capacidad de conducción continua. La capacidad de refrigeración debe ser demostrada en la memoria de cálculo presentada a Hidroecológica del Teribe S.A. Debe calcular el calor que se debe disipar, calcular el flujo de aire, la temperatura a la que se mantendrá los tiristores con la corriente de trabajo y la temperatura final de los puentes de tiristores luego del proceso de disipación térmica.

Cada puente deberá poder ser controlado por el controlador del sistema de excitación de manera independiente, es decir por cada canal, cuando el sistema lo requiera o cuando se defina una prioridad. También el controlador debe ser capaz de trabajar con los dos puentes a la vez, y si un puente sale de servicio, debe seguir con el otro puente sin que se cambie las condiciones operativas del generador conectado al sistema

El factor de seguridad en la corriente del puente para que el sistema tenga capacidad por encima del límite de operación continua deberá ser el 20%. Cada puente de rectificadores consistirá en un puente de tiristores totalmente controlado de seis pulsos, capaz de aplicar tensiones de techo

positivas y negativas al rotor (modo de dos cuadrantes). Cada tiristor estará protegido mediante un fusible de alta velocidad supervisado y en paralelo con un circuito amortiguador de sobrevoltajes para la amortiguación de los picos de voltaje durante la conmutación. Los tiristores tendrán ventilación forzada por medio de un ventilador. Para la amortiguación de picos de voltaje se preverá un conjunto RC en el lado de C.A. del puente rectificador. El puente de rectificadores deberá ser hecho con tiristores individuales, no se aceptará que el puente rectificador sea conformado por unidades que contengan dos tiristores.

Los puentes de tiristores deben estar en tableros independientes o en bandejas independientes, si fuera en un solo tablero cada una de ellas con sus respectivas protecciones y sistema de refrigeración. En otro tablero, la parte de potencia del interruptor de campo, el sistema crowbar y la resistencia de descarga del campo. Las diferentes secciones que componen este sistema deberán ser montadas y estar dispuestas de tal manera que permitan la conexión apropiada a las barras del generador y a los conductores del campo

El voltaje directo e inverso de bloqueo de los rectificadores individuales debe ser al menos de 2,5 veces el voltaje máximo pico aplicado sobre ellos.

Las bandejas de rectificadores deben ser energizadas directamente desde el lado de bajo voltaje del transformador de excitación. Cada puente de rectificadores debe garantizar la operación correcta de la unidad generadora en todas las condiciones de operación transitoria y de estado estable del sistema de potencia.

Cada rectificador debe ser protegido contra sobrecorriente por medio de fusibles de alta velocidad y con relés térmicos contra sobrettemperatura, dando las señales para alarma o disparo de los dispositivos de protección cuando el rectificador esté sometido a esfuerzos térmicos excesivos. La actuación de los fusibles y demás dispositivos de protección, así como los sensores de temperatura por tiristor, debe ser anunciado local y remotamente. Cada rectificador deberá contar con sensores de temperatura por tiristor y tener señal de alarma y disparo por temperatura independiente para cada componente.

EL CONTRATISTA podrá como alternativa ofrecer a Hidroecológica del Teribe S.A. otra forma de medición y protección de temperatura de los tiristores, mejor que la solicitada (es decir, medición por cada tiristor), en la cual, como mínimo, haya dos puntos de medida por banco de tiristores; esta opción de medición será considerada siempre y cuando se demuestre a Hidroecológica del Teribe S.A. que es una forma confiable y segura de protección para el sistema.

Las bandejas de rectificadores deben ser física y eléctricamente intercambiables. Los puentes rectificadores deben ser diseñados y suministrados, para trabajar en paralelo, es decir repartiéndose la corriente del campo del generador. Si un puente en servicio falla el restante lo reemplace automáticamente. Para efectuar esta conmutación, la lógica del controlador debe

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

hacerlo automáticamente, en caliente y sin afectar la generación de la unidad. La lógica de los puentes de tiristores debe ser de manera que, si un tiristor falla, sea asumido por el tiristor del otro puente de tiristores que opera en paralelo.

El circuito de control de compuerta de los rectificadores se debe construir con componentes de estado sólido montados en tarjetas de circuitos impresos enchufables, intercambiables e independientes por puente de tiristores.

Cada rectificador debe tener protección contra sobrevoltajes en los lados de c.a. y c.d. para suprimir los voltajes transitorios del sistema.

El sistema de excitación deberá incluir con un equipo físico la protección de sobrecorriente devanado de campo.

Cada puente rectificador deberá poseer su propia etapa amplificadora de pulsos de disparo. El sistema de excitación deberá tener una protección contra la pérdida de pulsos de los tiristores. Además, para control de la corriente de campo se deben usar dos sensores de corriente independientes.

El sistema de excitación deberá tener un sistema para ecualización de la corriente entre los dos puentes. En la IHM deberá tener un despliegue para ajuste y validación de la ecualización de las corrientes en los dos puentes solicitados

EL CONTRATISTA debe suministrar el equipo de enfriamiento completo para cada cubículo de rectificadores: dos (2) ventiladores centrífugos de bajo nivel de ruido, con motor trifásico a 480 Vca, alarma y protección para cuando cada ventilador falle, un (1) filtro contra polvo para cada ventilador, lavable y de trabajo pesado. El suministro debe también incluir todos los dispositivos de control y protección de los ventiladores, dentro de los cuales deben considerarse sensores para el monitoreo de flujo de aire, el alambrado y los bloques de terminales.

Los dos puentes de tiristores deberán visualizarse en la IHM. Cada uno de los tiristores, cada uno de los sensores de temperatura, fusibles y ventiladores deberán visualizarse en la IHM. Si se daña un tiristor o un fusible se debe visualizar cual está malo y cual tiristor es el que lo está reemplazando. Además, si se daña un ventilador o este no arranca se debe visualizar el fallado. Por cada tiristor se deberá estar mostrando dinámicamente la corriente de campo, el ángulo de disparo y la temperatura de cada tiristor. Además, se debe mostrar el voltaje de campo a la salida del puente de tiristores.

Las señales de monitoreo de la instrumentación del puente de tiristores (Fusibles, ventiladores, temperatura, corriente..etc) deben ser vistas en la IHM del sistema de excitación y además ser cableadas a borneras tanto las digitales como las analógicas (4-20ma) para estar disponibles para

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

uso en el control de la unidad generadora. Estas señales deben formar parte de la integración del sistema de excitación al control de las unidades de la central Bonyic

#### **4.4. Cables de potencia y elementos para el Trafo de excitación**

##### **4.4.1. Elementos para el trafo de excitación existente que no forma parte del alcance del suministro**

- El fabricante del nuevo sistema de excitación deberá suministrar una protección contra sobrecorriente para el trafo de excitación. Deberá suministrar un conjunto trifásico de transformadores de corriente de clase protección y relé microprocesado de primera línea para el trafo de excitación. El proveedor deberá hacer los debidos estudios de coordinación y presentar los ajustes para conocimiento y aprobación de Hidroecológica del Teribe S.A.

- Instrumentación para sensado de temperatura, del tipo RTD, 3 hilos. Debe monitorearse las tres bobinas de baja tensión y también el circuito magnético.
- Indicador de temperatura digital con display para poder desplegar las temperaturas de la RTD, montado en el cubículo del transformador. El indicador deberá ser basado en un relé digital con mínimo 2 salidas a contacto configurables como temperatura de alarma y temperatura de disparo, integradas a las rutinas de supervisión del Sistema de Excitación.

##### **4.4.2. Cable para alimentar el campo desde el sistema de control de excitación**

La longitud desde el sistema de excitación hasta el campo de la maquina es:

- Generador, para línea (+), 25mt y para línea (-), 25mt; total para el generador 50mt .

El Contratista deberá suministrar 50 mt de cable flexible o multihilos para la maquina y deberá entregar las terminales necesarias para la conexión del cable.

Si utiliza dos cables por polo, deberá hacer los cálculos para la cantidad que debe suministrar

El cable deberá tener la capacidad de la corriente de DC máxima de diseño del sistema de excitación, para trabajo continuo, temperatura de operación 105°C y 600v. El aislamiento TPE.

Los cables deben tener características retardantes a la llama y auto extingüibles, de baja producción de humo y de gases tóxicos. Este cable será de uso en una casa maquinas en caverna

Las características del cable deberán cumplir con la norma ASTM B172, las especificaciones deben cumplir son lo siguiente:

Clase de cableado k

Diámetro de los hilos; 0.254MM

Resistencia d.c. A 20°C; 0.0360 OHM/KM

Espesor aislamiento; 3.56 MM

Resistencia de aislamiento A 15.6°C (mIN); 49 mOHM-KM

Temperatura de operación; 105°C

#### **4.5. Tableros de control**

El sistema de excitación debe ser de tipo completamente estático, digital y programable, controlado por microprocesadores, y deberá contar con una estructura de regulación electrónica doble canal, esto es, dos controlador con su propia CPU independiente, Hot Stand By, también redundante en módulos de entradas y salidas, y, a su vez cada controlador deberá ser redundante en canales de comunicación.

El controlador deberá ser redundante en canales de comunicación, los cuales deben ser en protocolo Modbus TCP/IP, nativo en los equipos, para enlace con el nivel superior de control y con posibilidad de configurar múltiples enlaces simultáneos con diferentes maestros. El controlador debe cumplir, como mínimo, con las especificaciones de los controladores descritos en este documento, ver numeral dedicado a este equipo.

Deberá contar además con compensación y regulación de alta precisión en configuración PID (Proporcional Integral Derivativa), con opción de realizar funciones de control no lineales, con salidas de comando a su sección de control de potencia eléctrica (sistemas de electrónica de potencia). Los controladores deberán ser de alta gama.

El equipo deberá ser construido en forma modular, de manera que sea de fácil reemplazo de sus partes e incluir los diferentes módulos tales como Unidad Central de Proceso (CPU), memorias, unidad de supervisión y autodiagnóstico, unidad de prueba y mantenimiento, módulos de entrada/salida tanto análogas como digitales, módulos de interfaces para comunicación, elementos

para control y sistema de indicaciones, módulos de alimentación, batería de backup para mantener la memoria y demás equipo necesario.

Este tablero deberá cumplir con las características técnicas solicitadas en estas especificaciones, ver numeral dedicado a este equipo.

Los parámetros del regulador deben poder ser ajustados por software y mediante la IHM, en sus funciones principales, como lo son, pre-excitación o field-flasing, banda muerta, rampas, alarmas, sus diferentes limitadores y funciones de protección, entre otros.

El regulador electrónico debe acoplarse e interactuar con todos los elementos del sistema de excitación que se conservan, así como con los elementos que se cambiarán, conformando un regulador de tensión totalmente funcional y confiable.

Respecto a la programación del regulador, EL CONTRATISTA debe suministrar a Hidroecológica del Teribe las herramientas necesarias que permitan la edición de la lógica de todo el sistema de regulación de tensión, sin ningún tipo de restricción, así como el registro de por lo menos 10 señales analógicas y 16 digitales mediante interfaz gráfica, que permita ver las tendencias en tiempo real con una toma mínima de 100 muestras por segundo y almacenamiento de los registros en archivos con formato txt, csv o xls. Las 10 salidas analógicas configurables para funcionamiento en corriente (4-20 mA) y cableadas a borneras, para aprovisionamiento de la conexión con sistemas de adquisición de datos externos. El fabricante deberá dejar configurada en el controlador las siguientes señales:

Potencia reactiva

Voltaje en terminales

Corriente en terminales

Voltaje de campo

Corriente de campo

Referencia modo voltaje

Referencia modo corriente

Referencia modo Reactiva

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyc

Los equipos deberán realizar, mediante lógica programable, las funciones de control del sistema. Los programas deberán ser realizados en forma modular para cada una de las partes que componen el sistema y de acuerdo con las funciones especificadas para cada una de ellas. Los programas deberán incluir todos los enclavamientos propios del sistema y suministrar los requeridos por otros sistemas para garantizar una operación correcta y segura de la instalación.

El software deberá permitir el ajuste de cualquiera de las dos funciones de PSS, 2B o 4B. EL CONTRATISTA entregará el PSS debidamente ajustado

Los equipos (Hardware), sistemas operativos y programas (Software) asociados al regulador de tensión, deben ser de la más avanzada tecnología, acordes con el estado del arte y con las mejores características técnicas disponibles en el mercado para el momento. Debe ser apto para trabajo en ambientes industriales, probado en operación comercial satisfactoria y de tecnología ampliamente conocida.

El regulador electrónico y todos los elementos de control serán alimentados con fuentes duales de circuitos y barrajes independientes a 125 Vdc (disponibles en la central). El circuito de control común debe ser conectado a una fuente de 125 Vcd. La alimentación para calefacción, iluminación, y tomas deberá tomarse de la fuente de 120 Vca no regulados disponible. Para los ventiladores del tablero de control se encuentra disponible 120Vac

El controlador de regulación podrá acoplarse a cualquiera de los puentes de tiristores con el fin de ampliar las posibilidades de una correcta operación ante las fallas de un puente o de una etapa de potencia.

Cada regulador debe contar con IHM de mando local en el piso de generador, esta IHM deberá contar con un respaldo en caso de falla, empleando selectores, pulsadores, indicadores luminosos para las señales digitales, indicadores digitales para las variables análogas, de aquellas variables de proceso necesarias para garantizar la operación en este modo.

EL CONTRATISTA debe proveer un sistema de excitación doble canal para que tenga comunicación con los niveles superiores a través de la red redundante en fibra óptica, aun cuando para el sistema de control se comporten de forma transparente como uno solo. Para el sistema de control de la unidad, el envío de la información desde el regulador de tensión por Modbus TCP/IP debe ser transparente si funciona un canal o el de respaldo, desde el sistema de control de la unidad, debe ver el regulador de tensión como un sistema total que envía la información por el protocolo independiente del canal que este regulando al generador. Este sistema debe operar en modos manual y automático con supervisión y mandos tanto locales como remotos a través del sistema de control de la unidad.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

La emisión y recepción de consignas, se realizará a través de la red de control de la unidad bajo el protocolo antes mencionado y también de manera cableada. Los datos recolectados serán transmitidos hacia el controlador de unidad y los sistemas que los requieran, por medio de suiches de red ubicados en este tablero como se indica en la arquitectura del sistema.

### **Modos de operación y control:**

El regulador de voltaje debe tener los siguientes modos de operación y control:

**Modo Local – Manual:** el sistema permite operar el regulador en modo paso a paso, desde las interfaces de control local y a través de la IHM. En el modo de operación manual, la interface de potencia del regulador opera con la realimentación de la medida de la corriente de campo del rotor, tratándose de un modo de control automático de corriente rotórica (FCR). Este modo de control deberá contar con un respaldo que no dependa de la IHM, empleando selectores, pulsadores, indicadores luminosos para las señales digitales, indicadores digitales para las variables análogas, de aquellas variables de proceso necesarias para garantizar la operación en este modo.

Los reguladores deben ser capaces de pasarse a este modo manual de operación de manera automática, por las siguientes causas:

- Automáticamente en caso de falla en la medición de tensión terminal del generador.
- Por comando del operador en el cubículo del regulador, a través de la IHM o selectores frontales.

En caso que el generador esté operando en modo manual y se encuentre fuera de los límites de operación, deberá bloquearse la conmutación de modo manual a automático.

**Local – Automático:** en este modo de control se podrá ejecutar un comando de secuencia de arranque o paro automático del regulador con energización y de carga reactiva inicial automática, desde las interfaces de control local y a través de la IHM. Este modo de control servirá para facilitar las labores de mantenimiento y puesta en servicio. A su vez, en el modo de operación automático el regulador podrá tener dos sub-modos de control:

- **Sub-modo AVR:** En este sub-modo el regulador opera con la realimentación de la tensión en bornes de salida del estator, garantizando así una consigna de tensión de salida, tratándose de un modo de control automático de voltaje estatórico. Este es el sub-modo de operación normal de operación del regulador.
- **Sub-modo QR:** En este sub-modo el regulador opera con la realimentación de la potencia reactiva del sistema, garantizando una consigna de MVAR.

**Remoto:** es el modo de operación normal del regulador. En este modo de control el sistema solo aceptará comandos de secuencia de arranque, energización, paro y toma de carga reactiva desde los niveles superiores de control, de acuerdo con la secuencia automáticas de arranque o paro del control de unidad y las consignas dadas por el sistema. Este modo de operación tiene los mismos sub-modos de control del modo Local – Automático.

Los comandos externos desde el control de unidad deberán llegar al regulador como entradas digitales individuales, disponibles en bornera y a través de la red de control en protocolo Modbus TCP/IP . Estos comandos externos serán:

- Conectar excitación.
- Desconectar excitación.
- Cerrar interruptor de campo
- Abrir interruptor de campo
- Subir consigna.
- Bajar consigna.
- Modo excitación en Automático.
- Modo excitación en Manual.
- Modo Excitación potencia reactiva.
- Disparo excitación
- Activar función 50BF
- Activar Función de descarga de potencia del generador
- Velocidad del generador al 95%
- Si el regulador está en modo local, no deberá aceptar las señales externas con excepción de “Desconectar Excitación” y “Disparo de la excitación”.

En el modo local a través de la terminal de operación local deberán estar disponibles los mismos comandos listados para el modo remoto y un comando adicional para cambiar de modo remoto/local. El comando de “Disparo excitación” deberá ser por un pulsador de color rojo.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

Si el regulador está en modo remoto, no deberá aceptar las señales de la terminal de operación local, con excepción de “Desconectar excitación”, “Disparo excitación” y “Comando local/remoto”.

El controlador tomará las señales de corriente de campo y el voltaje aplicado al rotor, por medio de escobillas piloto dedicadas para este propósito, y calculará la temperatura de los devanados del rotor por el método de la resistencia calibrado en campo, con una precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

En caso de fallas externas, el controlador debe inicialmente apoyar la red con toda la capacidad reactiva disponible del generador; sólo cuando se haya utilizado la capacidad de sobrecarga de corto tiempo de generador o de la excitación debe pasar a limitar la corriente de campo, manteniendo dentro de lo posible la función de control de voltaje. El limitador de sobreexcitación debe ser temporizado, actuando por etapas en función del nivel de sobrecorriente de campo y de la temperatura del devanado rotórico.

El CONTRATISTA debe entregar todos los manuales, software, hardware y entrenamiento requerido para que Hidroecológica del Teribe S.A pueda hacer los ajustes necesarios durante la vida útil del equipo. Igualmente debe entregar memoria de cálculo de todos los ajustes de las funciones y equipos del sistema de excitación.

También deberá entregar para su revisión y aprobación de Hidroecológica del Teribe S.A la memoria de cálculo para el tiristor, el interruptor de campo, fusibles del sistema, circuito de pre-exitacion, resistencia para descarga del campo, Crowbar, respuesta nominal del sistema de excitación, etc.

El equipo debe contar con funciones de supervisión y autodiagnóstico, y verificación de los enlaces locales y remotos de comunicación.

El regulador de voltaje debe responder continua e instantáneamente para corregir cualquier cambio en el voltaje del generador y mantener este voltaje bajo las condiciones de carga de estado estable, sin oscilaciones, dentro de un rango en estado estable de  $\pm 0,3\%$  del valor del voltaje nominal del generador, bajo cualquier condición dentro de los límites de operación del regulador y del generador.

El regulador automático debe permanecer en servicio durante y luego de cualquier rechazo de carga.

Los limitadores de sobreexcitación y subexcitación no restringirán indebidamente el rango de operación del generador.

El limitador de corriente de estator será temporizado, teniendo en cuenta la capacidad de sobrecarga de este.

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

Los módulos de entradas y de salidas deben actuar como filtros del voltaje de suministro del equipo, proveer separación galvánica para las entradas por medio de opto acopladores y para las salidas por medio de relés de interposición, servir como interfaz entre el equipo y el proceso y adaptar las señales a los niveles de voltaje de operación. Cada módulo debe incluir diodos emisores de luz para indicar el estado de las señales de entrada y salida.

Todos los parámetros, estados, alarmas y disparos deben estar disponibles para consulta en línea por parte del sistema de control de la Central con la identificación y estampa de tiempo correspondiente. Todos los registros deben hacerse con estampa de tiempo sincronizada con el reloj GPS de la Central, a través de la red de control y el protocolo IRIG-B o SNTP.

Los equipos de control y los equipos de potencia deben estar en celdas independientes,

El tablero se debe prever con doble alimentación a 125 Vdc. para control. Todo el equipo debe permanecer operativo sin interrupción en caso de pérdida de una cualquiera de las dos alimentaciones. Las fuentes de poder deben contar con señalización remota sobre su estado de operación (prendida, apagada, falla).

#### **4.6. Interfaces de operación**

Los tableros deben suministrarse con unas pantallas táctiles que sirvan como interfaces hombre-máquina - IHM, que permita visualizar y operar el sistema en sus distintos modos de control, con indicación de los estados y alarmas de las etapas de potencia. La IHM debe cumplir con los requisitos generales para las IHM solicitado en estas especificaciones técnicas, ver numeral dedicado a este equipo.

Estas IHMs deberán permitirle al usuario una completa visualización del proceso de control y automatización del sistema, con acompañamiento en tiempo real, a través de registros gráficos, del desempeño de la unidad generadora.

Además de la pantalla IHM, cada tablero deberá incluir un respaldo físico para la operación del sistema de excitación en caso de que la IHM se dañe, para que no dependa de la IHM, empleando selectores, pulsadores, indicadores luminosos para las señales digitales, indicadores digitales para las variables análogas y de aquellas variables de proceso necesarias para garantizar la operación en este modo.

Para el tablero de control, la interface de respaldo físico deberá incluir, como mínimo, los siguientes elementos, sin limitarse necesariamente a ellos:

Medidores con display digital para indicación local. Las señales de los valores de ajuste deberán ser suministradas para indicación remota como señales de 4 a 20mA, aislada galvánicamente:

- Voltajes en terminales.
- Corrientes en terminales.
- Voltaje de excitación.
- Corriente de excitación.
- Potencia reactiva.
- Potencia activa.

Indicadores luminosos tipo LED para:

- Alarma.
- Disparo.
- Listo para arranque.

Perillas para:

- Local / Remoto.
- Arranque / Paro.
- Referencia: Subir / Bajar . La referencia de kV Subir / Bajar deberá permitir variaciones entre el 90% y 110% de la tensión nominal.
- Seleccionar puente: Principal / Respaldo.

Pulsadores para:

- Rearme.
- Modo de operación: Manual.
- Modo de operación: Automático.
- Modo de Operación: Reactiva
- Paro de emergencia.
- Habilitar/Deshabilitar el PSS

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

Los anteriores dispositivos más los que se requieran se utilizarán para operar manualmente el sistema de control de excitación en el caso que la IHM se dañe. EL CONTRATISTA definirá los dispositivos mínimos que son requeridos para poder operar el sistema de excitación en el caso que este suceso se presente.

### Despliegues IHMs:

Las teclas de comando deberán ser sin limitarse a estas:

- Encender/apagar excitación.
- Subir/bajar valor de consigna.
- Modo de operación Local/Remoto.
- Modo de operación manual/automático
- Modo de operación potencia reactiva
- Habilitar y deshabilitar PSS
- Diagramas de Bloques de los lazos de control y limitadores con parametrización directa sobre las representaciones de los lazos respectivos
- Reporte del estado del regulador (ON/OFF, Auto/Manual, Remoto/Local).
- Visualización de los puentes de tiristores, los fusibles y los ventiladores. Indicación en esta misma pantalla del ángulo de disparo, la temperatura de cada tiristor, la corriente de campo y el voltaje rectificado. Además indicación visual en esta misma pantalla si un tiristor, un fusible o el ventilador fallan.
- Se deberá visualizar la curva de carga del generador de la central Bonyic, y mostrar en la curva dinámicamente el punto de operación de la unidad generadora, los limitadores del sistema de excitación. El punto de operación dinámico deberá mostrar, los valores característicos de dicho punto, es decir, Potencia reactiva, activa, factor de potencia, corriente, voltaje, corriente de campo, voltaje de campo, etc.

Visualizar las señalizaciones:

- Las señales de monitoreo de la instrumentación del puente de tiristores(Fusibles, ventiladores, temperatura, corriente..etc)deben ser vistas en la IHM del sistema de excitación y además ser **cableadas a borneras** tanto las digitales como las analógicas(4-20ma) para estar disponibles para uso en el control de la unidad generadora. Estas señales deben formar parte de la integración del sistema de excitación al control de la maquina

	UNIDAD OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO NEGOCIO DE GENERACION DE ENERGIA
	Especificaciones Técnicas Reguladores Tensión para la central Bonyic

- Limitador de excitación mínima actuado.
- Limitador de excitación máxima actuado.
- Limitador Volts-Hertz actuado.
- Estabilizador de sistema de potencia activo.
- Falla en el sistema de excitación.
- Actuación de protección del sistema de excitación.
- Temperaturas de los tiristores.

Adicionalmente, todas las señales de la instrumentación, señales de entrada y salida, señales de falla y alarma, indicaciones y las señales análogas y digitales propias de la excitación deben desplegarse en la IHM del tablero regulador de voltaje, las cuales deben ser como mínimo las señales listadas en el numeral 4.8

También se deberán poder programar y modificar todos los parámetros de regulación, tales como las constantes de tiempo, amplificación, bandas muertas, limitadores y demás parámetros, así como realizar las siguientes selecciones básicas del sistema:

- Selección de un modo de operación y control.
- Selección del puente rectificador principal y del puente rectificador de respaldo, con indicación local y remota.
- Selección para ajustar el voltaje del regulador entre un valor del 95 y el 105% del valor nominal de voltaje.
- Selección para ajustar la corriente de campo desde el 0% al 120% del valor nominal de la excitación.
- Selección de operación para dar mando de excitar y desexcitar, con indicación local y remota.

#### 4.7. Integrabilidad del sistema de excitación

El controlador del sistema de excitación debe ser suministrado con puerto y compatibilidad con el protocolo Modbus TCP/IP, nativo en cada caso, para conexión mediante fibra óptica a la red del sistema de control de la unidad generadora. Todas las señales requeridas por el sistema de control

del sistema de excitación y viceversa, serán enviadas por este medio, de manera tal que sea un sistema total formado por subsistemas operando de manera segura y confiable

De igual manera el Contratista deberá dejar cableadas las señales en borneras del sistema de excitación, tanto las señales de entrada y salidas digitales, como las señales de entrada y salida analógicas(4-20ma). Algunas señales provenientes del sistema de control serán recibidas por el de excitación y otras enviadas desde el regulador de tensión al sistema de control. El propósito, el sistema de control actual es un sistema cableado, por consiguiente deberá recibir las señales cableadas y las señales que debe enviar debe ser de la misma manera.

Las señales mínimas que debe dejar en bornera el sistema de excitación que se suministrara serían las siguientes:

**Señales cableadas en bornera:**

- Excitación en control manual
- Excitación en control automático
- Excitación en control de potencia reactiva
- Selección en control manual
- Selección en control remoto
- Falla fusible de puente 1
- Falla fusible de puente 2
- Falla ventilador del puente 1
- Falla ventilador del puente 2
- Falla sistema de refrigeración del puente 1
- Falla sistema de refrigeración del puente 2
- Alarma temperatura puente 1
- Alarma temperatura puente 2
- Sobrecorriente en puente 1
- Sobrecorriente en puente 2
- Interruptor abierto

- Interruptor cerrado
- Sobrevoltaje Crowbar activado
- Limitador actuado sobreexcitación
- Limitador actuado subexcitación
- Limitador actuado Volts-Hertz
- Limitador actuado corriente del estator
- Falla grave sistema de excitación
- Falla alimentación auxiliar DC
- Falla alimentación auxiliar AC
- Falla Controlador
- Falla fuente controlador
- Falla preexcitación
- Alta temperatura trafo de excitación
- Sobrecorriente trafo de excitación
- Alta temperatura rotor
- Potencia nula activa

#### **Señales analógicas en bornera**

- Señal de 4-20ma Voltaje de campo
- Señal de 4-20ma Corriente de campo
- Señal de 4-20ma Potencia reactiva
- Señal de 4-20ma Potencia activa
- Señal de 4-20ma Voltaje en terminales generador
- Señal de 4-20ma Corriente en terminales generador

#### **Comandos en borneras:**

- Conectar excitación.

- Desconectar excitación.
- Cerrar interruptor de campo
- Abrir interruptor de campo
- Subir consigna.
- Bajar consigna.
- Excitación en Automático.
- Excitación en Manual.
- Excitación en potencia reactiva.
- Disparo excitación
- Activar función 50BF
- Activar Función de descarga de potencia del generador
- Velocidad al 95% del generador

## 5. Características Técnicas Garantizadas

El proponente deberá diligenciar totalmente el cuadro siguiente y en caso de no hacerlo HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A. podrá eliminar la oferta.

El proponente deberá diligenciar y presentar con la oferta, los formularios de características técnicas garantizadas que a continuación se relacionan, los cuales deberán ser firmados por quien presente la propuesta. Las propuestas que no acrediten la información completa solicitada en esta sección no serán consideradas para la evaluación de ofertas por La HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A.. El no cumplimiento de cualquiera de las características técnicas solicitadas será motivo de descalificación de la propuesta.

Deberá aportar la información técnica necesaria que demuestre que cumple con las características ofrecidas, No se aceptan cumplimientos parciales.

El Proponente deberá indicar explícitamente en el formulario de características técnicas garantizadas las características de los bienes objeto del contrato, ofrecidos en la propuesta, las cuales podrán ser verificadas por La HIDROECOLOGICA DEL TERIBE S.A. por medio de pruebas en las instalaciones de El Contratista. En caso de que no se cumplan las especificaciones técnicas de los materiales ofrecidos, no se aceptará el inicio o continuación de los trabajos, pero el plazo del contrato no se interrumpe ni se amplía por ese hecho.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	OFRECIDO
1	<b>Sistema de excitación</b>	-	-	-
1.1.	Fabricante	-	Indicar	
1.2.	Normas que cumple	IEEE ANSI	Std( 421,....421.5) C37.18	
1.3	Tipo de excitación	-	Sistema de excitacion estático, doble canal, doble puente de tiristores con todas sus funciones, incluida la del PSS de acuerdo con la norma IEEE 421-5	
1.4.	Protocolo de comunicaciones	-	Modbus TCP/IP	
1.5	Integración al sistema de control existente	-	Indicar	
1.6.	Desempeño para pequeñas variaciones según norma IEEE 421.	-	Incluido	
1.7	Modelos de control de limitadores acorde a la norma IEEE421.5			

1.8	Modelo de PSS acorde a norma IEEE421.5 y cual modelo		2A o 4B	
1.9	Modelo del control de VAR, según norma IEEE421.5			
1.10	Entrega de funciones de transferencia, y del estabilizador de potencia del sistema excitación incluyendo todos los valores de las constantes del sistema			
1.11	Precisión en la medida del calculo de temperatura del devanado del rotor	°C	± 1°C	
2	Tipo de puente	-	Dos puentes redundantes e independientes, de onda completa basados en tiristores, para trabajo en paralelo, de operación continua los dos puentes a la vez, con transferencia en caliente sin sobresaltos	
2.1	Sistema de enfriamiento	-		
2.2	Tiristores montados en bandejas extraíbles	-	Si	
2.3	Potencia del Sistema de excitación			
2.4	Tensión nominal del sistema de excitación	V d.c.		
2.5	Tensión de techo del sistema de excitación	V d.c.		
2.6	Corriente nominal del puente de tiristores		1,2*I nominal campo	
2.7	Corriente nominal del sistema de excitación			
2.8	Corriente de techo según estas especificaciones técnicas			
2.9	Respuesta nominal del sistema de excitación acorde a estándar IEEE 421.1			
2.10	Tiempo de respuesta del sistema de excitación según IEEE412.1			
2.11	Protección contra descargas y sobretensiones de maniobra en el Puente de tiristores: Lado c.a.	-	Si	

2.12	Protección contra descargas y sobretensiones de maniobra en el Puente de tiristores: Lado c.d.	-	Si	
2.13	Balace de corriente en los puentes de tiristores			
<b>3.</b>	<b>Excitación inicial (Field flashing)</b>	-	-	-
3.1.	Voltaje nominal de baterías	V d.c.	125	
3.2.	Valor inicial de corriente nominal requerida de las baterías para pre-excitación	A	Indicar	
3.3	Duración	s	Indicar	
<b>4</b>	<b>Interruptor de circuito de campo</b>	-	-	-
4.1	Norma interruptor de campo	-	C37.18	
4.2	Medios para interrupción y descarga de campo	-	Contactos auxiliares del interruptor de campo y módulo de Protección (CROWBAR)	
4.3.	Sistema de inserción de la resistencia de descarga	-	Indicar	
<b>5.</b>	<b>Cables de potencia para la excitación</b>			
5.1	Cable para alimentar el campo o rotor desde el Sistema de excitación	-		