GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:

ING. JERONIMO SERGIO ORDOÑEZ CADENA

COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:

ING. ROSENDO A. VILLARREAL DÁVILA

PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS

APRUEBA:

DR. RAÚL A. LIVAS ELIZONDO

PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CONTENIDO

CAPÍTULO **PÁGINA**

0. INTRODUCCIÓN……6
1. OBJETIVO……6
2. ALCANCE……7
3. CAMPO DE APLICACIÓN……7
4. ACTUALIZACIÓN……7
5. REFERENCIAS……8
6. DEFINICIONES……10
7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS……11
8. DESARROLLO……13
8.1 Condiciones de diseño……13
8.1.1 Generalidades……13
8.1.2 Especificaciones del eléctricas del generador……13
8.1.3 Diseño Generador eléctrico ……15
8.1.4 Sistema de excitación ……16
8.1.4.1 Sistema de excitación con escobillas (excitación estática separada)……17
8.1.4.2 Sistema de excitación sin escobillas ……20
8.1.4.3 Gabinete del sistema de excitación……21
8.1.4.4 Alambrado interno del tablero del sistema de excitación……22
8.1.4.5 Cuarto de control del sistema de excitación……233
8.1.5 Sistema de enfriamiento del generador……23
8.1.6 Interruptor del generador……24
8.1.7 Resistencia de puesta a tierra (RPT) del generador. ……25
8.1.8 Interruptor para resistencia de puesta a tierra……25
8.1.9 Tablero de protección, medición y sincronización del generador……25
8.1.9.1 Protección del generador……25
8.1.9.2 Medición del generador……30
8.1.9.3 Sincronización del generador……31

8.1.9.4 Características del tablero de protección, medición y sincronización del generador……..…32

8.1.10 Centro de control de motores (CCM) y tableros de distribución para las cargas de servicios propios del turbogenerador, en c.a. y c.c……33

8.1.11 Cargador de baterías (CB) y Banco de baterías (BB)……33

8.1.12 Sistema de fuerza ininterrumpible. ……..34

8.1.13 Sistema de control del generador……..34

8.1.14 Requerimientos de lubricación del generador……34

8.1.15 Condiciones ambientales……34

8.1.15.1 Temperatura……35

8.1.15.2 Humedad relativa……35

8.1.15.3 Altitud……35

8.1.15.4 Diseño por sismo……35

8.1.15.5 Diseño por viento……35

8.2 Fabricación……35

8.2.1 Marco y carcasa del generador……..35

8.2.2 Estator……36

8.2.3 Rotor……..36

8.2.4 Terminales del generador……38

8.2.5 Cubierta metálica……..38

8.2.6 Pintura……39

8.2.7 Placa de datos……..39

8.2.7.1 Generador. ……...39

8.2.7.2 Sistema de excitación. ……...40

8.3 Instrumentación y control……40

8.3.1 Generalidades……...40

8.3.2 Sistema de control del turbogenerador……41

8.3.2.1 General……41

8.3.2.2 Sistema de control……41

8.3.3 Filosofía de operación……..45

8.3.4 Protección del turbogenerador……...45

8.3.5 Sistema de lubricación de la turbina……..48

8.4 Inspección y pruebas……...499

8.4.1 Generador……..50

8.4.1.1 Pruebas de rutina……50
8.4.1.2 Pruebas prototipo…….....50
8.4.2 Excitación del generador……51
8.4.2.1 Pruebas de rutina……51
8.4.2.2 Pruebas de prototipo……...51
8.4.3 Pruebas en sitio del turbogenerador……51
8.4.3.1 De comportamiento……51
8.4.3.2 De la unidad completa……52
8.4.3.3 Del sistema de lubricación y control de aceite……52
8.5 Almacenamiento y transporte……52
8.6 Documentación……52
8.6.1 Documentación que proporciona PEMEX. ……..52
8.6.2 Documentación a entregar por el proveedor o contratista……53
8.6.2.1 Con la propuesta técnica……53
8.6.2.2 Después de la colocación de la orden de compra……54
8.7 Servicios……56
8.7.1 Recepción del turbogenerador……...56
8.7.2 Accesorios y herramientas……..56
8.7.3 Partes de repuesto……...56
8.7.4 Garantía……56
8.7.5 Capacitación……..57
8.8 Cuestionario técnico……57
9. RESPONSABILIDADES……57
9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios……...57
9.2 . Proveedores y contratistas…… ..57
10. Concordancia con normas MEXICANAS O INTERNACIONALES……..588
11.Bibliografía……58
12. ANEXOS……59
12.1. Presentación de Documentos Normativos Equivalentes……..…60
12.2.Hoja de datos para el generador de energía eléctrica……...……..……..61
12.3 Cuestionario Técnico del Sistema de Exitación……...62

0. INTRODUCCIÓN.

Los generadores de energía eléctrica son de gran importancia para asegurar la confiabilidad del suministro eléctrico y la continuidad de las operaciones de los centros de trabajo de PEMEX.

La operación de los generadores de energía eléctrica conllevan riesgos que son comunes a todos los diseños, por problemas eléctricos, mecánicos, dinámicos-estructurales y de control, ya que tales equipos implican numerosos componentes que deben operar dentro de estrechos márgenes de control debido a las fuentes potenciales de fallas que pueden provocar daños al equipo, a las instalaciones adyacentes y al personal, por lo que se deben especificar las características de los generadores de energía eléctrica, de tal forma que se puedan adquirir equipos eficientes.

Con el objeto de tener un documento normativo que reúna la experiencia de la empresa, la práctica internacional y los avances tecnológicos, PEMEX emite esta norma de referencia para la adquisición de Generadores de Energía Eléctrica.

Esta norma de referencia se realizó en atención y cumplimiento a:

Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su Reglamento.

Guía para la emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios CNPMOS-001 Rev. 1, del 30 de septiembre del 2004.

En la elaboración de la presente norma de referencia participaron los siguientes Organismos, Empresas e Instituciones:

Petróleos Mexicanos

Pemex Refinación

Pemex Exploración y Producción

Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex Petroquímica

Instituto Mexicano del Petróleo

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos técnicos y documentales para la adquisición de generadores de energía eléctrica a utilizarse en las instalaciones industriales de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

2. ALCANCE.

Esta norma de referencia establece los requisitos técnicos y documentales que se deben cumplir en el diseño, fabricación, inspección, pruebas, almacenamiento, transporte y documentación de los generadores de energía eléctrica con un rango de capacidades de 5 a 150 MW.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición de los bienes objeto de la misma, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN.

Esta norma se debe revisar y en su caso modificar al menos cada 5 años o antes si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma de referencia, se deben enviar al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de Petróleos Mexicanos, quien debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y en su caso, inscribirla dentro del Programa Anual de Normalización de Petróleos Mexicanos, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Las propuestas y sugerencias de cambio deben elaborarse en el formato “CNPMOS-001-A001” de la “Guía para la Emisión de Normas de Referencia (CNPMOS-001 Rev-1)” y dirigirse por escrito al:

Subcomité Técnico de Normalización de Petróleos Mexicanos.

Avenida Marina Nacional No. 329, Piso 23, Torre Ejecutiva.

Colonia Huasteca, C.P. 11311, México D.F.

Teléfono directo: (55)1944-9240; Conmutador: (55)1944-2500 extensión: 54997.

Correo electrónico: asanchezg@dca.pemex.com.

5. REFERENCIAS.

5.1 NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización).

5.2 NOM-008-SCFI-2002 Sistema general de unidades de medida.

5.3 NOM-011-STPS-2001 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde de genere ruido.

5.4 NMX-J-142-ANCE-2000 Productos eléctricos – Conductores – Cable de energía con pantalla metálica, aislados con polietileno de cadena cruzada o a base de etileno–propileno para tensiones de 5 kV a 15 kV – Especificaciones y métodos de prueba.

5.5 NMX-J-235/1-ANCE-2000 Envolventes – Envolventes (gabinetes) para uso en equipo eléctrico – Parte 1: Requerimientos generales – Especificaciones y métodos de prueba.

5.6 NMX-J-235/2-ANCE-2000 Envolventes – Envolventes (gabinetes) para uso en equipo eléctrico – Parte 2: Requerimientos específicos – Especificaciones y métodos de prueba.

6.7 NMX-J-266-ANCE-1999 Productos eléctricos – Interruptores – Interruptores automáticos en caja moldeada – Especificaciones y métodos de prueba.

5.8 NMX-J-351-ANCE-2005 Transformadores de distribución y potencia tipo seco – Especificaciones.

5.9 NMX-J-438-ANCE-2003 Conductores – Cables con aislamiento de policloruro de vinilo, 75 °C y 90 °C para alambrado de tableros - Especificaciones.

5.10 NMX-J-529-ANCE-2006 Grados de protección proporcionados por los envolventes (código IP).

5.11 IEC 60034-1:2004 Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance (Máquinas eléctricas rotatorias - Parte 1: Rangos y desempeño).

5.12 IEC 60034-3:2005 Rotating electrical machines - Part 3: Specific requirements for cylindrical rotor synchronous machines (Máquinas eléctricas rotatorias - Parte 3: Requerimientos específicos para máquinas síncronas de rotor cilíndrico).

5.13 IEC 60034-16-1:1991 Rotating electrical machines - Part 16: Excitation systems for synchronous machines - Chapter 1: Definitions (Máquinas eléctricas rotatorias - Parte 16: Sistema de excitación para máquinas síncronas - Capitulo 1: Definiciones).

5.14 IEC 60072-1:1991 Dimensions and output series for rotating electrical machines - Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1080 (Dimensiones y series para

máquinas eléctricas rotatorias -Parte 1: Números de armazón 56 al 400 y números de brida 55 al 1080).

5.15 IEC 60072-2:1990 Dimensions and output series for rotating electrical machines - Part 2: Frame numbers 355 to 1000 and flange numbers 1180 to 2360 (Dimensiones y series para máquinas eléctricas rotatorias - Parte 2: Números de armazón 355 al 1000 y números de brida 1180 al 2360).

5.16 IEC 60085:2004 Electrical insulation - Thermal classification (Aislamiento eléctrico – Clasificación térmica).

5.17 IEC 61131-3:2003 Programmable controllers - Part 3: Programming lenguajes (Controladores programables - Parte 3: Lenguajes de programación).

5.18 IEC 61508-3:1998 Functional safety of electrical-electronic-programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements (Seguridad funcional de sistemas eléctrico-electrónico-programable – Parte 3: Requerimientos de programas).

5.19 ISO 10437/API-612:2005 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Steam turbines —Special-purpose applications (Industrias del petróleo, petroquímicas y gas natural – Turbinas de vapor – Para aplicación de servicios especiales).

5.20 ISO 10438-1:2003 Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Lubrication, shaft-sealing, and control-oil systems and auxiliaries – Part 1: General requirements (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural - Sistemas de lubricación, sello de flechas y control de aceite y auxiliares - Parte 1: Requerimientos generales).

5.21 ISO 10438-2:2003 Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Lubrication, shaft-sealing, and control-oil systems and auxiliaries – Part 2: Special – Purpose oil systems (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural - Sistemas de lubricación, sello de flechas y control de aceite y auxiliares - Parte 2: Sistemas de aceite para servicio especial).

5.22 NRF-019-PEMEX-2001 Protección contra incendio en cuartos de control que contienen equipo electrónico.

5.23 NRF-036-PEMEX-2003 Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico.

5.24 NRF-046-PEMEX-2003 Protocolos de comunicación en sistemas digitales de monitoreo y control.

5.25NRF-048-PEMEX-2007 Diseño de instalaciones eléctricas.

5.26 NRF-049-PEMEX-2006 Inspección de bienes y servicios.

5.27 NRF-052-PEMEX-2004 Rehabilitación de generadores síncronos de polos lisos.

5.28 NRF-053-PEMEX-2006 Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos para instalaciones superficiales.

5.29 NRF-091-PEMEX-2007 Sistemas eléctricos de emergencia.

5.30 NRF-105-PEMEX-2005 Sistemas digitales de monitoreo y control.

5.31 NRF-146-PEMEX-2005 Tablero de distribución en media tensión.

5.32 NRF-148-PEMEX-2005 Instrumentos para medición de temperatura.

5.33 NRF-163-PEMEX-2006 Válvulas de control con actuador tipo neumático.

5.34 NRF-164-PEMEX-2006 Manómetros.

5.35 NRF-168-PEMEX-2006 Banco de resistencias.

5.36 NRF-170-PEMEX-2007 Turbinas de vapor para servicio especial.

5.37 NRF-184-PEMEX-2007 Sistema de gas y fuego: CEP.

5.38 NRF-196-PEMEX-2007 Cargador y banco de baterías.

5.39 NRF-205-PEMEX-2007 Sistema de gas y fuego: Tableros de seguridad.

5.40 NRF-210-PEMEX-2007 Sistema de gas y fuego: Detección y alarmas.

6. DEFINICIONES.

6.1. **Control dedicado:** El control dedicado para Generadores de Energía Eléctrica es un sistema “hardware” y programa “software” especializado, diseñado, fabricado y configurado para control regulatorio, secuencial y de protección para uso exclusivo en estos equipos, por lo que su uso se limita específicamente a esta aplicación.

6.2. **Equivalente:** Es la norma, especificación, método, estándar o código que cubre los requisitos y/o características físicas, químicas, fisicoquímicas, mecánicas o de cualquier naturaleza establecidas en el documento normativo extranjero citado en esta norma de referencia, para la aplicación de un documento normativo equivalente se debe cumplir con lo establecido en el anexo 12.1 de esta NRF.

6.3. **Generador:** Generador de energía eléctrica síncrono de polos no salientes.

6.5. **Placa base:** Placa metálica maquinada sobre la cual se monta la turbina o el turbogenerador y puede estar montada sobre una base estructural o embebida en el concreto de cimentación.

6.6. **Sistema de excitación sin escobillas:** Excitador de corriente alterna con rectificadores que rotan con el eje común del excitador y la máquina síncrona, cuya energía de salida es conectada directamente al devanado de campo de la máquina síncrona sin anillos rozantes ni escobillas.

6.7. **Sistema de excitación con escobillas:** Excitador de corriente alterna con rectificadores estáticos separados de la máquina síncrona, cuya energía de salida es llevada por medio de anillos rozantes y escobillas al devanado de campo de la máquina síncrona.

6.8 **Tensión de techo:** Es el valor absoluto máximo de la tensión de campo en corriente continua, positiva o negativa que el sistema de excitación puede suministrar en sus terminales bajo condiciones de generador en vacío.

6.9. **Turbina:** Turbina de vapor para servicio especial.

6.10. **Turbogenerador:** Conjunto turbina-generador.

6.11. **Velocidad de disparo del generador:** Es la velocidad a la que el interruptor del generador debe interrumpir la energía de generación.

Para efectos de esta norma de referencia, aplican las definiciones de la NRF-170-PEMEX-2007.

7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.

AGMA American Gear Manufacturers Association (Asociación Americana de Fabricantes de Engranes).

ANSI American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas Nacionales).

API American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).

ASME American Society Of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

AVR Automatic Voltage Regulator (Regulador automático de tensión).

AWG American Wire Gauge (Sistema Americano de Designación).

BB Banco de baterías.

c.a. Corriente alterna.

c.c. Corriente continua.

CB Cargador de baterías.

CCM Centro de control de motores.

dB(A) Decibeles en la escala de ponderación A.

IP Ingress protection (Grado de protección de acuerdo a IEC).

ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

IEC International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica).

kV Kilo volt.

kVA Kilo volt ampere.

kVAR Kilo volt ampere reactivos.

LED Ligth emition diode (Diodo emisor de luz).

MVA Mega volt ampere.

MW Mega watt.

NEMA National Electrical Manufactures Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos).

NMX Norma Mexicana.

NOM Norma Oficial Mexicana.

NRF Norma de Referencia.

PC Personal Computer (Computadora personal).

PEMEX Petróleos Mexicanos y organismos Subsidiarios.

PLC Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).

PMS Pantone® Matching System (Sistema de Impresión Pantone®).

PULG Pulgada.

PVC Policloruro de vinilo.

RPT Resistencia de puesta a tierra.

RTD Resistance Termal Detector (Detector de Temperatura por Resistencia).

SDMC Sistema digital de monitoreo y control.

SCR Silicon Controlled Rectifier (Rectificador Controlado de Silicio).

s.n.m. Sobre el nivel del mar.

SFI Sistema de fuerza ininterrumpible.

TCP/IP Transport Control Protocol / Internet Protocol (Protocolo de control de transporte / Protocolo de internet.

TEWAC y TEAAC Totally enclosed water air cooled (Totalmente cerrado con enfriamiento aire-agua).

THW/THHW Thermoplastic Heat and Moisture (Water) Resistant/Thermoplastic High Heat Moisture (Water) Resistant (Alambre o cable con aislamiento de PVC para 348,15 *K* (75 °*C*) en ambientes secos o húmedos, 600 *V*/ Cable aislado con PVC para 363,15 *K* (90 °*C*) en ambientes secos y 348,15 *K* (75 °*C*) en húmedos, 600 *V*).

USG United Status Standard Gauge (Escala para medir calibres de lámina de acero).

Para los efectos de esta norma de referencia con relación a simbología y valores de unidades de medida, debe referirse a la NOM-008-SCFI-2002.

8. DESARROLLO.

8.1 Condiciones de diseño.

8.1.1 Generalidades.

1. El generador de energía eléctrica se debe suministrar acoplado a una turbina de vapor o de gas, en donde el tipo de turbina, es indicado por PEMEX en el anexo 12.3 de esta NRF.
2. El proveedor, contratista y/o licitante es el responsable de suministrar el turbogenerador completo, para operar de acuerdo a los requerimientos de PEMEX.

8.1.2 Especificaciones eléctricas del generador.

El generador, todos sus equipos periféricos y accesorios se deben diseñar para una operación continua a valores nominales y sus tolerancias, sin exceder la elevación de temperatura solicitada.

El generador debe tener las características eléctricas principales siguientes, y cumplir con los requerimientos específicos del proyecto:

a)	Tipo:	Síncrono.
b)	Factor de Potencia:	0,8 atrasado a 0,9 adelantado
c)	Velocidad:	3 600 *r/min* + 10. por ciento
d)	Número de Polos:	2
e)	Número de Fases:	3
f)	Frecuencia:	60 *Hz* ± 2*Hz*.
g)	Tensión nominal:	13 800 *V* .
h)	Nivel de aislamiento	15 KV

i)	Clase de Aislamiento:	Clase “F”, con Elevación de temperatura clase “B”, a temperatura ambiente del aire de 313,1 k (+40°C).
j)	Conexión:	Estrella.
k)	Altura de operación:	Por requerimiento del proyecto
l)	Sistema de enfriamiento:	TEWAC TEEAC
m)	Instalación:	Interior.
n)	Grado de protección:	IP 54 de acuerdo Con 529-ANCE-2006.

8.1.3 Diseño del Generador eléctrico

1. El generador debe ser para operación continua, durante 24 *h* al día los 365 días del año a valores nominales de operación, la vida útil no debe ser menor de 20 años, el primer periodo operacional en forma ininterrumpida debe ser de al menos 3 años.

2. El generador debe soportar cambios repentinos de carga de cualquier valor entre cero y la capacidad total del generador sin sufrir daños.

3. En caso de que se presenten discrepancias entre los documentos proporcionados por PEMEX, esta norma de referencia y la oferta del proveedor, contratista y/o licitante, se deben solicitar a PEMEX, por escrito, durante la etapa de concurso, las aclaraciones correspondientes. PEMEX definirá la especificación o criterio que se debe aplicar para el desarrollo del proyecto.

4. Las mediciones de temperatura se deben realizar por medio de elementos de temperatura RTD, los cuales deben ser de tipo Pt-100, de tres elementos (triada) y deben cumplir con el numeral 8.1.3 de la NRF-148-PEMEX-2005.

5. Los equipos eléctricos, componentes e instalaciones eléctricas, deben cumplir con los requerimientos de clasificación de áreas peligrosas establecidos en la NRF-036-PEMEX-2003.

6. La instalación eléctrica de los equipos auxiliares del generador deben cumplir con los requerimientos de NRF-048-PEMEX-2007, así mismo, la instalación del generador también debe cumplir con los requerimientos aplicables del artículo 445 de NOM-001-SEDE-2005.

7. En función de su capacidad, el diseño y fabricación, debe cumplir con los requerimientos de IEC 60034-1, IEC 60034-3, NEMA MG 1 o equivalente y IEEE C50.13 o equivalente.

8. La eficiencia mínima del generador eléctrico debe ser de 97,5 por ciento al 100 por ciento de carga, con factor de potencia de 0,8, incluyendo pérdidas en las chumaceras.

9. La potencia nominal solicitada es la potencia mínima que debe entregar el generador en forma continua después de la alimentación a las cargas propias.

10. El generador síncrono debe operar a la potencia nominal (MVA), frecuencia y factor de variación en la tensión de salida de ± 5 por ciento de la tensión nominal.

11. La tensión del generador debe estar libre de armónicas, al menos de armónicas pares y tercera armónica. La tensión generada por el generador eléctrico debe ser lo más cercano a una senoide, considerando una distorsión armónica no mayor al 3%. acorde a la norma NEMA MG-1/2 1998.

12. El generador debe soportar los esfuerzos causados por corto circuito de 1 000 MVA simétricos pico en 13, 800 V.

13. La apertura súbita del interruptor del generador no debe causar daños al generador ni a la turbina.

14. La tensión del generador debe estar libre de armónicas, al menos de armónicas pares y tercera armónica.

15. La velocidad de disparo del generador eléctrico debe ser de 3 960 r/min.

16. El acoplamiento del generador con la turbina debe cumplir con el numeral 8.12 de NRF-170-PEMEX-2007. El acoplamiento debe ser capaz de soportar cualquier esfuerzo generado por corto circuito en el generador o cualquier efecto por pérdida de sincronización que pueda causar una torsión mecánica no deseada en el generador.

17. El generador debe suministrarse con protección contra sobre tensiones transitorias.

18. El aumento de temperatura máxima de operación del generador no debe exceder el valor establecido por las normas internacionales, de acuerdo con el tipo de aislamiento. Las elevaciones máximas de temperatura garantizadas en las diferentes partes del generador, con respecto al enfriamiento para el generador de polos lisos, no deben exceder de los siguientes valores establecidos en la norma ANSI. C50.13:

GENERADOR CON ROTOR DE POLOS LISOS		
PARTE	METODO DE MEDIDA	TEMPERATURA (ºC)
Aire de enfriamiento	Relevador	45-50
Embobinado de C.A.	Detector RTD	110
Embobinado de campo	Resistencia	110
Núcleo magnético en contacto con embobinado	Termómetro	130

Las anteriores elevaciones de temperatura se entienden a los kVA máximos con el factor de potencia nominal y a una altura al nivel del mar.

La temperatura de otras partes de la máquina no debe llegar a valores tales que puedan significar riesgo para los aislamientos eléctricos u otras partes del generador.

Las temperaturas de los devanados se medirán en seis puntos con detectores de temperatura con termopares internos (RTD´s) de platino de 100 Ohms instalados en las partes más calientes del embobinado. Adicionalmente, se deben suministrar 12 detectores más, para instalarlos en los extremos del núcleo del estator; 6 en cada extremo, con la finalidad de detectar los posibles incrementos de temperatura en los extremos del núcleo, ocasionados por condiciones de operación sobreexcitado o subexcitado, cerca de los límites de su curva de capabilidad.. Todos los aumentos de temperatura para el generador eléctrico y el excitador son para operación continua, medidos sobre una temperatura ambiente de 45 ºC

19. La medición de temperatura de chumaceras debe ser por RTD's en cada una, de acuerdo a IEC 60034-1. Para cada rodamiento radial se debe disponer de dos RTD's, uno conectado para supervisión y el otro como respaldo. Las chumaceras deben contar con detección de vibración.

20. Las chumaceras del generador deben aislarse para impedir el flujo de corriente a través de ellas. El valor de resistencia de aislamiento para las chumaceras debe ser de 10 MΩ como mínimo, medidos con un probador de resistencia de aislamiento de 500 V a 30°C.El material dieléctrico no debe ser higroscópico.

21. El generador debe estar provisto de calentadores de espacio controlado por termostato, operados a 220/127 V de corriente alterna, para operación cuando el generador esté fuera de servicio.

22. La temperatura de las partes mecánicas de la máquina no debe llegar a valores de riesgo para los aislamientos eléctricos u otras partes del generador.

23. Se debe proporcionar la curva de capabilidad del generador (3 juegos). Adicionalmente se deben indicar los niveles de potencia reactiva que puede manejar con un factor de potencia adelantado, sin exceder los límites de elevación de temperatura garantizada (subexcitado)

    El generador eléctrico debe ser diseñado para poder operar sobreexcitado, con la finalidad de poder suministrar VARS para las compensar cargas reactivas del sistema

24. La reactancia subtransitoria del generador se debe especificar de acuerdo al estudio preliminar de corto circuito para no rebasar la capacidad de los sistemas de generación y distribución, pero no debe ser mayor del 14 por ciento, a menos que se indique otro valor en las Bases de la Licitación.

25. Se deben proporcionar todos los transformadores de corriente y potencial que se requieran para las funciones de medición y protección.

26. Los transformadores de corriente y potencial deben cumplir con el numeral 8.2.4 de la NRF-146-PEMEX-2005.

27. Los transformadores de corriente para protección deben tener una potencia de precisión que garantice la operación adecuada de los dispositivos de protección en condiciones de corto circuito sin llegar a la saturación; el fabricante debe demostrarlo empleando curvas de saturación; así mismo estos transformadores, deben ser independientes a los de medición.

8.1.4 Sistema de excitación.

El sistema de excitación debe cumplir con los requerimientos de IEC 60034-16-1; y de IEEE 421.1, IEEE 421.3, IEEE 421.4 o equivalentes y puede ser de los siguientes tipos:

a) Con escobillas (excitación estática separada).

b) Sin escobillas

La definición del tipo de sistema se debe indicar en las Bases de la Licitación proporcionadas por PEMEX.

El sistema de excitación debe tener capacidad de excitación continua sin exceder los aumentos nominales de temperatura con el generador operando a capacidad nominal en *MVA* y a 110 por ciento de tensión nominal. La tensión máxima del excitador no debe ser menor a 120 por ciento de la tensión nominal.

8.1.4.1 Sistema de excitación con escobillas (excitación estática separada).

Debe estar conformado de una etapa de potencia en base a un transformador de excitación y un convertidor a base de microprocesadores, así como una etapa de control en base a dos unidades de control de excitación, las cuales deben contener las funciones de regulación, compensación, limitación, protección, control lógico, registro de eventos y registro de datos, entre otros.

La alimentación de energía de excitación al devanado del rotor debe ser desde el sistema de excitación estática a través de los anillos rozantes del generador síncrono.

1. Etapa de potencia.

Debe ser un sistema completo, operar en forma óptima y estar constituida como mínimo por los siguientes elementos:

a) Transformador de excitación.

Debe ser trifásico, tipo seco encapsulado en resina epóxica, aislamiento clase F, para instalación interior, estar conectado a la tensión de línea del generador y debe cumplir con los requerimientos de la NMX-J-351-ANCE-2005.

El dimensionamiento del transformador debe proporcionar la capacidad para suministrar las tensiones de techo de acuerdo a la resistencia y temperatura del devanado de campo del generador, así mismo se debe considerar un núcleo magnético con capacidad para tolerar una tensión en el devanado primario de 115 por ciento como mínimo de su valor nominal, sin presentar saturación, la capacidad del transformador debe tener un factor de sobre dimensionamiento suficiente, para tolerar la carga producida por los componentes armónicos propios del sistema de excitación.

La tensión del secundario del transformador debe permitir alcanzar techos de ± 5 por ciento de tensión de campo.

Se debe suministrar junto con el transformador de excitación los transformadores de instrumento necesarios para protección, medición y control del sistema de excitación, indicando su relación, carga y precisión.

b) Convertidor de tiristores.

Se debe conformar por un banco de rectificación trifásico de onda completa de seis pulsos como mínimo, plenamente controlados, constituido por dos bancos de rectificadores conectados en paralelo, para proveer 100 por ciento de respaldo en caso de falla del primero.

El puente de rectificadores debe tener indicación de falla del elemento dañado y un sistema de supervisión de desbalance de corriente en las ramas de los puentes rectificadores, la cual debe mandar señales al panel de alarmas local y remoto.

La celda del convertidor debe incluir un sistema de enfriamiento a base de ventilación forzada redundante, incluyendo además un dispositivo de vigilancia y control de los ventiladores.

El sistema de excitación se debe diseñar para tolerar campos electromagnéticos de alta frecuencia, descargas electrostáticas, transitorios de radio interferencia y sobre- tensiones transitorias.

El sistema de excitación se debe suministrar en gabinetes y tener componentes de materiales retardadores de fuego. Además debe tener capacidad para operación continua del sistema de todos sus componentes.

Debe proporcionar las tensiones de techo que se especifiquen, en las características particulares todos los contactos de los dispositivos de protecciones auxiliares de reserva y los incluidos en los circuitos de control, protección, alarmas remotas y transductores se deben alambrar a tablillas terminales agrupadas, para conexión externa.

Los circuitos impresos incluidos en el sistema de excitación deben ser de tecnología probada. No se acepta ninguna tecnología que no haya sido probada previamente por el proveedor, demostrando su confiabilidad durante la operación en otras termoeléctricas por un tiempo no menor de 1 año, esta información se debe entregar en el momento de entrega de la propuesta técnica, no serán aceptados componentes que contengan dispositivos cuya identificación de fabrica haya sido borrada ni módulos electrónicos embebidos en resina.

c) Barras de potencia de c.a.

Las interconexiones del gabinete del transformador de excitación al gabinete que contiene el banco rectificador deben ser con barras de potencia las cuales deben ser de cobre electrolítico de alta conductividad, la densidad de corriente debe ser de 1,24 *A/mm²* (800 *A/pulg²*), las conexiones entre barras deben ser plateadas y se deben fijar con tornillos de acero inoxidable, las barras deben ser aisladas con fundas contráctiles o rígidas premoldeadas.

d) Barras de potencia de c.c.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar los componentes necesarios para adecuar la conexión desde el banco de rectificación al devanado de campo del generador.

e) Circuito de excitación inicial.

El circuito de excitación inicial, de operación automática, debe contener todos los componentes necesarios para la energización de los devanados de campo del generador durante el

arranque, con el fin de llevar la tensión del generador desde cero hasta la tensión requerida para iniciar la operación de los puentes de tiristores bajo el control del regulador de tensión o del regulador de corriente de campo. La fuente del circuito de excitación inicial debe ser un banco de baterías de 125 *V* de corriente continua.

f) Protección contra desexcitación.

Se debe incluir un dispositivo que sea capaz de seccionar el circuito de campo del generador síncrono bajo las condiciones más adversas de tensión y corriente que los procesos de excitación y desexcitación produzcan bajo condiciones normales o de falla. Este dispositivo debe ser un interruptor de campo, ubicado a la salida de corriente continua del banco de rectificación y/o un interruptor de corriente alterna colocado en el lado de suministro trifásico del convertidor de potencia el cual debe cumplir con los requerimientos de ANSI/IEEE C37.18 o equivalente.

Para la disipación de la energía total almacenada en el campo magnético del rotor durante la secuencia de desexcitación, se debe contar con un circuito de descarga, accionado por un contacto de descarga cuyo mecanismo esté acoplado de forma mecánica al mismo mecanismo que los contactos principales del interruptor de campo. El contacto de descarga debe conectar una resistencia de descarga con característica lineal o no lineal. La fuente del circuito de descarga debe ser un banco de baterías de 125 *V* de corriente continua.

g) Protección contra sobretensión.

El sistema de excitación debe contener un sistema de protección por sobretensión conformado por tiristores, que permita el drenado de la energía asociada con transitorios de sobretensión en el devanado de campo del generador, a través de una resistencia de descarga no lineal tipo varistor “crow bar”.

h) Resistencias para medición de corriente de carga.

El sistema de excitación debe disponer de resistencias para medición de corriente de campo.

2. Etapa de control y regulación.

Las unidades de control de excitación deben contener las funciones de control y capacidad de respuesta requeridas para el sistema de excitación. Cada unidad de control de excitación debe contener como mínimo las siguientes funciones:

a) Regulación de tensión en terminales del generador (canal automático).

b) Regulación de corriente de campo (canal manual).

c) Medición de variables del sistema de excitación y del generador síncrono.

d) Compensación de reactivos.

e) Seguidor entre el AVR y el regulador de corriente de campo y viceversa.

f) Estabilización del sistema de potencia.

g) Limitación de mínima excitación.

h) Limitación *V/Hz*.

i) Limitación por sobre excitación.

j) Limitación de corriente del estator.

k) Limitador de sobre flujo.

l) Limitación de máxima corriente de campo.

m) Registro de eventos y datos.

n) Lógica de control.

o) Alarmas.

p) Funciones de protección.

q) Acoplamiento y coordinación con la lógica de disparo del turbogenerador.

r) Interfase local de usuario para configuración completa de parámetros y lógica de disparos.

s) Puertos de comunicación para la operación y el intercambio de datos.

En cada unidad de control de excitación las funciones de regulación de tensión en terminales del generador y la función de regulación de corriente de campo deben ser independientes.

Cada unidad de control de excitación debe disponer de circuitos independientes para las entradas de retroalimentación de tensión en terminales del generador.

El sistema de excitación debe proporcionar una regulación de tensión entre 90 por ciento y 110 por ciento de la tensión en las terminales del generador síncrono, con una precisión de ± 0,5 por ciento o menor.

El equipo y dispositivos de regulación y control se deben instalar en un tablero, completamente alambrado, ensamblado y probado, diseñado especialmente para equipo de control de lazo cerrado y lazo abierto y dispositivos eléctricos de potencia.

8.1.4.2 Sistema de excitación sin escobillas

Este sistema de excitación debe consistir de un generador de excitación de corriente alterna, trifásico, de armadura rotativa y devanado de campo estacionario, con un puente rectificador trifásico de onda completa rotatorio, montado en la flecha del generador síncrono y un generador de corriente alterna monofásico.

Debe tener las siguientes características y componentes principales:

a) Regulador automático de tensión y control de la corriente de excitación en operación manual.

b) Equipo para desexcitación de campo.

La fuente de suministro para la corriente de excitación debe ser redundante. En operación normal el suministro debe ser desde los rectificadores rotatorios y en caso de corto circuito la

corriente de excitación lo debe proporcionar una fuente externa segura de corriente directa, tal como un banco de baterías de 125 *V* de corriente continua.

Las funciones principales que debe realizar este sistema son las siguientes:

a) Limitación de la corriente del excitador.

b) Limitación sin carga.

c) Limitación de baja excitación (modo automático).

d) Limitación de corriente de estator (modo automático).

e) Limitación de corriente máxima (modo automático).

f) Supervisión de falla de rectificadores.

g) Estabilización del sistema.

h) Control del factor de potencia.

i) Protección contra sobretensión por pérdida de excitación.

j) Regulación y control automático de excitación con ajuste local y remoto.

k) Supervisión del estatus de falla a tierra del rotor.

8.1.4.3 Gabinete del sistema de excitación.

Las secciones del tablero donde se aloje el sistema de excitación deben ser para instalación tipo interior, con envolvente IP-32 ó mayor de acuerdo a NMX-J-529-ANCE-2006, construido en secciones o celdas verticales autosoportadas al piso, para alojar los componentes que lo integran, formando una estructura rígida uniforme a base de lámina de acero rolada en frío de un solo frente, totalmente ensamblado en fábrica, de acuerdo a NMX-J-235/1-ANCE-2000 y NMX-J-235/2-ANCE-2000.

Debe cumplir con las siguientes características:

a) Tener una referencia a tierra a través de una barra de cobre electrolítico con capacidad mínima de 300 A, que se debe conectar al sistema de tierras de la instalación. La barra de tierras debe ser continua a todo lo largo y soportar la corriente de corto circuito del sistema.

b) El material de la estructura debe ser de lámina de acero de 2,78 mm (calibre 12 USG), rolada en frío.

c) El material de las tapas, cubiertas, divisiones o puertas debe ser de lámina de acero de un espesor de 1,98 mm (calibre 14 USG).

d) Tener barrenos en la parte inferior, para asegurarlo al piso por medio de pernos de anclaje.

e) Cada sección o celda del gabinete debe tener una puerta frontal con bisagras y con bloqueos mecánicos (porta candados) que eviten la apertura de la misma por personal no autorizado y cuando el equipo esté en operación.

f) Tener dos conectores mecánicos para conexión a tierra, para recibir cable calibre 33,62 mm^2 (2 AWG) a 67,43 mm^2 (2/0 AWG). El material para conexión a tierra debe cumplir con el numeral 8.11.1 de NRF-048-PEMEX-2007.

g) Estar provisto en la parte inferior de un calentador de espacio controlado por termostato, de tal manera que se mantenga dentro del mismo una temperatura arriba del punto de rocío, éste debe operar a 220/127 V, 3/1 fases, 60 Hz. La alimentación de las resistencias calefactores debe tener un interruptor general en caja moldeada de 3 polos, de la capacidad requerida para la carga total de las resistencias calefactoras. En cada sección del tablero se debe instalar un interruptor seccionador de un polo con la capacidad requerida por la carga de las resistencias de la sección correspondiente. Los interruptores termomagnéticos deben cumplir con los requerimientos de NMX-J-266-ANCE-1999.

h) Debe contar con alumbrado interior, el cual debe disponer de interruptor para cada sección del tablero.

i) Todas las superficies metálicas deben recibir un tratamiento anticorrosivo conforme a lo que establece la NRF-053-PEMEX-2006, para ambiente 3, sistema 2 (húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros).

j) El recubrimiento RA-28 de acuerdo a la NRF-053-PEMEX-2006, se debe pintar de color verde PEMEX 628 (Pantone® Matching System PMS-577).

k) Toda la tornillería, roldanas plana y de presión o roldanas cónicas que se utilicen deben ser de Zinc tropicalizado (Zn + Cr), con prueba de cámara salina de 96 h.

8.1.4.4 Alambrado interno del tablero del sistema de excitación.

El alambrado interno del tablero del sistema de excitación debe tener las siguientes características.

a) Debe ser continuo, sin empalmes.

b) El conductor debe tener zapatas terminales tipo ojillo, de compresión en ambos extremos.

c) Se debe alambrar desde los dispositivos hasta las tablillas terminales.

d) Se deben alambrar todos los contactos de los dispositivos, incluyendo los de reserva.

e) El alambrado se debe agrupar y soportar, los mazos de los cables se deben formar sin dobleces a escuadra para evitar daño al aislamiento de los conductores.

f) Cada cable debe estar marcado e identificado de forma permanente. No se aceptan etiquetas adheribles.

g) La identificación de los cables debe coincidir con los diagramas presentados.

h) Los cables de señales no deben ser agrupados junto con los de control y fuerza.

i) El arreglo de los cables debe permitir que los dispositivos y sus cubiertas puedan ser removidos libremente.

j) Se debe alambrar a tablillas terminales los puntos de conexión del tablero que se requieran conectar con el exterior.

Los conductores para alambrado interno deben tener las siguientes características:

a) Ser de cobre con aislamiento retardante al fuego, 600 V, tipo THW/THHW, 363,1/348,1 K (90/75 °C) seco/húmedo o equivalente.

b) Los calibres mínimos a utilizar son: para control 2,082 mm^2 (14 AWG), para señales se permite calibre 0,8235 mm^2 (18 AWG).

c) Se debe utilizar cable extra-flexible para el paso de cables de las puertas a la parte fija del gabinete.

d) El aislamiento de los conductores debe cumplir con los requerimientos de NMX-J-438-ANCE-2003.

Las tablillas terminales deben cumplir con lo siguiente:

a) Ser para 600 V, y tener una capacidad de corriente de 25 A.

b) Las tablillas para señales se permiten con aislamiento mínimo de 300 V.

c) Ser preferentemente con tornillo de cabeza ancha.

d) Estar debidamente identificadas.

e) Localizar en áreas con espacio suficiente para el cableado.

f) Cumplir con los requerimientos de NEMA ICS 4 o equivalente.

8.1.4.5 Cuarto de control del sistema de excitación.

El proveedor, contratista y/o licitante debe instalar el sistema de excitación dentro de un cuarto de control, con las dimensiones requeridas para permitir el acceso y realizar los trabajos de operación y mantenimiento con seguridad.

Los espacios mínimos permitidos deben cumplir con las secciones 110-16 y 110-34 de la NOM-001-SEDE-2005.

Se debe proteger al tablero del sistema de excitación contra polvo, gases de evaporación y temperatura mediante un sistema de control y acondicionamiento de aire. Las unidades de acondicionamiento de aire deben mantener la temperatura del sistema entre 293,1 *K* (+ 20 °*C*) y 298,1 *K* (+ 25 °*C*) y una humedad relativa máxima de 95 por ciento. Debe tener una unidad de respaldo para operar como reemplazo de las unidades en servicio.

Todas las superficies metálicas deben recibir un tratamiento anticorrosivo conforme a lo que establece la NRF-053-PEMEX-2006, para ambiente 3, sistema 2 (húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros).

8.1.5Sistema de enfriamiento del generador.

El medio de enfriamiento interno del generador debe ser directo por aire en circuito cerrado, debe ser hermético al polvo y no debe permitir entrada de agua o aceite lubricante al generador. La circulación o movimiento del aire lo debe proporcionar un ventilador instalado en

el rotor del generador. Se debe emplear enfriador secundario por agua, con cambiadores de calor montados en forma separada; la utilización de tubos aletados se debe justificar técnicamente y requiere aprobación de PEMEX. El enfriador de agua debe estar preferentemente al nivel del generador. La temperatura del agua de enfriamiento a la entrada del cambiador de calor no debe exceder de 298,1 *K* (+ 25 °*C*) y no ser menor de 278,1 *K* (+ 5 °*C*) de acuerdo a la sección 6.5 de IEC 60034-1.

El sistema de enfriamiento se debe diseñar de manera que, si una sección sale de servicio, la unidad sea capaz de llevar al menos las dos terceras partes de la potencia nominal del generador, sin que las temperaturas permisibles de las partes activas de la máquina sean excedidas, de acuerdo con la sección 3 de IEC 60034-3.

Debe tener la posibilidad de detectar una fuga del enfriador

El enfriamiento debe ser totalmente cerrado tipo aire-aire (TEAAC) o aire-agua (TEWAC). El sistema de enfriamiento debe ser hermético y diseñado para evitar el ingreso de partículas contaminantes y conductoras en los devanados del estator.

Los ventiladores del generador eléctrico deben estar montados en la flecha y suministrar suficiente circulación de aire hacia el estator y el rotor para mantener la temperatura de los devanados en los límites previstos por lo establecido en el Anexo “Normas y Especificaciones Técnicas” de PEMEX para aislamiento Clase “F”.

Se deben proporcionar los siguientes datos del sistema de enfriamiento:

a) Número de secciones.

b) Superficie total de enfriamiento.

c) Cantidad de aire de circulación.

d) Pérdida de presión de aire de entrada en el enfriador.

e) Velocidad del fluido en el cambiador de calor.

f) Pérdida de calor.

g) Temperatura de entrada del aire.

h) Temperatura de salida del aire.

i) Cantidad de agua fresca requerida.

j) Pérdida de presión del agua en el enfriador.

k) Presión de agua a la entrada del enfriador.

l) Eficiencia térmica.

8.1.6 Interruptor del generador.

a) Debe cumplir con los requerimientos del numeral 8.2.2.1 de la NRF-146-PEMEX-2005.

b) Debe ser adecuado para un sistema eléctrico de 15 kV, 3 fases, 3 Hilos, 60 Hz. La capacidad interruptiva debe ser de 1 000 MVA.

8.1.7 Resistencia de puesta a tierra (RPT) del generador.

a) Debe cumplir con los requerimientos de NRF-168-PEMEX-2006.

b) El incremento de temperatura para las partes conductoras de corriente no debe exceder de 1033,2 K (+ 760 $°C$) para un tiempo de 10 s, de acuerdo a la tabla 2 de NRF-168-PEMEX-2006.

c) El gabinete debe ser para servicio exterior y cumplir con los requerimientos del numeral 8.1.2 de la NRF-168-PEMEX-2006 y se debe montar en la parte inferior del nivel de instalación del generador.

d) Debe ser para un sistema eléctrico de 13,8 kV (tensión de fase a neutro 7 967 V). Los valores de la resistencia y de la corriente nominal deben ser de acuerdo a lo indicado en la hoja de datos del generador.

8.1.8 Interruptor para resistencia de puesta a tierra.

a) Debe cumplir con los requerimientos del numeral 8.2.2.1 de la NRF-146-PEMEX-2005.

b) Debe cumplir con los valores del sistema al que se va a conectar y de la resistencia de puesta a tierra.

c) En caso de que el sistema eléctrico tenga más de un turbogenerador, se debe incluir un entrelace eléctrico con el interruptor de cada resistencia de puesta a tierra de los otros generadores y el transformador de enlace con la red pública, para evitar que dos o más resistencias puedan estar conectadas a la vez.

d) La coordinación de protecciones de los relevadores de protección debe considerar la conexión de puesta a tierra del sistema y la corriente de falla a tierra.

e) Dependiendo del diseño del sistema eléctrico, es aceptable tener un tablero con una barra neutra de distribución y una sola resistencia para conexión a tierra para varios generadores.

8.1.9 Tablero de protección, medición y sincronización del generador.

El tablero de medición, protección y sincronización para el generador, se debe instalar en el cuarto de control eléctrico y contener como mínimo lo siguiente:

8.1.9.1 Protección del generador.

Esquema de protecciones eléctricas.

El generador debe contar con un esquema principal basado en protecciones diferenciales y con un esquema de respaldo para fallas de fase con relevadores. Adicionalmente, el sistema de excitación debe contar con el recurso de desexcitación rápida, que consiste en aplicar al campo un voltaje de polaridad inversa, para eliminar el campo súbitamente y por lo tanto, la aportación de corriente de falla.

En la Figura 19.1 se muestra el esquema de protecciones requerido y en la lista se muestra la lista de protecciones que deben quedar habilitadas (esquema y lista ilustrativos más no limitativos).

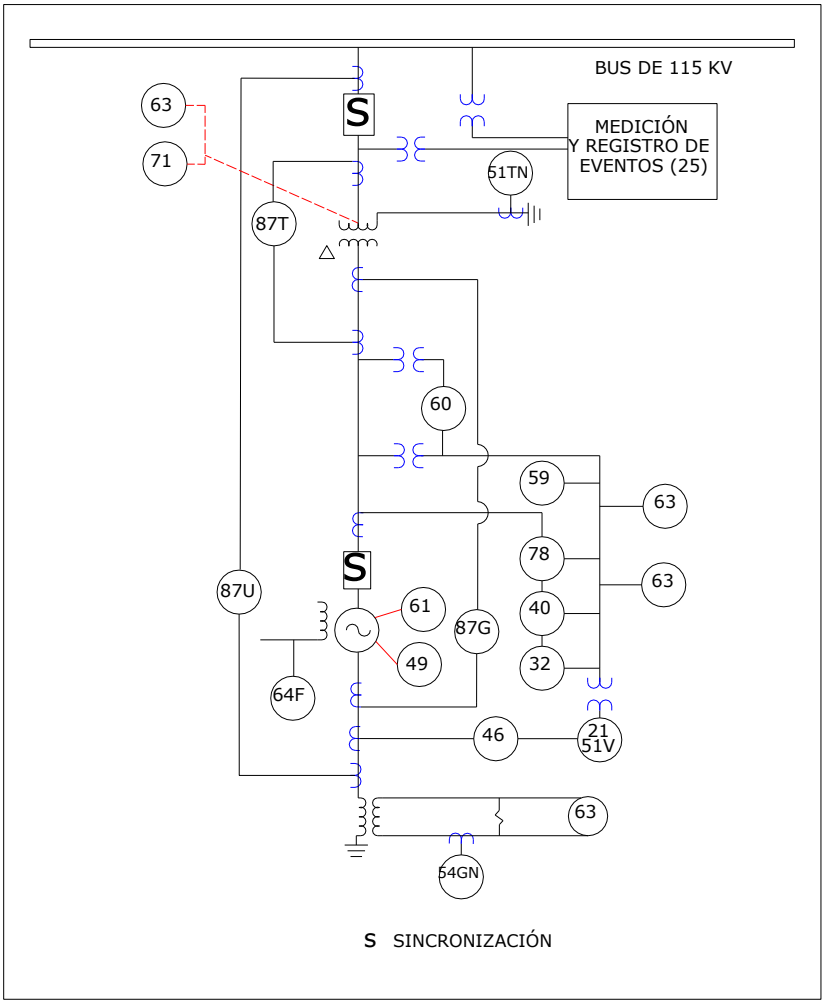

Figura 19.1 Esquema de protecciones requerido para el generador eléctrico

. Lista de protecciones que deben ser habilitadas en el generador eléctrico

Dispositivo	Función
21	Relevador de distancia. Protección de respaldo para fallas de fase
24	Volts/Hz protección para sobreexcitación
25	Verificador de sincronismo
32	Potencia inversa
40	Falla de campo
46	Secuencia negativa
49	Térmica
51GN	Sobrecorriente con retardo de tiempo
51TN	Sobrecorriente con retardo de tiempo

51V	Sobrecorriente con restricción de voltaje. Protección de respaldo para fallas de fase
59	Sobrevoltaje
59GN	Relevador de sobrevoltaje. Protección de falla a tierra del estator
60	Voltaje o balance de corriente
63	Relevador de presión de falla del transformador
62B	Falla de interruptor
64F	Protección de falla a tierra del campo
71	Transformador de nivel de aceite o gas
78	Protección de pérdida de sincronismo
81	Relevador de frecuencia. Baja frecuencia y sobre frecuencia
86	Relevador auxiliar
87G	Relevador diferencial para el generador
87N	Protección diferencial de falla a tierra del estator
87T	Relevador diferencial para el transformador
87U	Relevador diferencial para la protección completa del generador y del transformador

Las características del relevador deben ser las siguientes (lista descriptiva más no limitativa):

- Debe estar construido con arquitectura 100% modular, en una plataforma común para todos los relevadores, minimizando el “stock” de refacciones al utilizar tarjetas idénticas para diferentes modelos de protección (motor, generador, transformador, línea, etc.), unidad central de procesamiento, fuente de alimentación universal, tarjeta de entradas/salidas digitales, tarjetas de entradas de TC´s y TP´s

- El relevador de protección del generador debe ser de tecnología tipo microprocesador, para aplicación en turbogeneradores a gas de cualquier capacidad. Debe contar con los siguientes dispositivos de protección:

    - Protección diferencial del estator, con compensación de MISMATCH hasta un factor de 10 para TC´s de relaciones diferentes, con restricción para fallas externas por doble pendiente diferencial porcentual

    - Protección diferencial para fallas a tierra del estator por tercera armónica por una característica diferencial de voltaje adaptivo, que debe responder al desbalance de tercera armónica en las terminales del generador y en el punto de neutro. Debe estar complementado por la función de bajo voltaje de tercera armónica en el lado neutro del generador

    - Elemento de potencia direccional sensible para baja potencia en sentido directo y protección de potencia inversa, protección por perdida de excitación basado en una protección de impedancia de dos zonas, la cual debe responder al voltaje y corriente de secuencia positiva

    - Esquema de energización inadvertida, sobreexcitación con característica de tiempo inverso programable V/Hz, desbalance de corriente por cargas

desbalanceadas, fallas desbalanceadas del sistema y circuitos abiertos. Debe medir la corriente de secuencia negativa del estator y relacionarla a este desbalance

- Debe apegarse a los estándares ANSI para que la capacidad de la máquina soporte esta elevación de temperatura (i2t = k)
- Bloqueo por oscilación de potencia y disparo fuera de paso con nivel instantáneo y con retardo de tiempo
- Esquemas de bajo voltaje y sobrevoltaje y protección de sobre corriente para fallas de fase, tierra, neutro y corrientes de secuencia negativa, tanto de tiempo como instantánea. Debe contar con una variedad de curvas de tiempo, como mínimo con tres de IEEE, cuatro IEC, cuatro EIA, I2t, tiempo definido y dos curvas programables por el usuario. Las funciones de sobrecorriente de tiempo para fallas de fase deben utilizar restricción de voltaje
- Las funciones de control deben incluir dos elementos verificadores de sincronismo, falla de interruptor, y detección de fusible de TP´s
- Medición de los siguientes parámetros: corriente, voltaje, potencia, energía, y frecuencia, y representación fasorial de corriente y voltaje, y entrada/salidas digitales y analógicas
- Supervisión para monitorear circuitos de CD a través del contacto de salida abierto (monitoreo de banco de baterías)
- El relevador debe ser de diseño modular para facilitar la actualización por software o reparación por reemplazo de módulos o tarjetas electrónicas. La interfase frontal debe incluir un display fluorescente en vacío alfanumérico, teclado e indicadores de LED; debe tener comunicaciones de alta velocidad ETHERNET requeridas para cumplir con las transferencias de datos de control automático y sistemas de monitoreo actuales entre IEDS (dispositivos electrónicos inteligentes) con un tiempo de respuesta de menos de 5 milisegundos desde la transmisión hasta la recepción para comandos críticos
- La comunicación entre relevadores será por medio de un protocolo estándar abierto moderno MMS/UCA2 (Manufacturing Message Specification /Utility Communication Architecture 2) en un esquema de igual a igual sin hardware externo adicional (tales como convertidores de protocolo), estas comunicaciones soportarán las funciones de protección y control dentro de la subestación utilizando GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) reconocidos por UCA2
- Debe tener comunicaciones de igual a igual (peer-to-peer) sobre la red ETHERNET para posibilitar el control distribuido (no centralizado) y eliminar la necesidad de RTU´S dando mayor velocidad a la comunicación
- Transferencia de mensajes de alta velocidad a través de la LAN para eliminar la necesidad de grandes y costosos tendidos de cables para interconexiones y permiten implementar un sistema en tiempo real El relevador debe comunicarse sobre una red de área local (LAN) con una interfase de operador, un dispositivo de programación y otros relevadores. El módulo CPU debe contener el FIRMWARE que suministre los elementos de protección en la forma de algoritmos lógicos, y de compuertas lógicas programables, timers y candados para características de control. Los elementos de entrada deben aceptar una variedad de señales analógicas y digitales de campo, aislar

y convertir las señales en señales lógicas que puedan ser usadas por dispositivos de control en campo

- La lógica que determina la interacción de entradas, operandos, y salidas debe ser reconfigurable a través del uso de ecuaciones lógicas. El uso de entradas virtuales y salidas adicionalmente al hardware deben estar disponibles en los puertos de comunicaciones utilizando el mecanismo UCA2 GOOSE para minimizar el requerimiento de componentes auxiliares y alambrado. Los contactos de entrada deben aceptar contactos secos o con potencial. Las salidas de los contactos deben ser con contactos forma “a” o “c”. La capacidad de entradas y salidas del hardware debe ser expandible. Las entradas y salidas remotas deben ser puntos digitales compartidos entre dispositivos de protección remota. Las salidas remotas deben poder insertarse en los mensajes del protocolo UCA y deben ser del tipo DNA/USER
- El relevador debe tener al menos un puerto de comunicacion que opere simultáneamente y en forma independiente. El puerto debe ser capaz de soportar el protocolo RTU MODBUS o DNP3.0 a través de interfase RS485 con velocidades hasta 115 kbps sin convertidores de protocolos externos. Si tiene un segundo puerto de comunicaciones debe ser un puerto ETHERNET de 10 mbps que soporte el protocolo MMS/UCA2 y MODBUS sobre TCP
- El relevador debe ser suministrado con soporte de software de aplicación para uso en una PC con sistema de operación Windows. El programa debe ser capaz de recuperar archivos de oscilografía del relevador para ser desplegados, salvados o impresos en caso de algún análisis de falla. El software debe tener capacidad para editar y manejar archivos de ajuste para guardar en el relevador o respaldar en disco cuando este en línea o fuera de línea. El software debe también permitir ver todos los parámetros medidos, mensajes de alarmas asociados con disparos y alarmas, el software debe proveer acceso total a los datos del equipo con las siguientes características: ver valores actuales, ver estado del relevador, ver/editar ajustes en línea/fuera de línea ver registros de eventos para localización de fallas, reprogramación del FIRMWARE del equipo para actualizaciones debe tener como mínimo 1024 eventos almacenados con fecha y hora estampada dentro del relevador con precisión a 1 microsegundo con disparos por pick-up de cualquier elemento, drop-out u operación de disparo de cualquier elemento, por cambio de estado en una entrada digital, o por cambio de estado de una salida digital. El reloj del relevador debe ser capaz de ser sincronizado con una señal IRIGB para permitir el sincronismo con otros dispositivos conectados
- Debe contar con registrador de eventos para almacenar hasta 16 canales, los cuales deben ser programables con contenido y velocidad de muestreo (de un segundo a una hora mínimo)
- El relevador debe utilizar la tecnología de memoria flash que, complementada con el hardware modular, permita futuras actualizaciones sin reemplazar completamente el relevador
- Debe tener funciones de auto-diagnóstico para determinar el funcionamiento del relevador y generar una alarma si el relevador esta funcionando mal antes de que una falla ocurra
- Los relevadores deben ser instalados en gabinetes exclusivos en el tablero del generador
- El monitoreo de las protecciones, medición y control del generador se realizará remotamente Los equipos requeridos deben incluir un certificado de calibración en

fábrica. Además se debe incluir el servicio de calibración con patrones certificados de los equipos e instrumentos que conforman el esquema de protecciones, medición y control:

- Se debe presentar el certificado vigente del calibrador, con trazabilidad NIST
- Además, se debe suministrar el equipo de calibración, herramientas y materiales necesarios para calibraciones posteriores

El proveedor, contratista y/o licitante puede incluir, además de las protecciones indicadas en el inciso anterior, otras que su diseño requiera o recomiende. La operación de las protecciones y señales de alarmas deben ser enviadas vía puerto de comunicación a la estación local del operador del sistema de control del turbogenerador.

8.1.9.2 Medición del generador.

1. Se debe incluir un sistema de medición de todos los parámetros eléctricos del generador; por fase y trifásicos, mínimos, máximos e instantáneos.

2. El equipo de medición debe ser independiente del sistema de protección. Debe ser del tipo multifunción, digital a base de microprocesador, contar con puerto de comunicación RS-485 para protocolo MODBUS RTU, que cumpla con las funciones establecidas en el numeral 8.4.2.3 de la NRF-046-PEMEX-2003, con pantalla alfanumérica de cristal liquido (LCD), con medición de todos los parámetros eléctricos instantáneos, de demanda de energía, análisis de forma de onda, con indicación de distorsión armónica (THD) y factor K, control de demandas máximas y registro de históricos y gráficos de tendencia, con la finalidad de conocer el comportamiento del sistema eléctrico.

3. El sistema de medición debe incluir, entre otros, lo siguiente:

   a) Corriente de línea del generador (A).

   b) Tensiones de fase y neutro del generador (V).

   c) Potencia activa (MW), Potencia reactiva (MVAR), Potencia aparente, (MVA).

   d) Energía activa (KWh), Energía reactiva ($kVARh$), Energía aparente ($kVAh$).

   e) Factor de potencia (FP).

   f) Frecuencia (Hz).

   g) Tensión de excitación.

   h) Corriente de excitación.

   i) Tensión en el lado de alta tensión del transformador (cuando aplique).

8.1.9.3 Sincronización del generador.

1. Los elementos para sincronización del turbogenerador con los otros generadores y/o con la red pública, se deben incluir dentro del suministro del turbogenerador.

2. Se deben incluir los siguientes elementos para realizar la sincronización en forma manual y automática.

a) Relevador de sincronismo (25/78).

b) Relevador de secuencia incompleta (48).

c) Relevadores complementarios y/o auxiliares.

d) Interruptores de control.

e) Vóltmetros.

f) Frecuencímetros.

g) Indicadores de tensión, frecuencia y sincronismo.

h) Sincronoscopio.

i) Otros elementos definidos por el proveedor, contratista y/o licitante.

3. Para el caso de obras donde el generador eléctrico sea el primero del sistema, se deben incluir todos los elementos para sincronización con la red pública (relevador de sincronismo, relevadores complementarios y/o auxiliares, interruptores de control, vóltmetros, frecuencímetros, indicadores, entre otros), y preparación para integrar a futuro al sistema eléctrico dos (2) generadores adicionales. La preparación consiste en espacio en tablillas terminales, memoria en programas “software” y espacio en tableros para los elementos arriba descritos.

4. Para el caso de obras donde el generador eléctrico se integre en paralelo con otros generadores existentes en el sistema eléctrico, se debe cumplir con los requerimientos indicados en las Bases de la Licitación.

5. La sincronización se debe poder efectuar en forma manual o automática a partir de que la turbina y el generador hayan alcanzado su velocidad y valores de operación nominales. La sincronización automática se debe seleccionar de cualquiera de las formas siguientes:

   a) Sincronización en una etapa: Con el comando “arranque y sincronización de la unidad”, debe efectuar el arranque de la turbina y la sincronización del generador con la red.

   b) Sincronización en dos etapas: Con la selección de dos comandos por separado, “arranque de la turbina”, debe sólo llevar la turbina a su velocidad nominal y condiciones nominales de operación (frecuencias, tensiones y ángulos de fase) y con el comando “sincronización del generador” debe realizar en automático todas las actividades para conectar el generador a la red.

6. El equipo de sincronización se debe instalar en el cuarto de operadores para evitar errores por el control remoto e integrar la señalización de este equipo al SDMC con fines de supervisión.

7. El sistema de control de la turbina debe sincronizar el generador. El dispositivo de sincronización debe realizar como mínimo las siguientes funciones:

   a) El dispositivo de sincronización no debe permitir un error en la operación manual en ningún caso (local o remoto).

b) El dispositivo de sincronización debe conectar (cerrar) el interruptor principal del generador.

8. Después de la sincronización y cierre del interruptor del generador, el sistema de control de la turbina debe evitar la motorización del generador.

9. La sincronización del generador que se conecte al sistema eléctrico debe automatizar la operación de los neutros de los generadores y los transformadores de enlace con la red pública.

8.1.9.4 Características del tablero de protección, medición y sincronización del generador.

Las secciones del tablero donde se aloje el sistema de protección, medición y sincronización, deben ser de uso general para instalación interior tipo 1 (NEMA 1), de acuerdo con NMX-J-235/1-ANCE-2000 y NMX-J-235/2-ANCE-2000, construido en secciones o celda verticales autosoportadas al piso, para alojar los componentes que lo integran, formando una estructura rígida uniforme a base de lámina de acero rolada en frío de un solo frente, totalmente ensamblado en fábrica.

El tratamiento y el acabado del gabinete deben cumplir con lo siguiente:

a) Todas las superficies metálicas deben recibir un tratamiento anticorrosivo conforme a lo que establece la NRF-053-PEMEX-2006, para ambiente 3, sistema 2 (húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros).

b) El recubrimiento RA-28 de acuerdo a la NRF-053-PEMEX-2006, se debe pintar de color verde PEMEX 628 (Pantone® Matching System PMS-577).

c) Toda la tornillería, roldanas plana y de presión o roldanas cónicas que se utilicen deben ser de Zinc tropicalizado ($Zn + Cr$), con prueba de cámara salina de 96 h.

d) Estar provisto en la parte inferior de un calentador de espacio controlado por termostato, de tal manera que se mantenga dentro del mismo una temperatura arriba del punto de rocío, éste debe operar a 220/127 V , 3/1 fases, 60 Hz. La alimentación de las resistencias calefactores debe tener un interruptor general en caja moldeada de 3 polos, de la capacidad requerida para la carga total de las resistencias calefactoras. En cada sección del tablero se debe instalar un interruptor seccionador de un polo con la capacidad requerida por la carga de las resistencias de la sección correspondiente. Los interruptores termomagnéticos deben cumplir con los requerimientos de NMX-J-266-ANCE-1999.

El alambrado interno del tablero de protección, medición y sincronización del generador debe cumplir con el numeral 8.1.4.4. de esta NRF.

8.1.10 Centro de control de motores (CCM) y tableros de distribución para las cargas de servicios propios del turbogenerador, en c.a. y c.c.

1. El CCM y los tableros de distribución deben cumplir con los numerales 8.9.3, 8.9.4, 8.9.5 y 8.9.6 de la NRF-048-PEMEX-2007.

2. Se deben suministrar los CCM's necesarios para arrancar y controlar las cargas de servicios propios en c.a. y c.c. del turbogenerador, su ubicación debe ser en el mismo nivel y cerca del turbogenerador.

3. Las cargas eléctricas de servicios propios del turbogenerador se listan a continuación en forma no limitativa; el proveedor, contratista y/o licitante debe complementar esta lista de acuerdo al diseño del equipo:

   a) Bombas de lubricación en c.a.

   b) Tanque calentador de aceite.

   c) Resistencias calefactoras del generador y tableros eléctricos.

   d) Alumbrado y ventilación de la cubierta acústica del turbogenerador.

   e) Alimentación a SFI's.

   f) Alimentación a cargador y banco de baterías.

   g) Bomba de aceite de emergencia en c.c.

   h) Relevadores de protección y control del generador.

   i) Sistema de control e instrumentación del turbogenerador.

   j) Sistema de enfriamiento del generador.

   k) Sistema contraincendio.

   l) Convertidores c.a. /c.c., y c.c. /c.c.

   m) Alimentación del sistema de aire acondicionado en el cuarto de excitación.

   n) Bombas del sistema de condensado (de requerirse).

8.1.11 Cargador de baterías (CB) y Banco de baterías (BB).

Debe cumplir con los requerimientos del NRF-196-PEMEX-2007.

El equipo CB y BB para suministro de corriente continúa a los servicios propios del turbogenerador, debe alimentar a las cargas siguientes:

a) Relevadores de protección del generador.

b) Bomba de aceite de emergencia.

c) Control del generador.

d) Relevadores eléctricos de protección.

e) Tablero del interruptor principal del generador e interruptor de resistencia de puesta a tierra.

f) Equipos de control e instrumentación del turbogenerador.

g) Otras cargas definidas por el diseño del proveedor, contratista y/o licitante de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

8.1.12 Sistema de fuerza ininterrumpible.

El equipo SFI para suministro de corriente alterna a los equipos y sistemas esenciales (sin los cuales peligra la operación y control) de los servicios propios del turbogenerador, debe alimentar a las siguientes cargas:

a) Sistema de control e instrumentación del turbogenerador.

b) Otras cargas definidas por el diseño del proveedor, contratista y/o licitante de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

8.1.13 Sistema de control del generador.

El control del generador se debe realizar a través de la estación local del operador del sistema de control del turbogenerador, descrito en el numeral 8.3.2 de esta NRF. La operación de los interruptores se debe ejecutar desde la estación local del operador.

Las funciones básicas a realizar son las siguientes:

a) Cierre / disparo del interruptor del generador.

b) Cierre / disparo del interruptor de la RPT.

c) Ajuste de tensión.

d) Ajuste de velocidad.

e) Excitación dentro-fuera.

f) Selección de excitación manual automática.

g) Control del factor de potencia del generador.

8.1.14 Requerimientos de lubricación del generador.

Los fabricantes de la turbina y del generador deben acordar el tipo de aceite para la lubricación de ambos equipos. Así mismo, la turbina debe cumplir con los requerimientos indicados en el numeral 8.15 de NRF-170-PEMEX-2007 y el generador debe cumplir con lo siguiente:

a) La bomba de lubricación de emergencia debe operar con motor de corriente continua.

b) El sistema de lubricación de las chumaceras del generador debe ser común para el turbogenerador. Debe ser un sistema sellado contra la entrada de aceite y materias extrañas al generador. Se debe proporcionar toda la tubería propia del generador y entre turbina-generador y debe estar aislada eléctricamente para evitar corrientes parásitas. La tubería de lubricación debe ser de acero inoxidable. Se debe instalar un equipo de eliminación de agua resultante del vapor condensado en chumaceras por fuga en sellos de vapor de la turbina.

c) Las chumaceras para el generador deben ser autoalineadas, lubricadas a presión, enfriamiento por circulación de aceite, diseñadas para evitar fugas o vapores de aceite, aisladas para prevenir flujo de corriente en la flecha. Se debe incluir una chumacera ajustable de empuje, para mantener el espaciamiento axial correcto entre partes rotatorias y estacionarias, con capacidad para soportar cargas de empuje adicionales debidas a sismos o cambios de carga, con medición de temperatura del metal sobre las caras frontal y posterior del collarín de empuje.

8.1.15 Condiciones ambientales.

El generador y sus componentes deben operar a su capacidad nominal sin disminución de valores o eficiencias, en las condiciones ambientales y altura de operación requeridas en las hojas de datos.

8.1.15.1 Temperatura.

El turbogenerador debe ser capaz de operar en forma continua en un rango de temperatura ambiente de 258,1 *K* (-15 °*C*) a 313,1 *K* (+ 40 °*C*).

8.1.15.2 Humedad relativa.

El rango de operación debe ser del 10 al 95 por ciento sin condensación.

8.1.15.3 Altitud.

El equipo se debe diseñar para operar a la altitud especificada en las hojas de datos. El proveedor, contratista y/o licitante debe aplicar los valores decrementales aplicables para altitudes mayores a 1 000 *m* s.n.m.

8.1.15.4 Diseño por sismo.

Cuando se requiera, se debe indicar en la hoja de datos, considerando la zona sísmica y el tipo de terreno del lugar de instalación.

8.1.15.5 Diseño por viento.

La velocidad del viento del lugar de instalación se debe indicar en la hoja de datos.

8.2 Fabricación.

8.2.1 Marco y carcasa del generador.

La carcasa del generador, debe ser hermética y tener la suficiente resistencia mecánica.

Se debe diseñar para permitir el desensamble del generador para inspección, reparación y mantenimiento.

El marco del estator se debe diseñar para que el periodo natural de vibración no produzca resonancia, así como para que no se presenten vibraciones o distorsiones bajo cualquier condición de operación.

8.2.2 Estator.

La carcasa del estator debe ser del tipo totalmente cerrado, a prueba de goteo, de acuerdo con NEMA-MG-1/2.

Las laminaciones del estator se deben sujetar firmemente al marco y a la carcasa del estator para prevenir aflojamientos de la laminación durante el servicio y para evitar ruidos y vibraciones.

La profundidad radial de las laminaciones desde el fondo de las ranuras hasta el borde exterior de la laminación debe ser de 145 *mm*.

La sección de las bobinas que se instalan en las ranuras así como los cabezales de las bobinas deben estar encintadas para prevenir descargas capacitivas en la ranura y descargas de corona en los cabezales.

Las terminales del devanado se deben llevar fuera del generador con aislamiento pleno.

Las bobinas del estator, cabezales y terminales se deben sujetar para prevenir deformaciones, movimientos perjudiciales o daños bajo cualquier condición de operación, y soportar los esfuerzos de un corto circuito externo.

El generador debe tener instalado en la parte recta de las bobinas del estator sensores para la medición de descargas parciales y descargas a las ranuras, con el generador en operación. Debe tener las terminales de pruebas en una caja instalada en la parte externa del generador, fácilmente accesible para conectar el equipo portátil de medición de descargas parciales.

8.2.3 Rotor.

La flecha del rotor debe ser maquinada de una sola pieza, de acero forjado de aleación especial tratada térmicamente, libre de grietas y defectos. Antes de proceder al maquinado, el lingote debe ser sometido a análisis, pruebas y ensayos exhaustivos para asegurar que la forja cumple con las propiedades físicas, químicas y metalúrgicas especificadas

- Las bobinas deben sujetarse firmemente para prevenir movimientos perjudiciales o daños bajo cualquier condición que pueda aparecer durante la operación

- Debe ser construido para soportar, sin que sufra daños mecánicos y vibraciones anormales, una sobré velocidad de un 25%

- Debe incluir un dispositivo para prevenir la circulación de corrientes parásitas en la flecha

- Debe tener un devanado amortiguador de barras de cobre

- El rotor completo debe estar estática y dinámicamente balanceado

- Los anillos de retención deben ser fabricados a partir de piezas únicas de acero forjado de aleación especial no magnético. Antes de proceder a su maquinado deben ser sometidas a análisis, pruebas y ensayos exhaustivos para asegurar que la forja cumple con las propiedades mecánicas, magnéticas y termodinámicas con el objeto que el material sea dúctil, resistente a la fractura, ataques de corrosión química, así como soportar los efectos de la fuerza centrífuga generada por su propio peso y los cabezales de las bobinas de campo.

- En caso de que haya uniones soldadas en el devanado del rotor, se acepta la unión, entre las secciones del conductor principal, hechas a base de soldadura a "tope", pero se prefiere que las uniones sean soldadas con "traslape". Estas uniones deben quedar en lugares accesibles para su reparación.

- Cada una de las soldaduras de los devanados del rotor debe ser evaluada con pruebas de ultrasonido, para garantizar como mínimo el 80% de área de contacto. Estos resultados deben ser presentados como parte de las pruebas de fábrica del generador

- Se debe suministrar un sistema de drenaje de corrientes del rotor, el cual debe disponer de escobillas de plata tipo cepillo y estar provisto de terminales, que permitan conectar un aparato para obtener indicación continua o periódica del flujo de corriente a tierra

- El magnetismo residual de los elementos metálicos del rotor debe ser máximo de 2 G

Sistema aislante.

La selección de las bobinas que van en las ranuras, así como los cabezales de las bobinas deben estar encintadas (tipo de barras pre-armadas). No se aceptan bobinas del tipo "Random wound" ni del tipo "mush".

Los aislamientos de los embobinados completos del estator, incluyendo los puentes entre bobinas y anillos de sujeción, cuñas y demás materiales deben ser clase “F”.

El aislamiento principal a tierra del devanado del estator, debe ser construido a base de cintas especiales de mica y de fibra de vidrio impregnadas con resina epóxica y/o cintas ricas en resina epóxica por el método de presión y vacío (técnica VPI). El sistema aislante debe cumplir con API-546 y debe contar con recubrimiento especial epóxico y acabado superficial para eliminar la producción de hongos y el deterioro por ataque ambiental.

El aislamiento debe estar diseñado para resistir efectos provocados por las corrientes armónicas, o por transitorios en el sistema eléctrico, ocasionados por falla de algún componente, apertura y cierre de interruptores o por descargas atmosféricas.

Las bobinas deben contar con un sistema de graduación de campo eléctrico para evitar descargas parciales a la ranura y descargas parciales externas en la región de cabezales. El proveedor debe proporcionar un dibujo (3 juegos) donde muestre las características del sistema de graduación de campo eléctrico utilizado, tales como:

- La resistencia superficial del material graduador de campo eléctrico utilizado en la sección de ranura

- La resistencia superficial del material graduador en la sección de cabezales

- El ancho del traslape entre los materiales graduadores y su ubicación con respecto al inicio del núcleo del estator

- La longitud de aplicación del material graduador de la zona de cabezales

- Ubicación de los amarres de los cabezales, con respecto al traslape de los materiales graduadores de campo eléctrico

- Los materiales graduadores de campo eléctrico también deben ser clase "F"

- Voltaje mínimo, al cual el sistema de graduación de campo eléctrico utilizado, garantiza que no se presentarán descargas parciales externas

• Voltaje máximo, al cual el sistema de graduación de campo eléctrico utilizado, presenta rompimientos dieléctricos externos

Los cabezales de las bobinas y las terminales del devanado deben estar rígidamente soportados y sujetos para prevenir vibraciones o deformaciones bajo esfuerzos debidos a condiciones de corto circuito.

Las seis terminales de los devanados, del generador, deben llevarse hasta afuera de la carcasa, con aislamiento pleno. En las seis terminales debe preverse el suministro e instalación de los transformadores de corriente para medición, control y protección, la barra de cierre de la estrella, los capacitores supresores de transitorios, apartarrayos y las conexiones a los cables de salida.

Las bobinas no deben quedar instaladas en forma “holgada” en las ranuras, con la finalidad de evitar al máximo la vibración y los daños mecánicos al material graduador de campo eléctrico tanto en la parte recta como en la zona de cabezales de las bobinas. El fabricante debe proporcionar un dibujo (3 juegos) donde muestre las características del ensamble de las bobinas.

Los aislamientos del rotor deben ser clase "F".

8.2.4 Terminales del generador.

Las terminales de salida del generador (de línea y neutro) se deben llevar con aislamiento pleno a una caja de conexiones donde se deben colocar los transformadores de corriente para protección del generador, incluyendo los de protección diferencial.

La conexión desde el generador hasta su interruptor se debe realizar por medio de conductores de cobre aislado en 15 *kV* (no se acepta electro ducto).

Los conductores deben cumplir con los requerimientos de NMX-J-142-ANCE-2000 y las especificaciones particulares que PEMEX indique en las Bases de la Licitación.

8.2.5 Cubierta metálica.

Se debe incluir una cubierta acústica completa, modular envolvente al turbogenerador, de material atenuador de ruido y para protección contra contactos accidentales a partes rotatorias, con rigidez suficiente para caminar sobre de ella, fácil de desmantelar para propósitos de mantenimiento, con puerta de acceso a la parte interior y alumbrado interno.

El nivel de presión de ruido debe ser menor de 85 *dB(A)* a 1,5 m alrededor de la superficie externa del turbogenerador, de acuerdo con NOM-011-STPS-2001.

8.2.6 Pintura.

Las superficies expuestas al medio ambiente del turbogenerador, sus equipos periféricos y complementarios, deben recibir un tratamiento anticorrosivo conforme a lo que establece la NRF-053-PEMEX-2006, para ambiente 3 (húmedo con salinidad y gases derivados del azufre), y sistema de recubrimiento 2 (tabla 14), aplicando limpieza a metal blanco. El acabado debe ser en color verde 628 (Pantone® Matching System PMS-577).

8.2.7 Placa de datos.

Se debe suministrar para el generador, turbina y todos los equipos auxiliares una placa de identificación, de acero inoxidable o de material resistente a la corrosión, con letras o números de 5 mm, grabado en bajo relieve y en idioma español, localizada en lugar visible y sujeto de forma permanente; no se aceptan del tipo adheribles.

8.2.7.1 Generador.

La placa de datos del generador debe incluir como mínimo la siguiente información:

a) Nombre del fabricante.

b) Nombre del producto.

c) Número de serie.

d) Año de fabricación.

e) Código de fabricación.

f) Número de fases.

g) Grado de protección (Código IP).

h) Clasificación térmica y límites de temperatura en el estator y el rotor.

i) Tipo de servicio.

j) Potencia nominal en kW y kVA.

k) Tensión nominal de salida.

l) Corriente nominal de salida.

m) Velocidad.

n) Frecuencia.

o) Factor de potencia.

p) Altitud máxima de operación.

q) Masa, en kg.

r) Clave “Tag”, del equipo, con letra y números de 2 cm.

8.2.7.2 Sistema de excitación.

Se deben suministrar las placas de características para todos los componentes del sistema de excitación.

La información que debe incluirse como mínimo en la placa de datos o de características de los componentes del sistema de excitación es la siguiente:

a) Nombre del fabricante.

b) Nombre del producto.

c) Número de serie.

d) Año de fabricación.

e) Número de referencia de documentación técnica.

8.3 Instrumentación y control.

8.3.1 Generalidades.

El sistema de control del turbogenerador, se debe basar en un PLC en el cual se configuren las funciones necesarias para poder controlar la operación del turbogenerador, así como sus secuencias de arranque, protección, paro y control de carga.

Debe ser un control dedicado para aplicación en turbogeneradores y debe estar diseñado a base de microprocesadores, con memorias RAM no volátiles, debe ejecutar las secuencias de arranque y protección, así como las funciones de control de carga, sin utilizar otro dispositivo externo. Además se debe permitir la supervisión de los sistemas de control, protección e instrumentación de la turbina de vapor y del generador en el SDMC.

El PLC se debe localizar dentro del tablero de control de la turbina y debe enviar toda la información relativa a la operación y control del turbogenerador para ser desplegada en la estación local del operador.

La estación local se debe montar en el tablero de control del turbogenerador.

Se debe suministrar una estación remota con comunicación digital redundante, en la cual se deben realizar las mismas funciones de operación y protección que en la estación local.

Se debe suministrar el equipo “hardware”, programas “software” y configuración incluyendo las licencias de uso sin expiración requeridas para las funciones de operación y protección del PLC y de las estaciones local y remota del turbogenerador y la comunicación con algún SDMC. El suministro debe incluir los gabinetes, accesorios de montaje, cableado y dispositivos requeridos para la instalación, pruebas y operación del sistema.

El diseño y la funcionalidad de la instrumentación, de los sistemas de control y de protección requeridos para la operación del turbogenerador, así como de las estaciones local y remota incluyendo su comunicación con el PLC, equipo “hardware”, programas “software” y configuración y licencias, son responsabilidad del proveedor, contratista y/o licitante.

Se debe cumplir además con los requerimientos del numeral 8.9 de NRF-170-PEMEX-2007.

8.3.2 Sistema de control del turbogenerador.

8.3.2.1 General.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar las tarjetas de unidad de control, de interfase de comunicación, de fuentes de alimentación y de interfase de entrada/salida, de acuerdo a lo indicado en esta norma de referencia, éstas deben ser removibles e insertables en línea, sin quitar la energía eléctrica ni afectar el funcionamiento del sistema y que al sustituir alguna de éstas el sistema la reconozca de forma automática.

Todas las superficies metálicas deben recibir un tratamiento anticorrosivo conforme a lo que establece la NRF-053-PEMEX-2006, para ambiente 3, sistema 2 (húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros).

Todos los módulos o tarjetas deben ser capaces para trabajar en ambientes altamente húmedos y corrosivos. Deben contar con certificado de cumplimiento para esta aplicación conforme a normas internacionales (IEC) o normatividad equivalente. Adicionalmente todo el sistema y sus componentes deben estar diseñados para trabajar en rangos de temperatura entre 273,15 *K* y 333,15 *K* (0 *ºC* y 60 *ºC*) y rangos de humedad relativa de 5 por ciento a 95 por ciento sin condensación.

Los equipos que integran el sistema de control del turbogenerador, deben soportar condiciones ambientales conforme a lo indicado en esta norma de referencia.

8.3.2.2 Sistema de control.

El sistema de control debe estar conformado por el siguiente:

a) Unidad de control.

b) Interfaces de entrada y salida analógicas y digitales.

c) Interface máquina-máquina (Interface de comunicación).

d) Interface humano máquina (HMI) (Estaciones local y remota).

e) Módulos de alimentación eléctrica (Fuentes de alimentación).

f) Sistema de fuerza ininterrumpible.

g) Sistema de tierras.

h) Programas

1. Unidad de control.

Todo el equipo “hardware” debe cumplir con lo indicado en los numerales 8.1.1, 8.1.1.1, 8.1.1.2 y 8.1.1.3 de la NRF-105-PEMEX-2005, y adicionalmente con los siguientes requerimientos:

a) Debe permitir cambios en línea en la configuración y programación sólo bajo la utilización de claves de acceso protegido “passwords”; el tamaño de memoria RAM a suministrarse debe ser del doble requerido por la memoria de cálculo del proveedor, contratista o licitante.

b) Debe ser capaz de comunicarse con el SDMC de la instalación de manera bidireccional, mediante puerto de comunicación digital redundante en Ethernet con TCP/IP para supervisión y control del turbogenerador, y con el sistema de paro de la instalación mediante cableado físico punto a punto, para recibir la señal de paro por emergencia para el paro del turbogenerador, y permitir el restablecimiento del paro por emergencia.

c) Todos los estados de la operación o del proceso y de la electrónica programable, deben ser almacenados cuando un cambio lógico ocurra (0 a 1 ó 1 a 0).

d) Su lenguaje de programación debe ejecutar operaciones lógicas/secuenciales y debe cumplir con IEC 61131-3.

e) En caso de perderse la comunicación con el SDMC de la instalación la unidad de control debe mantener un registro histórico del proceso, los eventos, las alarmas y diagnósticos en su memoria interna (considerando el cambio de estado de las variables) y cuando la comunicación se restablezca, se debe poder leer la información anterior de manera automática sin requerir de alguna función o intervención del operador para efectuar esta aplicación.

2. Interfases de entradas y salidas analógicas y digitales.

Todo el equipo “hardware” debe contar con las funciones de diagnóstico siguientes:

a) Detección de cableado del instrumento abierto y cortocircuitado.

b) Detección de canales de entradas fuera de calibración.

c) Detección de que las salidas sean realmente los valores que envía el programa (debe tener capacidad de leer de regreso “read-back”) para salidas analógicas y salidas digitales.

d) Para todas las interfases el proveedor, contratista y/o licitante, debe suministrar reserva del 10 por ciento en interfases.

e) Detección de corto circuito entre canal - canal.

Las interfases de entradas analógicas deben ser suministradas conforme a las características indicadas en el numeral 8.1.2.1 de NRF-105-PEMEX-2005.

Las interfases de salidas analógicas deben ser suministradas conforme a las características indicadas en el numeral 8.1.2.2 de NRF-105-PEMEX-2005

El equipo “hardware” de las interfases de entradas digitales debe cumplir con las características indicadas en el numeral 8.1.2.3 de NRF-105-PEMEX-2005.

El equipo “hardware” de las interfases de salidas digitales debe cumplir con las características indicadas en el numeral 8.1.2.4 de NRF-105-PEMEX-2005.

3. Interfase máquina - máquina.

Debe comunicar al sistema de control en forma bidireccional con el SDMC de la instalación.

El equipo “hardware” de la interfase máquina-máquina debe cumplir con las características indicadas en los numerales 8.3.1 y 8.3.1.3 de la NRF-105-PEMEX-2005.

La interfase de comunicación del sistema de control con el SDMC de la instalación, debe ser redundante 1:1. La red deberá ser redundante en el nivel físico (dos canales independientes de comunicación). Cada estación local y remota se deben conectar a ambos canales de ésta red. A la pérdida de un canal de comunicación no debe haber pérdida de comunicación ni perdida de datos o degradación de su desempeño. El protocolo de comunicación debe cumplir con lo indicado en NRF-046-PEMEX-2003.

El proveedor, contratista y/o licitante debe proporcionar las recomendaciones para la instalación de los medios físicos, incluye ductos, canalizaciones, herrajes, soportes, conectores, cajas de uniones, repetidores, sistema de puesta a tierra, antenas, aisladores y demás accesorios.

La saturación de los canales de comunicación no debe exceder del 50 por ciento.

4. Interfase humano máquina (hardware) (Estaciones local y remota).

La interfase humano máquina (estación local) debe estar constituida por: unidad de procesamiento central, unidad de almacenamiento masivo, con monitor de cristal liquido de matriz activa de pantalla plana y antireflejante, con cristal templado, para uso industrial, con envolvente tipo 4X de acuerdo con NMX-J-235/1-ANCE-2000, teclado de membrana con teclas configurables y dispositivo de control de cursor integrado al teclado tipo esfera de seguimiento. Para montaje en gabinete del sistema de control del turbogenerador, con placa frontal de acero inoxidable con acabado espejo, con fuente de alimentación interna, por su funcionalidad debe operar sólo como estación de operación. El acceso al funcionamiento se debe llevar a cabo mediante claves de acceso “password”.

Adicionalmente, debe cumplir con lo especificado en los numerales 8.3.2.1 (aplicando sólo la función de estación de operación) y 8.3.2.2 de NRF-105-PEMEX-2005.

Para la estación remota, se deben aplicar los mismos numerales del párrafo anterior, pero su instalación debe ser sobre escritorio, tipo PC.

5. Módulo de alimentación eléctrica (fuentes de alimentación).

El equipo “hardware” del modulo de alimentación eléctrica debe cumplir con lo especificado en el numeral 8.1.2.5.6 de NRF-105-PEMEX-2005.

6. Sistema de fuerza ininterrumpible (SFI).

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar un SFI para uso exclusivo y dedicado para el sistema de control del turbogenerador, conforme a lo indicado en el numeral 8.3.7 de la NRF-105-PEMEX-2005.

7. Sistema de puesta a tierra.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar al personal de PEMEX responsable del proyecto, las recomendaciones y especificaciones del sistema de puesta a tierra que debe proporcionar el fabricante del sistema de control del turbogenerador.

8. Programas “Software”.

Programas para la unidad de control.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar los programas, lenguajes, configuraciones y diagnósticos para la electrónica programable, de acuerdo con IEC 61508-3.

El controlador lógico programable y sus componentes, deben contar con los medios físicos (LED`s) y de programación (autodiagnósticos) para detectar cualquier condición anormal en su operación.

Programas para Interfase humano máquina (HMI) (Estaciones local y remota).

Debe cumplir con los numerales 8.3.10.1 al 8.3.10.5, 8.3.10.7 y 8.3.13.3 de la NRF-105-PEMEX-2005; y el proveedor, contratista y/o licitante debe incluir los siguientes programas:

a) Programas de librería.

b) Programas del sistema operativo.

c) Programa de usuario.

d) Interfase humano máquina (HMI).

e) Programa de diagnóstico.

f) Licencias de programas “software” y aplicación.

Configuración y/o programación del sistema de control.

a) Los programas de aplicación para la configuración/programación de la electrónica programable deben cumplir con los numerales 8.3.10.3.1 al 8.3.10.3.8 de la NRF-105-PEMEX-2005.

b) Todos los programas deben estar desarrollados en código fuente.

c) El programa debe ser suministrado por el proveedor, contratista y/o licitante en medio óptico no borrable.

9. Licencias de programas “software” y aplicación.

Todas las licencias para la configuración, programación, programas de aplicación requeridas para el arranque, operación y mantenimiento deben estar a nombre de quien PEMEX designe, con la modalidad multiusuario, sin prescripción o expiración y a través de medio óptico, y debe cumplir con el numeral 8.2.7 de la NRF-105-PEMEX-2005.

8.3.3 Filosofía de operación.

Desde el SDMC se deben monitorear todas las variables de proceso y servicios auxiliares, involucradas en el control del turbogenerador, así como las variables pertenecientes al sistema de protección vía puerto de comunicación. El proveedor, contratista y/o licitante es el responsable de definir las variables requeridas, considerando como mínimo las siguientes:

a) Sistema de aceite de lubricación.

b) Sistema de vapor de sello y enfriamiento.

c) Supervisión de vibración radial y desplazamiento axial.

d) Sincronización del generador.

e) Tornaflecha.

f) Control y gobernador de velocidad.

g) Temperatura de la carcaza de la turbina.

h) Temperatura y presión de admisión y descarga de vapor de la turbina.

i) Temperatura de chumaceras.

j) Sistema de protecciones de la turbina y del generador.

k) Alarmas de la turbina y del generador.

El proceso de arranque del turbogenerador se debe realizar desde el sistema de control en forma automática a partir del comando de arranque del operador hasta lograr la sincronización del generador, ya sea de una o dos etapas de acuerdo al numeral 8.3.7.3 de esta NRF.

De igual forma, el disparo de la unidad se debe realizar automáticamente mediante el sistema de protección del turbogenerador o mediante un disparo manual dado por el operador o automático por el sistema de paro de la instalación; el sistema de control del turbogenerador debe iniciar la secuencia de paro del equipo.

La operación del turbogenerador debe ser estable en todo momento, sin importar si está operando en forma aislada o sincronizada con otros turbogeneradores de la instalación o con la red pública.

8.3.4 Protección del turbogenerador.

Las señales de disparo de la turbina (incluye las de proceso) y del generador, se deben integrar en el sistema de control del turbogenerador para protección del mismo; en el sistema de control se debe desarrollar la lógica de paro para protección de estos equipos.

Las señales que se configuren en el sistema de control para la protección (señales provenientes de la detección de gas y fuego, de paro de emergencia, entre otros), deben ser supervisadas por las estaciones local y remota y enviar esta información hacia el SDMC de la instalación correspondiente.

Se debe implementar un disparo secuencial del turbogenerador, con el fin de reducir al mínimo el daño del conjunto, como resultado de una sobre velocidad excesiva.

El turbogenerador debe contar con los sistemas de protección requeridos, conforme a los requerimientos de esta norma de referencia y los de la ISO 10437/API 612 y API 670 o equivalente. Los sistemas indicados a continuación son requerimientos mínimos; el proveedor, contratista y/o licitante debe definir los sistemas de protección requeridos en base a las normas antes mencionadas para la operación segura del equipo:

1. Sistema de gobierno de la turbina.

a) El diseño y la selección del sistema de gobierno es responsabilidad del proveedor, contratista y/o licitante de la turbina.

b) El sistema del gobernador de la turbina debe cumplir con los numerales 8.9.4, 8.9.5, 8.9.6, 8.9.7 y 8.9.8 de NRF-170-PEMEX-2007, la instrumentación debe ser independiente de cualquier otro sistema. El sistema debe incluir suministro eléctrico proveniente del SFI.

c) El sistema del gobernador debe incluir como mínimo dos (2) sensores para el control de velocidad, independientes de cualquier otro sistema. La falla de cualquiera de los sensores debe notificar la condición de alarma y la falla de ambos debe iniciar el proceso de paro de la turbina. Este requerimiento, sólo puede ser sustituido por un nivel de seguridad mayor, cuando sea requerido por las especificaciones del fabricante o en los documentos proporcionados por PEMEX para el proyecto. Los sensores deben cumplir con ISO 10437/API 612.

2. Sistema de disparo por sobre velocidad.

Se debe suministrar un sistema de disparo por sobre velocidad capaz de provocar por sí solo el disparo de la turbina. La instrumentación de este sistema debe ser independiente del sistema del gobernador y de cualquier otro sistema.

El proveedor, contratista y/o licitante de la turbina es el responsable de definir el sistema de disparo por sobre velocidad requerido para la turbina, incluyendo el diseño, selección e instalación de los elementos del sistema.

El sistema de disparo por sobre velocidad debe incluir como mínimo lo siguiente, conforme a ISO 10437/API 612:

a) Sistema electrónico de detección de sobre velocidad (sensores de velocidad y dispositivos lógicos). Cuando un circuito cualquiera detecte sobre velocidad, se debe originar una señal de alarma. Si la sobre velocidad es detectada al menos por dos circuitos, se debe originar el disparo del equipo.

b) Válvulas solenoides electro hidráulicas: Se deben suministrar al menos dos válvulas electro hidráulicas operadas por solenoide localizadas en el sistema de disparo y se deben desenergizar para disparar a menos que se indique otro requerimiento en las especificaciones del fabricante o en los documentos proporcionados por PEMEX para el proyecto.

c) Válvulas de disparo por emergencia/válvulas combinadas de disparo-estrangulamiento: Diseñadas para cerrar por la acción de un resorte y deben mantener abiertas por la acción directa de un medio hidráulico. Cualquier señal de disparo debe ocasionar que las válvulas se cierren.

3. Sistema de supervisión de vibración y de temperatura.

a) Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o licitante el diseño, la selección e instalación del sistema de supervisión, incluyendo sensores, cableado, transductores, los equipos “hardware”, programas “software” y licencias, así como la instalación y calibración, y cumplir con los requerimientos aplicables de los capítulos 5 y 6 de API 670 o equivalente.

b) En el sistema de supervisión de vibración del turbogenerador se deben suministrar sensores de proximidad, acelerómetros, sensores magnéticos de velocidad y sensores de temperatura tipo RTD, requeridos para la protección del equipo. La instrumentación de este sistema debe ser independiente de cualquier otro sistema de protección.

c) El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar un tablero para la supervisión de vibración y temperatura en el panel local de la turbina, el cual debe cumplir con los requerimientos de API 670 o equivalente. Adicionalmente, las señales de vibración y temperatura deben ser supervisadas tanto en la estación local del operador como en el SDMC correspondiente.

d) Se debe cumplir además con los requerimientos del numeral 8.5 de la NRF-170-PEMEX-2007.

4. Alarmas y disparos.

Además de cumplir con las filosofías de control regulatorio y lógico - secuencial, se requiere como mínimo el suministro de las alarmas y disparos indicados en el numeral 8.3.4 de esta NRF, las cuales deben ser supervisadas tanto en el sistema de control del turbogenerador como en el SDMC. El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar las señales adicionales requeridas para la operación segura de la turbina, cumpliendo con los requerimientos de los numerales 8.9.9, 8.9.10, 8.9.11, 8.9.12 y 8.9.13 de NRF-170-PEMEX-2007.

5. Sistemas de detección de gas y fuego y de supresión de incendio.

a) Se debe implementar un sistema de detección de gas y fuego y un sistema de supresión de incendio para protección del turbogenerador. Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o licitante el diseño, selección e instalación de ambos sistemas.

b) Los detectores de gas y fuego en el turbogenerador (turbina, generador y componentes), deben cumplir con los requerimientos de NRF-184-PEMEX-2007, NRF-205-PEMEX-2007 y NRF-210-PEMEX-2007.

c) El sistema de supresión de incendio debe cumplir con los requerimientos de la NRF-019-PEMEX-2001.

d) El proveedor, contratista y/o licitante del turbogenerador debe suministrar una válvula solenoide u otro dispositivo en el sistema de control de aceite, con el fin de parar el turbogenerador en caso de incendio, el cual debe estar integrado en la lógica del sistema de protección del turbogenerador.

8.3.5 Sistema de lubricación de la turbina.

La instrumentación del sistema de lubricación de la turbina debe cumplir con los requerimientos de esta norma de referencia y con el numeral 8.15 de NRF-170-PEMEX-2007.

Con excepción de los indicadores de flujo tipo mirilla indicados en el inciso 3 de este numeral, todas las variables indicadas en este numeral **deben ser supervisadas y/o controladas en el sistema de control del turbogenerador.**

La consola para el sistema de lubricación de la turbina, debe contener como mínimo lo siguiente:

a) Niveles de aceite de lubricación en los tanques suministrados.

b) Presión en la descarga de las bombas de aceite de lubricación.

c) Temperatura de entrada y salida de los enfriadores de aceite de lubricación.

d) Botones de arranque y paro de bombas de aceite de lubricación.

Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o licitante definir la instrumentación requerida para el sistema de lubricación de la turbina cumpliendo con los requerimientos de la sección 9 de ISO 10438-1 y de la sección 16 de ISO 10438-2. La instrumentación mínima requerida es la siguiente:

1. Indicadores de temperatura, conforme a la NRF-148-PEMEX-2005:

   a) En las líneas de aceite, a la entrada y salida del enfriador.

   b) En las líneas de aceite, a la salida de cada chumacera radial y de empuje.

2. Indicadores de presión, conforme a la NRF-164-PEMEX-2006:

   a) En la descarga de cada bomba de aceite.

   b) En cada cabezal de aceite a chumaceras y sellos.

3. Indicadores de flujo (tipo mirilla).

En la línea de retorno de aceite de drene, de cada chumacera, mecanismo de transmisión y sello, y en la línea de entrada o salida de cada acoplamiento que esté siendo continuamente lubricado.

4. Indicadores de nivel.

Indicador de nivel y alarma de bajo nivel en el tanque de depósito de aceite.

5. Indicadores de presión diferencial, conforme a la NRF-164-PEMEX-2006.

Indicador de presión diferencial y alarma por alta presión diferencial en filtros de control de aceite de lubricación.

6. Si se suministran acumuladores, deben tener la siguiente instrumentación:

   a) Indicador de nivel.

   b) Válvula reguladora de presión, conforme a la NRF-163-PEMEX-2006.

c) Indicador de presión.

7. Si se suministran tanques de aceite de sellos, deben tener la siguiente instrumentación:

   a) Interruptores para alarmas por alto y bajo nivel.

   b) Interruptor para disparo por muy bajo nivel.

8. Si se suministran tanques desgasificadores, deben tener la siguiente instrumentación:

   a) Indicador de nivel.

   b) Indicador de temperatura, conforme a la NRF-148-PEMEX-2005.

9. Instrumentación general:

   a) Indicador de presión, conforme a la NRF-164-PEMEX-2006, en la descarga de aceite de sello (lado de entrada y lado de descarga).

   b) Indicador de presión, conforme a la NRF-164-PEMEX-2006, en la descarga de filtros.

   c) Indicador de temperatura, conforme a la NRF-148-PEMEX-2005, en el tanque de depósito de aceite.

   d) Interruptor por alto nivel en el tanque de depósito de aceite.

   e) Válvula reguladora de presión de aceite a chumaceras.

   f) Válvula de control de presión, conforme a la NRF-163-PEMEX-2006, a la entrada de sellos.

   g) Interruptor de alta/baja presión en la descarga de bombas de aceite de lubricación.

8.4 Inspección y pruebas.

El generador se debe someter a las pruebas de rutina y de diseño indicadas en el numeral 8.20 de NRF-170-PEMEX-2007 y en el capitulo 4 del API 546 o equivalente.

El equipo y material debe ser inspeccionado y probado por el fabricante durante la fabricación, permitiendo la inspección a personal de PEMEX en todo el proceso de fabricación y empaque conforme a la NRF-049-PEMEX-2006, suministrando los registros de pruebas e inspecciones, incluyendo las pruebas de laboratorio y certificados. Se debe presentar a PEMEX la documentación que acredite el resultado de la pruebas y es requisito para la recepción del equipo.

La aprobación por parte de PEMEX de las pruebas de fábrica no libera al fabricante de su responsabilidad del funcionamiento y cumplimiento de las especificaciones del equipo.

El fabricante debe confirmar a PEMEX el programa de fabricación de los equipos. PEMEX se reserva el derecho de asistir a las pruebas.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar todo el equipo requerido para las pruebas.

8.4.1 Generador.

8.4.1.1 Pruebas de rutina.

El fabricante debe entregar el protocolo que detalle los resultados de las pruebas siguientes:

a) Visuales de todas las partes.

b) Chequeo de ubicación de las conexiones de los cables, suministro de líquido de enfriamiento y de las cajas terminales de acuerdo a los dibujos dimensionales.

c) Medición de corriente en vacío (en cada fase).

d) Aislamiento (Hi – Pot) en el estator y en el rotor y de la resistencia de las ranuras del estator.

e) Resistencia de aislamiento e índice de polarización.

f) Medición de la resistencia de corriente directa de los devanados del estator y del rotor y de la resistencia de las ranuras del estator.

g) Medición de vibración.

h) Resistencia de aislamiento de las chumaceras.

i) Incremento de temperatura en las chumaceras.

j) De balanceo del rotor.

8.4.1.2 Pruebas de prototipo.

El fabricante debe entregar los protocolos de las siguientes pruebas, de un prototipo que garantice que se cumplen las especificaciones indicadas en el diseño:

a) Resistencia ohmica de devanados del estator y rotor.

b) Medición de resistencia de aislamiento.

c) De potencial aplicado al estator.

d) Balance de tensión.

e) Secuencia de fases.

f) Balanceo dinámico (medición de vibraciones).

g) Curvas de saturación en circuito abierto y en corto circuito.

h) Análisis de armónicas.

i) De temperatura.

j) Medición de pérdidas y cálculo de eficiencia.

k) Determinación de reactancia sincronía, transitoria y subtransitoria, así como constantes de tiempo y relación de corto circuito.

l) Impedancia de secuencia cero y secuencia negativa.

m) Tensión eléctrica inducida en la flecha.

n) Constante de inercia.

o) De potencia aplicado a las bobinas del rotor.

p) Medición de descargas parciales a tensión nominal.

8.4.2 Excitación del generador.

8.4.2.1 Pruebas de rutina.

El fabricante debe entregar el protocolo que detalle los resultados de las pruebas siguientes:

a) Resistencia óhmica de devanados de campo.

b) Resistencia de aislamiento de devanados de campo.

c) Resistencia de aislamiento del circuito de corriente directa.

d) De tensión a baja carga y de corriente máxima a cada puente rectificador.

e) Medición de los pulsos de disparo a los tiristores.

f) Comprobación a todos los circuitos de alarma y disparo por protecciones.

g) Continuidad al sistema de control de excitación.

h) De aislamiento (Hi - Pot), de acuerdo a IEEE 421.3 o equivalente.

8.4.2.2 Pruebas de prototipo.

El fabricante debe entregar los protocolos de las pruebas aplicadas a un prototipo que garantice que se cumplen las especificaciones indicadas en el diseño. Las pruebas deben estar de acuerdo con la sección 12 de IEEE 421.4 o equivalente.

8.4.3 Pruebas en sitio del turbogenerador.

8.4.3.1 De comportamiento.

Esta prueba se debe llevar a cabo en el sitio de operación en la cimentación definitiva, con el vapor de proceso, con el equipo completo y en las condiciones reales de operación establecidas en la hoja de datos de la turbina de vapor y del generador, ambos, con todos sus accesorios. La prueba debe cumplir con los requerimientos del ASME PTC 6 o equivalente. La metodología de prueba debe ser aprobada por PEMEX. Los niveles de vibración se deben medir y grabar durante la prueba como se indica en los puntos 16.3.3.1 y 16.3.3.2 de ISO 10437/API 612.

8.4.3.2 De la unidad completa.

Se debe realizar la prueba mecánica del turbogenerador y debe cumplir con los requerimientos del párrafo 16.3.3 de de ISO 10437/API 612. Se debe realizar la medición de medición torsional y su verificación con respecto al análisis torsional del fabricante.

8.4.3.3 Del sistema de lubricación y control de aceite.

Los detalles de la prueba deben ser elaborados por el proveedor, contratista y/o licitante y requieren de la aprobación de PEMEX.

8.5 Almacenamiento y transporte.

El equipo y componentes del mismo deben ser empacados conforme a P.1.0000.09, de modo que no sufran daños durante el transporte. El equipo o material que sufra daño debe ser sustituido por uno nuevo sin cargo adicional para PEMEX.

El empaque debe ser adecuado para intemperie, cualquier elemento que no esté diseñado para almacenamiento a la intemperie se debe empacar por separado, marcar “ALMACENAR EN INTERIOR”. Se debe tener en el exterior del empaque una lista del contenido de partes e instrucciones de almacenamiento, en bolsas impermeables o impresas en etiquetas impermeables. Toda la madera usada para empaque debe estar libre de insectos, no se acepta el uso de paja o aserrín en los empaques.

Todo el equipo se debe empacar seco y libre de polvo e identificar fácilmente indicando con letra visible la siguiente información:

a) Número de requisición, pedido y partida.

b) Número de proyecto, planta, clave del equipo.

c) Nombre del fabricante.

d) Fecha.

e) Peso en *kg*.

f) País de origen.

g) Indicación de puntos de izaje.

8.6 Documentación.

8.6.1 Documentación que proporciona PEMEX.

PEMEX a través de sus bases de concurso (licitación pública, invitación a cuando menos tres personas o adjudicación directa) debe proporcionar la siguiente documentación, referente a la planta y equipo mecánico, en los cuales se va a instalar el turbogenerador:

a) Condiciones del sitio.

b) Condiciones climatológicas.

c) Servicios auxiliares.

d) Plano de localización general de equipo.

e) Información del sistema de control distribuido.

f) Condiciones de seguridad que debe cumplir el proveedor, contratista y/o licitante.

g) Relación de partes de repuesto para el turbogenerador solicitadas.

h) Requerimiento de asistencia técnica en instalación y operación.

i) Hoja de datos del generador de energía eléctrica que se indica en el apéndice B y en la guía del apéndice F de API 546 o equivalente, en la cual se indica con una figura geométrica (cuadrado) la información que debe ser suministrada por PEMEX, así mismo PEMEX debe especificar si dicha hoja de datos la requiere únicamente en el sistema Internacional de Unidades de Medida o además si requiere una copia en el Sistema de Unidades de Medida Inglesas.

j) Hoja de datos de la turbina de vapor para servicio especial que se indica en el numeral 8.22.1m de NRF-170-PEMEX-2007.

k) Hoja de datos del generador de energía eléctrica que se indica en el anexo 12.2 de esta NRF.

l) Hoja de datos de las características del vapor que se debe utilizar en la turbina de vapor que se indica en el anexo 12.3 de esta NRF.

8.6.2 Documentación a entregar por el proveedor o contratista.

El proveedor, contratista y/o licitante debe suministrar para el turbogenerador la siguiente información, en caso de que no esté requerido o contemplado en las Bases de la Licitación:

8.6.2.1 Con la propuesta técnica.

a) Para la turbina, se deben referir a los requerimientos indicados en los numerales 8.22.2 y 8.22.3 de NRF-170-PEMEX-2007.

b) Dibujos preliminares mostrando arreglo y dimensiones generales de turbina y generador con sistema de excitación.

c) Dibujos de arreglos que muestren la configuración constructiva de turbina, generador, sistema de excitación, sistema de aceite, sistema de vapor de sellos, válvulas de paro, válvulas de control, tanque de aceite lubricante, tornaflecha, entre otros.

d) Diagrama unifilar del turbogenerador.

e) Diagramas de flujo preliminares mostrando los siguientes sistemas: drenajes, aceite lubricante de sellos, vapor de sellos, fluido de control del gobernador, localización de instrumentos y control de la turbina.

f) Curvas de operación y de corrección del turbogenerador a 25, 50, 75 y 100 por ciento y carga máxima.

g) Curvas del generador siguientes: perdidas eléctricas y mecánicas; de saturación en circuito abierto y en corto circuito, a factor de potencia cero; de operación de secuencia negativa; del regulador automático de tensión; del sistema de excitación; de valores límite tiempo-frecuencia cuando el generador opere fuera del rango de frecuencia nominal; de funciones de transferencia del sistema de excitación; entre otros.

h) Masas aproximadas de los distintos componentes del turbogenerador, distancias para extraer el rotor del generador, altura del gancho de la grúa y la masa de la mayor componente a mover durante el mantenimiento.

i) Lista de materiales y equipo que incluye el turbogenerador.

j) Datos del sistema de enfriamiento del generador.

k) Reactancia subtransitoria, reactancia transitoria, reactancia síncrona, reactancia de secuencia negativa y reactancia de secuencia cero del generador.

l) Índice de instrumentos.

m) Hoja de datos de instrumentos.

n) Catálogos e información técnica, en español.

o) La hoja de datos del generador de energía eléctrica que se indica en el numeral 8.10.1i de esta NRF, llenadas con la información que proporciona PEMEX y con la del fabricante.

p) El cuestionario técnico del anexo 12.4 de esta NRF, totalmente contestado.

8.6.2.2 Después de la colocación de la orden de compra.

El proveedor, contratista y/o licitante debe proporcionar en idioma español (4) copias en papel y (3) en archivo electrónico disco (CD), de cada dibujo y diagrama final de construcción, así como de los instructivos para el montaje, operación y mantenimiento de todos sus equipos, la información se debe elaborar con programas “software” compatible o exportable, de diseño asistido por computadora (CAD) y Office para Windows, con la siguiente información:

a) Planos y dibujos aprobados incluyendo arreglos físicos, dimensiones, pesos y secciones de embarque y lista de equipos y materiales, entre otros, de lo siguiente: turbina y generador, sistema de excitación y tableros, tanques, bombas y motores de aceite de lubricación y fluido de control, sistema de tuberías de aceite lubricante y fluido de control, sistema de tuberías y condensador de vapor de sellos, sistema de tuberías de purga y drenaje, sistema de aceite de sellos del generador, bombas suplementarias, motores, secadores, gobernador, instrumentación y control, entre otros.

Para la turbina, se debe cumplir con el numeral 8.22.4 de NRF-170-PEMEX-2007.

Los planos aprobados deben tener indicado el número de revisión, los dibujos finales certificados deben ser sellados y firmados por el fabricante. Los dibujos se deben realizar utilizando el sistema de unidades y medida de la NOM-008-SCFI-2002. Cuando se trate de

partes elaboradas se debe usar el sistema ingles, las equivalencias se deben mostrar entre paréntesis después de cada dimensión métrica.

b) Dibujos de las terminales y conexiones de las boquillas.

c) Masa de equipos en kg.

d) Reportes de pruebas de rutina y de análisis de vibración.

e) Diagramas eléctricos de protección y control de todos los motores.

f) Diagramas lógicos de control y protección, señalización y alarmas para la turbina, generador, equipo de excitación y auxiliares.

g) Diagramas de flujo, incluyendo diámetros de tubería de los siguientes sistemas: aceite lubricante, aceite de sellos, vapor y drenajes, vapor de sello e instrumentación, fluido de control del turbogenerador.

h) Lista completa de motores indicando sus características.

i) Balances térmicos.

j) Pesos y secciones de embarque.

k) Espacios para instalación, operación y mantenimiento.

l) Instructivo de instalación y montaje del equipo.

m) Manuales e instructivos de operación y mantenimiento de los equipos.

n) Manuales e instructivos para instrumentación y control.

o) Datos de la eficiencia, al 50 por ciento, 75 por ciento y 100 por ciento de carga, con factor de potencia nominal del generador.

p) Diagramas de configuración de la lógica de disparo del sistema de protección del generador.

q) Ajustes de los relevadores de protección, de acuerdo a los estudios de corto circuito y coordinación de protecciones.

r) Curvas de comportamiento para diferentes cargas y condiciones de operación del generador. Se debe proporcionar la curva de capabilidad del generador (3 juegos). Adicionalmente se deben indicar los niveles de potencia reactiva que puede manejar con un factor de potencia adelantado, sin exceder los límites de elevación de temperatura garantizada (subexcitado)

s) Certificados de materiales para los componentes mayores del turbogenerador.

t) Curvas características de operación de cada chumacera.

u) Hoja de datos de válvulas de control.

v) Diagramas y análisis de velocidades criticas.

w) Dimensiones del patín/placa base.

x) Lista de partes de repuesto y de herramientas especiales para mantenimiento.

y) Datos de carga (estática /dinámica) del turbogenerador.

Todos los elementos del equipo deben estar identificados con número de parte, para identificación en caso de sustitución.

8.7 Servicios

Recepción del turbogenerador.

El proveedor, contratista y/o licitante debe proporcionar la asistencia técnica en campo para la supervisión de la instalación y comisionamiento para las partes mecánica y eléctrica del turbogenerador. El turbogenerador y sus componentes del sistema deben ser entregados a PEMEX operando. Se debe proporcionar el mantenimiento requerido antes y hasta la fecha de aceptación de las obras por PEMEX.

8.7.2 Accesorios y herramientas

a) Un juego de herramientas completo para la extracción del rotor.

b) Se debe incluir un (1) juego de accesorios y herramientas especiales para instalación y mantenimiento integral del turbogenerador y debe incluir los instrumentos para pruebas y supervisión de mantenimiento predictivo y correctivo.

c) Se debe incluir una grúa viajera tipo puente con capacidad para el manejo del elemento más pesado del turbogenerador.

8.7.3 Partes de repuesto.

Para el generador, se deben proporcionar las partes de repuesto requeridas en los documentos proporcionados por PEMEX. En caso de que no se indique, se debe suministrar como mínimo, partes de repuesto para dos (2) años de operación.

Para la turbina, se debe cumplir con el numeral 8.24 de NRF-170-PEMEX-2007.

8.7.4 Garantía.

El proveedor, contratista y/o licitante debe garantizar los equipos y sus partes componentes por un periodo de un año a partir de la puesta en servicio o dieciocho (18) meses a partir de la fecha de entrega a PEMEX.

Se debe garantizar a partir de la adquisición del equipo, la existencia de partes de repuesto en el mercado por un periodo de 10 años.

8.7.5 Capacitación.

El alcance de suministro de los equipos debe incluir un curso de capacitación que se debe impartir en el lugar de instalación de los equipos, cubriendo los siguientes aspectos, lo cual debe ser indicado en las Bases de la Licitación:

a) Configuración.

b) Operación.

c) Mantenimiento preventivo y correctivo.

8.8 Cuestionario técnico.

En la etapa de licitación se deben presentar llenas las hojas de datos para el generador, de acuerdo a los requerimientos del apéndice B y la guía del apéndice F de API 546 o equivalente, así como las de la turbina, de acuerdo a lo indicado en el numeral 8.22.1m de NRF-170-PEMEX-2007 y para el sistema de excitación, el anexo 12.4 de esta NRF.

Los datos e información técnica que suministre el proveedor, contratista y/o licitante son utilizados en el procedimiento de evaluación técnica y dictamen técnico durante el proceso de contratación.

Para propósitos de evaluación, se debe indicar los valores específicos o parámetros solicitados, no se aceptan respuestas como “SI” o “CUMPLE”.

Se debe incluir la descripción de la operación del turbogenerador, características técnicas del equipo y sus partes componentes, respaldadas por diagramas y un juego de catálogos originales del fabricante.

9. RESPONSABILIDADES.

Verificar el cumplimiento de esta norma de referencia, en la adquisición del generador de energía eléctrica.

9.2.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

Que el generador cumpla con los requisitos especificados en esta norma de referencia, que sea un equipo completo nuevo, compatible en operación con todas sus partes y componentes a las condiciones técnicas y ambientales requeridas por PEMEX.

9.2.2. Proveedores y contratistas.

Los resultados de pruebas y/o certificados que proporcionen deben cumplir con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10. Concordancia con normas MEXICANAS O INTERNACIONALES.

Esta NRF no tiene concordancia con ninguna norma mexicana o internacional.

11. Bibliografía.

11.1. ANSI/AGMA 6011-H98:2001 Specification for high speed helical gear units (Especificación para unidades helicoidales de alta velocidad).

11.2. API 546:1997 Brushless sinchronous machines – 500 *kVA* and larger (Maquinas sincronas sin escobillas – 500 *kVA* y mayores).

11.3. API 670:2000 (R2003) Machinery protection systems (Sistemas de protección de maquinaria).

11.4. ASME PTC 6:2004 Steam turbines - Performance test codes (Código de prueba de comportamiento para turbina de vapor).

11.5. IEEE C37.18:1979 (R2003) IEEE Standard enclosed field discharge circuit breakers for rotating electric machinery (Estándar de interruptores en gabinete de descarga de campo para máquinas eléctricas rotatorias).

11.6. IEEE C37.102:2006 IEEE Guide for AC generator protection (IEEE Guía para la protección de generadores en CA).

11.7. IEEE C50.13:2005 IEEE Standard for cylindrical–rotor 50 *Hz* and 60 *Hz* synchronous generators rated 10 *MVA* and above (Estándar para generadores síncronos con rotor cilíndrico rangos arriba de 10 *MVA* para 50 *Hz* y 60 *Hz*).

11.8. IEEE 421.1:2007 IEEE Standard definitions for excitation systems for synchronous machines (Estándar de definiciones del sistema de excitación para máquinas síncronas).

11.9. IEEE 421.3:1997 (R2004) IEEE Standard for high–potential test requirements for excitation systems for synchronous machines (Estándar de requerimientos de pruebas Hi-Pot del sistema de excitación para máquinas síncronas).

11.10. IEEE 421.4:2004 IEEE Guide for the preparation of excitation system specifications (Guía para la preparación de la especificación del sistema de excitación).

11.11. NEMA ICS 4:2005. Terminal blocks (Tablillas terminales).

11.12. NEMA MG 1:2006 (R2007) Motors and generators (Motores y generadores).

11.13. 2.243.01 Plantas turbo-generadoras de vapor de 25 *MW* a 125 *MW*, Especificación Técnica de PEMEX, Primera Edición, 1979.

11.14. P.1.0000.09 Embalaje y marcado de equipos y materiales, Especificación Técnica de PEMEX, Primera Edición, 2005.

12. ANEXOS.

Cuestionario técnico del sistema de excitación.

12.1. PRESENTACIÓN DE DOCUMENTOS NORMATIVOS EQUIVALENTES.

Sí el proveedor, contratista y/o licitante considera que un documento normativo es equivalente al documento normativo (norma, código, especificación o estándar) indicado en esta Norma de Referencia, debe solicitar por escrito a Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios la revisión, para que en su caso otorgue autorización, del documento presuntamente equivalente, anexando los antecedentes y argumentación en forma comparativa, concepto por concepto, demostrando que como mínimo se cumplen los requisitos de la norma, código, especificación o estándar en cuestión. Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios dará respuesta por escrito a dicha solicitud, indicando si es o no autorizado para utilizarse como documento normativo equivalente.

Los documentos señalados en el párrafo anterior si no son de origen mexicano, deben estar legalizados ante Cónsul Mexicano, o cuando resulte aplicable, apostillados de conformidad con el “Decreto de Promulgación de la Convención por la que se Suprime el Requisito de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros” publicado en el Diario Oficial de la Federación del 14 de agosto de 1995. Los documentos que se presenten en un idioma distinto al español, se deben acompañar de su traducción a este idioma hecha por perito traductor.

En caso que Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios no autorice el uso del documento normativo equivalente propuesto, el proveedor, contratista y/o licitante está obligado a cumplir con la normatividad establecida en esta Norma de Referencia.

12.2 Hoja de datos para el generador de energía eléctrica.

PEMEX	HOJA DE DATOS		GENERADOR	
No de Proyecto:			**Lugar:**	
Planta/Área:			**Clave:**	
El generador debe cumplir con todos los requerimientos de esta norma de referencia, con las características particulares requeridas en esta Hoja de Datos y los documentos de las Bases de Licitación/Contrato.				
Tipo de Obra:	*Primer generador del sistema*	*( )*	*Generador a integrarse al sistema existente*	*( )*

Condiciones Ambientales: El turbogenerador debe trabajar a las siguientes condiciones ambientales							
Operación en clima tropical húmedo, ambiente marino con depósitos de sal, humos que atacan al cobre (amonio, sulfuro), ambiente corrosivo por SOx, NOx y H_2S.:							
	Bulbo seco		Bulbo húmedo				
Temp. máxima		°C		°C	Humedad relativa	Verano	Por ciento.
Temp. mínima		°C		°C		Invierno	Por ciento.
Temp. promedio		°C		°C	Altura de instalación		( ) *m* s.n.m.
Diseño por sismo	El turbogenerador se debe diseñar para cargas por sismo de acuerdo los requerimientos del Proyecto.						

Características del generador				
Tipo de servicio	Continuo		Tipo	Síncrono.
Sistema de enfriamiento	TEAAC y TEWAC (IP 54)		Velocidad *r/min*	3 600 + 10 por ciento
Factor de servicio	1,0		Velocidad de disparo *r/min*	3 960
Factor de potencia	0,8 atrasado a 0,9 adelantado		Numero de polos	2
Conexión	Estrella		Número de fases	3
Tensión de línea y frecuencia:	13 800 *V* ± 5 por ciento; 60 *Hz* ±5 por ciento (La variación combinada no debe rebasar ±10 por ciento).			
Capacidad máxima continua	( ) *MW* ( ) *MVA*		Capacidad continua a máxima eficiencia y operación más económica	( ) *MW* ( ) *MVA*
Normatividad aplicable:	NOM-001-SEDE-2005, NOM-008-SCFI-2002, NOM-011-STPS-2001, IEC 60034-1, IEC 60085, ISO 10438-2.			
Nivel de presión de ruido	No mayor a 85 *dB(A)* a 1,5 *m* de la superficie externa del equipo.			
Reactancia Subtransitoria:	( ) No mayor a 14 por ciento.		( ) Valor específico	
Accionador del generador, turbina de vapor de:	( ) Condensación		( ) Contrapresión	
Caja de conexiones	( ) Dimensiones estándar conforme a IEC 60072-1, IEC 60072-2 o NEMA MG 1		( ) Caja de mayor dimensión, para terminación especial de cable. Describir: _____	
Datos del sistema de enfriamiento	De acuerdo a los requerimientos de la sección titulada "Sistema de enfriamiento del generador de esta norma de referencia"			
Requerimientos adicionales (Describir)				

Excitatriz			
Tipo de excitatriz		( ) Con escobillas (estática separada)	( ) Sin escobillas (con rectificadores en el eje del rotor).
Fuente de energía del sistema de excitación	( ) Generador de imán permanente	( ) Alimentado desde la salida del generador principal a través de un transformador	( ) Otra fuente de alimentación

Fuente de energía del sistema de excitación	( ) Generador de imán permanente	( ) Alimentado desde la salida del generador principal a través de un transformador	( ) Otra fuente de alimentación
Energía de control del sistema de excitación	( ) 120 *V c.a.* Tolerancia: ± _____ Frecuencia: 60 *Hz*	( ) 125 *V c.c.*	Otros valores: _____ *V c.a.* _____ *V c.c.*

Elaboró		*Revisó:*		*Aprobó:*		*Fecha:*	

12.3 Cuestionario Técnico Del Sistema De Excitación.

DESCRIPCIÓN	REQUERIDO	COTIZADO
DATOS GENERALES		
No. de proyecto	Indicar	
Lugar	Indicar	
Planta	Indicar	
Tipo de instalación	Interior ( ) Exterior ( )	
Temperatura ambiente	Mínima ( ) Máxima ( )	
Altitud de la instalación	_____ *m* s. n. m.	
Cumple con NRF-800-18111-SNTNR-0021-PEMEX-2007	Indicar	
DATOS DEL GENERADOR		
Potencia eléctrica	_____ *MW*.	
Tensión nominal	_____ *kV*.	
Corriente nominal	_____ *A*.	
Frecuencia nominal	60 *Hz*.	
Factor de potencia nominal	Indicar	
Nombre del fabricante	Indicar	
Tipo/modelo	Indicar	
Excitatriz.		
Tipo	Sin escobillas (con rectificadores en el eje del rotor). ( ) Con escobillas (estática separada). ( )	
Tensión de campo en vacío, c.c.	_____ V	
Corriente de campo en vacío, c.c.	_____ A	
Tensión de campo a plena carga y a factor de potencia nominal, c.c.	_____ V	
Corriente de campo a plena carga y a factor de potencia nominal, c.c.	_____ A	
Resistencia de campo	_____ Ohms @ *°C*	
Constante de tiempo de campo	_____ *s*	
Fuente de energía para operación del sistema de excitación		
Tipo de fuente	Generador de imán permanente ( ) Alimentado desde la salida del generador principal a través de un transformador ( ) Otra fuente de alimentación ( ) Indicar tipo.	
Tensión	_____ *V*	
Frecuencia	_____ *Hz*	
Tensión en vacío para caso de generador de imán permanente	_____ *V*	
Tensión a plena carga para caso de generador de imán permanente	_____ *V*	

Capacidad de generador de imán permanente	_____ *VA*	
Número de fases para generador de imán permanente	_____ Fases	
Transformador de excitación	Tipo seco encapsulado en resina epóxica	
Aislamiento del transformador de excitación	Clase F	
Tipo de instalación del transformador de excitación	Interior	
Construcción del transformador de excitación	De acuerdo a NMX-J-351-ANCE-2005	
Cantidad de unidades rectificadoras en paralelo	2	
Tipo de rectificadores		
Sistema de enfriamiento para unidades rectificadoras y redundancia	Enfriamiento forzado con sistema redundante	
Protección contra desexcitación	Incluir (indicar componentes)	
Protección contra sobretensión	Incluir (indicar componentes)	
Cantidad de canales controladores	2	
Cantidad de secciones rectificadoras	2	
Regulador de Tensión AVR	Incluir	
Datos de entrada del sensor de tensión.		
Tensión del sensor	_____ *V* primario	
Tensión del transformador	_____ *V* secundario	
Tipo de conexión del transformador	Estrella ( ) Delta abierta ( )	
Relación y configuración del transformador	Relación _____ Rotación de fase _____	
Datos de entrada del sensor de corriente		
Relación del transformador de corriente	Relación _____	
Corriente en el primario	_____ *A*	
Corriente en el secundario	_____ *A*	
Energía de control del sistema de excitación		
Tipo de corriente	c.a. ( ) c.c. ( )	
Tensión	120 *V c.a.* ( ) 125 *V c.c.* otro valor ( ) Indicar _____	
Frecuencia	_____ *Hz*	
Tolerancia	± _____	
Gabinete del sistema de excitación		
Envolvente	IP-32 ( ) otro ( )	
Tipo de acabado para servicio interior	De acuerdo a NRF-053-PEMEX-2006, ambiente 3, sistema 2(húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros). Color verde PEMEX 628 (Pantone Matching System PMS-577).	