

N° de Documento: NRF-110-PEMEX-2003	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
Rev.: 0	
Fecha: 20 diciembre de 2003	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN
PÁGINA 1 DE 20	

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO	No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003 Rev.: 0 PÁGINA 2 de 20
--	--	---

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:



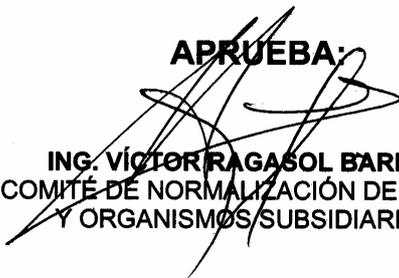
ING. MANUEL PACHECO PACHECO
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:



ING. LUIS RAMÍREZ SORZO
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX-EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:



ING. VÍCTOR RAGASOL BARBEY
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS





COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0

PÁGINA 3 de 20

CONTENIDO

CAPÍTULO	PAGINA
0. INTRODUCCIÓN	4
1. OBJETIVO	5
2. ALCANCE	5
3. CAMPO DE APLICACIÓN	6
4. ACTUALIZACIÓN	6
5. REFERENCIAS	6
6. DEFINICIONES	7
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	8
8. DESARROLLO	9
8.1 Muestreo	9
8.2 Inspección y pruebas	11
8.3 Empaque	15
8.4 Manejo y transporte	16
8.5 Almacenamiento	16
8.6 Seguridad Industrial y protección ambiental	17
8.7 Documentación y registros	17
9. RESPONSABILIDADES	17
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES	18
11. BIBLIOGRAFÍA	18
12. ANEXOS	19
12.1 Anexo 1.- Corte del ánodo conforme con el estándar ASTM G 97-97.	19
12.2 Anexo 2.- Sección ánodo, lugares de barrenación para la obtención de muestras.	20

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 4 de 20</p>
--	---	--

0. INTRODUCCIÓN

La protección catódica a base de ánodos de magnesio es un complemento del sistema de recubrimientos anticorrosivos o en el caso de que no exista tal sistema protege contra la corrosión exterior a las tuberías y estructuras de acero enterradas o sumergidas, es un método de prevención efectivo y comúnmente usado.

En virtud de la gran importancia de los ánodos utilizados para lograr el objetivo de los sistemas de protección catódica, es necesario fijar los parámetros normativos para evaluar calidad, manejo y control de los mismos.

Los ánodos de magnesio de alto potencial utilizados en las instalaciones de Petróleos Mexicanos deben cumplir con los requisitos y criterios aquí establecidos.

Con el objeto de unificar criterios, aprovechar las experiencias y conjuntar los resultados de las diversas áreas de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, se emite la presente norma de referencia a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos.

Este documento se realizó en atención y cumplimiento a:

Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

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

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

Guía para la Emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Participaron en su elaboración las Direcciones de Petróleos Mexicanos, Instituciones y Empresas que se indican a continuación:

Pemex Exploración y Producción

Petróleos Mexicanos

Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex Petroquímica

Pemex Refinación

Instituto Mexicano del Petróleo

Universidad Nacional Autónoma de México

Arpasa, Protección Catódica Mexicana, S.A. de C.V.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 5 de 20</p>
--	---	--

Comercial Eléctrica y Electrónica Méndez, S.A. de C.V.

Comercializadora Ultratec, S.A. de C.V.

Metalúrgica Avanzada, S. A. de C.V.

1. OBJETIVO

Optimizar la operación de los ductos e instalaciones enterradas que empleen ánodos de sacrificio galvánicos de magnesio para la protección catódica con la calidad requerida. Así mismo establecer los procedimientos y las metodologías de muestreo, pruebas, análisis químicos y criterios de aceptación o rechazo de dichos ánodos.

2. ALCANCE

Esta norma establece los criterios generales y requisitos mínimos de calidad que se deben cumplir al evaluar los ánodos de magnesio de alto potencial, empleados en los sistemas de protección catódica para proteger contra la corrosión las instalaciones, equipos y ductos enterrados o sumergidos en agua dulce de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

La evaluación incluye las siguientes fases:

- Muestreo.
 - ✓ Identificación del lote de ánodos.
 - ✓ Procedimiento.
- Inspección y pruebas
 - ✓ Apariencia física.
 - ✓ Dimensiones y peso.
 - ✓ Alma del ánodo.
 - ✓ Conductor eléctrico, soldadura y aislamiento.
 - ✓ Composición química.
 - ✓ Comportamiento electroquímico.
- Empaque.
- Manejo y transporte.
- Almacenamiento.

La tabla No.2 que se refiere a la composición química de los ánodos de magnesio utilizados en protección catódica en las instalaciones de Petróleos Mexicanos, cancela y sustituye a cualquier otra composición indicada en toda norma de referencia (NRF) o documento normativo anterior al presente.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 6 de 20</p>
--	---	--

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición y la contratación del suministro, instalación y comportamiento en campo de los ánodos de magnesio, por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a por lo menos tres personas o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PEP, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo con la procedencia de las mismas y en su caso, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, procederá a inscribirla en el programa anual de Normalización de Pemex. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, por lo menos cada 5 años o antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Pemex Exploración y Producción.

Subcomité Técnico de Normalización.

Bahía de Ballenas # 5, Edificio "D", 9° Piso.

Col. Verónica Anzures.

11311 México, D. F.

Teléfono directo: 55-45-20-35.

Conmutador: 57-22-25-00, extensión: 3-26-90.

5. REFERENCIAS

NOM-008-SECRE-1999 "Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas".

NRF-047-PEMEX-2002 "Diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica".

NMX-Z-12-2-1987 "Muestreo para la inspección por atributos-parte 2: métodos de muestreo, tablas y graficas".

NMX- K-109-1977 "Ánodos de magnesio empleados en protección catódica".

X-AA-015-1985 "Protección al ambiente, contaminación del suelo, residuos sólidos municipales, muestreo método de cuarteo".

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003 Rev.: 0 PÁGINA 7 de 20</p>
---	--	---

6. DEFINICIONES

Para propósitos de esta norma se establecen las definiciones siguientes:

- 6.1 Aleación.** Elementos metálicos mezclados por fusión para la formación del ánodo con las características físicas, químicas y electroquímica requeridas.
- 6.2 Alma del ánodo.** Varilla o solera de acero colocada en el centro del ánodo, mostrada en la Fig. N° 1.
- 6.3 Atomización.** Proceso de conversión de una muestra líquida en átomos gaseosos.
- 6.4 Ánodo de magnesio de alto potencial.** Aleación constituida de magnesio puro y pequeñas cantidades de otros elementos, utilizado en un circuito de protección catódica.
- 6.5 Barrenación.** Acción o efecto de perforar un ánodo de magnesio de alto potencial a fin de obtener muestras para análisis químicos.
- 6.6 Capacidad de corriente del ánodo.** Intensidad de corriente en ampere que un metal puede proporcionar por unidad de tiempo y por unidad de peso, cuando ese metal forma parte como ánodo de una celda electroquímica.
- 6.7 Cavidades o Rechupes.** Vacíos o contracciones formadas en el ánodo por fallas en su fabricación.
- 6.8 Conductor eléctrico.** Cable de cobre soldado al alma del ánodo.
- 6.9 Coulombímetro de cobre.** Equipo experimental de laboratorio usado para medir la cantidad de corriente en ampere hora por gramo de cobre en el cátodo del Coulombímetro.
- 6.10 Cuantitativo(a).** Valores numéricos de las propiedades de un ánodo de magnesio de alto potencial, obtenidos por diversas mediciones.
- 6.11 Cualitativo(a).** Observaciones generales acerca de los atributos de un ánodo de magnesio de alto potencial.
- 6.12 Densidad.** Masa por unidad de volumen
- 6.13 Disolución.** Mezcla homogénea de dos o mas sustancias.
- 6.14 Disolvente.** Sustancia presente en mayor cantidad en una disolución.
- 6.15 Electrodo de calomelanos (calomel).** Esta formado por mercurio cubierto por una capa de cloruro insoluble (calomelanos) Hg_2Cl_2 en equilibrio con una solución de cloruro potásico KCl 0.1 N, 1 N o saturada.
- 6.16 Eficiencia de la capacidad de drenaje de corriente teórica (e).** Relación de la capacidad de drenaje de corriente del ánodo real con respecto a la teórica.
- 6.17 Espécimen o probeta de prueba.** Muestra obtenida del material del ánodo con dimensiones específicas para determinar su comportamiento electroquímico por el método ASTM G 97-97.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003 Rev.: 0 PÁGINA 8 de 20</p>
---	--	---

6.18 Espectroscopia por Absorción Atómica. Método a través del cual los átomos absorben parte de luz de una fuente de poder para determinar cualitativa y cuantitativamente la composición química de los ánodos.

6.19 Elemento. Componente que forma parte de la tabla periódica.

6.20 Inspección. Es el proceso de verificación, medición o prueba para comparación de la unidad de producto con respecto a las especificaciones establecidas.

6.21 Inspección por atributos. Es la inspección bajo la cual simplemente se clasifica a la unidad de producto como defectuosa o no defectuosa o se cuenta el número de defectos que contiene con respecto a las especificaciones establecidas.

6.22 Lote. Grupo de ánodos del mismo tipo y aleación, obtenidos de una misma línea de producción.

6.23 Muestra. Parte representativa de un ánodo o conjunto de ánodos, seleccionada aleatoriamente para evaluación física, química y/o electroquímica con fines de aceptación o rechazo del lote de acuerdo con esta norma.

6.24 Normalidad. Número de equivalente gramo de soluto contenido en un litro de disolución.

6.25 Número de equivalente gramo. Producto de multiplicar el peso en gramos por el número de valencia del compuesto empleado como soluto, dividido entre su peso molecular.

6.26 Potencial de solución del ánodo. Es una medida en volt de la capacidad inherente al ánodo para proporcionar corriente al metal que se desea proteger de la corrosión, identificada como la diferencia de potencial que existe entre un metal o aleación con respecto a la solución en que está sumergido y medido por medio de un electrodo de referencia de calomelanos.

6.27 Potencial de solución a circuito abierto. Es la medida en volt del ánodo con referencia a un electrodo estándar de calomelanos, que se obtiene cuando en el sistema electroquímico, la fuente de alimentación de corriente directa está desconectada del sistema.

6.28 Potencial de solución a circuito cerrado. Es la medida en volt del ánodo con referencia a un electrodo estándar de calomelanos, que se obtiene cuando en el sistema electroquímico, la fuente de alimentación de corriente directa está conectada al sistema.

6.29 Soluto. Material que se disuelve en un solvente para formar una solución.

Además de lo indicado en el capítulo 6 de esta norma, para otras definiciones aplicables, referirse a la NOM-008-SECRE-1999, "Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y / o sumergidas", capítulo 4 y a la norma de referencia NRF-047-PEMEX-2002, "Diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica", capítulo 6.

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

EMA = Entidad Mexicana de Acreditación.

LGEEPA = Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental.

NOM = Norma Oficial Mexicana.



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0
PÁGINA 9 de 20

NMX	= Norma Mexicana.
ASTM	= Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials).
AWG	= Calibre de Cable Norma Americana (American Wire Gauge).
NACE	= Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión (National Association of Corrosion Engineers).
A	= Ampere.
D_p	= Capacidad de drenaje de corriente en $A \cdot h/kg$.
E	= Potencial ó diferencia de potencial eléctrico en volt.
e	= Eficiencia de la capacidad de drenaje de corriente teórica.
h	= Hora.
kg	= Kilogramo.
Q	= Capacidad de corriente del ánodo determinada con el coulombímetro en $A \cdot h$.
W	= Pérdida de peso (diferencia entre el peso inicial y el peso final) en gramos.
Hg_2Cl_2	= Cloruro mercuroso.
KCl	= Cloruro de potasio.
N	= Normalidad.
0.0454	= Factor de conversión en $kg/A \cdot h$.
0.8433	= Factor de conversión de la Ley de Faraday, $A \cdot h/g_c$.
$A \cdot h/g_{Cu}$	= Cantidad de corriente en ampere hora por gramo de cobre en el cátodo del coulombímetro.
g_{Cu}	= Masa de cobre ganada por el cátodo del coulombímetro expresada en gramos.
G	= Unidad de masa en gramos.
M1	= Peso inicial del alambre de cobre (cátodo) del coulombímetro en gramos.
M2	= Peso final del alambre de cobre (cátodo) del coulombímetro en gramos.
NCA	= Nivel de calidad aceptable.

8. DESARROLLO

Para asegurar la protección e integridad física de los sistemas de transporte por ductos y estructuras de acero, en donde PEMEX o el Organismo Subsidiario lo determine, se deben instalar ánodos de magnesio de alto potencial que cumplan con los requisitos de calidad, por lo que en esta norma se establecen las condiciones y requisitos para el muestreo, inspección física y los criterios de aceptación o rechazo, las pruebas para la determinación de la composición química y comportamiento electroquímico, se complementa con los procedimientos y requisitos para el empaque, manejo, transporte, almacenamiento, documentación y registros.

8.1 Muestreo

El laboratorio responsable de efectuar el muestreo en la planta del fabricante de ánodos, en instalaciones o tuberías en operación de PEMEX según sea el caso, donde formen parte de un sistema de protección catódica, será también quien realice la inspección, pruebas y evaluación conforme con los requerimientos establecidos en esta norma y deberá estar acreditado ante la E. M. A., para la evaluación de la conformidad y

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 10 de 20</p>
--	---	---

para demostrar la confiabilidad de los datos que se reporten. Cuando no existan laboratorios acreditados, se podrán aceptar resultados de laboratorios no acreditados, siempre y cuando, demuestren ante la autoridad competente (EMA), que cuentan con la infraestructura necesaria.

Se establecen las condiciones y criterios de muestreo para obtener los especímenes de prueba que servirán para evaluar el lote de ánodos conforme con la Norma Mexicana NMX-Z-12-2 "Muestreo para la inspección por atributos-parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas" en la que se basa la tabla N° 1, la cual indica el tamaño de la muestra en función del tamaño del lote, así como los criterios de aceptación y rechazo, con un nivel especial (S-4) y un nivel de calidad aceptable (NCA) igual a 2.5%.

TABLA No.1. Muestreo para inspección por atributos (NMX-Z-12-2).

Tamaño del lote (N)	Tamaño de la muestra (n)	Criterio de aceptación	
		Aceptación III	Rechazo IV
I	II		
6 a 150	5	0	1
151 a 1200	20	1	2
1201 a 10000	32	2	3

Para el caso de adquisición de ánodos de magnesio de alto potencial, se debe seleccionar de manera aleatoria, una muestra de (n) ánodos indicado en la columna II del lote de tamaño (N) indicado en la columna I de la Tabla No.1, cuyo criterio para aceptación es el cumplimiento al número de ánodo que forman la muestra (n) columna II, aceptados columna III o fuera de norma columna IV, se rechaza el lote completo (N) columna I.

Cuando sea necesario evaluar ánodos que ya formen parte de un sistema de protección catódica, las pruebas de comportamiento electroquímico y de composición química serán de acuerdo con esta norma de referencia, en relación con la cantidad y obtención de la muestra de prueba y con el criterio de aceptación o rechazo. PEMEX establecerá las condiciones contractuales que se apliquen para cada caso.

8.1.1 Identificación del lote de ánodos.

Para un mejor control y seguimiento de la evaluación realizada por el laboratorio responsable, el fabricante debe identificar cada lote mediante una etiqueta resistente al medio con la siguiente información, la cual debe ser proporcionada tanto al laboratorio de pruebas como al usuario final.

- a).- Identificación física por lote.
- b).- Identificación física por ánodo
- c).- Información contenida en el certificado de calidad.

8.1.1.1 Identificación física por lote:

Razón social del fabricante.
Material anódico
Tamaño del lote.
Número de lote.
Tamaño de la muestra.
Fecha y criterio de muestreo.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 11 de 20</p>
--	---	--

8.1.1.2 Identificación física por ánodo:

Razón social del fabricante.
Fecha de fabricación.
Número de serie de cada ánodo.
Peso del ánodo.

8.1.1.3 Información contenida en el certificado de calidad:

Razón social del fabricante.
Fecha de fabricación.
Tamaño del lote.
Número de lote.
Tamaño de la muestra.
Fecha y criterio de muestreo.
Nombre del laboratorio.
Nombre del técnico que obtiene la muestra.
Nombre del analista.
Especificación de la aleación.
Composición química del ánodo.
Método de análisis.
Peso bruto (ánodo, alma, cable y conexiones).
Dimensiones, densidad y peso del alma de acero.
Dimensiones, densidad y peso del ánodo de magnesio de alto potencial.
Eficiencia de corriente en porcentaje.
Potencial a circuito abierto y cerrado.
Capacidad de corriente real en A· h.
Capacidad de drenaje de corriente A· h/kg.
Referencia de acuerdo con normas y especificaciones.

8.2 Inspección y pruebas

Los ánodos seleccionados de cada lote se someterá a las evaluaciones establecidas en este punto, como requisitos para su aceptación o rechazo.

8.2.1 Inspección física.

8.2.1.1 Apariencia. La inspección de la superficie externa de los ánodo serán por medios visuales.

8.2.1.1.1 Defectos externos del ánodo. Se llevará a cabo una inspección de la apariencia física y la calidad de manufactura de cada ánodo a temperatura ambiente, verificándose la posición del alma del ánodo, presencia de cavidades, grietas y fracturas entre otras.

8.2.1.1.2 Criterio de aceptación. Cada ánodo deberá estar libre de cualquiera de los siguientes defectos externos para su aceptación:

- La evidencia del alma, esta no debe estar expuesta en cualquier otra parte de la superficie del ánodo, excepto donde existe la conexión eléctrica.
- Las cavidades que exceden 12.7 mm (0.5pulg) en profundidad y 7.5 mm (0.295pulg) en longitud.



- c. Partículas de residuo o inclusiones no metálicas que cubran más del 2 % de la superficie.
- d. Capas de metal que no están metalúrgicamente adheridas al cuerpo del ánodo.
- e. Ninguna grieta y ni fractura.
- f. Indicios de actividad electroquímica por la presencia de polvo blanco de óxidos o hidróxidos de magnesio.

8.2.1.2 Dimensiones y peso.

8.2.1.2.1 Dimensiones. Se debe constatar y registrar la forma y dimensiones de los ánodos de acuerdo con lo solicitado en el proyecto.

8.2.1.2.2 Peso. Se debe verificar y registrar el peso bruto del ánodo de magnesio de alto potencial que consta del peso nominal del alma, el alambre de la conexión y el material de aislamiento además del peso de la aleación de magnesio; para constatar que cumplan con lo requerido en el proyecto de Pemex.

8.2.1.3 Alma del ánodo.

8.2.1.3.1 Deberá ser de tipo solera plana con un espesor mayor que 0.8 mm. (0.031 pulg), el ancho deberá ser mayor que 12.7 mm. (0.5 pulg), con orificios de 3 mm. (0.125 pulg) de diámetro, a una distancia de 19 mm. (0.750 pulg) de centro a centro.

8.2.1.3.2 Deberá estar libre de cualquier impureza, mediante la preparación de la superficie a metal blanco antes de ser colocada.

8.2.1.3.3 Deberá ser de acero al carbón grado comercial, por ningún motivo se aceptará de hierro colado.

8.2.1.3.4 Las dimensiones, densidad del material y peso del alma de acero debe ser documentado por el fabricante, de tal forma que no este incluido en la masa del ánodo de magnesio de alto potencial que se esta adquiriendo de acuerdo con el punto 8.1.1.

8.2.1.4 Cable eléctrico, conexiones, soldadura del alma de acero y del aislamiento. La masa total de estos accesorios no debe ser parte del peso total del magnesio que se este adquiriendo y por lo tanto deberá ser reportado por separado para cumplimiento del punto 8.1.1.

8.2.1.4.1 Cable de la conexión del alma de acero. El cable que se conecte al alma del ánodo será de cobre calibre 12 AWG, con aislamiento TW PVC de 0.75 mm (0.030 pulg) ó THW PVC de 1.125 mm. (0.045 pulg) y una longitud de 5.0 metros como mínimo o según lo indique el proyecto.

8.2.1.4.2. Soldadura del alma de acero. Se empleará soldadura de plata con 50% de plata y 50% compuesto de estaño, cuyo calibre no deberá ser menor 1.27 cm (0.5 pulg) para ánodos de 9 libras (4.1 kg) y no menor de 1.9 cm (0.75 pulg) para pesos mayores.

8.2.1.4.3. Aislamiento del alma de acero. El área expuesta del alma con la conexión eléctrica deberá ser recubierta con una resina epóxica no contráctil, rellenando el espacio remanente entre el alma y el magnesio con el mismo material y deberá estar libre de grietas, contracciones o cualquier defecto que pudieran permitir la entrada de humedad a la conexión eléctrica.



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0

PÁGINA 13 de 20

8.2.2 Composición química.

8.2.2.1 Muestreo para análisis químico. El análisis químico medido con técnicas dadas en el inciso 8.2.2.2 se llevará a cabo en la muestra (n) representativa de cada lote, tal como se indica en el punto 8.1.

8.2.2.1.1 Muestreo por ánodo. De cada ánodo se obtendrá una muestra representativa para determinar la composición promedio del mismo, utilizando el método de "cuarteo" como se indica en la figura No.1 de la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985, se tomarán muestras de toda la pieza como se aprecia en esta norma, en el inciso 12.- Anexos, figuras No.1 y 2 que muestran esquemáticamente como efectuar los cortes y las perforaciones con la barrena.

El ánodo se secciona en tres partes conforme con el método de prueba ASTM G 97-97 o su equivalente, cada tercio del ánodo debe barrenarse como se indica en (8.2.2.1.3).

El peso de la muestra por ánodo deberá ser de 10 a 15 gramos como mínimo.

8.2.2.1.2 Obtención de rebabas por barrenación. Las muestras para análisis químico deberán obtenerse de cada ánodo tal como se indica en 8.2.2.1.2, empleando la técnica de barrenación con brocas de punta de carburo de tungsteno, las cuales deberán mantenerse secas, libres de polvo, arena o algún otro material ajeno; apropiadamente afiladas y utilizadas únicamente para propósitos de muestreo y después de cada uso, las brocas se deberán limpiar para su almacenamiento.

8.2.2.2. Método de análisis químico.

8.2.2.2.1 Espectroscopía por absorción atómica. Este análisis se realizará con base en el método IMP-3AA.16 para "Absorción atómica" desarrollado por el Instituto Mexicano del Petróleo.

Los reactivos químicos utilizados para la caracterización de la aleación de magnesio, deberán ser de grado analítico para evitar interferencia por cualquier posible impureza presente en dichos reactivos.

8.2.2.2.2 Elementos de aleación, impurezas permisibles y criterio de aceptación: El rango de los elementos de la aleación, las impurezas permisibles, así como los criterios para la aceptación de la composición química, se indican en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2. Composición química de ánodos de magnesio de alto potencial.

Elemento	Aleación de Alto Potencial (% en peso)
Aluminio (Al)	Máximo 0.01
Manganeso (Mn)	0.50-1.30
Hierro (Fe)	Máximo 0.03
Cobre (Cu)	Máximo 0.02
Silicio (Si)	Máximo 0.05
Níquel (Ni)	Máximo 0.001
Otras impurezas metálicas, cada una	Máximo 0.05
Impurezas	Máximo 0.30
Magnesio (Mg)	Mínimo 98.288

El nivel máximo de 0.3% en peso de impurezas totales, incluye el contenido de todas las impurezas metálicas.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003 Rev.: 0 PÁGINA 14 de 20</p>
--	---	--

8.2.3. Comportamiento electroquímico.

El comportamiento electroquímico medido de acuerdo con lo indicado en el método de prueba ASTM G 97-97 o su equivalente, se llevará a cabo en la muestra (n) representativa de cada lote, tal como se indica en el punto 8.1, donde se obtiene:

- Peso inicial y final en gramos de cada espécimen de prueba.
- Potencial a circuito abierto y cerrado en volt.
- Capacidad de corriente del ánodo en ampere hora por kilogramo.

Cuando la geometría del ánodo difiera de la que considera el método de prueba ASTM G 97-97 o su equivalente, se mantendrá el criterio de obtener 5 especímenes representativos de cada ánodo con las dimensiones e indicaciones establecidas en dicho método.

8.2.3.1 Cálculo de la eficiencia de la capacidad de drenaje de corriente del ánodo de magnesio de alto potencial. La eficiencia se determina con los parámetros que se establecen en el los incisos a, b, y c del punto 8.2.3, mediante la siguiente expresión:

$$D_p = \frac{Q \times 1000}{W}$$

En donde:

D_p = Capacidad de drenaje de corriente en $A \cdot h/kg$.

Q = Cantidad de carga eléctrica determinada con el coulombímetro en $A \cdot h$.

W = Pérdida de peso (peso inicial-peso final) en gramos de los especímenes de prueba de magnesio.

1000 = Factor de conversión de kilogramos a gramos.

Cuando es utilizado un coulombímetro de cobre, del procedimiento experimental del método citado en 8.2.3, se obtiene un valor de $A \cdot h/g_{Cu}$ donde el término g_{Cu} corresponde a la ganancia de peso del cátodo de cobre del coulombímetro.

Por lo anterior, Q se obtiene de la siguiente forma:

$$Q = (0.8433 A \cdot h/g_{Cu}) (M_2 - M_1) = [A \cdot h]$$

Donde:

$A \cdot h/g_{Cu}$ = Cantidad de corriente en ampere hora por gramo de cobre en el cátodo del coulombímetro.

M_2 = Peso final del alambre de cobre (cátodo) del coulombímetro = [g].

M_1 = Peso inicial del alambre de cobre (cátodo) del coulombímetro = [g].

0.8433 = Factor de conversión de la Ley de Faraday, $A \cdot h/g_{Cu}$



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0

PÁGINA 15 de 20

Para el cálculo de la eficiencia de la capacidad de drenaje de corriente teórica del material anódico de magnesio:

$$2200 \times \frac{\text{A} \cdot \text{h}}{\text{kg}} \text{ que corresponde al 100\% de eficiencia máxima.}$$

Por lo que:

$$e = 0.0454 D_p$$

En donde:

e = Eficiencia de la capacidad de drenaje de corriente teórica.

0.0454 Factor de conversión en kg/A· h.

8.2.3.2. Criterio de aceptación del comportamiento electroquímico

TABLA No.3

Parámetro	Rango de aceptación
Potencial a circuito abierto (volt versus electrodo de calomelanos)	Mínimo -1.70
Potencial a circuito abierto (volt versus electrodo de Cu /Cu SO ₄)	Mínimo -1.78
Capacidad de corriente ampere hora por kilogramo (ampere hora por libra)	Mínimo 1100 (Mínimo 500)
Eficiencia de la capacidad de corriente (%)	Mínimo 50
Consumo del ánodo kilogramo por ampere año (libra por ampere año)	6.82 - 8.64 (15 – 19)

8.3 Empaque

8.3.1 Empaque individual de ánodos

Los ánodos deberán ser debidamente empacados en forma individual, de tal forma que se cumpla con la especificación Pemex P.3.301.01, "Embalaje y marcado para embarque de equipos y materiales".

8.3.2 Empaque por grupo de ánodos



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0

PÁGINA 16 de 20

8.3.2.1 Los ánodos deberán ser clasificados de acuerdo con su tipo, tamaño y peso, los cuales serán colocados en tarimas de madera o de otro material aislante que garantice su integridad y soporte los esfuerzos, así como, asegurarse y sujetarse a tensión con fleje, para soportar el manejo y el embarque sin que les provoque daños.

8.3.2.2 Las etiquetas de identificación del ánodo deberán estar visibles conteniendo lo establecido en el punto 8.1.1.

8.3.2.3 En el grupo de ánodos se deberá utilizar envoltura de plástico de película ajustable, la cual será aplicada sobre el fleje.

8.3.3 Documentación de embarque.

8.3.3.1 Cada lote deberá contener una copia de la documentación que describa el contenido del embarque, así como la información indicada en el punto 8.1.1 y la adicional señalada en el punto 8.3.3, la cual deberá ser entregada a PEMEX a la recepción del embarque.

8.3.3.2 Los documentos legales que demuestren el acreditamiento ante EMA del laboratorio que realizó la evaluación de los ánodos de magnesio de alto potencial, especificada en esta norma.

8.3.3.3 Certificado de calidad original del lote de ánodos, emitido por el laboratorio que realizó la evaluación, que incluya el muestreo del lote, así como lo especificado del punto 8.1 al 8.2, se deberá indicar que dicha certificación corresponde única y exclusivamente a la licitación y contrato específico que tiene pactado con Pemex.

8.3.3.4 Los documentos legales de importación vigentes y originales, que en su caso apliquen a la entrega del embarque, deberán corresponder al material amparado por el contrato y serán entregados a Pemex.

8.4 Manejo y transporte

8.4.1 Manejo

8.4.1.1 El cable de cobre para la conexión del ánodo a la tubería o estructura, se debe enrollar para evitar que los ánodos sean manejados por medio del mismo.

8.4.2 Transporte.

Los ánodos agrupados en paquete deberán tener un manejo adecuado durante su transporte y desembarque para evitar que sufran daños.

8.5 Almacenamiento

En caso de requiera ser almacenados, los ánodos ya sea por PEMEX, el proveedor o fabricante, se deberán considerar las siguientes condiciones:

8.5.1 El almacenamiento deberá ser bajo techo, con ventilación. libre de humedad y contaminantes agresivos.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 17 de 20</p>
--	---	---

8.5.1.1 La envoltura de plástico utilizada en el embarque, debe ser quitada del grupo de ánodos, para permitir la ventilación

8.5.2 Las áreas de almacenaje deberán permitir la inspección y el retiro de los ánodos.

8.5.3 Las estibas en áreas no protegida por aspersores deberán limitarse a un volumen de 28.34 m³ (1000 pies³) y evitar el contacto entre los ánodos mediante espaciadores no metálicos.

8.6 Seguridad Industrial y protección ambiental

8.6.1 El prestador de servicios debe comprobar mediante los certificados que procedan, que su producto y procedimiento de instalación cumplen con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento.

8.6.1.1 Debe presentar los procedimientos y programas de seguridad del personal, disponibilidad y mantenimiento del equipo, observando las políticas y medidas de seguridad de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios que al respecto se le señalen.

8.7 Documentación y registros

Para registros y documentos referirse a lo indicado en la NOM-008-SECRE-1999, párrafos 5.12 y 5.13.

9. RESPONSABILIDADES

9.1 Del prestador de servicios.

9.1.1 Registrar, recibir, inspeccionar, almacenar y manejar los materiales y accesorios con el cuidado suficiente para asegurar su integridad y prevenirlos de daños, así como presentar para aprobación y conocimiento de la supervisión, los procedimientos de empaque, identificación, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje e instalación de los materiales que conforman el sistema de protección e informar a Petróleos Mexicanos.

9.1.2 Contar con personal especialista capacitado en evaluación, así mismo tener un responsable técnico con experiencia previa en trabajos similares, que se comprometa a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final, la aplicación de esta norma.

9.2 De Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

9.2.1 Vigilar la aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma.

9.2.2 Verificar el cumplimiento de esta norma, en la evaluación de materiales para la contratación de servicios que tengan por objeto suministrar, instalar o dar mantenimiento al sistema de protección catódica.

9.2.3 Verificar que los licitantes cuenten con personal técnico especializado y con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO GALVÁNICOS DE MAGNESIO</p>	<p>No. de Documento NRF-110-PEMEX-2003</p> <p>Rev.: 0</p> <p>PÁGINA 18 de 20</p>
--	---	---

9.2.4 Que se observe el cumplimiento de esta norma en el ámbito de competencia de Petróleos Mexicanos.

9.3 De los grupos de trabajo de normalización

9.3.1 Actualizar por lo menos cada 5 años la norma de referencia ó cuando sea requerido.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES

Esta norma concuerda parcialmente con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1999 "Control de la corrosión exterior en tuberías enterradas y/o sumergidas", Norma Mexicana NMX-K-109-1977 "Ánodos de magnesio empleados en protección catódica" y método ASTM G 97-97 "Evaluación y pruebas de laboratorio para ánodos de sacrificio de magnesio para usarse en sistemas enterrados" "Standard test method for laboratory evaluation of magnesium sacrificial anode test specimens for underground applications", NMX-Z-12-2-1987 "Muestreo para la inspección por atributos-Parte 2: métodos de muestreo, tablas y gráficas"

11. BIBLIOGRAFÍA

Especificación Pemex Exploración y Producción P. 3.413.01 "Instalación de sistemas de protección catódica".

Especificación Pemex Exploración y Producción P.3.301.01 "Embalaje y marcado de empaque para embarque de equipo y materiales".

"Mas allá de la herrumbre" Javier Ávila / Joan Genescá.

Manual de Ingeniería de Diseño; Sección V Ingeniería de Corrosión Pemex 1990.

Fundamentos de química analítica, 4ª Edición, Douglas A. Skoog; Donald M. West; F James Holler, Editorial Reverté.

Análisis Químico Cuantitativo, 2ª Edición, Daniel C. Harris, Editorial Reverté.

ASTM G 97-97, Standard test method for laboratory evaluation of magnesium sacrificial anode test specimens for underground applications, 1989.

IMP-3AA.16 Método de análisis químico para Absorción Atómica.



12. ANEXOS

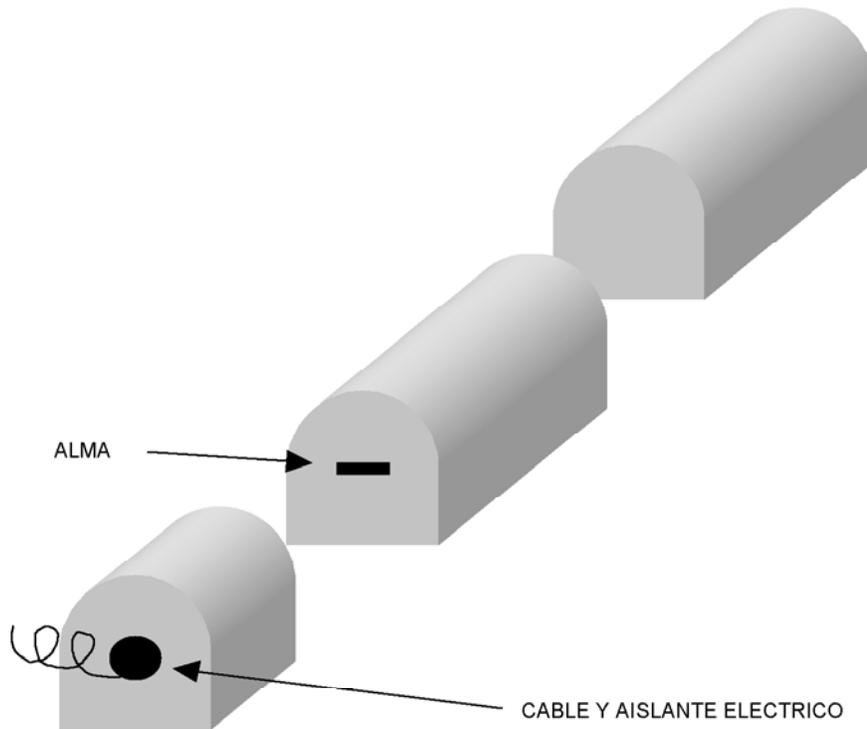


Figura N° 1

12.1 Anexo 1.- Corte del ánodo conforme con el estándar ASTM G 97-97.

(Esquemático-sin escala)



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

EVALUACIÓN DE ÁNODOS DE
SACRIFICIO GALVÁNICOS DE
MAGNESIO

No. de Documento
NRF-110-PEMEX-2003

Rev.: 0

PÁGINA 20 de 20

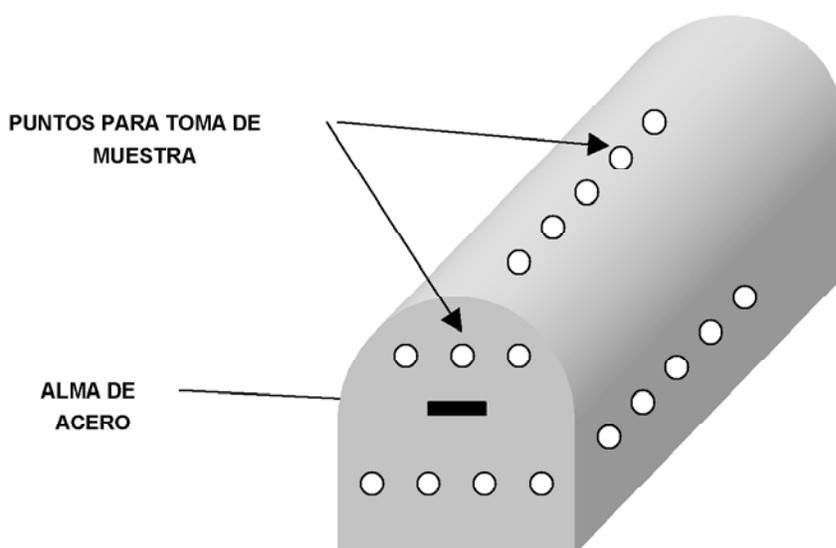


Figura N° 2

12.2 Anexo 2.- Sección ánodo, lugares de barrenación para la obtención de muestras.
(Esquemático-sin escala)