

PROTECCIÓN CATÓDICA

*MEDIANTE ANODOS DE SACRIFICIO Y
CORRIENTE IMPRESA PARA ESTRUCTURAS EN
SUELOS Y AMBIENTES MARINOS.*

Presentado Por:



www.tecnologiatotal.net

Preparado por:

Ing. Juan Carlos Pachón
NACE Certified Cathodic Protection Specialist

Contenido

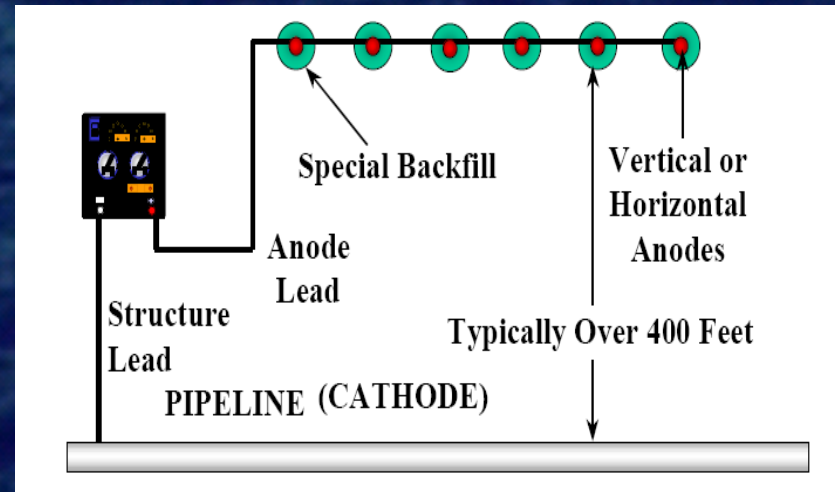
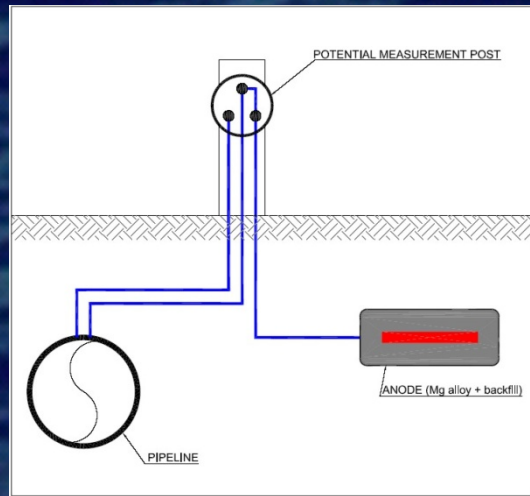
- 1. Concepto de protección anódica.***
- 2. Protección catódica con ánodos de sacrificio o galvánicos***
- 3. Protección catódica por corriente impresa.***
- 4. Criterio de Protección***

1. CONCEPTO DE PROTECCIÓN CATÓDICA

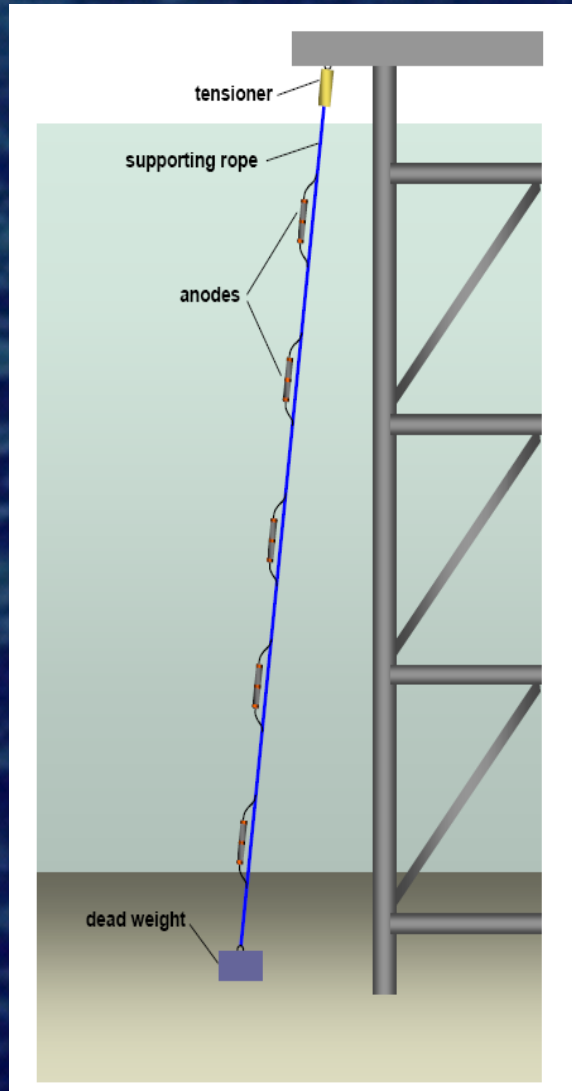
- Método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que, la superficie de este, funcione completamente como cátodo cuando se encuentra sumergido o enterrado en un electrolito

¿Cómo se protege una estructura?

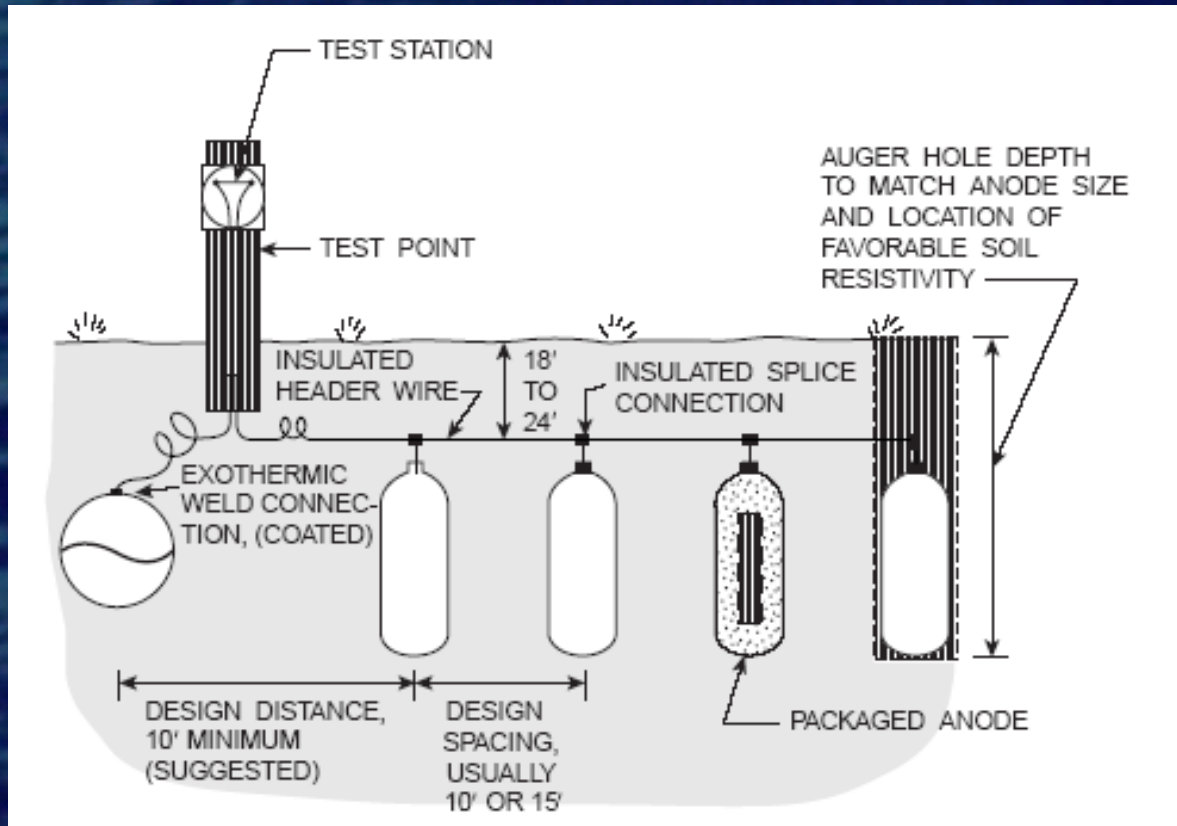
Haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante aplicación de corriente directa de una fuente DC externa o la unión con un material de sacrificio.



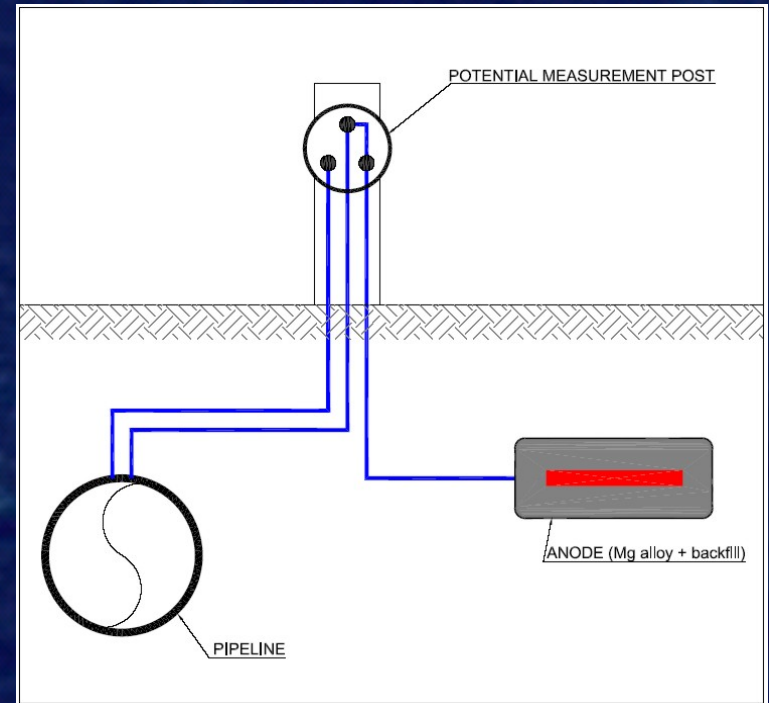
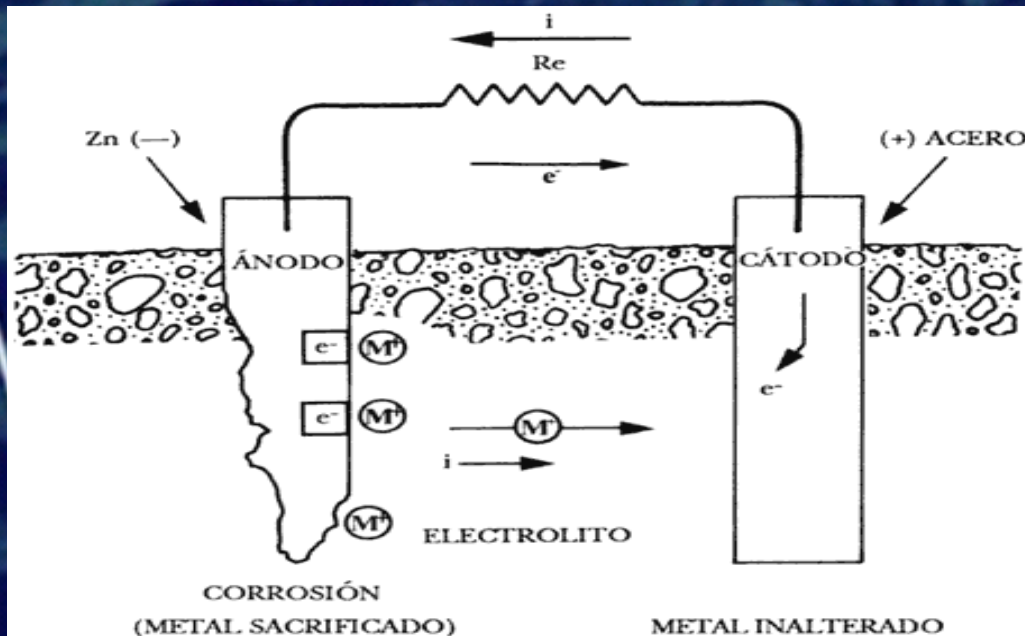
2. PROTECCIÓN CATÓDICA EN PLATAFORMAS O MUELLES



2. PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS DE SACRIFICIO O GALVÁNICOS



Mecanismo de Protección Catódica con Ánodo de Sacrificio



B. Tipos de Ánodos de Sacrificio.

- **Magnesio**
- **Zinc.**
- **Aluminio.**



Ánodos De Magnesio



Ánodos de Magnesio

- Tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación.
- Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica.
- Se utiliza en terrenos de baja resistividad con recubrimientos en mal estado e inclusive en terrenos de alta resistividad con recubrimientos que no demande demasiada corriente

Campo de Acción de los Ánodos de Magnesio

- No son recomendables para su utilización en agua de mar, ya que su elevada auto corrosión hace que los rendimientos sean muy bajos.
- Se usan en agua cuando la resistividad es mayor a 500 ohm-cm.
- Su mejor campo de aplicación es en medios de resistividad elevada (entre 5 000 y 20 000 ohm-cm).

<i>Material</i>	<i>Medio</i>	<i>Resistividad Ω-cm</i>
	Agua	
Al		hasta 150
Zn		hasta 500
Mg (-1.5V)		mayor de 500
	Suelo	
Zn con backfill		hasta 1 500
Mg (-1.5V) con backfill		hasta 4 000
Mg (-1.7V) con backfill		4 000-6 000



Campo de Acción de los Ánodos de Magnesio

- Se usan para proteger la mayoría de las estructuras metálicas enterradas, siendo esto su principal aplicación.
- Los Ánodos de Magnesio de Alto Potencial se caracterizan por un mayor voltaje de circuito abierto que los Ánodos de Magnesio Convencionales, por lo cual son utilizados en suelos con resistividades superiores de 2000 ohm - cm.
- Los Ánodos de Magnesio pueden ser entregados en forma descubierta o con un pre empaque el cual contiene un relleno de yeso, bentonita y sulfato que aumenta la eficiencia del Anodo.

Ánodos de Zinc



Ánodos de Zinc

- Alto rendimiento de corriente debido su potencial de disolución elevado.
- Es aconsejable que su empleo quede limitado a las resistividades inferiores a los 5000 ohm-cm.
- Cuidar su utilización en presencia de agua dulce a temperaturas arriba de 65°C, ya que en estas condiciones puede invertir su polaridad y hacerse catódico con relación al acero.

Ánodos de Zinc

- Se utiliza masivamente, sobre todo para la realización de la protección catódica en agua de mar.
- Entre sus impurezas, las más perjudiciales son el hierro (Fe) y el plomo (Pb). Se ha encontrado que porcentajes de hierro superiores al 0.01% causan la pérdida de actividad del ánodo

Ánodos de Zinc

APLICACIONES:

- Cascos de Embarcaciones Marinas
- Tanques de Lastre.
- Condensadores
- Verticales de Pozos
- Estructuras y Líneas Sumergidas
- Ambientes de aguas saladas y/o presencia de vegetación

Ánodos de Aluminio



Ánodos de Aluminio

- Por sus características electroquímicas, es el material idóneo para ser utilizado como ánodo de sacrificio, su empleo como tal es relativamente reciente.
- Una de las desventajas del aluminio es la formación de una película de óxido de aluminio (pasivación anódica) que lo hace muy resistente a la corrosión y por tanto al "sacrificio"

Ánodos de Aluminio

- Estos Ánodos suministran mayor eficiencia de corriente y menor consumo del Anodo que los Ánodos de Magnesio o de Zinc en áreas salinas acuosas, con lo cual se necesitan menos Ánodos para proteger una estructura dada.
- Cuando la conductividad del agua no es suficientemente alta se prefiere utilizar ánodos de zinc.

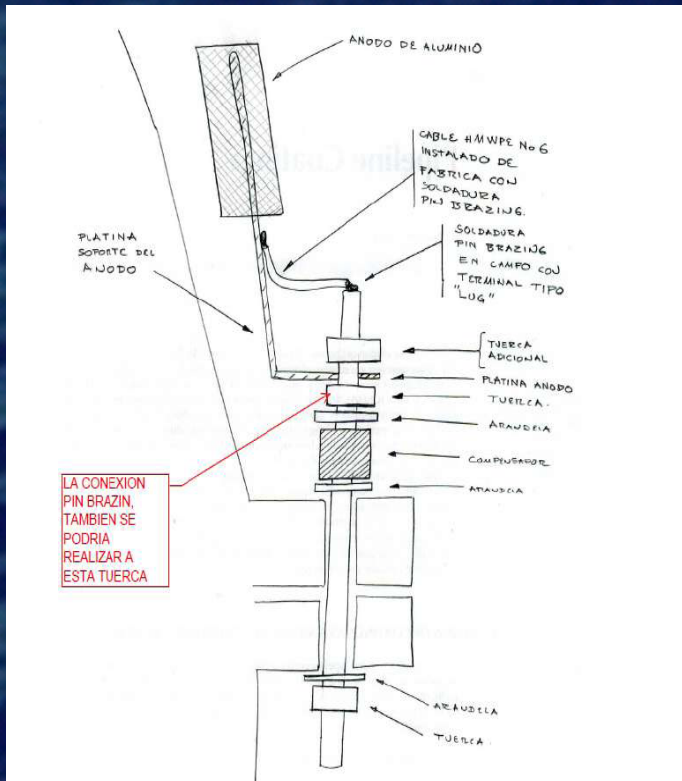
Ánodos de Aluminio

APLICACIÓN:

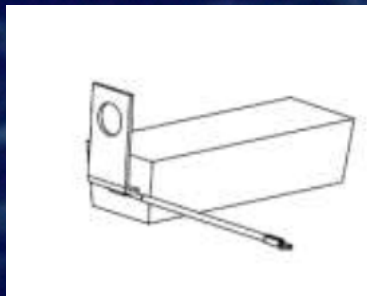
- Protección de Embarcaciones Marinas.
- Cascos de barcos.
- Muelles.
- Pilotes.
- Estructura en agua salada donde sus características hidrodinámicas deben ser tomadas en consideración.
- Los Ánodos de Aluminio son los más recomendables y económicos para la protección por corrosión en ambientes de aguas saladas donde las resistividades eléctricas son usualmente bajas.



Ánodos de Aluminio



Los núcleos de acero colocados dentro de cada Anodo permiten su conexión eléctrica y podrán ser suministrados con cables conectores de ser requerido por el cliente.



Ánodos de Aluminio

Element	Alloy I	Alloy III
Zn	0.35 - 0.50%	2.8 - 3.5%
Si	0.14 - 0.21% max	0.08 - 0.2% max
Hg	0.035 - 0.048%	---
In	---	0.01 - 0.02%
Cu	<0.01%	<0.01%
Fe	<0.12%	<0.12%
Al	remainder	remainder
Use	open seawater	seawater/mud
Nominal Potential	-1.05 V _{SSC/sea}	-1.10 V _{SSC/sea}
Efficiency	95%	85%
Capacity - sea	2830 A-h/kg (1280 A-h/lb)	2530 A-h/kg (1150 A-h/lb)
Consumption – sea rate	3.10 kg/A-y (6.83 lb/A-y)	3.46 kg/A-y (7.63 lb/A-y)
Capacity - mud	---	2180 A-h/kg (990 A-h/lb)
Consumption – mud rate	---	4.02 kg/A-y (8.87 lb/A-y)

Ánodos de Aluminio

CALCULO DE PESO DEL ANODO.

$$\text{Peso (Kg)} = \frac{(\text{Corriente (Amp)} \times \text{Vida de Diseño (años)} \times 8760 \text{ (hrs / año)})}{(\text{Capacidad de material (Amp-hrs/Kg)} \times \text{Factor de utilización})}$$

$$\text{Peso (Kg)} = \frac{(0.04836 \text{ (amperios)} \times 50 \text{ (años)} \times 8760 \text{ (hrs / año)})}{(2180 \text{ (Amp hrs/Kg)} \times 0.8)}$$

$$\text{Peso (Kg)} = 12.145 \text{ kg de Aluminio} \approx 12.0 \text{ Kg.}$$

D. Características electroquímicas del Zinc (Zn), Magnesio (Mg) y Aluminio

<i>Propiedades</i>	<i>Mg</i>	<i>Zn</i>	<i>Al</i>
peso atómico (g)	24.32	65.38	26.97
peso específico a 20°C, g/cm ³	1.74	7.14	2.70
punto fusión (°C)	651	419.4	660.1
resistividad eléctrica (Ω-cm)	4.46 10 ⁻⁶	6.0 10 ⁻⁶	2.62 10 ⁻⁶
valencia	2	2	3
equivalente-gramo	12.16	32.69	9.00
equivalente electroquímico (mg/C)	0.12601	0.3387	0.0931
capacidad eléctrica teórica (A-h/kg)	2204	820	2982
capacidad eléctrica teórica (A-h/dm ³)	3836	5855	8051
capacidad eléctrica práctica (A-h/kg)	1322	738	1491
rendimiento corriente (%)	60	90	50
consumo teórico (kg/A-año)	3.98	10.69	2.94
consumo teórico (dm ³ /A-año)	2.8	1.5	1.1
potencial normal a 25°C	-2.63	-1.05	-1.93

E. Intensidad De La Corriente Anódica.

- A partir de las **leyes de Faraday** se puede calcular la intensidad de corriente que es capaz de suministrar 1 Kg. de metal en su actuación anódica.
- La intensidad que es capaz de dar un metal en su actuación anódica es función de su forma geométrica; es decir, 1 Kg. de metal en forma cilíndrica suministrará una intensidad de corriente menor que si tiene forma de estrella

<i>Metal anódico</i>	<i>Capacidad corriente teórica (A-año/kg)</i>	<i>Rendimiento %</i>	<i>Factor utilización %</i>
Zinc (Zn)	0.094	90	85
Aluminio (Al)	0.340	90	85
Magnesio (Mg)	0.251	50	85

H. Ventajas y Limitaciones De La Protección Catódica Con Ánodos galvánicos.

Ventajas	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none">• Fácil de instalar.	<ul style="list-style-type: none">• Corriente suministrada limitada
<ul style="list-style-type: none">• No se necesita de una fuente de corriente continua ni de un regulador de voltaje	<ul style="list-style-type: none">• Ineficaz en ambientes de resistividad elevada
<ul style="list-style-type: none">• No provoca problemas de interferencia.	<ul style="list-style-type: none">• Costo inicial alto
<ul style="list-style-type: none">• Bajo costo de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Alto consumo de ánodos para estructuras enterradas mal revestidas y sin revestimiento en agua de mar.
<ul style="list-style-type: none">• Permite obtener una distribución de corriente uniforme.	
<ul style="list-style-type: none">• Se puede aumentar el número de ánodos, con el sistema en operación.	

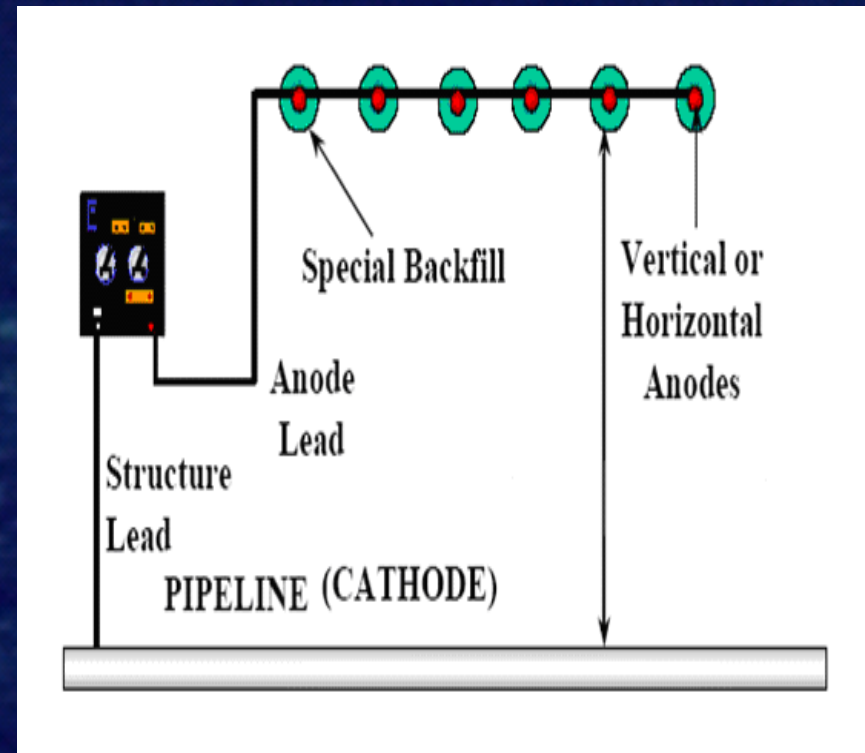
3. PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA.

- Los componentes básicos de un sistema de *Corriente Impresa* son: Cama Anódica, Fuente DC y cableado.
- La corriente es proveída por un rectificador u otra fuente de corriente DC- en lugar de hacerlo por la diferencia natural de potencial del ánodo a la estructura



Protección Catódica Por Corriente Impresa.

- La diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo es forzada por una cama anódica no-reactiva mediante la acción de la energía adicional del rectificador al forzar el flujo de electrones.

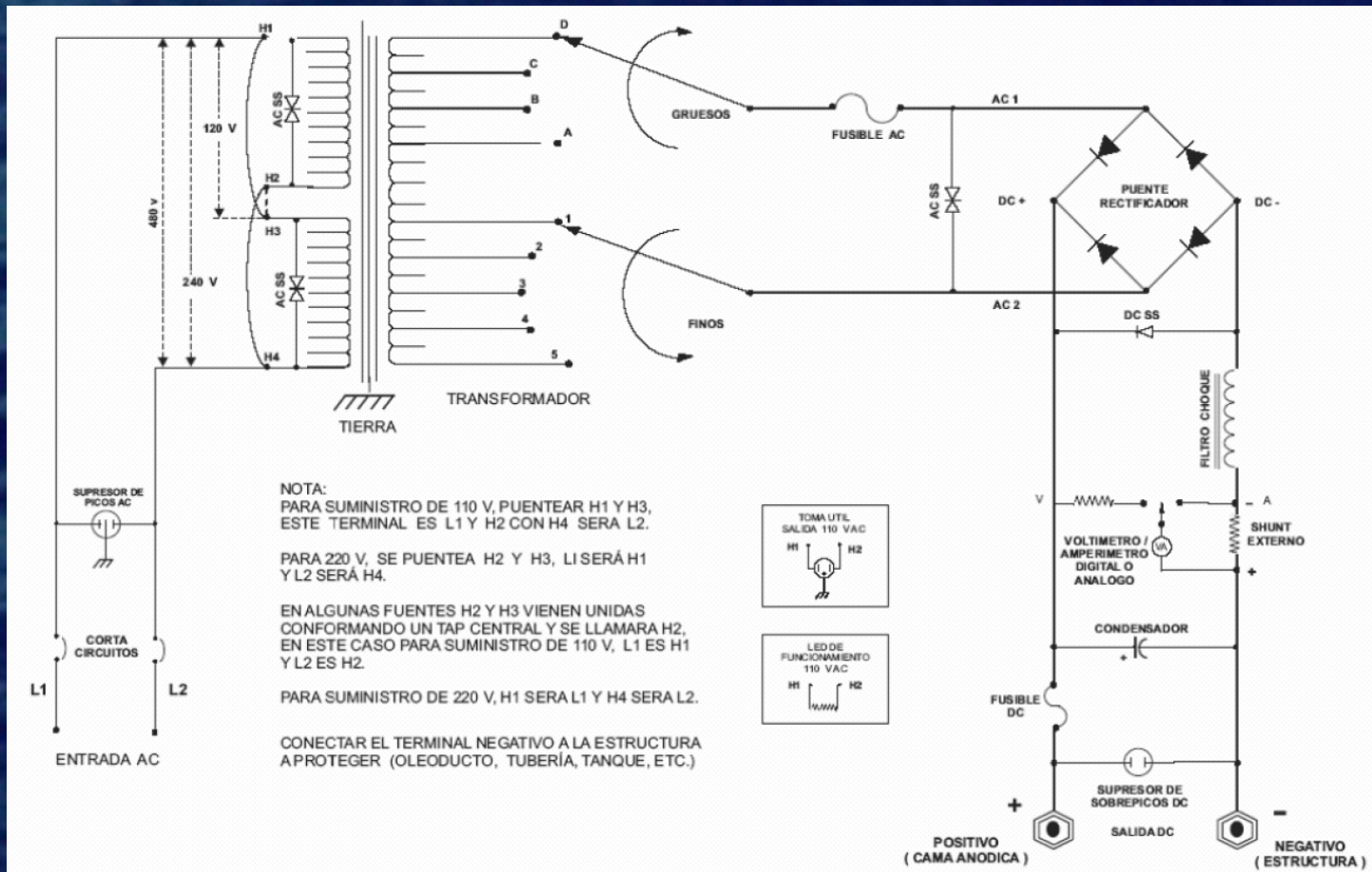


PC por CI

Fuentes De Corriente

- Un sistema de corriente impresa debe de poder funcionar de forma permanente al menos durante diez años o más.
- **Rectificadores:** Los aparatos que permiten el paso de la corriente en un solo sentido se conocen con el nombre de rectificadores.
- Estos aparatos se alimentan con corriente alterna. Si se trata de un rectificador monofásico, estará constituido por un transformador monofásico, alimentado en el primario a 110 o 220 V. La tensión de salida puede ajustarse según las necesidades.

Esquema de un Rectificador Monofásico.



Rectificadores



PC por CI

Fuentes De Corriente

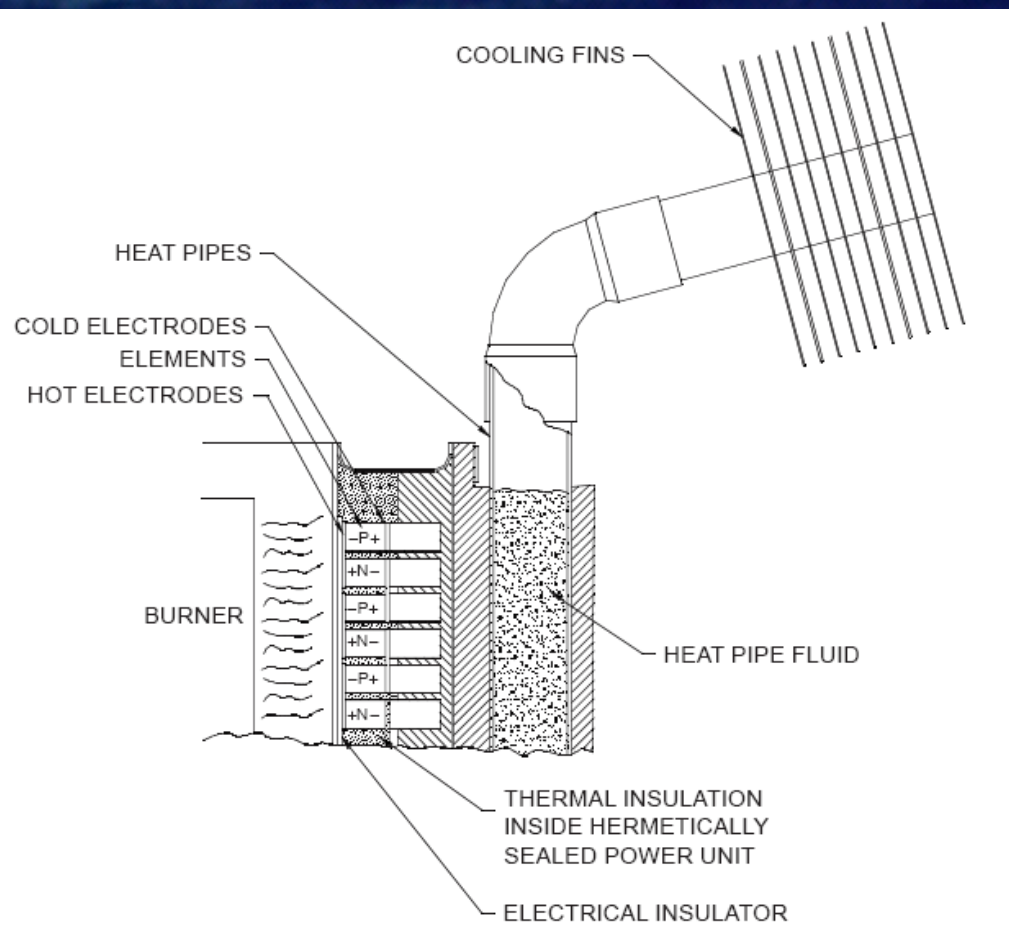
- **Termogeneradores:**
Principio de la termocupla.
Uso amplios en Medición de temperatura.
 - Convierten Calor en electricidad DC sin partes móviles.



PC por CI

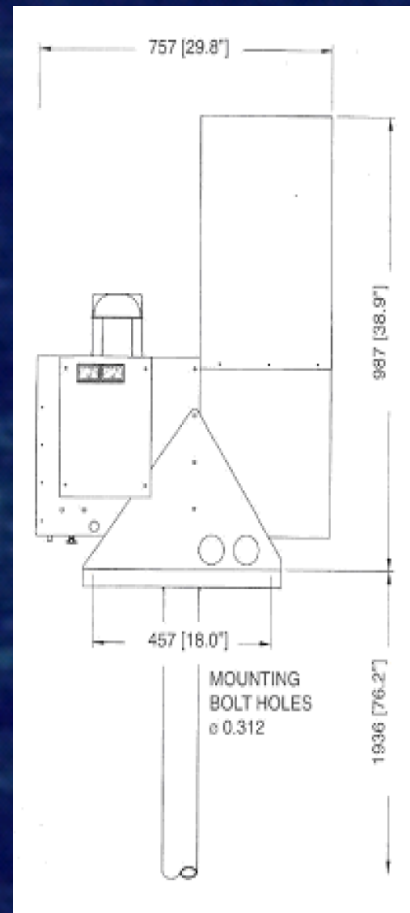
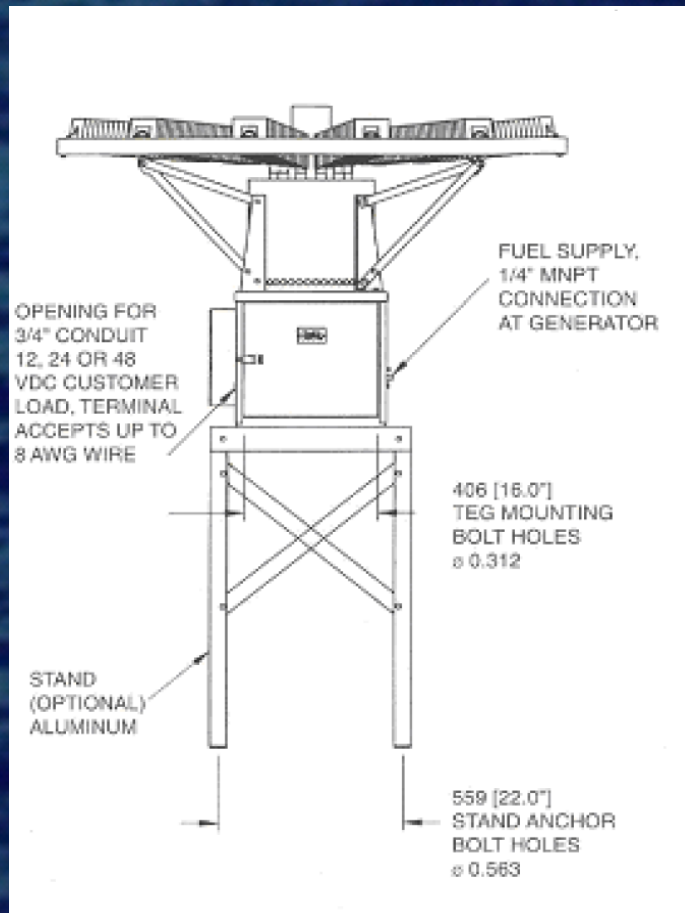
Fuentes de Corriente

- Termogeneradores:



PC por CI

Fuentes de Corriente



Termogeneradores

PC por CI

Fuentes De Corriente

Turbogeneradores:

Los conversores de energía son equivalentes a un turbogenerador de vapor de ciclo cerrado (CCVT)

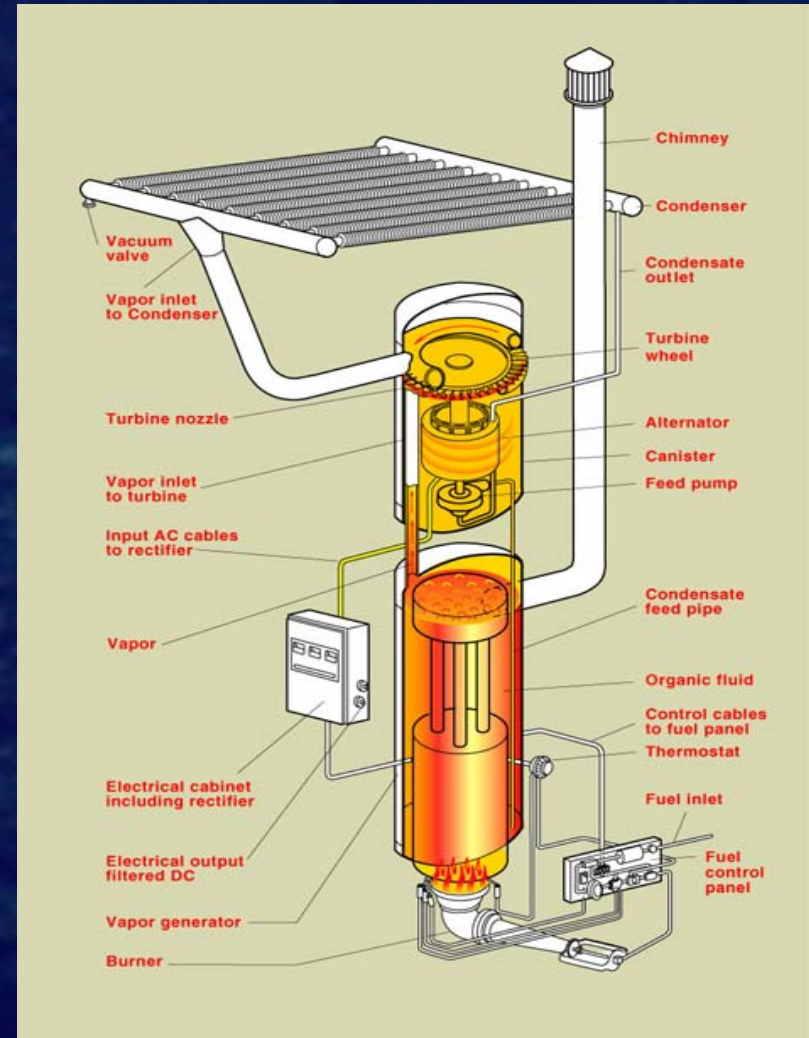


PC por CI

Fuentes De Corriente

Turbogeneradores

- Quemador
- Generador de Vapor.
- Gas
- Rueda de Turbina (Trifásica).
- Giro del eje que activa el alternador.
- Condensador.



PC por CI

Fuentes De Corriente

Paneles Solares

Principio de Efecto fotoeléctrico en el cual un material genera carga cuando la radiación electromagnética (luz solar) incide en la superficie del material.

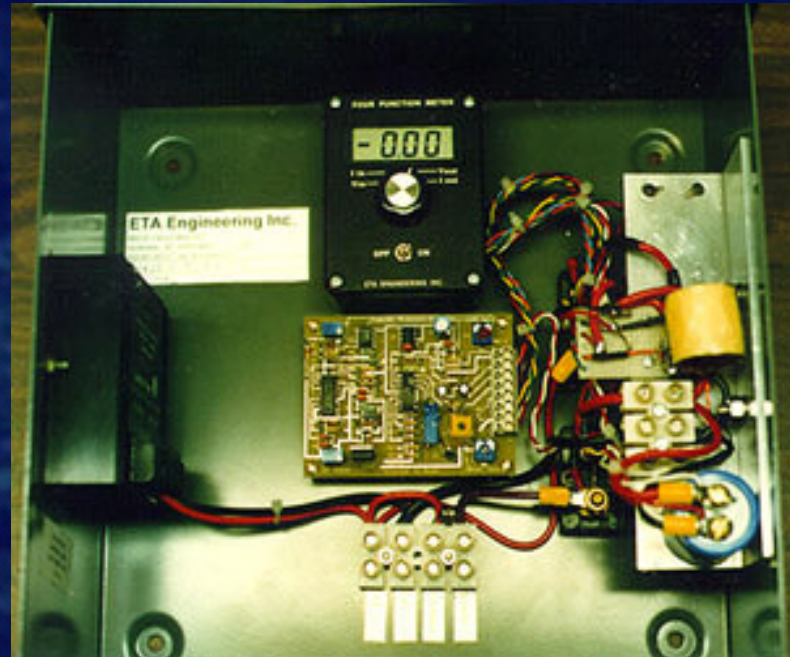


PC por CI

Fuentes De Corriente

- Modulo conversor de PC (Paneles Solares)

- Voltaje Constante.
- Corriente Constante.
- Potencial Constante.



PC por Corriente Impresa-Ánodos

- Estos ánodos van consumiéndose a mayor o menor velocidad con el paso de la corriente.
- Se escogen básicamente en función de sus prestaciones necesarias y del medio en que serán colocados.



CP por Corriente Impresa- Tipos de Ánodos

- ***Chatarra De Hierro.***
- ***Ferro Silicio.***
- ***Grafito.***
- ***Titanio Platinado.***
- ***Titanio-Óxido De Titanio y Óxido de Rutenio (MMO)***
- ***Polímeros Conductores.***

Tipos de Ánodos

- **Chatarra de hierro:**

- Por ser lo más económico, la chatarra de hierro es utilizada con frecuencia como ánodo auxiliar.
- Puede ser aconsejable la utilización de este tipo de ánodos en terrenos de resistividad elevada, y es recomendable también que se le rodee de un relleno artificial constituido por carbón de coque.

- **Ferro silicio:**

- El ánodo de ferro silicio es recomendable en terrenos de media y baja resistividad. Se coloca de forma horizontal o vertical, en el suelo, y normalmente rodeado de un relleno de carbón de coque.

Tipos de Ánodos

- **Grafito:**

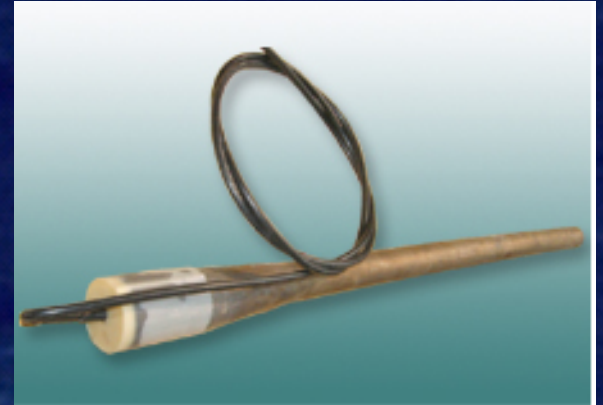
- El grafito puede utilizarse principalmente en terrenos de resistividad media, con un relleno de grafito o de carbón de coque
- Es frágil, por lo que su transporte y embalaje debe ser cuidadoso.
- El grafito ofrece un excelente desempeño en terrenos con alto contenido de cloruros

- **Titanio platinado:**

- Es un ánodo especialmente indicado para instalaciones en mar, aunque también es perfectamente utilizable en aguas dulces o incluso en suelos.
- Su característica más relevante es que su desgaste es apenas perceptible.


Tipos de Ánodos


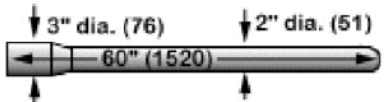
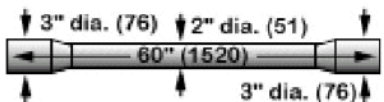
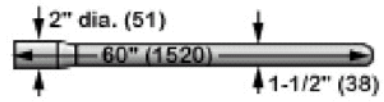
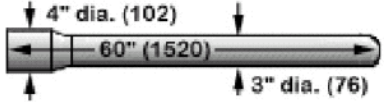
- **Ferrosilicio.**
- El ánodo de ferro silicio es recomendable en terrenos de media y baja resistividad.
- Menos de 1 A. Vida Ilimitada.
- Capacidad de 5 a 15 A / ánodo.
- Resistentes a cloruros.
- Consumo de 0.1 -0.3 kg / Amp. Año.



Tipos de Ánodos

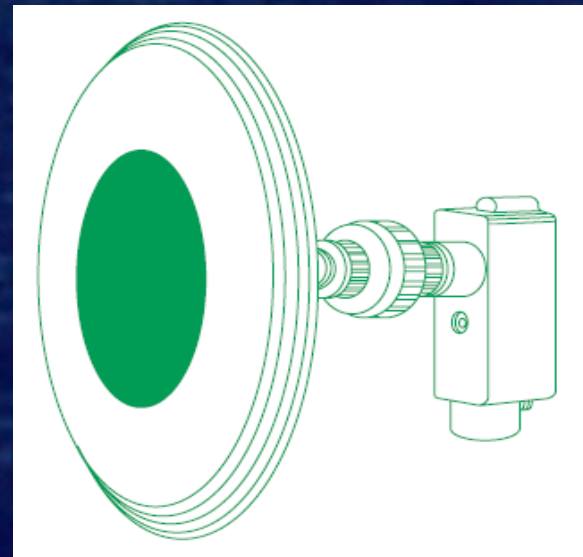
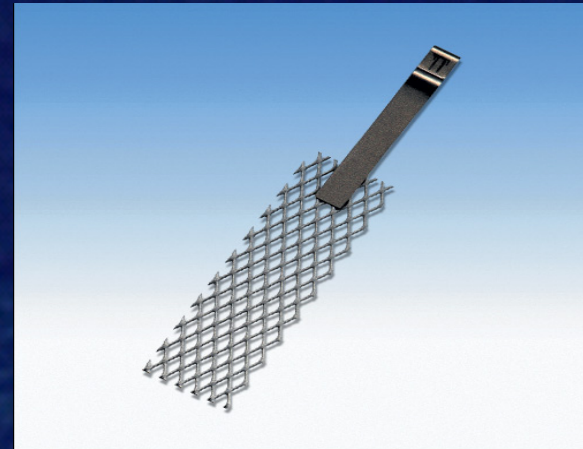
- Ferrosilicio.



Anotec Type	Nominal Dimensions Inches (mm)	Nominal Weight lb.(kg.)	Nominal Area sq. ft.(m ²)	Shipping Information		
				Anodes per crate	Gross Weight	
					Lbs	Kgs
SHA		43 (20 kg)	2.6 (.24)	50	2280	1034
EHA		44 (20 kg)	2.6 (.24)	50	2355	1068
EHM		60 (27 kg)	2.7 (.25)	45	2830	1284
EHK		26 (12 kg)	2.0 (.19)	70	1950	885
EHR		110 (50 kg)	2.0 (.37)	24	2770	1256

Tipos de Ánodos

- Titanio Platinado / MMO
- Agua de mar, Lodo.
- D e s g a s t e imperceptible.
- En agua de mar no pasar la tensión de 12 voltios.
- En agua dulce sin cloruros hasta 40-50 vóltios.
- Espesores de 2.5 – 5 micras.
- 2.5 micras = 10 años.
- 5.0 micras = 20 años.

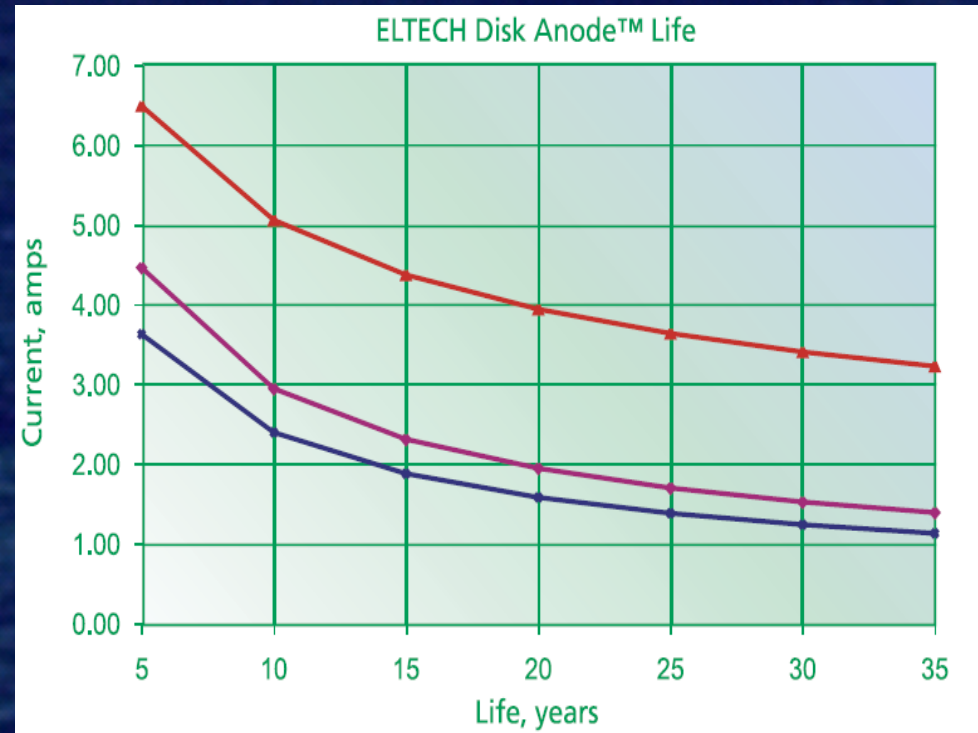


Tipos de Ánodos

- Titanio Platinado

Existen diversos tipos:

- Titanio Platinado.
- Niobio Platinado.
- Tantaló Platinado.
- Zirconio Platinado.
- Niobio Platinado.

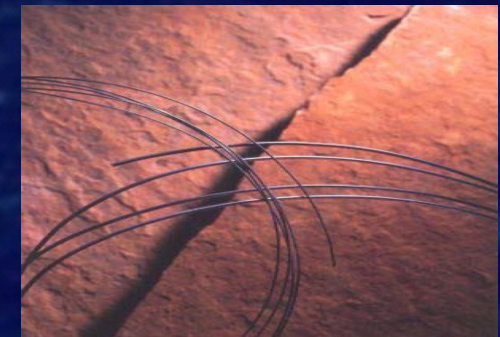


Current Outputs

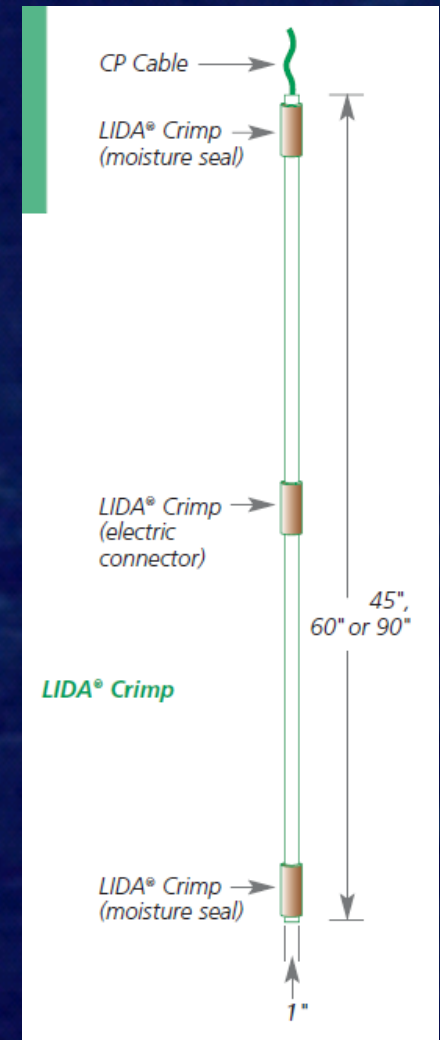
	Freshwater	Brackish Water	Sea Water
20 Years	1.6 amps	1.9 amps	3.9 amps
15 Years	1.9	2.3	4.4
10 Years	2.4	2.9	5.1

Tipos de Ánodos

- **Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)**
- Están constituidos por una combinación de óxidos de titanio y de rutenio, que se adhieren a un soporte de titanio, mientras se controla el proceso a alta temperatura (700° C)
- Su máxima capacidad de corriente (1100 A/m²) lo coloca a la altura de los ánodos de titanio platinado, y su costo es, aproximadamente, 20% menor.
- Son extremadamente resistentes a ataques ácidos, inclusive en pH menores de uno .



Tipos de Ánodos



Tipos de Ánodos

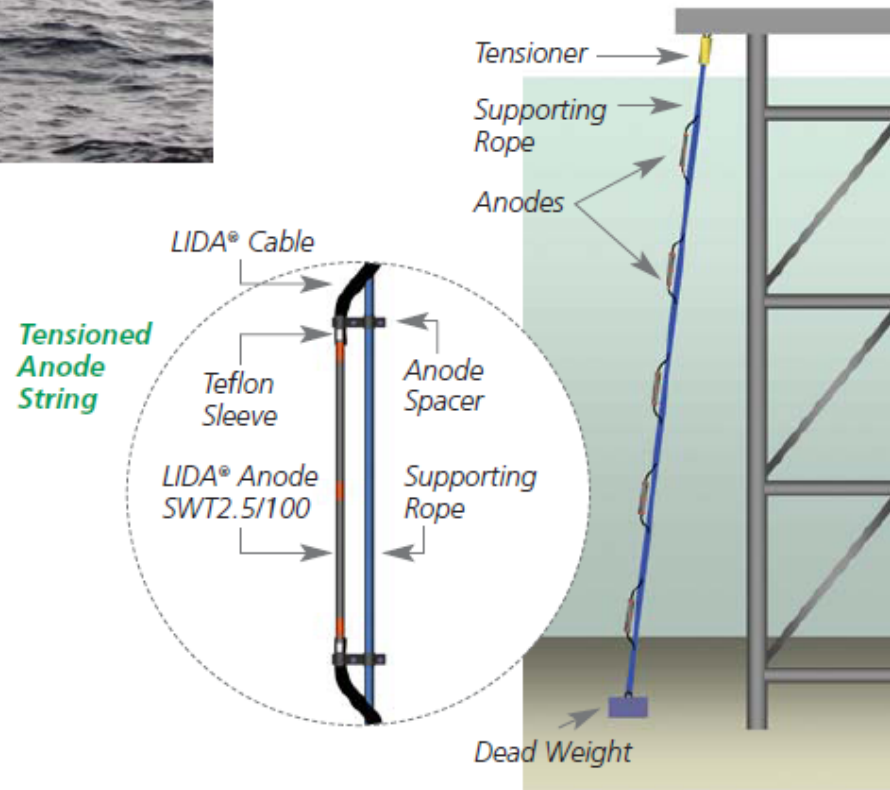
Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

Platform



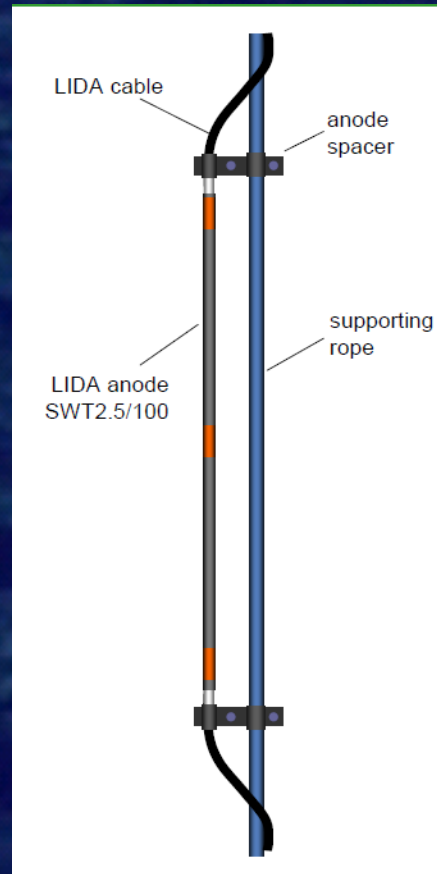
TSA™ Anode

Tensioned Anode String
Installed on a Steel Jacket



Tipos de Ánodos

- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)



Tipos de Ánodos

Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

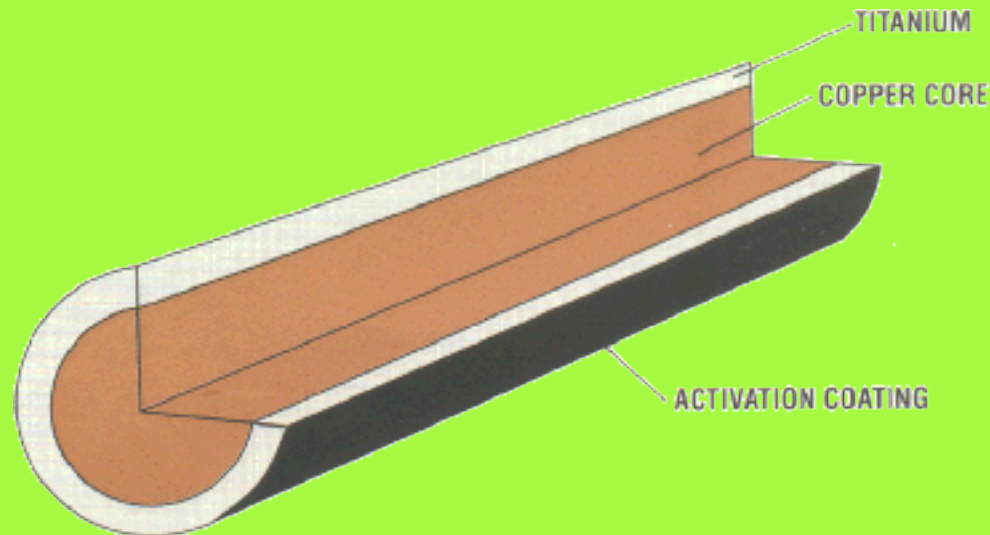
TENSIONED STRING:

This consists of one or more tensioned supporting ropes, which serve as a mechanical support to the anode cable and LIDA® tubular anodes.

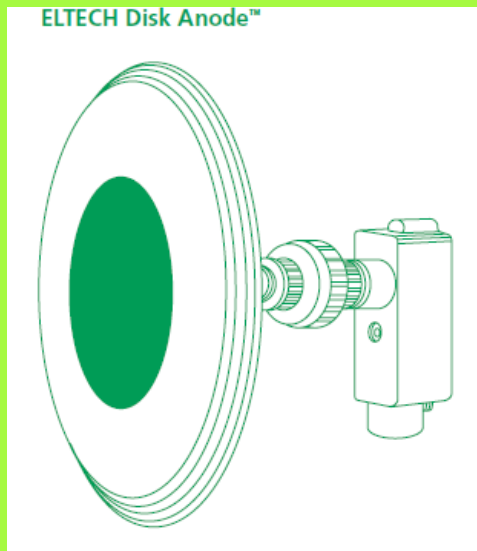


Tipos de Ánodos

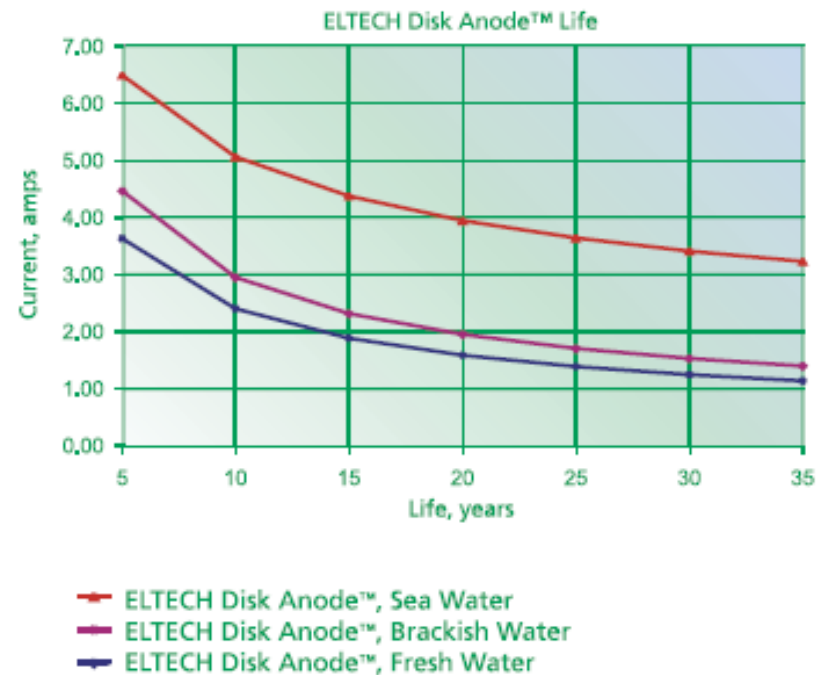
- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)
- Los de tipo malla tiene corazón de cobre para mejorar conductividad.



Tipos de Ánodos



*Maximum Current for the
ELTECH Disk Anode™ (life in years)*

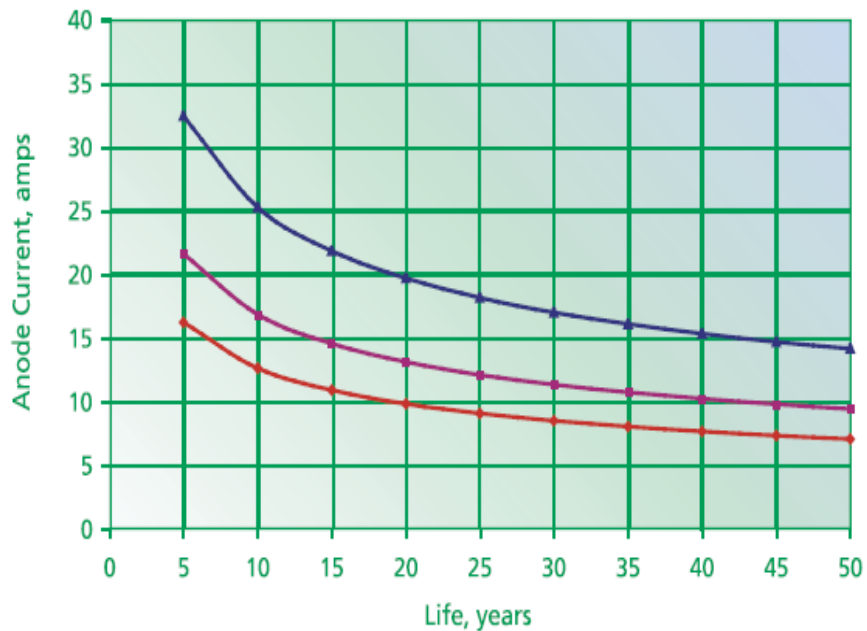


Tipos de Ánodos

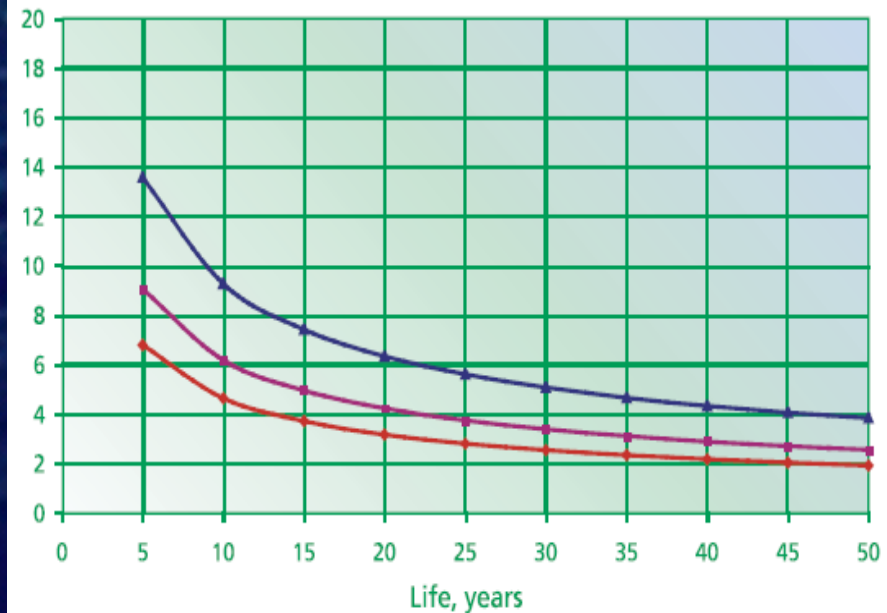
- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

— LIDA One 1 x 45"
— LIDA One 1 x 60"
— LIDA One 1 x 90"

LIDA® One Anode Life in Sea Water



LIDA® One Anode Life in Coke

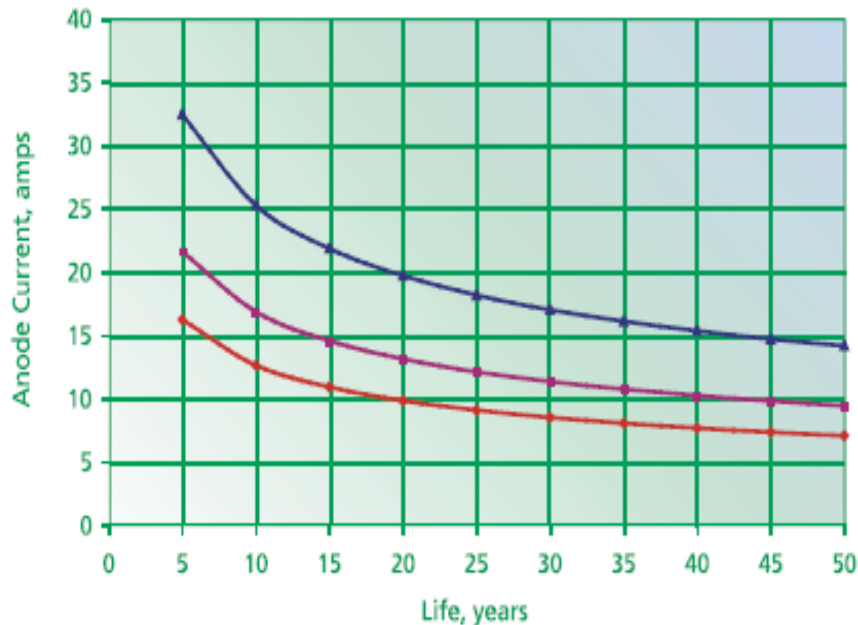


Tipos de Ánodos

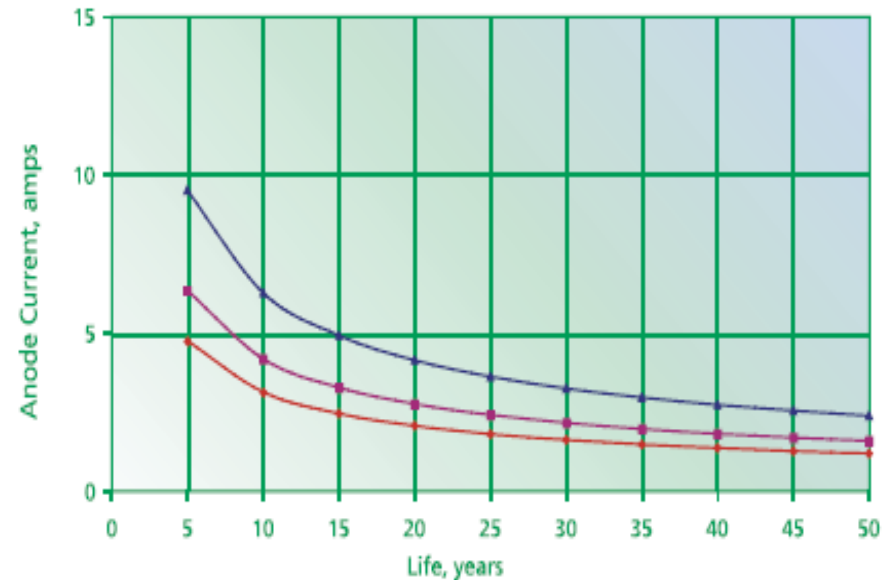
- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

— LIDA One 1 x 45"
— LIDA One 1 x 60"
— LIDA One 1 x 90"

LIDA® One Anode Life in Sea Water



LIDA® One Anode Life in Mud

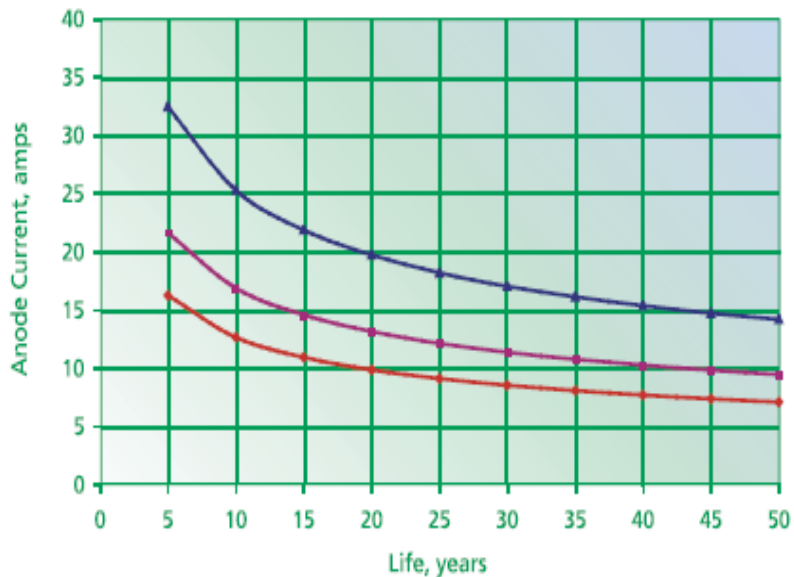


Tipos de Ánodos

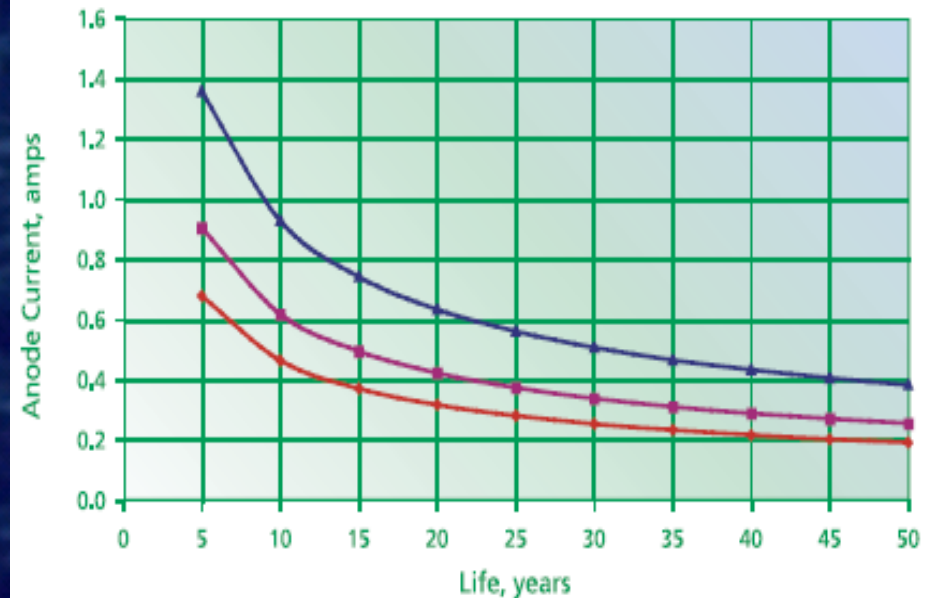
- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

— LIDA One 1 x 45"
— LIDA One 1 x 60"
— LIDA One 1 x 90"

LIDA® One Anode Life in Sea Water



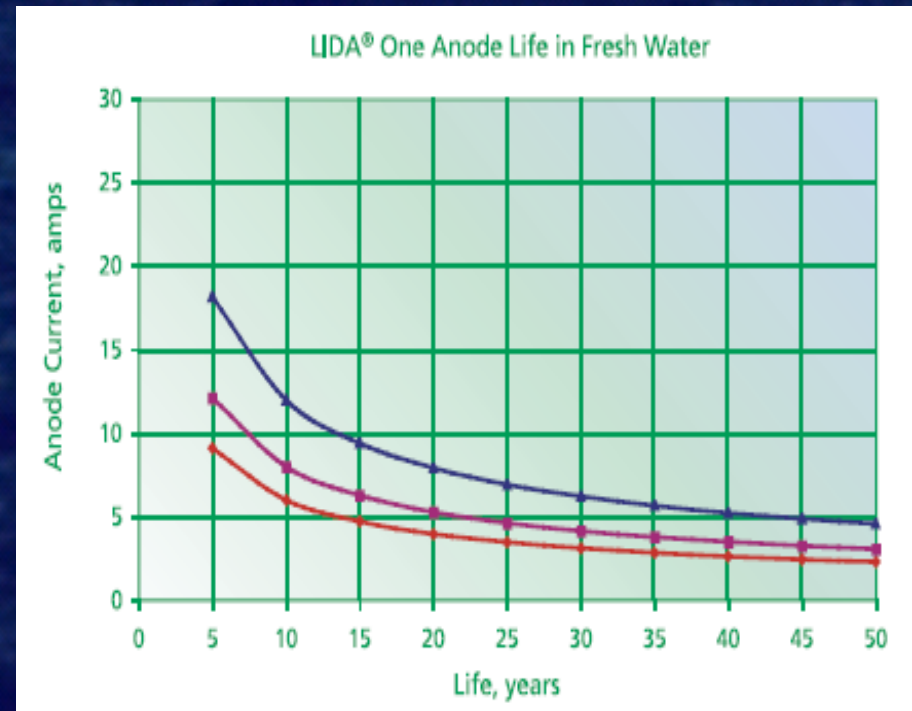
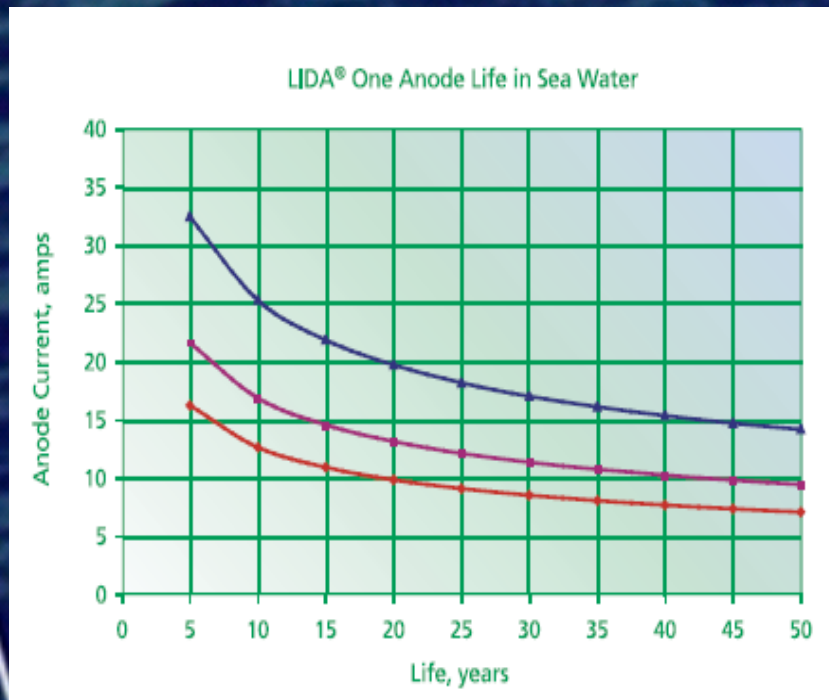
LIDA® One Anode Life in Sand



Tipos de Ánodos

- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

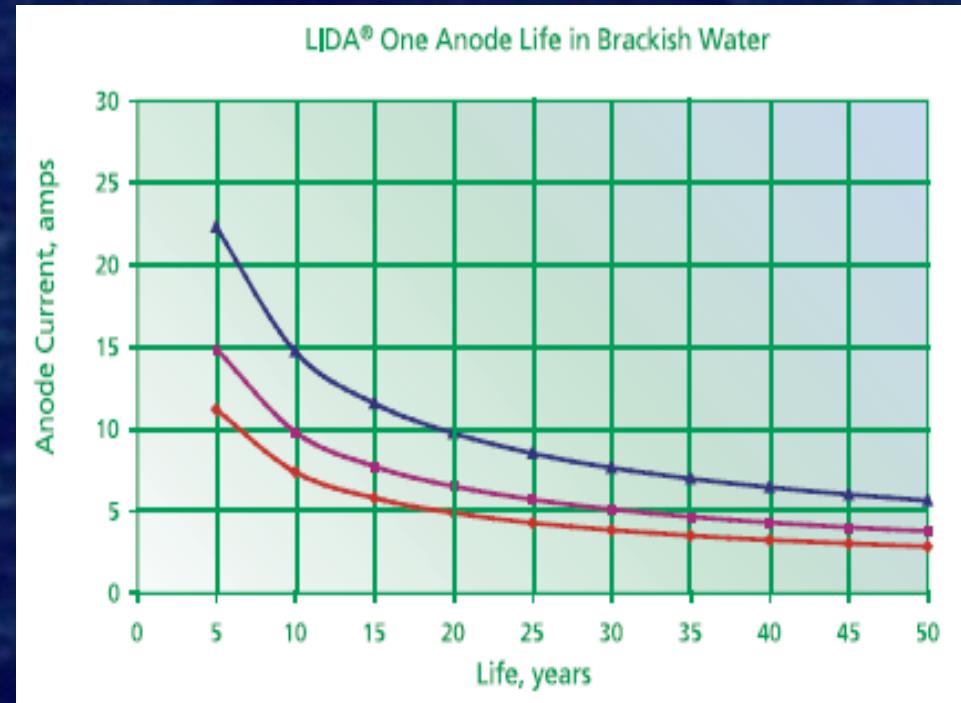
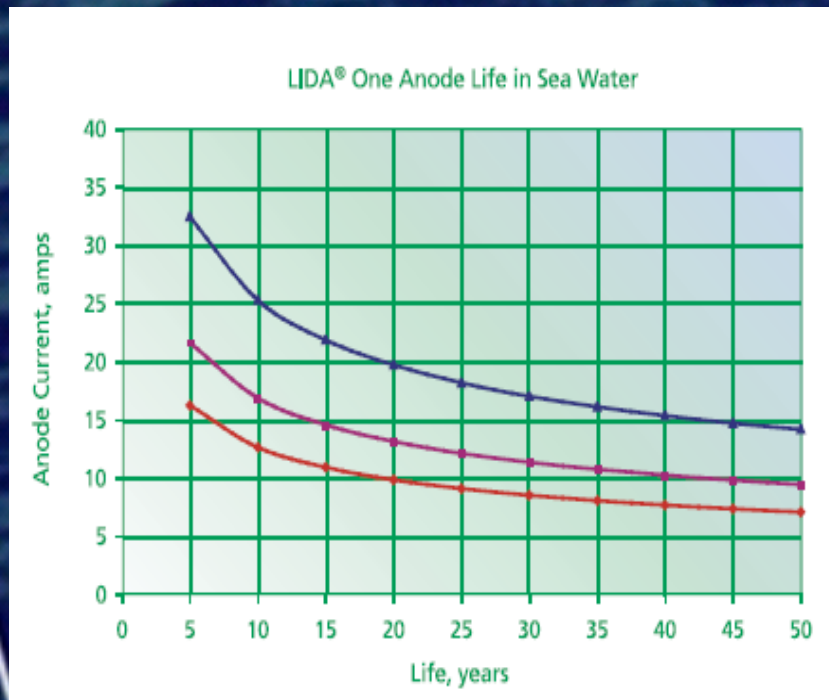
— LIDA One 1 x 45"
— LIDA One 1 x 60"
— LIDA One 1 x 90"



Tipos de Ánodos

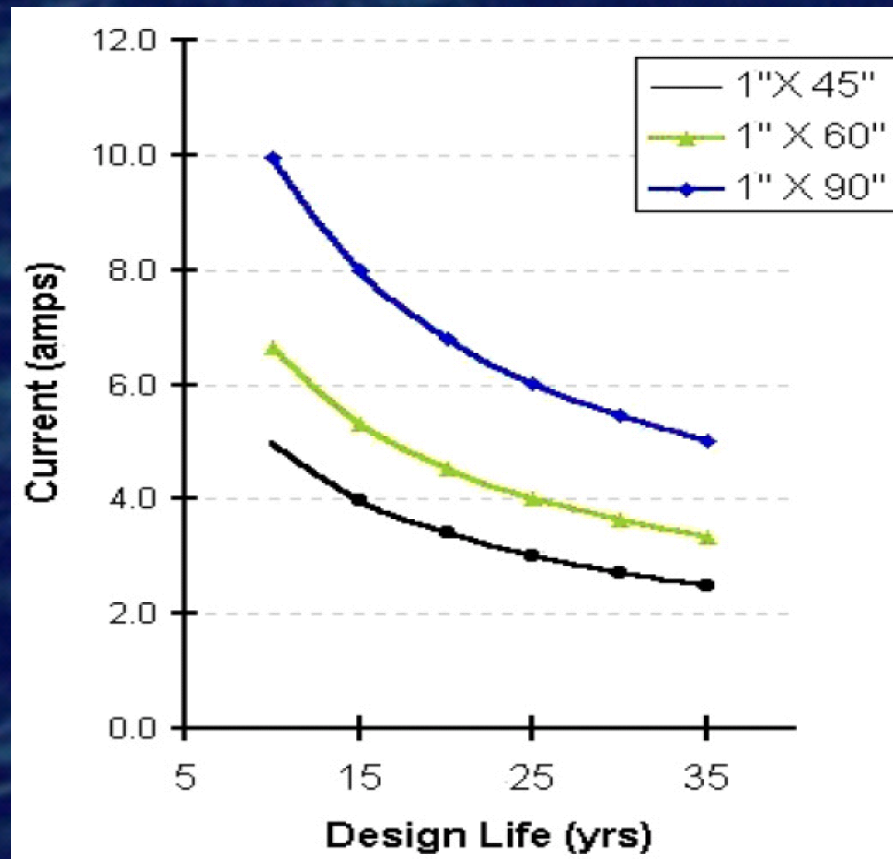
- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)

— LIDA One 1 x 45"
— LIDA One 1 x 60"
— LIDA One 1 x 90"



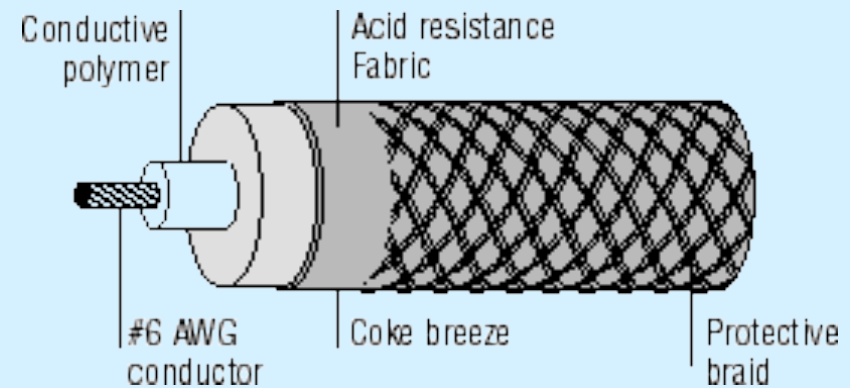
Tipos de Ánodos

- Titanio-óxido de titanio y óxido de rutenio (MMO)



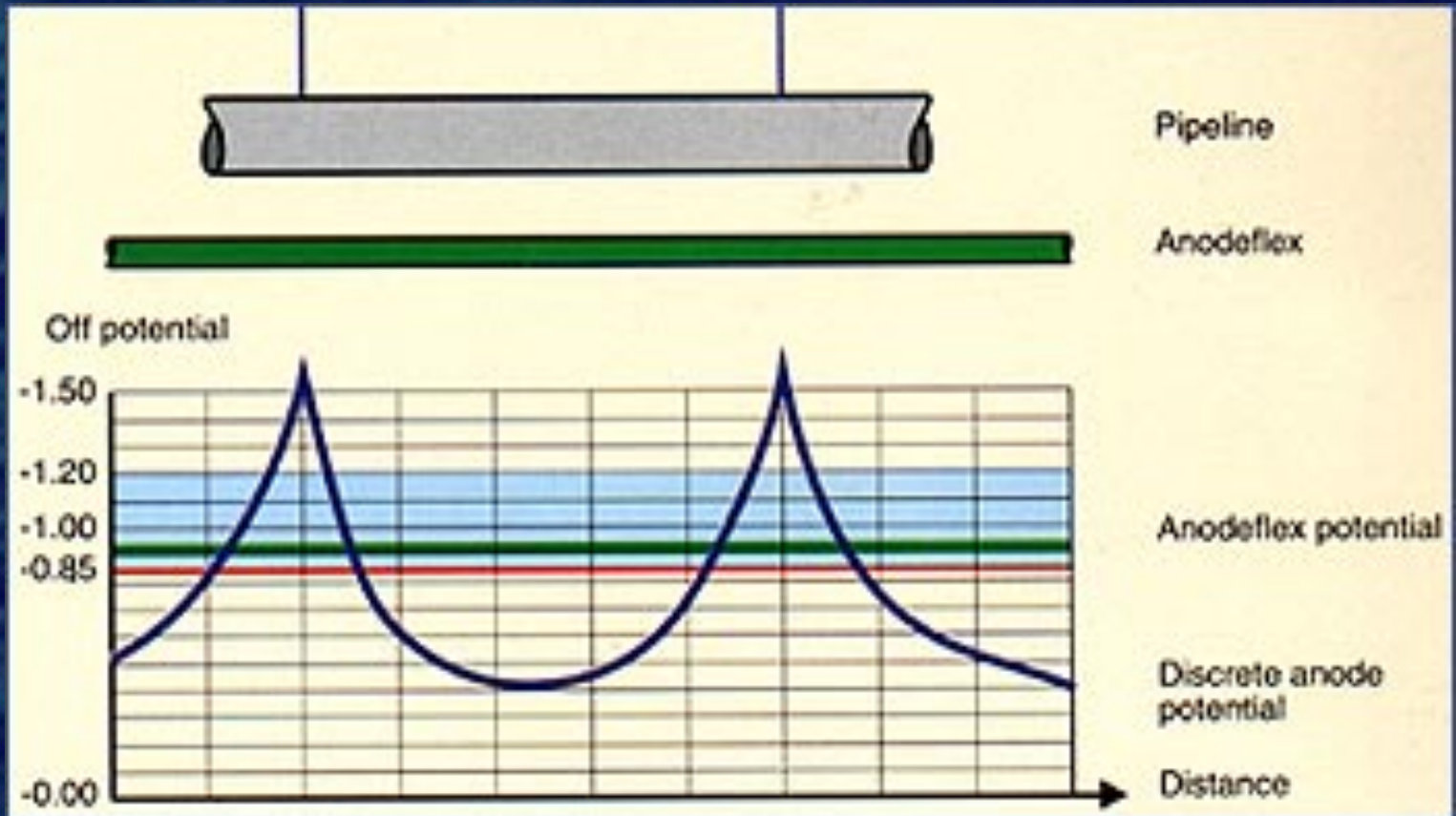
Tipos de Ánodos

- P o l í m e r o s
conductores
- Extrusión de un recubrimiento polimérico semiconductor sobre un alambre de cobre AWG No 6. El material del ánodo activo consiste en una matriz polimérica cargada de un carbón conductivo



Tipos de Ánodos

- Polímeros conductores



CP por Corriente Impresa-Backfill (Relleno)

- Sirve principalmente para dos propósitos :
 - Incrementar el tamaño efectivo del ánodo para obtener una resistencia a tierra menor,
 - Disminuir la tasa de consumo del ánodo ya que la corriente descargada se transmite a través del backfill y no directamente a través de ánodo.

CP por Corriente Impresa- Backfill (Relleno)

Producto	Coque Metalúrgico	Coque Petróleo Calcinado
Carbono	82-88%	>99%
Ceniza	8-14.5 %	<0.41%
Humedad	6-10 %	<0.05%
Sulfuros	0.65%	0%
Material Volatil	3%	0%
Densidad (lb/ft3)	46-50	60 – 74
Tamaño Partícula (mm)	1.0-4.0	0.1 – 2.0
Resistividad (ohm-cm)	40-50	< 10

Ventajas y Limitaciones de la Corriente Impresa

Ventajas	Limitaciones
Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente.	Puede causar problemas de interferencia.
Un solo ánodo o lecho anódico puede suministrar gran cantidad de corriente.	Requiere de una inspección periódica de mantenimiento.
Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes.	Requiere de una fuente de corriente continua.
El potencial y la corriente se pueden ajustar.	Posibilidad de aplicación de sobre-protección con daños al recubrimiento y problemas de fragilización por la acción del hidrógeno.
Se puede utilizar en ambientes de resistividad elevada.	Conexiones y cables sujetos a rupturas.
Eficaz para proteger estructuras revestidas o no.	Costo inicial elevado.

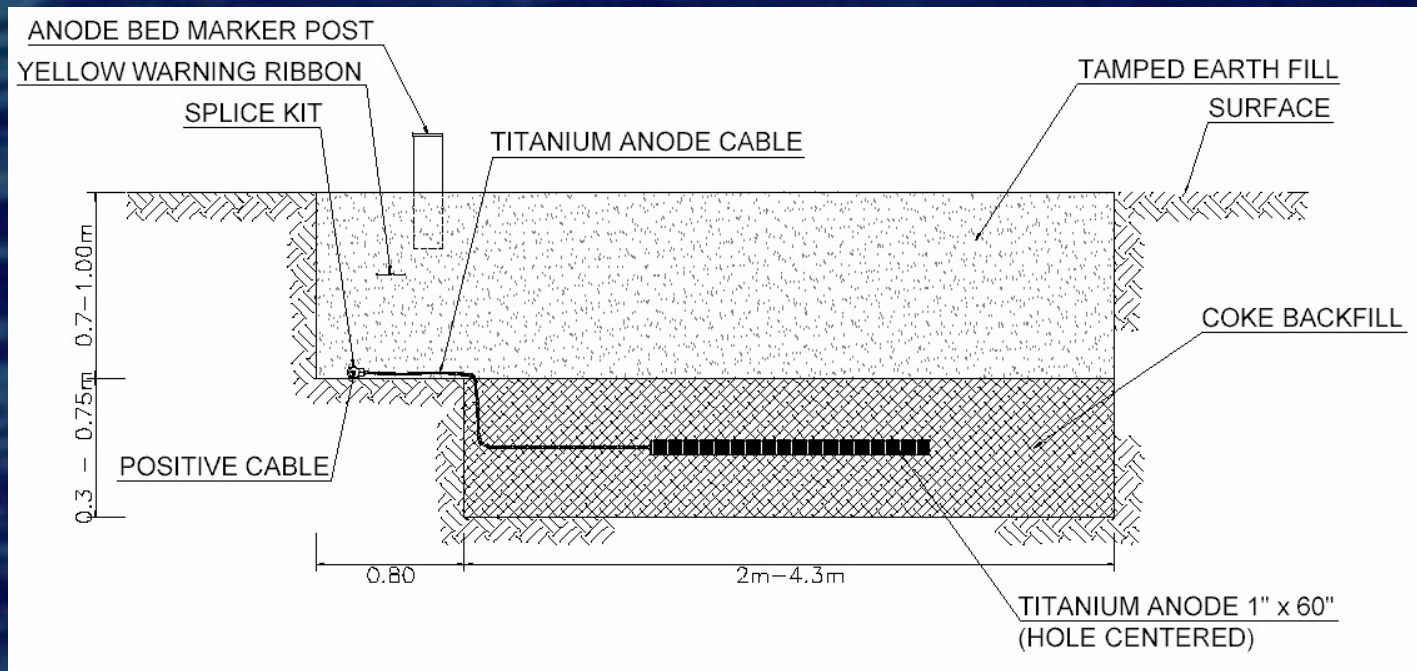
CP por Corriente Impresa-

Tipos de Camas

- Se tienen:
 - Camas superficiales horizontales (Ánodos enterrados a menos de 5 m de la superficie)
 - Camas superficiales verticales. (Ánodos enterrados a menos de 5 m de la superficie)
 - Camas superficiales horizontales de lecho continuo.
 - Camas semi profundas, horizontales o verticales de lecho continuo. (Ánodos enterrados entre 5 y 12 m de la superficie)
 - Camas profundas. (Ánodos enterrados a más de 12 m de la superficie)

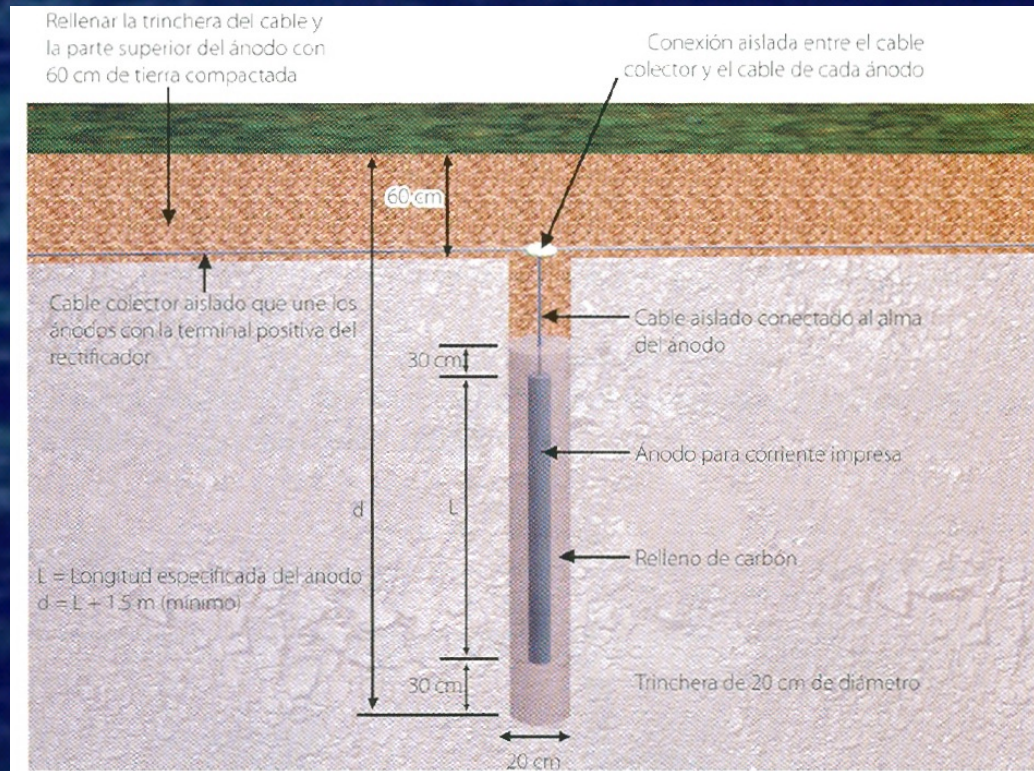
CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas

Camas superficiales horizontales



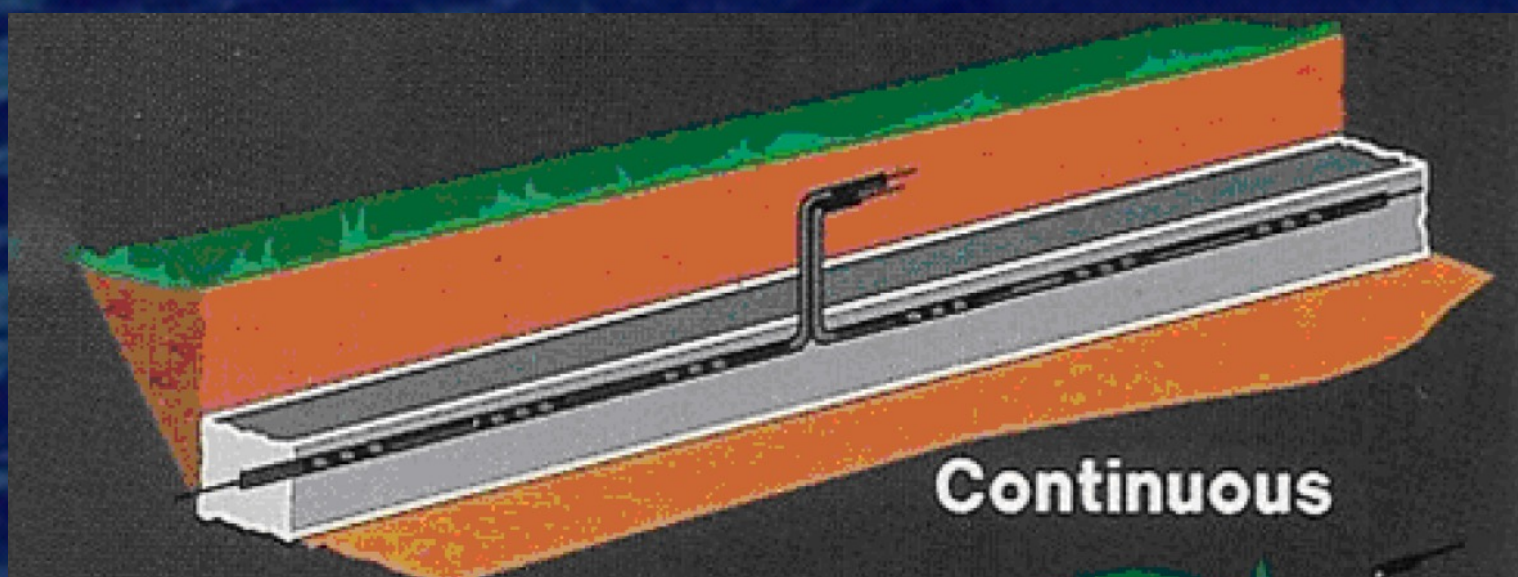
CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas

Camas superficiales verticales.



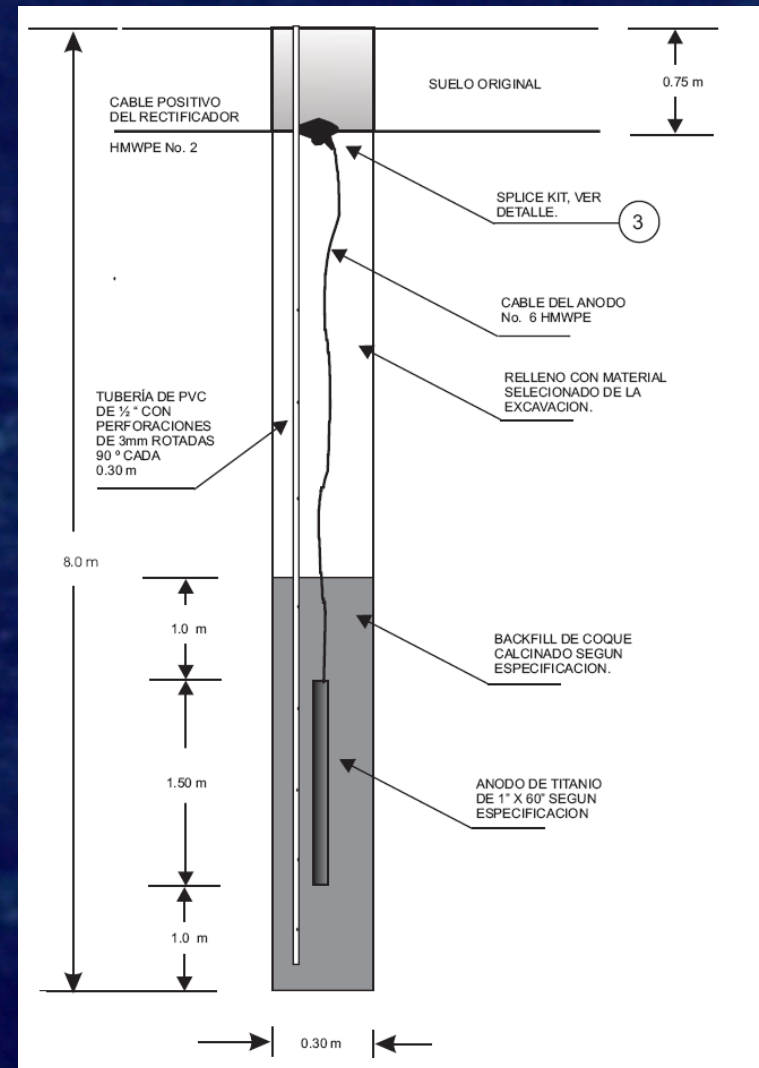
CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas

Camas superficiales horizontales de lecho continuo.

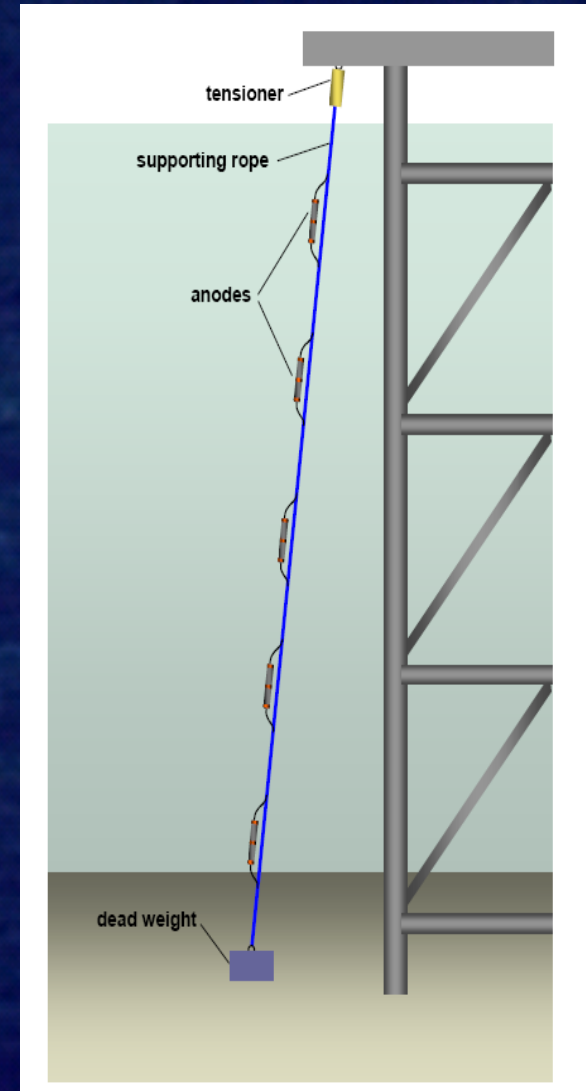
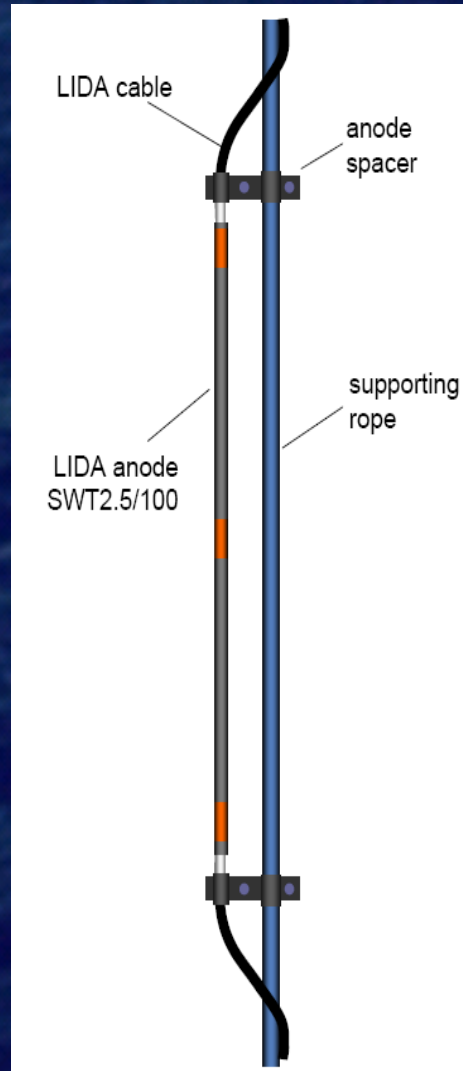


CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas

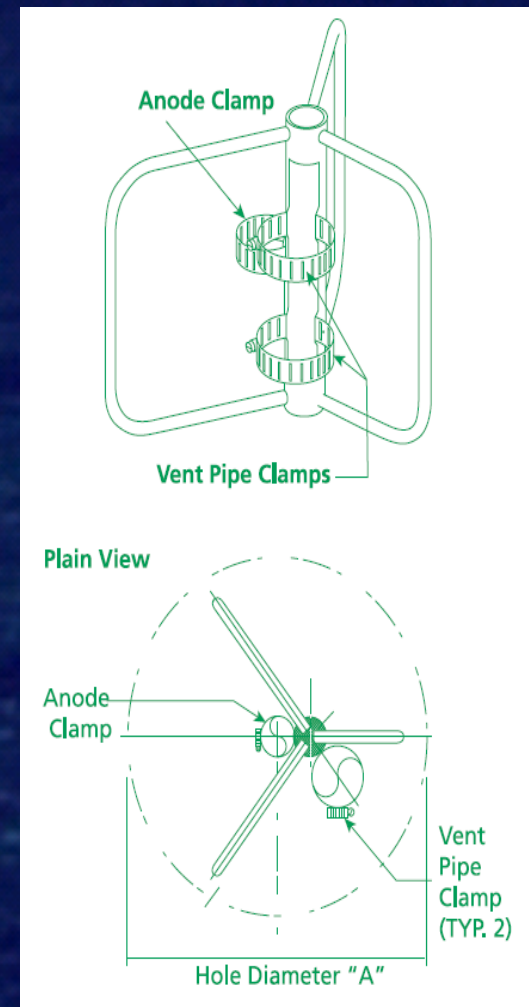
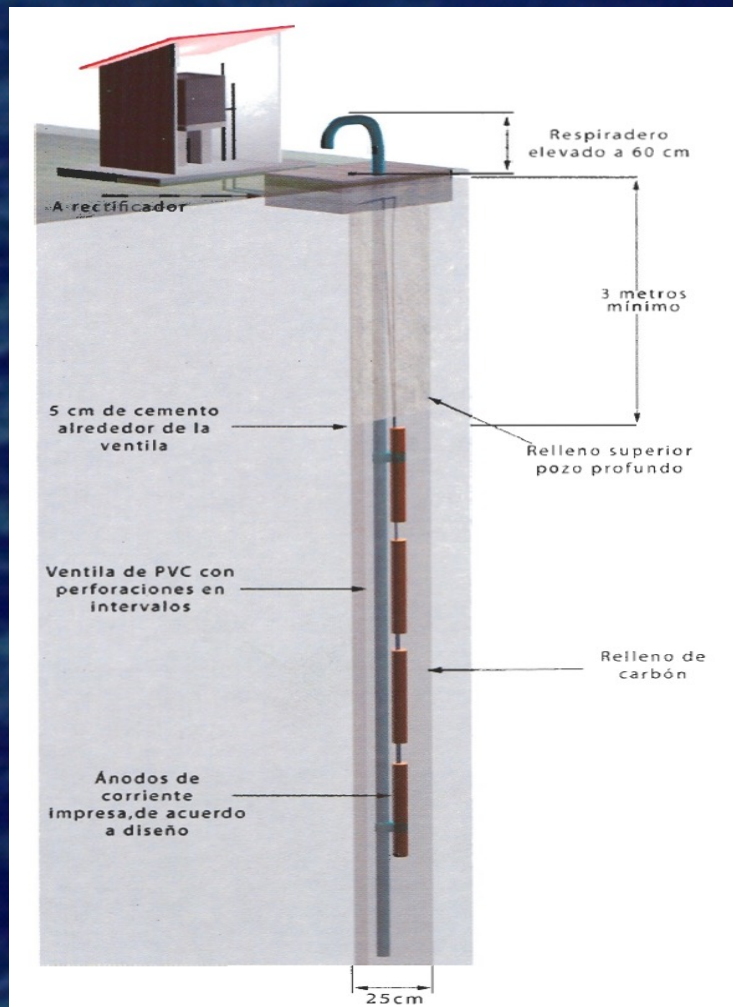
- Camas semi profundas, horizontales o verticales de lecho continuo. (Ánodos enterrados entre 5 y 12 m de la superficie)



CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas



CP por Corriente Impresa- Tipos de Camas



CP por Corriente

Impresa- Cable

- El Código Eléctrico de los Estados Unidos (NFPA-70) American Wire Gage (AWG), estima conductores aislados de cobre permisibles y con una capacidad en amperaje basados en los aumentos de temperatura y caídas de voltaje aceptables en el sistema de energía.
- La siguiente tabla indica los amperajes máximos recomendados para los cables de corriente directa, basada en una carga nominal de 2,000 milipulgadas circulares de cobre por amperio.

TAMAÑO DEL CABLE AWG	AMPERAJE MAXIMO RECOMENDADO (A)	Ohm/ 1,000 m. de Cable, 20° C.
8	8	2.1391
6	13	1.3484
4	20	0.8465
2	30	0.5315
1	40	0.4232
1/0	55	0.3346
2/0	65	0.2657
3/0	85	0.2064
4/0	105	0.1673

HMWPE (High Molecular Weight Polyethylene)

- Enterramiento Directo
- Mayor espesor que el aislamiento standard de polietileno.
- No sirve ambientes **con alto contenido de cloruros, ácido clorhídrico o hidrocarburos.**

Halar / Polietileno aislamiento doble.

- Chaqueta doble, externa de HMWPE protección mecánica a los alambres y resistencia química, y la chaqueta interna de Halar que es fluorocopolímero termoplástico, Resistencia química a ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, hidrocarburos, álcalis y ácidos oxidantes fuertes, el rango de temperatura para éste aislamiento es de 62° – 121°C.

Kynar / Poliolefina Modificada.

Kynar (fluoruro de polivinilideno) poliolefina modificada es una chaqueta doble similar al halar/ Polietileno aislamiento doble. La chaqueta exterior le brinda protección mecánica, química y aislamiento eléctrico y la chaqueta interior resistencia química a a ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, hidrocarburos de petróleo, álcalis y ácidos oxidantes fuertes.

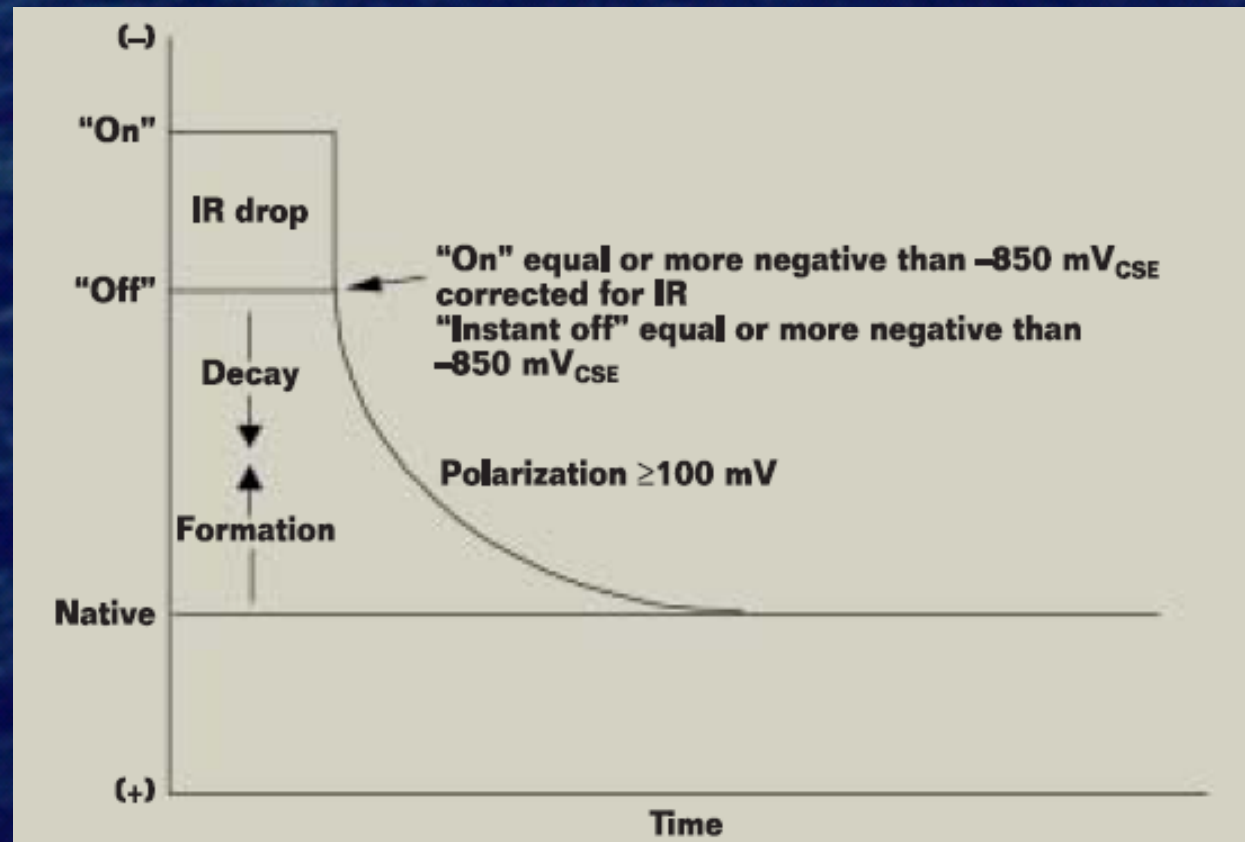
4. CRITERIOS DE PROTECCIÓN

En ausencia de datos específicos que demuestren que la protección catódica es adecuada y ha sido alcanzada, uno o más de los siguientes criterios deben ser aplicados de acuerdo con la norma ***NACE RP 0169-02 "Control of External Corrosión on Underground or Submerged Metallic Piping Systems"***

- Criterio 1, 850 mV CSE ON. / 800 Ag/AgCl
- Criterio 2, 850 mV CSE Instant Off / 800 Ag/AgCl
- Criterio 3, 100 mV Polarización

Criterio 2, 850 mV CSE Instant Off

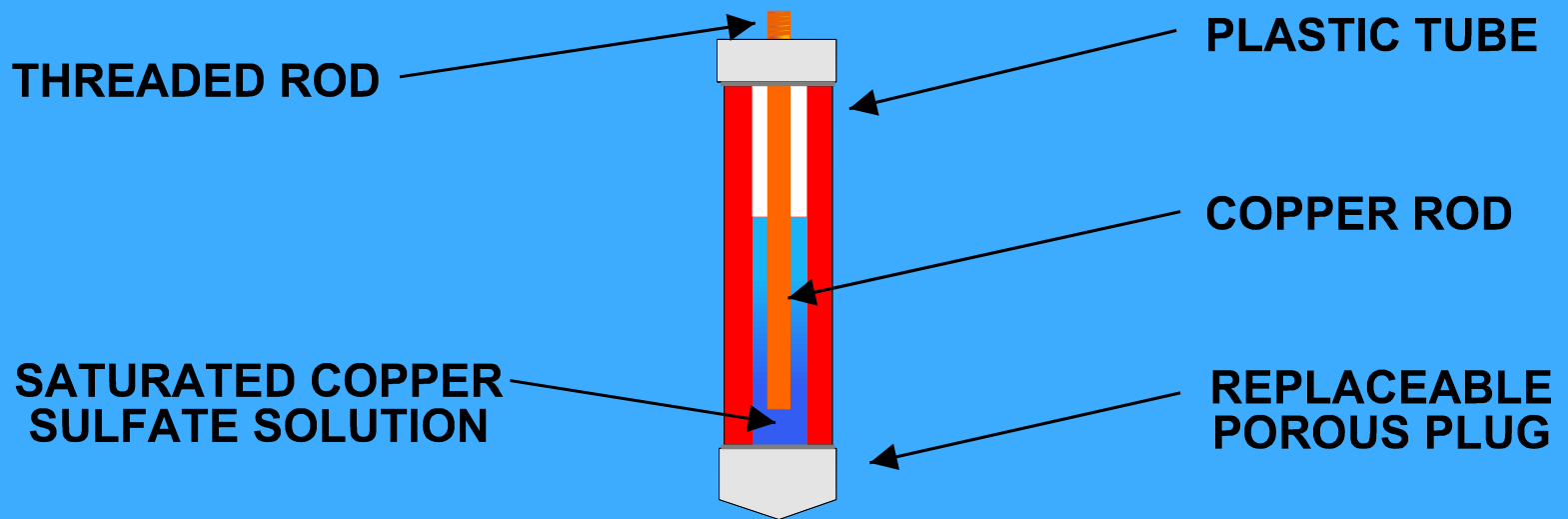
Un potencial negativo polarizado de al menos -850 mV CSE



Electrodo de referencia.

- Cobre / Sulfato de Cobre, (CSE), Cu / CuSO₄

COPPER / COPPER SULFATE REFERENCE ELECTRODE



Electrodo de referencia.

- Plata / Cloruro de Plata Ag / AgCl

