

# << Procedimiento de un sistema de protección catódica>> Informe Técnico

Jorge Oswaldo Barragán Gómez, Celia Fernández Vásquez, María Isabel Arias Prieto, Enrique  
Castillo Zaragoza, Julio Cesar Rodríguez López  
Mantenimiento Industrial / Industrial  
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
Cuitláhuac, Veracruz, México

[A11188@utc.edu.mx](mailto:A11188@utc.edu.mx), [celia.fernandez@utc.edu.mx](mailto:celia.fernandez@utc.edu.mx), [maria.arias@utc.edu.mx](mailto:maria.arias@utc.edu.mx),  
[enrique.castillo@utc.edu.mx](mailto:enrique.castillo@utc.edu.mx), [julio.rodriguez@utc.edu.mx](mailto:julio.rodriguez@utc.edu.mx).

---

## Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

**Cuerpo Académico:** << Gestión de Calidad y Eficiencia Industrial.>>

1. **LIADT:** << Eficiencia Energética
2. Calidad, Eficiencia y Mantenimiento de los Procesos Industriales.>>

## **Resumen**

En la actualidad, diversas empresas dedicadas a la extracción de petróleo y sus derivados han presentado fracturas y fisuras en sus sistemas de transporte, para esto, existen métodos que se aplican a los ductos para combatir la corrosión y evitar dichos problemas; entre los más efectivos, se encuentran los Sistemas de Protección Catódica.

El presente proyecto tiene por objetivo proponer un SPC añadiendo un rectificador a una sección del sistema para evitar cualquier tipo de fuga. La hipótesis juega un papel fundamental, ya que, si se implementa un sistema de protección correctamente, se evitarán fisuras y se aprovechará mejor el producto. El trabajo contiene la siguiente metodología, Descripción de capacitación, Generación del plan de capacitación, Aplicación de señalética y Realización del procedimiento, estructuradas de dicha forma para tener un amplio panorama sobre el tema.

En el desarrollo de la investigación, se describe de manera clara y precisa un procedimiento para instalar un rectificador y proteger una determinada área del derecho de vía, además, se dan indicaciones de como colocar una cama anódica y se establecen formatos para la recolección de datos. Durante el estudio, se llegó a la conclusión que de acuerdo con la posición geográfica del ducto (terrenos con vegetación o terrenos húmedos) existe una diferencia en la corrosividad existente y, también se determinó que la acidez del suelo se comporta proporcionalmente a la corrosión en base a la resistencia. Adicionalmente, se detalla el porcentaje de efectividad de un SPC para combatir la corrosión y para concluir, se recomienda la instalación de un recubrimiento interno en zonas de alta humedad para apoyar al sistema de protección y así, tener una mayor confiabilidad y eficacia.

### **Palabras clave:**

Rectificadora, sistema, efectividad.

## **Introducción**

En las últimas décadas, el desarrollo industrial ha propiciado a la modificación e instalación de diversas estructuras metálicas a lo largo del país. En la industria petrolera, se utilizan los oleoductos y gasoductos, que son ductos principalmente enterrados y que contienen dos tipos de protección, un recubrimiento y un sistema de protección catódica.

Todos los materiales que contienen metal, al ser expuestos en un ambiente agresivo, se deterioran a través del tiempo, debido a la alteración fisicoquímica que ocurre entre estos, y da como resultado, la corrosión.

Los sistemas de protección catódica son técnicas para controlar la corrosión que se emplean desde el transporte de productos derivados del petróleo, hasta tanques de almacenamiento y demás instalaciones de suma importancia, tiene la función de imprimir corriente al ducto proveniente de un rectificador de protección catódica y algunos elementos complementarios para su eficaz funcionamiento.

En esta investigación, se centrará como principal objetivo el combate ante la corrosión, y, aunque es casi imposible descartar este fenómeno, se puede tener un gran control sobre este, y así, evitar cualquier fuga que pueda provocar un accidente o daño al ambiente; además, este factor, provoca pérdidas de capital por el daño del producto transportado.

## Discusión

### 1. Descripción de capacitación.

La capacitación es una parte fundamental en el ámbito laboral para que cualquier trabajador tenga los conocimientos básicos y necesarios para realizar ciertas tareas. A continuación, se presenta un plan de capacitación para trabajadores del departamento de corrosión.



*Ilustración 1. Capacitación de personal*

2. Generación del Plan Capacitación.

	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	Código: PDC-PE-CM-001
		Versión: 01
		Vigencia: Agosto 2021
 <b>PEMEX</b> <b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b> <b>VIGENCIA 2021</b>		
PLAN DE CAPACITACIÓN	Elaborado por: JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	Página: 1 de 11
Responsable: JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	Fecha de elaboración: 07/04/2020	Código: PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	Código: PDC-PE-CM-001
		Versión: 01
		Vigencia: Agosto 2021

## 1. Objetivo

Proporcionar información clara y precisa mediante una capacitación para que el personal del área pueda realizar las actividades solicitadas.

## 2. Ámbito de aplicación

Esta capacitación aplica al personal del departamento de “Corrosión” y demás operarios ligados a tareas del área.

## 3. Marco normativo

### NORMATIVIDAD EXTERNA

Equipo Seguridad - Emergencias

NOM-002-STPS-2010. Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendio en los Centros de Trabajo.

NOM-005-SCT-2008. Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-017-STPS-2008. Equipo de protección personal – selección, uso y manejo en los Centros de Trabajo.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 2 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

NOM-019-STPS-2011. Constitución, integración, organización y funcionamiento de las Comisiones de Seguridad e Higiene.

NOM-028-STPS-2012. Sistema para la administración del trabajo-seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.

NOM-113-STPS-2009. Seguridad – equipo de protección personal – calzado de protección – clasificación, especificaciones y métodos de prueba. (Contiene una aclaración a la modificación de la NOM, publicado el 24 de diciembre de 2010).

NOM-115-STPS-2009. Seguridad – equipo de protección personal – cascos de protección – clasificación, especificaciones y métodos de prueba.

NOM-116-STPS-2009. Seguridad – equipo de protección personal – respiradores - purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas – especificaciones y métodos de prueba.

NOM-003-SEGOB-2011. Señales y avisos para protección civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.

NOM-007-SECRE-2010. Transporte de gas natural, control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 3 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

## NORMATIVIDAD EXTERNA

### Salud en el trabajo

NOM-001-STPS-2010. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los Centros de Trabajo – Condiciones de Seguridad.

NOM-010-STPS-1999. Condiciones de seguridad e higiene en los Centros de Trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

## NORMATIVIDAD INTERNA

NRF-047-PEMEX-2014. Diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica.

NRF-004-PEMEX-2011. Protección con recubrimientos anticorrosivos a instalaciones superficiales de ductos.

NRF-026-PEMEX-2008. Protección con recubrimientos anticorrosivos para tuberías enterradas y/o sumergidas.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 4 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

#### 4. Definiciones

- Plan de capacitación: acciones que complementan capacidades que requiere el trabajador para cumplir con el objetivo solicitado.
- SPC: abreviatura que se le da al Sistema de Protección Catódica.
- Ánodo inerte: electrodo auxiliar que forma parte del circuito del SPC.
- Cama anódica: conjunto de ánodos que conforman el sistema de protección catódica.
- Corriente de protección catódica: corriente eléctrica directa que se necesita para tener los valores del potencial de protección hacia una estructura metálica.
- Electrodo de referencia: media celda de tipo electroquímica cuyo potencial es constante.
- Electrolito: conductor de iones de CD.
- Estación de prueba o poste de registro: instalación que sirve para obtener y medir el potencial de una tubería.
- Material de relleno: mezcla de materiales que envuelven al ánodo para que aumente la conductividad eléctrica en la zona donde aloje.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 5 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

- Óhmetro: Instrumento que mide la resistencia eléctrica.
- Polarización: variación en un electrodo a causa de una corriente eléctrica.
- Potencial tubo/suelo: diferencia de potencial entre la tubería enterrada protegida catódicamente y el electrodo referenciado con el electrolito.
- Protección catódica: proceso electroquímico que permite controlar la corrosión de algún metal en contacto con un electrolito.
- Punto de drenaje: lugar en el que se subministra corriente directa hacia una tubería enterrada.
- Rectificador: equipo eléctrico que transforma la corriente alterna a directa, y es controlable.
- Resistencia de circuito: oposición al paso de corriente en el SPC.

## 5. Recursos

**Humano:** Personal externo (outsourcing) & personal interno (trabajadores)

**Físico:** Instalaciones de Pemex, Sistemas de transporte de Pemex y equipos requeridos para complementar la capacitación.

**Financieros:** Los requeridos para complementar dicho plan.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 6 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

## 6. Responsables

Departamento de “Corrosión” bajo la supervisión de la Jefatura de Mantenimiento y demás departamentos encargados de la aprobación de dicho plan de capacitación.

## 7. Actividades

### ACTIVIDADES PARA NUEVOS ASPIRANTES

Para iniciar, se establece un programa de tipo introductorio para que nuevos trabajadores tengan una adecuada integración a la empresa, a su cultura organizacional, valores, así como su historia, misión, visión, objetivos, funciones y todos los ramales que contempla Pemex.

Además, es importante señalar que el Jefe de Área debe de estar presente para responsabilizarse en el puesto de trabajo, e indicar el cronograma de actividades previamente planeado.

Dicho responsable, contemplará los siguientes temas introductorios a la empresa:

- Actividades que se desarrollan en las diversas áreas.
- Dar a conocer la historia, valores, misión, visión, objetivos y políticas de la empresa.
- Planeación anual del área.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 7 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

- Objetivos del departamento
- Entregar manuales y explicar funcionamiento de las máquinas esenciales.
- Realizar recorrido por las instalaciones e interactuar con el mismo.

#### ACTIVIDADES INTRODUCTORIAS

En este apartado se pretende reforzar el conocimiento teórico y práctico de los empleados vinculados a las actividades de corrosión, para que tengan una mayor habilidad competitiva, así como una mejora en el desarrollo personal, con el fin de que cualquier persona se desempeñe de grata forma en ámbitos sociales y laborales.

Durante las presentes actividades de introducción se reforzarán algunos temas como la localización de ductos enterrados, medición potencial del suelo, instalación de camas anódicas, instalación de rectificadores, funcionamiento de los rectificadores, y obtención de lecturas de los rectificadores.

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 8 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

## 8. Cronograma

A continuación, se presentan las actividades contempladas en el plan de capacitación. Estas se deben de iniciar a la disposición de tiempo del departamento.

FORMACIÓN	TEMA	DIRIGIDO A:		CRONOGRAMA SEMANAS								
		Operario	Obrero	1	2	3	4	5	6	7	8	
Técnica	Conocimientos previos ductos enterrados	5	16	X								
Técnica	Interpretación de mapas y cartas topográficas	5	16	X								
Técnica	Identificación postes de medición	5	16		X							
Técnica	Técnicas de medición de potenciales	5	16		X							
Técnica	Metodología instalación de camas anódicas	5	16			X						
Técnica	Sistema de corriente impresa	5	16			X						
Técnica	Rectificadores	5	16				X					
Técnica	Voltaje de alimentación	5	16				X					
Técnica	Conexiones corriente directa	5	16					X				
Técnica	Instalación de rectificadores	5	16					X				
Técnica	Medidas de precaución para rectificadores	5	16						X			
Técnica	Seguridad en rectificadores	5	16						X			
Técnica	Problemas en rectificadores	5	-							X		
Técnica	Lectura de rectificadores	5	16							X		
Conductuales	Liderazgo	5	-							X		
Técnica	EPP	5	16								X	
Técnica	Primeros auxilios	5	16								X	
Técnica	Combate conra incendio	5	16								X	
Técnica	Evaluación de la capacitación	5	16								X	

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 9 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

## 9. Evaluación

Al finalizar la capacitación, se verificará el formato de asistencia para visualizar que los trabajadores tengan como mínimo 90% de asistencia para acreditar y entregar el diploma de finalización de la capacitación. Cabe señalar, que dicha formación proporcionada es indispensable para realizar labores operativas en el departamento de corrosión.

 <b>ASISTENCIA DE CAPACITACIÓN</b> <b>CORROSIÓN</b>						
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN:</b>						
<b>RESPONSABLE DE LA CAPACITACIÓN:</b>				<b>FECHA:</b>		
NO.	NOMBRE COMPLETO	TELÉFONO	E-MAIL	EMPRESA	PUESTO	FIRMA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 10 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
	<b>PLAN DE CAPACITACIÓN</b>	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001
		<b>Versión:</b> 01
		<b>Vigencia:</b> Agosto 2021

La siguiente imagen, es una simulación del diploma diseñado para constar que los trabajadores cumplieron la impartición de la capacitación.



Otorga el presente

# DIPLOMA

a

Por la finalización de la capacitación de  
**SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA**

Impartido del -- al -- de ---- de 2020, con una duración de 8 semanas

Estación Cd. Mendoza, Ver.

Jefe de Mantenimiento

PLAN DE CAPACITACIÓN	<b>Elaborado por:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Página:</b> 11 de 11
<b>Responsable:</b> JORGE OSWALDO BARRAGÁN GÓMEZ	<b>Fecha de elaboración:</b> 07/04/2020	<b>Código:</b> PDC-PE-CM-001

### 3. Aplicación de señalética.

La señalización en el área de trabajo es una parte fundamental para que el personal que esté laborando, se pueda orientar en el espacio circunstante; además, dicha acción, previene accidentes que se originan por la falta de esta.

El derecho de vía es la sección geográfica donde se encuentra la tubería, y ya que la mayor parte de los sistemas de transporte se encuentran bajo tierra, son escasas las señales que existen.



*Ilustración 2. Derecho De Vía*

Los postes, son estructuras que se encuentran en la superficie y tienen la función de poder tomar lecturas para verificar el estado de la tubería que se encuentra protegido por el sistema de protección catódica. Además, son instalados para que personas externas a la empresa, no excaven debajo de este, y provoquen alguna ruptura. Dichas señales, cuentan con las siguientes especificaciones específicas:

### **Poste de señalamiento y registro de tipo “RA”**

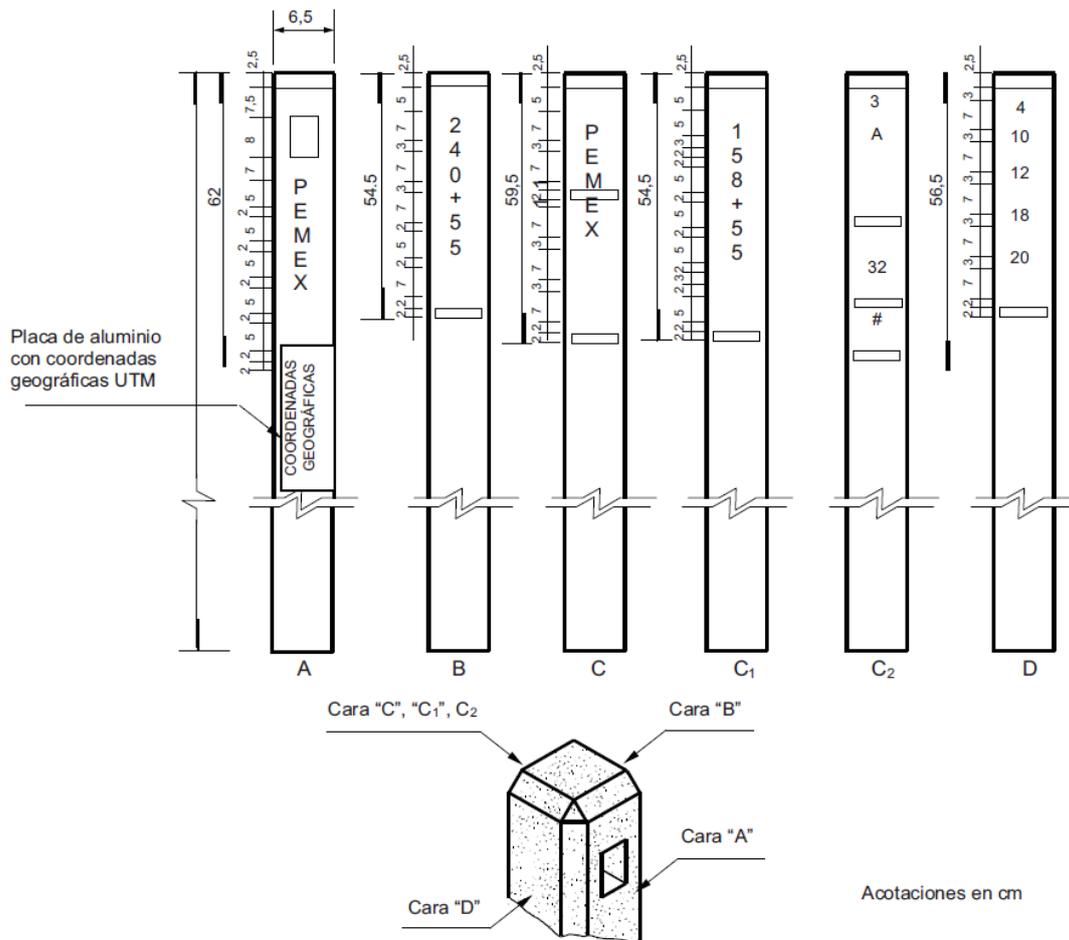


Ilustración 3. Poste tipo RA

Donde:

- A: va orientada hacia los ductos y se instala una placa de aluminio bajo relieve a las coordenadas geográficas.
- B: indica el kilómetro del ducto donde se encuentra el poste.
- C: indica origen y destino del ducto.
- C<sub>1</sub>: se utiliza en ambas desviaciones
- C<sub>2</sub>: se utiliza para ubicar la cama de ánodos
- D: indica el diámetro de los ductos

### Grabados del poste

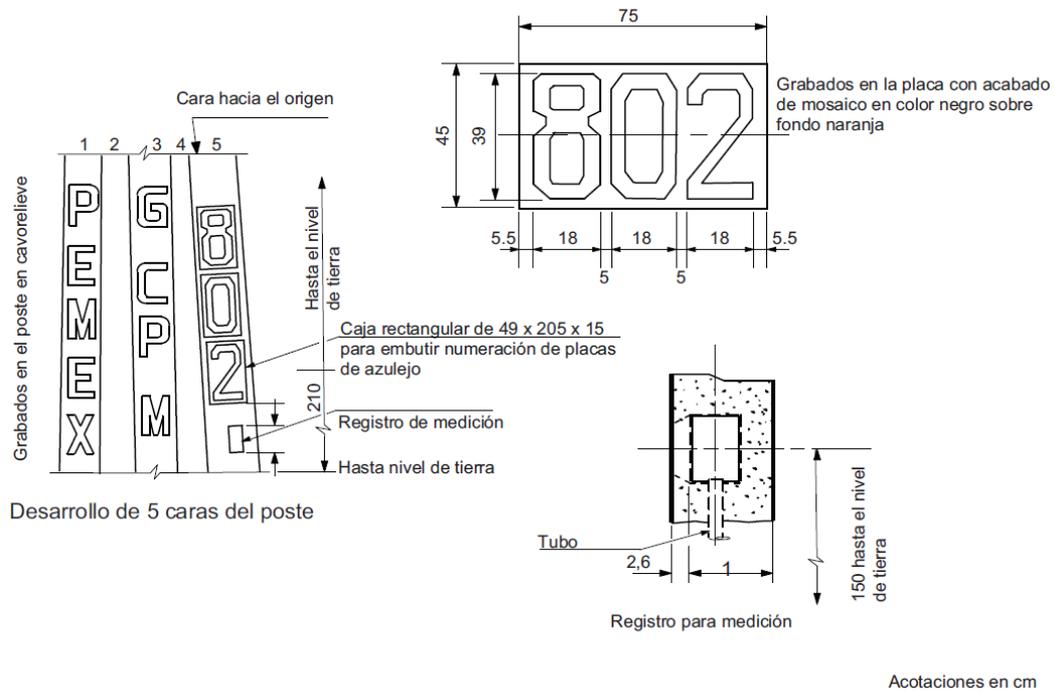


Ilustración 4. Grabados de poste RA

Otra parte fundamental en los SPC, es la caseta de protección del rectificador, esta es una habitación hecha principalmente de concreto, con una puerta de acero y tiene la función de evitar cualquier tipo de vandalismo de dicho artefacto. A continuación, se propone un diseño.

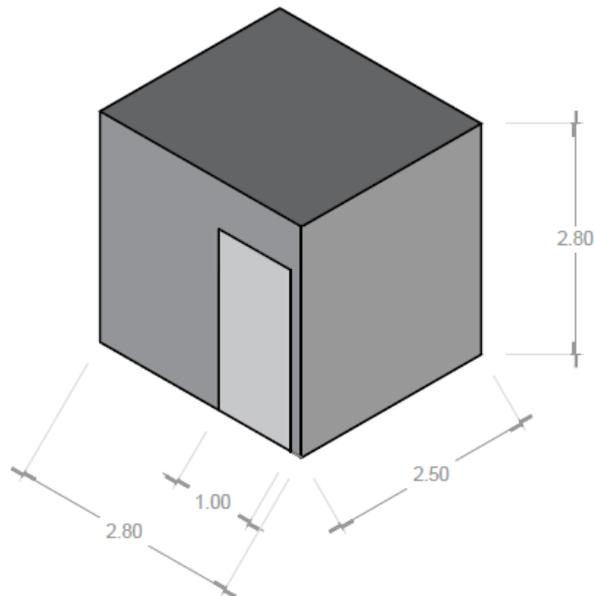
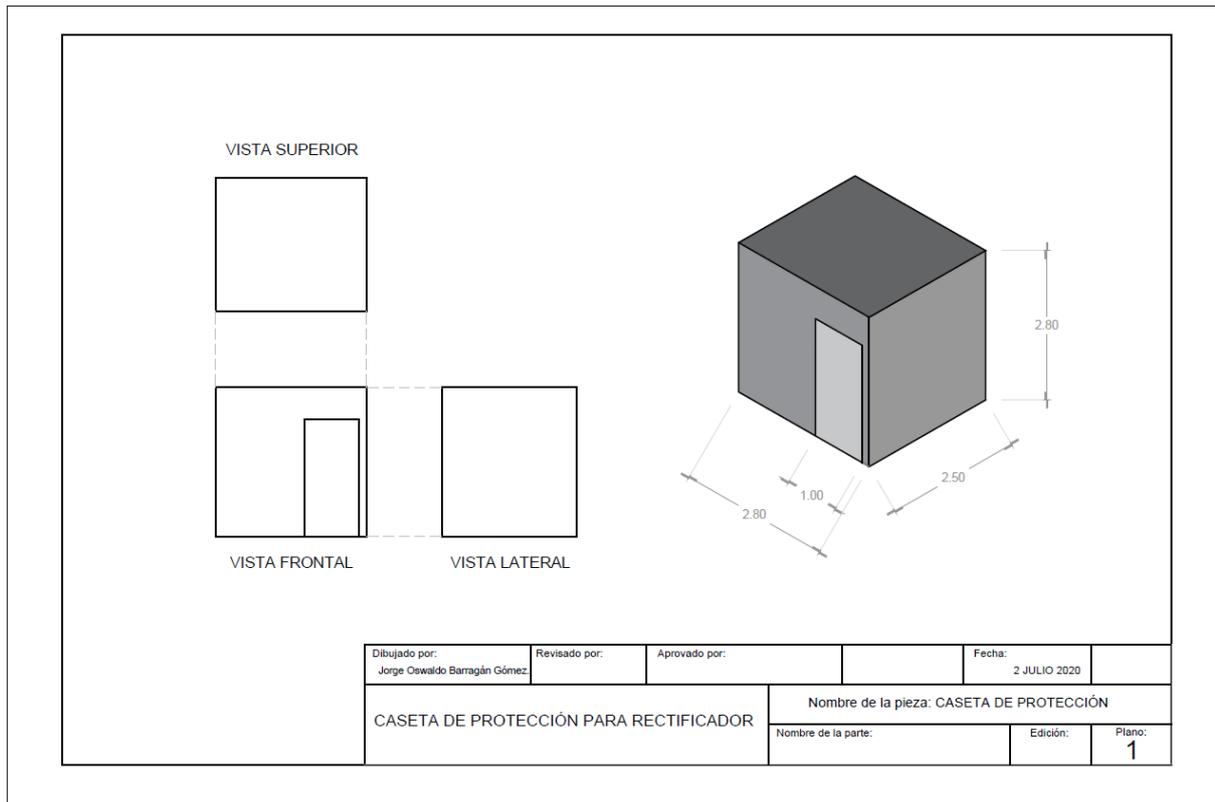


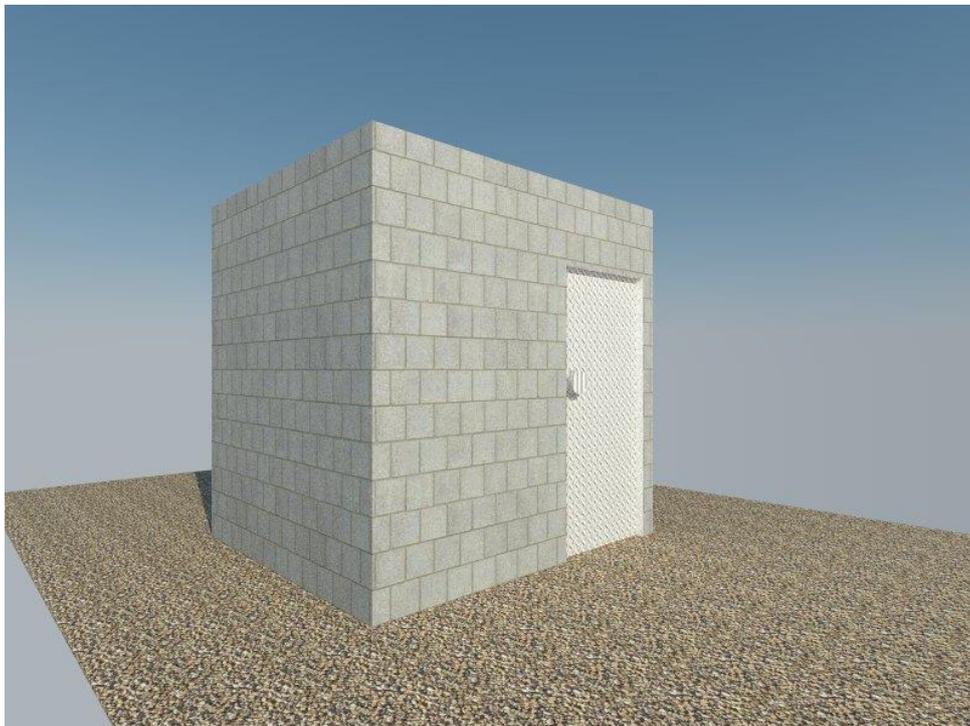
Ilustración 5. Diseño de caseta para rectificador

Dicha propuesta también se realizó en AutoCAD.



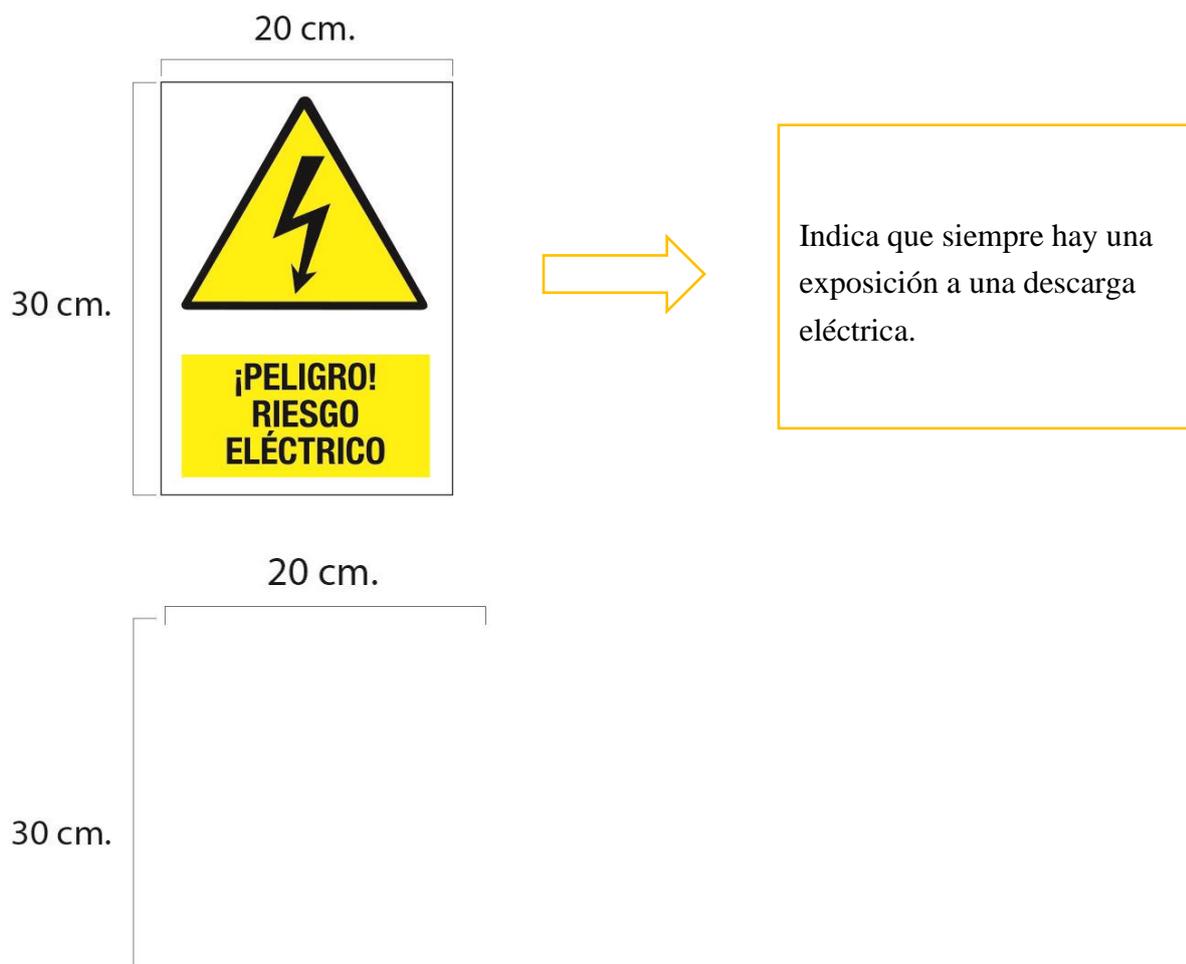
*Ilustración 6. Diseño de caseta con formato realizado en AutoCAD*

Además, se generó una simulación en 3D, para tener una perspectiva real.



*Ilustración 7. Simulación de caseta con texturas*

Dentro de las señales exteriores que debe tener, se encuentran las siguientes.





Indica el empleo de los EPP adecuados a partir de la señal.

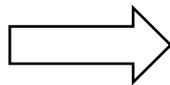
20 cm.



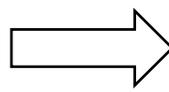
Indica la restricción de paso de cualquier persona no autorizada.

Es importante mencionar, que para que cualquier operador y obrero realicen tareas en el área, deben de portar con el siguiente equipo de protección personal, para salvaguardar su integridad ante cualquier incidente.

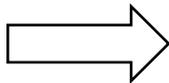
### **EPP que se debe usar en todo momento**



Casco de seguridad ajustable

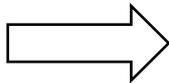


Camisola y pantalón de algodón

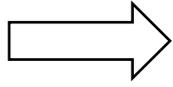


Botas industriales con casquillo

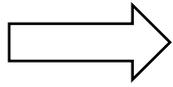
**EPP para utilizar en tareas específicas**



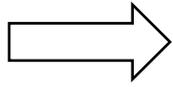
Gafas industriales



Guantes de carnaza



Barbiquejo



Botas industriales  
dieléctricas

#### 4. Realización del procedimiento.

Hoja 1 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20
 <b>PEMEX</b>  <b>PROCEDIMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA</b>		
<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 2 de 26



**Procedimiento Sistema de  
Protección Catódica**

Clave: PSPC-SCM-PE-001  
Revisión: 00  
Clasificación: CORR  
Fecha: 21/07/20

**1. Propósito del proyecto**

Establecer un procedimiento para estandarizar las actividades desarrolladas; además, es importante definir ciertos formatos para el control de dichos trabajos.

**2. Alcance**

El presente procedimiento aplica para el departamento de corrosión de ductos Pemex Logística y demás puestos relacionados a las actividades desarrolladas.

**3. Referencias**

- 1.1 **Norma ISO 9001-2000.** Sistema de gestión de calidad.
- 1.2 **NOM-001-SEDE-2005.** Instalaciones eléctricas.
- 4.2 **NOM-007-SECRE-2010.** Control de la corrosión en tuberías de acero.
- 4.3 **NRF-047-PEMEX-2014.** Diseño, instalación y mantenimiento de los Sistemas de Protección Catódica.
- 4.4 **NRF-030-PEMEX-2002.** Especificaciones de construcción.
- 4.5 **PXL-ST-PC-01.** Control y elaboración de documentos

**4. Definiciones**

- Plan de capacitación: acciones que complementan capacidades que requiere el trabajador para cumplir con el objetivo solicitado.
- SPC: abreviatura que se le da al Sistema de Protección Catódica.

**ELABORADO POR:**

Jorge Oswaldo Barragán  
Gómez

**REVISADO POR:**

Ing. Carlos Enrique Muñoz  
Castillo

**APROBADO POR:**

Ing. Carlos Enrique Muñoz  
Castillo

Hoja 3 de 26



**Procedimiento Sistema de  
Protección Catódica**

Clave: PSPC-SCM-PE-001  
Revisión: 00  
Clasificación: CORR  
Fecha: 21/07/20

- **Ánodo inerte:** electrodo auxiliar que forma parte del circuito del SPC.
- **Cama anódica:** conjunto de ánodos que conforman el sistema de protección catódica.
- **Corriente de protección catódica:** corriente eléctrica directa que se necesita para tener los valores del potencial de protección hacia una estructura metálica.
- **Electrodo de referencia:** media celda de tipo electroquímica cuyo potencial es constante.
- **Electrolito:** conductor de iones de CD.
- **Estación de prueba o poste de registro:** instalación que sirve para obtener y medir el potencial de una tubería.
- **Material de relleno:** mezcla de materiales que envuelven al ánodo para que aumente la conductividad eléctrica en la zona donde aloje.
- **Óhmetro:** Instrumento que mide la resistencia eléctrica.
- **Polarización:** variación en un electrodo a causa de una corriente eléctrica.
- **Potencial tubo/suelo:** diferencia de potencial entre la tubería enterrada protegida catódicamente y el electrodo referenciado con el electrolito.

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 4 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

- Protección catódica: proceso electroquímico que permite controlar la corrosión de algún metal en contacto con un electrolito.
- Punto de drenaje: lugar en el que se subministra corriente directa hacia una tubería enterrada.
- Rectificador: equipo eléctrico que transforma la corriente alterna a directa, y es controlable.
- Resistencia de circuito: oposición al paso de corriente en el SPC.

## 5. Desarrollo

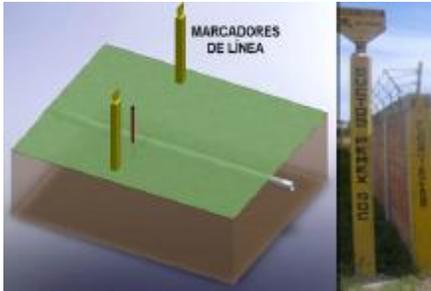
A continuación, se describen todas las actividades necesarias para instalar un sistema de protección catódica.

Paso	Responsable	Actividad
1. Buscar información del derecho de vía	Encargado de corrosión y operador.	Analizar información de diámetro y producto que se transporta, material del ducto, punto exacto del DDV, inicio y fin del DDV (localidades aledañas) y visualizar mapas y planos del área.

<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 5 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
2. Requerir permisos	Encargado de corrosión.	Solicitar a las áreas correspondientes el trámite de servicios de paso.
3. Comprobar el equipo electrónico.	Operador.	Insertar y reemplazar las pilas del receptor y el transmisor, seleccionar el modo pico.
4. Trazar línea.	Operador y obreros.	Hacer un barrido a lo ancho del DDV de manera uniforme con el transmisor y receptor. 
5. Caminar en el DDV.	Operador.	Ya ubicado el ducto, la persona con el receptor camina sobre la línea que indica el equipo.

**ELABORADO POR:**

Jorge Oswaldo Barragán  
Gómez

**REVISADO POR:**

Ing. Carlos Enrique Muñoz  
Castillo

**APROBADO POR:**

Ing. Carlos Enrique Muñoz  
Castillo

Hoja 6 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
6. Marcas.	Operador y obreros.	Marcar con pintura de aerosol o estacas de madera sobre el terreno dependiendo de la constancia. El transmisor se debe encontrar sobre el ducto.
7. Distorsiones.	Operador y obreros.	La persona que cuente con el transmisor no debe de estar al menos 20 metros próximos al ducto para evitar alguna interferencia.
8. Verificación.	Operador y obreros.	Cada 10 o 20 metros, verificar la posición de respuesta del pico y repetir hasta tener localizado el tramo deseado.



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 7 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
9. Colocación de marcas.	Operador y obreros.	Marcar el tramo de tubería a proteger cada 50 metros y verificar la señal mediante el equipo de alta resolución.
10. Montaje de postes.	Operador y obreros.	Instalar postes catódicos de tipo "RA" cada 500 metros sobre el respectivo derecho de vía. Utilizar cable magneto calibre 28 AWG. 
11. Permisos de caseta	Encargado de corrosión.	Requerir al departamento correspondiente los permisos para que construyan la caseta de protección para el rectificador. 
<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 8 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
12. Caja de fusibles.	Operador y obreros.	Instalar una caja de fusibles con desconexión externa (para desconectar alimentación e instalar el rectificador).
13. Montar el rectificador.	Operador y obreros.	Instalar dentro de la caseta el rectificador tomando en cuenta todos los lineamientos de seguridad.  
14. Conexión CA de rectificador.	Operador y obreros.	Conectar la fuente de alimentación de corriente alterna (de CFE) utilizando tubos Conduit. Utilizando como recomendación 115 volts y máximo 480 volts.
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

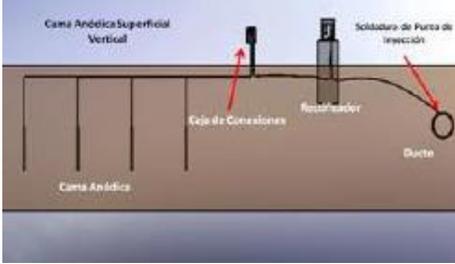
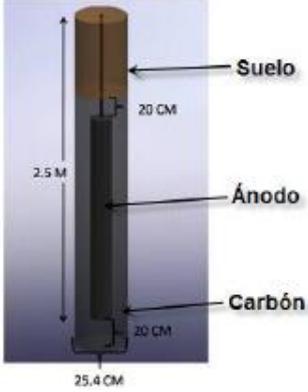
Hoja 9 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
		<p>Enlazar las terminales de CA a la caja de fusibles o a las respectivas entradas de conexión y unir los tubos Conduit a la entrada del rectificador.</p> 
15. Estudio de cama anódica.	Operador y obreros.	<p>Determinar la profundidad (máxima de 7.62 metros) y la zona de instalación mediante un estudio de resistividad del terreno.</p> $R = VCD / ACD$
16. Zanja para cableado.	Operador y obreros.	<p>Realizar una excavación en el área designada con una profundidad de 1 metro por ½ metro de ancho hasta la zona de instalación de la cama anódica. La excavación inicia desde el rectificador.</p>
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 10 de 26

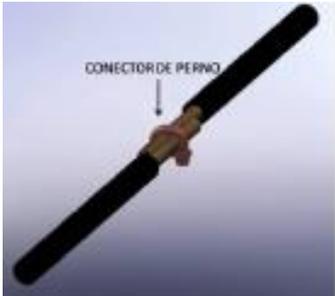
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

Paso	Responsable	Actividad
17. Perforación.	Operador y obreros.	Cavar las respectivas áreas de los ánodos con un mínimo diámetro de 10 pulgadas y la profundidad deseada, dejando 6.62 centímetros desde la zanja hecha. 
18. Instalación de ánodos (forma vertical).	Operador y obreros.	Colocar un centrador en la punta del ánodo. Verter 20 centímetros de carbón en el fondo del hoyo. Poner el ánodo (Grafito, MMO o FeSi) y después añadir otros 20 centímetros de carbón cubriendo al ánodo. 

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 11 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
19. Cableado y conexiones.	Operador y obreros.	Interconectar los ánodos hacia la caja de conexiones usando cable con aislamiento de polietileno de alto peso molecular (HMWPE). Situarse el cable principal (alimentación de la cama anódica) de forma continua partiendo del rectificador (previamente instalado) hacia la cama anódica dentro de un tubo Conduit de 1 pulgada. Colocar empalmes para evitar un comportamiento no deseado.
20. Empalmes epóxicos.	Operador.	Quitar 12 centímetros de cada extremo del cable, situarlos de manera paralela y poner el conector alrededor de los dos medios conductivos (conector de perno). Cubrir la conexión con cinta de aislar. 
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

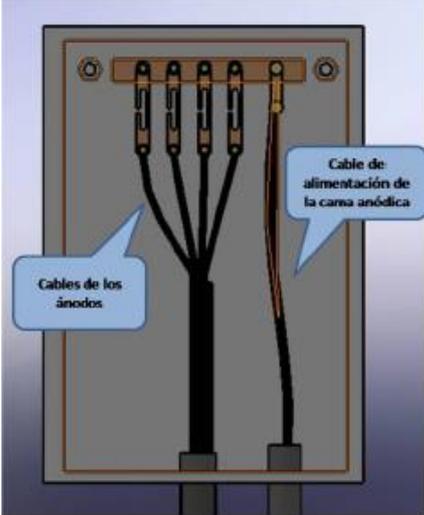
Hoja 12 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

Paso	Responsable	Actividad
		<p>Recortar los extremos del molde para que el cableado esté ligeramente suelto.</p> <p>Comprobar que el molde esté completamente cerrado y cubrir los extremos con suficiente cinta para sellarlo.</p> <p>Situar los embudos en los dos orificios del molde, nivelar su posición y verter la resina epóxica hasta que el molde esté totalmente lleno. Esperar hasta que se haya solidificado.</p> 
21. Caja de conexiones	Operador y obreros.	Conectar primero el cable de alimentación de la cama anódica hasta la caja de conexiones. Enlazar los cables de los ánodos de forma individual insertándolos por el extremo hasta los shunts.
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

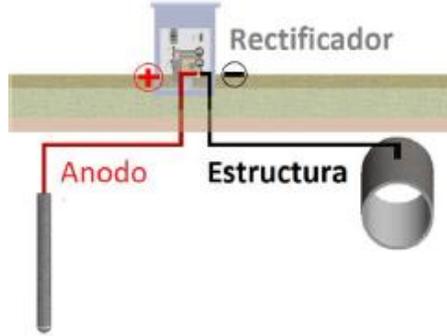
Hoja 13 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

Paso	Responsable	Actividad
		
22. Revisión de conexiones.	Operador.	<p>Tomar lecturas de los parámetros obtenidos por un multímetro en el siguiente orden.</p> <p>Corriente en los ánodos.</p> <p>Potencial.</p>
23. Voltaje de alimentación.	Operador y obreros.	Confirmar que el voltaje de alimentación sea el adecuado para el rectificador.
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 14 de 26

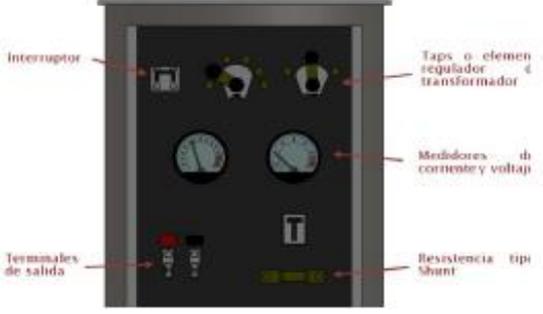
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

<b>Paso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>
24. Conexiones de corriente directa.	Operador y obreros.	<p>Conectar el polo positivo del rectificador a la cama de ánodos y el polo negativo a la tubería. Verificar por segunda vez que los cables estén correctamente colocados.</p> 
25. Encender equipo.	Operador.	Ya verificados los pasos previos, poner en marcha el rectificador y ajustar automática o manualmente (10 a 50 volts) el voltaje a suministrar.
26. Inspección del sistema.	Operador y obreros.	Monitorear datos de entrada de voltaje corriente alterna, salida de voltaje corriente directa, salida de amperaje corriente directa y resistencia del circuito utilizando un multímetro digital de alta impedancia.

<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 15 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

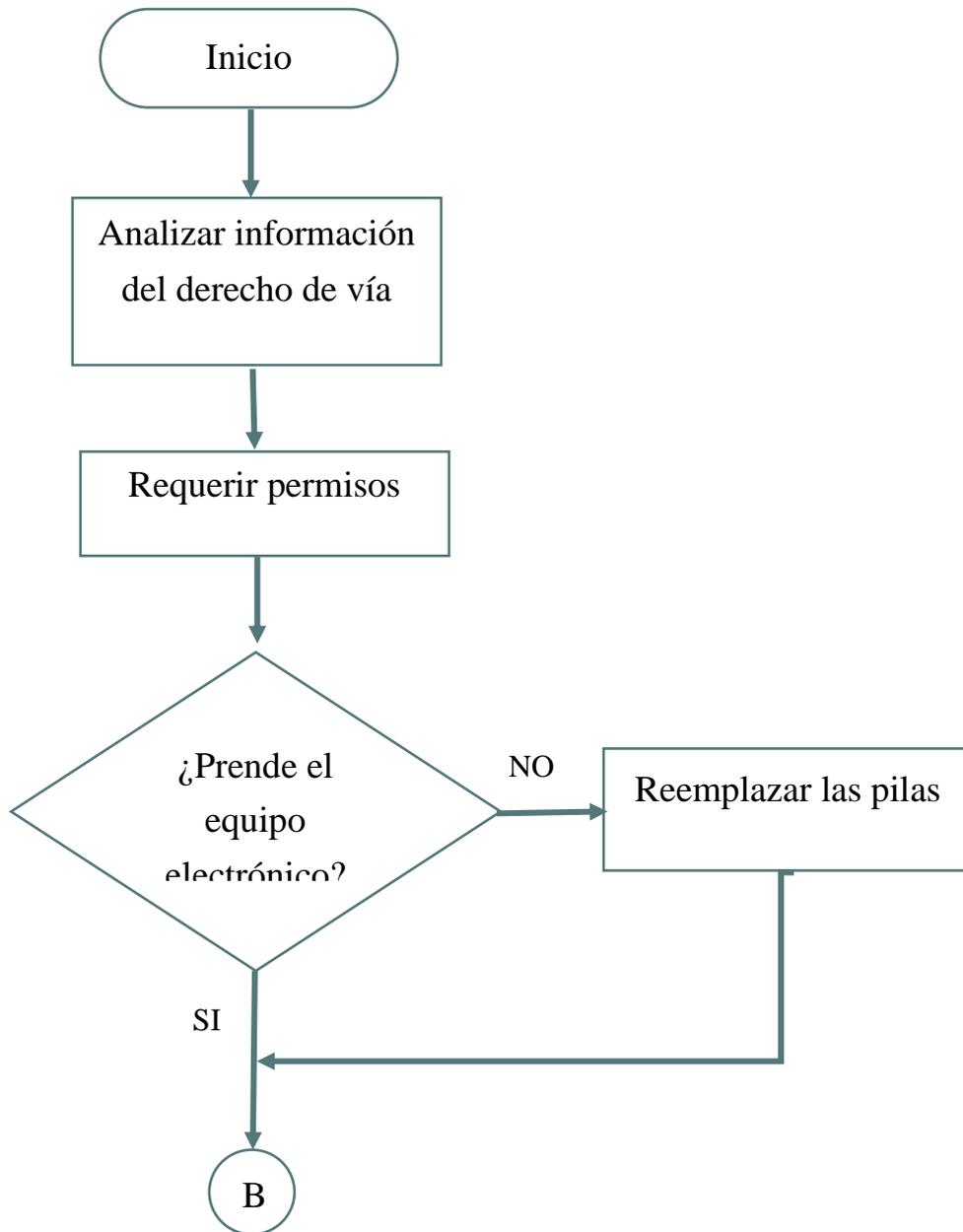
Paso	Responsable	Actividad
		
27. Anotación de datos.	Operador.	Apuntar todos los parámetros obtenidos en una bitácora.
28. Capturar datos.	Operador y encargado de corrosión.	Analizar y subir los datos obtenidos de la bitácora a la plataforma RIPL para su fácil acceso y posterior uso.

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Jorge Oswaldo Barragán Gómez	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo

Hoja 16 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20

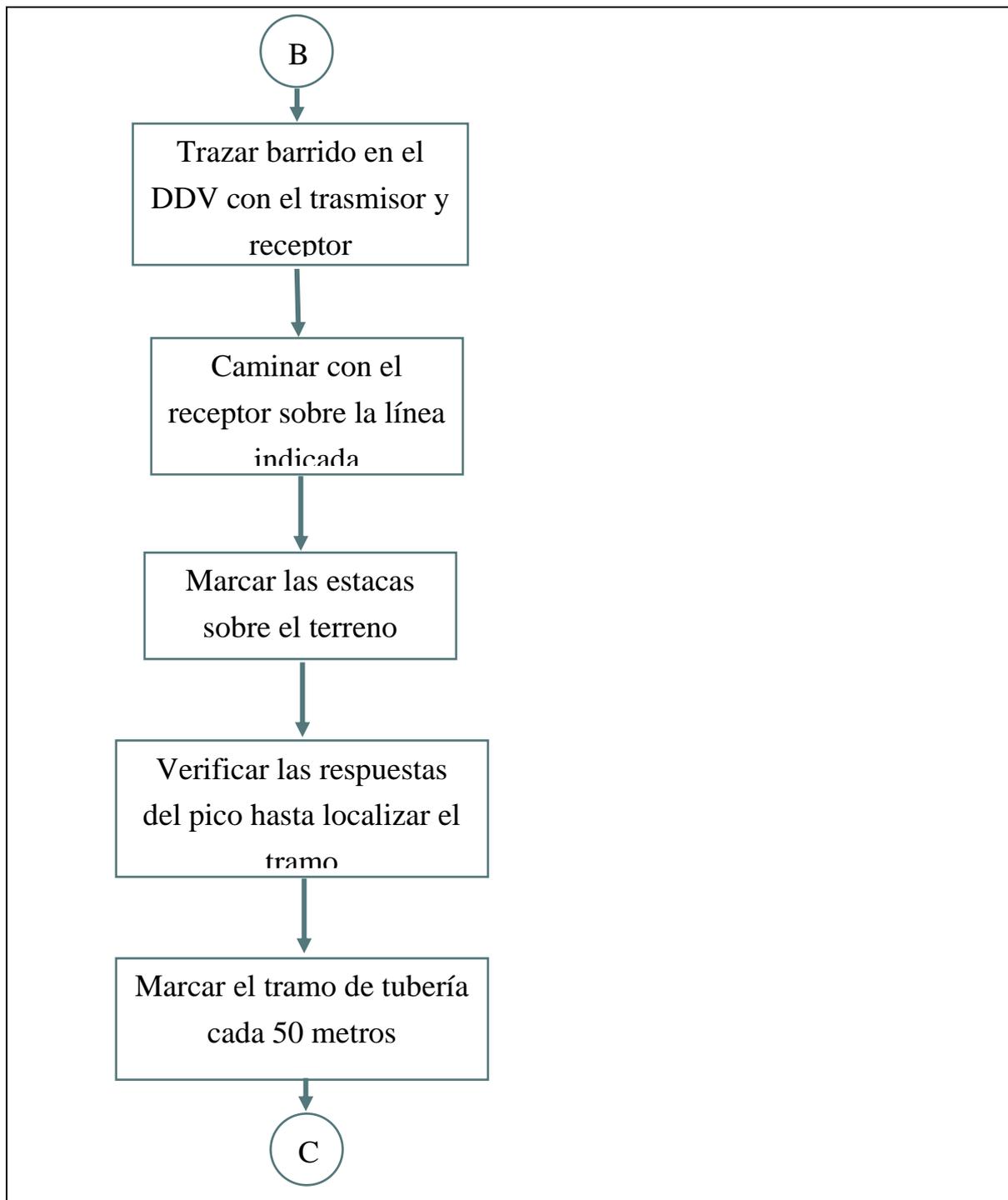
**Diagrama de flujo.**



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 17 de 26

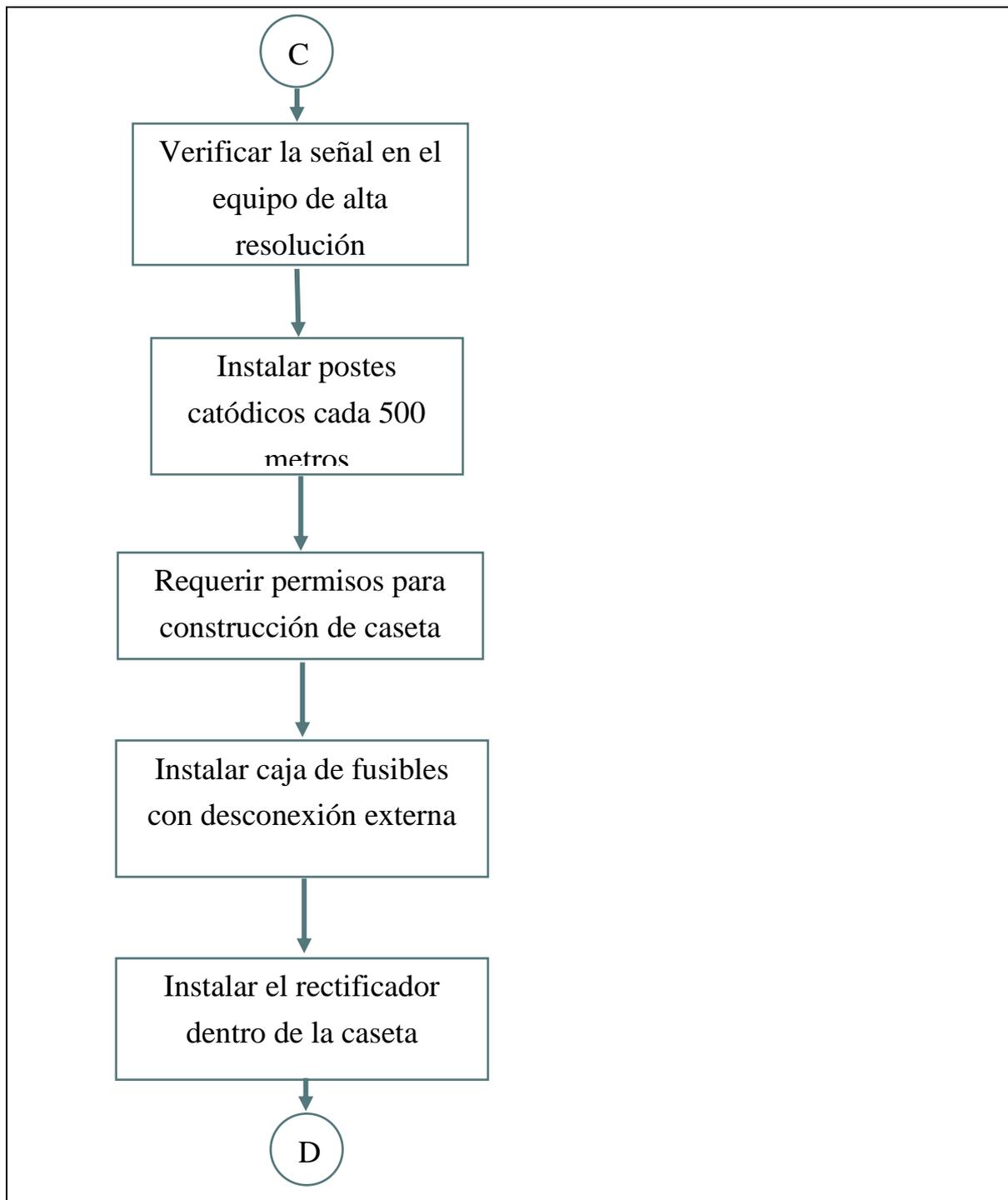
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 18 de 26

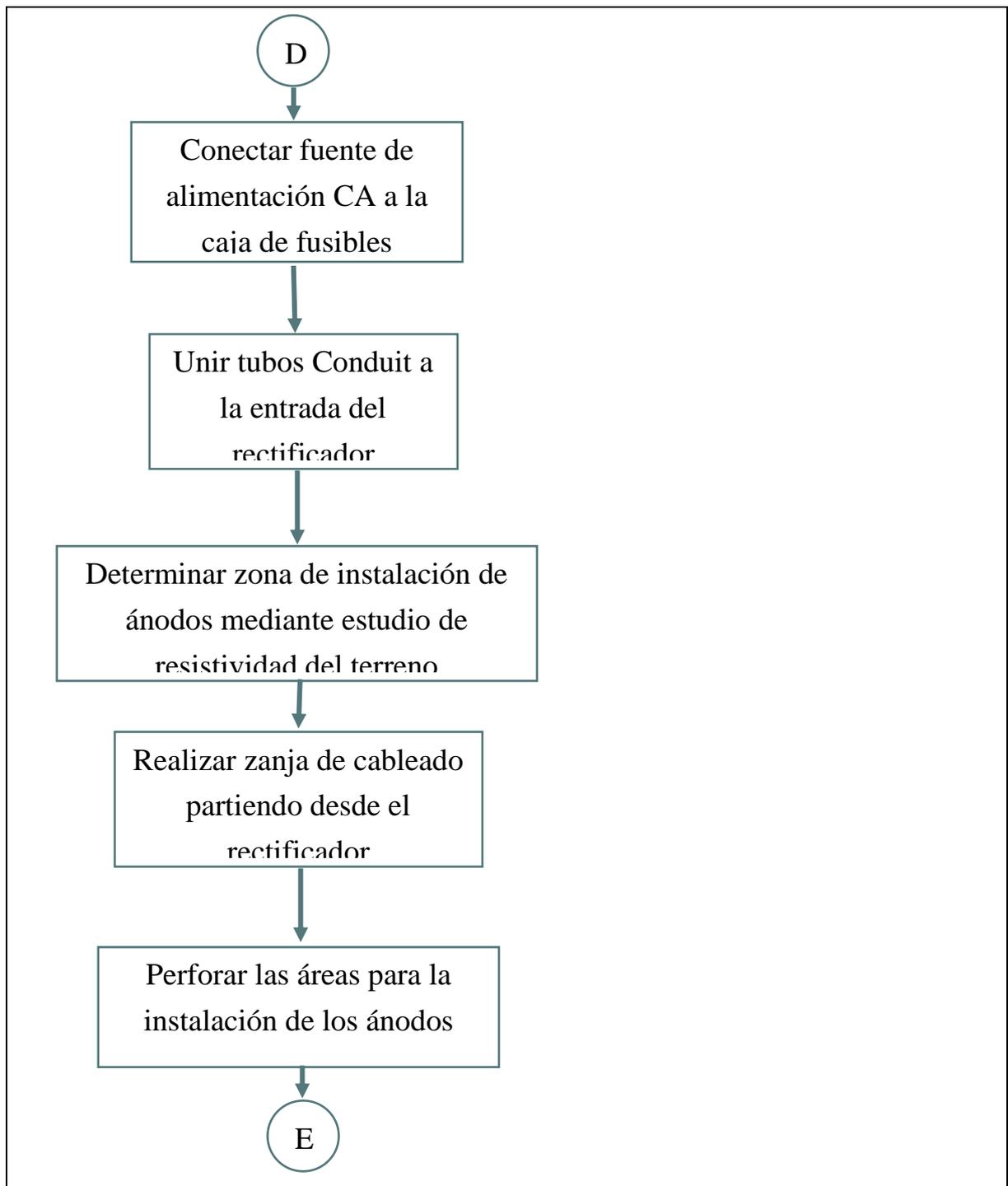
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 19 de 26

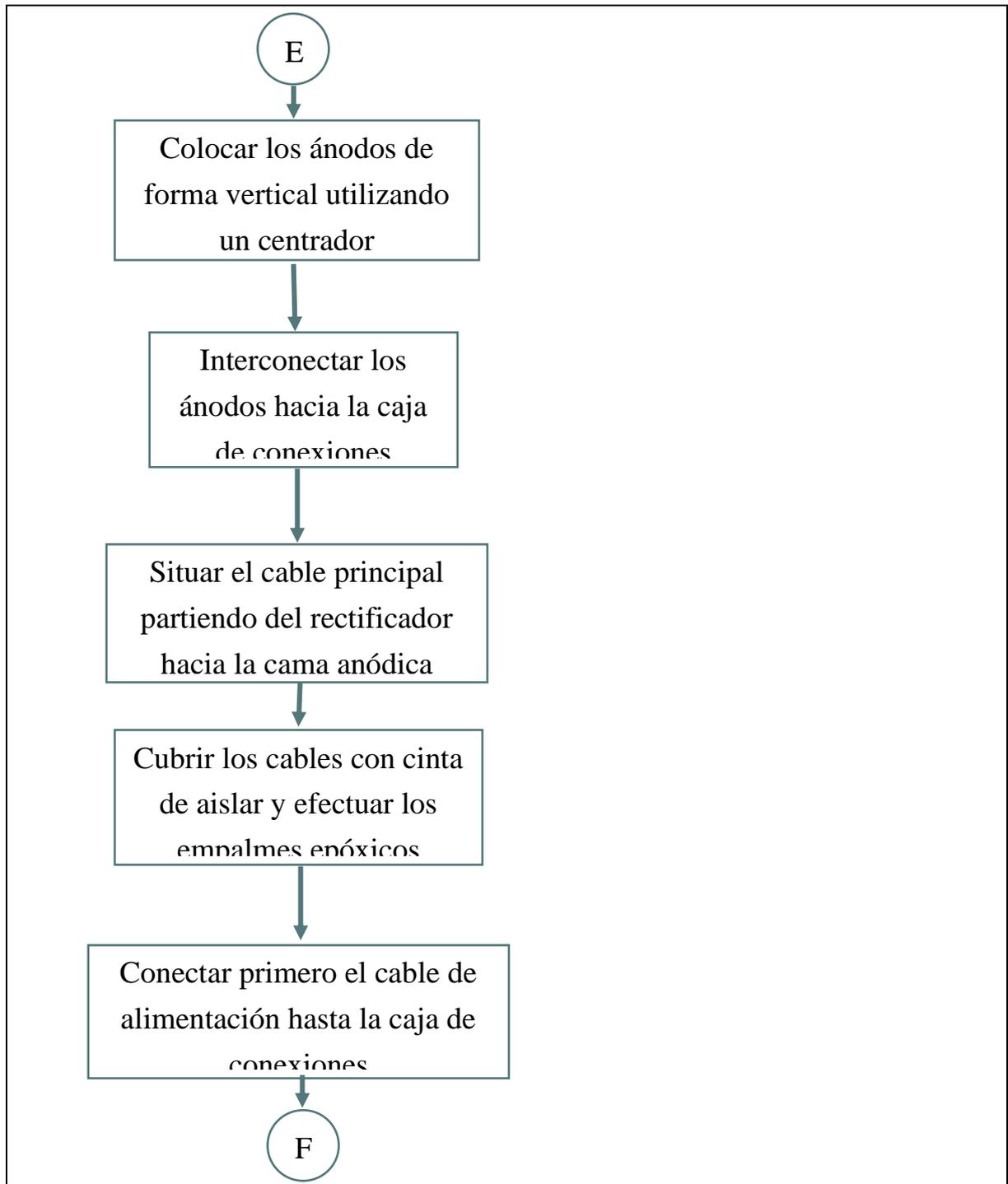
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 20 de 26

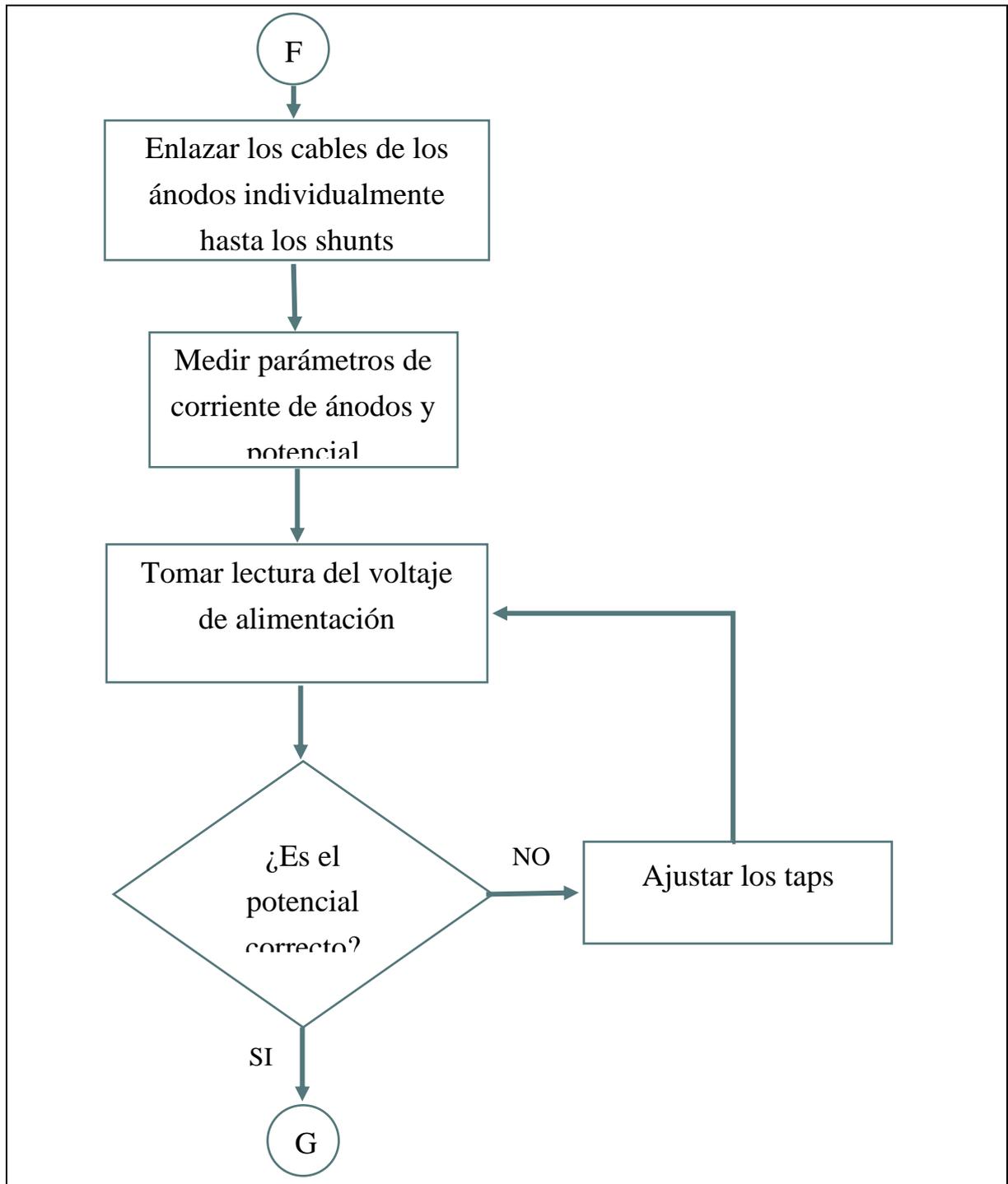
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 21 de 26

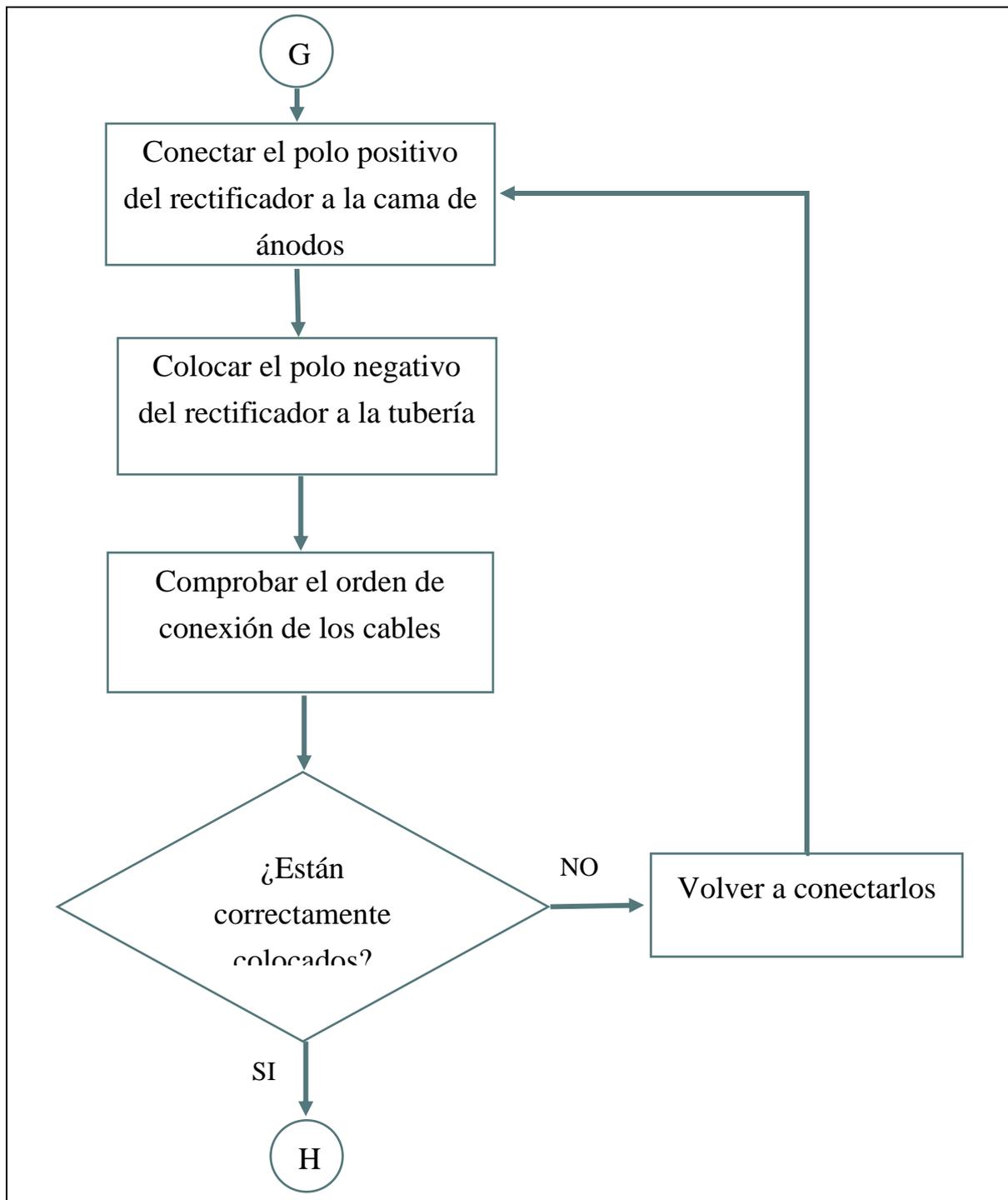
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 22 de 26

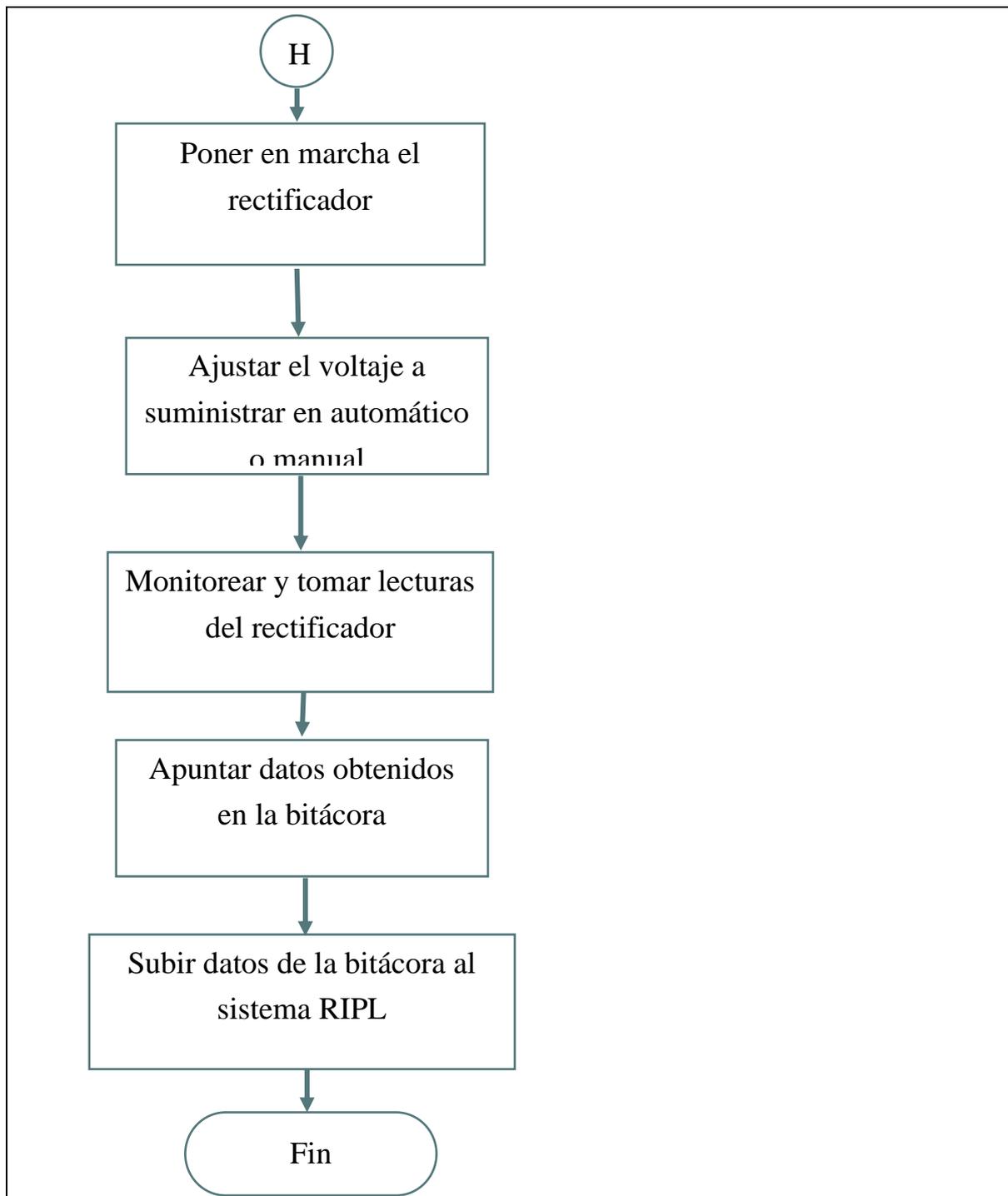
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 23 de 26

	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



<b>ELABORADO POR:</b> Jorge Oswaldo Barragán Gómez	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Carlos Enrique Muñoz Castillo
--	---	---

Hoja 24 de 26

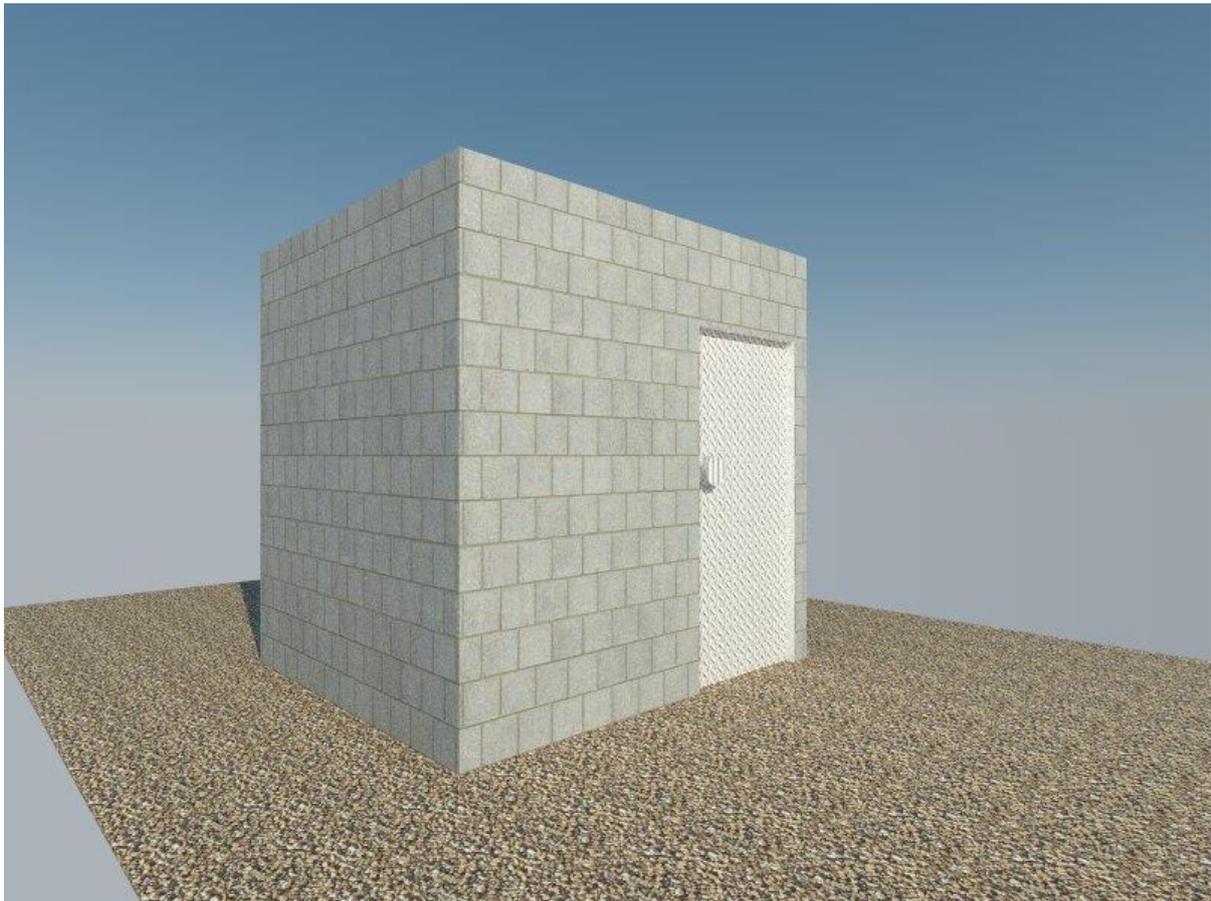
	<b>Procedimiento Sistema de Protección Catódica</b>	Clave: PSPC-SCM-PE-001
		Revisión: 00
		Clasificación: CORR
		Fecha: 21/07/20



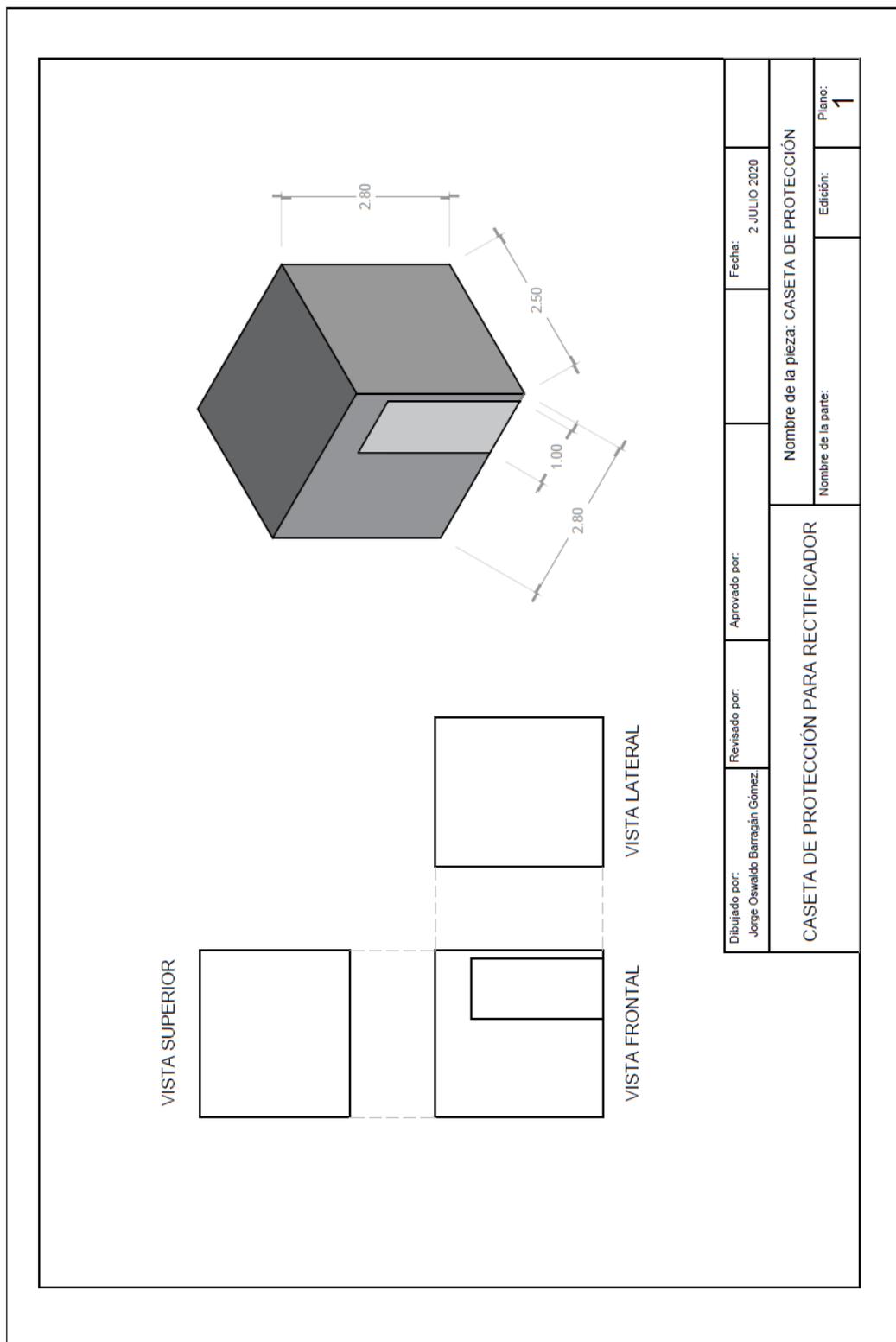




**Simulación en tercera dimensión de la caseta para el rectificador.**

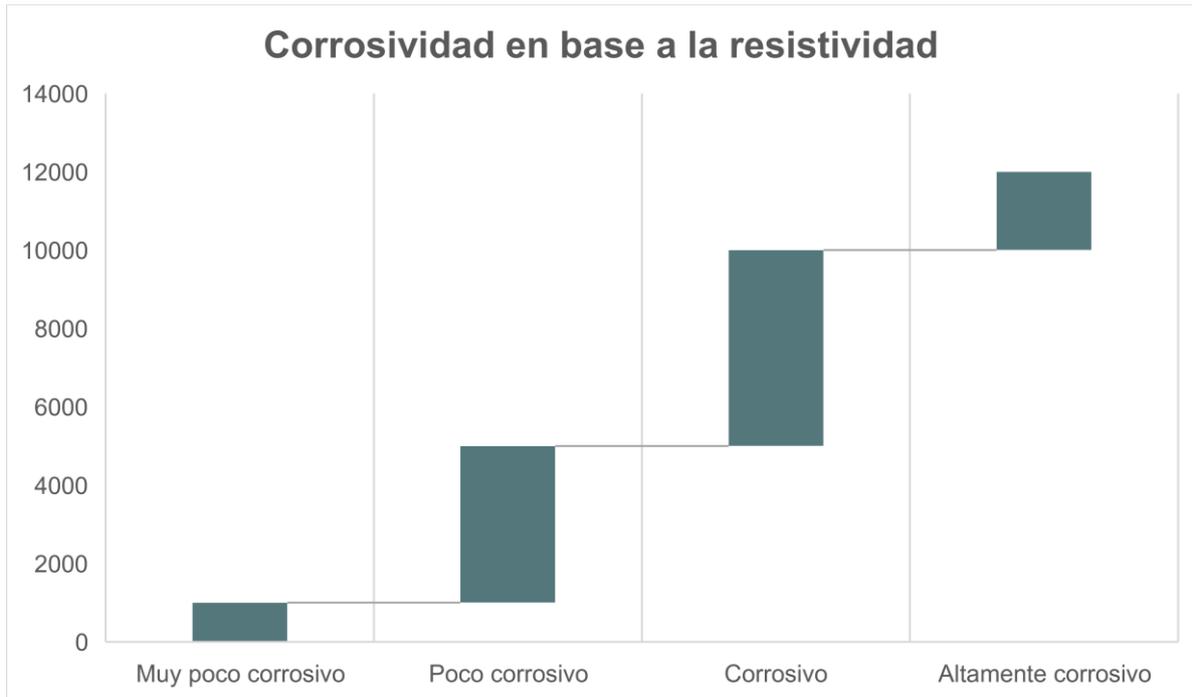


**Plano de la caseta para el rectificador con vistas superior, frontal y lateral realizado en AutoCAD.**



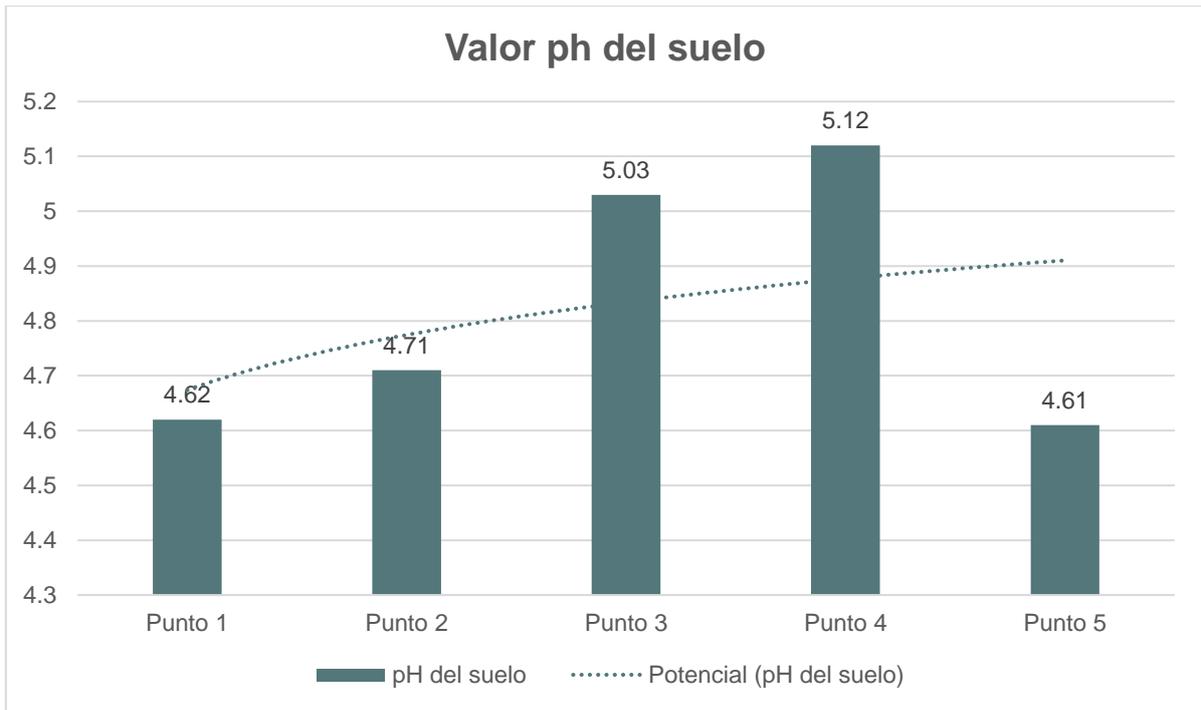
## Resultados

Después de analizar diversa información, se llegó a la conclusión que en zonas donde existe una abundante vegetación, reduce significativamente la corrosividad; sin embargo, en terrenos de baja altitud y de clima húmedo, tienden a tener un mayor índice de corrosión. Todo esto se fundamenta con la siguiente gráfica.



*Ilustración 8. Gráfico de corrosión basado en resistencia*

El comportamiento de los siguientes resultados fue analizado en una temperatura media de 28 a 34 grados centígrados; dicha tabla refleja el pH suelo del área. El pH es el nivel de ácido presente en las capas del suelo y se puede visualizar que las áreas con mayor vegetación tienen menor ácido; y los terrenos con humedad, presentan una acidez mayor.



*Ilustración 9. Gráfico acidez del suelo*

Para finalizar, de acuerdo con los resultados de 15 ánodos y cada uno con una masa anódica de 15 kilogramos, aplicando una corriente de 13.175 Amperes, se tiene una efectividad del Sistema de Protección Catódica en un 96.5 %. Dichos ánodos tienen una estimación de vida útil de 15 años.

### Efectividad de combate a la corrosión con SPC

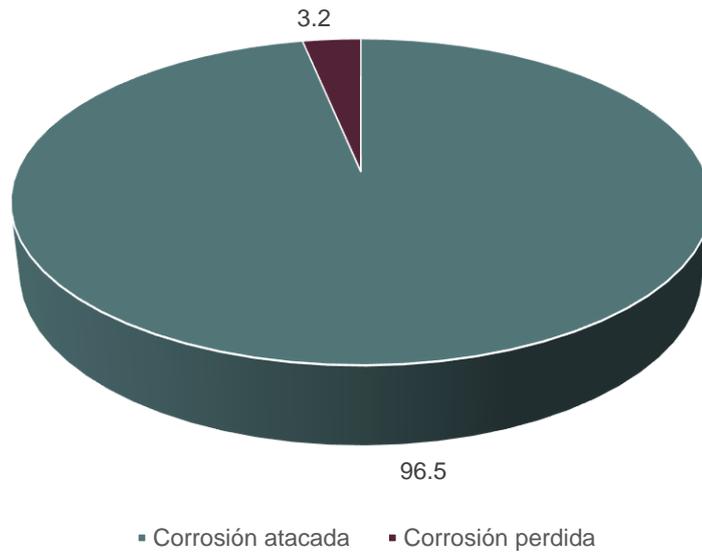


Ilustración 10. Gráfico de efectividad de un SPC

### Efectividad de combate a la corrosión sin SPC

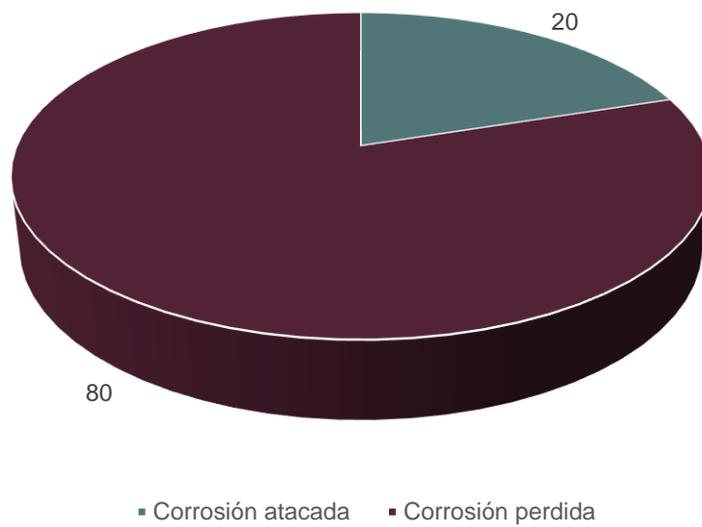


Ilustración 11. Gráfico de corrosión sin SPC

## **Conclusión y Trabajos Futuros**

Como trabajo futuro, se podría hacer otro procedimiento en base al recubrimiento interno de los ductos en las áreas más vulnerables; además, sería importante realizar un plan de mantenimiento preventivo hacia los rectificadores, para que dichos aparatos, prolonguen su tiempo de vida y, sobre todo, cumplan eficazmente con su función, permitiendo salvaguardar la integridad humana y del área de trabajo.

## Referencias

1. Caro, D. A. R., López, E. V., & Barajas, H. M. M. (2016). Diseño e implementación de un sistema de adquisición y monitoreo de datos (shm) para un rectificador de protección catódica usado en ductos.
2. Amador, J., & Genesca, J. (2002). Simulación de un sistema de protección catódica por el método de diferencias finitas.
3. Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (2002). Protección catódica con ánodos galvánicos. *Universidad Tecnológica Nacional, La Plata*.
4. Hernández, J. D. R. T., Meraz, E. D. A., & Veleza, L. (2017). Evaluación de un sistema de protección catódica de un gasoducto enterrado.
5. Rodríguez, J. C., & CASALLAS, N. A. P. (1995). Programa para el diseño de sistemas de protección catódica con ánodos de sacrificio. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA. Santa Fe de Bogotá*.
6. López Rivera, E. (2017). Diseño de un sistema de protección catódica.
7. Medina, C., Marcial, F., Beltrán, A., Bravo, M., & Chuquín, D. (2019). Evaluación del sistema de protección catódica a los tanques de almacenamiento de combustible.
8. Barrera, J. L., & Peña, J. (2011). Evaluación de la distribución de corrientes y potenciales eléctricos en un sistema de protección catódica en tuberías.
9. Ramírez, K. Y. M., de Verano Delfín, P., & López, T. P (2016). Evaluación de la relación del área del ánodo y del cátodo en la protección del acero a través del sistema de Protección Catódica utilizando Ánodos de Magnesio.
10. Alejandro, P., & Patricio, E. (2012). *Diseño del sistema de protección catódica por corrientes impresas para el ducto de GLP desde la estación de bombeo FLOPEC hasta la estación de almacenamiento Monteverde* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2012.).
11. Barrera Cruz, J. L. (2011). *Evaluación de la distribución de corrientes y potenciales eléctricos en un sistema de protección catódica en tuberías*.
12. Tamayo Gutiérrez, P. S. (2009). *Diseño de un sistema de protección catódica en líneas enterradas de un tramo del Oleoducto secundario Sacha-Lago Agrio*. Quito.
13. Méndez Pérez, A. (2016). Protección catódica: ánodos de sacrificio.
14. Ramírez Ballabriga, C. (2014). Protección catódica contra la corrosión del gasoducto Lumbier-Beriain-Urroz.

15. Adarme Caballero, L. O. (2014). *Protección Catódica De La Tubería Del Ramal De Gas A La Estación De Servicio En La Mina Pribbenow De La Drummond Ltd.* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Química).
16. Cartagena, I., & Santiago, W. (2009). *Diseño y construcción de un sistema automático de monitoreo de la protección catódica de las líneas enterradas en el bloque 16 de REPSOL YPF.* Quito.
17. Loachamin Nasimba, J. P. (2019). *Diseño y simulación de protección catódica en la Industria Petrolera.*
18. Carvajal López, M. A. (2011). *Inspección Y Mantenimiento Preventivo Y Correctivo De Los Sistemas De Protección Catódica Gasoducto Troncal Centro oriental Y Ramales, De Propiedad De La" Transportadora De Gas Internacional Tgi"* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Química).
19. Rincón Roa, I. F. (2017). *Modelo De Mantenimiento Basado En Rcm Para Las Unidades Rectificadoras De Protección Catódica (Urpc) Para Un Gasoducto De Transporte* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Mecánica).
20. So, Á., Valdez, B., Schorr, M., Carrillo, M., Ramos, R., & Curiel, M. (2013). Materiales y corrosión en la industria de gas natural. *Corrosión y protección de la infraestructura industrial, capítulo XX.*

1.