



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y

CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR
CORRIENTE IMPRESA EN ACUEDUCTOS DE TRANSPORTE DE
AA.PP.**

TUTOR

MsC., MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES.

AUTORES

JOSÉ ANDRÉS LUCAS NEIRA

ANA MARÍA NAULA PERALTA

GUAYAQUIL

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA.PP.	
AUTOR/ES: Lucas Neira José Andrés Naula Peralta Ana María	REVISORES O TUTORES: MsC. Calero Amores Marcial Sebastián
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer nivel
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 77 páginas
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción	
PALABRAS CLAVE: Catódica, Ánodo, Galvánico, Electroquímico, acero, potencial, corrosión	
RESUMEN: La protección catódica por corriente impresa en acueductos, que fue diseñada en este proyecto, se dio por la necesidad de mejorar los sistemas de agua potable en tuberías	

existentes cuyo material es acero, el cual se corroe con el pasar de los años. En este caso se planteó en una tubería existente de 700mm de acero.

Para la ejecución de este trabajo se tomaron muestras del material encontradas en sitio para la realización de estudios tales como: resistividad del suelo utilizando un medidor (telurómetro), se hicieron 8 puntos de muestras a varios metros y profundidades para analizar la conductividad eléctrica detalladas más adelante, también se realizó estudio químico para el cual se utilizó 5 muestras de lodo que se tomaron para llevar a cabo las pruebas de cloruro, pH y sulfatos, se realizó una valoración mecánica para evidenciar el control del potencial emitido de los ánodos hacia la tubería y además un análisis eléctrico para obtener el potencial necesario para activación del lecho anódico.

Una vez recogida esta información, se procedió al desarrollo de tablas y cálculos para la definición de las técnicas constructivas, desarrollo, la estimación de ánodos a utilizar y cálculo de tiempo de vida útil.

La aplicación de este proyecto dependerá de la relación de costos y de la utilización de los diferentes ánodos en este caso se comparó entre ánodo de aluminio con un valor de \$93.105,24 y ánodo de magnesio \$82.887,16, en el que se consideró el presupuesto con ánodo de magnesio debido que el tiempo en ejecución es menor y su costo. Por lo que este trabajo está considerando el diseño de protección catódica con ánodos de magnesio.

Cabe indicar que esta protección a tuberías ante corrosión puede ser implementada en tuberías nuevas, realizando los estudios antes de la instalación y en este caso intervendrán costos adicionales.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

<p>CONTACTO CON AUTOR/ES:</p> <p>Lucas Neira José Andrés</p> <p>Naula Peralta Ana María</p>	<p>Teléfono:</p> <p>0962197033</p> <p>0993925628</p>	<p>E-mail:</p> <p>jlucasn@ulvr.edu.ec</p> <p>anaulap@ulvr.edu.ec</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>Mgr. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde</p> <p>Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción.</p> <p>Teléfono: (04)259 6500 Ext. 210</p> <p>E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg. Ing. Civil Alexis Valle Benítez</p> <p>Director de la Carrera de Ingeniería Civil.</p> <p>Teléfono: (04)259 6500 Ext. 242</p> <p>E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA EN ACUEDUCTOS DE TRANSPORTE DE AA.PP.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

2

es.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

3

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1%

4

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

unidadeducativatrajanonaranjo.blogspot.com

Fuente de Internet

<1%

6

repo.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

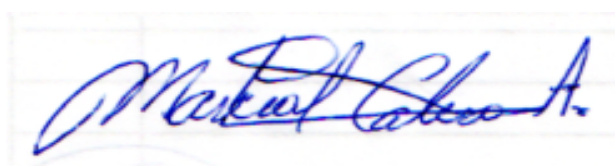
<1%

8

www.megabras.com

Fuente de Internet

<1%



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados José Andrés Lucas Neira y Ana María Naula Peralta, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA.PP.**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Firma:

José Andrés Lucas Neira

C.I. 0931597033



Firma:

Ana María Naula Peralta

C.I. 0926387663

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA.PP., designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA.PP., presentado por los estudiantes José Andrés Lucas Neira y Ana María Naula Peralta como requisito previo, para optar al Título de Ingeniería Civil, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MsC., MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

C.C.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer en este espacio en primer lugar a Dios también hago extenso este reconocimiento a la ayuda de la cual gentilmente en esta etapa de estudio me han sido otorgada por parte de colegas y familiares, sin embargo merece reconocimiento especial mi madre y mi padre mismos que han sido pilar fundamental y mentores , no tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo incondicional en cada decisión que he tomado a lo largo de mi vida, también a mi hermana ,no puedo dejar de agradecer también a mi compañera de tesis por la paciencia y motivaciones para cumplir con la meta de la obtención del título, a nuestro tutor que con sus conocimientos y aporte ha logrado en mi culminar mis estudios con éxitos y por su puesto a mi querida Universidad por la orientación y guía en el desarrollo de esta investigación.

José Andrés Lucas Neira

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres José, Silvia y mi hermana Silvia Nicole por el apoyo incondicional que me han brindado durante todo este proceso.

José Andrés Lucas Neira

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme cumplir lo que más he anhelado, obtener mi título universitario, a mi familia, mi papá Rodolfo Naula, mi mamá Ana Peralta, mis hermanas Katherine, Andrea, a mi sobrina Dannia, quienes me alentaban a continuar y no decaer. A mi amor Alex Acurio quien estuvo en los últimos semestres dándome su apoyo incondicional, a Lorena Córdova por ayudarme a buscar información indispensable para el proyecto, a mi compañero de tesis por no darse por vencido en los momentos más complicados del proyecto, a nuestro tutor el Ing. Marcial Calero por tenernos paciencia e incentivarnos a mejorar nuestro trabajo, a mis profesores grandes profesionales quienes nos inculcaron a querer esta profesión y a la Universidad por todo lo aprendido.

Ana María Naula Peralta

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la persona que siempre quiso ver este triunfo y hoy me acompaña desde el cielo.

Dedicado a mi PAPÁ.

Ana María Naula Peralta

ÍNDICE GENERAL

PORTDA	i
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema	2
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Idea a Defender	3
1.6.1. Variable independiente	3
1.6.2. Variable dependiente	3
1.7. Línea de Investigación Institucional/Facultad	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Marco teórico técnico	5
2.2.1. Diseño	5
2.2.2. Corrosión	6
2.2.3. Tipos de corrosión	7
2.2.4. tipos de protección anticorrosivas en metales	8
2.2.4.1. protección con recubrimientos	8
2.2.4.2. Protección catódica	8
2.2.4.2.1. Protección catódica por corriente impresa	9
2.2.4.2.2. Protección catódica por ánodos de sacrificio	10
2.2.5. Métodos de protección catódica	11
2.2.6. Ánodos en sistemas por corriente impresa	12
2.2.7. Acueductos	12
2.2.7.1. Normas ASTM	12
2.2.8. Equipos para protección catódica con corriente impresa	14
2.2.9. Cálculos aplicados para el diseño de protección catódica	14
2.2.9.1. Área a proteger	14
2.2.9.2. Densidad de corriente	14

2.2.10.	Ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de protección anticorrosiva.....	15
2.2.10.1.	Protección por recubrimientos metálicos.....	15
2.2.10.2.	Protección catódica con corriente impresa	15
2.2.10.3.	Protección catódica por ánodos.....	16
2.3.	Marco Legal.....	17
CAPÍTULO III.....		19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		19
3.1	Metodología.....	19
3.1.1	Introducción	19
3.2	Desarrollo	20
3.2.1	Ubicación del proyecto.....	21
3.2.2	Datos de la Estructura	22
3.2.3	Diseño del sistema de Protección Catódica	22
3.2.4	Medición de Resistividad Eléctrica del Suelo	22
3.2.5	Resultados Obtenidos	26
3.2.6	PH del Suelo.....	26
3.2.7	Análisis Químico del Suelo	28
3.2.8	Consideraciones Iniciales.....	31
3.2.9	Cálculo de área de Protección.....	31
3.2.10	Estimación de la Corriente Requerida.....	31
3.2.11	Estimación de las Resistencias Relevantes del Circuito de Protección	32
3.2.11.1	Resistencia del Recubrimiento al Terreno Remoto.....	32
3.2.11.2	Resistencia del Lecho de Ánodos	32
3.2.11.3	Estimación de la Cantidad de Ánodos Requeridos.....	33
3.2.11.4	Cálculo de vida útil de la protección catódica.....	33
3.2.11.5	Configuración de los Lechos de Ánodos.....	34
3.2.12	Consideraciones de la Instalación de los 30 ánodos	34
3.2.13	Armado y montaje de la caja de paso JB#1.....	35
3.2.14	Instalación de puntos de conexión en el acueducto.....	36
3.2.15	Instalación de electrodo de Referencia.....	36
3.2.16	Armado y montaje de la caja de paso JB#2(-).....	36
3.2.17	Criterios de Protección Catódica.....	37
3.2.18	Diseño del Lecho del Ánodos	38
3.2.19	Dimensionamiento del Rectificador.....	39

3.2.20	Montaje e instalación de Transformador Rectificador 120V-40A.....	41
3.3	Tipo de investigación.....	42
3.4	Enfoque	42
3.5	Técnica e instrumentos	42
3.6	Población.....	47
3.7	Muestra	48
3.8	Resultados obtenidos.....	48
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Línea de investigación</i>	3
Tabla 2. <i>Clasificación de los tipos de corrosión y sus procesos</i>	7
Tabla 3 <i>Propiedades químicas acero ASTM A36</i>	13
Tabla 4 <i>Propiedades mecánicas acero ASTM A36</i>	13
Tabla 5 <i>Propiedades físicas acero ASTM A36</i>	13
Tabla 6. <i>Ventaja y limitaciones de la protección por recubrimientos metálicos</i>	15
Tabla 7. <i>Ventaja y limitaciones de la protección catódica con corriente impresa</i>	15
Tabla 8. <i>Ventaja y limitaciones de la protección catódica por ánodos</i>	16
Tabla 9. <i>Características de la tubería de derivación DN700</i>	22
Tabla 10. <i>Resistividad de Suelo vs Grado de Corrosividad</i>	23
Tabla 11. <i>Resultados de la resistividad del suelo medida a varias profundidades</i>	24
Tabla 12 <i>Resultados del pH superficial de suelo</i>	27
Tabla 13 <i>Efecto de pH, cloruros y sulfatos en la Corrosión del Acero en Suelo</i>	28
Tabla 14 <i>Resultados del análisis químico de las muestras de suelo</i>	29
Tabla 15 <i>Encuesta pregunta 1</i>	44
Tabla 16 <i>Encuesta pregunta 2</i>	45
Tabla 17 <i>Encuesta pregunta 3</i>	45
Tabla 18 <i>Encuesta pregunta 4</i>	46
Tabla 19 <i>Presupuesto con ánodo de magnesio</i>	48
Tabla 20 <i>Presupuesto con ánodo de aluminio</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Esquema de un sistema de protección catódica por corriente</i>	9
Figura 2. <i>Protección catódica por corriente impresa</i>	10
Figura 3. <i>Ánodo de magnesio</i>	10
Figura 4. <i>Ánodo de zinc</i>	11
Figura 5. <i>Ánodo de aluminio</i>	11
Figura 6. <i>Protección catódica por ánodo de sacrificio</i>	11
Figura 7. <i>Ubicación área de trabajo</i>	21
Figura 8. <i>Esquema típico de Medición de Resistividad de Suelo</i>	23
Figura 9. <i>Resultados estadísticos</i>	25
Figura 10. <i>Muestras tomadas cada 35 metros</i>	26
Figura 11. <i>Resultados estadísticos</i>	27
Figura 12. <i>Muestras tomadas cada 62.50 metros</i>	30
Figura 13. <i>Esquema de Cajetín JB #1 - #2</i>	37
Figura 14. <i>Esquema típico de un lecho de ánodos semi profundo</i>	38
Figura 15. <i>Esquema típico de un lecho de ánodos horizontal</i>	38
Figura 16. <i>Zanja tipo</i>	41
Figura 17. <i>Resultado estadístico</i>	44
Figura 18. <i>Resultado estadístico</i>	45
Figura 19. <i>Resultado estadístico</i>	46
Figura 20. <i>Resultado estadístico</i>	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Especificaciones tubería D=700mm</i>	55
Anexo 2 <i>Detalles de instalación de sistema eléctrico</i>	57
Anexo 3 <i>Detalles de cajas de paso</i>	58
Anexo 4 <i>Sistema de protección catódica</i>	59
Anexo 5 <i>Presupuesto con ánodo de aluminio</i>	60
Anexo 6 <i>Presupuesto con ánodo de magnesio</i>	61
Anexo 7 <i>Especificaciones ánodo de magnesio</i>	62
Anexo 8 <i>Registro fotográfico</i>	63

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido vital para los seres vivos, se entiende por qué las civilizaciones buscaban asentarse cerca de los ríos para poder suministrar este servicio a sus hogares. Al pasar el tiempo se fue convirtiendo en una necesidad purificarla ya que ocasionaba enfermedades. En la actualidad el suministro y abastecimiento del mismo, es primordial para el mundo. Cabe mencionar que el agua cuando entra a un sistema de servicio, empieza desde un proceso de tratamiento y desinfección hasta el abastecimiento a la comunidad y de este resultan cambios debido a sus características físicas, químicas y biológicas, ya que cumplen con normas dependiendo del País.

En este caso en las redes de acero en donde el problema es la corrosión, lo que genera daños tanto en la tubería como en la salud de los habitantes ya que afecta en la calidad del agua y vida útil de la obra. Es por ello, considerar una buena elección de materiales para distinguir el comportamiento de los componentes que pueden afectar al agua.

La preservación del agua potable es fundamental ya que la demanda de este recurso crece rápidamente, lo que ocasiona mantenimientos constantes y creación de nuevos diseños de sistemas de conductividad hídrica para mejorar el servicio de agua potable ya que se ven expuestos por efectos físicos y químicos. Es por esta razón que se plantea diseñar un sistema de protección catódica por corriente impresa para mantener la vida útil de la tubería metálica, mejorar la calidad del agua para consumo humano y a su vez reducir gastos de mantenimientos.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Tema

Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA.PP.

1.2.Planteamiento del Problema

Los constantes problemas presentados o causados por la corrosión en los sistemas de conducción de agua potable, que por lo general son de estructura metálica, pueden ser de carácter urgente por lo que se debe atender con el fin de dar alternativas de reparación, resultante de problemas que afectan tanto interna como externamente, se debe considerar las variables que influyen en el daño de dichas estructuras por las problemáticas que pueden llegar a acarrear. La corrosión en sistemas hidráulicos, en accesorios o en estructuras metálicas matriz se ve principalmente debido a que se encuentran expuestas o en ocasiones enterradas.

La necesidad de un método que evite la corrosión en los acueductos de agua potable, llevó a implementar un sistema de protección en las tuberías de acero, cuya consecuencia al no ser atendida a tiempo desencadenaría una serie de problemas, tales como, la pérdida de la integridad de la estructura en mención, aumento de pérdida de caudal y de presión, dando como resultado la contaminación del agua potable convirtiéndose así en un peligro social y ambiental.

De esta manera, en el presente estudio se planteará un diseño de protección catódica con el fin de mejorar los sistemas de prevención contra la corrosión en acueductos de agua potable.

1.3.Formulación del Problema

¿De qué manera el sistema de protección catódica por corriente impresa mejoraría a la mitigación de corrosión de los acueductos de transporte de AAPP?

1.4.Objetivo General

Diseñar un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de agua potable utilizando ánodos de magnesio evaluando eficiencia física y calidad del servicio a los usuarios.

1.5.Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y químicas del área de estudio empleando el diseño de protección catódica para el mejoramiento de la calidad del servicio.
- Definir las técnicas constructivas en el sistema de protección catódica por corriente impresa.
- Evaluar la eficiencia, relacionando aspectos económicos de la protección catódica por corriente impresa utilizando ánodo de magnesio y ánodo de aluminio.

1.6.Idea a Defender

Con el establecimiento de un sistema de protección catódica efectiva de acuerdo a la utilización del ánodo de sacrificio de magnesio se puede contrarrestar el efecto de la corrosión en los acueductos de agua potable (AAPP)

1.6.1. Variable independiente

- Sistema de protección catódica por corriente impresa

1.6.2. Variable dependiente

- Acueducto de agua potable

1.7.Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1. Línea de investigación

Dominio	Línea institucional	Líneas de la facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción

Adaptado: FIIC (2019)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La mayoría de las construcciones como, edificaciones, viviendas, muelles, puentes, presas, tuberías de acero, hormigón prensado, entre otros, son estructuras de acero, mismas que deberían estar diseñadas para resistir determinado tipos de cargas, sin embargo estas suelen tener complicaciones a lo largo del tiempo, puesto que en muchas ocasiones, no se diseñan para que sean resistentes a las acciones y condiciones ambientales, es por ello que este proyecto consiste en el “Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de transporte de AA. PP.

El sistema de protección catódica está diseñado para ser aplicable a los metales que están rodeados por agua o humedad del suelo y a estructuras que se encuentran expuestas y que contienen fluidos corrosivos. Cuando una de estas estructuras a las que se quiere proteger se encuentra instalada o sumergida, sin ningún tipo de protección catódica, es propensa a sufrir corrosión debido a las reacciones electroquímicas, al estar expuesta con el suelo, por lo que termina en el deterioro prematuramente del activo instalado. En forma general, la protección catódica se aplica en los siguientes equipos, de acuerdo con los distintos ambientes en que se presenta la corrosión:

Ambiente atmosférico. -

- Intercambiadores de calor
- Tanques de almacenamiento
- Separadores
- Desaladoras

Ambiente subterráneo. -

- Ductos
- Bases de torres de redes eléctricas
- Bases de equipos de proceso

Ambiente marino. -

- Bases de plataformas
- Aireadores
- Barcos
- Submarinos

La protección catódica se define como “el 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”. Esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa o la unión de un material de sacrificio (comúnmente magnesio, aluminio o zinc). Si nos enfocamos en las estructuras de acero como los acueductos, empezamos a recordar que son bienes muy importantes para la comunidad, cuando existen fugas de agua por motivo de picaduras por corrosión, no solo existe grandes pérdidas del líquido vital también demandan grandes gastos atribuidos para su reparación, daños al medio ambiente y multa por penalizaciones, todo esto genera mala imagen o reputación a la empresa responsable de los acueductos.

Normalmente, el método es aplicable a estructuras de hierro y acero, pero, también, se usa en grado limitado en plomo, aluminio y otros metales. Se debe recordar que el cátodo es aquel electrodo donde se desarrolla la reacción de reducción y prácticamente no ocurre corrosión alguna. Antes de aplicar la protección catódica, las estructuras corrosivas presentan áreas catódicas y anódicas (estas son aquellas donde la estructura se corroe). Por lo tanto, si todas las áreas anódicas se pudieran convertir en catódicas, la estructura completa funcionaría como un cátodo y la corrosión sería eliminada.

2.2. Marco teórico técnico

2.2.1. Diseño

De acuerdo a Mera (2018), el diseño es de suma importancia para la prevención de la corrosión, es por ello que se debe considerar varios requerimientos mecánicos:

- Emplear soldadura para unir las diferentes piezas en vez de usar remaches, siempre que esto sea posible.
- Evitar las uniones imperfectas que dejen hendiduras o rendijas entre las partes, para evitar los fenómenos de aireación diferencial.

- Diseñar cualquier contenedor de manera tal que se puedan drenar con facilidad, evitando cualquier hueco donde pueda retenerse el líquido después del drene.
- Hacer un diseño tal que permita el fácil reemplazo de piezas que se espera que fallen rápidamente.
- Evitar la concentración excesiva de esfuerzos mecánicos en los componentes expuestos a medios corrosivos.
- Evitar el contacto eléctrico entre piezas de diferente metal, para evitar la corrosión galvánica.
- Las entradas de soluciones concentradas deberán situarse lejos de las superficies para que no se generen celdas de concentración diferencial.
- Cuando estén involucrados flujos a alta velocidad o que contengan sólidos en suspensión, se deben evitar cambios bruscos de dirección y de sección de la tubería.
- Proporcionar más grosor a las estructuras que estén expuestas a impactos.
- Evitar sobrecalentamientos locales durante las operaciones de transferencia de calor, situando la fuente de calor lejos de las paredes. Así mismo, evitar zonas de enfriamiento que puedan generar condensados en la superficie.
- Diseñar de manera tal que pueda eliminarse el oxígeno disuelto en el electrolito, y reducir así la corrosión.
- Fácil acceso para las operaciones de mantenimiento.
- La regla principal engloba en general a todas las anteriores: Evitar la heterogeneidad en la medida de lo posible.

2.2.2. Corrosión

La corrosión es el proceso de degradación y destrucción de un material metálico, debido a la reacción de oxidación que se genera en el momento que el metal puro entra en contacto con el medio ambiente, los metales se encuentran en la naturaleza en forma de compuestos químicos con el nombre óxidos y sales, a partir de estos minerales, empieza el proceso de extracción del componente metálico, el cual debe ser refinado para obtener un metal puro, para transformar los compuestos en metales, se realizan varios procesos mecánicos, químicos y eléctricos, durante estos procesos, el metal absorbe energía, lo que determina su potencial o grado de actividad.

Este potencial debe ser relativamente alto para los metales, tales como, el magnesio, aluminio y hierro, y bajo para metales como la plata y el cobre. Las reacciones de corrosión que se presentan son reacciones de oxidación/reducción que se dan en una celda de corrosión, mismas que se forman a partir de una mínima diferencia de potencial en áreas de superficie metálica, la diferencia de potencial, es el resultante del flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo. (Martínez J. P., 2019)

2.2.3. Tipos de corrosión

Existen diferentes tipos de corrosión y estos se clasifican de acuerdo con el mecanismo de ataque, por el medio corrosivo, por su morfología y muchas veces por factores mecánicos que intervienen en el proceso (Santiago, 2020), como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los tipos de corrosión y sus procesos

Mecanismo	Medio agresivo	Morfología	Acciones Físicas Simultáneas	Sectores Industriales
Oxidación directa (corrosión química o seca)	Atmosférica	Uniforme	Erosión - Corrosión	Transporte
	De estructuras sumergidas	Galvánica		Corrosión bajo tensión
		De estructuras enterradas	Por picaduras	
	Corrosión electroquímica o húmeda	Por gases calientes	Intergranular	Corrosión por cavitación
En lámina de cuchillo			Corrosión por frotamiento	
Por sales fundidas		Exfoliante	Corrosión - fatiga	Industria alimentaria
Por ácidos	En resquicios			
Corrosión atmosférica	Atmósfera	Ambientes exteriores e interiores	Humedad	Construcción

Corrosión en aguas	Acuoso – Inmersión en agua	Por aguas blandas	Alcalinidad	Aplicaciones marinas Construcción
Corrosión en suelos	Suelo	Estructuras subterráneas o enterradas	Erosión - Corrosión	Construcción

Adaptado de: (Santiago, 2020)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

2.2.4. tipos de protección anticorrosivas en metales

2.2.4.1. protección con recubrimientos

Según (López, 2017) indica que, se puede proteger el metal con:

- Recubrimientos galvanizados: Al metal se lo sumerge en el zinc fundido con la finalidad que este tenga más durabilidad frente a la corrosión.
- Recubrimiento en estaño: Al metal se lo sumerge en estaño creando una capa delgada sobre la tubería metálica.
- Recubrimiento con plomo: Al metal se lo sumerge en plomo creando un determinado espesor de recubrimiento, cabe indicar que éste tiene efectos nocivos.
- Recubrimiento con aluminio: Éste presenta resistencia a la corrosión.

2.2.4.2. Protección catódica

Para la protección catódica el propósito primordial es proveer al metal los electrones que ha perdido mediante el proceso de oxidación, este suministro de electrones se puede realizar por dos vías, ya sea por ánodos de sacrificio o por corriente impresa. (Nasimba, 2019)

Hernández (2019) afirma que, la protección catódica se basa en los principios de la corrosión galvánica, la cual se logra mediante la fluidez de una corriente catódica a través de la interfase metal – electrolito, promoviendo una cantidad suficiente de electrones lo que servirá para favorecer la reacción de reducción, sin embargo, el flujo de los electrones se puede lograr mediante los siguientes métodos:

2.2.4.2.1 Protección catódica por corriente impresa

Según Santos (2021), es obtenida de un proveedor externo, por lo general de un transformador rectificador a partir de una fuente de corriente alterna, es decir que este procedimiento consiste en unir eléctricamente la estructura, la cual se va a tratar de proteger, con el polo negativo de una fuente de alimentación de corriente continua y el positivo con un electrodo auxiliar que cierra el circuito.

De esta manera se logra que la corriente fluya a través de un ánodo fijo con dirección al electrolito, donde va a pasar a la estructura a proteger, de esta manera se logra crear una ventaja, donde la cantidad de corriente de protección suministrada, no estará limitada por la diferencia de potencial entre el ánodo y la estructura, es por ello que se pueden proteger grandes estructuras con menor número de ánodos y una mayor corriente.

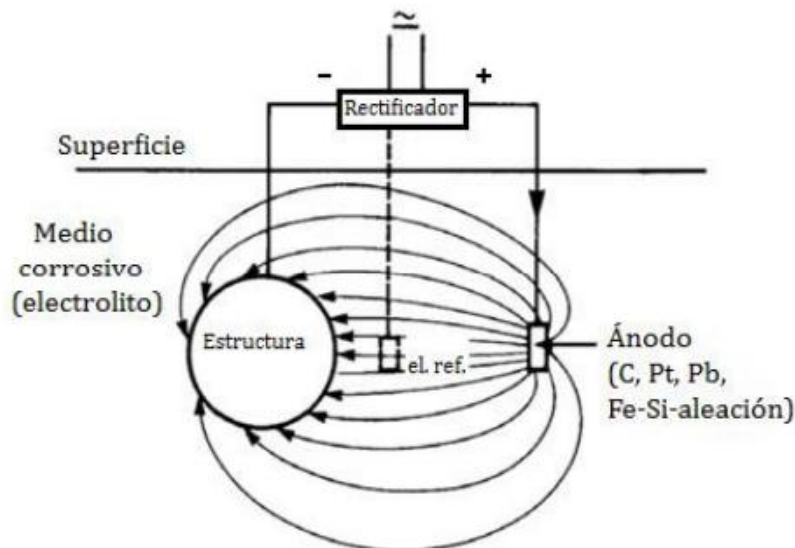


Figura 1. Esquema de un sistema de protección catódica por corriente
Fuente: (Mamani, 2021)

Este tipo de sistemas es uno de los más comúnmente utilizados en estructuras enterradas, en la actualidad diversas estructuras cuentan con este tipo de protección, aun en condiciones ambientales adversas, sin embargo, el uso de los mismo implica una instalación inicial que por lo general suele ser muy costosa por requerir rectificadores de corriente. Los ánodos auxiliares más utilizados son:

- Chatarra de hierro
- Ferrosilicio

- Grafito
- Titanio – Platinado
- Fuente de corriente

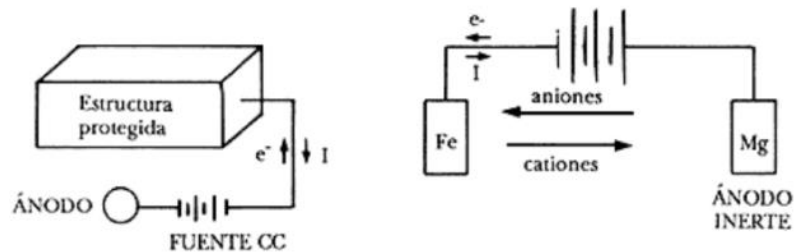


Figura 2. Protección catódica por corriente impresa

Fuente: (López, 2017)

2.2.4.2.2 Protección catódica por ánodos de sacrificio

De acuerdo a Loachamin (2019) Es aquella que se fundamenta en el principio de la protección catódica galvánica, es decir que se basan en la diferencia que existen el potencial electroquímico de los metales. La técnica de protección se basa en conectar de manera eléctrica uno o varios ánodos con el fin de que el potencial sea mayor al del elemento a proteger, por un efecto simple de pila galvánica, esta protección del elemento se obtiene, al destruirse el ánodo, el cual va a ser sacrificado de manera intencional. Los ánodos galvánicos con mayor frecuencia en la utilización de protección galvánica son:

- Ánodos de magnesio: Éste es considerado el más adecuado, es electronegativo, siendo así entre el zinc y aluminio el más apropiado en donde la resistividad del suelo es mayor. Utilizados en agua dulce (López, 2017)



Figura 3. Ánodo de magnesio

Fuente: (López, 2017)

- Ánodos de zinc: Es poco utilizado debido a que se los coloca en lugares donde la resistividad del suelo es menor. Usado en agua salada. (López, 2017)



Figura 4. *Ánodo de zinc*
Fuente: (López, 2017)

- **Ánodos de aluminio:** Es el más liviano entre el zinc y el de magnesio, su resistividad en el suelo es mayor que las otras, pero su aplicación es condicionada debido porque tiende a oxidarse.



Figura 5. *Ánodo de aluminio*
Fuente: (López, 2017)

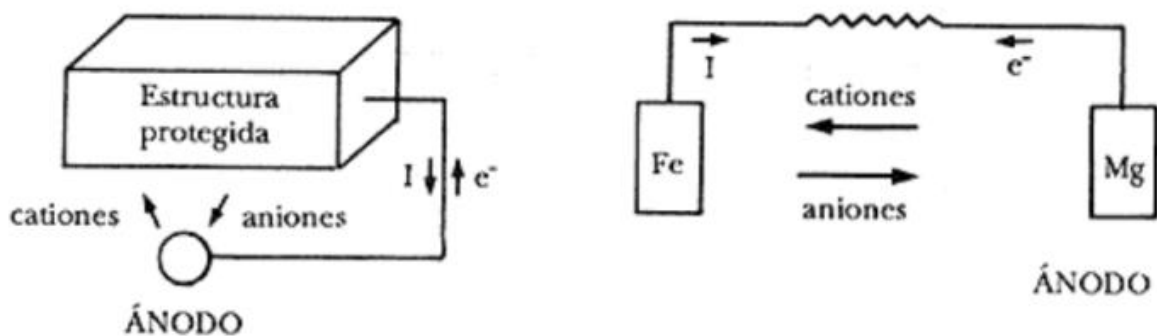


Figura 6. *Protección catódica por ánodo de sacrificio*
Fuente: (López, 2017)

2.2.5. Métodos de protección catódica

Para la protección de estos tipos de corrosión existen acciones comunes en la industria dirigida a la prevención y disminución de la agresividad al ataque sobre las tuberías. Algunas de estas acciones de prevención son una selección de material

correcto, el uso de recubrimientos, el uso de inhibidores y un diseño adecuado de un sistema de protección catódica. (López, 2017)

2.2.6. Ánodos en sistemas por corriente impresa

Según el Estudio para la aplicación de protección catódica (Aroca, 2017), por lo general, estos ánodos se encuentran bañados en material conductor y en un protector conocido como “backfill”, que tiene como objetivo aumentar el área de efectividad del ánodo, con el fin de disminuir su resistencia respecto al electrolito y de esta manera retener los productos de corrosión resultantes de la descarga de corriente.

- Metales preciosos y sus óxidos: mezcla de titanios recubiertos con óxido, cerámicos base óxidos de titanio, tantalio platinado, titanio platinado, niobio platinado, plata platinada, platino sólido.
- Materiales ferrosos: acero, hierro colado, hierro, acero inoxidable, hierro con alto contenido de silicio, hierro al alto silicio y molibdeno, hierro al alto silicio y cromo, magnetita, ferrita.
- Materiales de plomo: plomo con microelectrodos de aleación de platino, plomo, antimonio, plata, plomo/magnetita, dióxido de plomo/titanio, dióxido de plomo/grafito.
- Materiales con carbono: grafito, carbón, hojuelas de grafito, polvo de coque, polímeros conductores, pintura conductora.
- Ánodos consumibles de metales no ferrosos: aluminio, zinc, magnesio.

2.2.7. Acueductos

Se define con un cauce construido artificialmente, el cual tiene como función llevar agua hacia un sitio en particular, este tipo de sistemas, sirve como medio para que el agua fluya desde el espacio donde esta se encuentre de manera natural hasta el lugar donde se requiera ubicar, a través de tuberías con el fin de ser llevadas hasta las viviendas y hogares de una población. (Arboleda Triviño & Ruiz Corredor, 2017)

2.2.7.1. Normas ASTM

American Society for Testing and Materials (ASTM), son denominaciones que establecen para los diferentes tipos de acero, las cuales indican sus especificaciones y requerimientos para que estos puedan ser utilizados.

En este estudio nos enfocaremos en el acero estructural A36, el cual tiene una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 0.29 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso y silicio, para mejorar su resistencia a la tracción y buena fluencia en la soldadura.

Tabla 3 *Propiedades químicas acero ASTM A36*

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
ACERO	C	Si	Mn	P	S	Cu
ASTM A36	0.25-0.29	0.15-0.40	0.60-1.20	0.04	0.05	0.20

Adaptado de: (SUMITEC, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Tabla 4 *Propiedades mecánicas acero ASTM A36*

ACERO	Esfuerzo a la fluencia mínima	Esfuerzo a la tensión	Elongación mínima en 50mm	Módulo de elasticidad
ASTM A36	250 MPa	400-550 MPa	23%	200 GPa

Adaptado de: (SUMITEC, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Tabla 5 *Propiedades físicas acero ASTM A36*

Densidad
7.85 g/cm ³

Adaptado de: (SUMITEC, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

2.2.8. Equipos para protección catódica con corriente impresa

De acuerdo a la revista científica, en el artículo escrito por Figue en él (2020), estos equipos son divididos en 3 ítems:

1. Fuente de energía para corriente impresa: es aquella que debe contar con una fuente de corriente continua, es decir un rectificador.
2. Transformadores – rectificadores estándar: es considerado como el más utilizado para los SPC (sistemas de protección catódica). El transformador que se utiliza puede venir incorporado con cambiador de tomas (Tap) para regular la corriente AC de salida, mismo que puede utilizar transformadores trifásicos o monofásicos, los cuales están asociados a un rectificador trifásico o monofásico.
3. Rectificadores que usan tiristore de silicio (SCR): están incluidos en el proceso de rectificación para poder así tener un mayor control de tensión de rectificación.

2.2.9. Cálculos aplicados para el diseño de protección catódica

2.2.9.1. Área a proteger

Se obtiene a partir de la estructura a calcular y de su forma geométrica. Las ecuaciones son las siguientes: Para tuberías: $\text{Áreas}_{\text{tuberías}} = \pi * D * 0.0254 * L$

Donde:

$\text{Área}_{\text{tuberías}}$: área a proteger de tuberías (metros)

D: Diámetro de la tubería (pulgadas)

L: Longitud de la tubería (metros)

2.2.9.2. Densidad de corriente

Varía de acuerdo a diversos factores como son la temperatura resistividad y la humedad.

Para los ánodos de sacrificio se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$DC' = 73.73 - 13.5 \ln - (\rho)$$

Dónde: DC': densidad de corriente relativa (A/cm²)

ρ : Resistividad del terreno (Ω -cm)

2.2.10. Ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de protección anticorrosiva

2.2.10.1. Protección por recubrimientos metálicos

Tabla 6. *Ventaja y limitaciones de la protección por recubrimientos metálicos*

VENTAJAS	LIMITACIONES
Mayor adherencia y resistencia al desprendimiento.	No producen aislamiento eléctrico o térmico en el metal base.
Mejor ductilidad en general.	Ocasionan en algunos casos modificaciones microestructurales indeseables del sustrato metálico.
Mayor durabilidad relativa.	Son difíciles de aplicar a estructuras de gran tamaño.
Buen conductor eléctrico y térmico.	

Fuente: (Ávila & Genescá, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

2.2.10.2. Protección catódica con corriente impresa

Tabla 7. *Ventaja y limitaciones de la protección catódica con corriente impresa*

VENTAJAS	LIMITACIONES
Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente	Puede causar problemas de interferencia
Un ánodo o lecho anódico puede suministrar una gran corriente	Está sujeto a rotura de la fuente de corriente
Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes	Requiere de una inspección periódica y de mantenimiento
Potencial y corriente variables	Requiere de una fuente de corriente continua

Se puede utilizar en ambientes de resistividad elevada	Posibilidad de condiciones de sobreprotección con daños a recubrimientos y problemas de la fragilización por la acción del hidrogeno
Eficaz para proteger estructuras no recubiertas o mal recubiertas	Conexiones y cables sujetos o roturas
	Tiene un costo elevado

Fuente: (Ávila & Genescá, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

2.2.10.3. Protección catódica por ánodos

Tabla 8. *Ventaja y limitaciones de la protección catódica por ánodos*

VENTAJAS	LIMITACIONES
Fácil de instalar.	Corriente suministrada limitada.
No se necesita de una fuente de corriente continua ni de un regulador de voltaje.	Ineficaz en ambientes de resistividad elevada.
No provoca problemas de interferencia.	Costo inicial alto.
Bajo costo de mantenimiento.	Alto consumo de ánodos para estructuras enterradas mal revestidas y sin revestimiento en agua de mar.
Permite obtener una distribución de corriente uniforme.	
Se puede aumentar el número de ánodos, con el sistema en operación.	

Fuente: (Ávila & Genescá, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Tenemos tres tipos de protección, los recubrimientos podemos utilizar antes de la construcción, la protección catódica por ánodos ésta se utiliza en estructuras pequeñas, es por ello que es una gran ventaja la protección catódica por corriente impresa, ya que ésta es su posibilidad de proteger una gran superficie para eliminar la corrosión. Por otra parte, tanto la diferencia de potencial como la corriente suministrada son variables y de aquí se desprende que el sistema presenta una gran flexibilidad operacional.

Este tipo de sistemas debe ser proyectado con cuidado para no causar problemas de corrientes erráticas, las cuales pueden provocar la corrosión de estructuras vecinas. (Ávila & Genescá, 2018)

2.3. Marco Legal

REGLAMENTO DE RIESGOS DE TRABAJO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

Acuerdo Ministerial 13

Registro Oficial 249 de 03-feb.-1998

Última modificación: 14-jun.-2017

Estado: Reformado

CAPITULO I

DISPOSICIONES QUE DEBEN OBSERVARSE EN EL MONTAJE DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Art. 5.- TOMAS DE TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCION

La toma de tierra y los conductores de protección deben satisfacer las condiciones siguientes:

1. La disposición general de su instalación y los metales que son parte de su composición, deben elegirse de manera que eviten toda degradación ocasionada por acciones mecánicas y térmicas, y resistan la acción corrosiva del suelo, así como los efectos de la electrólisis. (LEXIS FINDER, 2017)

NACE SP0169-2013: Control of External Corrosion on Underground of Submerged Metallic Piping Systems. (NACE international, 2013)

NACE TM0497-2018-SG: Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems. (National Association of Corrosion Engineers (NACE), 2018)

Handbook of Cathodic Corrosion Protection: Theory and Practice of Electrochemical Protection Processes (1997), W. von Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, 3rd Edition. (Baeckmann, Schwenk, & Prinz, 1997)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

3.1.1 Introducción

En la actualidad se dificulta hacer prevalecer una estructura metálica, difiriendo el sector en donde sea la obra, en este caso nos vamos a enfocar en lo que son los recursos hídricos, los cuales como punto principal parten de una red de distribución, este servicio público se lo destina para los millones de habitantes de Guayas, Ecuador.

Por medio de los acueductos matrices son bombeados metros cúbicos de aguas a diferentes sectores de las ciudades, convirtiéndose en una necesidad y un servicio diario para el respectivo consumo, estos servicios potables se consideran para las actividades cotidianas, que para esto se necesita realizar un respectivo proceso desde la captación terminando con la distribución del mismo.

Como ya se había mencionados se busca hacer prevalecer la estructura, como su forma de renovación la cual es necesaria.

Por medio de un proyecto factible, rentable y renovable podemos garantizar una eficiencia en cuanto la vida útil de la estructura, se ha venido desarrollando en países de primer mundo la implementación de sistema de protección catódica por corriente impresa en acueductos de gas, agua potable, oleoductos con el fin de mejorar los sistemas de distribución, por medio del mismo se ha podido desempeñar un sistema sostenible, del cual solo se deberá tener en cuenta, su mantenimiento que por medios de ánodos o un lecho anódico pueda ser un sacrificio para la perseverancia de dicho sistema , el cual actúan como método anticorrosivo de los sistemas y así actuando como agente , dicho sistema tiene un tiempo de vida útil de 20 años, una vez culminado se lo puede reactivar con el mantenimiento el cual incluye el cambio de ánodo o del lecho anódico, con el fin de no exponer la estructura o el acueducto, este tiempo es calculado de acuerdo al equipo técnico del área competente, quien toma en consideración el presupuesto y el respectivo mantenimiento.

3.2 Desarrollo

El presente proceso pretende determinar la cantidad de corriente requerida para proteger catódicamente el acueducto y determinar la cantidad de masa anódica requerida para polarizarlo catódicamente durante los 20 años de vida útil en base al diseño o el tiempo del cual se a toma en consideración para la renovación. La toma de muestras se debe tener en varios puntos estratégicos de los cuales se deberán colocar o ser distribuidos para la toma de potenciales o control de operatividad del sistema de protección catódica. por corriente impresa, una vez obtenidos los resultados en el área mecánica y eléctrica se procederá a la implementación del diseño de protección en el acueducto de agua potable.

Adicionalmente en la parte del sistema electico se usará un TR (Transfo-rectificador); calibrado para el uso del mismo se deberá también tener un alimentador de energía del cual también va puesto a tierra y a energía eléctrica, haciendo que opere el tablero de control o tablero general, mismo que puede ser conectado a un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) con el fin de tener un control exhaustivo.

Previamente para la colocación del lecho anódico se vendrá realizando un estudio técnico como es:

- Laboratorio de Suelo
- Levantamiento Topográfico
- Resistividad de Suelo
- Mecánico

Actividades a desarrollar los cuales serán definidos más adelante:

- Instalación de Rectificador 40A – 100V.
- Instalación de Ánodos MMO, puntos de soldadura en tuberías, cableado y 2 electrodos de referencia
- Instalación de Acometida Principal Etapa #.1
- Excavaciones y sondeos exploratorios.
- Armado de tableros eléctricos Parte #1
- Montaje de PD-TR#1 en cuarto Eléctrico
- Instalación de tubería Eléctrica desde el tablero TDP hasta el PD-TR#1
- Construcción de cajas de paso de hormigón 30x30cm
- Instalación de tubería eléctrica EMT desde PD-TR#1.
- Excavaciones en el terreno para tubería PVC
- Instalación de tubería PVC desde la CP- 1 hasta PD-TR#2.
- Instalación de tubería PVC desde la CP- 1 hasta PD-TR#2.
- Instalación de tubería PVC desde la CP- 1 hasta PD-TR#2.

- Montaje de caseta para el rectificado
- Montaje del equipo rectificador
- Construcción de Bases para cajas de conexiones positivas y negativas
- Armado de Tableros Eléctricos parte#2
- Montaje de caja de conexiones positivas
- Montaje de caja de conexiones negativas.
- Conexiones y puesta en marcha provisional.
- Entrega Parcial de la Obra
- Conexiones y Puesta en Marcha Definitiva.

3.2.1 Ubicación del proyecto

Este proyecto se ha considerado en la Parroquia Chongón de la ciudad de Guayaquil, en la Calle 6 SO, donde se sitúa una tubería de acero de diámetro 700 mm, cuya longitud es de 250 m.



Figura 7. Ubicación área de trabajo

Fuente: “Google earth, 2021”

Elaborado por: Lucas & Naula (2022)

3.2.2 Datos de la Estructura

Las características de la estructura existente a proteger en la cual se implementará la protección catódica por corriente impresa usando ánodos de sacrificio, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 9. *Características de la tubería de derivación DN700*

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	
Material	ACERO, ASTM A-36
Longitud	250 metros
Diámetro exterior	700mm
Espesor nominal	9mm
Recubrimiento exterior	Epóxico, AWWA C210
Espesor de capa seca exterior	40 micras

Fuente: (SUMITEC, 2018)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

El material del acueducto es un acero al carbono ASTM A-36, el cual es una aleación de alta resistencia y bajo contenido de níquel, cobre y fósforo.

3.2.3 Diseño del sistema de Protección Catódica

Debido a que la longitud y el diámetro de la estructura a proteger son relativamente pequeña se ha optado por utilizar un sistema de ánodos galvánicos. El diseño de este sistema está sujeto a variaciones de las condiciones del suelo tales como el porcentaje de humedad, la resistividad eléctrica, la temperatura, la disolución de oxígeno y el pH.

3.2.4 Medición de Resistividad Eléctrica del Suelo

Consiste en el hincado de 4 electrodos metálicos en el suelo que será sujeto de la medición. A través de 2 electrodos se inyecta pulsos de corriente DC y en los 2 electrodos restantes se mide la caída de voltaje, lo que permite obtener la resistividad del suelo a partir de la ley de Ohm. El propósito de las mediciones de resistividad de suelo es establecer el grado de corrosividad que posee el suelo en contacto con una estructura. El

grado de corrosividad de una muestra de suelo en función de su resistividad eléctrica se muestra en la figura 8.

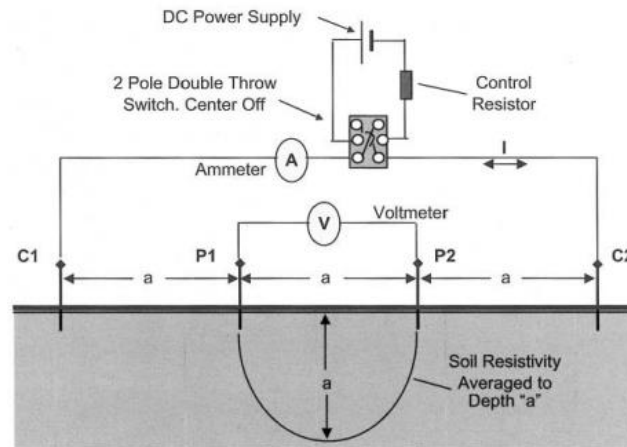


Figura 8. Esquema típico de Medición de Resistividad de Suelo

Fuente: (Torres Hernández, Del Angel Meraz, & Veleza, 2017)

Tabla 10. Resistividad de Suelo vs Grado de Corrosividad

Resistividad (ohm-cm)	Corrosividad
0 - 500	Muy corrosivo
501 - 1000	Corrosivo
1001 - 2000	Moderadamente Corrosivo
2001 - 10000	Ligeramente Corrosivo
Mayor a 10000	Despreciable

Fuente: (Torres Hernández, Del Angel Meraz, & Veleza, 2017)

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

La resistividad del suelo se realizó utilizando el método de los 4 electrodos de Wenner. Este método permite obtener mediciones mucho más acertadas que los otros métodos tradicionales. La corrosividad del suelo en que se encontrará la tubería puede estimarse a partir de la resistividad del suelo (ver tabla 6).

Para nuestro estudio se utilizó el equipo telurómetro G-TET que es un instrumento digital controlado por microprocesador que permite medir la resistividad de puesta a tierra y la resistividad específica del terreno (usando el método de Wenner), así como también puede detectar las tensiones parasitas presentes del terreno.

Por medio este equipo posee la capacidad de medición directa en cuanto la resistividad del suelo y cuyo sistema se encontraría basado en la norma IEC 61557-5. No solo la medición o estudio de la resistividad específica del suelo, con el respectivo objetivo de optimización de los proyectos de sistema puesta tierra, como en los acueductos hídricos.

Las muestras fueron tomadas dentro de los terrenos de Chongón – “Vía a la Costa” en diferentes puntos del recorrido de la tubería a proteger. Se consideraron 8 puntos, en los cuales se tomaron 3 tomas de muestras a diferentes profundidades, con el fin de obtener un mejor resultado para el diseño del sistema de protección del acueducto, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

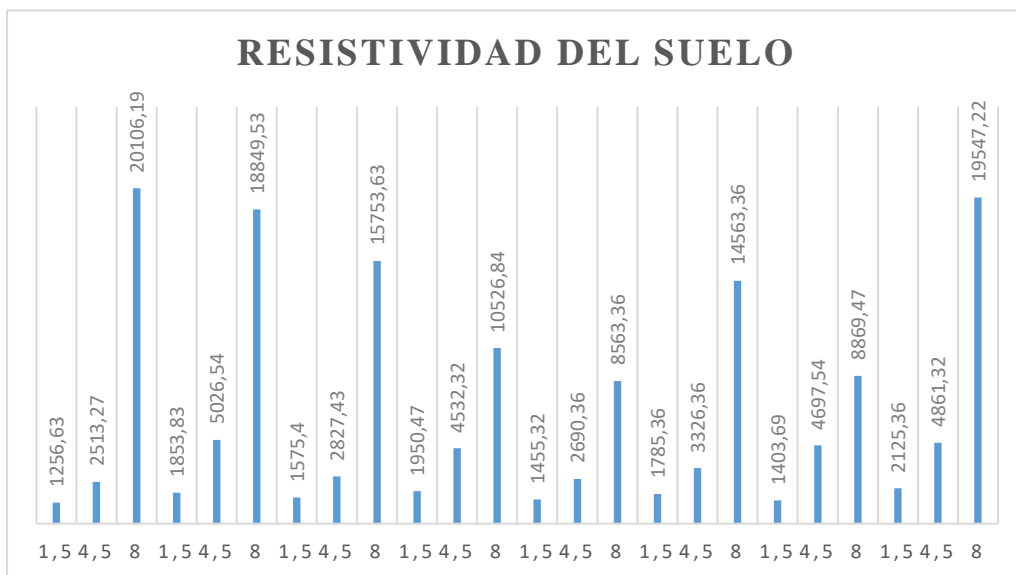
Tabla 11. *Resultados de la resistividad del suelo medida a varias profundidades*

Sitio	Profundidad (m)	Resistividad (ohm-cm)
	1.5	1256.63
1	4.5	2513.27
	8.0	20106.19
	1.5	1853.83
2	4.5	5026.54
	8.0	18849.53
	1.5	1575.40
3	4.5	2827.43
	8.0	15753.63
	1.5	1950.47
4	4.5	4532.32
	8.0	10526.84
	1.5	1455.32
5	4.5	2690.36

	8.0	8563.36
	1.5	1785.36
6	4.5	3326.36
	8.0	14563.36
	1.5	1403.69
7	4.5	4697.54
	8.0	8869.47
	1.5	2125.36
8	4.5	4861.32
	8.0	19547.22

Nota: Se comprueba resultados con los datos de la tabla 10. Resistividad de Suelo vs Grado de Corrosividad.

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Nota: Se comprueba resultados con los datos de la tabla 10. Resistividad de Suelo vs Grado de Corrosividad.

Figura 9. Resultados estadísticos

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Figura 10. Muestras tomadas cada 35 metros

Fuente: Google earth, 2021

Elaborado por: Lucas & Naula (2022)

Los resultados mostrados en la tabla anterior reflejan los valores de resistividad eléctrica típica de los terrenos rocosos y limosos, por lo que se puede presumir que a la profundidad de las mediciones el terreno que constituye la base del acueducto no se ha visto afectado en gran magnitud por el medio salino, ubicándose en un rango moderadamente corrosivo a las profundidades entre 1.5m y 4.5m.

3.2.5 Resultados Obtenidos

Con el propósito de tener mediciones representativas de los parámetros descritos en la tabla 8, en el que se realizaron 8 mediciones de resistividad de suelo y pH superficial. Sin embargo, dado que las mediciones de pH realizadas corresponden únicamente a la superficie superior, estos resultados no representan los valores de pH que pudiese tener el suelo en zonas más profundas o incluso en la zona de hincado bajo el nivel del fondo. Por esta razón se tomaron muestras de suelo del terreno adyacente y en contacto con el acueducto se enviaron a laboratorio para su análisis correspondiente.

Los resultados de estas mediciones y ensayos se detallan a continuación:

3.2.6 PH del Suelo

Consiste en la medición de la cantidad de iones hidrógeno presentes en la superficie del suelo. Esto se puede lograr a partir de una medición comparativa entre un electrodo de antimonio y un electrodo con potencial estable. Para este propósito se utiliza un electrodo

de referencia saturado de cobre-sulfato de cobre, un electrodo de antimonio y un voltímetro de alta impedancia.

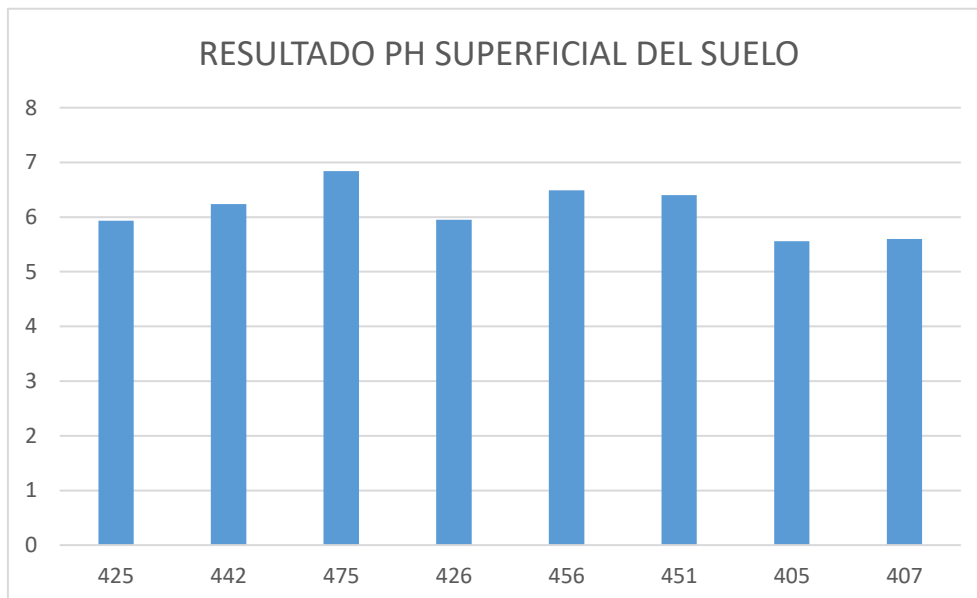
Los resultados del pH superficial del suelo medido en 8 sitios distribuidos a lo largo de la sección de la tubería instalada se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 12 *Resultados del pH superficial de suelo*

Sitio	Voltaje Medido (mV)	pH Calculado
1	425	5.93
2	442	6.24
3	475	6.84
4	426	5.95
5	456	6.49
6	451	6.40
7	405	5.56
8	407	5.60

Nota: Se comprueba resultados con los datos de la tabla 13. Efecto de pH, cloruros y sulfatos en la Corrosión del Acero en Suelo

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Nota: Se comprueba resultados con los datos de la tabla 13. Efecto de pH, cloruros y sulfatos en la Corrosión del Acero en Suelo

Figura 11. *Resultados estadísticos*

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

3.2.7 Análisis Químico del Suelo

Dado que puede existir una amplia variedad de sales disueltas en el suelo, existe la posibilidad que dos suelos que compartan la misma resistividad eléctrica tengan diferente corrosividad dependiendo de la cantidad de iones presentes. Los principales parámetros que aceleran los procesos corrosivos son el contenido de sulfatos y de cloruros. En contraste, iones de calcio y magnesio tienden a formar una capa protectora que protege la superficie del metal reduciendo la tasa de corrosión. La tabla 12 muestra una relación entre estos parámetros y el grado de corrosividad del suelo.

Tabla 13 *Efecto de pH, cloruros y sulfatos en la Corrosión del Acero en Suelo*

Concentración (ppm)	Grado de Corrosividad
Cloruros	
Mayor a 5000	Severo
1500 – 5000	Considerable
500 – 1500	Corrosivo
Menor a 500	Despreciable
Sulfatos	
Mayor a 10000	Severo
1500 – 10000	Considerable
150 – 1500	Positivo
0 - 150	Despreciable
pH	
Menor a 5.50	Severo
5.51 – 6.50	Moderado
6.51 – 7.50	Neutral

Mayor a 7.50

Alcalino (Despreciable)

Fuente: (Lora, 2017)

Con el propósito de obtener datos de las condiciones del medio en que se encuentra el acueducto; es decir, desde la rasante hacia abajo, se tomaron 5 muestras del suelo en las zonas adyacentes al perímetro intervenir y se realizaron varios ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 14 *Resultados del análisis químico de las muestras de suelo*

Parámetro	Valor Obtenido
Muestra 1	
Cloruros (ppm)	12300.00
Sulfatos (ppm)	96.00
pH	6.96
Muestra 2	
Cloruros (ppm)	15600.00
Sulfatos (ppm)	117.00
pH	7.26
Muestra 3	
Cloruros (ppm)	11200.00
Sulfatos (ppm)	106.00
pH	6.12
Muestra 4	
Cloruros (ppm)	14700.00
Sulfatos (ppm)	203.00
pH	6.29
Muestra 5	

Cloruros (ppm)	13900.00
Sulfatos (ppm)	154.00
pH	6.54

Nota: Se comprueba resultados con los datos de la tabla 13. Efecto de pH, cloruros y sulfatos en la Corrosión del Acero en Suelo

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Figura 12. Muestras tomadas cada 62.50 metros

Fuente: “Google earth, 2021”

Elaborado por: Lucas & Naula (2022)

Relacionando nuestros resultados con la tabla 13, podemos indicar que: En las 5 muestras el cloruro es mayor a 5000 por lo que el grado de corrosividad es **severo**.

Entre la muestra 1 hasta la muestra 3 de sulfatos no se presenta corrosividad, pero las muestra 4 y 5 están dentro del rango de grado de corrosividad de 150-1500 que indica que es positiva la presencia de corrosión.

En las muestras 3 y 4 de pH estas se encuentran dentro del rango 5.51-6.50 que indica que es moderado, las muestras 1, 2 y 5 se encuentran en el rango 6.51-7.50 que indica es neutral.

Tal como indica el principio del análisis químico que los parámetros que aceleran el proceso corrosivo son el contenido de sulfatos y de cloruros, podemos determinar que existe presencia de corrosividad severa.

3.2.8 Consideraciones Iniciales

Con el propósito de diseñar un sistema de protección catódica adecuado para mantener la integridad de la estructura en cuestión, se han considerado lo siguiente:

- La estructura sujeta al diseño de protección catódica es el acueducto que conforma el transporte de agua potable.
- Se excluyen del sistema las bridas y contra bridas posteriormente debido a que no se puede garantizar la conductividad eléctrica efectiva hacia estos elementos.
- Se estima una vida útil del sistema propuesto de 14 años para la protección de la tubería existente.
- La superficie que será sujeta de la protección catódica será únicamente la exterior e interior del acueducto de 700mm.

3.2.9 Cálculo de área de Protección

Se realiza el cálculo de acuerdo al diámetro de tubería de 700mm y considerando su forma geométrica.

$$Acp = \pi \phi_{ext} Ly$$

$$Acp = \pi(0.7)(250)(0.0254)$$

$$Acp = 13.96$$

3.2.10 Estimación de la Corriente Requerida

Dado que la estructura se encuentra expuesta a un medio corrosivo, el requerimiento de corriente basados en la experiencia del diseñador y en relación con las sugerencias de las referencias bibliográficas, se recomienda utilizar una densidad de corriente de 10 mA/m²

y 30 mA/m² para las áreas desde la rasante hasta el invert del acueducto de ese modo el requerimiento de corriente es el siguiente:

La densidad de corriente requerida para alcanzar criterios de protección catódica es un parámetro que se obtiene a partir de valores referenciales y experiencia práctica en aplicaciones similares. De este modo se puede obtener la corriente total requerida para proteger la tubería. Esto es:

$$I_{cp} = i_{cd} A_{cp}$$

$$I_{cp} = (12 \frac{mA}{m^2})(13.96)$$

$$I_{cp} = 167.52 \text{ mA}$$

3.2.11 Estimación de las Resistencias Relevantes del Circuito de Protección

3.2.11.1 Resistencia del Recubrimiento al Terreno Remoto

Es la resistencia eléctrica que tiene el recubrimiento aplicado sobre la estructura. Esta resistencia se aproxima a partir de valores prácticos estandarizados a resistividades de 1000 ohm-cm. Esto es:

$$R_{coat} = \frac{r_{esp}}{A_{total}} \left(\frac{\rho_{soil}}{1000 \text{ ohm} - \text{cm}} \right)$$

$$R_{coat} = \frac{1 \times 10^4}{1500} \left(\frac{20106 \text{ ohm} - \text{cm}}{1000 \text{ ohm} - \text{cm}} \right)$$

$$R_{coat} = 134.04 \text{ ohm}$$

3.2.11.2 Resistencia del Lecho de Ánodos

Es la resistencia eléctrica que generan los ánodos debido a su configuración, espaciamiento y dimensiones. Debido al terreno y las condiciones de instalación se ha considerado la instalación de lechos de ánodos múltiples paralelos al recorrido de la tubería enterrada. Esto es:

$$R_{gb} = \frac{R_H}{N} F$$

$$R_H = \frac{\rho_{soil}}{2\pi L} \ln \left(\frac{2L}{d} \right)$$

$$F = 1 + \frac{\rho_{soil}}{\pi S R_H} \ln (0.656N)$$

De este modo, se propone la instalación de lechos de ánodos de magnesio de alto potencial 48D5 espaciados 5 metros el uno del otro. De este modo la resistencia de cada lecho es:

$$R_{gb} = 2.76 \text{ ohm}$$

3.2.11.3 Estimación de la Cantidad de Ánodos Requeridos

Esto se estima a partir de la cantidad de corriente que es capaz de entregar cada ánodo comparada con la cantidad de corriente total requerida para la protección de la totalidad de la tubería. Esto es:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{1.75 - 1.0}{43.09 - 2.76} = 14.19 \text{ mA por ánodo}$$

Por lo que para proteger el sistema se requieren:

$$\# \text{ de ánodos} = \frac{430.71}{14.19} = 28.8 \text{ ánodos}$$

Por consideraciones prácticas, de distribución de corriente y de instalación se opta por utilizar 30 ánodos.

3.2.11.4 Cálculo de vida útil de la protección catódica

$$L = \frac{M * U}{I * E}$$

$$L = \frac{(45 \text{ Kg}) * (0.54)}{(0.4257) * \left(3.97 \frac{\text{Kg}}{\text{A} * \text{y}}\right)}$$

$$L = 14.19 \text{ años} = 5247.97 \text{ días.}$$

Donde:

L= Vida efectiva del ánodo (años)

M= Masa del ánodo (Kg)

U=Factor de utilización (50-58%)

I=Corriente de descarga del ánodo (A)

E= Velocidad de consumo (Kg/A*año)

3.2.11.5 Configuración de los Lechos de Ánodos

A partir de lo expuesto anteriormente, el sistema de protección catódica constará de los siguientes lechos de ánodos:

- a) Lechos de ánodos horizontales múltiples y paralelos a la tubería.
- b) Cada lecho anódico constará de 6 ánodos de magnesio de alto potencial 48D5.
- c) El espaciamiento entre centro de ánodos será de 5 metros.
- d) Los lechos de ánodos estarán instalados al mismo nivel de terreno de la tubería y separados 1.5 metros de la tubería.

3.2.12 Consideraciones de la Instalación de los 30 ánodos

Durante el procedimiento de instalación de los 30 Ánodos MMO; se realizó un levantamiento planímetro previo para así poder determinar la separación en metro lineal en cada uno fue colocado a una separación de 1.5 metros ; su colocación fue realizada 2.5 m de profundidad; por medio de un encofrado de 4" de largo se colocó 70 de sacos de coke (RS3); elemento que es usado para distribuir de forma independiente electricidad hacia los ánodos ,cada uno cuenta con un cableado independiente que va protegido por medio de tubo PVC de 2ft de diámetro, previamente cada ánodo se le realizó empalmes eléctricos de la marca 3M con protección aislante de resina en el cableado de cada ánodo MMO.

Instalación de tubería de PVC conduit de diámetro de 5ft de la cual es usada para protección del cableado, su recorrido empieza desde los ánodos (30U) con cable # 6 dando un metraje de 80 metros lineales hacia el JB#1 ,Caja Colectora de ánodos POSITIVA (0,80M0,80M EXTERIOR; 0,60MX060M INTERIOR; E=0,10M; H=0,85M, 5 entradas y 1 de salida); por medio de una barra de cobre principal de la cual llegaran los cables de los 30 ánodos instalados ,saldrá un cable eléctrico único (cable#4 AWG) , protegido por tubería PVC 5ft de diámetro, teniendo un recorrido de 130 metros lineales hacia el TR 120V-40 A.

En el acueducto de 700mm de diámetro se instaló 1 electrodos de referencia para control de potenciales de protección catódica.

Con cable #4 AWG realiza recorrido de 100 m partiendo desde los acueductos hacia el rectificador con cable #4 AWG protegido por tubería de 2ft recorrido de 100 m lineales hacia el TR 120V-40 A, Se realizó instalación y suministro de shunts en la caja de conexiones negativas para cada cable conectado a los acueductos.

Se deberá tomar las siguientes consideraciones se deberán tomar algunas consideraciones para su instalación y puesta en marcha. Estas son:

- a. Los ánodos se deberán activar e hidratar antes de ser instalados.
- b. Los ánodos se conectarán a la tubería mediante un cable principal al que se empalmarán todos los ánodos de cada lecho.
- c. Se deberá instalar necesariamente juntas aislantes en cada extremo y derivación de la tubería para evitar fugas de corriente.
- d. Se deberán instalar puntos de prueba en el inicio, mitad y final del tramo a proteger.
- e. Colocar juntas aislantes para evitar interferencia de corrientes parásitas provocadas por los sistemas de protección catódica instalados en las tuberías adyacentes y se deben realizar pruebas de aislamiento luego de que estas juntas aislantes sean instaladas.

3.2.13 Armado y montaje de la caja de paso JB#1

- a. La caja de paso JB#1 es un tablero para uso eléctrico, con medidas aproximadas:(alto:80cm x ancho:60cm x profundidad: 30cm.), elaborado en plancha galvanizada de 1.4mm, tratamiento químico de limpieza por inmersión en caliente (fosfatizado y desengrasado), aplicación de pintura electrostática epoxi-poliéster horneable color ral 7032, cauchos y cerraduras de seguridad de tres puntos en su interior se instalaron los siguientes equipos.
 - 1 juego de barras de 1"x1/4"
 - 5 reóstatos de 0-500Ω, de 200Watts
 - 5 shunts - 50Mv
 - 1 juego de borneras de fuerza
 - 1 juego de marquillas, pernos, amarras, etc.

Este tablero denominado JB#1 (+), o caja colectora de ánodos (+), cumple la función principal, de recibir los 5 conductores de los ánodos y por medio de su juego de barras

interior, unirlos eléctricamente y enviar un solo cable de salida hacia el equipo transformador rectificador.

- b. La caja de paso JB#1 (+), fue montado sobre una base metálica que fue anclada a piso, para su fijación y robustez

3.2.14 Instalación de puntos de conexión en el acueducto.

- a. Se excavó, en los puntos establecidos por el diseñador para encontrar el acueducto, en donde se realizará la protección catódica.
- b. Una vez realizada la excavación y encontradas las paredes de la tubería de 700 mm, se procedió a realizar por medio de soldadura exotérmica, el acoplamiento al lomo de las tuberías de un cable eléctrico calibre #4 aislamiento TTU-600V, por cada acueducto.
- c. Estos conductores, conectados a las tuberías, llegan a la caja de paso JB#2(-), recorriendo 7 metros lineales, e instalados a una profundidad de 0.6 metros y protegidos por una tubería de PVC pesado de 2”

3.2.15 Instalación de electrodo de Referencia

- a. Junto a la tubería se instaló 1 electrodo de referencia, para el control de potenciales de protección catódica.
- b. Este electrodo se conecta con el transformador rectificador por medio de un conductor de calibre #8 y protegido por una tubería de PVC de 1”.

3.2.16 Armado y montaje de la caja de paso JB#2(-).

- a. La caja de paso JB#2 es un tablero para uso eléctrico, con medidas aproximadas:(alto: 80cm x ancho: 60cm x profundidad: 30cm.), elaborado en plancha galvanizada de 1.4mm, tratamiento químico de limpieza por inmersión en caliente (fosfatizado y desengrasado), aplicación de pintura electrostática epoxi-poliéster horneable color ral 7032, cauchos y cerraduras de seguridad de tres puntos en su interior se instalaron los siguientes equipos.
 - 1 juego de barras de 1”x1/4”.
 - 3 reóstatos de 0-500Ω, de 200Watts.
 - 3 shunts – 50mV.

- 3 medidores de corriente DC de 0 – 50 amperios.
- juego de borneras de fuerza.
- 1 juego de marquillas, pernos, amarras, etc.

Este tablero denominado JB#2 (-), o caja colectora de ánodos (-), tiene la función principal, de recibir los 5 conductores de ánodo y por medio de su juego de barras interior, unirlos eléctricamente y enviar un solo cable de salida hacia el equipo transformador rectificador.

- b. La caja de paso JB#2 (-), fue montado sobre una base metálica que fue anclada a piso, para su fijación y robustez.

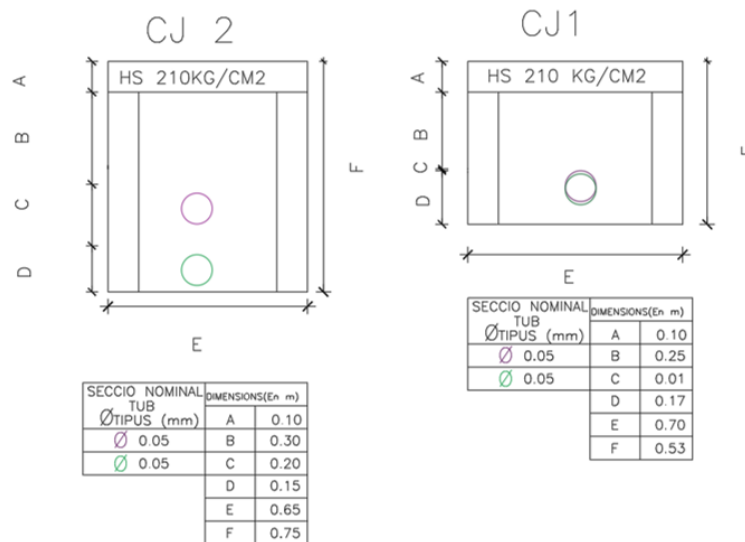


Figura 13. Esquema de Cajetín JB #1 - #2

Fuente: “plano esquemático detalles de cajas de paso”

Elaborado por: Lucas & Naula (2022)

3.2.17 Criterios de Protección Catódica

De acuerdo con lo que se indica en las versiones más recientes de los estándares NACE SP0169 e ISO 13174 se puede proteger catódicamente una estructura enterrada o sumergida utilizando cualquiera de los criterios que se mencionan a continuación.

- Un mínimo de 100 mV de polarización catódica
- Un mínimo de -850 mV o más electronegativo medido respecto a un electrodo saturado de cobre-sulfato de cobre tomando en cuenta las pérdidas IR.

3.2.18 Diseño del Lecho del Ánodos

Partiendo de la importancia de las operaciones y de minimizar el impacto durante los futuros trabajos de instalación del sistema de protección catódica, se ha planteado la opción de diseñar dos tipos de lechos de ánodos; un lecho horizontal y uno semi profundo (Ver ilustración 12 y 13).

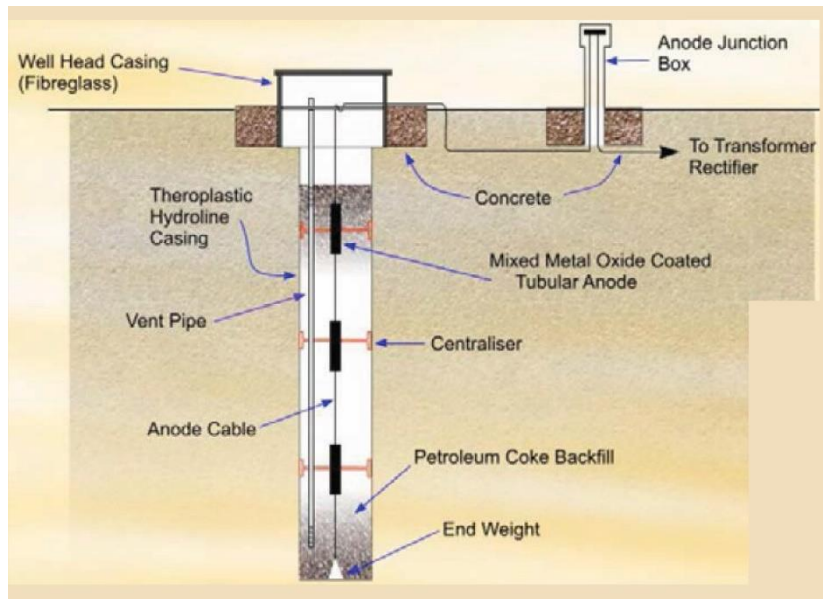


Figura 14. Esquema típico de un lecho de ánodos semi profundo
Fuente: (international knowledge sharing platform, 2017)

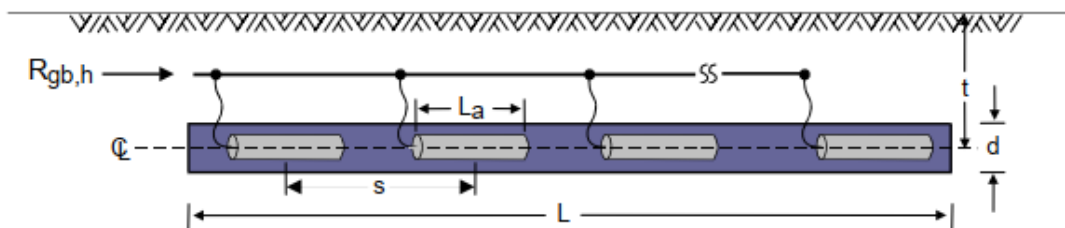


Figura 15. Esquema típico de un lecho de ánodos horizontal
Fuente: (international knowledge sharing platform, 2017)

La ventaja principal de un lecho de ánodos semi profundo radica en que el impacto al realizar la instalación de este es mucho menor que un lecho horizontal, puesto que solo

se requiere una pequeña área para realizar la perforación vertical, mientras que en el caso de un lecho horizontal grandes excavaciones son requeridas para realizar su instalación. Sin embargo, el utilizar un lecho de ánodos profundos supone el realizar un estudio de suelo a profundidades cercanas a los 30 metros para establecer la factibilidad de este tipo de instalaciones debido a condiciones no controlables como afluentes subterráneos, nivel freático y otras condiciones que no fueron contempladas en el alcance de este estudio.

La resistencia eléctrica del lecho de ánodos es uno de los factores más importantes al diseñar el lecho de ánodos ya que contribuye con cerca del 80% de la resistencia global del circuito. De ese modo, la resistencia de un lecho horizontal como el de la Figura 3 se calcula con la siguiente expresión:

$$R_{a,h} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{td}\right)$$

Esta expresión relaciona la resistividad del electrolito alrededor del lecho de ánodos con las dimensiones del lecho de ánodos. De ese modo la resistencia de un lecho de 6 ánodos de tipo MMO será:

$$R_{a,h} = 1.96 \text{ ohmios}$$

3.2.19 Dimensionamiento del Rectificador

El rectificador de corriente es el corazón de los sistemas de protección catódica por corriente impresa por ende su correcto dimensionamiento es una etapa crucial del diseño. Se debe asegurar que el voltaje seleccionado sea el suficiente para poder desplazar la corriente requerida para alcanzar protección catódica desde los ánodos hacia la estructura.

El voltaje requerido para este propósito se calcula utilizando la Ley de Ohm a partir de la siguiente expresión:

$$V_{TR} = I_{cp} * R_{total} + 2$$

Que corresponde a la corriente total calculada y la resistencia total del circuito. La resistencia total del circuito es:

$$R_{total} = R_{a,h} + R_{cables} + R_{s,re}$$

Que corresponde a la suma de las resistencias del lecho anódico, las resistencias de todos los cables del sistema y la resistencia de la estructura hacia terreno remoto. En este caso, la resistencia total del circuito es:

$$R_{total} = R_{a,h} + R_{cables} + R_{s,re}$$

$$R_{total} = 1.96 + 0.2 + 0.04$$

$$R_{total} = 2.2 \text{ ohmios}$$

A partir de estos cálculos el voltaje requerido del rectificador requerido es:

$$V_{TR} = 94.78 * 2.2 + 2$$

$$V_{TR} = 210 \text{ voltios}$$

Ajustando parámetros de dimensiones de rectificadores estándar, el rectificador requerido será:

Rectificador 100A – 210V

Sin embargo, con el fin de asegurar una mejor distribución de corriente para la estructura, se sugiere utilizar dos rectificadores de 50 amperios y 110 voltios DC.

3.2.20 Montaje e instalación de Transformador Rectificador 120V-40A.

Para el TR 120V-40 A se realizó una losa de $f'c=280 \text{ KG/CM}^2$ (1.20m x 1.20m) con su debido replantillo de $f'c=120 \text{ KG/CM}^2$ (1.40m x 1.40m) para tener una base de apoyo; desde el TR a la Caja de Paso #1 (0,65MX0,65M EXTERIOR; 0,45MX 0,45M INTERIOR;E=0,10M; H=0,65M; 1 entrada y 1 salida); tubería de 2ft tiene 30.50m lineales de recorrido, CJ#1 a la CJ#2 (0,70MX0,70M EXTERIOR;0,50MX0,50M INTERIOR; E=0,10M; H=0,43M) contando con un recorrido 17metros lineales, para la instalación de puesta a tierra del TR 120V-40 A , breaker principal y circuito de protección del equipo ,por medio de las conexiones de cables de ánodo y cátodo del sistema de protección catódica

Colocación de caseta tipo Gabinete para el rectificador con cerradura tipo mult-lock. Se realizó una zanja de H=0.30m, dividida por dos capas; 0.10m cama de arena para protección de tubería PVC conduit y 0.20 para el relleno compactado mecánicamente con material importado.

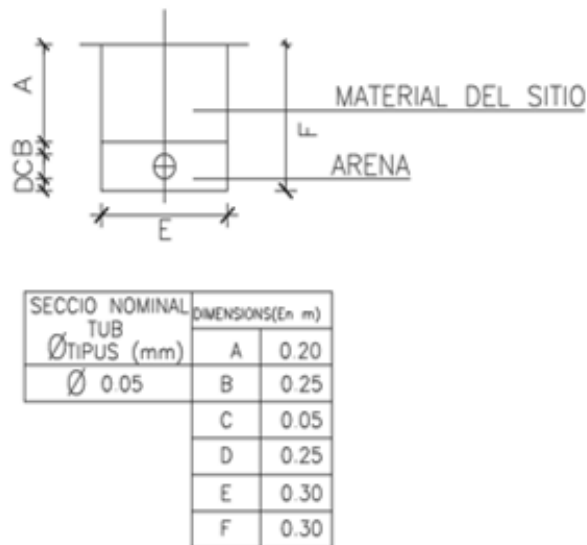


Figura 16. Zanja tipo

Tomado de: “plano esquemático detalles de cajas de paso”

Elaborado por: Lucas & Naula (2022)

3.3 Tipo de investigación

La técnica cuantitativa de recolección de datos que se utilizará en la presente investigación será la encuesta.

Para (Girón Gómez & Campos Espinoza, 2013) este procedimiento es:

Una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones que puedan dar como resultado una tabulación por medio de un censo que se va a realizar a las familias o usuarios que soliciten o acepten dicho servicio para su hogar, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas.

3.4 Enfoque

Por medio del planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, para el presente estudio de la protección catódica en acueductos de Agua Potable, concluimos es el que se adapta a las características y necesidades de la investigación del mismo.

El enfoque cuantitativo que se le ha otorgado a la presente investigación sobre el diseño de protección catódica por corriente impresa se basa en la recolección y análisis de datos brindando a la sociedad una forma viable para mejorar la calidad de servicio, por medio estudios de resistividad del suelo y mecánico se puede evidenciar el procedimiento y los resultados, basados en los diferentes estándares de calidad y normas. (Joseleogon, 2017)

3.5 Técnica e instrumentos

Por medio del estudio de recolección de datos, es en principio:

Cualquier recurso que pueda valerse para acercarse a los diferentes reactivos químicos y poder realizar la depuración de agua, obteniendo la respectiva información para su uso cotidiano. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

De este modo la depuración en base al respectivo proceso sintetiza en si toda labor de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que correspondan a los indicadores y por lo tanto a las variables o conceptos utilizados. (Joseleogon, 2017)

El instrumento que se va aplicar a los beneficiarios de la adquisición, método del cuestionario diseñado para poder aclarar las respectivas dudas y anomalías.

Para el presente trabajo se estableció un cuestionario para dar a conocer los beneficios que puede aportar este sistema, a su vez conociendo su satisfacción y mejoría de los servicios ya ofrecidos por las entidades competentes, el cual constará de versiones de usuarios del lugar, bajo la forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se solicita la reacciones (favorables o desfavorables, positivas o negativas).

Se consideró este cálculo para definir a la cantidad de usuarios que aplicaremos las encuestas, se detalla a continuación:

$$n = \frac{Z^2 P Q^2 N^2}{Z^2 P Q + N_e}$$

n= Muestra Poblacional

z=Nivel de Confianza

p=Probabilidad de ocurrencia= 50%=0.5%

q=Probabilidad de no ocurrencia=50%=0.5%

n=Población=51300

e=Margen=5%=0.05%

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(51300)}{(1.96)^2 (0.5)(0.5) + 51300(0.05)^2}$$

$$n = \frac{49268.52}{129.2104}$$

n=381

Por lo tanto, el número de encuestas a aplicar serán para 381 habitantes de la Parroquia Chongón tomadas como referencias.

Para evaluar el diseño de protección catódica en acueductos de transporte de agua potable, se aplicará un cuestionario adaptado, el cual contiene ítems, que corresponden a cuatro dimensiones.

- 1) Ambiente físico
- 2) Calidad de Agua
- 3) Método de tratamiento
- 4) Uso para la vida cotidiana

Las alternativas que se emplearon, se basan en un rango del literal (a) en donde es la menos aceptable a la (d) que es la más aceptable.

Preguntas realizadas:

1. ¿Está satisfecho con la calidad de agua que hoy en día es proporcionada por la compañía de servicio?
 - a) nada satisfecho
 - b) algo satisfecho
 - c) satisfecho
 - d) muy satisfecho

Tabla 15 Encuesta pregunta 1

PREGUNTAS	RESPUESTAS
a	194
b	93
c	69
d	25

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

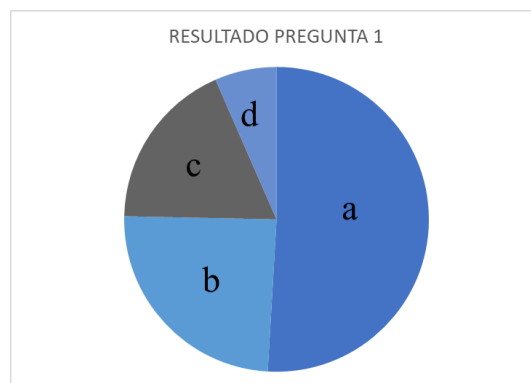


Figura 17. Resultado estadístico

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

2. ¿Está usted de acuerdo en que se deba mejorar la calidad de agua de la compañía de servicio actual?
 - a) Desacuerdo
 - b) Poco de acuerdo
 - c) de acuerdo
 - d) muy de acuerdo

Tabla 16 Encuesta pregunta 2

PREGUNTAS	RESPUESTAS
a	15
b	63
c	100
d	203

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Figura 18. Resultado estadístico

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

3. ¿Qué tan incomodo es para usted las molestias generadas por mantenimientos y reparaciones que existen actualmente por la compañía de servicio actual con el fin de mejorar la calidad de agua?
- a) incomodo
 - b) algo cómodo
 - c) cómodo
 - d) muy cómodo

Tabla 17 Encuesta pregunta 3

PREGUNTAS	RESPUESTAS
a	334
b	47
c	0
d	0

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Figura 19. Resultado estadístico
Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

4. ¿Considerando las molestias ocasionadas cada vez que existe un daño en las tuberías, que tan útil le parece a usted este nuevo sistema a implementar cuyo fin es disminuir los mantenimientos y reparaciones?
- a) nada útil
 - b) algo útil
 - c) útil
 - d) muy útil

Tabla 18 Encuesta pregunta 4

PREGUNTAS	RESPUESTAS
a	5
b	24
c	124
d	228

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)



Figura 20. Resultado estadístico
Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Según lo registrado de acuerdo a las encuestas realizadas a los usuarios de la parroquia Chongón basados a las respuestas se puede evidenciar la carencia y malestar de un servicio vital como es el agua para su uso diario mismo que se ha visto perjudicado con las constantes reparaciones del servicio por parte de la empresa de agua, los cuales quieren un cambio que sea definitivo, en donde no se realice constantemente corte ya que les causa malestar, por lo que están muy de acuerdo en mejoras de calidad del servicio.

Se realizó la presentación del proyecto donde se puede visualizar la aceptación por la implementación del sistema de protección catódica por corriente impresa en los acueductos de agua potable donde se dio a conocer de ser el caso de efectuarse este diseño, los beneficios se verán efectuados en mejorar la calidad del servicio debido a la disminución de reparaciones, lo que para la empresa prestadora del servicio será bajo costo ya que solo realizará una inversión.

Por medio de la encuesta se brindó una inducción breve enfocándonos en la corrosión en ductos, beneficios, costo de proyecto e importancia de implementación. Mismo que de la acogida obtenida se constató recepción y llamado al uso de este sistema, como también al constante desarrollo e inversión.

3.6 Población

La población o beneficiario del cual en este caso se busca que acepten dando una aceptación y aprobación de esta innovadora forma de poder obtener un recurso, habitualmente por medio basados hoy en día en este tiempo se ha creado campañas de concientización del agua, dado que este recurso se considera no renovable, actualmente tiene una gran demanda, misma que las vertientes de formas de captación varían según la locación de dicho grupo.

Proceso que se puede obtener por medio de determinadas etapas; este procedimiento se puede realizar para un determinado grupo selecto de personas beneficiadas, como una familia rural como urbana, llegando incluso establecerse desde un hogar como en una comunidad.

Se prevé que el estudio pueda brindar una sustentación para la estabilización en los diferentes sectores del "Ecuador" adquiriendo beneficios.

3.7 Muestra

Estudio muestra es el proceso que es sometido el acueducto de transporte agua, según el grado de alcalinidad como su fuente de origen por medio del proceso "Protección Catódica" se va recuperando y renovando el tiempo útil de la estructura como resultados estandarizados para la reutilización del mismo. (Girón Gómez & Campos Espinoza, 2013), mediante la colocación de ánodos de magnesio en el lapso de la estructura, sea por medio del lecho anódico del cual cada uno poseerá 5 ánodos donde dichos ánodos son activados y controlados por TR que lleva a cabo la filtración de datos como el potencial que emiten al acueducto por medio de la conductividad o que ha ido adquiriendo en el proceso. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

En el presente estudio se utilizará el método de muestreo probabilístico, en el cual, de acuerdo a los resultados obtenidos por los estudios de resistividad portante del suelo, los cuales, tomados como estudio preliminar post al diseño, en particular a la colocación de los ánodos y el diseño de la separación de los mismo.

De la misma forma se solicitará a los beneficiarios que realicen un test o cuestionario para obtener mejores datos estadísticos para el presente estudio del cual se obtendrá y contestara algunas interrogantes; calidad, uso de recurso, la muestra se conformara por aquellos que decidan participar.

3.8 Resultados obtenidos

Tabla 19 *Presupuesto con ánodo de magnesio*

PRESUPUESTO CORRIENTE IMPRESA POR ÁNODO DE MAGNESIO	
DESCRIPCION	TOTAL
TRABAJOS PRELIMINARES	\$ 25.046,97
OBRA CIVIL	\$ 4.039,86
ELECTRICO	\$ 19,335,86
MECANICO	\$ 9,829,52
MANO DE OBRA	\$ 24,634,95
TOTAL	\$ 82,887,16

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Tabla 20 *Presupuesto con ánodo de aluminio*

PRESUPUESTO CORRIENTE IMPRESA POR ÁNODO DE ALUMINIO	
DESCRIPCION	TOTAL
TRABAJOS PRELIMINARES	\$ 25.046,97
OBRA CIVIL	\$ 4.953,29
ELECTRICO	\$ 19,335,86
MECANICO	\$ 3,227,52
MANO DE OBRA	\$ 40,541,45
TOTAL	\$ 93,105,24

Elaborado por: Lucas & Naula (2021)

Por medio de la comparación de los siguientes presupuestos en cuanto a la actividad o rubro general de obra civil se pudo evidenciar el valor para la ejecución del diseño de protección catódica por el uso de ánodo de magnesio el valor contractual de \$4,039.86 en un tiempo de ejecución de 8 semanas, mientras que el de aluminio con un valor de \$4,953,29 en un tiempo de ejecución de 14 semanas.

Se puede constatar respecto al rubro eléctrico la igualdad en ambos presupuestos por lo que se consideró el mismo diseño en cuanto a un rectificador como está descrito en las especificaciones.

En relación a los rubros mecánicos se puede observar las diferencias que existen conforme al uso del ánodo del magnesio con el ánodo de aluminio en el diseño de protección por corriente impresa, en el que por medio de estudios mecánicos se ha comprobado el alto índice de potencial emitido por un ánodo de aluminio haciendo que un ánodo realice lo que haría 5 ánodos de magnesio, pero como se pudo constatar en el rubro de obra civil se debe hacer un respectivo mejoramiento debido que dichos ánodos no se pueden implementar en estratos con grado severo de corrosividad como el que está en el sitio.

CONCLUSIONES

Se determinó que el terreno en el que se encuentra el acueducto, de acuerdo a los estudios realizados se evidencia que las muestras de suelo a diferentes profundidades del material están dentro de los parámetros considerados de grado severo de corrosividad, por lo que se seleccionó un sistema de protección por corriente impresa viable en base a los estudios preliminares de acuerdo al proyecto.

Se relacionó aspecto económico en consideración de tiempo y costos de proyecto en el cual el factor de diferencia fue el tipo de ánodo a usar por diseño, como es el uso de ánodo de magnesio; se pudo constatar actividades o etapas adicionales en el diseño de un sistema de protección catódica con el uso de ánodo aluminio haciendo que éste incremente su costo, por lo tanto, se optó por la elección de un diseño de protección catódica por corriente impresa usando ánodo de magnesio.

Por medio de la aplicación de las encuestas se pudo evidenciar las molestias que presentan los ciudadanos de la parroquia Chongón, los cuales brindaron aceptación y apoyo por el sistema de protección catódica por corriente impresa con el fin de mejorar la calidad del servicio y eliminar las constantes interrupciones de servicio por reparaciones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, realizar estudios relacionados a la calidad del agua potable, del antes y después de la implementación de la protección catódica. La respectiva aplicación inmediata contribuirá a mantener el tiempo de vida útil estimado de la estructura.

Si bien no fue parte del alcance del proyecto la elección de un sistema de corriente impresa por ánodo de aluminio, se recomienda considerar la conductividad, resistividad y sus propiedades químicas en base a las condiciones civiles del sitio, la respectiva etapa de mejoramiento del estrato para la instalación y protección del lecho anódico.

Se recomienda que, para llevar a cabo de manera exitosa la ejecución de la protección catódica por corriente impresa, es necesario respetar las técnicas constructivas mencionadas en este trabajo.

Se recomienda la protección catódica por corriente impresa utilizando ánodo de magnesio, debido a su bajo costo, corto tiempo de ejecución, facilidad de trabajo con respecto a la protección catódica por corriente impresa utilizando ánodos de aluminio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda Triviño, A. F., & Ruiz Corredor, B. A. (2017). *DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15224/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>
- Aroca, J. C. (2017). *Estudio para la aplicación de protección catódica en tuberías metálicas de acueductos o poliductos*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/42168>
- Ávila, J., & Genescá, J. (2018). *Más allá de la herrumbre* (2018 ed.). México: Fondo de cultura económica. Recuperado el 25 de enero de 2022, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_2.htm
- Baeckmann, W., Schwenk, W., & Prinz, W. (1997). *handbook cathodic corrosion protection* (Third edition ed.). Houston: Gulf Professional Publishing. Recuperado el 12 de Enero de 2022, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=6X1ogIzqa8oC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Handbook+of+Cathodic+Corrosion+Protection&ots=QfpUCjuvQX&sig=9H_nhuLhOLzMY7875JwdQskJynQ#v=onepage&q=Handbook%20of%20Cathodic%20Corrosion%20Protection&f=false
- Biblioteca virtual. (21 de Marzo de 2015). <http://bibliotecavirtualsv.blogspot.com>. Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <http://bibliotecavirtualsv.blogspot.com>: <http://bibliotecavirtualsv.blogspot.com/2015/03/normas-astm.html>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuracion de Aguas residuales por medio de Humedales Artificiales*. Obtenido de Depuracion de Aguas residuales por medio de Humedales Artificiales: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Girón Gómez, J. C., & Campos Espinoza, S. R. (17 de octubre de 2013). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/178630389/Filtro-Lento-y-Rapido-PDF>
- Gutiérrez Figue, F., Mena Serna, M., & García Ubaque, C. A. (22 de Junio de 2020). Estado de corrosión en tuberías y accesorios metálicos expuestos al aire, basado en conjuntos difusos. (ISSN, Ed.) *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, XIX(37), 1-12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8052501>
- international knowledge sharing platform. (01 de Septiembre de 2017). <https://www.iiste.org/>. Recuperado el 11 de Diciembre de 2021, de <https://www.iiste.org/>: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/ISDE/article/view/34955/35957>
- Joseleogon. (2017). *steemit*. Obtenido de steemit: <https://steemit.com/stem-espanol/@joseleogon/demanda-quimica-de-oxigeno-dqo-y-demanda-biologica-de-oxigeno-dbo>

- LEXIS FINDER. (14 de Junio de 2017). *www.trabajo.gob.ec*. Recuperado el 12 de enero de 2022, de *www.trabajo.gob.ec*: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/AM-13.-REGLAMENTO-DE-RIESGOS-DE-TRABAJO-EN-INSTALACIONES-ELECTRICAS.pdf?x42051>
- López, E. R. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA*. UNIVERSIDADE DA CORUÑA, ENERGÍA Y PROPULSIÓN, Coruña. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19912/Lopez_Rivera_Esteban_TFG_2017.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Lora, F. B. (2017). Contenidos de Iones. *qdoctips*, 12. Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de <https://qdoc.tips/corrosion-en-suelos-pdf-free.html>
- Machín, D. H. (2019). *Estudio de protección catódica en un buque*. Trabajo de fin de grado, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL, San Cristobal de La Laguna. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/20418/Corrosion%20Estudio%20de%20proteccion%20catodica%20en%20un%20buque.%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani, E. S. (2021). *NUEVAS TECNOLOGIAS PARA PROTECCION CATODICA COMO METODO DE PREVENCIÓN PARA LA CORROSION GALVANICA*. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ingeniería Civil, San Simón. Obtenido de <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/password-login>
- Martínez, J. P. (2019). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA EN LA INDUSTRIA PETROLERA*. Trabajo de Titulación, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - SEDE QUITO, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18175/1/UPS%20-%20ST004385.pdf>
- Mera, E. G. (2018). *Diseño del Mejoramiento del Sistema de Protección Catódica Tipo Impresa para proteger contra la Corrosión externa a la Tubería de Impulsión de Acero 1800 MM que transporta agua cruda desde la Estación de Bombeo hasta la Planta Nueva*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29608/1/SIERRA_EDUARDO_TRABAJO_TITULACION_GENERALES_INGENIERIA_ENERO.pdf
- NACE internacional. (2013). *Control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas enterradas o sumergidas*. Houston, Texas. Recuperado el 12 de enero de 2022, de <https://cupdf.com/document/nace-sp-0169-2013.html>
- Nasimba, J. P. (2019). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA EN LA INDUSTRIA PETROLERA*. Trabajo de titulación, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , Facultad de Ciencias Eléctricas, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18175/1/UPS%20-%20ST004385.pdf>
- National Association of Corrosion Engineers (NACE). (2018). *Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping*

Systems. España: NACE. Recuperado el 12 de Enero de 2022, de <https://www.normadoc.com/spanish/nace-tm0497-2018.html>


Santiago, C. O. (2020). *ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS DE CORROSIÓN PRESENTES EN ESTRUCTURAS Y EQUIPOS HIDROMECAÑICOS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS PORCE II Y PORCE III*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería de materiales, Medellín. Obtenido de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16219/2/CortinezJoan_2020_CorrosionHidroelectricasEPM.pdf

SUMITEC. (25 de Marzo de 2018). *Suministros tecnicos S.A*. Recuperado el 25 de enero de 2022, de Suministros tecnicos S.A.: <http://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>

Torres Hernández, J., Del Angel Meraz, E., & Veleva, L. (Junio de 2017). Evaluación de un sistema de protección catódica de un gasoducto enterrado. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*(1), 15. Recuperado el 27 de enero de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522017000100004

ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones tubería D=700mm

 METAIN Soluciones en Metalmeccánica	CERTIFICADO DE CALIDAD SERVICIO DE GRANALLADO	No. 4508-09
--	--	--------------------


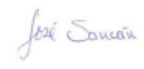
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	# PIEZAS	GRADO DE OXIDACION	NORMA	IMAGEN ESTANDAR SSPC SP5	IMAGEN REAL	% PERMISIBLE X UNIDAD DE AREA	RESULTADO
TUBO BRIDA 4.90 A 5.30 MT	2		SSPC SP5			0%	CUMPLE

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	# PIEZAS	NORMA	LECTURAS (micras)					PROMEDIO	ESTANDAR	RESULTADO
TUBO BRIDA 4.90 A 5.30 MT	1	SSPC SP5	98	102	103	85	95	97	MAYOR A 25	CUMPLE
TUBO BRIDA 4.90 A 5.30 MT	1	SSPC SP5	100	101	99	103	101	101	MAYOR A 25	CUMPLE

PRUEBAS Y ENSAYOS	EVALUACION	RESULTADOS
APARIENCIA	SSPC SP5	SUPERFICIE LIBRE DE ACEITES, GRASAS, POLVO, OXIDO, CAPA DE LAMINACION Y RESTOS DE PINTURA SIN EXCEPCIONES.
PERFIL DE ANCLAJE	MEDIDOR DIGITAL	PERFIL DE ANCLAJE PROMEDIO MAYOR A 25 MICRAS.

EVALUACION / RESULTADOS:
 EL MATERIAL HA SIDO SIMETIDO A UNA LIMPIEZA ABRASIVA CON GRANALLA DE ACERO
 EL MATERIAL CUMPLE CON EL PORCENTAJE PERMISIBLE DE IMPUREZAS Y PERFIL DE ANCLAJE EXIGIDO POR LA NORMA SSPC SP5

OBSERVACIONES:

RESOLUCION: APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> RECHAZADO <input type="checkbox"/>	REVISADO Y APROBADO POR:	 COORDINADOR DE PRODUCCION	 CONTROL DE CALIDAD
--	--------------------------	---	--



辽宁省营口市老边区冶金街/115005
Yejin street, Laobian district, Yingkou,
Liaoning, P. R. China/115005
TEL: 0417-3256081 FAX: 0417-3256057
NO.: DT2101501

产品质量证明书

INSPECTION CERTIFICATE

五矿营口中板有限责任公司
Wumetals Yingkou Medium Plate Co., Ltd.



订货单位 (SOLD TO)	Wengzhou Cogeneration (Hong Kong) Co., Ltd.	产品名称 (PRODUCT)	热轧钢板 Prime newly produced Hot Rolled Steel Plates	证书编号 (CERTIFICATE NO.)	D070015082017B117046
收货单位 (PURCHASER)	Wengzhou Cogeneration (Hong Kong) Co., Ltd.	交货状态 (DELIVERY CONDITION)	热轧 (AR)	签发日期 (DATE OF ISSUE)	2017-12-11
合同编号 (CONTRACT NO.)	YGC035171009345-B	技术条件 (SPECIFICATION)	ASTM A36/A36M	牌号 GRADE	ASTM A36
车号 (TRUCK NO.)	辽成0750; 辽H 22578; 辽H23050; 辽H6034C; 辽HK1002; 辽HK0961;				

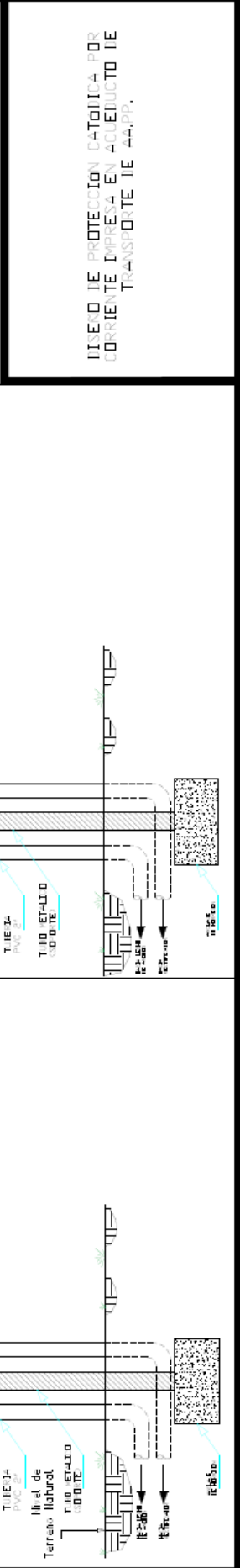
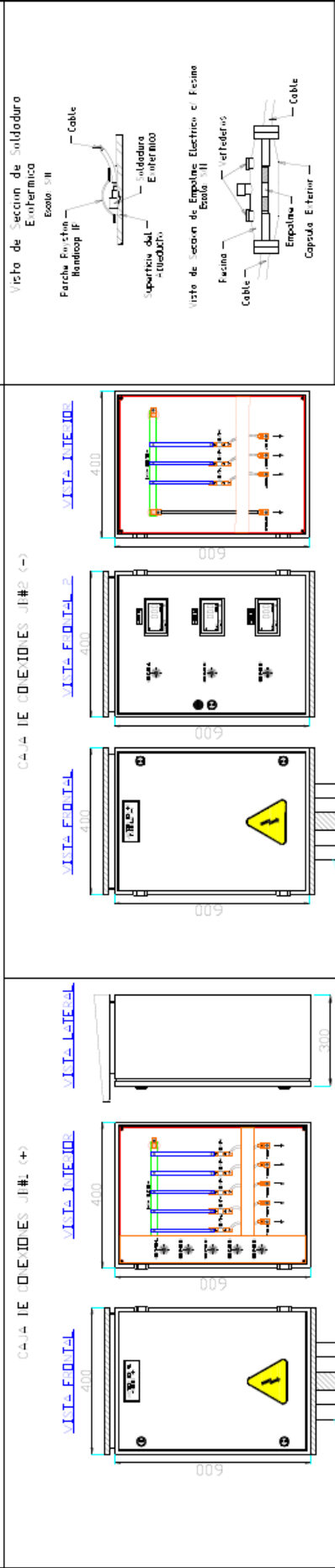
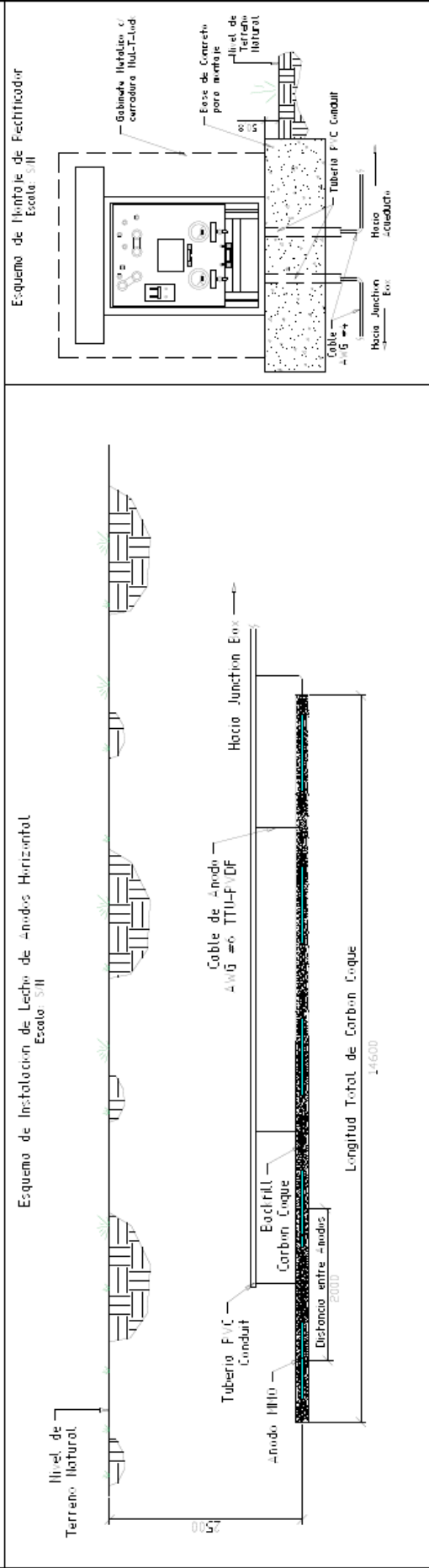
炉号 HEAT NO.	批号 BATCH NO.	规格尺寸 (mm) DIMENSION			重量 (ton) WEIGHT	拉伸试验 TENSILE TEST				弯曲试验 BEND TEST	冲击试验 (J) IMPACT TEST			探伤检验 UT TEST		
		T	W	L		屈服ReL (N/mm ²)	屈服Rp (N/mm ²)	抗拉Rm (N/mm ²)	伸长率 A (%)		尺寸 (mm ²)	温度 TEMP. (°C)	1	2	3	级别 LEVEL
17311726A	201711200392	9	2440	6100	22.281	315	460	24.5								
17311726A	201711200400	10	2440	6100	8.246	295	450	26								
17111023A	201711300500	9	2440	6100	7.420	355	440	24								
17311726A	201711250424	10	2440	6100	8.246	280	465	27.5								
合计 (TOTAL)					42											

批号 BATCH NO.	化学成分 CHEMICAL COMPOSITION (%)															
	C	Si	Mn	P	S	Als	Al	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Ti	Hb	ceq	CEV
201711200392	0.18	0.19	0.44	0.014	0.005	0.016	0.018	0.321	0.010	0.012	0.006	0.001	0.003	0.007		0.32
201711200400	0.18	0.19	0.44	0.014	0.005	0.016	0.018	0.321	0.010	0.012	0.006	0.001	0.003	0.007		0.32
201711300500	0.18	0.19	0.42	0.009	0.008	0.003	0.004	0.315	0.012	0.019	0.007	0.003	0.003	0.004		0.32
201711250424	0.18	0.19	0.44	0.014	0.005	0.016	0.018	0.321	0.010	0.012	0.006	0.001	0.003	0.007		0.32

备注 NOTE:	ACCORDING TO EN10204 3.1 ; AI=Alt ;		
	本产品已按照标准要求进行制造和检验, 其结果符合要求, 特此证明。 WE HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED HAS MANUFACTURED AND TESTED WITH SATISFACTORY RESULTS IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ABOVE MATERIAL SPECIFICATION.	操作员 OPERATOR	唐思源 Tang Siyao
		冶金技术处处长 DIRECTOR OF METALLURGICAL DEPARTMENT	丛浩 Cong Jie

ANEXO #2

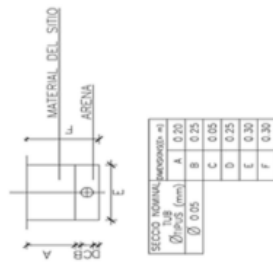
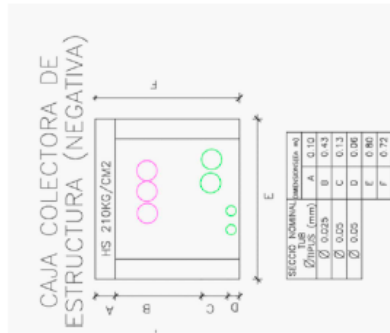
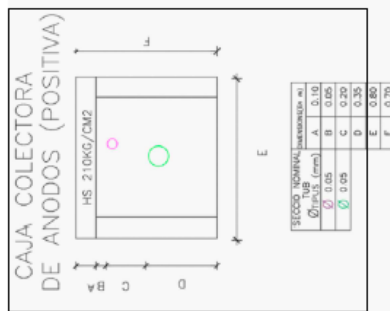
PLANO ESQUEMÁTICO DETALLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO



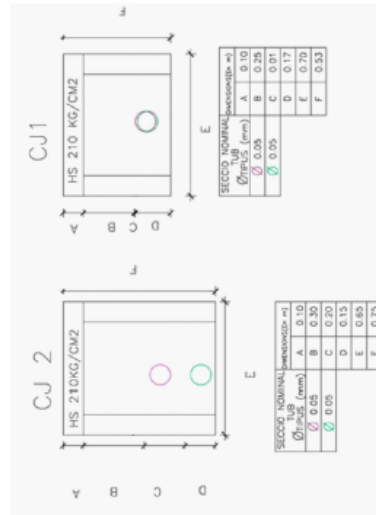
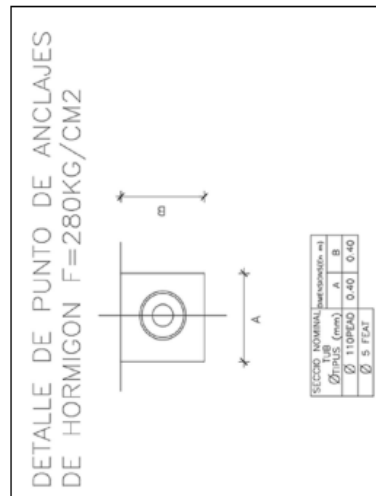
TI-E-201
TI-E-202
TI-E-203
TI-E-204
TI-E-205
TI-E-206
TI-E-207
TI-E-208
TI-E-209
TI-E-210
TI-E-211
TI-E-212
TI-E-213
TI-E-214
TI-E-215
TI-E-216
TI-E-217
TI-E-218
TI-E-219
TI-E-220
TI-E-221
TI-E-222
TI-E-223
TI-E-224
TI-E-225
TI-E-226
TI-E-227
TI-E-228
TI-E-229
TI-E-230
TI-E-231
TI-E-232
TI-E-233
TI-E-234
TI-E-235
TI-E-236
TI-E-237
TI-E-238
TI-E-239
TI-E-240
TI-E-241
TI-E-242
TI-E-243
TI-E-244
TI-E-245
TI-E-246
TI-E-247
TI-E-248
TI-E-249
TI-E-250
TI-E-251
TI-E-252
TI-E-253
TI-E-254
TI-E-255
TI-E-256
TI-E-257
TI-E-258
TI-E-259
TI-E-260
TI-E-261
TI-E-262
TI-E-263
TI-E-264
TI-E-265
TI-E-266
TI-E-267
TI-E-268
TI-E-269
TI-E-270
TI-E-271
TI-E-272
TI-E-273
TI-E-274
TI-E-275
TI-E-276
TI-E-277
TI-E-278
TI-E-279
TI-E-280
TI-E-281
TI-E-282
TI-E-283
TI-E-284
TI-E-285
TI-E-286
TI-E-287
TI-E-288
TI-E-289
TI-E-290
TI-E-291
TI-E-292
TI-E-293
TI-E-294
TI-E-295
TI-E-296
TI-E-297
TI-E-298
TI-E-299
TI-E-300

ANEXO #3

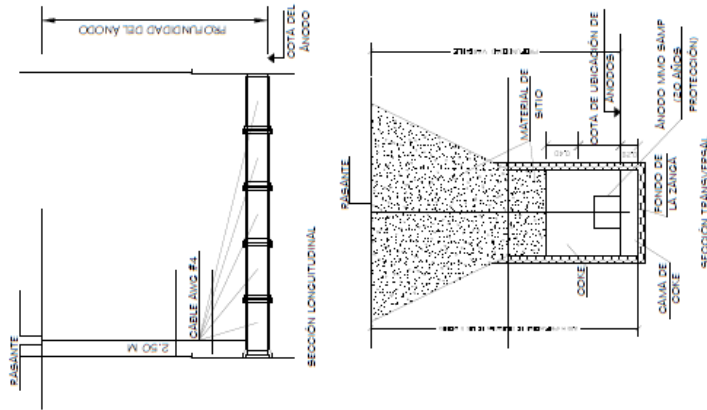
**PLANO ESQUEMÁTICO
DETALLES DE CAJAS DE PASO**



ZANJA PARA TUBERIA PVC Ø 0.05mm
PARA PROTECCION DE CABLE #4 AWG



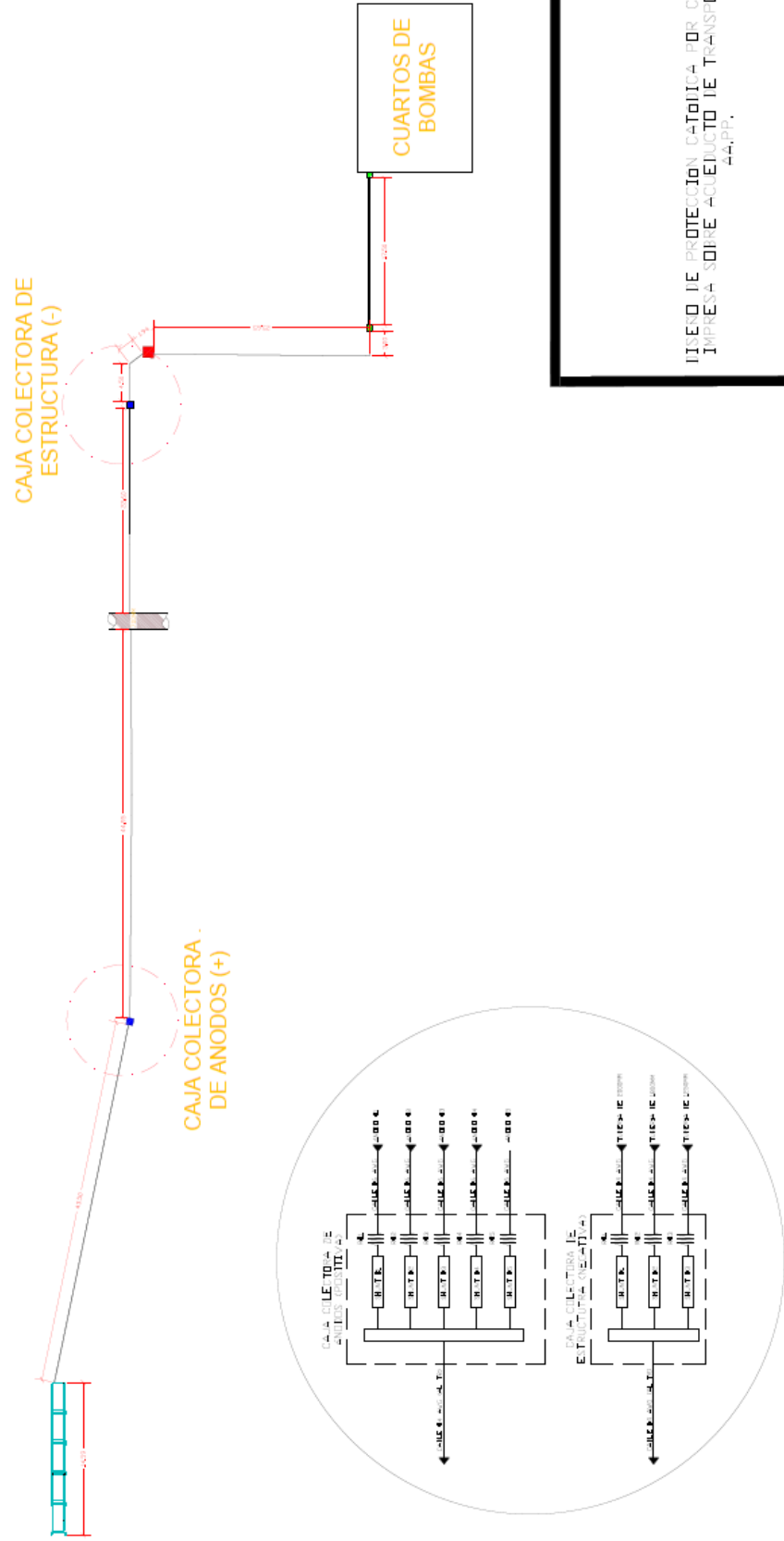
**SECCION TIPO PARA COLOCACION DE
5 ANODOS CUBIERTO EN COKE**



IMPRESA EN ACUEDUCTO DE TRANSPORTA DE ENERGIA

ANEXO #4

**PLANO ESQUEMÁTICO
SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA**



MODELO DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA SOBRE ACUEDUCTO DE TRANSITO DE AAAPP.

Anexo 5 Presupuesto con ánodo de aluminio

PRESUPUESTO CORRIENTE EMPRESA POR ANODO DE ALUMINIO										SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14				
CANTIDAD	VALOR UNITARIO	UNIDAD	TOTAL	INICIO	FIN	EMERSON																					
1	1.374.18	U	1.374.18	05/10/2021	05/10/2021	48.00																					
2	1.374.18	U	1.374.18	05/10/2021	05/10/2021	48.00																					
3	1.374.18	U	1.374.18	05/10/2021	05/10/2021	48.00																					
4	8.92	U	8.92	05/10/2021	05/10/2021	8.00																					
5	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
6	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
7	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
8	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
9	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
10	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
11	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
12	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
13	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
14	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
15	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
16	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
17	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
18	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
19	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
20	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
21	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
22	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
23	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
24	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
25	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
26	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
27	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
28	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
29	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
30	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
31	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
32	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
33	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
34	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
35	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
36	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
37	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
38	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
39	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
40	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
41	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
42	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
43	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
44	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
45	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
46	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
47	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
48	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
49	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
50	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
51	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
52	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
53	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
54	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
55	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
56	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
57	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
58	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
59	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
60	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
61	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
62	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					
63	23.00	U	23.00	05/10/2021	05/10/2021	1.00																					

Anexo 6 Presupuesto con ánodo de magnesio

PRESUPUESTO CORRIENTE IMPRESA POR ANODO DE MAGNESIO										SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
CANTIDAD	VALOR UNITARIO	UNIDAD	TOTAL	INICIO	FINAL	DURACION	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8			
MANO DE OBRA																	
1	1.250,42	U	1.250,42	01/10/2021	15/10/2021	15	1.250,42										
1	758,33	U	758,33	01/10/2021	15/10/2021	48,00	108,34	108,34	108,34	108,34	108,34	108,34	108,34	108,34			
13	1.535,88	U	20.000,00	01/10/2021	15/10/2021	15,00	7.679,40	7.679,40	7.679,40	7.679,40							
OBRA CIVIL																	
16	6,31	U	101,00	01/10/2021	08/10/2021	6,00	68,16	68,16									
1	23,00	U	23,00	14/02/2022	14/02/2022	1,00		23,00									
1	30,00	U	30,00	14/02/2022	14/02/2022	1,00		30,00									
1	13,00	U	13,00	15/07/2021	15/07/2021	1,00		13,00									
1	23,00	U	23,00	15/07/2021	15/07/2021	1,00		23,00									
33	9,50	M3	312,50	08/10/2021	19/10/2021	12,00	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31			
30	89,50	U	2.685,00	22/10/2021	09/11/2021	13,00	78,72	78,72	78,72	78,72	78,72	78,72	78,72	78,72			
ELECTRICO																	
1	13.307,68	U	13.307,68	01/10/2021	01/10/2021	1,00	13.307,68										
1	122,48	U	122,48	22/10/2021	22/10/2021	1,00		122,48									
1	74,42	U	74,42	15/10/2021	05/11/2021	22,00			37,71			37,71					
1	15,04	U	15,04	15/10/2021	05/11/2021	22,00			5,01			5,01					
23	313,00	M3	7.199,00	15/10/2021	22/10/2021	8,00	108,30	108,30	108,30	108,30	108,30	108,30	108,30	108,30			
1	33,37	U	33,37	22/10/2021	22/10/2021	1,00		33,37									
1	114,22	U	114,22	29/10/2021	05/11/2021	8,00			57,11			57,11					
1	150,23	U	150,23	29/10/2021	29/10/2021	1,00			150,23								
1	84,52	U	84,52	29/10/2021	29/10/2021	1,00			84,52								
100	2,92	M3	292,00	29/10/2021	05/11/2021	8,00			146,00			146,00					
23,13	14,28	M3	330,00	29/10/2021	05/11/2021	8,00			167,79			167,79					
1	12,51	U	12,51	05/11/2021	05/11/2021	1,00			12,51								
1	2,38	U	2,38	05/11/2021	05/11/2021	1,00			2,38								
1	14,23	U	14,23	05/11/2021	05/11/2021	1,00			14,23								
MATERIALES ELECTRICOS																	
330	2,79	M	920,70	01/10/2021	15/10/2021	13,00	320,83	320,83	320,83	320,83	320,83	320,83	320,83	320,83			
2	180,96	U	361,92	01/10/2021	01/10/2021	13,00	127,31	127,31	127,31	127,31	127,31	127,31	127,31	127,31			
2	154,68	U	309,36	01/10/2021	15/10/2021	13,00	103,12	103,12	103,12	103,12	103,12	103,12	103,12	103,12			
3	133,87	U	267,74	01/10/2021	01/10/2021	13,00	233,12	233,12	233,12	233,12	233,12	233,12	233,12	233,12			
3	23,33	U	46,66	08/10/2021	08/10/2021	2,00	38,03	38,03	38,03	38,03	38,03	38,03	38,03	38,03			
3	12,33	U	24,66	01/10/2021	01/10/2021	2,00	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87			
3	12,33	U	24,66	01/10/2021	01/10/2021	2,00	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87			
133,63	2,33	M	311,35	01/10/2021	08/10/2021	8,00	418,63	418,63	418,63	418,63	418,63	418,63	418,63	418,63			
ARMADO Y MONTAJE DE LA CABA DE PASO BRH																	
1	22,21	U	22,21	01/10/2021	01/10/2021	1,00	22,21										
3	40,53	U	121,59	01/10/2021	01/10/2021	1,00	202,65										
3	68,74	U	206,22	01/10/2021	01/10/2021	1,00	343,70										
1	7,25	U	7,25	01/10/2021	01/10/2021	1,00	7,25										
1	13,32	U	13,32	01/10/2021	01/10/2021	1,00	13,32										
ARMADO Y MONTAJE DE LA CABA DE PASO BRB(1)																	
1	33,33	U	33,33	01/10/2021	08/10/2021	8,00	16,38	16,38	16,38	16,38	16,38	16,38	16,38	16,38			
3	84,70	U	254,10	01/10/2021	08/10/2021	8,00	127,05	127,05	127,05	127,05	127,05	127,05	127,05	127,05			
3	13,00	U	39,00	01/10/2021	01/10/2021	8,00	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20			
3	23,33	U	70,00	01/10/2021	08/10/2021	8,00	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33			
1	36,12	U	36,12	01/10/2021	08/10/2021	8,00	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06			
1	13,34	U	13,34	01/10/2021	08/10/2021	8,00	7,77	7,77	7,77	7,77	7,77	7,77	7,77	7,77			
MECANICO																	
1	1.452,54	U	1.452,54	12/11/2021	12/11/2021	1,00	1.452,54										
30	230,20	U	6.906,00	01/10/2021	08/10/2021	8,00	3.377,50	3.377,50	3.377,50	3.377,50	3.377,50	3.377,50	3.377,50	3.377,50			
ECONOMICO ACUMULADO																	
% PARCIAL																	
% ACUMULADO																	
% EJECUTADO																	

Anexo 7 Especificaciones ánodo de magnesio



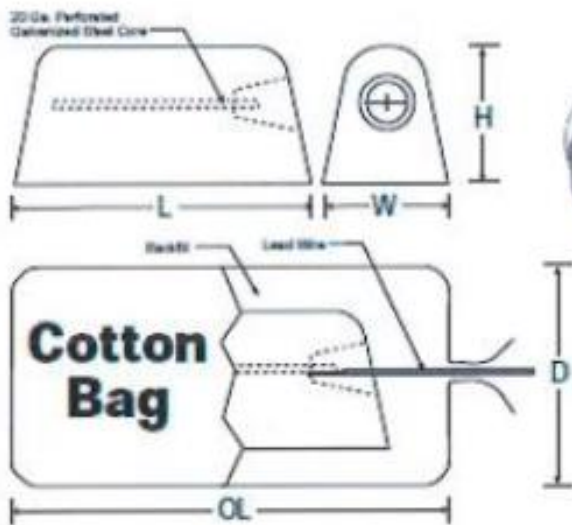
Magnesium SuperMAG™ High Potential Anodes



Galvotec Alloys produces High Potential anodes under our trademark SuperMAG™. Chemical analysis and potential tests are performed on every heat.

PRODUCT NO.	MODEL NO.	Weight				Anode Dimensions									
		BARE		PKDG.		Width (W)		Height (H)		Length (L)		Diameter (D)		Overall Length (OL)	
		lbs	kg	lbs	kg	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
GA-MG-3 HP	3D3	5	1.4	8	3.6	3.50	89	3.75	95	5.00	127	6.0	152	10	254
GA-MG-5 HP	5D3	5	2.3	17	7.7	3.50	89	3.75	95	8.50	216	6.0	152	12	305
GA-MG-9 HP	9D3	9	4.1	27	12.2	3.50	89	3.75	95	14.00	356	6.0	152	17	432
GA-MG-17 HP	17D3	17	7.7	45	20.4	3.50	89	3.75	95	25.75	654	7.5	191	34	864
GA-MG-20 HP	20D2	20	9.1	70	31.8	2.75	70	3.00	76	59.75	1518	5.0	127	66	1676
GA-MG-32 HP	32D5	32	14.5	70	31.8	3.50	140	5.00	127	20.50	521	6.0	203	29	711
GA-MG-32 HP	32D3	32	14.5	91	41.3	3.50	89	3.75	95	45.25	1149	6.5	165	53	1348
GA-MG-40 HP	40D3	40	18.1	95	43.5	3.50	89	3.75	95	59.75	1518	6.5	165	66	1676
GA-MG-48 HP	48D5	48	21.8	100	45.4	3.50	140	5.75	146	31.00	787	6.0	203	38	965
GA-MG-60 HP	48D60	60	27.2	125	56.7	4.00	102	4.00	102	60.00	1524	7.0	178	64	1626

Other shapes, sizes and weights available on request.



Packaged Anodes are prepack in either bags or cardboard cartons in low resistivity, quick wetting, prepared backfill consisting of 75% hydrated gypsum, 20% bentonite, and 5% sodium sulphate.

Connecting Wire: Standard 10 feet of solid or stranded #12 AWG Copper Lead Wire/THWN/THHN.



Typical Electrochemical Properties

Amps/Hrs./Lb.	500-560
Efficiency	50-58%
Closed Circuit Potential	-1.60 to -1.75v
Open Circuit Potential	-1.70 to -1.78v

Alloy Compositions	
Element	%
Aluminum (Max.)	0.01
Manganese (Min)	0.50 - 1.30
Iron (Max.)	0.03
Nickel (Max.)	0.001
Copper (Max.)	0.02
Other (Max.)	0.30
Magnesium	Balance

For the very best in Magnesium Anodes – specify SuperMAG™.

NOTE: While statements contained herein are believed to be accurate, they are offered as suggestions only and no warranty or representation is intended. Galvotec Alloys products are sold subject to the terms and conditions appearing on our printed order acknowledgment.

Anexo 8 Registro fotográfico

REGISTRO FOTOGRÁFICO	
<p>ÁREA DE TRABAJO</p>	<p>TELURÓMETRO</p>
<p>ÁREA DE TRABAJO</p>	<p>ÁREA DE TRABAJO</p>
<p>TOMA DE MUESTRAS PARA PH</p>	<p>TUBERÍA 700mm ACERO</p>
<p>MEDICIÓN DE ÁREA DE TRABAJO</p>	<p>Activar Windows Vea la Configuración para activar Windows RESISTIVIDAD DEL SUELO</p>