

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Análisis y selección de un sistema de protección a la corrosión en zona de salpicadura en pilotes de muelles portuarios”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Álvaro Santiago García Quiroz

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A mi madre.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a los ingenieros Julián Peña, Andrés Lamán y Gabriela Saavedra con su ayuda y buena voluntad se empezó y finalizo este trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Yo Álvaro Santiago García Quiroz doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Santiago Garcia

Álvaro Santiago García Quiroz

EVALUADORES

Julián Peña Estrella

Ing. Francis Loayza Paredes, PhD

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Julián Peña Estrella, MSc

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo de protección a la corrosión se lleva a cabo por las necesidades que presentan los puertos al momento de prolongar el tiempo de vida de sus estructuras, por tal motivo el objetivo de este proyecto es seleccionar un sistema de protección a la corrosión para muelles portuarios ecuatorianos y, además, mostrar el proceso de instalación y presentar una tabla de costos de este. El proyecto se llevó a cabo en un muelle portuario ecuatoriano que presentaba niveles altos de corrosión, pese a tener pocos años en funcionamiento, se utilizó la técnica de Hydroblasting para la limpieza de los pilotes que estaban contaminados con fauna marina excesiva, para la selección del sistema de protección a la corrosión se decidió ir por el ofrecido por una empresa extranjera que ofrecía un sistema de tres capas que cumplirían con la protección total del pilote siguiendo la norma vigente **ISO 21809- 3**. Los resultados obtenidos fueron la selección del sistema anticorrosivo ideal para el medio geométrico y medioambiental de la zona de las costas ecuatorianas y se facilitó una forma adecuada de la instalación tomando en cuenta los obreros, buzos, conductores de botes y personal ingenieril adecuado. Se concluye que el trabajo realizado dará una protección a la corrosión a los pilotes de muelles portuarios ecuatorianos los cuales podrán llegar a su tiempo de vida útil sin mayores inconvenientes y el sistema escogido puede ser replicado en otros puertos tomando en cuenta su geometría y el medio en el que se encuentren.

Palabras Clave: Protección, corrosión, salpicadura, revestimiento.

ABSTRACT

This corrosion protection work is carried out due to the needs that ports present when prolonging the useful life of their structures, for this reason the objective of this project is to select a corrosion protection system for the docks. Ecuadorian ports and, in addition, show the installation process and present a table of its costs. The project was carried out on a dock in an Ecuadorian port that had high levels of corrosion, despite having been in operation for some years, the Hydroblasting technique was used to clean the piles that were contaminated with excess marine fauna, to corrosion selection. protection system, it was decided to opt for the one offered by a foreign company that offered a three-layer system that would comply with the total protection of the pile following the current ISO 21809-3 standard. The results obtained were the selection of the ideal anticorrosive system for the geometric and environmental environment of the Ecuadorian coastal zone and an adequate form of installation was provided considering the workers, divers, boat drivers and adequate engineering personnel. It is concluded that the work carried out will provide protection against corrosion to the piles of the docks of the Ecuadorian port, which will be able to reach their useful lifetime without major inconveniences and the chosen system can be replicated in other ports considering its geometry. and the environment they are in

Keywords: *Protection, corrosion, splash, coating.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 La corrosión y técnicas de prevención en muelles	3
1.4.2 Zonas de desgaste por corrosión en Pilotes	4
1.4.3 Factores que Influyen en la Corrosión de Pilotes de Acero	4
CAPÍTULO 2.....	7
2. Sistema de protección para muelles de terminales portuarios	7
2.1 Descripción general de terminales portuarios.....	7
2.2 Especificaciones técnicas de un muelle típico ecuatoriano	7
2.3 Descripción general de pilotes para muelles portuarios.....	8
2.4 Revestimiento de la parte aérea de los pilotes	12

2.5	Propuestas para el revestimiento de los pilotes.....	13
2.6	Selección de la mejor selección para el revestimiento.....	20
CAPÍTULO 3.....		21
3.	Descripción del sistema seleccionado	21
3.1	Equipos por utilizar.....	21
3.2	Limpieza de los pilotes	23
3.3	Aplicación de la pasta de petróleo.....	24
3.4	Aplicación de la cinta.....	25
3.5	Aplicación de la chaqueta.....	27
3.6	Aplicación de puerto de inspección	29
3.7	Aplicación de los zunchos	30
3.8	Aplicación de un engrudo en zonas irregulares.....	31
3.9	Descripción completa del pilote	33
3.10	Costos derivados de la aplicación del sistema de protección	33
3.10.1	Tiempo de ejecución del proyecto.....	34
3.10.2	Costos de personal para la instalación	35
3.10.3	Costos implicados por el personal de ingeniería	35
3.10.4	Costos de la materia prima	36
3.10.5	Costo por la totalidad de pilotes.....	36
3.11	Análisis de Resultados	37
CAPÍTULO 4.....		40
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	40
4.1	Conclusiones.....	40
4.2	Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
MPY	milésimas de pulgadas por año

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Equipos utilizados para determinar la corrosión	21
Figura 3.2 Limpieza de los pilotes mediante Hydroblasting	22
Figura 3.3 Fauna marina presente en los pilotes del muelle estudiado	23
Figura 3.4 Aplicación de la primera capa en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar	25
Figura 3.5 Aplicación de la segunda capa de recubrimiento en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar	27
Figura 3.6 Aplicación de la tercera capa de protección en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar	28
Figura 3.7 Puerto de inspección de las capas de protección en los pilotes.	29
Figura 3.8 Zunchos de plástico para asegurar las chaquetas, siendo ajustados por las tijeras de presión.	31
Figura 3.9 Aplicación del engrudo en zonas de difícil acceso de los pilotes que inhibe la producción de bolsas de aire con la segunda capa de cinta	32
Figura 3.10 Descripción del producto instalado	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2 Especificaciones del muelle.....	7
Tabla 2.3 Geometría de los pilotes.....	11
Tabla 2.4 Propiedades de Denso Paste S105.....	13
Tabla 2.5 Especificaciones de Denso Marine Piling Tape	14
Tabla 2.6 Propiedades de Seashield Hdpe Outercover	15
Tabla 2.7 Propiedades de Trenton Pile Primer.....	15
Tabla 2.8 Propiedades de Trenton Pile Inner-Wrap.....	16
Tabla 2.9 Propiedades de Trenton Pile-Shield	16
Tabla 2.10 Propiedades del primer de HCL.....	17
Tabla 2.11 Propiedades del Marine Pile Protection Tape	17
Tabla 2.12 Propiedades de HDPE Jacket	17
Tabla 2.13 Propiedades del Smart Band.....	18
Tabla 2.14 Matriz de decisión.....	19
Tabla 2.15 Requerimientos de la Norma ISO 21809-3	20

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del problema

Los aspectos técnicos que se deben considerar en el desarrollo de este proyecto son que las protecciones que se vayan a instalar cumplan con todos los requerimientos del muelle estudiado, acoplándose a su geometría y al clima presente en la zona, además de los daños de corrosión causado por el golpeteo de las olas y los rayos del sol.

El proyecto en base a la salud pública debe considerar el bienestar de los obreros de planta del muelle para evitar que tenga algún accidente a causa de una estructura corroída, brindando las prevenciones pertinentes del caso. Cuando el sistema de protección escogido se vaya a instalar debe brindar las seguridades respectivas a los obreros, ya que, por lo complicado del medio de instalación podrían incurrir en lesiones y daños para su salud.

La seguridad y bienestar de los miembros encargados de la instalación del sistema de protección debe estar asegurado debido a la magnitud del proyecto que podría alcanzar hasta 3 millones de dólares y por ende se necesitarán los medios de seguridad pertinentes del caso.

Los aspectos globales de la selección del sistema de protección deben estar de la mano de normas internacionales, la cuales garanticen al muelle una protección similar a las que se tienen en otros similares alrededor del mundo, manteniendo al Ecuador a la vanguardia en la protección anticorrosiva.

Los parámetros culturales y sociales debido a la naturaleza del proyecto que es netamente ingenieril no cumplirían un rol importante en este proyecto, aunque se puede mencionar que la protección de muelles a la corrosión podría tener un efecto turístico en el país, ya que más países de

la región podrían llegar al Ecuador a observar los sistemas de protección instalados y poderlos replicar en sus países.

En los temas ambientales, el proyecto debe llevarse a cabo siguiendo todos los requerimientos reglamentarios y gubernamentales. En cuanto a las municipalidades en donde se desarrolla la obra, estos tienen sus propias restricciones y limitaciones a tomar en cuenta, a continuación, se consideran los requerimientos dados por el ministerio de medio ambiente para obtener los permisos de instalación y; finalmente, se evalúan las normas internacionales ambientales que a pesar de no ser medios directos para la obtención de permisos, serán de gran ayuda con su experiencia en la instalación de este tipo de protecciones, para la protección de la fauna presente en la zona.

Los requerimientos económicos son esenciales al momento de poner en marcha un proyecto como estos. El sistema de protección a instalar debe demostrar rentabilidad, es decir que su costo de implementación es muy superior al de un posible reemplazo de la estructura. Adicionalmente, se deben tomar en cuenta los costos de importación de los productos para que estos no inflen más su precio. Un sistema de protección acorde a estos requerimientos será el escogido para dar luz verde al proyecto.

1.2 Justificación del proyecto

Los costos globales de daños por corrosión de las estructuras que pertenecen al país varían dependiendo del sector económico de cada región, sin embargo, se estima que pueden ascender al 3.4% del PIB.

Mediante el uso de buenas prácticas de control contra la corrosión es posible conseguir una menor frecuencia de fallas que evitarían pérdidas en tiempos de producción y/o del producto, disminuyendo riesgos para el personal, daños a la propiedad y extendiendo la vida de los establecimientos. Esto supone un ahorro entre el 15% al 35% sobre la estimación inicial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Seleccionar un sistema de protección anticorrosivo para la zona de salpicadura en pilotes metálicos hincados en las costas ecuatorianas.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar la mejor alternativa de protección contra la corrosión en la zona de variación de marea.

Elaborar el procedimiento de instalación de revestimiento en pilotes en muelles, incluye costos y cronograma.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 La corrosión y técnicas de prevención en muelles

Un muelle marítimo tiene varias construcciones hechas de distintos materiales con diferente periodo de utilidad. Ejemplificando, los muelles de hormigón, de tablas y pilares de madera, roca y los que son manufacturados en pilotes metálicos, sin dependencia de revisión, conservación y método de resguardo al desgaste. Bermúdez, (2007).

Tipos de Corrosión en Muelles

Corrosión total. – Este tipo de corrosión se presenta en toda la superficie del pilote de una manera uniforme, afectando a todos los lugares por igual, sin distinción.

Corrosión restringida por picaduras y grietas. – Este tipo de corrosión se presenta cuando las capas exteriores de corrosión empiezan a desquebrajarse, dando lugar a focos de corrosión, y las picaduras se pueden dar por la presencia de fauna marina como pequeños cangrejos.

Corrosión galvánica. – este tipo de corrosión se da cuando el pilote está en presencia de algún otro metal de cualquier otro material que sean eléctricamente compatibles, haciendo uno de ánodo y otro de cátodo pasando la corrosión de uno hacia otro.

Corrosión de desintegración. – Este tipo de corrosión se da principalmente por acción del golpeteo de las olas contra los pilotes

haciendo que estos desprendan sus capas de corrosión preexistentes, las cuales funcionaban como capas protectoras.

1.4.2 Zonas de desgaste por corrosión en Pilotes

Existen 7 categorías que dividen que el porcentaje de corrosión que va a tener un pilote. Cada una de estas se diferencia dependiendo del nivel de contacto que tengan con el medio oxidante, en este caso será el agua de mar

Zona climática. – Esta zona va desde el nivel superior del muelle hasta el llamado nivel alto del agua por sus siglas en inglés (HWL). En esta zona existe una menor probabilidad de que exista corrosión debido a que los agentes oxidantes se encuentran en menor cantidad.

Zona de aspersion. – Se localiza puntualmente sobre el HWL y posee una tasa de corrosión fluctuante de forma representativa dependiendo del oleaje.

Zona de flujo. – Esta zona está entre el HWL y el MLWL (mean low water level) por sus siglas en inglés. Desde la zona de aspersion hasta la zona donde podría estar un ánodo galvánico.

Zona de nivel bajo. – Esta zona está entre el MLWL y una distancia de entre 0,5 a un metro por debajo del nivel de agua bajo.

Se considera que las estructuras de acero que forman parte de los muelles portuarios poseen una vida útil que oscila entre los 20 a 30 años.

1.4.3 Factores que Influyen en la Corrosión de Pilotes de Acero

Probablemente el principal problema a la hora de afrontar e intentar abordar la corrosión radica en que son muchos los factores o condicionantes que pueden asociarse a un determinado daño corrosivo. Para tener una idea de las peculiaridades destructivas, se hará referencia a los elementos que pueden impactar en los pilotes de acero.

Salinidad. - La cantidad medida de sal y agua en el océano es cercana al 3,5%. El ion cloruro es la partícula con mayor concentración, esta partícula da mayor facilidad al oxígeno de mezclarse en el agua y producir corrosión.

Oxigenación del agua. - En muchos muelles contaminados se pueden esperar varios niveles de circulación de aire y de sustancias oxigenantes a diferentes niveles de profundidad. Esto podría ser un elemento definitivo para considerar tanto para el desarrollo como para las diferentes células de circulación de aire sobre los pilotes. Estos focos de oxigenación podrían generar problemas, sin embargo, su actuación luego de un tiempo disminuye ya que la corrosión se vuelve como capas superficiales defensivas.

Variación de calor en el mar. - La temperatura y la tasa de corrosión están estrechamente entrelazados. Entre tanto el ritmo de las respuestas sintéticas directas se incrementa aproximadamente dos veces por cada 10°C, dando un incremento que se debe tomar en cuenta. Gómez, (2007).

Nivel de pH. - El nivel de alcalinidad y acidez del agua del océano varía entre los 7,5 y valores cercanos a 8,3. Este a su vez puede fluctuar en función de la polución que haya entrado en contacto con el agua del puerto, más sin embargo el ritmo de corrosión del material de acero es prácticamente constante. Un ejemplo de esto es que, en función de la agrupación de CO₂ desintegrado, hecho por las plantas marinas mediante fotosíntesis y también de ciertos microorganismos marinos, el pH tiene cambios considerables.

Contaminantes. - Los muelles portuarios poseen diferentes tipos de contaminación desde los desperdicios causados por las industrias, aguas residuales hasta incluso petróleo sin refinar y sus derivados. Los principales perjudicados son las especies orgánicas debido a que dicha contaminación provoca una menor oxigenación en el agua y un impacto venenoso en su entorno. La desaparición del oxígeno se da por las formas de vida incrustadas en el agua de mar, lo cual podría causar un ajuste en la tasa de corrosión de forma considerable por la presencia de organismos microscópicos anaeróbicos.

Organismos bacteriológicos. - Las bacterias estructuran una película bacteriana como exudado, al igual que las semillas creadas por plantas y seres vivos que se incrustan, picando en la capa exterior del pilote.

CAPÍTULO 2

2. Sistema de protección para muelles de terminales portuarios

2.1 Descripción general de terminales portuarios

Comúnmente, los terminales marítimos pueden recibir buques de hasta 75.000 toneladas de peso, con accesos totalmente claros, sin peligros para la navegación y costos de construcción relativamente bajos.



Figura 2.1 Vista lateral de un muelle portuario [Elaboración propia]

2.2 Especificaciones técnicas de un muelle típico ecuatoriano

Un muelle típico cuenta con un puente peatonal entre dolphins, puente de acceso y plataformas, cuyas cargas recaen en pilotes metálicos. A modo de ejemplo, se detallan las siguientes características de referencia:

Tabla 2.1 Especificaciones de pilotes del muelle [Elaboración propia]

Cantidad	400+ unidades, pilotes sin material de relleno
Material	planchas de acero al carbono ASTM A-588
Diámetro	1200 milímetros
Longitud total	entre 53,49 m y 16,74 m
Longitud sumergida en agua	entre 23,55 m y 0,02 m
Longitud hincada en el lecho marino	entre 5,00 m y 27,84 m

En ocasiones, estructuras como estas son construidas sin un sistema de protección contra la corrosión.

Los pilotes de los muelles que generalmente operan en Ecuador se encuentran recubiertos de pintura en los últimos metros de pilotaje junto a una estructura de hormigón superior. Sin embargo, este método de protección no ha mostrado ser eficaz para proteger la superficie del metal, por lo que se prevé hacer la instalación de un revestimiento de mejor rendimiento que reemplace el revestimiento actual hasta la cota de la bajamar máxima. Se considera que no existe ningún tipo de conexión eléctrica entre los pilotes ni tampoco existen estructuras metálicas cercanas ni sistemas de protección catódica que puedan producir efectos de interferencia sobre las estructuras metálicas del muelle.

2.3 Descripción general de pilotes para muelles portuarios

Las características geométricas de los pilotes del muelle estudiado se desprenden de varios análisis previos, realizados en zonas costeras. Desde el día de su construcción hasta la presente fecha se han realizado varios procesos para dar la protección necesaria a los pilotes de este muelle, gracias a esto ya tenemos las características del muelle y no fue necesario tomar la medida de cada uno de los pilotes, lo que hubiese sido un trabajo que sobrepasaría los objetivos del presente trabajo.

Ahora, el muelle de estudio lleva 7 años de uso sin ningún tipo de protección a la corrosión, lo que supondría lógico que los datos de los estudios anteriores no puedan usarse por estar desactualizados; esto se afirma con lo explicado previamente en este trabajo de grado, sugiriendo que la corrosión en los pilotes hace que estos se “descascaren” o pierdan material en su superficie.

Con base a esto se procedió a realizar mediciones directamente en los pilotes para poder saber si es posible utilizar los datos de estudios anteriores. Los datos levantados en campo fueron: medición del potencial eléctrico y levantamiento del espesor de los pilotes utilizando los equipos descritos a continuación:

Potencial de Corrosión

La técnica empleada con el elemento Cormap System CM-4000, marca James Instruments y constituido de una media celda plata/cloruro de plata (Ag/AgCl), consiste en obtener lecturas de diferencias de potencial, medidas en mV, para estimar la existencia de un potencial de corrosión en el acero de refuerzo de acuerdo con el criterio que establece la norma SP0169-2013, "Control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas enterradas o sumergidas" y la literatura en libros especializados.



Figura 2.2 Medición de potencial en uno de los pilotes del muelle estudiado
[Elaboración propia]

Es notable que en las secciones del muelle donde se tomaron las medidas de este potencial, no se pudo observar una diferencial grande que nos entregue datos de que los pilotes tenían presencia de desprendimiento de material por corrosión.

Medición de espesores con ultrasonido

La medición ultrasónica de espesores es una técnica de ensayo no destructivo para la cual no es necesario cortar ni seccionar el material. Se trata de un método rápido, fiable y versátil que, a diferencia del uso de un micrómetro o un calibre, requiere el acceso a solamente una pared de la pieza a medir.

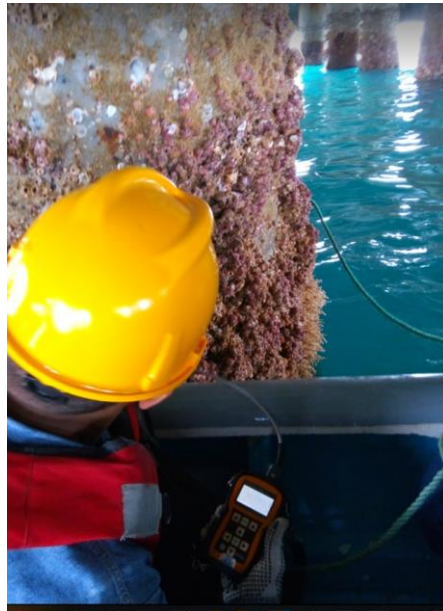


Figura 2.3 Medición del espesor de los pilotes con ultrasonido [Elaboración propia]

Similar a lo mencionado en la medición de potencial, el espesor de los pilotes tiene una variación mínima, por lo que los datos proporcionados en estudios anteriores aún pueden ser utilizados y se muestran a continuación (La tabla completa se encuentra en el Anexo A):

Tabla 2.2 Geometría de los pilotes [Morken, 2015]

			Área enterrada		Área Sumergida	
Zona	Número de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m 2	m	m 2
1	1	17,03	14,03	52,89	0,02	0,08
1	2	17,12	14,13	53,27	0,02	0,08
1	3	17,02	14,02	52,85	0,02	0,08
1	4	16,74	13,74	51,80	0,02	0,08
1	5	16,81	13,82	52,10	0,02	0,08
1	6	17,48	14,48	54,59	0,02	0,08
1	7	17,24	14,25	53,72	0,02	0,08
.
.
.
.
.
4	429	46,6	21,95	82,75	21,15	79,73
4	430	48,05	23,01	86,75	21,55	81,24
4	431	45,35	20,66	77,89	21,2	79,92
4	432	50,42	25,83	97,38	21,1	79,55
4	433	45,82	21,22	80,00	21,1	79,55
4	434	45,35	20,65	77,85	21,2	79,92
4	435	49,53	23,35	88,03	22,68	85,50
4	436	50,24	24,06	90,70	22,68	85,50

2.4 Revestimiento de la parte aérea de los pilotes



Figura 2.4 Partes del pilote destinados al revestimiento [Elaboración propia]
Actualmente sobre el esquema en la zona cubierta intermitentemente por el agua se ha desarrollado una biomasa de espesor variable que seguramente ha deteriorado la capacidad de prevención de la corrosión del esquema de pintura aplicado, también se observan focos de incipiente corrosión.

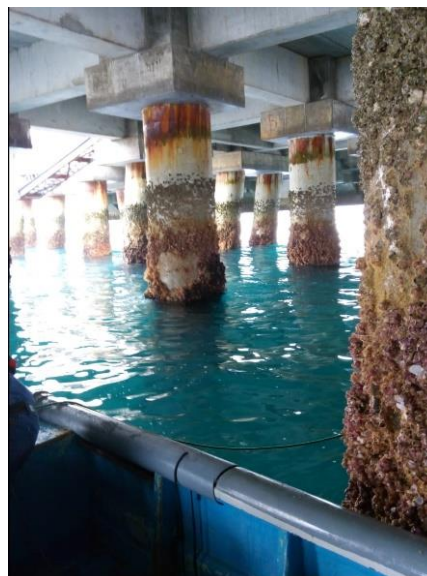


Figura 2.5 Focos de incipiente corrosión [Elaboración propia]

Se propone aplicar un nuevo revestimiento de probada eficacia en este tipo de instalaciones que cubra una distancia adecuada desde el extremo superior de los pilotes, prácticamente hasta el nivel de la marea mínima.

2.5 Propuestas para el revestimiento de los pilotes

Propuesta de la empresa DENSO (P.A)

The SeaShield 2000 FD™

Es un sistema que se puede aplicar tanto por encima como por debajo del agua, ofrece una protección robusta a las estructuras marinas que están expuestas a las condiciones corrosivas que se encuentran en la zona de salpicaduras, entornos intermareales y submarinos.

Este sistema se compone de tres capas, las cuales se describe a continuación:

Denso Paste S105 (Wet/Underwater Petrolatum Tape Primer)

Es una imprimación de pasta de petróleo que contiene inhibidor de la corrosión que desplaza el agua y aditivos de control de flujo. La imprimación se puede aplicar con la mano enguantada o con un cepillo de cerdas duras. Es muy eficaz bajo el agua o en superficies metálicas muy húmedas como pilotes, contrahuellas y pilotes en H.

Tabla 2.3 Propiedades de Denso Paste S105 [Denso, 2021]

Propiedades	Unidades
Contenido de solidos	100%
Gravedad especifica	1.08
Volumen especifico	925 cc/kg
Temperatura de inflamación	>180°C
Temperatura máxima de servicio	70°C
Zona cubierta	2 a 4.5 m ² /kg
Paquete	4 paquetes de 2.5 kg

Cubre un total de 45,06 m² por caja para superficies secas y húmedas distribuidos en 4 bidones de 2,5 kg cada uno.

Denso Marine Piling Tape (Marine Petrolatum Tape with HDPE Backing)

Se compone de un portador de tela sintética no tejida completamente impregnado con un compuesto a base de petróleo que contiene cargas inertes y agentes de desplazamiento de agua. Está respaldado con una fina película de polietileno de alta densidad.

Tabla 2.4 Especificaciones de Denso Marine Piling Tape [Denso, 2021]

Propiedades	Unidades
Thickness	1.3 mm avg
Peso	1,62 kg/m ² avg
Breaking Strength (ASTM 1000)	200 N/ 50 mm min
Transmisión de vapor de agua (ASTM E96)	0.006 perms avg
Elongación	10% avg
Breakdown Voltage	16 kV min
Resistance to Cathodic Disbonding	180 mm ² avg
Resistencia a Ácidos, alcalinos y sales	Excelente
Temperatura máxima de servicio	60°C

Seashield HDPE Outercover (High Density Polyethylene Outercover Jackets)

Es una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) lisa, de alta calidad, producida a partir de resina de polietileno virgen especialmente formulada. Esta resina de polietileno está diseñada específicamente para aplicaciones de geomembranas flexibles. Contiene aproximadamente 97,5% de polietileno, 2,5% de negro de humo y trazas de antioxidantes y estabilizadores del calor; no se utilizan otros aditivos, cargas o diluyentes.

Tabla 2.5 Propiedades de Seashield Hdpe Outercover [Denson 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo
Espesor	1.4, 1.8, 2.3 mm	ASTM D 5199
Densidad	0.94 g/cm ³	ASTM D 1505
Resistencia al desgarre	42 N	ASTM D 1004
Resistencia a la perforación	119 N	ASTM D 4833
Resistencia UV	50	ASTM 7238

Propuesta de la empresa TRENTON (P.B)

Sistema Pile-Shield

Está diseñado para usarse en condiciones marinas severas, proporcionando un sistema de doble protección contra la corrosión y abrasión o impacto.

Tiene tres capas que se describe a continuación:

Trenton Pile Primer

Es un inhibidor de la corrosión compuesto a base de cera que desplaza la humedad. Está de consistencia pastosa y aplicable a mano.

Tabla 2.6 Propiedades de Trenton Pile Primer [Trenton, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Resistencia Dieléctrica	100 volt/mil	D-149
Punto de inflamabilidad	177 °C	D-92
Gravedad específica	25 °C	D-3505
Color	Café	
Temperatura de aplicación	-18°C a 38°C	
Temperatura de servicio	-68°C a 52 °C	

Trenton Pile Inner-Wrap

Es un filtro de poli fibra saturado con cera de petróleo. La envoltura interior se combina con el Pile Primer para formar un compuesto polimérico inhibidor de la corrosión que proporciona una barrera anticorrosión.

Tabla 2.7 Propiedades de Trenton Pile Inner-Wrap [Trenton, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Resistencia Dieléctrica	236 volt/mil	D-149
Espesor	1.27 mm	D-1000
Dureza	3940 N/m	D1000
Peso	1.35 kg/sq m	
Punto de inflamabilidad	149 °C	D-92
Temperatura de aplicación	-18°C a 110 °C	
Temperatura de servicio	-68°C a 110°C	

Trenton Pile-Shield

Es una lámina de polietileno de alta densidad resistente y extremadamente duradera que es resistente a los rayos UV.

Tabla 2.8 Propiedades de Trenton Pile-Shield [Trenton, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Espesor	1.25, 1.75, 2.5 mm	D-1505
Dureza	400 lb/in	D-838
Deformación máxima	700%	D-838
Resistencia al desgarre	65 lb	D-104
Temperatura mínima de fallo	-80 °C	D-746
Resistencia a la perforación	130 lb	FTMS 101 M-2065
Temperatura de aplicación	-1 a 52 °C	
Temperatura de servicio	-80 a 52 °C	
Color	Negro	

Propuesta de la empresa HCL (P.C)

Pile Wrap System

Es un sistema de protección de pilotes sumergidos, consta de una capa de pasta interna y cinta de petrolato, que se asegura con una chaqueta de HDPE de 2 mm de alta resistencia y HCL Smart-Bands. Esta solución sella la pila contra el agua y el oxígeno, por lo que detiene la corrosión.

Primer

Es una pasta de imprimación de vaselina a base de petróleo.

Tabla 2.9 Propiedades del primer de HCL [HCL, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Aplicación	0,5 kg/m ²	
Resistencia Dieléctrica	100 volt/mil	D-149
Punto de inflamabilidad	177 °C	D-92
Color	Café	

Marine Pile Protection Tape

Cinta de petrolato marino que es aplicado en frío, a base de cera que incorpora un no tejido, cosido portador sintético.

Tabla 2.10 Propiedades del Marine Pile Protection Tape [HCL, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Superposición	55%	
Resistencia Dieléctrica	236 volt/mil	D-149
Color	Café	

HDPE Jacket

Es una chaqueta de polietileno con ajuste a base de zunchos.

Tabla 2.11 Propiedades de HDPE Jacket [HCL, 2021]

Propiedad	Especificación	Método de testeo ASTM
Superposición por envoltura	200 mm	
Espesor	2.0 mm	D-1505
Dureza	400 lb/in	D-838
Color	Negro	

Smart Band

Es una banda de polímero de alta resistencia patentada, capaz de soportar cargas del sistema de más de 1000 kg. Tiene la ventaja de estar fabricado a partir de una gama de polímeros de alta temperatura, lo que le confiere una resistencia superior a los productos químicos y a la temperatura de hasta 175 ° C.

Tabla 2.12 Propiedades del Smart Band [HCL, 2021]

Propiedad	Especificación
Ancho	32 mm
Diámetro máximo	2550 mm
Temperatura de servicio máxima	175 °C
Resistencia máxima	1264 kgf
Expectativa de vida	30+ años

Matriz de decisión

Tabla 2.13 Matriz de decisión [Elaboración propia]

Criterios	Importancia	Puntuación			Breve justificación de la puntuación	Puntuación ponderada		
		Opc. A	Opc. B	Opc. C		Opc. A	Opc. B	Opc. C
Adecuación a los objetivos (criterio de eficacia)	10	9	10	10	El objetivo es la protección a la corrosión de los pilotes a una distancia de entre 50 a 100 centímetros del nivel cero.	90	100	100
<i>¿Qué modalidad/mecanismo podría cumplir mejor con los objetivos del proyecto?</i>								
Preferencias de los beneficiarios	10	8	9	10	Se preferirá una solución que pueda dar la protección a los pilotes del muelle tomando en cuenta su geometría y la difícil instalación en los dolphins de atraque.	80	90	100
<i>¿Qué modalidad/mecanismo prefieren los beneficiarios?</i>								
Riesgos	10	8	8	10	Los sistemas de protección más manejables serán según la geometría de los pilotes, en especial en los dolphins de atraque donde se presenta pilotes inclinados y muy pegados el uno del otro, además se toma en cuenta la forma de instalación.	80	80	100
<i>¿Qué modalidad/mecanismo presenta menos riesgos y/o más manejables?</i>								
Plazos	10	9	9	10	Se toma en cuenta el tiempo de instalación y puesta a punto de cada producto de protección contra la corrosión.	90	90	100
<i>¿Qué opción requiere el menor tiempo para su puesta en marcha?</i>								
Financiación	10	10	8	10	Se toma en cuenta el producto que tenga mayor coste beneficio con respecto a la protección corrosiva.	100	80	100
<i>¿Qué modalidad/mecanismo tiene más probabilidad de recibir financiación?</i>								
Infraestructura y servicios	10	9	9	10	Se toma en cuenta el sistema que más se adapte a las condiciones geográficas, ambientales y geométricas teniendo en cuenta que esta instalación será en un muelle con varios años de uso.	90	90	100
<i>¿Qué opción será más apropiada considerando las infraestructuras existentes y los servicios disponibles?</i>								
Impacto secundario	10	9	10	10	Se toma en cuenta el sistema de protección que asegure un mayor tiempo de vida con respecto a la corrosión de los pilotes tomando en cuenta las condiciones ambientales y de marea presentes en la zona.	90	100	100
<i>¿Qué opción tiene más probabilidad de producir efectos multiplicadores en la economía local?</i>								
Puntuación total		96	99	110	Puntuación total ponderada	620	630	700

2.6 Selección de la mejor selección para el revestimiento

La **opción C** cumple con los requerimientos mínimos necesarios para la puesta a punto, instalación y post verificación de la protección en el muelle de acuerdo con la norma vigente **ISO 21809- 3** (Petroleum and natural gas industries — External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems — Part 3: Field joint coatings).

Se describe a continuación las propiedades buscadas por la norma:

Tabla 2.14 Requerimientos de la Norma ISO 21809-3 [Organización Internacional de Normalización, 2021]

Propiedad	Requerimiento	Método de testeo
Primera Capa		
Punto de congelamiento	> 55 °C	ASTM D 938
Temperatura de flamabilidad	> 65 °C	ASTM D 92
Densidad	<1 g/cm ³	ASTM D 70
Cone penetration	7,5 a 25 mm	ASTM D 937
Resistencia dieléctrica	>4 V/μm	ASTM D 149
Segunda capa		
Punto de Congelación en la saturación	>65°C	ASTM D 938
Temperatura de flamabilidad en la saturación	>60°C	ASTM D 92
Espesor	>1,75 mm	ASTM D 1000
Resistencia dieléctrica	>6,6 V/μm	ASTM D 149
Resistencia al goteo	SIN GOTEO	
Tercera capa		
Resistencia al impacto	>0,8 J/mm	
Presión	0,1 N/mm ²	
Espesor residual	>0,6 mm	
Resistencia al desprendimiento catódico	<12 mm	
Resistencia eléctrica de insolación	>10 ⁶ Ω.m ²	

CAPÍTULO 3

3. Descripción del sistema seleccionado

Una vez definido el producto a utilizar, ofrecido por la empresa HCL, describiremos su forma de instalación, y los costos que intervendrán en el mismo, así como de cuáles son las dificultades que se nos presenta en la instalación.

3.1 Equipos por utilizar

Los equipos para utilizar se describirán en orden cronológico, estos en su mayoría fueron utilizados en el proceso de limpieza de los pilotes, los cuales, como se describió en el capítulo anterior, se encuentran rodeados por fauna marina y bajo estos se encuentran capas de material corroído que debe ser removido para tener una superficie uniforme donde se pueda untar la mezcla del primer de la primera capa.



Figura 3.1 Equipos utilizados para determinar la corrosión [Elaboración propia]

Para la limpieza de los pilotes se utilizará la técnica de Hydroblasting el cual será explicado más a profundidad en el siguiente punto. A continuación, se describirá el equipo utilizado para limpieza de los pilotes.

Equipamiento para el Hydroblasting

La hidro limpiadora es un método mediante el cual se utiliza una corriente de agua a alta presión de 600 bar a 2800 bar para eliminar pintura vieja, óxido, caucho, productos químicos u otras acumulaciones pesadas sin dañar la superficie debajo de ella. Este método es perfecto para superficies internas y externas porque el operador de la pistola rociadora puede acceder a esas áreas de "difícil acceso". Además, debido a su fuerte rocío de agua, el usuario puede mantener una distancia segura de la superficie que se está limpiando. Una de las principales diferencias entre el chorro de agua y otros abrasivos de limpieza es la capacidad de contener, capturar, filtrar y reutilizar el agua, esto elimina las aguas residuales y los contaminantes después de la limpieza. Moscol Sandoval, (2017).



Figura 3.2 Limpieza de los pilotes mediante Hydroblasting [Elaboración propia]

Una vez definida la maquinaria principal de limpieza de los pilotes, el resto de equipamiento necesario son herramientas comunes para realizar una pre-limpieza de los pilotes de fauna marina más grande que se presenta alrededor de los pilotes como el que se adjunta a continuación:



Figura 3.3 Fauna marina presente en los pilotes del muelle estudiado
[Elaboración propia]

3.2 Limpieza de los pilotes

Hydroblasting (HB)

HB consiste en el uso de agua presurizada para preparación de superficies, eliminando revestimientos y otros materiales, incluidos materiales peligrosos de un sustrato, para lograr un grado definido de limpieza de la superficie. HB incluye varios métodos, como la limpieza con agua a baja presión (LP WC), la limpieza con agua a alta presión (HP WC), el chorro de agua a alta presión (HP WJ) y el chorro de agua a ultra alta presión (UHP WJ).

Los grados de limpieza de la superficie que se pueden lograr con los métodos HB no tienen la intención de requerir que un perfil de superficie esté presente o definido antes de la aplicación del recubrimiento.

HB reduce y puede eliminar por completo los contaminantes superficiales solubles en agua, en particular los contaminantes que se encuentran en el fondo de los hoyos que a su vez están ubicados en la superficie de los sustratos metálicos corroídos. HB también ayuda a eliminar aceite, grasa, óxido y otros productos de corrosión y otras materias extrañas (por ejemplo, salpicaduras de hormigón proyectado) de la superficie, y se utiliza

cuando es el método más factible de preparación de la superficie a diferencia de la limpieza con chorro abrasivo, limpieza con herramientas eléctricas o manuales, o decapado químico. Puede usarse cuando la aplicación de recubrimientos de alto rendimiento requiere una preparación extensa de la superficie, descontaminación de la superficie o ambas.

Los estándares de chorro de agua definen un grado estándar de limpieza de la superficie que se debe lograr con los métodos HB. Los cuatro grados de limpieza de la superficie logrados por HB se tratan en estándares separados, pero el que se deberá utilizar se describe a continuación:

- Sustrato de limpio a desnudo. - Esta norma define el grado de limpieza de la superficie del sustrato de limpio a desnudo de los sustratos metálicos revestidos o no revestidos que se logra mediante el uso de HB antes de la aplicación de un revestimiento protector. El HB para lograr la limpieza de superficie al nivel de “sustrato limpio a desnudo” (WJ-1) se utiliza cuando el objetivo es eliminar todo rastro de óxido y otros productos de corrosión, revestimiento y cascarilla de laminación. Puede haber decoloración de la superficie. (Estándar: NACE WJ-1 / SSPC-SP, WJ-1)

3.3 Aplicación de la pasta de petróleo

Descripción

Es una imprimación de vaselina blanda que contiene un inhibidor de la corrosión que desplaza el agua y aditivos de control de flujo. La imprimación se puede aplicar con la mano enguantada o con un cepillo de cerdas duras.

Características

- Se aplica a superficies muy húmedas o bajo el agua.
- Puede ser aplicado por personal sin experiencia.
- Sin tiempo de curación

Aplicación

Se deberá preparar las superficies de los pilotes quitando todas las incrustaciones sueltas, óxido u otras materias extrañas de acuerdo con SSPC SP2 “Limpieza con herramientas manuales” o SP3 “Limpieza con herramientas eléctricas” en estas se incluye toda la fauna marina que se encuentre alrededor de los pilotes y la limpieza con agua a alta presión de 3000 a 7000 psi (20,68 a 48,26 MPa) que fue explicado en el punto anterior como Hydroblasting.

Luego de tener la superficie completamente limpia se debe aplicar una capa fina y uniforme de la pasta a toda la superficie con la mano enguantada, una brocha o un trapo. Se debe procurar que se aplique la pasta en toda la superficie del pilote ya que esta es esencial para la siguiente capa.



Figura 3.4 Aplicación de la primera capa en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar [Elaboración propia]

3.4 Aplicación de la cinta

Descripción

Está compuesta por una tela sintética no tejida, completamente impregnada con un compuesto a base de petróleo que contiene rellenos inertes y agentes de desplazamiento de agua. Está respaldado por una fina película de polietileno de alta densidad.

Características

- Se aplica a superficies preparadas marginalmente (SSPC SP 2-3)
- Se adapta a formas y perfiles irregulares
- Resistente a los rayos UV
- Se puede aplicar a superficies frías y húmedas.
- No se ve afectado por el agua, el ácido, las sales o los compuestos orgánicos del suelo.
- Fácil aplicación desde temperaturas árticas a tropicales
- Listo para servicio inmediato después de la aplicación

Aplicación

Una vez el pilote este completamente cubierto por el primer o pasta de la primera capa se debe envolver en espiral la cinta con una superposición mínima recomendada de 25 mm. Al momento de la instalación si se encuentran partes del pilote con un alto índice de corrosión se recomienda una superposición del 55% para reforzar estas partes más dañadas del pilote según recomendaciones del fabricante. Mientras se va envolviendo la cinta en el pilote se debe presionar las bolsas de aire remanentes hacia afuera y alisar todas las costuras del regazo para que exista una superficie uniforme, es importante señalar que, si se dejan burbujas de aire, estas podrían convertirse en el futuro en focos de corrosión. Cuando se aplica en la zona de salpicaduras, la cinta debe protegerse con una cubierta exterior o para una instalación de mayor calidad.

Se recomienda instalar en horarios de marea baja donde el oleaje no interfiera con la instalación. En las costas ecuatorianas se tienen dos horarios de marea baja donde se puede realizar esta instalación.

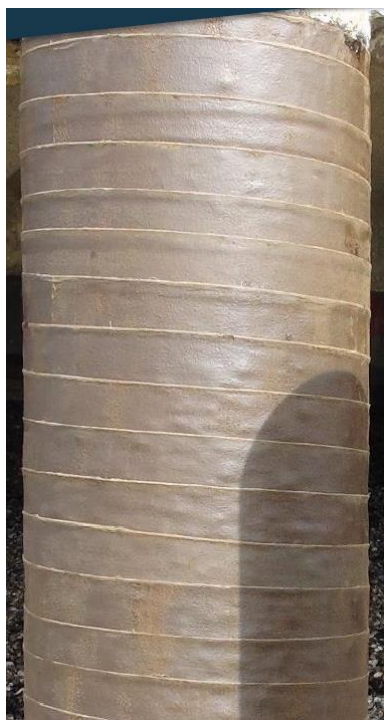


Figura 3.5 Aplicación de la segunda capa de recubrimiento en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar [Elaboración propia]

3.5 Aplicación de la chaqueta

Descripción

Es una geomembrana lisa de polietileno de alta densidad y calidad producida a partir de resina de polietileno virgen. Está diseñada específicamente para aplicaciones de geomembranas flexibles. Contiene aproximadamente 97,5% de polietileno, 2,5% de negro de humo y trazas de antioxidantes y estabilizadores térmicos; no se utilizan otros aditivos, rellenos o diluyentes. Tiene una excelente resistencia química, propiedades mecánicas, resistencia al agrietamiento por estrés ambiental, estabilidad dimensional y características de envejecimiento térmico y además tiene una excelente resistencia a la radiación UV y es adecuada para condiciones de exposición.

Características

- Alta resistencia al impacto
- Resiste los rigores de la exposición directa al sol y la luz ultravioleta

- Excelente resistencia química

Aplicación

Una vez el pilote este completamente cubierto por la cinta, primero se deberá hacer una preinspección rápida de esta segunda capa para verificar que ninguna bolsa de aire o solapes inadecuados se presenten. Luego procedemos a la instalación de las chaquetas, esta al ser prefabricadas vienen dimensionadas para su uso directo en los pilotes.

Estas medidas serán explicadas cuando tengamos que describir los costes de los materiales y la aplicación. Como se mencionó anteriormente las chaquetas, al ser prefabricadas, vienen listas para instalar, lo que no debería presentar ningún problema para los miembros del equipo de instalación.



Figura 3.6 Aplicación de la tercera capa de protección en los pilotes hincados en la orilla sin presencia de agua de mar [Elaboración propia]

3.6 Aplicación de puerto de inspección

Descripción

Los puertos de inspección están fabricados con polietileno de alta densidad y otros materiales, que son adecuados para uso marino.

Usos

El puerto de inspección es adecuado para su uso junto con el sistema de chaquetas, en situaciones marinas para la protección de estructuras de acero en las zonas sumergidas y de salpicaduras. Los puertos de inspección facilitan el monitoreo de las tasas de corrosión sin la necesidad de quitar completamente el sistema. Es adecuado para la protección de pilotes de más de 400 mm de diámetro el cual para el caso de los pilotes del muelle estudiado es altamente recomendado.

Características

- Adecuado para su uso en áreas de zonas de salpicaduras marinas
- Adecuado para su uso en condiciones marinas sumergidas
- Apto para uso en pilotes circulares

Aplicación

Los puertos de inspección se incorporan a la chaqueta durante la fabricación y deben especificarse en el momento de realizar el pedido.



Figura 3.7 Puerto de inspección de las capas de protección en los pilotes.

[Elaboración propia]

3.7 Aplicación de los zunchos

Descripción

El sistema de sujeción de HCL es completamente no metálico, esto es especialmente recomendable y fue una de las razones principales para escoger la propuesta de esta empresa y que sus zunchos de plástico inhiben el crecimiento de fauna marina en su estructura, mencionamos estos porque en propuestas de otras empresas usaban uniones empernadas de acero como también zunchos de acero lo que en la práctica se ha visto desfavorable ya que al pasar el tiempo de instalación la fauna marina prolifera en estos puntos desgastando las mismas. Estos zunchos también minimizan los costes del proyecto de protección ya que no se necesita de un estudio previo y disminuye en los costos de buceo y movilización y además estas se pueden montar completamente sumergidas

Sujeción segura

Se puede instalar rápidamente, sin la necesidad de un estudio previo de las dimensiones del pilote / estructura de acero y en cualquier posición deseada, ya sea arriba (en voladizo) o sumergido. Se utilizan herramientas simples y efectivas para instalar y tensar la abrazadera al pilote, lo que también permite la instalación en condiciones de visibilidad cero. El hecho de que no se requiera trabajo en caliente o soldadura es una ventaja adicional de este sistema sobre las instalaciones tradicionales, lo que hace que el ajuste sea mucho más simple.

Instalación

La herramienta manual que se muestra en la figura 3.8 es lo único que se necesita para la instalación de las correas, sin importar el diámetro del pilote. Primero se instala la correa en la zona media del pilote para que le de sujeción a la chaqueta, se ajusta la correa con la herramienta manual y luego se procede a cortar con las tijeras el material restante del zuncho. Se repite esta forma de aplicación con los zunchos en los extremos del pilote, tomando en cuenta que se deberá dejar 50 mm en cada extremo y luego

se procede instalar el resto de los zunchos que sean necesarios a una distancia de 250 mm entre cada uno.



Figura 3.8 Zunchos de plástico para asegurar las chaquetas, siendo ajustados por las tijeras de presión. [Elaboración propia]

3.8 Aplicación de un engrudo en zonas irregulares

Composición

Es un compuesto de vaselina que contiene cargas silíceas inertes y fibras vegetales.

Usos

Se utiliza para moldear alrededor de perfiles irregulares como bridas, juntas mecánicas y válvulas para proporcionar un contorno adecuado para envolver con cintas anticorrosión.

Características

- Apto para servicio hasta + 90 ° C.
- Fácil de aplicar.
- Adecuado para su uso en una amplia variedad de climas.

Aplicación

Los pilotes del muelle estudiado tienen toda su superficie uniforme ya que poseen bloques rectangulares en la parte superior de su estructura. La aplicación de este engrudo será necesario ya que, si se aplica la cinta directamente en estas partes del pilote, quedarían bolsas de aire lo suficientemente grandes como para fomentar la corrosión en estos puntos y al pasar del tiempo debilitaría al pilote. Este engrudo se aplica directamente luego de aplicar la primera capa del primer, su instalación es

manual con uso de guantes y se recomienda utilizar todo el material que sea necesario para minimizar la aparición de bolsas de aire luego de que la segunda capa de la cinta sea instalada. Es importante mencionar que podría ser un material contaminante marino muy dañino para la fauna marina por lo que se deberá utilizar todo el material sin dejar residuos y, si llegara el caso donde el material sobrante ya no se pueda utilizar, se deberá tomar medidas de seguridad para un desecho adecuado de este producto.



Figura 3.9 Aplicación del engrudo en zonas de difícil acceso de los pilotes que inhibe la producción de bolsas de aire con la segunda capa de cinta
[Elaboración propia]

3.9 Descripción completa del pilote

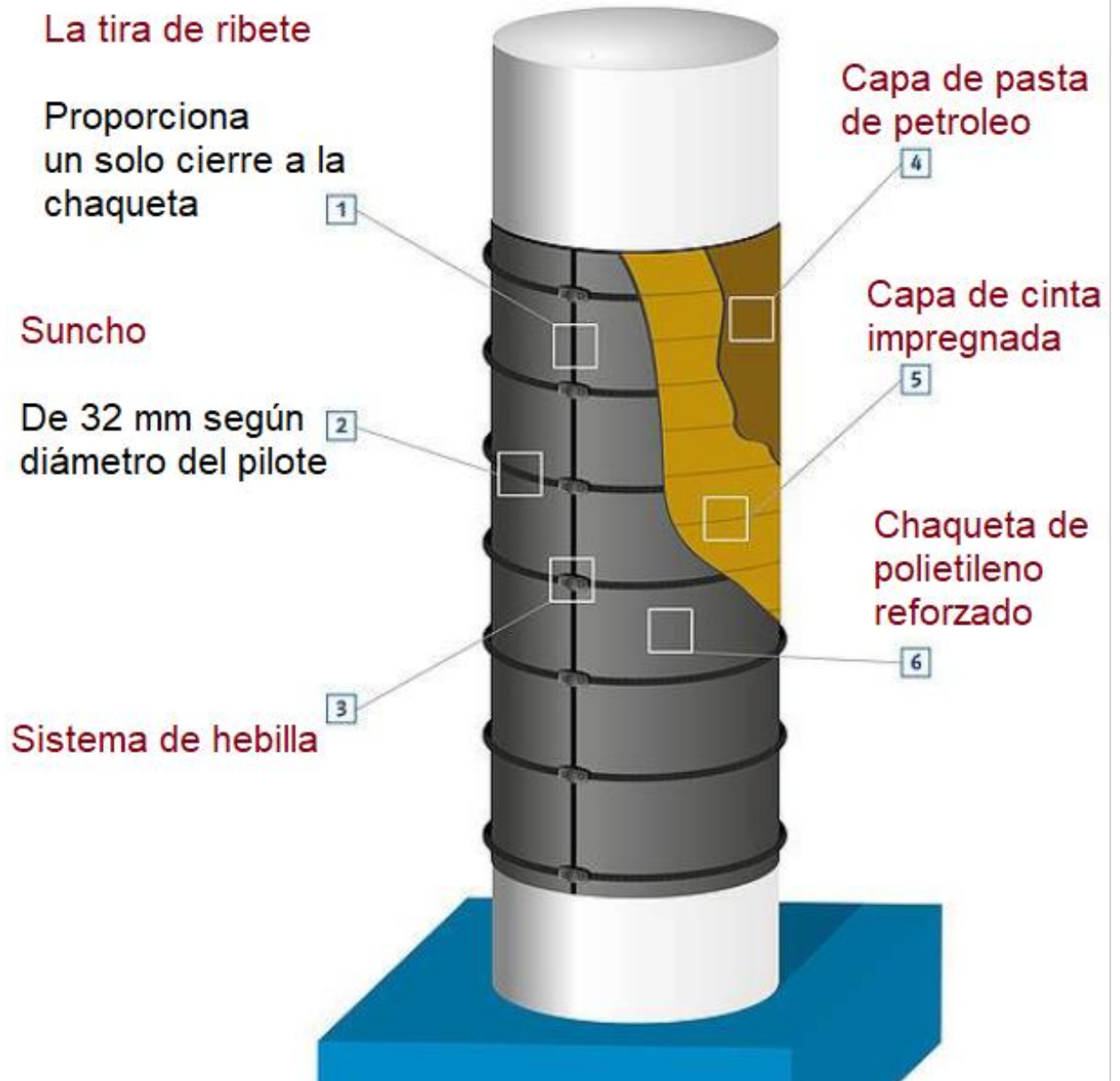


Figura 3.10 Descripción del producto instalado [Elaboración propia]

3.10 Costos derivados de la aplicación del sistema de protección

Una vez determinados los recubrimientos que serán necesarios para inhibir la corrosión de los pilotes en la zona de salpicadura, continuaremos con un análisis de costos. El análisis será válido para el muelle estudiado ya que cada terminal marítimo tiene sus propias características tanto geométricas

como de número de pilotes, sin embargo, este estudio podrá ser tomado como referencia para otros terminales marítimos donde podrá tomarse el costo de cada producto y reproducirlo para las condiciones particulares de cada muelle, Rodríguez (2013).

Para mayor facilidad se explicarán los costos de todos los productos involucrados en varias tablas donde se va a resumir cada uno.

3.10.1 Tiempo de ejecución del proyecto

Los pilotes del muelle estudiado son un total de 436 como se muestran en la tabla del Anexo A.

Se estima que la instalación del sistema de protección en cada pilote, en las condiciones más favorables, tomará alrededor de 2 horas, tomando como referencia turnos de 8 horas diarias de trabajo continuo. Los miembros del grupo de instalación estarán capacitados para hacer la instalación de la protección en 4 pilotes por día.

Ahora bien, en las mejores condiciones la instalación de todo el sistema de protección se hará en un total de 115 días.

Una vez determinada la cantidad de material que se va a necesitar para la instalación de la protección, se continuará con el pedido para exportación. En condiciones más favorables se tendría que esperar 45 días desde el día de la compra para poder disponer del material a tiempo.

Dado este análisis se estima un total de 160 días para dar inicio y finalizar el proyecto.

Tabla 3.1 Tiempo estimado para la ejecución del proyecto [Elaboración propia]

Días establecidos	Días de espera por el material	Días destinados para la instalación
160	45	115

3.10.2 Costos de personal para la instalación

Se toma en cuenta que se necesitará personal para hacer la instalación en la parte aérea de los pilotes y bajo el agua, en este caso, buzos especializados. Además de estos, se requerirá personal para la limpieza previa de los pilotes, la cual se desarrollará en los primeros 45 días en los que se tiene planificado el arribo del material. El personal necesario para la limpieza de los pilotes serán 2 obreros y 1 chofer de bote. Luego, para la instalación de la protección se necesitarán 2 obreros, 2 buzos y un chofer del bote durante 115 días. Se resume en la tabla siguiente:

Tabla 3.2 Costo del personal operativo [Elaboración propia]

Personal	Cantidad	Número de días de trabajo	Pago diario	Total
Obreros	2	115	30\$	6.900\$
Buzos	2	115	150\$	17.250\$
Conductor del Bote	1	115	50\$	5.750\$

3.10.3 Costos implicados por el personal de ingeniería

Una vez determinados los costos de instalación por parte de los obreros se determina los costos por parte del personal operativo que está a la cabeza de la obra y distintos requerimientos necesarios:

Tabla 3.3 Costo por personal operativo [Elaboración propia]

Personal	Cantidad	Sueldo	Costo total por su trabajo
Director del proyecto	1	9.800\$	29.400\$
Seguridad ocupacional y ambiental	3	2.700\$	24.300\$
Enfermero	3	950\$	8.550\$
CIP 2	1	5.800\$	17.400\$
Residente de la obra	3	2.100\$	18.900\$
QA/QC	2	2.100\$	12.600\$
Chofer	2	700\$	4.200\$
Dibujante	2	650\$	3.900\$
Administrativos y contabilidad varios	1	30.000\$	30.000\$

3.10.4 Costos de la materia prima

Una vez determinado el costo total de la instalación por mano de obra, se muestra ahora el costo de la materia prima. Como se ha mencionado en este trabajo la materia prima serán tres capas de diferentes recubrimientos cada uno de estos recubrimientos más el costo por la importación de los mismo se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 3.3 Costos de materia prima [Elaboración propia]

Ítem	Costo
Pile Primer	42.636\$
Pile Shield Wrap	494.956\$
Wax Tape	520.981\$
Stainless Banding	249.724\$
Costo de Importación	91.703\$

3.10.5 Costo por la totalidad de pilotes

Finalmente, al tener ya los costes de instalación y los precios de los materiales necesarios presentamos la siguiente tabla con los gastos totales del proyecto:

Tabla 3.4 Costos totales [Elaboración propia]

Ítem	Costo
Costo del personal obrero para la instalación	29.900\$
Costos del personal operativo	149.250\$
Costos del material	1.307.997\$
Costo de la importación	91.703\$
Dossier y documentación	8.000\$
Costos de infraestructura / campamento	80.000
Costos de alquiler maquinaria pesada (grúa, gabarras)	30.000\$
Costos Indirectos (7%)	124.000\$
Total	1.820.850 \$

TOTAL: UN MILLON OCHOCIENTOS VEINTE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA.

3.11 Análisis de Resultados

La protección a la corrosión en la zona de splash para pilotes metálicos en el muelle estudiado fue el objetivo de este trabajo de graduación. Como se mencionó, la protección a la corrosión a estructuras pertenecientes al estado podría representar hasta un ahorro del 1.5% de PIB, lo cual es un ingreso significativo para el desarrollo del país y por el cual se han desarrollado ya varios trabajos de grado referentes a este tema, es por esto que con los trabajos realizados por Gómez, (2007) y por Sánchez Valencia, (2015) destinaron toda la atención a la protección contra la corrosión en zonas completamente sumergidas, dejando a un lado la zona de splash, razón por la cual se realizó este trabajo. Las soluciones dadas anteriormente dan una protección mediante ánodos galvánicos, dejándolo como una única solución.

Con el desarrollo del presente trabajo se muestra que una combinación de la protección con ánodos galvánicos combinado con la protección mediante el uso de tres capas de diferentes materiales en la zona de splash en los pilotes son la mejor combinación para que los muelles lleguen a su periodo de vida útil que es alrededor de 20 a 30 años, aunque si la protección se da desde la etapa en que se hincan los pilotes, el tiempo de vida útil puede incrementarse hasta el doble de lo antes mencionado.

Una vez descritas las soluciones presentadas en trabajos anteriores y las que se ofrece en este trabajo, me encamino en analizar el resultado de la investigación.

Las soluciones propuestas fueron basadas en experimentación previa de empresas que se dedican a la protección contra la corrosión de estructuras metálicas, en su mayoría empresas con DENSO, HCL y TRENTON que a lo largo de estas últimas dos décadas desarrollaron productos con los cuales se puede proteger a las estructuras. Curiosamente todas llegaron a una misma forma de protección, es decir, la solución actualmente más viable para la protección contra la corrosión de estructuras en la zona de salpicadura es una combinación de tres capas de diferentes materiales que

juntos hacen una barrera protectora que puede duplicar la vida útil de dicha estructura.

Primero la capa de pasta de petróleo protege a la estructura del contacto directo con el aire circundante, que como se ha mencionado en este trabajo es uno de los principales medios para que se produzca la corrosión en los metales. Luego la capa de cinta impregnada de petróleo se asegura que no se pierda la primera capa con el movimiento del agua de mar circundante y también asegura que en toda la geometría del pilote no se presente ninguna clase de burbujas de aire, las cuales pueden ser focos de corrosión.

La tercera capa no es más que una barrera protectora tipo chaqueta que protege a las capas anteriores de los constantes golpes de las olas hacia los pilotes, golpes que también provocan corrosión por los constantes cambios de presión realizados por estos fenómenos marinos. Además, esta última capa protege de la incrustación de vida marina en el pilote, el cual, una vez más, como se mencionó anteriormente en este trabajo, es un foco de corrosión que, para adherirse al pilote cierto tipos de cangrejos hacen sus nidos, haciendo pequeñas fisuras que forman una ruta de entrada para el O₂ presente en el aire. Gariboglio, (1993).

Se hace especial mención a mejoras en los productos propuestos por las empresas antes descritas ya que a lo largo de estas dos últimas décadas la experimentación ha llegado a conclusiones como el uso de correas de plástico en vez de correas de acero, con las que se empezó a sujetar las chaquetas. Esta mejora se materializó debido a que se observó en estructuras ya protegidas hace varios años que la fauna marina se había desarrollado con facilidad alrededor de las correas metálicas dando lugar a una reducción de su vida útil hasta la mitad, por lo cual tenían que ser reemplazadas luego de algunos años de uso. Finalmente, esto se solucionó con las correas de plástico, las cuales inhiben el crecimiento de fauna marina y aumenta el tiempo de vida útil de toda la estructura. Rodríguez, (2013).

También es importante destacar que añadir puertos de inspección en cada uno de los sistemas de protección de cada pilote permite, por lo menos cada 5 años, realizar una inspección del estado de la estructura protegida, que podría haber sido afectada por diferentes razones como una mala instalación o diferentes fenómenos ambientales a lo largo de su vida útil.

Destapar todo el pilote dañaría toda la estructura de protección y tener que invertir en gastos innecesarios en una nueva para cada pilote inspeccionado, esto nos muestra la necesidad de añadir pequeños puertos de inspección en cada pilote para tener una forma de revisar su estado con frecuencia, sin hacer daño a la estructura de protección, como lo mencionado por Moscol, (2017).

Para trabajos futuros se propondría un estudio para la protección de pilotes metálicos en plantas petroleras ubicadas en medio del océano, donde la protección a la corrosión se debe enfocar más en la protección de la estructura que está totalmente sumergida, ya que estos pilotes tendrían dimensiones mucho más grandes que los trabajados en este proyecto y, las condiciones ambientales son más agresivas, por lo que se puede recomendar una posible protección mediante corrientes impresas para toda la estructura.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. La selección del sistema de protección a la corrosión en la zona de salpicadura en los pilotes de muelles portuarios ecuatorianos fue la ofrecida por la empresa HCL, que proporcionó un sistema moderno y con varios años de uso en mercados internacionales, sus tres capas con la adición de las correas de plástico y sus puertos de inspección hacen que esta solución sea la más adecuada con los medios y geometrías presentados en el muelle estudiado.
2. Los sistemas de protección presentados en el estudio tienen características similares y se basan en una misma cantidad de capas que tienen componentes similares, por lo que, todos pudieran ser una solución viable en el problema de protección para el muelle estudiado, no obstante, como se demostró en la matriz de decisión, la selección de la empresa HCL ofrece mayor relación a lo establecido en la norma ISO 21809- 3.
3. Los métodos de instalación y los costos pueden variar entre diferentes muelles debido a que cada uno de estos tienen diferente geometría y están sometidos a distintas condiciones ambientales y facilidades operativas, es por lo que, los datos presentados en este trabajo deben ser analizados con cuidado para poder ser replicados en otros similares.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomiendan seguir todas las normas de seguridad exigidas por el personal que está a cargo del muelle para evitar lesiones al momento de tomar las medidas iniciales en los pilotes.
2. Los trabajos de instalación de los productos de protección deben estar respaldados por una previa instrucción a los trabajadores, ya que estos pueden incurrir en riesgos innecesarios por falta de conocimiento, especialmente en la etapa de limpieza de los pilotes.
3. Se sugiere seleccionar revestimientos de calidad comprobada y grupos de buzos capacitados por la misma empresa que proveería el revestimiento, pues esto garantiza una adecuada instalación y reduce la probabilidad de fallas prematuras del sistema de protección.
4. Se recomienda para trabajos posteriores a este, seguir lo señalado por los distribuidores de los productos que tiene vasta experiencia en el mercado, dándole una garantía al sistema de protección instalado.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía en norma APA:

Wang, D., & Bierwagen, G. P. (2009). Sol-gel coatings on metals for corrosion protection. *Progress in organic coatings*, 64(4), 327-338.

Ronquillo, S. C. S., & Ronquillo, E. A. S. (2017). Las recaudaciones tributarias y el crecimiento económico. Un análisis a través del PIB de Ecuador. *Empresarial*, 11(44), 33-39.

Dávalos, J. (2015). La Gobernanza de los espacios marítimos del Ecuador. Obtenido de: [http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10171/3/Gobernanza% 20de% 20lo s% 20espacios% 20Mar% C3% ADtimos.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10171/3/Gobernanza%20de%20los%20espacios%20Mar%20C3%ADtimos.pdf).

Pacheco Quintana, G. A. (2013). Estructuración de una guía metodológica para la inspección, diagnóstico y mantenimiento de los muelles de puertos a partir del caso muelles del puerto de Guayaquil.

Quezada Amaya, W. A. (2015). Evaluación de la Infraestructura del Muelle la Pitahaya del Cantón Arenillas y propongamos alternativas de Solución.

Bermúdez Odriozola, M. Á., & Alaejos Gutiérrez, P. (2007). Permeabilidad a los cloruros del hormigón armado situado en ambiente marino sumergido. *Revista ingeniería de construcción*, 22(1), 15-22.

Salazar-Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(3), 127-136.

Méndez Pérez, A. (2016). Protección catódica: ánodos de sacrificio.

Raichev, R., Veleva, L., & Valdez, B. (2009). Corrosión de metales y degradación de materiales. Editorial UABC, 155-170.

Pérez, J. B., Palacio, J. A. A., Picon, A. A., Rueda, J. J. A., Sua, G. E. G., & Suarez, L. C. M. (2004). Diseño y construcción de un prototipo de potencióstato galvanostato para el laboratorio de corrosión de la escuela de ingeniería metalúrgica. *Revista UIS Ingenierías*, 3(1), 29-40.

Fernández, J. A. G. (1984). Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. Editorial CSIC-CSIC Press.

Ayala, A. Z., & Cruz, R. O. Corrosión localizada de aceros inoxidable en agua de mar. M en C Adolfo Sánchez Zamora, 85-87.

Ohanian, M., Díaz, V., Corengia, M., & Zinola, C. F. (2011). Estudio de corrosión galvánica en pares latón/acero inoxidable y latón/fundición de hierro. *Revista de metalurgia*, 47(4), 319-328.

Aperador, W., & Ramírez-Martín, C. (2011). Sinergia entre la corrosión erosión del acero 1045 recubierto por multicapas de TiN/TiAlN. *Revista mexicana de física*, 57(4), 350-355.

Bermúdez Odriozola, M. Á. (2007). Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida (Doctoral dissertation, Caminos).

Iannacone, J., Huyhua, A., Alvarino, L., Valencia, F., Príncipe, F., Minaya, D., ... & Castañeda, L. (2019). Micro plásticos en la zona de marea alta y supra litoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *The Biologist (Lima)*, 17(2).

Almeraya, F., Martínez-Villafañe, A., Gaona, C., Romero, M. A., & Malo, J. M. (1998). Corrosión por depósitos salinos de los aceros SA213-T22 y SA213-TP347H en presencia de una mezcla 80% V₂O₅-20% Na₂SO₄. *Revista de metalurgia*, 34(1), 11-17.

Rojas, R. E., Pacheco, C. V., Meza, M. B., & de la Torre, A. D. I. (2005). Análisis numérico de la concentración de oxígeno en la capa de corrosión por inmersión marina en un acero dulce. *Revista Cubana de Química*, 17(2), 62-66.

Olvera Martínez, M. E., Mendoza Flores, J., & Genesca Llongueras, J. (2013). Efecto del flujo turbulento sobre el proceso de corrosión por CO₂ y la determinación de la eficiencia de inhibidores corrosión. *OmniaScience Monographs*.

Gariboglio, M. (1993). Corrosión e incrustación microbiológica en sistemas de captación y conducción de agua; aspectos teóricos y aplicados.

Zumba Moreira, W. I. (2016). Determinación de la alteración del fitoplancton generado por los ataques de buques en el terminal marítimo de abastecimiento de gas licuado de petróleo en Monteverde provincia de Santa Elena (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).

Rodríguez, A., & Jerardin, L. (2013). Estudio Económico Financiero Del Terminal Marítimo Y Planta De Almacenamiento De Gas Licuado De Petróleo En Monteverde, Provincia De Santa Elena, Período Al 2032 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de santa Elena, 2013).

Ávila Ruiz, F. L. (2011). Diseño y cálculo de espesores de pavimento flexible por el método aashto y de la mezcla asfáltica por el método marshal, para las vías internas del proyecto terminal marítimo y sistemas de almacenamiento de la planta glp en la parroquia Monteverde en el cantón de Santa Elena de la provincia de Santa Elena (bachelor's thesis, jipijapa-unesum).

Gómez, J. C., & Gwirc, S. (2010). Medición de espesores delgados con ultrasonido. Instrumentación y Control-Electrónica e informática. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Congreso de microelectrónica aplicada.

Moscol Sandoval, T. (2017). Mejoras para la protección anticorrosiva en la zona splash de los pilotes en el muelle del Terminal Bayóvar.

Green, W., Will, G., Katen, J., & Collison, A. (2020, July). Corrosion Sensors LED In-Service Performance Assessment of Steel Pile Wrapping/Jacketing Systems on Marine Structures in Australia. In NACE International Corrosion Conference Proceedings (pp. 1-15). NACE International.

Roche, M. (2012). ISO's standard for field joint coating: Understanding and using ISO 21809-3. *Journal of Protective Coatings and Linings*, 29(7), 20.

Ashtiani, R. S., Pullen, A. B., & Hammons, M. I. (2016). Comparative study of water-blasting equipment for airfield surface decontamination. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(8), 04016053.

Sánchez Valencia, L. E. (2015). Diseño del sistema de protección catódica de pilotes metálicos para el proyecto del puente Guayaquil-Daule (Bachelor's thesis, Espol).

Gómez, J. A. M. (2007). Diseño de Sistema de Protección Catódica de Pilotes Metálicos Tipo Frodingham en Muelles Portuarios. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Páginas web (Tablas de propiedades de las protecciones presentadas)

DENSO es una empresa que proporciona materiales para la protección a la corrosión. Accedido el 4 de noviembre, 2021, desde <https://www.densona.com/>

TRENTON es una empresa que proporciona materiales para la protección a la corrosión. Accedido el 12 de noviembre, 2021, desde <https://trentoncorp.com/es/>

HCL es una empresa que proporciona materiales para la protección a la corrosión. Accedido el 2 de diciembre, 2021, desde <https://hclfasteners.com/>

APÉNDICES

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	enterrada		Sumergida	
			Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m 2	m	m 2
1	38	24,41	17,12	64,54	4,3	16,21
1	39	25,52	18,32	69,06	4,2	15,83
1	40	24,37	15,87	59,83	5,5	20,73
1	41	24,73	16,23	61,19	5	20,73
1	42	25,29	16,79	63,30	5,5	20,73
1	43	25,41	16,91	63,75	5,5	20,73
1	44	27,23	18,09	68,20	6,15	23,19
1	45	26,89	17,7	66,73	6,2	23,37
1	46	28,49	17,99	67,82	7,5	28,27
1	47	25,76	15,46	58,28	7,3	27,52
1	48	27,71	16,21	61,11	8,5	32,04
1	49	25,63	14,39	54,25	8,25	31,10
1	so	28,28	16,79	63,30	8,5	32,04
1	51	27,18	15,93	60,05	8,25	31,10
1	52	26,92	14,95	56,36	8,97	33,82
1	53	26,53	14,74	55,57	8,8	33,18
1	54	25,97	13,3	50,14	9,67	36,46
1	55	25,74	13,1	49,39	9,65	36,38
1	56	27,16	13,77	51,91	10,4	39,21
1	57	26,98	13,88	52,33	10,1	38,08
1	58	27,63	14,24	53,68	10,4	39,21
1	59	27,14	14,04	52,93	10,1	38,08
1	60	27,65	14,05	52,97	10,6	39,96
1	61	27,8	14,16	53,38	10,65	40,15
1	62	27,9	13,9	52,40	11	41,47
1	63	27,6	13,47	50,78	11,13	41,96
1	64	26,44	11,94	45,01	11,5	43,35
1	65	28,53	13,93	52,51	11,6	43,73
1	66	25,9	11,4	42,98	11,5	43,35
1	67	27,94	13,34	50,29	11,6	43,73
1	68	27,94	13,24	49,91	11,7	44,11
1	69	27,28	12,58	47,43	11,7	44,11
1	70	26,91	12,21	46,03	11,7	44,11
1	71	28,29	13,59	51,23	11,7	44,11
1	72	29,57	14,67	55,30	11,9	44,86
1	73	29,17	14,27	53,80	11,9	44,86
1	74	30,89	15,77	59,45	12,12	45,69
			Área enterrada		Área Sumergida	

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m2	m	m2
1	75	29,14	14,03	52,89	12,12	45,69
1	76	29,04	13,84	52,18	12,2	45,99
1	77	30,66	15,46	58,28	12,2	45,99
1	78	31,00	15,81	59,60	12,19	45,96
1	79	29,26	14,07	53,04	12,19	45,96
1	80	31,68	16,45	62,02	12,23	46,11
1	81	31,87	16,28	61,37	12,59	47,46
1	82	29,86	14,63	55,15	12,23	46,11
1	83	30,9	15,31	57,72	12,59	47,46
1	84	31,75	16,03	60,43	12,72	47,95
1	85	32,28	16,41	61,86	12,87	48,52
1	86	31,57	15,6	58,81	12,97	48,90
1	87	31,48	15,25	57,49	13,23	49,88
1	88	32,47	16,32	61,53	13,15	49,57
1	89	32,95	16,7	62,96	13,25	49,95
1	90	32,13	15,99	60,28	13,15	49,57
1	91	32,63	16,38	61,75	13,25	49,95
1	92	31,75	15,22	57,38	13,53	51,01
1	93	32,02	15,35	57,87	13,67	51,53
1	94	33,46	16,68	62,88	13,78	51,95
1	95	32,02	15,15	57,11	13,87	52,29
1	96	33,43	16,43	61,94	14,00	52,78
1	97	31,81	14,64	55,19	14,17	53,42
1	98	33,51	16,52	62,28	14,00	52,78
1	99	32,06	14,89	56,13	14,17	53,42
1	100	33,34	16,09	60,66	14,25	53,72
1	101	31,61	14,39	54,25	14,22	53,61
1	102	31,7	14,2	53,53	14,5	54,66
1	103	32,75	15,3	57,68	14,45	54,48
1	104	33,28	15,63	58,92	14,65	55,23
1	105	33,32	15,42	58,13	14,9	56,17
1	106	31,9	14,25	53,72	14,65	55,23
1	107	33,79	15,9	59,94	14,9	56,17
1	108	32,08	14,18	53,46	14,9	56,17
1	109	34,56	16,58	62,51	14,98	56,47
1	110	32,23	14,08	53,08	15,15	57,11
1	111	33,82	15,57	58,70	15,25	57,49
			Área enterrada	Área Sumergida		

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N9	m	m	m 2	m	m 2
1	112	31,01	12,72	47,95	15,3	57,68
1	113	35,95	17,45	65,79	15,5	58,43
1	114	31,51	13,21	49,80	15,3	57,68
1	115	34,69	16,19	61,04	15,5	58,43
1	116	33,54	15,04	56,70	15,5	58,43
1	117	23,58	5,00	18,85	15,58	58,74
1	118	34,23	15,53	58,55	15,7	59,19
1	119	36,14	17,34	65,37	15,8	59,56
1	120	33,46	14,56	54,89	15,9	59,94
1	121	31,88	12,86	48,48	16,02	60,39
1	122	31,07	12,17	45,88	15,9	59,94
1	123	33,95	14,93	56,28	16,02	60,39
1	124	34,99	15,89	59,90	16,1	60,70
1	125	34,99	15,78	59,49	16,21	61,11
1	126	35,61	16,36	61,68	16,25	61,26
1	127	35,58	16,26	61,30	16,32	61,53
1	128	35,23	15,83	59,68	16,4	61,83
1	129	35,58	16,08	60,62	16,5	62,20
1	130	35,11	15,71	59,23	16,4	61,83
1	131	34,92	15,42	58,13	16,5	62,20
1	132	35,37	15,87	59,83	16,5	62,20
1	133	35,23	15,64	58,96	16,59	62,54
1	134	36,87	17,17	64,73	16,7	62,96
1	135	36,66	16,92	63,79	16,74	63,11
1	136	38,55	18,65	70,31	16,9	63,71
1	137	36,37	16,42	61,90	16,95	63,90
1	138	38,47	18,57	70,01	16,9	63,71
1	139	37,26	17,31	65,26	16,95	63,90
1	140	38,55	18,55	69,93	17,00	64,09
1	141	38,85	18,77	70,76	17,08	64,39
1	142	36,8	16,7	62,96	17,1	64,47
1	143	35,8	15,64	58,96	17,16	64,69
1	144	35,37	14,99	56,51	17,38	65,52
1	145	37,2	16,9	63,71	17,3	65,22
1	146	35,05	14,67	55,30	17,38	65,52
1	147	37,06	16,76	63,18	17,3	65,22
1	148	36,00	15,55	58,62	17,45	65,79
			Área enterrada	Área Sumergida		

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m2	m	m2
2	149	35,87	15,27	57,57	17,6	66,35
2	150	36,99	16,44	61,98	17,55	66,16
2	151	36,13	15,55	58,62	17,58	66,28
2	152	35,46	14,61	55,08	17,85	67,29
2	153	35,05	14,2	53,53	17,85	67,29
2	154	37,15	16,4	61,83	17,75	66,92
2	155	35,45	14,67	55,30	17,78	67,03
2	156	36,83	16,08	60,62	17,75	66,92
2	157	34,98	14,2	53,53	17,78	67,03
2	158	36,49	15,62	58,89	17,87	67,37
2	159	37,52	16,65	62,77	17,87	67,37
2	160	39,27	18,24	68,76	18,03	67,97
2	161	37,8	16,77	63,22	18,03	67,97
2	162	38,4	17,42	65,67	17,98	67,78
2	163	37,02	15,89	59,90	18,13	68,35
2	164	39,36	18,24	68,76	18,12	68,31
2	165	39,00	17,87	67,37	18,13	68,35
2	166	39,02	17,9	67,48	18,12	68,31
2	167	36,52	15,32	57,76	18,2	68,61
2	168	41,17	19,97	75,29	18,2	68,61
2	169	41,57	20,37	76,79	18,2	68,61
2	170	42,17	20,89	78,75	18,28	68,91
2	171	42,1	20,7	78,04	18,4	69,37
2	172	39,51	18,11	68,27	18,4	69,37
2	173	38,91	17,41	65,63	18,5	69,74
2	174	38,43	17,03	64,20	18,4	69,37
2	175	39,2	17,7	66,73	18,5	69,74
2	176	39,23	17,61	66,39	18,62	70,20
2	177	36,82	15,22	57,38	18,61	70,16
2	178	39,1	17,36	65,45	18,74	70,65
2	179	40,83	19,05	71,82	18,78	70,80
2	180	40,19	18,31	69,03	18,88	71,18
2	181	40,61	18,75	70,69	18,86	71,10
2	182	40,2	18,32	69,06	18,88	71,18
2	183	42,1	20,24	76,30	18,86	71,10
2	184	39,73	17,73	66,84	19,00	71,63
2	185	42,53	20,51		19,02	71,70
				Área enterrada	Área Sumergida	

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N.º	m	m	m 2	m	m 2
2	186	41,64	19,62	73,97	19,02	71,70
2	187	40,25	18,09	68,20	19,16	72,23
2	188	42,91	20,81	78,45	19,1	72,01
2	189	42,77	20,57	77,55	19,2	72,38
2	190	39,45	17,35	65,41	19,1	72,01
2	191	32,26	10,06	37,93	19,2	72,38
2	192	42,42	20,1	75,78	19,32	72,83
2	193	43,21	20,93	78,90	19,28	72,68
2	194	42,69	20,37	76,79	19,32	72,83
2	195	39,01	16,61	62,62	19,4	73,14
2	196	38,8	16,49	62,17	19,32	72,83
2	197	38,84	16,45	62,02	19,4	73,14
2	198	39,32	16,82	63,41	19,5	73,51
2	199	37,79	15,21	57,34	19,58	73,82
2	200	39,78	17,1	64,47	19,68	74,19
2	201	38,59	15,92	60,02	19,67	74,15
2	202	43,18	20,45	77,09	19,73	74,38
2	203	41,75	18,93	71,36	19,82	74,72
2	204	39,89	16,94	63,86	19,96	75,25
2	205	39,9	17,07	64,35	19,83	74,76
2	206	40,1	17,14	64,62	19,96	75,25
2	207	399,9	17,16	64,69	19,83	74,76
2	208	44,11	21,36	80,53	19,75	74,46
2	209	41,14	18,16	68,46	19,98	75,32
2	210	46,32	23,23	87,58	20,1	75,78
2	211	43,56	20,44	77,06	20,12	75,85
2	212	43,13	19,94	75,17	20,16	76,00
2	213	40,91	17,67	66,61	20,25	76,34
2	214	45,73	22,57	85,09	20,16	76,00
2	215	44,44	21,19	79,88	20,25	76,34
2	216	45,24	22,06	83,16	20,18	76,08
2	217	43,62	20,32	76,60	20,3	76,53
2	218	45,11	21,77	82,07	20,35	76,72
2	219	45,87	22,38	84,37	20,5	77,28
2	220	45,85	22,5	84,82	20,35	76,72
2	221	46,76	23,21	87,50	20,55	77,47
2	222	48,1	24,75	93,31	20,35	76,72
				Área enterrada	Área Sumergida	

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m ²	m	m ²
2	223	48,06	24,52	92,44	20,55	77,47
2	224	48,85	25,35	95,57	20,5	77,28
2	225	48,73	25,13	94,74	20,6	77,66
2	226	48,57	24,94	94,02	20,63	77,77
2	227	48,31	24,66	92,97	20,65	77,85
2	228	47,63	23,86	89,95	20,77	78,30
2	229	47,63	23,83	89,84	20,8	78,41
2	230	46,12	22,35	84,26	20,77	78,30
2	231	46,09	22,29	84,03	20,8	78,41
2	232	47,92	24,17	91,12	20,75	78,23
2	233	47,41	23,56	88,82	20,85	78,60
2	234	48,78	24,81	93,53	20,97	79,06
2	235	48,77	24,72	93,19	21,05	79,36
2	236	47,75	23,76	89,57	21,00	79,17
2	237	47,04	22,94	86,48	21,1	79,55
2	238	47,9	23,9	90,10	21,00	79,17
2	239	47,7	23,6	88,97	21,1	79,55
2	240	48,02	23,77	89,61	21,25	80,11
2	241	47,26	23,11	87,12	21,15	79,73
2	242	48,58	24,28	91,53	21,3	80,30
2	243	48,8	24,53	92,48	21,28	80,22
2	244	46,32	21,83	82,30	21,5	81,05
2	245	46,4	22,08	83,24	21,32	80,37
2	246	47,49	22,99	86,67	21,5	81,05
2	247	47,77	23,45	88,40	21,32	80,37
2	248	47,9	23,6	88,97	21,3	80,30
2	249	46,88	22,48	84,75	21,4	80,68
2	250	47,83	23,03	86,82	21,8	82,18
2	251	42,19	17,64	66,50	21,55	81,24
2	252	44,05	19,43	73,25	21,62	81,51
2	253	42,4	17,74	66,88	21,66	81,66
2	254	43,52	18,9	71,25	21,62	81,51
2	255	41,99	17,33	65,33	21,66	81,66
2	256	46,81	22,21	83,73	21,6	81,43
2	257	43,67	19,04	71,78	21,63	81,54
2	258	44,02	19,27	72,65	21,75	82,00
2	259	43,91	19,09	71,97	21,82	82,26
			Área enterrada	Área Sumergida		

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m 2	m	m 2
2	260	43,9	19,15	72,19	21,75	82,00
2	261	43,19	18,37	69,25	21,82	82,26
2	262	46,1	20,93	78,90	21,67	81,69
2	263	43,49	18,2	68,61	21,8	82,18
2	264	47,03	21,88	82,49	21,65	81,62
2	265	44,74	19,51	73,55	21,73	81,92
2	266	46,58	21,43	80,79	21,65	81,62
2	267	45,24	20,09	75,74	21,65	81,62
2	268	45,21	20,06	75,62	21,65	81,62
2	269	47,77	22,28	83,99	22,00	82,94
2	270	46,9	21,75	82,00	21,65	81,62
2	271	43,76	18,62	70,20	21,65	81,62
2	272	47,87	22,72	85,65	21,65	81,62
2	273	48,05	22,85	86,14	21,7	81,81
2	274	48,03	22,83	86,07	21,7	81,81
2	275	48,56	23,36	88,07	21,7	81,81
2	276	48,05	22,87	86,22	21,68	81,73
2	277	48,25	23,18	87,39	21,57	81,32
2	278	48,91	23,71	89,38	21,7	81,81
2	279	47,32	22,18	83,62	21,65	81,62
2	280	47,75	22,38	84,37	21,87	82,45
2	281	47,67	22,54	84,97	21,63	81,54
2	282	48,16	22,96	86,56	21,7	81,81
2	283	48,22	23,08	87,01	21,65	81,62
2	284	48,97	23,58	88,89	21,9	82,56
2	285	49,48	24,33	91,72	21,65	81,62
2	286	49,16	24,01	90,52	21,65	81,62
2	287	47,44	22,34	84,22	21,6	81,43
2	288	47,63	22,53	84,94	21,6	81,43
2	289	49,1	24,00	90,48	21,6	81,43
2	290	49,3	24,2	91,23	21,6	81,43
2	291	46,49	21,4	80,68	21,6	81,43
2	292	49,19	23,99	90,44	21,7	81,81
2	293	47,44	22,22	83,77	21,72	81,88
2	294	47,6	22,35	84,26	21,75	82,00
2	295	45,89	20,67	77,92	21,72	81,88
2	296	47,36	22,16	83,54	21,7	81,81
			Área enterrada	Área Sumergida		

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m 2	m	m 2
3	334	48,88	23,45	88,40	21,93	82,67
3	335	48,15	22,73	85,69	21,92	82,64
3	336	48,45	23,04	86,86	21,91	82,60
3	337	50,25	24,8	93,49	21,95	82,75
3	338	49,16	23,72	89,42	21,95	82,75
3	339	47,75	22,3	84,07	21,95	82,75
3	340	46,93	21,51	81,09	21,92	82,64
3	341	47,64	22,28	83,99	21,86	82,41
3	342	49,45	24,12	90,93	21,83	82,30
3	343	49,18	23,78	89,65	21,9	82,56
3	344	51,23	25,65	96,70	22,08	83,24
3	345	48,3	22,81	85,99	22,00	82,94
3	346	48,55	23,12	87,16	21,93	82,67
3	347	48,42	22,82	86,03	22,1	83,32
3	348	48,42	22,77	85,84	22,15	83,50
3	349	46,93	21,28	80,22	22,15	83,50
3	350	53,49	27,84	104,9	22,15	83,50
3	351	50,29	24,79	93,46	22,00	82,94
3	352	50,73	25,13	94,74	22,1	83,32
3	353	51,54	25,85	97,45	22,2	83,69
3	354	45,23	19,63	74,00	22,1	83,32
3	355	49,04	23,48	88,52	22,06	83,16
3	356	49,72	24,18	91,16	22,05	83,13
3	357	51,7	26,15	98,58	22,05	83,13
3	358	51,83	26,06	98,24	22,27	83,96
3	359	48,62	23,07	86,97	22,05	83,13
3	360	49,26	23,71	89,38	22,05	83,13
3	361	50,01	22,27	83,96	23,25	87,65
3	362	49,03	21,28	80,22	23,25	87,65
3	363	49,7	21,71	81,84	23,5	88,59
3	364	49,87	21,92	82,64	23,45	88,40
3	365	49,12	21,42	80,75	23,2	87,46
3	366	49,9	21,92	82,64	23,48	88,52
3	367	48,61	20,66	77,89	23,45	88,40
3	368	49,58	21,78	82,11	23,3	87,84
3	369	46,79	19,09	71,97	23,2	87,46
3	370	48,22	20,42	76,98	23,3	87,84
				Área enterrada	Área Sumergida	

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m 2	m	m 2
3	371	47,3	19,56	73,74	23,25	87,65
3	372	48,54	21,45	80,86	22,6	85,20
3	373	47,53	20,48	77,21	22,55	85,01
3	374	45,81	18,66	70,35	22,65	85,39
3	375	48,83	21,73	81,92	22,6	85,20
3	376	49,82	22,72	85,65	22,6	85,20
3	377	49,8	22,66	85,43	22,65	85,39
3	378	47,22	20,13	75,89	22,6	85,20
3	379	49,14	22,1	83,32	22,55	85,01
3	380	48,93	21,83	82,30	22,6	85,20
3	381	48,14	21,09	79,51	22,55	85,01
3	382	48,38	20,34	76,68	23,55	88,78
3	383	50,39	22,79	85,92	23,1	87,09
3	384	50,41	22,76	85,80	23,15	87,27
3	385	50,17	22,43	84,56	23,25	87,65
3	386	50,06	22,36	84,30	23,2	87,46
3	387	49,82	22,18	83,62	23,15	87,27
3	388	50,93	23,25	87,65	23,18	87,39
3	389	50,38	22,69	85,54	23,2	87,46
3	390	50,49	22,84	86,10	23,15	87,27
3	391	50,2	22,51	84,86	23,2	87,46
3	392	51,31	23,7	89,35	23,12	87,16
3	393	49,66	22,06	83,16	23,1	87,09
3	394	48,38	21,38	80,60	22,5	84,82
3	395	49,97	22,97	86,60	22,5	84,82
3	396	49,07	22,04	83,09	22,54	84,97
3	397	48,75	21,54	81,20	22,71	85,61
3	398	49,23	22,23	83,81	22,5	84,82
3	399	48,84	21,79	82,15	22,56	85,05
3	400	49,1	22,1	83,32	22,5	84,82
3	401	48,84	21,78	82,11	22,57	85,09
3	402	48,99	21,99	82,90	22,5	84,82
3	403	49,06	22,12	83,39	22,45	84,63
3	404	48,92	21,93	82,67	22,5	84,82
3	405	46,98	20,73	78,15	22,75	85,77
3	406	49,88	23,63	89,08	22,75	85,77
3	407	48,73	22,48	84,75	22,75	85,77
			Área enterrada	Área Sumergida		

Zona	Numero de pilote	Largo total del pilote	Largo enterrado	Superficie	Largo sumergido	Superficie
	N2	m	m	m2	m	m2
4	408	46,47	20,27	76,42	22,7	85,58
4	409	47,99	21,74	81,96	22,75	85,77
4	410	48,24	21,99	82,90	22,75	85,77
4	411	49,62	23,37	88,10	22,75	85,77
4	412	47,99	21,77	82,07	22,72	85,65
4	413	47,51	21,26	80,15	22,75	85,77
4	414	47,69	21,39	80,64	22,8	85,95
4	415	49,58	25,03	94,36	21,05	79,36
4	416	47,64	23,09	87,05	21,05	79,36
4	417	47,81	23,42	88,29	20,9	78,79
4	418	49,29	24,69	93,08	21,1	79,55
4	419	48,1	23,51	88,63	21,1	79,55
4	420	48,16	23,57	88,86	21,1	79,55
4	421	47,81	23,21	87,50	21,1	79,55
4	422	47,84	23,25	87,65	21,1	79,55
4	423	48,92	24,38	91,91	21,05	79,36
4	424	48,77	24,28	91,53	21,00	79,17
4	425	49,66	24,91	93,91	21,25	80,11
4	426	46,46	21,72	81,88	21,25	80,11
4	427	45,77	21,02	79,24	21,25	80,11
4	428	48,03	23,44	88,37	21,1	79,55
4	429	46,6	21,95	82,75	21,15	79,73
4	430	48,05	23,01	86,75	21,55	81,24
4	431	45,35	20,66	77,89	21,2	79,92
4	432	50,42	25,83	97,38	21,1	79,55
4	433	45,82	21,22	80,00	21,1	79,55
4	434	45,35	20,65	77,85	21,2	79,92
4	435	49,53	23,35	88,03	22,68	85,50
4	436	50,24	24,06	90,70	22,68	85,50