



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

ESTUDIO DEL PASIVAMIENTO DE POSTES PARA MEJORAR LA

VIDA UTIL DE LOS POSTES DE CONCRETO:

CASO PROVINCIA DE ILO

PRESENTADO POR:

BACH. NOE JORGE ANAHUA PÉREZ

ASESOR:

MGR. EULER TITO CHURA

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA CON

MENCIÓN EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

ILO - PERÚ

2019

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.1.1. Antecedentes del problema	1
1.1.2. Problemática de la investigación.....	2
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	5
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivo específicos	6
1.6. VARIABLES	6
1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.7.1. Hipótesis general.....	8
1.7.2. Hipótesis específicas	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1. Elementos de la corrosión	12
2.2.2. Corrosión en el poste.....	13

2.2.3. Causas medio ambientales de la corrosión en los postes	14
2.2.3. Inhibidores de corrosión de nueva generación	17
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	20
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
3.1.1. Tipo de investigación	22
3.1.2. Diseño de investigación	23
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	23
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	24
3.3.1. Técnica de investigación	24
3.3.2. Acerca del instrumento.....	24
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	25
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.1.1. Vida útil de postes sin pasivamiento	27
4.1.2. Vida útil de postes con pasivamiento.....	30
4.1.3. Comparación de vida útil de postes sin pasivamiento y con pasivamiento.....	33
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	34
4.2.1. Primera hipótesis específica	34
4.2.2. Segunda hipótesis específica.....	35
4.2.3. Tercera hipótesis específica.....	36
4.2.4. Hipótesis general	38
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
5.1. CONCLUSIONES	42
5.2. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	6
Tabla 2 Grado de contaminación (NORMA IEC 815)	10
Tabla 3 Resumen de Datos Postes pintados	21
Tabla 4 Resumen de Datos Postes No pintados	22
Tabla 1-A Datos de postes	32
Tabla 1-B Datos de Postes	33
Tabla 1-C Datos de Postes	34
Tabla 1-D Datos de Postes	35
Tabla 1-E Datos de Postes	36
Tabla 1-F Datos de Postes	37
Tabla 1-G Datos de Postes	38
Tabla 1-H Datos de Postes	39
Tabla 1-I Datos de Postes	40
Tabla 1-J Datos de Postes	41
Tabla 1-K Datos de Postes	42
Tabla 2-A Agrupación de Postes Pintados	43
Tabla 2-B Agrupación de Postes No Pintados	49
Tabla de Distribución Normal CURVA Z	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Poste Defectuoso	2
Figura 2 Tratamiento de pasivado del concreto armado del poste	17
Figura 3 Tamaño de grietas en función al tiempo para los dos grupos	22
Figura 4 Ubicación de datos según Distribución Weibull (Postes Pintados)	23
Figura 5 Gráfica de Relación de regresión: Año de Vida VS Grietas	24
Figura 6 Ubicación de Datos según de Distribución Weibull (Postes No Pintados)	24
Figura 7 Gráfica de Relación de regresión: Año de Vida VS Grietas	25

RESUMEN

Este estudio nace de la preocupación por el mantenimiento de los postes de concreto, utilizados durante mucho tiempo para efectos de instalación alámbrica aérea, por su estética, estructura rígida, resistencia y duración en el tiempo. El estudio se realizó en la provincia de Ilo, en el sur del Perú, y se llevó a cabo el año 2017. En ese sentido, se planteó como objetivo determinar el efecto del *pasivamiento* en la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

Para ello, se realizó un estudio de campo de tipo explicativo, con diseño transversal causal comparativo. Se trabajó con una muestra de 500 postes de concreto, de los cuales 282 presentaban pasivamiento, mientras que 218 no lo presentaban. La recolección de datos se hizo mediante observación directa de los postes. Para efectos del análisis, se comparó la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento, por medio de dos indicadores: el inicio del agrietamiento y el tamaño del agrietamiento, en función del pasivamiento.

Los resultados muestran diferencia entre el inicio de agrietamiento y entre el tamaño del agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento. Esto implica que el *pasivamiento* tiene como efecto la mejora de la *vida útil* de los postes de concreto, como se había sostenido.

Palabras clave: poste, concreto, pasivamiento, vida útil, agrietamiento.

ABSTRACT

This study arises from the concern for the maintenance of concrete poles, devices that have been used for a long time for aerial wire installation, for its aesthetics, for its rigid structure, for its resistance and duration over time.

The study was carried out in the province of Ilo, in the south of Peru, and was carried out in 2017. In this sense, the objective was to determine the effect of passivation on the useful life of concrete poles in the province of Ilo, Peru, 2017. For this, an explanatory field study was carried out, with a comparative causal cross-sectional design. We worked with a sample of 500 concrete posts, of which 282 had passivation, while 218 did not. The data collection was done by direct observation of the poles. For the purposes of the analysis, the useful life of the concrete poles without passivation and with passivation was compared, by means of two indicators: the beginning of cracking and the size of the cracking, depending on the passivation.

The results show difference between the beginning of cracking and between the size of the cracking of the posts without passivation and with passivation. This implies that the passivation has the effect of improving the useful life of concrete poles, as had been maintained.

Keywords: Pole, concrete, passivation, service life, cracking.

INTRODUCCIÓN

El sistema de distribución eléctrica está construido sobre estructuras de concreto armado, cuyos postes se fabrican de distinto tamaño y robustez para cumplir fines específicos que se diferencian según se destinen a sistemas de distribución primaria o secundaria. Esas estructuras de concreto están conformadas por postes, crucetas, ménsulas, lozas, palomillas, etc. En el Perú, los postes de concreto tienen un estándar de fabricación según la norma INDECOPI NTP 339-027; sus características se definen en función de los esfuerzos por carga portante que se requieren.

Sin embargo, si bien es cierto que existe una norma técnica sobre la cual se evalúan sus características, en los hechos, el mantenimiento de los postes de concreto tiende a olvidarse, o postergarse, mientras no ocurra un accidente o alguna circunstancia relativamente grave, que obligue a su reemplazo. En ese marco, uno de los aspectos a los que se presta poca atención es la corrosión que afecta al poste, debida a diferentes factores del entorno, que si bien, por lo general son de origen climático, también se identifican otros agentes corrosivos.

Pero aun cuando se reconoce la existencia de ese problema, que con el tiempo afecta las características de estructura y solidez de los postes de concreto, en realidad, en la práctica se aplica un procedimiento bastante sencillo, para mitigar los efectos nocivos de la corrosión, y con ello, prolongar la vida útil de los postes: el *pasivamiento*.

Este estudio se inscribe en esa lógica, y pretende evaluar la efectividad del *pasivamiento* en el propósito de mejorar la *vida útil* de los postes de concreto. Para ello, se realizó un estudio de alcance explicativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) con un diseño ex post facto causal comparativo, sobre la base de la comparación de la *vida*

útil de dos grupos de postes, considerando como factor explicativo el *pasivamiento*. Cabe señalar que la vida útil del poste de concreto, para efectos del presente estudio, se mide por medio de dos indicadores complementarios: el inicio del agrietamiento, que da cuenta del año de uso en el cual aparecen grietas en el poste; y el tamaño del agrietamiento, que como su nombre lo indica, da cuenta de la extensión de la grieta medida en cm.

El estudio se desarrolló en la provincia de Ilo, región Moquegua, en el sur del Perú. En esta provincia, según información de la empresa Electrosur, que opera en la región, existen aproximadamente 19800 postes de concreto. Pero se ha trabajado con una muestra de 500 postes, de los cuales 218 son postes sin pasivamiento, mientras que 282 sí presentan pasivado.

Para efectos del análisis, se evalúa la vida útil de cada grupo de postes de concreto por medio de la distribución Weibull, la que permitió identificar el tamaño del agrietamiento en función del año de uso del poste de concreto en el cual se produce el agrietamiento.

Con el propósito de exponer los hallazgos efectuados, el informe que se presenta se ha estructurado en cinco capítulos, los que se describen a continuación. En primer lugar, el Capítulo I, donde se describe la problemática identificada, y se especifican las preguntas, objetivos e hipótesis de investigación. En este capítulo se presentan también la operacionalización de las variables y los motivos que justificaron la realización del estudio. En el Capítulo II se presenta el marco teórico del estudio, en el que se abordan los contenidos teóricos que sustentan las variables. En el Capítulo III se presentan las características metodológicas que identifican los enfoques y procedimientos seguidos para la realización del estudio. El Capítulo IV se centra en la exposición de los resultados encontrados, el proceso de contrastación de hipótesis y el análisis de los hallazgos

efectuados; los resultados se presentaron atendiendo al orden de exposición de los objetivos del estudio. Y el Capítulo V recoge las conclusiones del estudio y las recomendaciones a que éstas dieron lugar.

Finalmente, se acompaña el informe con un conjunto de apéndices, entre los cuales se incluye la matriz de consistencia, la matriz de sistematización de datos y otra información que contribuye a una mejor comprensión de los hallazgos efectuados.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1. Antecedentes del problema

Es parecer común que los postes de concreto son elementos estructurales inmunes al ataque corrosivo del medio ambiente, gracias a su constitución material de naturaleza de sales de silicios. Sin embargo, como cualquier otro material sufre envejecimiento con pérdida de sus propiedades de constitución; esta condición se evidencia en el resquebrajamiento del material, que se presenta en forma de grietas, por lo



Figura 1. Poste Defectuoso

Fuente: Foto Original

general, en la parte inferior del poste (Figura 1). Diferentes elementos, entre los que se cuentan factores ambientales, sociales y biológicos pueden degradar el concreto, debilitando el poste, e incluso afectando el esfuerzo admisible con posible fallo por caída. En otras palabras, este tipo de acción corrosiva de los factores mencionados puede afectar la vida útil de los postes de concreto.

El cemento se prepara calentado una mezcla de arcilla finamente triturada y caliza dura en un horno, hasta eliminar el CO₂.

La caída de un poste podría causar peligros de accidentes de tránsito, lo que puede traer como consecuencias daños físicos materiales y personales. Además, se genera un impacto económico, en tanto la temprana salida de servicio y problemas en la línea de energía de suministro, constituyen pérdidas económicas para los usuarios.

1.1.2. Problemática de la investigación.

El problema señalado reviste características de mayor gravedad en entornos cuyas condiciones climáticas son más proclives a la corrosión, como es el caso de ciudades portuarias, zonas de explotación de recursos naturales, espacios de tratamiento con impactos ambientales, y otro tipo de entornos. Esta es la situación que caracteriza la ciudad de Ilo, que conforma una provincia de sólo tres distritos, que se ubica en la costa sur del Perú. Si bien es cierto que uno de sus distritos es de carácter rural, El Algarrobal, con una población de menos de dos mil personas, lo cierto es que este espacio está intrínsecamente vinculado al resto de la ciudad, de carácter portuario. Eso implica que los impactos ambientales de origen salobre que se producen por la presencia marina afectan también al único distrito rural que se tiene en la provincia.

Pero las características del aire no son el único agente corrosivo que puede afectar la vida útil de los postes en la provincia; también hay que considerar la presencia de la fundición de la empresa minera cuprífera Southern Peru, que desde hace décadas, y tal vez en medidas controladas, emitió gases que también tienen un efecto corrosivo en los diferentes materiales que se utilizan en la construcción de los postes de concreto que se utilizan en la ciudad.

Por último, esta provincia, como muchas otras en el Perú, también ha experimentado el impacto del incremento de los factores corrosivos de origen biológico, en la medida que desde el año 2015 entró en vigor la Ley N°30407, Ley de Protección y Bienestar Animal, que en la práctica impide que las dependencias de salud pública u otras entidades procedan a la eliminación física de la población canina sin propietario reconocido. Esto permite comprender el deterioro que experimentan los postes de concreto al ataque biológico producto de las micciones de la población animal que pulula en la ciudad, en tanto presencia de hidratos de carbono en forma de urea. En consecuencia, se acumulan polvos salinos ácidos que se adhieren al poste, los que sumados a la humedad ambiental y a las sales presentes en el aire atacan los conglomerados de concreto, provocando porosidad en el material.

Debido a ello, debilitados y con esfuerzo de trabajo de las cargas portantes, los postes de concreto se resquebrajan en la parte inferior en forma de fisuras y grietas, que llegan a mostrar los aceros de refuerzos (Seminario, 2003). En este punto, la corrosión se hace bastante agresiva sobre la parte medular del poste, en el acero de refuerzo, afectando su durabilidad y con ello su vida útil (Aguirre y Mejía, 2013).

Ante esta situación, una de las inquietudes que se tienen en cuenta es cómo mejorar la vida útil de los postes de concreto. Lo cierto es que, al respecto, como medida paliativa del deterioro de los postes de concreto, se ha ensayado una respuesta relativamente sencilla: la aplicación del pasivado o pasivamiento, una acción que consiste en pintar la base del poste con pinturas apropiadas para evitar los efectos corrosivos tanto del medio ambiente como de los agentes de otro origen, y detener en alguna medida el daño que éstos sufren.

Debido al hecho de que en la provincia de Ilo existe una población de postes de concreto, puestos in situ en diferentes periodos de tiempo, entre los cuales algunos han

recibido la aplicación de pasivamiento mientras que otros no, desde un punto de vista metodológico, es factible evaluar el impacto que el pasivamiento ha tenido en la vida útil de los postes. Esto da lugar al problema de investigación que se plantea.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del *pasivamiento* en la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017?
- ¿Cuál es la vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017?
- ¿Existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Son varios los puntos de vista que justifican la realización de este estudio. Primero, aunque el pasivamiento se haya utilizado como una medida paliativa del deterioro de las condiciones de los postes de concreto o de otras estructuras de concreto por la acción de agentes corrosivos de diferente origen, son pocos los estudios que dan cuenta de los efectos que esta acción produce en el poste; es más, poco se conoce sobre los impactos del pasivamiento en la vida útil de este tipo de estructuras. Si a eso se añade el hecho de que la provincia de Ilo presenta características medioambientales muy especiales, según se ha señalado, el interés por determinar esos impactos son aun mayores. De aquí que este estudio se constituya en un punto de inflexión en el conocimiento de los impactos del

pasivamiento en la vida útil de estructuras de concreto, en este caso, los postes utilizados en energía eléctrica o telefonía.

En segundo lugar, este estudio se justifica desde un punto de vista social, en tanto el conocimiento adquirido, permitirá a las empresas tomar decisiones que se traduzcan en beneficios para los usuarios, en la medida que la mejora de la vida útil de los postes supone una transferencia menor de los costos de mantenimiento y recambio por parte de las empresas hacia los usuarios.

En consecuencia, la importancia de la investigación radica en la posibilidad de cuantificar la mejora de vida útil del poste por acción del pasivamiento, en un caso específico como el de la provincia de Ilo.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances de la investigación no se limitan al espacio geográfico en el cual se realizó el estudio, sino que, en tanto corresponden a un tipo de estructura de concreto armado, los resultados permiten extender las interpretaciones a otros tipos de estructuras que se han fabricado con el mismo material. En ese sentido, la investigación tiene un alcance general y no específico, aun cuando se trabaje en un escenario de características específicas.

Por otro lado, en añadido a esa pretensión de generalidad que caracteriza la investigación científica, se ha trabajado con una muestra lo suficientemente grande (500 postes de concreto) como para suponer que, por su misma extensión, los hallazgos se adscriben a lo que se conoce como ley de los grandes números, la que se señala que los valores promedio encontrados en una muestra al azar de gran tamaño tiende a acercarse a los promedios de la población completa (Grima, 2012). En ese sentido, la muestra con la que se trabajó, muy superior al tamaño que se puede considerar crítico, de 100 a 120

elementos (Lopes, 2000), tiene una alta probabilidad de mostrar en sí misma valores muy cercanos a lo que ocurriría en la población de postes de concreto en la provincia. Por lo tanto, bajo este supuesto, este estudio tiene un alcance general y no específico.

En cuanto a limitaciones, éstas fueron de orden práctico, en tanto el tiempo requerido para la observación de los postes derivó en dificultades para cumplimentar a tiempo otros procesos necesarios para el estudio.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Determinar el efecto del *pasivamiento* en la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

1.5.2. Objetivo específicos

- Estimar la *vida útil* de los postes de concreto, sin pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.
- Estimar la *vida útil* de los postes de concreto, con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.
- Comparar la *vida útil* de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

1.6. VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de variables

variable	definición	dimensiones	indicadores	unidad	escala	valor final
Independiente: Pasivamiento	Aplicación de componente protector en zonas de posible riesgo de corrosión de una estructura de concreto.	Unidimensional	Aplicación del pasivamiento	No aplica	Nominal	Sin pasivamiento Con pasivamiento
Dependiente: Vida útil	Duración de la operatividad de una estructura que se define en función del periodo en el cual se inicia el proceso de fisura y de la extensión de las fisuras.	Temporal	Inicio del agrietamiento	Año de inicio	intervalo	No aplica
		Física	Tamaño del agrietamiento	cm	De razón	No aplica

Fuente: Elaboración propia

1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Hipótesis general

El *pasivamiento* mejora la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

1.7.2. Hipótesis específicas

- La *vida útil* de los postes de concreto, sin pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, es menor que 10 años.
- La *vida útil* de los postes de concreto, con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, es mayor o igual que 10 años.
- Existe diferencia entre la *vida útil* de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La revisión de la literatura revela una situación de casi inexistencia de estudios que refieran directamente el pasivamiento de estructuras de concreto como objeto de estudio. Sin embargo, entendiendo que el pasivamiento constituye una medida que se aplica para mitigar y detener hasta donde sea posible los efectos nocivos de la corrosión sobre el acero que se incorpora en las estructuras de concreto.

Para efectos de exposición, a nivel internacional, se referencian los estudios de Aguirre y Mejía (2013), realizado en Colombia, de Baltazar-Zamora et al. (2012), el de Viveros (2008), realizado en Veracruz (México), y el de Morales (2007), realizado en Chile. A nivel nacional, se reseñan los trabajos de Marchena (2017), realizado en Lima, de Pacora (2017), realizado también en Lima, y el de Seminario (2003), realizado en Piura, en el norte del Perú.

Aguirre y Mejía (2013), en Cali, Colombia, realizaron un estudio en torno al estado del conocimiento respecto de la durabilidad del concreto, considerando como eje de búsqueda la identificación de los factores que la afectan y provocan la corrosión del acero

de refuerzo. Por otro lado, efectúan un análisis de los diferentes procedimientos de mantenimiento preventivo que se utilizan para reducir los impactos de la corrosión, enfatizando aquellos que refieren técnicas electroquímicas utilizadas en prevención. Entre las conclusiones se señala que la durabilidad del concreto está influenciada por diferentes factores, tanto referidos al material como al ambiente. En cuanto a factores que desencadenan la corrosión, se consideran la inclusión de cloruros y la carbonatación. Y en cuanto a procedimientos a aplicarse para prevenir y controlar la corrosión del acero de refuerzo, se identifica el agregado de puzolanas para reemplazar parcialmente el cemento.

Baltazar-Zamora et al. (2012), en Sinaloa, México, realizaron un estudio en el cual evalúan la corrosión en elementos estructurales de concreto caracterizados por haber sido curados por diferentes métodos. Los elementos de muestra se construyeron con dos tipos de mezcla en una relación agua/ cemento de 0,45 y 0,65. Algunos de los elementos fueron dejados a la intemperie en un medio urbano, mientras que el resto fue sumergido en agua de mar. Los resultados muestran diferencia en la corrosión en función del medio donde se expone el elemento; así, el tipo de curado no influye en la probabilidad de aparición de corrosión cuando éste es expuesto a la intemperie; pero sí es determinante para alcanzar un mayor tiempo de buen desempeño cuando se sumerge en un medio marino.

Por su parte, Viveros (2008), en Xalapa, Veracruz, realizó un estudio respecto del potencial corrosivo de la exposición al ambiente sobre el concreto. Entre los hallazgos mencionados, se señala que la extensión del agrietamiento se incrementa por la acción corrosiva del ambiente en el acero de refuerzo que se incorpora a las estructuras. Sin embargo, se detectó una protección a nivel químico debida a la alcalinidad del concreto, que produjo una capa de óxido.

Y Morales (2007), en Chile, realizó un estudio en el cual se realiza una revisión del estado del problema en torno a las prácticas que se utilizan en la actualidad para efectuar

seguimiento de la condición de estructuras de concreto armado. El propósito final del estudio fue proponer una metodología que permitiera desarrollar un plan de monitoreo de los indicadores de control de la durabilidad de las estructuras de concreto que se encuentran en el mar o en las inmediaciones de la costa. Entre los resultados del estudio se señala que el procedimiento desarrollado para evaluar los parámetros asociados al deterioro por corrosión de las estructuras cumple el propósito guía de detectarlos en su etapa inicial, lo que permite poner en marcha las medidas preventivas o correctivas que permitirían extender la vida útil que se ha considerado para la estructura.

A nivel nacional, Marchena (2017), realizó un estudio en torno a la corrosión en las estructuras de concreto en una institución educativa del distrito de San Martín de Porres, en la ciudad de Lima. Se trabajó con una muestra de cuatro aulas, en las cuales se realizó una inspección de identificación de la interacción entre la corrosión observada en el acero y el concreto. La evaluación se hizo mediante un análisis de la relación entre la corrosión del acero y la estructura, y entre las dimensiones de corrosión y la estructura. Se encontró que la exposición ambiental influye moderadamente en las estructuras de la institución. Por otro lado, las fisuras afectan en un nivel moderado las estructuras, pero se presentan en un 50% de las mismas. Hallazgos adicionales muestran la carbonatación y la exposición ambiental influyen en un nivel moderado en las estructuras.

Por otro lado, Pacora (2017) realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar la influencia de la corrosión del acero corrugado en las estructuras de concreto armado haciendo uso de un procedimiento deductivo. Se trabajó con una muestra de 30 viviendas afectadas por corrosión, sobre la base de una población de 1500 viviendas. Para ello, se realizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Entre los resultados, se encontró que la corrosión del acero influye en la integridad de las estructuras de concreto.

Asimismo, se encontró que la humedad del ambiente y la presencia de fisuras afectan la integridad de las estructuras

Por su parte, Seminario (2003), en Piura, realizó un estudio en el que se evalúa la corrosión en postes de concreto armado, sobre la base de identificar la causa de la corrosión. Se trabajó en el área de una urbanización específica, que alberga más del 80% de los postes de concreto en los que se verifica corrosión. Entre los hallazgos, se señala que el concreto estaba más carbonatado a nivel del suelo respecto de otros niveles de altura por encima de 1 m. Se detectó que el concreto carbonatado facilita la corrosión del acero debida a cloruros. Por otro lado, se encontró que la cantidad de agentes despasivantes y el nivel de corrosividad del terreno constituye factores que contribuye fuertemente a la corrosión del acero. Estos hallazgos llevaron al autor a recomendar la protección de los postes ante la carbonatación y la intrusión de iones cloruros y sulfatos en el concreto, por medio de la complementación de la norma de fabricación de poste de concreto, con los métodos de prevención de la corrosión, especificados para postes que se instalarán en medios corrosivos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Elementos de la corrosión

Para aproximarse a un conjunto de observaciones en torno a la corrosión, se debe conocer la constitución de fabricación de los postes de concreto, las manifestaciones del fenómeno de la corrosión de la estructura de concreto, y las causas que provocan estos inconvenientes (Seminario, 2003). Se puede hablar, entonces, de un proceso corrosivo, en el que intervienen los siguientes elementos:

- **Material.** Este componente implica tomar en cuenta su composición, estructura atómica, las heterogeneidades de orden macroscópico pero también de orden

microscópico, considerando la perspectiva de la granulometría y la porosidad (Seminario, 2003).

- Interface material. Este componente revela la formación y crecimiento de películas, la disolución del metal y su evolución en forma de gases, la disolución de la película, la absorción, etc. (Seminario, 2003)
- Medio corrosivo. Este componente tiene que ver con la naturaleza química, concentración, presión, temperatura, velocidad, etc. del elemento estructural que se tienen en cuenta.

2.2.2. Corrosión en el poste

La corrosión en el poste de concreto consiste básicamente en la conexión electrolítica como corriente galvánica entre un cátodo y un ánodo. “En relación con el acero embebido en el concreto, las barras de refuerzo actuarán como un conductor eléctrico y el agua en los poros de la pasta actuará como electrolito, que es una solución capaz de conducir la corriente eléctrica por medio de un flujo de iones”. (Seminario, 2003, p.12)

Para el caso del concreto armado (concreto reforzado con barras de acero) “las reacciones de hidratación que se llevan a cabo en el cemento durante el curado, son de gran interés e importancia ya que uno de los productos de éstas, se encuentra directamente relacionado con la protección que el concreto proporciona a las estructuras de acero reforzado”. (Seminario, 2003, p. 11)

Para diversos autores, “la corrosión puede iniciarse por la acción de iones cloruro sobre el acero de refuerzo, aun en ambientes con un pH superior a 10, aunque estos casos se relacionan con cloruros presentes de origen en la mezcla por efectos de los agregados,

el agua o los aditivos, debido a que en este caso los iones Cl^- toman contacto inmediatamente con el acero de refuerzo” (Seminario, 2003, p.11)

2.2.3. Causas medio ambientales de la corrosión en los postes

“Las causas medioambientales que favorecen a la corrosión, son varias y estas son provenientes de las características de los terrenos, corrientes subterráneas (sólo si existen) y del medio ambiente”. (Seminario Vega, 2003: 24)

- Efecto de Carbonatación
- Efecto de la penetración de Sulfatos
- Efecto de la penetración de Cloruros
- Efectos de la aireación diferencial
- Efecto de las fisuras
- Otros factores de corrosión

Efecto de Carbonatación

“La característica de este proceso es la aparición de una estrecha banda que separa dos zonas con valores de pH muy diferentes, por lo general una de $\text{pH} \leq 9$ y otra de $\text{pH} \geq 12$. (Seminario Vega, 2003: 24)

La carbonatación es un proceso lento que con tiempo prolongado se hacen importante. “Dependiendo de la calidad de concreto, en la carbonatación hay que distinguir:

- un proceso químico consistente en la reacción de CO_2 con el hidróxido cálcico de la solución contenida en los poros del concreto y/o con los hidratados del mismo.

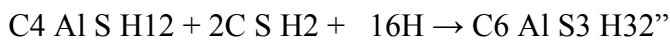
- La difusión de CO_2 a través del concreto ya carbonatado.

- La difusión del agua formada en la primera etapa.”

(Seminario Vega, 2003: 24)

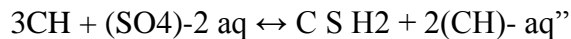
Efecto de la penetración de Sulfatos

La penetración de sulfatos es un proceso relativamente complejo, Sin embargo, “tienen definitivamente establecido una correlación entre el contenido de Al_2O_3 (aluminato tricálcico) de un cemento Pórtland y su susceptibilidad al ataque por sulfato. La causa importante es la formación de la etringita ($C_6Al_2S_3H_{32}$) a partir del monosulfoaluminato de la pasta de cemento endurecido. La reacción es la siguiente:



(Seminario Vega, 2003: 25)

“En realidad, el ataque por sulfoaluminato se inicia por una reacción entre los iones de sulfatos provenientes del medio y el hidróxido de calcio de la pasta de cemento endurecida. La reacción es la siguiente:



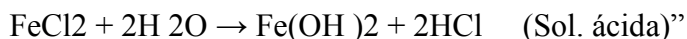
(Seminario Vega, 2003: 24)

“El mecanismo de ataque por sulfatos puede, por lo tanto, considerarse como una secuencia de tres procesos: penetración de los iones sulfatos, corrosión producida por el magnesio, y corrosión producida por el ion hidrógeno” (Seminario, 2003, p.25).

Efecto de la penetración de Cloruros

La presencia de cloruros favorece reduciendo la formación de sulfo-aluminatos, mejorando la resistencia del concreto, pero no es favorable para la armadura. El mecanismo que gobierna el ataque de parte de los cloruros a la armadura, es el mismo que normalmente corresponde a la corrosión del hierro en ambiente alcalino.

Las teorías que explican el inicio y la propagación de tal fenómeno afirman que hay un ataque ácido del hierro en algunas zonas bien definidas, que auto-estimulan a causa del hidrólisis del compuesto soluble que se forma según la reacción.



(Seminario Vega, 2003: 26)

“La severidad del ataque, debido a los cloruros que penetran por difusión en el concreto, no sólo depende de la cantidad de estos iones que alcanzan la superficie metálica, sino también de otros factores tales como la disponibilidad de oxígeno y el número y tamaño de huecos adyacentes a las armaduras. Es decir, se debe tender a una mínima permeabilidad del concreto, lo que exige relaciones agua/cemento reducidas”.

(Seminario Vega, 2003: 27)

Efectos de la aireación diferencial

“El oxígeno, como en muchos otros fenómenos de corrosión, juega también aquí un complejo papel. En su ausencia no deben atacarse las armaduras, al no poder realizarse la semi-reacción catódica del proceso de corrosión, consistente en la reducción del oxígeno disuelto en la solución que ocupa los poros. Sin embargo, cuando está presente en mayor proporción en ciertas zonas que otras, crea una macro-celda galvánica; son las zonas menos aireadas las que actúan como ánodos y se corroe”. (Seminario Vega, 2003: 27)

“En efecto, vale la pena resaltar que los postes deberán ser elaborados de manera homogénea, de tal manera que la permeabilidad del concreto, tienda a ser uniforme en toda la superficie del poste y evitar mayor concentración de oxígeno en ciertas zonas”.

(Seminario Vega, 2003: 27)

Efecto de las fisuras

Las fisuras pueden producirse por sobre carga mecánica al superar el esfuerzo permisible como también a la mala calidad del poste en su fabricación. “El concreto es notablemente heterogéneo, y en su interior pueden tenerse diferencias de concentración de oxígeno, cloruros, de pH y en consecuencia formarse macro-pilas con distancias entre zonas anódicas y catódicas de hasta algunos metros”. (Seminario Vega, 2003: 28)

Otros factores de corrosión

Entre otros factores, para la evaluación de corrosión; son sustancias de naturaleza ácida orgánicas depositadas en la superficie del concreto, como la Urea, capaz de penetrar en el concreto, dependiendo de la permeabilidad de éste en los poros del concreto.

2.2.3. Inhibidores de corrosión de nueva generación

“Los inhibidores de corrosión de nueva generación basados en carboxilatos de amina de Cortec, son moléculas que viajan por difusión a través del aire, agua, concreto y otros materiales hasta alcanzar las superficies metálicas y formas mediante ionización, una capa molecular que se adhiere tenazmente al metal, desplazando el agua, iones cloruros y otros agentes corrosivos y otros agentes corrosivos brindando una protección multi-metálica sin precedentes en el control de la corrosión”.

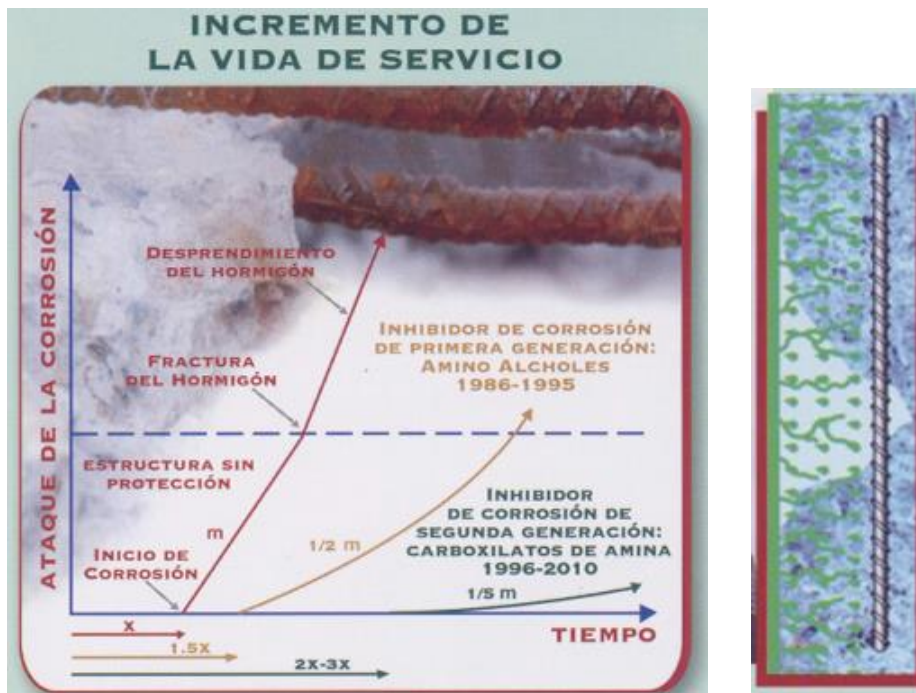


Figura 2. Tratamiento de pasivado del concreto armado del poste

“Los inhibidores de corrosión basados en carboxilato de amina retrasan hasta en un 300% el inicio de la corrosión y reducen 5 veces la tasa de corrosión.”. CORTEC www.cortecvci.com

“El inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido por excelencia se presenta como CORTEC MCI-2020 M SC (super concentrado). Este inhibidor se aplica a manera de pintura sobre las superficies de estructuras de hormigón armado con la finalidad de proteger al acero de refuerzo contra el ataque de corrosión. Migra por capilaridad y difusión a través de las porosidades del concreto hasta llegar a las varillas y vigas de acero de refuerzo, depositando por atracción iónica una película mono-molecular que se adhiere fuertemente al metal, brindando una protección a largo plazo contra la corrosión aún en ambientes agresivos o salinos”.

Las Normas Técnicas Peruanas INDECOPI NTP 339-027 para la fabricación de poste se exige que el concreto sea centrifugado, para una mezcla homogénea entre el

cemento y el agregado y la compactación respectiva entre una estructura de acero para reforzamiento que conforma el concreto armado.

La Dirección General de electricidad DGE-015-1 normas para la fabricación de poste y pastorales, recomiendan sea vibrados para compactación de la estructura de concreto armado.

Por el grado de Contaminación Ambiental, las normas la Norma IEC 815 “GUIDE FOR THE SELECTION OF INSULATORS IN RESPECT OF POLLUTED CONDITIONS”, para propósitos de normalización, se han definido las siguientes cuatro (04) niveles de contaminación: Ligero (que es el Nivel I para la zona con distancia de fuga 16mm/kV), medio, pesado, muy pesado, dicha norma se aplica en instalación de los postes, respecto a las condiciones medio-ambientales del lugar o zona de trabajo. Sin embargo, puede notarse que no incluye el factor de la Urea que es un componente de la orina y el sudor de los seres orgánicos, además de la combinación con los factores de la humedad salina del mar.

Tabla 2. Grado de contaminación según norma

Nivel de Contaminación	Descripción del Ambiente	Distancia de fuga Nominal mínima
		mm/kV ϕ - ϕ
Ligero Nivel I	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción - Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sujetas a frecuentes vientos y lluvias - Áreas agrícolas - Áreas montañosas - Todas las áreas situadas de 10 km a 20 km del mar y no expuestas a vientos directos provenientes del mar 	16
Medio Nivel II	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con industrias que no producen humo contaminante y/o con densidad moderada de casas equipadas con calefacción - Área con alta densidad de casas, pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvia 	20

	- Áreas expuestas a vientos del mar, pero no cercanas a la costa (al menos varios kilómetros de distancia)	
Alto Nivel III	- Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de casas con calefacción que generen contaminación. - Áreas cercanas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar	25
Muy Alto Nivel IV	- Áreas generalmente de extensión moderada sujetas a contaminantes conductivos y humo industrial, que produzcan depósitos espesos de contaminantes - Áreas de extensión moderada muy cercanas a la costa y expuestas a rocío del mar, o a vientos muy fuertes con contaminación procedente del mar - Áreas desérticas caracterizadas por falta de lluvia durante largos periodos, expuesta a fuertes vientos que transporten arena y sal, sujetas a condensación con regularidad	31

Fuente: Publicaciones NORMA IEC 815

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Concreto

Material de construcción producido mediante la mezcla de cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se le agrega algún aditivo, que se caracteriza por su durabilidad y resistencia, aunque se trabaja en forma líquida, como una masa plástica, por lo que puede adquirir casi cualquier forma que se le quiera dar.

Postes de concreto

Elemento estructural construido de concreto que se coloca en forma vertical para servir de apoyo a algún tipo de carga.

Corrosión

Proceso de reacción entre el metal y alguna sustancia que procede del medio ambiente o entorno, que produce como resultado una oxidación destructiva del metal.

Corrosión de postes

Proceso de corrosión que se produce en el fierro incorporado en los postes de concreto, en tanto las varillas actúan como un conductor eléctrico, mientras que el agua actúa como electrolito en los poros de la pasta.

Pasivamiento

Aplicación de un componente protector en zonas de posible riesgo de corrosión de una estructura de concreto.

Vida útil

Duración de la operatividad de un poste en tanto estructura de concreto, que se define en función del periodo en el cual se inicia el proceso de fisura y de la magnitud de la extensión de la fisura.

Inicio de agrietamiento

Año de vida de un poste en tanto estructura de concreto, en el cual se verifica la aparición consistente de agrietamiento.

Tamaño de agrietamiento

Magnitud de la extensión de una fisura de agrietamiento que se verifica en un poste en tanto estructura de concreto.

CAPITULO III

MÉTODO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Por su finalidad, en este caso, verificar la eficacia de un método de preservación de las condiciones físicas de un objeto, equipo o instalación, este estudio se identifica como investigación aplicada (Ander-Egg, 2011). Este tipo de investigación apunta a solucionar problemas prácticos, es decir, problemas que se suscitan en el entorno inmediato, sobre la base de conocimientos establecidos (Ander-Egg, 2011) o incluso sobre la base de conocimiento empírico que se presume correcto, aunque no haya evidencia acumulada al respecto. En este caso, se trata de probar si el pasivamiento, una medida sencilla de protección en función del pintado, prolonga la vida útil de los postes de concreto.

Por otra parte, desde la perspectiva de su alcance, el estudio corresponde a las investigaciones de tipo explicativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Este tipo de estudios se caracteriza porque busca establecer relaciones causa – efecto entre dos variables que se analizan en un conjunto de unidades de observación (Hernández et al., 2014). En forma específica, se procura explicar una o más variables que se identifican en

un objeto de estudio, en función de una o más variables externas a él, pero que presumiblemente “ejercen algún tipo de influencia o efecto en él” (Campos, 2016, p.45).

3.1.2. Diseño de investigación

En lo que se refiere al diseño de investigación, este estudio considera hechos que ya han sucedido, por lo cual no se puede controlar las condiciones de producción del fenómeno (Campos, 2016). En ese sentido, se enmarca entre los diseños no experimentales (Hernández et al., 2016), aunque en forma específica debe considerarse en el marco de los estudios ex post facto (Vega, 2015) con diseño transversal causal comparativo. Por su dimensión temporal, es un estudio transversal, que implica efectuar mediciones en torno a una variable en un solo momento del tiempo (Hernández et al., 2014). Y por su propósito, corresponde al diseño causal comparativo, que trata de efectuar una comparación en dos o más muestras o grupos, en función de una variable o factor independiente, sin que sea posible por algún motivo manipular experimentalmente las variables (Castro-Zapata, 2008).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Según información proporcionada por Electrosur, el total de postes de concreto en la provincia de Ilo es de 19800. De donde, $N = 19800$

Para el cálculo del tamaño de muestra se utiliza la expresión (Velásquez y Rey, 2001):

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{\varepsilon^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde,

Z : Número determinado según la tabla de valores críticos de la distribución normal estándar

p : Proporción de unidades de análisis que asumen una misma categoría de la variable

q : $(1 - p)$ Proporción de unidades de análisis en los que la categoría de la variable no se presenta

N : Población

ε : Error asumido

Los valores considerados son los siguientes:

$$Z = 1.96 \text{ (para 95\% de confianza y } \alpha=0.05)$$

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

$$N = 19800$$

$$\varepsilon = 0.05$$

Se tiene:

$$n = 377$$

El tamaño de muestra mínimo corresponde a 377 postes de concreto. Sin embargo, en el trabajo de campo se recogió información de 500 postes de concreto, de los cuales 282 presentaron pasivamiento y 218 no.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnica de investigación

Como técnica de investigación se ha utilizado la observación, en la modalidad de observación directa.

3.3.2. Acerca del instrumento

Como instrumento de recolección de datos se ha utilizado una guía de observación, en la modalidad de ficha de registro de observaciones. La ficha recoge información sobre las diferentes características que identifican los postes de concreto: uso, designación, año

de instalación, presencia de pintura en la base (pasivamiento) y longitud de grietas (en cm). Se añade información sobre el sector donde está instalado el poste.

Esta ficha presenta el siguiente diseño:

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS DEL POSTE			APLICA PINTURA	LONGITUD
	USO	DESIGNACIÓN	AÑO		
C-070, 1-14	Eléctrico	CAC 8x200	2015	SÍ	0
...					

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de la información se hizo mediante procedimientos informáticos con ayuda de Excel y Minitab. Excel es un programa informático de la suite Microsoft Office que permite realizar tareas de cálculo y utilizar diferentes funciones mediante fórmulas, gráficos e incluso por medio de un lenguaje de programación. En este caso, se utilizaron funciones de ordenamiento y algunas funciones estadísticas, como el cálculo del promedio. Por su parte, Minitab es un programa informático diseñado para la ejecución de funciones estadísticas básicas y avanzadas, que se caracteriza por su interfaz amigable al estilo de Excel y su alta capacidad para ejecutar análisis estadísticos (Minitab INC, 2017).

En cuanto a análisis de datos, se utilizó el modelamiento de la distribución de Weibull, considerando las características de la distribución de datos (Mendenhall, Beaver y Beaver, 2010). Para efectos del análisis, se utilizó el método gráfico de Minitab, que entrega una gráfica de probabilidad lineal y una gráfica de relación entre variables.

Para la comparación de distribuciones, se utilizó también la prueba de la U de Mann-Whitney, un contraste de homogeneidad que examina si dos distribuciones

pueden ser consideradas como similares y, por ello, como procedentes de la misma población (Pérez, 2005).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Vida útil de postes sin pasivamiento

Tabla 3. Resumen de información de postes sin pasivamiento

Año	Año de vida	Grieta (cm)	frecuencia
2016	1	0.308	26
2015	2	7.538	13
2013	4	0.778	36
2012	5	0	1
2011	6	0	6
2010	7	11	2
2009	8	10.5	4
2008	9	5.3	10
2007	10	17.57	14
2005	12	16.091	11
2004	13	22.917	24
2003	14	21.091	11
2002	15	44.667	3
2001	16	28.63	27
1998	19	44.167	6
1995	22	38	18
1992	25	166	1
1990	27	118.8	5
TOTAL NO PASIVADO			218

Fuente: elaboración propia

En esta tabla se presenta los datos agrupados de los postes de concreto sin pasivamiento, en función de su tiempo operativo (años de vida) y del tamaño del agrietamiento (cm). Es

visible que aunque en varios casos (frecuencias de 26, 13 y 36), el inicio del agrietamiento de produjo tempranamente, con grietas que superaron los siete cm, es partir de los siete años cuando el proceso de agrietamiento se hace consistente, cuando se tienen grietas de hasta 11 cm en dos casos identificados.

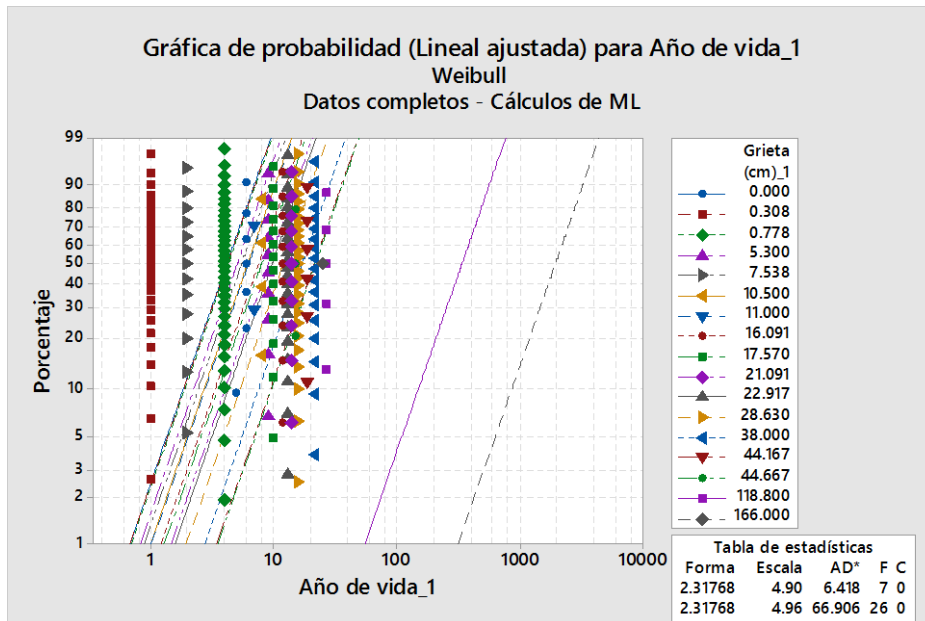


Figura 3. Gráfico de probabilidad para inicio de agrietamiento según distribución de Weibull, en postes sin pasivamiento

Fuente: elaboración propia

En la Figura 3 se presenta la probabilidad asociada al inicio del agrietamiento. En este caso, la franja de diagonales marcadas, que representa los datos aceptables, se ubica entre los tres y 20 años. Se identifican los datos más frecuentes, lo que muestra que a los 18 años se incrementa la probabilidad de que las grietas en el poste alcancen 28.6 cm.

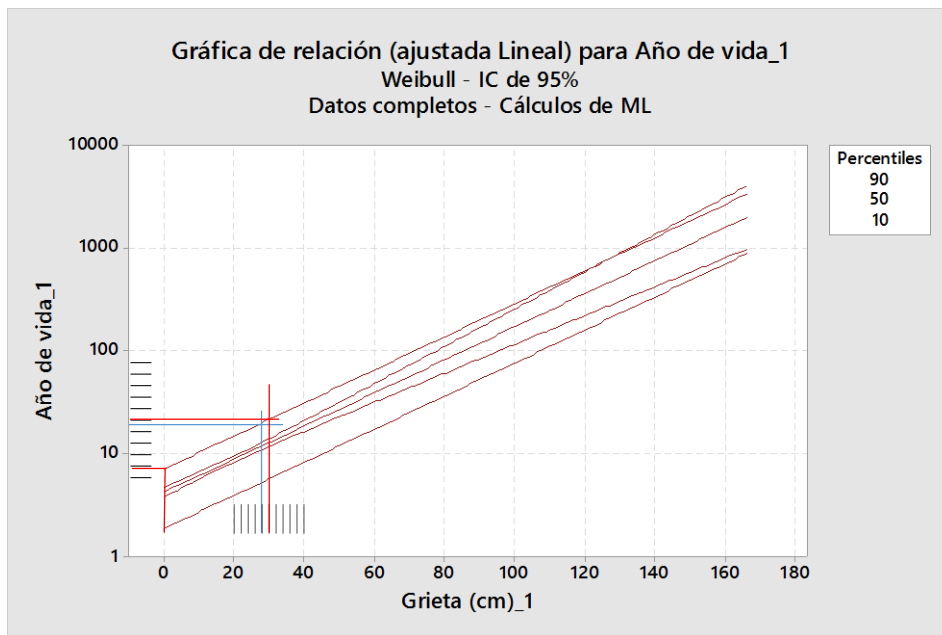


Figura 4. Gráfico de relación para tamaño de agrietamiento según distribución de Weibull, en postes sin pasivamiento
 Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Figura 4, en los postes sin pasivamiento, el inicio del agrietamiento se produce a los siete años. Y se identifica que a los 16 años el tamaño del agrietamiento puede alcanzar 28 cm.

4.1.2. Vida útil de postes con pasivamiento

Tabla 4. Resumen de información de postes con pasivamiento

Año	Año de vida	Grieta (cm)	frecuencia
2015	2	0	2
2013	4	0	2
2011	6	0	83
2010	7	0	2
2009	8	0.111	18
2008	9	0	6
2007	10	0.636	11
2005	12	0	83
2004	13	4.167	6
2003	14	2.333	3
2002	15	10	1
2001	16	1.372	43
1998	19	28	3
1996	21	8	2
1995	22	17.2	10
1992	25	39.5	2
1990	27	36.667	3
1980	37	27	2
TOTAL PASIVADO			282

Fuente: elaboración propia

En esta tabla se presenta los datos agrupados de los postes de concreto con pasivamiento, en función de su tiempo operativo (años de vida) y del tamaño del agrietamiento (cm). Es visible que aunque en algunos casos (frecuencia de 18), el inicio del agrietamiento se produjo tempranamente, con valores de grietas muy pequeños (0,111 cm), es partir de los 10 años cuando el proceso de agrietamiento se hace consistente.

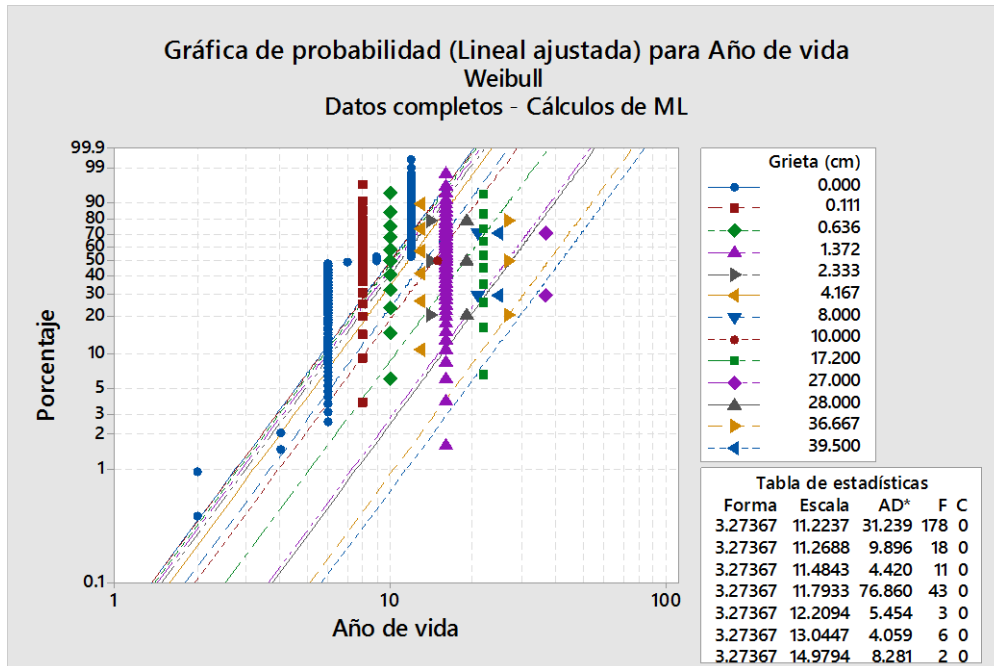


Figura 5. Gráfico de probabilidad para inicio de agrietamiento según distribución de Weibull, en postes con pasivamiento
Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 se presenta la probabilidad asociada al inicio del agrietamiento en postes con pasivamiento. En este caso, la franja de diagonales marcadas, que representa los datos aceptables, se ubica entre los seis y 20 años. Se identifican los datos más frecuentes, lo que muestra que a los 18 años se incrementa la probabilidad de que las grietas en el poste alcancen sólo 1.372 cm.

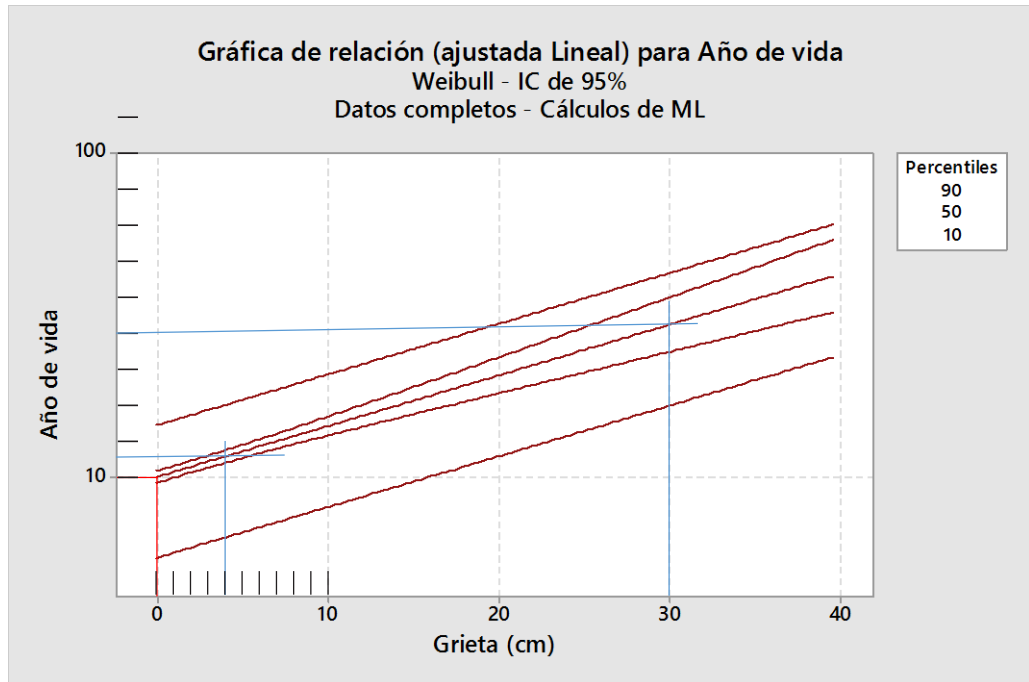


Figura 6. Gráfico de relación para tamaño de agrietamiento según distribución de Weibull, en postes con pasivamiento
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Figura 6, en los postes con pasivamiento, el inicio del agrietamiento se produce a los 10 años. Y se identifica que a los 16 años el tamaño del agrietamiento puede alcanzar 4 cm.

4.1.3. Comparación de vida útil de postes sin pasivamiento y con pasivamiento

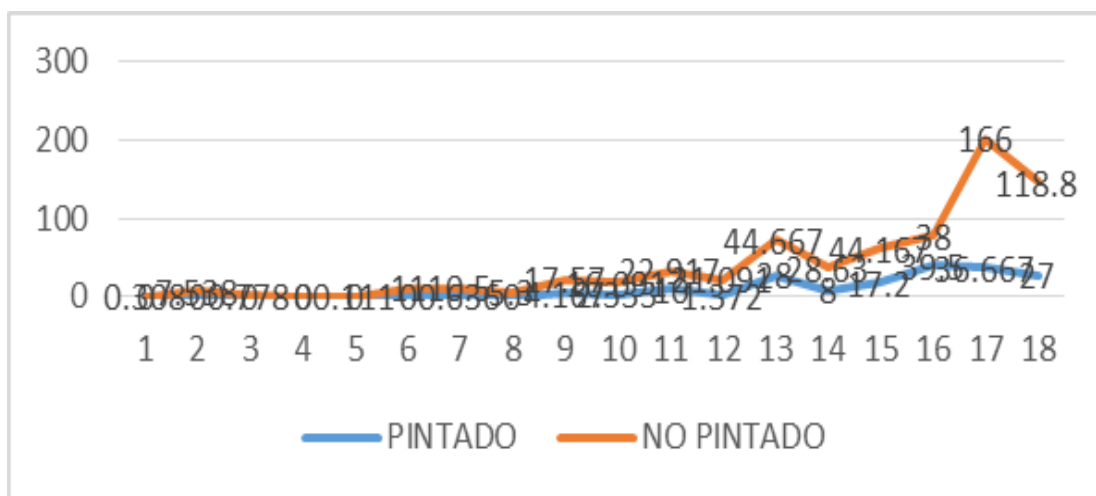


Figura 7. Tamaño de grietas en función del tiempo de operatividad

Fuente: elaboración propia

En la Figura 7 se aprecia que a medida que los postes tienen más tiempo de operatividad (más años en uso), el tamaño del agrietamiento es mayor en los postes sin pasivamiento, que en los postes con pasivamiento.

Tabla 5. Resumen comparativo de la vida útil de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento

	Sin pasivamiento	Con pasivamiento
periodo > concentración	3 - 20 años	6 - 20 años
Inicio de agrietamiento	7	10
año de control	16 años	16 años
grieta (cm)	28	4
X grieta (total)	18.6790	2.2159

Fuente: elaboración propia

En esta tabla se resume la información de los dos grupos de postes de concreto, sin pasivamiento y con pasivamiento para efectos de comparación. En este caso, se observa las diferencias que se identifican en varios de los aspectos considerados. En primer lugar, en cuanto al periodo de mayor concentración de las frecuencias, en el caso de los postes sin pasivamiento, este se extiende entre los tres y 20 años, mientras que en el caso de los postes con pasivamiento, ese periodo es relativamente menor, de los seis a los 20 años. En segundo lugar, en el caso de los postes sin pasivamiento el inicio de agrietamiento se produce a los siete años, mientras que en los postes con pasivamiento, se da a los 10 años. Como medida de control en 16 años, en el caso de los postes sin pasivamiento el tamaño del agrietamiento supera los 28 cm, mientras que en su contraparte apenas alcanzan cuatro cm. Finalmente, considerando el promedio total del tamaño de agrietamiento, que en los postes sin pasivamiento se tiene un promedio de 18,7 cm, mientras que en los que cuentan con pasivamiento se ubica en 2,2 cm.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la contrastación de hipótesis, se ha seguido el criterio de contrastar, primero, las hipótesis específicas, y luego, la hipótesis general del estudio.

4.2.1. Primera hipótesis específica

Enunciado

La primera hipótesis específica enuncia:

La vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, es menor que 10 años.

Planteamiento operacional de la hipótesis:

H_0 : La vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, es mayor o igual que 10 años.

H_1 : La vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, es menor que 10 años.

Enunciados operacionales:

En función de sus indicadores, la hipótesis se operacionaliza de la siguiente manera:

H_0 : El inicio de agrietamiento se produce a los 10 años o más.

H_1 : El inicio de agrietamiento se produce antes de 10 años.

Prueba

De la tabla 3 y las figuras 3 y 4, se tiene:

- El inicio de agrietamiento se produce a los 7 años.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis propuesta, H_1 , y se rechaza la hipótesis nula, H_0 . Es decir, en los postes sin pasivamiento el inicio de agrietamiento se produce antes de 10

años. En conclusión, la vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, es menor que 10 años.

4.2.2. Segunda hipótesis específica

Enunciado

La segunda hipótesis específica enuncia:

La vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, es mayor o igual que 10 años.

Planteamiento operacional de la hipótesis

H_0 : La vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, es menor que 10 años.

H_2 : La vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, es mayor o igual que 10 años.

Enunciados operacionales:

En función de sus indicadores, la hipótesis se operacionaliza de la siguiente manera:

H_0 : El inicio de agrietamiento se produce antes de 10 años.

H_2 : El inicio de agrietamiento se produce a los 10 años o más.

Prueba

De la tabla 4 y las figura 5 y 6 se tiene:

- El inicio de agrietamiento se produce a los 10 años.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis propuesta, H_2 , y se rechaza la hipótesis nula, H_0 .

Es decir, el inicio de agrietamiento se produce a los 10 años o más. En conclusión, la vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, es mayor o igual que 10 años.

4.2.3. Tercera hipótesis específica

Enunciado

La tercera hipótesis específica enuncia:

Existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

Planteamiento operacional de la hipótesis

H₀ : No existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento.

H₃ : Existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento.

Enunciados operacionales

En función de sus indicadores, la hipótesis se operacionaliza de la siguiente manera:

H_{3.0.1} : No existe diferencia entre el inicio de agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

H_{3.1} : Existe diferencia entre el inicio de agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

H_{3.0.2} : No existe diferencia entre el tamaño del agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

H_{3.2} : Existe diferencia entre el tamaño del agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

Prueba

Para la primera subhipótesis: Existe diferencia entre el inicio de agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento; se realizó una comparación directa de los datos obtenidos.

De las tablas 3, 4 y 5, y las figuras 3, 4 y 5 se tiene:

- En los postes sin pasivamiento el inicio de agrietamiento se produce antes de 10 años.
- En los postes con pasivamiento el inicio de agrietamiento se produce a los 10 años.

Por lo tanto, se acepta la subhipótesis propuesta, H3.1, y se rechaza la subhipótesis nula, H3.0.1.

Para la segunda subhipótesis: Existe diferencia entre el agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento. Se realizó una prueba U de Mann-Whitney para contrastar si las dos muestras de agrietamiento son equivalentes entre sí en su posición; es decir, si se pueden considerar como que proceden de la misma población. Si proceden de la misma población, no hay diferencia en el agrietamiento entre postes sin pasivamiento y postes con pasivamiento; por el contrario, si no se pueden considerar equivalentes, hay diferencia en el agrietamiento entre postes sin pasivamiento y postes con pasivamiento.

Tabla 6. Prueba de Mann-Whitney para agrietamiento en función de pasivamiento

	Rangos			
	pasivamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
agriet (pond)	sí	18	14,44	260,00
	no	18	22,56	406,00
	Total	36		

Estadísticos de prueba ^a	
	agriet (pond)
U de Mann-Whitney	89,000
W de Wilcoxon	260,000
Z	-2,322
Sig. asintótica (bilateral)	,020
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,020 ^b
Significación exacta (bilateral)	,019
Significación exacta (unilateral)	,010
Probabilidad en el punto	,000

a. Variable de agrupación: pasivamiento
b. No corregido para empates.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney ($Z = -2,322$; $p=0,019$) evidencian diferencia significativa entre el agrietamiento de los postes sin pasivamiento y los postes

con pasivamiento. Por lo tanto, se acepta la subhipótesis propuesta, H3.2, y se rechaza la subhipótesis nula, H3.0.2.

Luego:

- Se confirma que existe diferencia entre el inicio de agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.
- Se confirma que existe diferencia entre el agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

Conclusión

Se acepta la hipótesis propuesta, H3, y se rechaza su correspondiente hipótesis nula, H0. Es decir, existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento.

4.2.4. Hipótesis general

Enunciado

La hipótesis general enuncia:

El *pasivamiento* mejora la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

Planteamiento operacional de la hipótesis

H₀ : El *pasivamiento* no mejora la *vida útil* de los postes de concreto.

H_G : El *pasivamiento* mejora la *vida útil* de los postes de concreto.

Prueba

Esta hipótesis supone dos tipos de efecto:

- El *pasivamiento* extiende el inicio de agrietamiento de los postes de concreto.
- El *pasivamiento* reduce el agrietamiento de los postes de concreto.

De la tabla 5, se tiene:

- El inicio de agrietamiento de los postes de concreto sin pasivamiento se produce a los 7 años. Y el inicio de agrietamiento de los postes de concreto con pasivamiento se produce a los 10 años. Por lo tanto, el *pasivamiento* extiende el inicio de agrietamiento de los postes de concreto en tres años (10 – 7).
- El agrietamiento promedio de los postes de concreto sin pasivamiento, a los 16 años, es de 28 cm. Y el agrietamiento promedio de los postes de concreto con pasivamiento, a los 16 años, es de 4 cm. Por lo tanto, el *pasivamiento* reduce el agrietamiento de los postes de concreto.

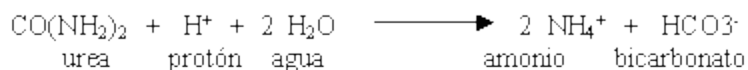
Conclusión

Se acepta la hipótesis general propuesta, HG, y se rechaza la hipótesis nula, H0. Esto es: El *pasivamiento* mejora la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017.

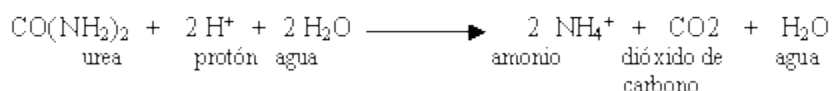
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha considerado que los postes pintados con pintura sintética o esmalte como elementos pasivados, en cambio los que fueron pintados con pinturas corrientes de pared, como son porosos se les consideraron no pintados, puesto que el ataque de los agentes corrosivos de concreto no encuentra resistencia, especial si es orina de los residuos animales. Según Oswaldo Víctor Seminario Vega en su tesis EVALUACIÓN DE LA CORROSIÓN EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACIÓN LOS TALLANES, menciona como otros factores de la corrosión que “una solución por tener pH muy bajo, tiende a bajar el pH del concreto. Dejando desprotegido al fierro, exponiéndolo a los ataques corrosivos, provenientes del medio ambiente” (Seminario Vega, 2003: 28).

La orina de los animales tiene urea que con la humedad salinas producen reacciones dañinas:



Si el pH es menor que 6.2, la hidrólisis de la urea es la siguiente:



La última ecuación, indica que los iones amonio por ser cáustico atacan a la caliza uno de los componentes del concreto.

La pintura esmalte sintético fabricado a base de resina alquídica modificado epoxi-amina y pigmentos orgánicos e inorgánicos seleccionados, puede aplicarse en superficies de metal, madera y concreto, previa imprimación con imprimantes recomendados, protege de los ataques orgánicos de la orina y la húmedas, es más es lavable, esto ayuda en la preservación del poste. Entre las pinturas que se verificaron en la fábrica JET, y por sus propiedades se recomienda

usar DURAMASTIC ESMALTE 930, a base de resina epoxi amina y su aplicación puede considerarse según su ficha técnica.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Primera

Como conclusión general, se encontró que el *pasivamiento* mejora la *vida útil* de los postes de concreto, en la provincia de Ilo, Perú, 2017. Esto se verifica en el hecho de que el *pasivamiento* posterga el inicio de agrietamiento de los postes de concreto, en este caso, por tres años; y reduce el tamaño del agrietamiento de los postes de concreto, en este caso, en casi 24 cm.

Segunda

La vida útil de los postes de concreto, sin pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, expresada por el inicio de agrietamiento, es siete años.

Tercera

La vida útil de los postes de concreto, con pasivamiento, en la provincia de Ilo, Perú, 2017, expresada por el inicio de agrietamiento, es 10 años.

Cuarta

Existe diferencia entre la vida útil de los postes de concreto sin pasivamiento y con pasivamiento. Esto se verifica en la diferencia que existe entre el inicio de agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento; y la diferencia que existe entre el tamaño del agrietamiento de los postes sin pasivamiento y con pasivamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

Primera

En función de los resultados encontrados, se recomienda realizar un programa de mantenimiento de los postes de concreto, considerando la aplicación anual de un pintado de los mismos, mediante un procedimiento normalizado que permita una correcta aplicación con imprimante (pintura base, hasta 1.6 m por encima del suelo o nivel de piso terminado, considerando la altura de contacto de los cuerpos físicos orgánicos presentes) y pintura sintética esmalte epóxica; con el objeto de mejorar la vida útil de los postes.

Segunda

Para la ciudad de ILO, se recomienda revisar la certificación de los postes, de concreto en cuanto a composición, de modo que en su proceso de fabricación muestren que han pasado por un proceso de pasivamiento, información que sí se alcanza en la producción de estructuras que garantizan la resistencia a la corrosión por humedad, agentes agresivos de origen biológico y iones cloruros salinos.

Tercera

Proseguir la línea de investigación iniciada aquí, a fin de constituir un cuerpo teórico y prescriptivo en torno al mantenimiento de estructuras de concreto, tipo postes, con el objeto de mejorar sus características de uso y, por tanto, su vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, A.M. & Mejía, R. (2013). Durabilidad del hormigón armado expuesto a condiciones agresivas. *Materiales de Construcción*, 63(309), enero-marzo, 7-38. Doi: 10.3989/mc.2013.00313
- Ander-Egg, E. (2011). *Aprender a investigar: nociones para la investigación social*. Córdoba: Brujas.
- Campos, W. (2016). *Proyecto e informe de investigación: elementos conceptuales para su elaboración*. Serie Materiales de Investigación. Perú: Magister SAC. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45667287/WBCL.USP.ProyectoInformeInv0516.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1557856551&Signature=rLTNWDzLDYAffyR2drDnxNpII%2FU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DProyecto_e_informe_de_investigacion_lem.pdf
- Castro-Zapata, A.M., García-López, M.L., Ulloa-Igor, M., Ortega-Marcelo, R., Arias-Martín, S. & Faidi, Y. (2008). *Investigación Expost-Facto*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Del Valle, A., Pérez, T. & Martínez, M. (2001). *El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado*. Publicación técnica N°182. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt182.pdf>
- Del Valle, A., Torres, A., Terán, J., Pérez, J.T. & Oidor, P. (2006). *Protección catódica de concreto reforzado usando ánodos de sacrificio discretos*. Publicación técnica N°182. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt290.pdf>
- Grima, P. (2012). *La certeza absoluta y otras ficciones*. Navarra: RBA Editores.
- Lopes, P. (2000). *Probabilidad y Estadística, conceptos, modelos y aplicaciones en Excel*. Santa Fé de Bogotá: Pearson Educación de Colombia.
- Mendenhall, W., Beaver, R.J. & Beaver, B.M. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. México: Cengage Learning.
- Minitab INC. (2017). *Introducción a Minitab 18*. Recuperado de https://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/getting-started/MinitabGettingStarted_ESMX.pdf
- Seminario, O.V. (2003). *Evaluación de la corrosión en postes de concreto armado de la Urbanización Los Tallanes*. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Perú.
- Vega, C. (2015). *Papel de trabajo, Aspectos epistemológicos de la estimación estadística de modelos: Investigación Ex-post-Facto*. Instituto de Matemática y Cálculo Aplicado, Universidad de Carabobo. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Cristobal_Vega2/publication/275100869
- Alanis, I.L., Berardo, L.N. & Valentine, C. (1994). *Corrosión del acero en estructuras de hormigón armado*. CYTED

- Almeraya C.F., Gaona T.C., Martínez G.E. & Martínez V. (1999). *Corrosión en silos de concreto reforzado*. México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados.
- Andrade, C. (1988). *Manual inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción.
- Arbulú, J. C. (1994). *Evaluación de la calidad de un impermeabilizante para mejorar la durabilidad en el concreto*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Perú.
- Atoche, M. A. (1987). *Análisis de la corrosión del concreto por ataque de sulfatos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Perú.
- Baltazar-Zamora, M.A., Maldonado-Bandala, E.E., Olguín-Coca, F.J., Barrios-Durstewitz, C.P., Núñez-Jaquez, R.E., Almeraya-Calderón, F., Gaona-Tiburcio, C. & Santiago-Hurtado, G. (2012). Efecto del medio agresivo y tipo de curado en la corrosión de especímenes de concreto reforzado. *V Congresos Nacional Alconpat*. 12-14 de Noviembre. Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Baltazar-Zamora, M.A., Nieves, D., Hervert, H., Barrios, C, Castorena, J., Almeraya, F. & Ortiz, A. (2009). Comportamiento de la cinética de corrosión del acero de refuerzo en concreto expuesto al ambiente de la cd. de Xalapa, ver proyecto Duracon. *Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, S1(2), 551-556.
- Biczok, I. (1972). *La corrosión del hormigón y su protección*. Madrid: Ediciones Urmo.
- Chaker, V. (1986). *Corrosion effect of stray currents and the techniques for evaluating corrosion of rebars in concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/STP906-EB>
- CORTEC. (s/f). *Inhibidores de corrosión de nueva generación*. Recuperado de <https://www.cortecvci.com/International/spanish/decorrosion.pdf>
- De Lama, J. C. H. (2002). *Evaluadores de inhibidores de corrosión en concreto ante la presencia de iones cloruros*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Perú.
- Girón, H. A. (1998). *Ataque por cloruros en el concreto*. México del Cemento y el Concreto: IMCYC. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>
- Neville A. (1998). *Mantenimiento y Durabilidad de las Estructuras*. México: IMCYC.
- Viveros, O. (2008). *Comportamiento del potencial de corrosión de concreto reforzado expuesto al ambiente de la ciudad de Xalapa*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Región Xalapa. México