

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO,
MEDIANTE EL MÉTODO STEINRATH EN POSTES DETERIORADOS
EN LA URBANIZACIÓN ENACE – AYACUCHO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA QUÍMICA**

ASESOR: Ing. TREJO ESPINOZA, Abrahán Fernando

PRESENTADO POR LA:

Bach. CHAVEZ MARQUINA EVY PATRICIA

AYACUCHO – PERÚ

2017

A Dios por estar siempre presente en mi vida. A mi familia por ayudarme. A mi esposo por otorgarme el tiempo necesario para seguir los estudios en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido en su recinto durante toda mi formación profesional y humanística; a todos los profesores de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química que compartieron sus conocimientos, al asesor del presente trabajo de investigación, M.Q Ing. Abrahán Fernando TREJO ESPINOZA, al personal técnico de laboratorio del Área de Química Analítica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme brindado sus instalaciones y apoyo técnico en la realización de los diversos ensayos.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEÓRICO	03
2.1. ANTECEDENTES	03
2.1.1. Internacional	03
2.1.2. Nacional	05
2.2. BASES TEÓRICAS	04
2.2.1. Corrosión	08
2.2.2. Tipos de corrosión	09
2.2.3. Métodos para minimizar la corrosión	10
2.2.4. Selección de materiales	11
2.2.5. Factores que influyen en la corrosión	07
2.2.6. Corrosión electroquímica	14
2.2.7. Suelos	15
2.2.8. Componentes del suelo	17
2.2.9. Clasificación de suelos	17
2.2.10. Compuestos químicos más abundantes en la corteza terrestre	18
2.2.11. Acidificación de suelos	19
2.2.12. Salinización y alcalinización	20
2.2.13. Concreto	22
2.2.14. Postes de concreto armado	23
2.2.15. Factores de corrosión en las armaduras de concreto	24
2.2.16. Principales problemas presentados en las estructuras por corrosión	25
2.2.17. Índice de Steinrath	28

III.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1.	Tipo y nivel de la investigación	30
3.2.	Población y muestra	30
3.2.1.	Población	30
3.2.2.	Muestra	30
3.2.3.	Diseño de muestreo	30
3.3.	Procedimientos y métodos	30
3.3.1.	Obtención de muestra	30
3.3.2.	Procedimiento experimental	30
3.3.3.	Análisis químico del suelo	32
3.3.3.1.	pH	32
3.3.3.2.	R.E. (ohm-cm) – Medida de resistividad del suelo	33
3.3.3.3.	Sulfatos (SO_4^{2-} mg/100g)	36
3.3.3.4.	Cloruros (Cl^- mg/100g)	37
3.3.3.5.	Sales solubles (mg/100g)	38
3.3.3.6.	Magnesio (Mg^{2+} mg/100g)	39
3.3.4.	Evaluación del concreto	40
3.3.4.1.	Análisis de carbonatación	40
3.3.4.2.	Espesores de recubrimiento de concreto	42
3.3.5.	Análisis químico del concreto	45
3.3.5.1.	Cloruros, % ppm	45
3.3.5.2.	Sulfatos, %, ppm	45
3.3.6.	Evaluación de las armaduras	45
3.3.6.1.	Estado actual de las armaduras	45
3.3.6.2.	Medidas de potencial	45
3.3.7.	Evaluación del mecanismo de corrosión	46
3.3.8.	Comparación de los efectos corrosivos	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	Obtención de muestra	48
4.2.	Muestreo de postes	48
4.3.	Evaluación del terreno y características del suelo	48
4.4.	Análisis químico del suelo	49
4.5.	Evaluación del concreto	53
4.5.1.	Análisis de carbonatación	53

4.5.2. Espesores de recubrimiento de concreto	54
4.5.3. Análisis químico del concreto	54
4.6. Evaluación de las armaduras	58
4.6.1. Estado de las armaduras	58
4.6.2. Medidas de potencial	59
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Potencial eléctrico de los metales.	12
Tabla 2.2: Potencial electródico molal a 77° F (25° C).	14
Tabla 2.3: Porcentaje de los elementos más abundantes en la corteza terrestre.	19
Tabla 2.4: Solubilidad en agua de algunas sales a 20°C de temperatura.	21
Tabla 2.5: Parámetros relacionados por Steinrath para evaluar la corrosividad del suelo.	29
Tabla 2.6: Índice total de la agresividad del suelo según Steinrath.	29
Tabla 3.1: El error máximo permisible en su lectura, varía según su la longitud a verificar de acuerdo con las siguientes tolerancias sistema inglés.	42
Tabla 3.2: El error máximo permisible en su lectura, varía según su la longitud a verificar de acuerdo con las siguientes tolerancias sistema métrico.	42
Tabla 4.1: Ubicación de los postes.	48
Tabla 4.2: Análisis químicos de las muestras suelo.	49
Tabla 4.3: Agresividad del suelo en relación a su resistividad.	50
Tabla 4.4: Agresividad de las muestras de suelo de ENACE en relación a su resistividad.	50
Tabla 4.5: Índices de Steinrath para la evaluación de la corrosividad específica.	51
Tabla 4.6: Criterios de evaluación de la agresividad.	52
Tabla 4.7: Aplicación del método de Steinrath en los suelos de ENACE.	52
Tabla 4.8: Evaluación de la agresividad del suelo en relación a estructuras de concreto.	52
Tabla 4.9: Resultados de la agresividad del suelo para estructuras de concreto.	53
Tabla 4.10: Espesores de recubrimiento de concreto corroído, de la armadura.	54
Tabla 4.11: Resultados de los análisis químicos del concreto.	55
Tabla 4.12: Nivel de agresividad del contenido del ion cloruro para el concreto.	55

Tabla 4.13:	Cantidad de cemento promedio en los postes de concreto.	56
Tabla 4.14	Datos del contenido de ion cloruro en porcentaje referido al cemento.	56
Tabla 4.15:	Valor crítico de cloruros en concreto armado.	56
Tabla 4.16:	Nivel de agresividad del contenido de ion sulfato para el Concreto.	57
Tabla 4.17:	Resultados del contenido crítico de sulfatos en el concreto.	57
Tabla 4.18	Descripción del estado actual de las armaduras, pertenecientes a los postes de la zona de ENACE - Ayacucho.	58
Tabla 4.19:	Estado de las armaduras y potenciales.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Esquema del suelo.	16
Figura 2.2: Sistemas tampón que regulan el pH del suelo.	20
Figura 2.3: Postes de concreto armado fuente arriba.	24
Figura 2.4: Efectos en el hormigón.	26
Figura 2.5: Efectos en el acero.	27
Figura 2.6: Efectos en el sistema hormigón armado.	28
Figura 3.1: Método de medición de la resistividad eléctrica del suelo	35
Figura 3.2: Curva de resistividad típica.	36
Figura 3.3: El vernier o pie de Rey.	43
Figura 3.4: Procedimiento para el primer caso.	44
Figura 3.5: Procedimiento para el segundo caso.	44
Figura 3.6: Conexiones de los electrodos.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo 1	Mapas de ubicación de la zona de estudio.	69
Anexo 2	Resultados obtenidos.	73
Anexo 3	Galería fotográfica	78
Anexo 3.1.	Muestreo.	78
Anexo 3.2.	Prueba de alcalinidad y carbonatación.	80
Anexo 3.3.	Prueba de alcalinidad y carbonatación cualitativa en las muestras de concreto.	82
Anexo 3.4	Evaluación del contenido de cloruros, alcalinidad y acidez	83
Anexo 3.5	Análisis de sulfatos	84
Anexo 3.6	Prueba de resistencia y potencial	85
Anexo 4	ASTM Internacional-Designación: C876–91 (Reaprobada 1999), Método Estándar de Ensayo para Potenciales de Media Celda para Acero de Refuerzo no Revestido en Concreto.	86
Anexo 5	Estudio de suelos con fines de cimentación y capacidad de corrosión.	94
Anexo 6	Matriz de consistencia.	130

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal Determinar la capacidad corrosiva del suelo mediante el método de Steinrath, para evaluar el grado de corrosión en los postes de concreto armado en la urbanización de ENACE – Ayacucho. La investigación es básica descriptivo. La población estuvo conformada por los postes de alumbrado público de la urbanización ENACE de la ciudad de Ayacucho. La muestra consistió de 04 unidades, representativa de suelo y concreto de los postes, bajo un diseño de muestreo no probabilístico. La determinación de las características de suelo se realizó de acuerdo a protocolos específicos para este tipo de estudio, tanto para el análisis del suelo (pH, R.E. (ohm-cm) - Medida de resistividad eléctrica del suelo, sulfatos, cloruros, sales solubles, magnesio), evaluación del concreto (carbonatación, espesores de recubrimiento de concreto, análisis químico: cloruros, sulfatos) y evaluación de las armaduras (estado de las armaduras, potencial, mecanismos de corrosión, efectos corrosivos). En esta urbanización se han detectado 187 postes de baja tensión, observándose que se tiene 61 % postes sin corrosión, 20 % con baja corrosión, 12 % regular corrosión y 7 % alta corrosión tanto en el concreto como en la estructura de fierro, los mismos que son visibles. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación se concluye que los postes deberán protegerse ante la carbonatación y la intrusión de iones cloruros y sulfatos en el concreto; según los resultados obtenidos de los análisis realizados, se ha observado que el factor más importante para el desarrollo del mecanismo de la corrosión que tienen los postes evaluados, se debe a la presencia de iones despasivantes y solubles en el terreno donde están ubicados los postes. A este factor se añade el problema de carbonatación, la presencia de humedad y la resistividad encontrada en el terreno; estos tres últimos contribuyen a la corrosión de manera que se presentan condiciones para que se desarrolle la corrosión en los postes de la Urbanización ENACE, respecto a la capacidad corrosiva del suelo mediante el método de “Índices de Steinrath”, que tiene en cuenta las principales características de un terreno muy corrosivo, los valores de las sumas de los índices de Steinrath, nos indica que el terreno “es poco corrosivo” de la Urbanización ENACE.

Palabra clave: corrosión de *concreto*, *capacidad corrosiva del suelo*, iones despasivantes, *carbonatación*.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado es ampliamente usado alrededor del mundo. Las barras de fierro se usan para reforzar un material que de otra manera sería frágil. La corrosión de las barras de fierro puede reducir el tiempo de vida útil de una estructura.

La causa principal de corrosión del fierro es la presencia de cloruros durante la preparación del concreto o por difusión de factores externos. A igual que los cloruros la carbonatación es otra causa de corrosión en las barras de fierro. La carbonatación reduce la alcalinidad del concreto.

Anteriormente el hormigón armado bien ejecutado se configuraba de duración ilimitada. Sin embargo, desde la experiencia y las investigaciones realizadas indican que diferentes agresiones del tipo químico, físico o mecánico generan el deterioro en el hormigón y estas agresiones dan condiciones que aparezcan patologías asociadas.

En la actualidad, varias estructuras de hormigón armado con pocos años de servicio o muy antiguas, requieren ser evaluadas estructuralmente debido a su deterioro, a raíz de la corrosión, defectos constructivos, catástrofes naturales, u otro factor; cuya finalidad es prevenir riesgos para las personas y determinar el nivel de daño que presenta la estructura para adoptar una propuesta de actuación conforme con los intereses del propietario.

Los postes de concreto armado son los más utilizados en las zonas urbanas y rurales. Sus propiedades del tipo mecánico y su poca necesidad de mantenimiento los han hecho los más competitivos entre otros postes de diferente

material. Sin embargo, en ambientes muy agresivos; su durabilidad se acorta debido a la corrosión, tanto de la armadura del fierro, así como del concreto mismo del poste. Los objetivos de la investigación son:

Objetivo general:

Determinar la capacidad corrosiva del suelo mediante el método de Steinrath, para evaluar el grado de corrosión en los postes de concreto armado en la urbanización de ENACE – Ayacucho.

Objetivos específicos:

- a. Determinar las características del suelo como medio corrosivo de la urbanización ENACE.
- b. Identificar los factores que resquebrajan el concreto que se tienen instalados en la urbanización de ENACE.
- c. Determinar la presencia de iones despasivantes del acero en el concreto de los postes que se tienen instalados en ENACE.
- d. Determinar el estado de la alcalinidad del concreto por la presencia de carbonatación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacional

Tesis: "Estudio de la potencialidad corrosiva del suelo de las plantas de polietileno de alta y baja densidad", desarrollado por Edgar Enrique Covarrubias Sanz en la Universidad Simón Bolívar, el año 2010.

Resumen:

La investigación reside en determinar la potencialidad corrosiva del suelo de las plantas de polietileno de alta densidad (PEAD) y polietileno de baja densidad (PEBD) mediante la caracterización del suelo en cuanto a: contenido de cloruros, sulfatos y pH. Lo anterior se realizó con la finalidad de conocer el impacto de los suelos de las plantas mencionadas sobre las tuberías enterradas que conforman el sistema contra incendios. Para ello también se hizo una revisión de la documentación disponible en la empresa para entender mejor el funcionamiento las tuberías del sistema de aguas contra incendios y su distribución a lo largo de todas las áreas de la planta. Para conocer el estado de corrosión en el cual se encuentran las tuberías se realizaron mediciones de potencial. Los ensayos analíticos de laboratorio se realizaron siguiendo normas estandarizadas y se estudiaron varios modelos para determinar el potencial corrosivo del suelo. Los suelos de las plantas tienen un pH de neutro a ligeramente básico, el nivel de cloruros es bajo lo cual indica que no es muy significativo en el mecanismo de corrosión. Los resultados de sulfatos son bajos con la excepción de una

muestra, indicando que tampoco influyen mucho en el mecanismo de corrosión. Las mediciones de potenciales indican que las tuberías se encuentran corrosión activa desde el punto de vista termodinámico, considerando que algunas zonas tienen potenciales más negativos en comparación de otras, esto quiere decir que existen distintas velocidades de corrosión. En general se “puede decir que el suelo de las plantas tiene un potencial corrosivo medio, que corroe las estructuras enterradas, haciendo necesario un método de protección por corriente” impresa.

- Tesis: “Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado”, desarrollado por William Garzón Pire en la Universidad Nacional de Colombia, el año 2013.

Resumen:

Considerando que la durabilidad del concreto podría ser afectada por el ataque químico hacia el mismo, el sulfato de magnesio es uno de los perjudiciales ya que afecta de manera directa al aluminato tricálcico que un compuesto presente en el cemento, en ese sentido se tiene que los concretos con mayores porcentajes de cemento tendrían un daño mayor y más aún en los agregados que configuran la mezcla.

Basándose en esta hipótesis, y empleando como herramienta las normas de ensayos de expansión, se efectuaron inmersiones “de muestras de concreto con agregado reciclado en una solución de sulfato del 5 %, teniendo como variables el porcentaje de reemplazo de agregados, la relación agua/material cementante y reemplazo con cenizas volantes, teniendo en cuenta que esta última genera menor permeabilidad en los concretos y mayor resistencia al ataque de los sulfatos”. Así mismo se generaron muestras para determinar las resistencias de cada una de las variables a estudiar, y consecutivamente comparar las muestras curadas en la “solución de sulfatos con las que se curaron con inmersión en tanque. Producto de estos ensayos se evidenciaron mayores expansiones en las muestras con mayor relación agua/material cementante, pero que en la mayoría de los casos se disminuía con la adición de ceniza volante en la mezcla”. Para mezclas con menores relación A/Cte se evidenciaron

menores expansiones, “pero a su vez menores resistencias y en las muestras con adición de cenizas, menor manejabilidad del” concreto.

- Revista Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVI (número 4), octubre-diciembre 2015: 565 - 572: “Diseño de sistema de monitoreo remoto para evaluación de la corrosión en estructuras de concreto reforzado sometidas a ion cloruro”, desarrollado por Guillermo Roa, William Aperador y Emilio Delgado, en la Universidad Autónoma de México, el año 2015.

Resumen:

En la investigación se diseñó y construyó un equipo de monitoreo remoto que permite “obtener los potenciales de corrosión en los aceros de refuerzo inmersos en concreto reforzado, los cuales se sometieron previamente al ataque de cloruros en un ambiente hostil”. El sistema de monitoreo que está basado en la norma ASTM C876-91, permite determinar desde 0 a 100 % la “probabilidad de corrosión sobre las muestras evaluadas. El mencionado sistema facilita la instalación en campo, obviamente siempre y cuando se garantice cobertura de red celular, inclusive considera su operación de forma remota a través de mensajes de texto para iniciar o detener las mediciones, cuyos resultados son almacenados en un datalogger local en tarjetas microSD, posteriormente se envían mediante el servicio general de paquetes vía radio (GPRS) a un servidor Web, que permite dar accesibilidad a los datos mediante una página Web, en donde se puede observar el resultado del ensayo de forma gráfica”. Las muestras de hormigón que se emplearon como “referencia para el monitoreo de la degradación fueron inmersas en ion cloruro (3,5 % NaCl) durante 12 meses. Los datos de potencial de corrosión generaron la respuesta de la interfase medio de exposición-hormigón, que corresponde a un sistema con 90 % de probabilidad de” corrosión.

2.1.1. Nacional

- Tesis: “Evaluación de la corrosión en postes de concreto armado de la urbanización Los Tallanes”, desarrollado por Oswaldo Víctor Seminario Vega en la Universidad de Piura, el año 2003.

Resumen:

En el presente estudio se tiene como objetivo principal identificar la causa del “problema de corrosión del concreto armado en la base de los postes CAC, una vez identificada la causa se propuso métodos adecuados de reparación para los postes corroídos y métodos de prevención de la corrosión en la elaboración de los postes, que se instalaran en un medio” corrosivo. Los métodos fueron evaluados en el aspecto técnico y económico.

Se hizo “la evaluación del terreno en la urbanización Los Tallanes, ya que esta zona posee más del 80 % de sus postes CAC corroídos”. Con el propósito “de hallar los factores causantes del problema se evaluó el concreto y la armadura de los postes” dañados.

En base a los resultados de la evaluación, se “concluye que los postes deberán protegerse ante la carbonatación y la intrusión de iones cloruros y sulfatos en el concreto”. Proponiendo la “complementación de la norma de fabricación de poste CAC en el Perú (NTP 339-027), con los métodos de prevención de la corrosión, para postes que se ubicarán en un medio” corrosivo.

- Tesis: “Monitoreo y diagnóstico de estructuras de concreto armado afectadas por corrosión de cloruros”, desarrollado por Erika Rocío Molina Benavente en la Universidad Nacional de Ingeniería, el año 2009.

Resumen:

En la presente tesis, el objetivo se enmarca dentro “de las necesidades de toda empresa que cuente con estructuras de concreto armado expuestas en un ambiente agresivo dado principalmente por cloruros, puesto que pueden forjar el deterioro de la estructura llevándola al colapso si no es detectada y reparada a tiempo”. Las estructuras “de concreto armado son regularmente consideradas estructuras durables con bajo costo en mantenimiento, sin embargo, estos últimos tiempos se ha evidenciado diversas patologías a lo largo de su vida útil disminuyendo su” funcionalidad. En esta investigación se pretende contribuir al mejor

conocimiento del comportamiento del concreto armado frente al ataque de sustancias agresivas que se encuentran en el medio ambiente principalmente los cloruros, así mismo el desarrollo del proceso electroquímico en una celda producto del inicio del proceso de” corrosión. El proceso “de corrosión es un fenómeno que se desarrolla de una manera invisible y lenta al interior de la estructura, provocando al acero de refuerzo una pérdida de sección y por ende una pérdida en la capacidad estructural de dicho” elemento. Por tal es de “gran importancia saber reconocer los factores que afectan y desencadenan el proceso de corrosión. En este tema se ha reconocido un mecanismo de corrosión principalmente que es corrosión por cloruros, mediante el cual se ha generado la mayoría de daños en las diferentes estructuras que están cerca al ambiente” marino. A partir del estudio “bibliográfico realizado se han detectado diversos métodos de inspección y monitoreo de estructuras de concreto armado, se ha escogido un método combinado, para la parte electroquímica se ha usado el métodos no destructivos por ser los que menos comprometen estructuralmente a la estructura, además de ser sencillos y rápidos en la toma de mediciones de los valores, por otro lado para la parte físicoquímico se ha usado un método destructivo pero sin comprometer la integridad del acero estructural en” servicio. Se ha implementado la utilización del equipo "Concrete Corrosión Mapping System", para “lo cual se realizó un monitoreo a los elementos estructurales de la cimentación de un tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico, ello consiste en el análisis de 3 placas de cimentación y la platea de cimentación alrededor de estas placas. Se realizó un mapeo de las diferencias de potenciales del acero de refuerzo embebido en las estructuras en estudio con el equipo antes mencionado”. Una vez obtenido “las áreas donde la probabilidad de corrosión es alta se procedió a la extracción de testigos diamantinos de 3", a los cuales se han efectuado una “serie de ensayos (resistencia a la compresión del concreto, peso unitario del concreto endurecido, determinación química del pH del concreto, profundidad de carbonatación, determinación de concentración de cloruros y perfil de penetración de” concentración de cloruros, concentración de sulfatos y perfil de penetración de sulfatos), los cuales “han permitido seleccionar un método para controlar la corrosión en las áreas aun no afectadas, así como escoger” un método

de reparación de las zonas afectadas por” corrosión. Asimismo, se ha generado un manual que hace referencia a determinar el estado de corrosión “de las armaduras de las estructuras de concreto armado para lo cual es necesario monitorear no solo la estructura en cuestión si no también el medio de servicio donde se desenvuelve” la estructura.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Corrosión

La corrosión se conceptúa como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. En un sentido más general, la corrosión se puede concebirse “como la tendencia que suelen tener los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en” cuestión. Por otra parte, tenemos que materiales no metálicos sufren igualmente corrosión mediante otros mecanismos (Garcés, 2008).

Es necesario mencionar que el proceso de corrosión es espontáneo y natural. La “corrosión es una reacción química (oxidorreducción) en la que intervienen tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica”. “Los factores más conocidos son las alteraciones químicas de los metales a causa del aire, como la herrumbre del hierro y el acero o la formación de pátina verde en el cobre y sus aleaciones (bronce, latón). Sin embargo, la corrosión es un fenómeno mucho más amplio que afecta a todos los materiales (metales, cerámicas, polímeros, etc.) y todos los ambientes (medios acuosos, atmósfera, alta temperatura, etc.)”. Se considera como un problema industrial importante ya que podría causar accidentes como la ruptura de una pieza e incluso se configura como un costo importante, puesto que se estima que cada “pocos segundos se disuelven cinco toneladas de acero en el mundo, procedentes de unos cuantos nanómetros o picómetros, invisibles en cada pieza pero que, multiplicados por la cantidad de acero que existe en el mundo, constituyen una cantidad” importante (ASM, 1996).

2.2.2. Tipos de corrosión

A consecuencia de que existen varios “tipos de corrosión no todos los fenómenos corrosivos son idénticos”, en este sentido podemos diferenciar los siguientes: corrosión por picaduras, “intergranular, por esfuerzo, galvánica, por fatiga y por” fricción.

A. Corrosión intergranular

Este tipo de corrosión se genera en “los límites de los granos de una aleación o metal”. Cuando la corrosión tiene la característica de “fuerte” presenta una pérdida de resistencia y de ductilidad del material.

A. Por picaduras

Esto se origina en áreas muy localizadas de una superficie de metal y da como consecuencia cavidades y agujeros. Sin embargo, ante esta situación se puede recurrir al uso de inhibidores cuyo efecto es muy útil para impedir este tipo de corrosión.

B. Por esfuerzo

Hace referencia a las tensiones internas después de una deformación en frío. Es posible que suceda debido al cloruro en el acero inoxidable, pero considerando que los cloruros se concentran en la superficie metálica a una temperatura ambiente a 60 °C e inclusive valores mayores.

C. Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión se configura como la más común de todas y se instituye cuando dos metales diferentes entre sí, esto quiere decir que actúa uno como ánodo y el otro como cátodo. Con el fin de disminuir este tipo de corrosión se recomienda el uso de películas protectoras de óxidos, pero también aislando un metal de otro.

D. Corrosión por fatiga

Esta corrosión significa la reducción de la capacidad de un metal para sobrellevar

esfuerzos de característica cíclica o repetida, en este sentido se conlleva a la rotura de las películas de protección de óxidos que son efectivamente los que evitan la corrosión con una mayor rapidez. Como consecuencia se tiene la formación anódica en los puntos de rotura; esas zonas producen conjuntamente picaduras que utilizan como punto de concentración del esfuerzo para el origen de grietas que desencadenan fallos finales

E. Por fricción

Se genera por el movimiento natural o provocado relativamente pequeño, como una vibración de dos materiales en contacto, una o ambas pueden ser metales. Estos movimientos producen una serie de fisuras en la superficie del metal, que son ocultadas por los productos de corrosión y solamente serán visibles si son removidos.

2.2.3. Métodos para minimizar la corrosión

- **Pintura**

Para reducir la corrosión es necesario e importante cubrir el objeto a proteger, en este caso utilizar pintura poliméricos ya que se ha tenido buenas experiencias empleando este material (pintura). Estos materiales lo que hace es cubrir con una película para poder tener una barrera entre el óxido producido por el medio ambiente.

- **Protección catódica**

Este proceso consiste en recubrir el metal a corroerse con otro metal que se corra más fácilmente de tal manera que la película revestida se desgasta antes que el metal recubierto o protegido. Una forma popular de protección catódica es la galvanización, que radica en hacer el revestimiento de un metal con zinc para que efectivamente éste sufra los efectos de la corrosión en primer lugar, entonces lo que se efectúa es cambiar al zinc en un ánodo que se consideraría como el "sacrificio" ya que éste tendrá que corroerse antes que la parte metálica que está protegiendo o recubriendo.

- **Protección anódica**

Esta técnica a utilizar radica en revestir el metal a proteger con una capa fina de óxido para que así no suceda la corrosión, por ejemplo, el aluminio es considerado como un buen material para este proceso, entonces se tiene que el revestimiento de óxido que envuelve al metal no puede ser “cualquiera”, es decir tiene que ser adhesivo y muy macizo puesto que lo contrario sería inútil su uso, no serviría para el fin de protección.

2.2.4. Selección de materiales

La opción o selección de los materiales es trascendental ya que esto nos ayudara en el control de la corrosión. Lo importante es seleccionar materiales que en la bibliografía hayan tenido buenos resultados, para lo cual se solicitara pruebas que admitan que materiales se puedan emplear.

- **Alteración del medio**

Bajo la premisa que las condiciones ambientales son muy significativas para el control de corrosión, la temperatura juega un papel importante ya que bajándola se consigue reducir la velocidad de reacción y por ende se mengua el peligro de corrosión. Por otra parte, reduciendo la velocidad de un fluido corrosivo se reduce la corrosión por erosión . Eliminando el oxígeno de las soluciones acuosas se disminuye la corrosión principalmente en las calderas de agua. La reducción de la concentración de iones corrosivos en una solución que está provocando corrosión en un metal puede hacer que disminuya la velocidad de corrosión, se utiliza principalmente en aceros inoxidables .

- **Inhibidores**

Mas conocidos como catalizadores, en este sentido, los catalizadores se definen como enzimas, es decir moléculas de naturaleza proteica que tienen la capacidad de alterar la velocidad de una reacción química, aumentándola o disminuyéndola, en este caso estaríamos hablando de la corrosión. Con respecto a los tipos de inhibidores tenemos los siguientes: los inhibidores catódicos que actúan acrecentando la polarización en la zona catódica; los materiales de sulfuro, de condición orgánico y amidas ; los anódicos que son los que reducen la velocidad

de reacción en la zona anódica.

2.2.5. Factores que influyen en la corrosión

- **Potencial eléctrico de los metales**

Tenemos que al están en contacto dos metales por medio de un líquido se origina una corrosión “galvánica o electrolítica”. Es necesario mencionar que el grado de corrosión depende primordialmente de la diferencia de potencial eléctrico que existe entre los dos metales que efectivamente están en contacto.

Tabla 2.1: Potencial eléctrico de los metales.

Metales	Potencial eléctrico v
Sodio	-2,71
Magnesio	-2,38
Aluminio	-1,67
Manganeso	-1,05
Zinc	-0,76
Cromo	-0,71
Hierro	-0,44
Cadmio	-0,40
Níquel	-0,25
Estaño	-0,14
Plomo	-0,13
Hidrógeno	0,00
Cobre	+0,35
Plata	+0,80
Mercurio	+0,85

(Morales, 2006)

Cuanto más bajo (negativo) sea el potencial de un metal, más fácilmente resultará corroído; del mismo modo cuando mayor sea la diferencia de potencial entre los dos metales en contacto, tanto mayor será la corrosión galvánica producida entre ambos, siempre en perjuicio del de menor potencial.

- **Formación de películas**

Los productos que se caracterizan como insolubles de la corrosión pueden ser en

su totalidad como impermeables al líquido corrosivo, por ello se configuran absolutamente protectores, o impermeables permitiendo de esta manera la corrosión local y general sin mayor dificultad. Estas películas alcanzan una tendencia a absorber la humedad y retenerla que conlleva a incrementar la corrosión resultante de la exposición al ambiente o inclusive a los vapores corrosivos.

- **Temperatura**

Al existir una relación entre la corrosión y la temperatura tenemos que la corrosión tiende a incrementar al elevar la temperatura, debido a que esta posee consecuencias secundarias por medio de su influencia en la solubilidad del aire, que en su condición se configura como la sustancia más común que influye en el proceso de corrosión.

- **Velocidad**

Un incremento en la velocidad del movimiento relativo entre una solución corrosiva y una superficie metálica tiende a acelerar la corrosión ya que la interacción se ve aumentada significativamente, influyendo que las sustancias oxidantes (oxígeno), alcancen a la superficie que se corroe.

- **Agentes oxidantes**

Los agentes oxidantes se comportan de diferentes maneras, por ejemplo, los que activan y aceleran la corrosión de algunos materiales consiguen retrasar la corrosión de otras, esto es debido a la formación de óxidos o capas de oxígeno absorbidos en su respectiva superficie y que conlleva a mayor resistencia a los ataques químicos.

- **Acidez de la solución**

El pH tiene efecto considerable en la velocidad de corrosión de un gran número de metales. Por ejemplo, los metales que son solubles en ácido, como por ejemplo el hierro, con pH medio de rango de 4 a 10, la velocidad de corrosión está controlada por la velocidad de transporte del oxidante que generalmente es oxígeno disuelto, a la superficie metálica. Por otra parte, existe una relación entre

pH y la temperatura, es decir, a temperaturas muy altas, acrecienta la velocidad de corrosión con el incremento de la basicidad.

Los metales de característica “anfotéricos” como el aluminio y el zinc se disuelven de manera rápida en soluciones ácidas o básicas. La tendencia que tienen los metales a corroerse mediante el desplazamiento de iones de hidrógeno de solución indica de modo general por su posición en la serie electromotriz. Los metales por encima del hidrógeno, trasladan a este con mayor facilidad que los que se encuentran debajo del hidrógeno; una reducción en la concentración del ion hidrógeno configura a hacer ascender el hidrógeno en reacciones con los diversos metales, mientras que si se aumenta el ión metálico tiende a trasladar a los metales hacia abajo en relación al hidrógeno (Morales, 2006).

Tabla 2.2 Potencial electródico molal a 77° F (25° C).

Metal	Ion	Volt
Magnesio	Mg ²⁺	-2,34
Aluminio	Al ³⁺	-1,67
Cinc	Zn ²⁺	-0,766
Cromo	Cr ³⁺	-1,70
Hierro	Fe ²⁺	-0,44
Cadmio	Cd ²⁺	-0,40
Níquel	Ni ²⁺	-0,25
Estaño	Sn ²⁺	-0,14
Plomo	Pb ²⁺	-0,13
Hidrogeno	H ⁺	punto cero arbitrario
Cobre	Cu ²⁺	+0,34
Plata	Ag ⁺	+0,80
Paladio	Pd ²⁺	+0,83
Mercurio	Hg ²⁺	+0,85
Platino	Pt ²⁺	+1,20
Oro	Au ³⁺	+1,42

Morales,
2006.

2.2.6. Corrosión electroquímica

La corrosión electroquímica es un proceso espontáneo que denota siempre la existencia de una zona anódica (la que sufre la corrosión), una zona catódica y un electrolito, y es imprescindible la existencia de estos tres elementos, además de una buena unión eléctrica entre ánodos y cátodos, para que este tipo de corrosión

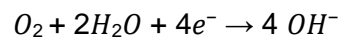
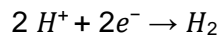
pueda tener lugar. La corrosión más frecuente siempre es de naturaleza electroquímica y resulta de la formación sobre la superficie metálica de multitud de zonas anódicas y catódicas; el electrolito es, en caso de no estar sumergido o enterrado el metal, el agua condensada de la atmósfera, para lo que la humedad relativa deberá ser del 70 % . En este sentido podemos comentar que el proceso de disolución de un metal en un ácido es igualmente un proceso electroquímico.

Las reacciones que tienen lugar en las zonas anódicas y catódicas son las siguientes:

Ánodo:



Cátodo:



Una forma de detener la corrosión sería utilizando los métodos electroquímicos que, sin embargo, requieren de una modificación en el potencial del metal para así prevenir o por lo menos reducir su disolución (Ávila y Genescá, 2016).

2.2.7. Suelos

“El suelo es una delgada capa que se extiende sobre la superficie de la corteza terrestre, llamada también litósfera, y está en permanente interacción con la hidrósfera y la atmósfera” (Sepulveda, 1999).

El suelo es la degradación de la roca madre dentro de ellas se encuentran sustancias orgánicas, minerales, las rocas tienen una alteración de naturaleza física (hielo, temperatura, aire, acción mecánica de las raíces y los animales), en el suelo existe un sustrato donde viven las plantas, animales y todos los seres vivos.

El agua cuando circula permite el transporte de sales solubles y partículas coloidales. Si la circulación es descendente se produce la lixiviación (las sales pasan a capas inferiores) y si por el contrario la circulación es ascendente se produce la salinización (las sales suben a la superficie arrastradas por el agua, la cual se evapora posteriormente).

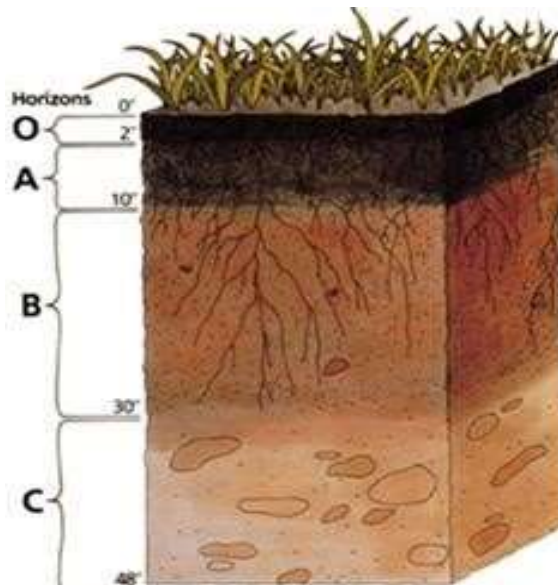


Figura 2.1: Esquema del suelo (Villalaz, 2016).

El suelo contiene partículas de naturaleza inorgánicas de diversos tamaños como la grava, la arena (2 mm - 200 μm), limos (20 μm - 2 μm) y arcillas (< 2 μm); que le confieren al terreno la capacidad para almacenar agua. La fase gaseosa conformada por O_2 , CO_2 y N_2 se encuentran en los poros del terreno con la fase líquida (conocida “solución del suelo” o “terreno húmedo”); de manera que la fase líquida y la fase están en competencia, variando sus proporciones durante el año. Los suelos poseen también componentes orgánicos, conformadas por residuos de naturaleza vegetal y animal, también con cantidades apreciables de materia orgánica amorfa y microorganismos conocidos como humus, que participan en procesos constantes de transformación. El contenido orgánico está en el orden de 2 – 5 % del terreno superficial en zonas con humedad, pero en lugares áridos suelen estar debajo de 0,5 % y en turbas alcanza el 95 % (Cabildo et al., 2013).

2.2.8. Componentes del suelo

Estos componentes se pueden clasificar en inorgánicos y orgánicos, respecto al primero tenemos a la arcilla, arena, el agua y el aire; respecto al segundo consideramos a los restos de plantas y animales. Cabe señalar que el humus es uno de los componentes orgánicos de los suelos que se encuentra en las capas superiores de los suelos y constituye el producto final de la descomposición de los restos de plantas y animales, junto con algunos minerales; tiene un color de amarillento a negro, y confiere un alto grado de fertilidad a los suelos .

- **Fase sólida**

Aquí mencionamos a los minerales que fueron formados por compuestos relacionados con la litosfera, por ejemplo sílice o arena, arcilla o greda y cal , sin embargo, también incluye el humus.

- **Fase líquida**

En esta fase se encuentra el agua de la hidrósfera la cual se filtra entre las partículas del suelo.

- **Fase gaseosa**

Esta fase tiene una constitución análoga a la del aire, pero con la diferencia que contiene mayor contenido el dióxido de carbono (CO₂). Adicionalmente, presenta una proporción bastante alto en vapor de agua, entonces al estar el suelo con alta humedad, los espacios de aire se reducen ya que se colman de agua.

2.2.9. Clasificación de suelos

Se toma como base la morfología y la composición del suelo, con especial atención en las características observables, propios y medibles. Bajo este escenario tenemos la siguiente clasificación (Rivas, 2016).

Tipo 1

- Suelos zonales, terrenos que presentan el efecto del clima e influencia de la vegetación, considerados controladores importantes.
- Suelos azonales, terrenos sin características definidas y que no manifiestan en gran medida influencia del clima.
- Suelos intrazonales, terrenos que presentan el predominio del efecto local sobre la influencia normal del clima y la vegetación. Por ejemplo, suelos hidromórficos (pantanos) o calcimórficos conformados de calcificación.

Tipo 2

- Suelos exodinamórficos, son terrenos en las que se manifiesta el efecto del clima y vegetación.

- Suelos endodinamórficos, estos terrenos predominantemente contenidos por material parental.

Tipo 3

- Suelos pedocales, con gran contenido de carbonatos de calcio, pertenecientes a lugares áridos y semiáridos.

Suelos llamados Pedalfers, son terrenos con gran lixiviación y segregación de aluminio y óxidos de hierro; comúnmente, propios de lugares con alta humedad.

2.2.10. Compuestos químicos más abundantes en la corteza terrestre

La composición del suelo es demasiado complejo y muy variado de un lugar a otro, presentan en su composición sustancias muy activas, en las que destacan las fracciones fluidas, humedad del terreno, gases, coloides, arcillas y humus; además presenta gran cantidad y variados microorganismos, de manera que aunados provocan una gran capacidad de respuesta del terreno a las alteraciones del medio.

Tabla 2.3: Porcentaje de los elementos más abundantes en la corteza terrestre.

Elemento	% en masa	Tipo de compuestos
Oxígeno (O)	45,50	Sílice, silicatos y óxidos
Silicio (Si)	25,80	Sílice y silicatos
Aluminio (Al)	7,57	Aluminosilicatos
Hierro (Fe)	4,70	Óxidos
Calcio (Ca)	3,38	Carbonatos, sulfatos y silicatos
Sodio (Na)	2,63	Cloruros y silicatos
Potasio (K)	2,41	Cloruros y silicatos
Magnesio (Mg)	1,95	Carbonatos y sulfatos

(Rivas, 2016.)

Considerando la gran variedad de elementos que posee el suelo, en la superficie de la corteza de la tierra se presenta una cantidad reducida de elementos.

2.2.11. Acidificación de suelos

Comúnmente en suelos fértiles los valores de pH están en el intervalo de 6 a 7. Este rango en pH es óptimo para un crecimiento adecuado de las plantas; ya que

cantidades de nutrientes como de Ca, Mg y P se encuentran disponibles para el proceso de asimilación.

Las regiones donde reciben abundantes lluvias presentan suelos de características ácidas, debido a que por importante lixiviación se eliminan aniones alcalinos de los gradientes de terrenos. Sin embargo, en los suelos con poca o nula lluvia se presenta mínima lixiviación, con alta evaporación que genera cristalización o ascensión de sales disueltas, generando depósitos acumulables en la superficie del terreno. A este fenómeno se le conoce como salinización del suelo con aumento del pH.

La acidificación del suelo generalmente se produce a causa de lluvia ácida, incorporación de materia orgánica de los residuos de origen vegetal, mal uso de fertilizantes, oxidación de pirita en los terrenos piríticos, absorción de CO₂ y asimilación de los nutrientes de las plantas.

Cuando se produce acidificación en terrenos húmedos, provoca alteración en la composición, primeramente, reaccionan los carbonatos (CaCO₃) generando bicarbonatos muy solubles en medio acuoso. La ausencia de carbonatos imposibilita neutralizar la acidez, baja el pH generando cambios en las sustancias edáficas. Tal es así, en condiciones de bajo pH liberan el ion aluminio de estas sustancias como de las arcillas.

En el terreno húmedo, el ion Al³⁺ se hidroliza de acuerdo a las ecuaciones dadas generando iones H⁺:

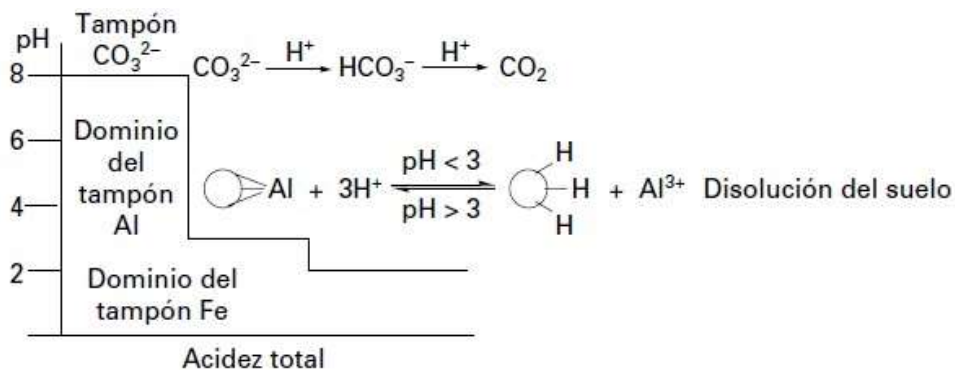
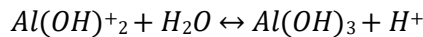
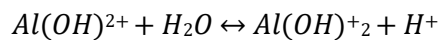
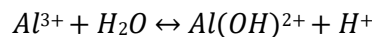


Figura 2.2: Sistemas tampón que regulan el pH del suelo (Cabildo et al., 2013).

2.2.12. Salinización y alcalinización (Cabildo et al., 2013)

La circulación de agua o la humedad en los terrenos provocan la movilidad de los iones provenientes de sales solubles del suelo. La acumulación de iones de sales en terrenos provenientes de Ca y Mg se conoce como salinización. Cuando provienen de sales de Na, el terreno responde de otra manera, este proceso se conoce como alcalinización.

La salinización y alcalinización provocan acumulaciones de eflorescencias blancas en los materiales principalmente debido a la presencia de iones en medios húmedos de cloruros de Na, Mg, K; sulfatos de Na, Mg y carbonatos de Ca y Mg.

Las sales presentes en el suelo poseen orígenes naturales, también por las actividades antropogénicas como las actividades de agricultura principalmente riego y uso de importantes cantidades de fertilizantes; otras causas son movilización de tierras, que causan la aparición de terrenos salinos en la superficie del suelo y las actividades industriales.

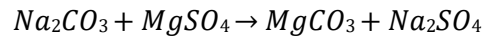
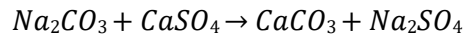
Los iones presentes en suelos húmedos poseen movilidad, precipitan y regulan su concentración debida en gran parte a la propiedad muy importantes en sales presentes en terrenos como la solubilidad.

Tabla 2.4: Solubilidad en agua de algunas sales a 20°C de temperatura.

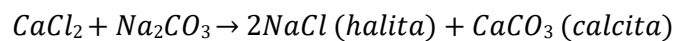
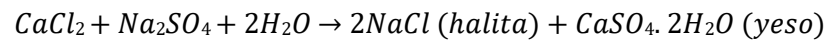
Sal	Solubilidad (g/L)
CaCO ₃	0,013
MgCO ₃	0,106
CaSO ₄ · 2H ₂ O	2,230
Na ₂ CO ₃	109,00
KNO ₃	380,00
Na ₂ SO ₄ · 7H ₂ O	195,00
MgSO ₄	255,00
Ca(HCO ₃) ₂	262,00
NaCl	360,00
MgSO ₄ · 7H ₂ O	710,00
NaNO ₃	921,00
MgCl ₂ · 6H ₂ O	542,00
CaCl ₂ · 6H ₂ O	745,00

(Rocha, 2005)

Existen otras sales que se solubilizan en terrenos húmedos que inhiben generar bicarbonato y carbonato de sodio (aumentan la alcalinidad del terreno) ya que forman de sales menos solubles como carbonato de calcio y magnesio.



El cloruro cálcico $CaCl_2$, a pesar de ser es muy soluble en medios acuosos, no suele estar en terrenos salinos; pero si, otras sales de calcio como sulfatos o carbonatos por su mejor estabilidad.



La alcalinidad se manifiesta cuando en el suelo existe una concentración en solución elevada iones sódicos, como carbonatos y bicarbonatos de sodio, susceptibles a generar hidrólisis alcalina. “Junto a estas sales de base fuerte (NaOH) y ácido débil (H_2CO_3), existen importantes cantidades de sales sódicas neutras carentes de propiedades alcalinizantes (principalmente cloruros y sulfatos) y sales de calcio y magnesio” (Cabildo et al., 2013).

2.2.13. Concreto

El concreto como material de construcción posee características como resistencia, durabilidad, versatilidad y economía, ha demostrado ser el material de construcción más empleado por muchos países, se logra a partir de la mezcla de cemento portland, agregados, agua y aire; su presentación es la de una roca artificial que aparenta ser sencilla, pero tiene una compleja estructura interna.

Los materiales para construir han adquirida importancia cuando se utilizan para un fin y en su área, las propiedades del concreto que los hacen ser el mejor son la gran resistencia, durabilidad, fracción entre otras. En este caso el concreto que es perfecto para la construcción de viviendas y edificaciones. El concreto debido a su perfecta maleabilidad puede adquirir a un gran número de formas que lo convierten en ser muy versátil y además posee resistencia al fuego, es económico y puede utilizarse in situ, donde está la construcción y es más fácil para los

trabajadores utilizarlo (Fletes, 2016).

Es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

El hormigón o concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2 200 hasta 2 400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/piés³). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad. En el diseño del concreto armado (reforzado), el peso unitario de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2 400 kg/m³ (150 lb/ft³) (Cyrille, 2009).

El Concreto armado o reforzado, es el concreto estructural reforzado con barras de acero corrugado que trabajan principalmente a la tracción, que actúan de forma conjunta, con el fin de contrarrestar los esfuerzos producidos por las cargas actuantes (CETUNE, 2015).

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), y por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de hormigón armado, o concreto pre-reforzado en algunos lugares. Este conjunto se comporta muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones o esfuerzos

mencionados anteriormente. Cuando se proyecta una estructura de hormigón armado se establecen las dimensiones de los elementos, el tipo de hormigón, los aditivos y el acero que hay que colocar en función de los esfuerzos que deberá soportar y de las condiciones ambientales a que estará expuesto.

El concreto armado, es el hormigón que interiormente tiene armaduras de acero, debidamente calculadas en carga y ubicación. “Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el hormigón más habitual” (Cyrille, 2009).

2.2.14. Postes de concreto armado

Los postes elaborados con concreto armado se utilizan muy frecuentemente para instalación de redes de baja tensión, principalmente por alta duración y no requerir mantenimiento alguno. “El mayor inconveniente es el precio con respecto a los postes de madera y que al ser más pesados se incrementan los gastos en el transporte” (Faletti, 2011).



Figura 2.3: Postes de concreto armado fuente arriba (CETUNE, 2015).

Estos tipos de postes deben producirse con las formaletas metálicas

correspondientes, que garanticen la uniformidad geométrica y exactitud en sus dimensiones. “La fabricación de los postes debe cumplir con la norma NTC 1329. En ningún caso se aceptan los postes amasados y compactados a mano” (CETUNE, 2015).

2.2.15. Factores de corrosión en las armaduras de concreto

Los factores que afectan a la corrosión en las armaduras de concreto son considerados a las condiciones dadas que provocan la despasivación de las varillas de acero en el hormigón. El proceso de corrosión en las armaduras es a causa de la disminución del pH, hasta zonas ácidas (< 5) esto generara el efecto de neutralizar el medio alcalino propio del hormigón y consecuentemente corrosión, coqueas, fisuras que quiebran contacto entre el hormigón y el acero.

Son diversos los factores que generan, provocan efectos en el proceso de corrosión del hormigón y las varillas de acero. De manera que factores como la dosificación, compacidad, homogeneidad del hormigón, espesor de recubrimiento del hormigón, las condiciones superficiales de la armadura y la humedad ambiental dan lugar a la corrosión incontrolable de la armadura; adicionalmente se manifiesta zonas de vacío o aire (cangrejas) en la armadura, altas tensiones mecánicas en las varillas de acero, corrientes falsas o de interferencias al contacto galvánico entre dos varillas, los iones despasivantes generados, CO_2 de la atmosfera o algún fluido que neutralice la alcalinidad, o lixiviados por aguas de baja dureza o las fisuras, presentan estas consecuencias (Silva, 2011).

2.2.16. Principales problemas presentados en las estructuras por corrosión

1) Efectos en el hormigón o concreto

El proceso de corrosión genera la formación de productos derivados dentro de un elemento estructural, estos a su vez causan la expansión volumétrica, generando tensiones radiales que provocan esfuerzos de tracción al concreto.

En algún momento dependiendo de los factores despasivantes o productos del proceso de corrosión que excedan suficientemente la migración por los poros del hormigón causa que las fuerzas de tracción del hormigón son vencidas por las fuerzas de tracción generados en el proceso de corrosión de los productos

derivados de la degradación; generando fisuras y desprendimiento localizado del cubrimiento.

En el caso si se trata de una zona sometida a compresión (como en las columnas) y se observa el desprendimiento del hormigón, la consecuencia es la pérdida de resistencia y consecuentemente rigidez.

Por otro lado, en una zona sometida a flexión de las vigas, se produce disminución de resistencia a la compresión del hormigón alrededor de la armadura con corrosión, con pérdida de dureza y formación de fisuras.



Figura 2.4: Efectos en el hormigón (Paredes et al. 2008).

2) Efectos en el acero

El efecto predominante del acero del proceso de corrosión es disminución de la sección transversal del refuerzo en la armadura, a causa de la degradación del acero en parte anódica; experimentándose disminución de la capacidad resistente de manera creciente, siendo una estructura sin seguridad y no funcional.

Cuando la corrosión es de manera uniforme en el ancho de sección de armadura, produce pérdida de resistencia muy proporcional a la pérdida de sección de las

varillas de acero.

En el caso de observar picaduras en el acero, estas generan concentración de esfuerzos de tensión triaxiales provocando un desempeño mecánico muy débil en el material (Paredes et al. 2008).

Cuando en el proceso de corrosión haya la acción de los cloruros provocara corrosión por picaduras o corrosión localizada, que disminuyen desordenadamente la sección transversal. Para el caso de la carbonatación la corrosión y la disminución de sección en las armaduras de acero es homogénea.

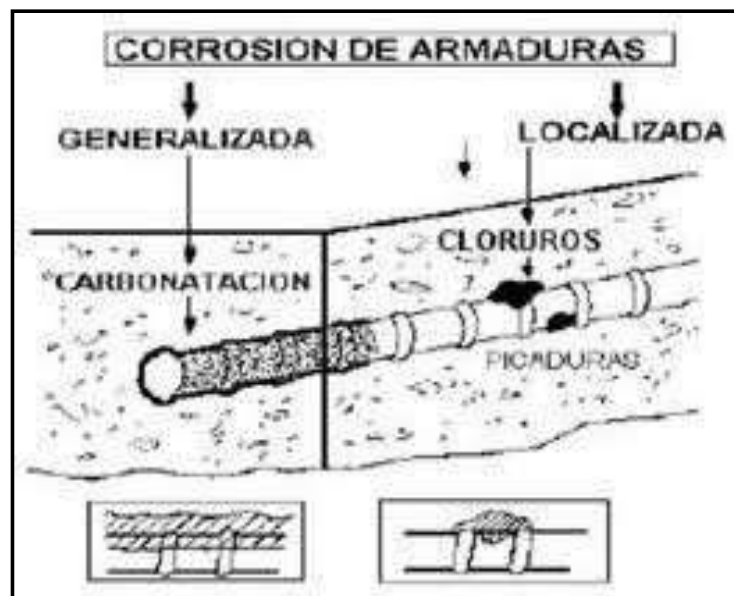


Figura 2.5: Efectos en el acero (Paredes et al. 2008).

3) Efectos en el sistema hormigón armado

En el concreto armado o en el sistema hormigón armado se genera adherencia y el anclaje entre el acero y el hormigón debido a las características de propias de cada uno; sin embargo, en el proceso de corrosión surgen sustancias que se observan expuestas de manera que esta unión íntima se quiebra generando pérdida de adherencia entre el acero y hormigón.

Cuando aumenta las fuerzas radiales de estos productos del proceso de corrosión, se observa grietas y fisuras del hormigón armado.



Figura 2.6: Efectos en el sistema hormigón armado (Paredes et al. 2008).

En el proceso de corrosión se puede observar que a niveles bajos de corrosión aún se mantiene la adherencia en el acero y el hormigón, pero con niveles mayores de corrosión se manifiestan importantes fisuras y la adherencia en el hormigón y el acero baja muy rápido.

En la varilla de acero afectada por la corrosión es fácilmente observable, existe una pérdida del corrugado. Cuando se observa en las varillas una pérdida de la sección transversal en un 3 %, existe la posibilidad de deterioro hasta 20 % del corrugado, dando lugar a una caída de rigidez entre el acero y el hormigón.

2.2.17. Índice de Steinrath

Uno de los criterios más completos de evaluación de la corrosividad del suelo a través de sus propiedades fue presentado por Steinrath. Este método se basa en la determinación de siete parámetros: resistividad, potencial redox, pH, contenido de humedad, iones cloruro, iones sulfato e iones sulfuro. El criterio adoptado por Steinrath asigna índices parciales de corrosividad para cada uno de los parámetros considerados, conforme está indicado en la Tabla 2.5. La suma algebraica de los índices parciales (Tabla 2.6) proporciona una evaluación de la agresividad absoluta del suelo en análisis.

La contribución de los valores de los índices parciales de corrosividad es subjetiva y siempre los investigadores de diversos países concuerdan, de ahí poder resultar diferentes asignaciones de importancia que se deben dar para cada parámetro para evaluar su influencia en el proceso corrosivo global (Trabanelli et al., 1972).

Tabla 2.5: Parámetros relacionados por Steinrath para evaluar la corrosividad del suelo.

Parámetro del suelo	Índice parcial
Resistividad (ohm.cm)	
> 12 000	0
12 000 – 5 000	-1
5 000 – 2 000	-2
< 2 000	-4
Potencial redox (mV/NHE)	
> 400	+2
400 - 200	0
200 - 0	-2
< 0	-4
pH	
> 5	0
< 5	-1
Humedad (%)	
< 20	0
> 20	-1
Cloruro (mg/Kg)	
< 100	0
100 - 1000	-1
> 1000	-4
Sulfato (mg/Kg)	
< 200	0
200 - 300	-1
>300	-2
Sulfuro (mg/Kg)	
ausente	0
< 0,5	-2
> 0,5	-4

(Trabanelli et al., 1972)

Tabla 2.6: Índice total de la agresividad del suelo según Steinrath.

Clasificación del suelo	Índice total de agresividad
Sin agresividad	0
Poca agresividad	-1 a -8
Media agresividad	-8 a -10
Alta agresividad	< -10

(Trabanelli et al., 1972)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de la investigación de investigación

La presente investigación es tipo básico y de nivel descriptivo.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Postes de alumbrado público de la urbanización ENACE de la ciudad de Ayacucho.

3.2.2. Muestra

Representativa de suelo y concreto de los postes.

3.2.3. Diseño de muestreo

Muestreo no probabilístico.

3.3. Procedimientos y métodos

3.3.1. Obtención de muestra

La muestra fue adquirida de los puntos de muestreo establecidos de los postes de alumbrado público de la urbanización ENACE de la ciudad de Ayacucho.

3.3.2. Procedimiento experimental

- **Muestreo de postes**

Para la presente investigación se usó el muestreo no probabilístico por ser técnica donde las muestras se recogidas ofrecen al conjunto igualdad de oportunidad de

ser consideradas. En muchas investigaciones donde se usan muestreo no probabilístico es difícil obtener un muestreo aleatorio completo; debido a que existen limitaciones del orden temporal, monetario y de personal calificado, por ello normalmente es conveniente utilizar la técnica de muestreo no probabilístico y de esta forma garantizar la representatividad.

En referencia al muestreo probabilístico, en la cual exige conocer el universo, la población y la aplicación de fórmulas estadísticas que llevan a encontrar la cantidad muestra, el muestreo no probabilística no estable un procedimiento de selección aleatoria, si no es generalmente asociado a una selección en función de factores como accesibilidad, criterio personal o intuición del investigador; esto implica que el muestreo no probabilístico no realiza pruebas de una porción no considerada de la población, a su vez esto genera que la muestra considerada no necesariamente representa con precisión a toda la población. Subsecuentemente, los resultados obtenidos en la investigación no deban ser considerados en generalizaciones respecto al total de la población. En el caso de muestreo por conveniencia, es considerada regularmente como técnica de muestreo muy usual, debido a que estas muestras son colectadas por su accesibilidad en la investigación. "Los sujetos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva" (Explorable, 2016).

- **Evaluación del terreno**

Para establecer los máximos aprovechamientos y reducida degradación es necesario realizar la evaluación del terreno, el cual se consigue determinando el nivel de sistema de calificación aplicado. Puede definirse como "cualquier método que mida, o sea capaz de predecir, el uso potencial de una tierra" (RNICS, 1999).

- **Características del suelo**

Procedimiento para toma de muestras de suelo

Si bien es cierto no se tiene un protocolo de la toma de muestras de suelo para este tipo de investigaciones, pero se adopta las sugerencias y recomendaciones del protocolo de toma de muestras para el análisis de suelo de actividades agrícolas que a continuación se indica los pasos relevantes.

Realizar la ubicación del punto de muestreo y marcar la zona a muestrear teniendo en cuenta la ubicación de los puntos de los postes corroídos.

Realizar la calicata, sus dimensiones como largo y ancho están en función al horizonte del suelo; para definir la profundidad tomar en cuenta la roca madre, la napa o definir por el tipo de investigación a realizar. Generalmente, las dimensiones son ancho un metro, largo un metro y medio y un metro de profundidad. En la calicata tomar las muestras con los cuidados necesarios, respecto a la incorporación de material extraño a la zona de estudio de manera que se consiga representatividad, luego conducir las al laboratorio de análisis para determinar la conductividad hidráulica saturada, densidad aparente, susceptibilidad a la compactación y curvas de retención de humedad.

Utilizar el aro metálico o espátula como muestreador y con apoyo del martillo, introducir a la profundidad definida sin exagerar los golpeteos por que provocan compactación. Cuidadosamente retirar el muestreador manteniendo que haya muestra excedente en los extremos. Colocar en la porta muestra, debidamente rotulado.

3.3.3. Análisis químico del suelo

Se realizó el muestreo del suelo en la base de los postes afectados por la corrosión etiquetándolos (M1, M2, M3, M4). Las muestras se analizaron en el laboratorio de Química Analítica de la FIQM/UNSCH, con la finalidad de realizar el diagnóstico de los parámetros que aportan las condiciones corrosivas del suelo.

3.3.3.1. pH

Fundamento

La medición del pH del suelo es muy importante para entender la corrosión de los suelos y está en relación a la presencia de nutrientes; los considerados agresivos son las turbas, humus libres de cal, cenagosos, de aluvión, también suelos artificiales, formados por escorias, basuras, elementos en putrefacción, residuos humanos e industriales también son agresivos. El rango de medida de pH es de 0 a 14, siendo 7 que indica neutro; valores inferiores a 7 es ácido, valores superiores a 7 básicos. El pH es indicador de los nutrientes, regula las actividades biológicas y químicas del suelo. Las mediciones de pH se realizan directamente en el laboratorio empleando potenciómetros con electrodos indicadores en las

soluciones extraídas con agua pura de las muestras de suelo recogidas de la zona de los postes con problemas de corrosión y de acuerdo al protocolo de la metodología de medida; los detalles del procedimiento se pueden observar en el anexo 4.1.

3.3.3.2. R.E. (ohm-cm) - Medida de resistividad eléctrica del suelo

Fundamento

La medida de la resistividad del suelo expresa la resistencia específica del suelo en función de la profundidad o el tipo de suelo, se determina indirectamente al realizar un conjunto de medidas de campo, se expresa en (Ωm) o (Ωcm), es lo contrario a la conductividad, los detalles del procedimiento se pueden observar en el anexo 4.2.

Se recomienda realizar varias lecturas a diferentes separaciones y tener un conjunto de resistividades; al graficarlos generaran un perfil que representa las diferencias en las capas de suelo, profundidad y la resistividad; y se observa la variación espacial de medio agresivo de corrosión, figura 3.1.

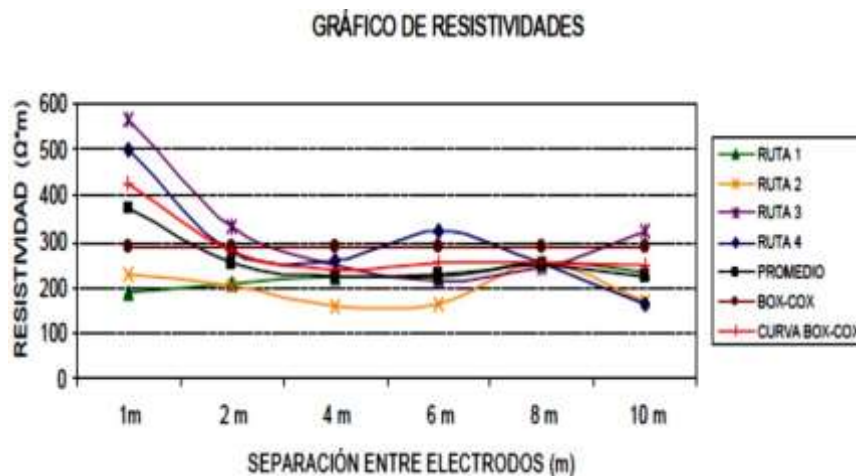


Figura 3.1: Curva de resistividad típica (IEEE Std 81, 1983).

3.3.3.3. Sulfatos (SO_4^{2-} mg/100g)

Fundamento

En el suelo los sulfatos pueden determinarse a través de distintas metodologías, gravimétrico, volumétrico, turbidimétrica etc., mediante precipitación con cloruro de bario, es un método muy preciso y aplicable a concentraciones superiores a 10

mg/l; los detalles se observan en el anexo 5.

3.3.3.4. Cloruros (Cl^- mg/100g)

Fundamento

Los cloruros son iones muy comunes en los suelos salinos y aparecen como eflorescencia en la superficie del suelo posee alta toxicidad; es alta porque deterioran en forma importante la calidad del suelo, la determinación cloruros se realiza por el método de volumétrico con solución valorada de nitrato de plata; los detalles se observan en el anexo 6.

3.3.3.5. Sales solubles (mg/100g)

Fundamento

Generalmente los suelos poseen salinidad debido a las sales solubles que están como cationes y aniones como por ejemplo el Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- ; pueden determinarse a través de la medida de la conductividad eléctrica; el detalle de la determinación se puede observar en el anexo 7.

3.3.3.6. Magnesio (Mg^{2+} mg/100g)

Fundamento

El magnesio en el suelo se encuentra como ion magnesio Mg^{2+} intercambiables y no intercambiable, los primeros pueden ser absorbidas por la planta y los no intercambiables son adsorbido en la fase sólida del suelo, ya sea en las arcillas, materia orgánica, minerales primarios y otros, en la determinación se puede recurrir a dos métodos, complexometría y espectrofotometría de absorción atómica, el detalle de la determinación se puede observar en el anexo 8.

3.3.4. Evaluación del concreto

3.3.4.1. Análisis de carbonatación

Fundamento

En la carbonatación sucede la transferencia de iones bicarbonato de un punto a

otro a través de un medio húmedo, es decir existe una movilidad iónica, generalmente son evaluados por disolución de los carbonatos en una solución ácida y determinando luego el consumo de H^+ , que pueden ser por volumetría o el uso de indicadores ácido base, el detalle de la determinación se puede observar en el anexo 9.

3.3.4.2. Espesores de recubrimiento de concreto

Fundamento

La evaluación de los espesores de recubrimiento corroído se realiza en función de la medida del espesor, la altura y el ancho de las grietas utilizando las unidades de medida del sistema inglés o el sistema métrico como, por ejemplo, espesor (mm), altura de grieta (cm), ancho de grieta (cm), el detalle del procedimiento de las medidas se puede observar en el anexo 10.

3.3.5. Análisis químico del concreto

3.3.5.1. Cloruros, % ppm

Se emplearon los procedimientos descritos en las secciones 3.5.3.

3.3.5.2. Sulfatos, %, ppm

Se emplearon los procedimientos descritos en las secciones 3.5.4.

3.3.6. Evaluación de las armaduras

3.3.6.1. Estado de las armaduras

La evaluación de las armaduras se realiza por una inspección visual in situ en las zonas afectas por la corrosión, normalmente expuestas, a través de mediciones comparar el diámetro encontrado de las varillas de hierro corroidas con los que especifica la hoja técnica de la varilla de origen con el fin de determinar el nivel de afección.

3.3.6.2. Medidas de potencial

Fundamento

Para realizar la evaluación del progreso de la corrosividad en las armaduras de los postes y las condiciones de las armaduras, se efectúan electroquímicamente medidas de potencial electroquímico y luego realizar la comparación de los valores con los establecidos por la norma técnica ASTM C-876, el detalle del procedimiento se puede observar en el anexo 11.

3.3.7. Evaluación del mecanismo de corrosión

Para la evaluar el mecanismo de la corrosión en los postes CAC se emplea la analogía en los criterios de evaluación de las estructuras del concreto armado en general.

Se plantean los criterios tomando en cuenta aspectos como: la clase de ataque a la que está expuesta la armadura, la clase de concreto de la estructura y esencialmente el medio en el que va realizar el trabajo; estos criterios planteados permiten a su vez determinar las causas de la corrosión; de manera que pueden también predecir los tipos de agentes corrosivos que dañan al estar en contacto con la estructura, con lo que secuencialmente se realizan los análisis químicos adecuados tanto cualitativos como los cuantitativos de estos agentes corrosivos.

La información preponderante en la evaluación de las estructuras se logra obtener considerando estos criterios:

- Medida del potencial electroquímico de corrosión en la armadura del poste, esto permite analizar las condiciones estado de la actividad corrosiva y seccionar la estructura en zonas, en base a la intensidad del ataque corrosivo.
- En el concreto, se determina la alcalinidad a través metodologías químicas y/o físicas; de manera que dicha información permitirá establecer parámetros de impermeabilidad y composición química.
- En el caso del suelo donde se ubica el poste, debe tenerse en cuenta la cantidad agentes que dañan las películas pasivantes y los agentes que destruyen el concreto.

Estos criterios establecidos, han permitido desarrollar metodologías para determinar parámetros considerados indicadores de corrosividad, de manera que así conseguir informaciones útiles del estado y condiciones de la estructura.

3.3.8. Comparación de los efectos corrosivos

La metodología evaluativa de Steinrath se construye, dándole una valoración a la característica corrosiva del terreno, para esto se tiene en cuenta el valor y el nivel de relevancia de ésta, la cantidad del índice más importante que indica corrosión será más negativo.

Por lo que, en base a estos criterios de comparación, se indica que el nivel de corrosión total del suelo, está en función a cuanto más negativo es el total de los índices.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Obtención de muestra

La muestra fue tomada de los puntos de muestreo considerados de los postes de alumbrado público de la urbanización ENACE de la ciudad de Ayacucho, los mismos se indica en la tabla 4.1. Se anexa plano de ubicación de los postes evaluados en la Urbanización ENACE (Anexo 1).

4.2. Muestreo de postes

Los 4 puntos de toma de muestras georreferenciados se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Ubicación de los postes.

Muestra	Coordenadas UTM	Referencia
01	18L 0583653E; 8546885N	Av. Pérez de Cuellar I-5
02	18L 0583589E; 8547279N	Av. Pérez de Cuellar R-1
03	18L 0583687E; 8547317N	ENACE R-14
04	18L 0583859E; 8546921N	Pasaje Los Geranios N° 260

4.3. Evaluación del terreno y características del suelo

Las muestras M1, M2, M3 y M4 se obtuvieron de la Urbanización ENACE en cuatro lugares diferentes, aleatoriamente seleccionados teniendo en cuenta la presencia de postes corroídos.

Para evaluar las características del suelo en la zona de estudio, se realizó la excavación de calicatas a cielo abierto ubicada en el lugar a una profundidad de 1,50 m. Este sistema de exploración permite analizar directamente los diferentes

estratos encontrados en el suelo.

La zona de estudio está conformada básicamente por depósitos de sedimentos finos que es una mezcla limos, arenas limosas, con poca presencia de gravas y piedras, cantos rodados de variadas dimensiones.

El suelo de la zona al saturarse se vuelve sueltos, y colapsables, por eso es necesario diseñar esta estructura con la debida precaución. No se ha encontrado el nivel de la napa freática hasta la profundidad de exploración en la zona a proyectar.

Los resultados de las investigaciones de campo realizado en base a la excavación de las calicatas, se ha establecido las estratigrafías dentro de la profundidad prospectada de 1,50 m y las características del terreno (Anexo 2).

4.4. Análisis químico del suelo

Para el análisis químico se tomaron muestras del suelo de la parte inferior de cada uno de los postes seleccionados. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Química Analítica de la FIQM de la UNSCH, determinando los factores que inciden en el nivel corrosivo del suelo. Los resultados encontrados en los análisis químicos se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Análisis químicos de las muestras de suelo.

Parámetros	M1	M2	M3	M4
pH	7,4	7,84	7,36	7,58
R.E. (ohm-cm)	3306,7	2566,7	3513,3	2260,0
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/100g)	52,43	31,30	16,34	12,45
Cloruros (Cl^- mg/100g)	34,55	32,40	28,08	17,28
Sales solubles (mg/100g)	86,96	46,73	45,21	27,58
Magnesio (Mg^{2+} mg/100g)	1,1	0,7	1,3	1,3
Amonio (NH_4^+ mg/100g)	0	0	0	0
Alcalinidad total (g/kg)(carbonato)	0,4151	0,2767	0,4151	0,5534
Acidez total (meq/kg)	3,45	5,17	3,62	3,28
Humedad Higroscópica (%)	10,09	10,70	6,66	13,03

La metodología para evaluar la agresividad del suelo se fundamenta en el método de “Índices de Steinrath”, en base a los datos de análisis de los parámetros presentados en la tabla 4.2.

La tabla 4.3., establecida en el método de Steinrath establece el grado de corrosividad en función de los valores de resistividad.

Tabla 4.3. Agresividad del suelo en relación a su resistividad.

Resistividad Ohm – cm	Corrosividad
<1000	Altísima – Muy agresivo
1000 – 2000	Alta – Fuertemente agresivo
2000 – 3500	Superior al normal – Discretamente agresivo
3500 – 5000	Normal – Débilmente agresivo
5000 - 10000	Baja – Agresividad muy débil
≥10000	No agresivo

(Seminario Vega, 2003)

Los resultados obtenidos de la medida de la resistividad del suelo se presentan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Agresividad de las muestras de suelo de ENACE en relación a su resistividad.

Número de muestra	Valor de resistividad eléctrica (ohm-cm)	Evaluación según la resistividad
M1	3506,7	Normal – débilmente agresivo
M2	2566,7	Superior al normal – discretamente agresivo
M3	3513,3	Normal – débilmente agresivo
M4	2260,0	Superior al normal – Discretamente agresivo

El método de “Índices de Steinrath”, presenta una evaluación más rigurosa, debido a que toma referencia las importantes características de un suelo muy corrosivo. La metodología de Steinrath formula, consignando un valor a la característica corrosiva del suelo que depende del valor y el nivel de importancia.

Según este método de evaluación, el grado de corrosividad total del suelo, se define del valor negativo que resulta de la suma de los índices.

En la Tabla 4.5 se presenta los índices de Steinrath usados como referencia para la evaluación de la corrosividad específica.

Tabla 4.5. Índices de Steinrath para la evaluación de la corrosividad específica.

Parámetro	Características del terreno	Índice
Naturaleza del suelo	Calcáreo, marma calcárea, arena	+2
	Arena Arcillosa	0
	Arcilla, marma arcillosa, humus	-2
	Turba	-4
Estado del suelo	Presencia de agua subterránea	-1
	Nivel freático variable	-2
	Terreno de relleno	-2
	Heterogeneidad en el terreno	-3
Resistividad	Mayor de 10000 Ohm-cm	0
	Mayor de 10000 Ohm-cm	-1
	Entre 5000 - 10000 Ohm-cm	-2
	Entre 2300 - 5000 Ohm-cm	-3
	Menor de 1000 Ohm-cm	-4
Tenor de agua (humedad)	Menor del 20%	0
	Mayor del 20%	-1
pH	Mayor de 6	0
	Menor de 6	-1
Acidez total	Menor de 2,5 meq/kg	0
	Entre 2,5 a 5 meq/kg	-1
	Mayor de 5 meq/kg	-2
Potencial redox	Mayor de 400 mV	+2
	Comprendido entre 200 - 400 mV	0
	Comprendido entre 0 - 200 mV	-2
	Menor de 0 mV	-4
Alcalinidad total como CaCO ₃ y MgCO ₃ hasta pH 4,8	Mayor de 50 g/kg	+2
	Entre de 10 a 50 g/kg	+1
	Menor de 10 g/kg	0
Sulfuro de hidrógeno y sulfuros	Ausencia	0
	Trazas (<0,5 mg de S ²⁻ /kg)	-2
	Presencia (>0,5 mg de S ²⁻ /kg)	-4
Presencia de carbón o de coke	Ausencia	0
	Presencia	-4
Ión cloruro	Menor de 100 mg/kg	0
	Mayor de 100 mg/kg	-1
Ión sulfato	Menor de 200 mg/kg	0
	Entre de 200 a 500 mg/kg	-1
	Entre de 500 a 1000 mg/kg	-2
	Mayor de 1000 mg/kg	-3

(Seminario Vega, 2003)

Tabla 4.6. Criterios de evaluación de la agresividad.

Suma de los índices	Comportamiento del suelo
Mayor de 10	Prácticamente no corrosivo
Entre - 4 a 9	Poco corrosivo
Entre - 5 a -10	Corrosivo
Menor que - 10	Muy corrosivo

(Seminario Vega, 2003)

Tabla 4.7. Aplicación del método de Steinrath en los suelos de ENACE.

Parámetro evaluado	Índices de Steinrath			
	M1	M2	M3	M4
Naturaleza del suelo	2	2	2	2
Estado del suelo	-2	-2	-2	-2
Resistividad Tenor de agua pH	-2	-2	-2	-2
de agua pH	0	0	0	0
Acidez total	0	0	0	0
Alcalinidad total	-1	-2	-1	-1
Ión cloruro	0	0	0	0
Ión sulfato	0	0	0	0
	0	0	0	0
Suma de índices	-3	-4	-3	-3

El resultado de la suma de índices de Steinrath en la tabla 4.7, nos señala que el terreno de la urbanización ENACE “es poco corrosivo”.

Tabla 4.8. Evaluación de la agresividad del suelo en relación a estructuras de concreto.

Agente agresivo	Agresividad			
	Débil	Moderada	Fuerte	Muy fuerte
pH	> 6,5	6,5 – 5,5	5,5 – 5,0	< 5,0
CO ₂ mg/L	< 30	30 – 60	60 – 100	> 100
NH ₄ ⁺	< 5	5 – 50	50 – 100	> 100
Mg ²⁺	< 10	10 – 50	50 – 100	> 100
SO ₄ ⁻	< 20	20 – 100	100 – 1000	> 1000
Cl ⁻	< 5	5 – 50	50 – 100	> 100
Acidez total	< 10	10 - 50	50 – 100	> 100

Nota: Los agentes agresivos son expresados en mg/100 g de terreno seco (humedad extraíble a 100 °C) (Seminario Vega, 2003)

En base al criterio establecido en la tabla 4.8, los resultados de las muestras de suelo analizadas se presentan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Resultados de la agresividad del suelo para estructuras de concreto.

Agente agresivo	Agresividad			
	M1	M2	M3	M4
pH	Débil	Débil	Débil	Débil
NH ₄ ⁺	Débil	Débil	Débil	Débil
Mg ²⁺	Débil	Débil	Débil	Débil
SO ₄ ²⁻	Moderado	Moderado	Débil	Débil
Cl ⁻	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Acidez total	Débil	Débil	Débil	Débil

Se observa de manera evidente que el problema mayor para el concreto es la presencia de los iones Cl⁻ y SO₄²⁻.

4.5. Evaluación del concreto

Se recogieron las muestras puntuales de concreto 4 postes considerados con daños por corrosión ubicados en los puntos de muestreo. Estos postes presentaban grietas longitudinales en el concreto, cuya altura varía desde 5 cm hasta los 78 cm desde el nivel del suelo. Los postes considerados se encuentran ubicados en la zona de estudio y alrededores. Las muestras se obtuvieron de la zona afectada del poste (muy cercana al suelo).

4.5.1. Análisis de carbonatación

A las muestras obtenidas se ha efectuado un análisis cualitativo con una solución alcohólica de fenolftaleína y observar la carbonatación del concreto en los postes. El grado de alcalinidad se determina observando la coloración con la solución indicadora, al virar el color a rojo grosella de intensidad mayor o menor en la superficie del concreto, en función del valor de pH. Si el pH es igual o menor de 7, el color no vira a rojo grosella; si el valor es mayor a 7 se considera alcalino, vira a rojo grosella, siendo su intensidad según se incremente el pH.

El ensayo con el indicador fenolftaleína de la parte baja afectada del poste con corrosión, en la muestra 01, se advierte que se tiene una bajísima alcalinidad. Asimismo, se observa que se tiene daños del concreto en esta parte del poste, estando inclusive las varillas de fierro sin cubierta de concreto.

En la muestra 02 y 03, para el ensayo con indicador fenolftaleína en la parte baja afectada del poste por corrosión, ha presentado un valor pH de menor alcalinidad, generando daños del concreto en esta parte del poste; se observa las varillas de fierro sin cubierta de concreto.

Para la muestra 04 del poste dañado, presenta mayor alcalinidad, lo que indica que se tiene problemas de carbonatación en el poste. Las figuras se muestran en el anexo 1.3 (prueba de la fenolftaleína; la coloración rojo grosella indica presencia de alcalis y el grado de carbonatación en la muestra 1, 2, 3 y 4.).

4.5.2. Espesores de recubrimiento de concreto

En la tabla 4.10 se presenta las mediciones en las muestras de 04 postes, diferentes espesores en recubrimientos corroídos y las alturas de grietas.

Tabla 4.10. Espesores de recubrimiento de concreto corroído, de la armadura.

Poste	Espesor (mm)	Altura de grieta (cm)	Ancho de grieta (cm)
01	24,3	19,0	35,0
02	7,6	50,0	14,0
03	12,4	46,0	18,0
04	19,0	78,0	28,8

4.5.3. Análisis químico del concreto

Para evaluación de la existencia de iones despasivantes en la zona dañada del poste se ha procedido a realizar el análisis químico de las muestras del concreto. El agua es el medio de transporte de los iones despasivantes disueltos en ella, cuya difusividad se lleva a cabo por la propiedad física de capilaridad en el concreto, por ello el nivel alcanzado no es muy alta, debido a que la humedad disminuye cuando se incrementa la altura. En consecuencia, la altura afectada va depender del nivel freático y del grado de inundación del lugar donde está instalado el poste de concreto.

El resultado de los análisis de los iones del concreto de porciones muestreadas de zonas afectadas por corrosión, se muestran en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Resultados de los análisis químicos del concreto.

Muestra	Cloruros		Sulfatos	
	%	ppm	%	ppm
M1	0,0605	604,77	0,1781	1780,57
M2	0,0886	885,55	0,1787	1786,80
M3	0,0756	755,96	0,1825	1825,20
M4	0,2592	2591,86	0,1308	1308,27

Para relacionar el nivel de agresividad del concreto para el fierro; se efectúa una interpretación de la cantidad de los iones despasivantes y relacionarlos con indicado en la bibliografía. La presencia de los iones despasivantes en el concreto, depende de la cantidad de humedad que tiene el suelo donde halla el poste, la clase de cemento del poste y las características del concreto.

El nivel de agresividad del contenido de cloruros en el concreto, están en los rangos de la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Nivel de agresividad del contenido del ion cloruro para el concreto.

Elemento Agresivo	Nivel de Agresividad			
	Débil	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte
Cl ⁻ (ppm)	<50	50 - 500	500 - 1000	>1000

(Seminario Vega, 2003)

En la tabla 4.11 se observa que el contenido de ion cloruro en todas las muestras, según el criterio de Steinrath, tienen un porcentaje mayor que el contenido permisible por el concreto. Por ello, el nivel de agresividad para el concreto es fuerte para las muestras 01, 02 y 03; y muy fuerte en la muestra del poste 04.

Para evaluar los niveles de agresividad de los iones cloruro presente en el concreto para con el fierro, los resultados de ion cloruro expresados en porcentaje en peso de concreto debe referirse a porcentaje en peso de cemento, teniendo en cuenta los datos estándar de las cualidades de los postes en una fábrica de postes. La cantidad de cemento en el concreto, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.13. Cantidad de cemento promedio en los postes de concreto.

Peso del concreto de un poste (solo concreto)	Peso del cemento en un poste	Peso de cemento por kilogramo de concreto
180 kg	85 kg	470 g

En base a los datos de la tabla 4.13, se determina el porcentaje del ion cloruro de las muestras referidas al cemento, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.14. Datos del contenido de ion cloruro en porcentaje referido al cemento.

Descripción de las muestras	Cloruros (% referido al cemento)
M1	0,1287
M2	0,1884
M3	0,1608
M4	0,5515

De acuerdo a los resultados de la tabla 4.14, se evalúa su criticidad para el hierro según la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Valor crítico de cloruros en concreto armado.

País	Norma	Límite máximo de Cl⁻	Referido a:
USA	ACI 318	≤ a 0,15% en ambiente de Cl	cemento
USA	ACI 318	≤ a 0,3% en ambiente normal	cemento
USA	ACI 318	≤ a 1% en ambiente seco	cemento
Inglaterra	CP – 110	≤ a 0,35% al menos en un 95%	cemento
Australia	AS 3600	≤ al 0,22%	cemento
Noruega	NS 3474	≤ al 0,6%	cemento
España	EH 91	≤ al 0,4%	cemento
Europa (Seminario Vega, 2003)	Euro código 2	≤ al 0,22%	cemento

Los resultados de la cantidad de los iones cloruro del cemento de la tabla 4.14 y al evaluarlos con la tabla 4.15, el grado de agresividad del ion cloruro al hierro en las muestras de concreto, no son críticos en las muestras 01, 02 y 03. Mientras

que en la muestra 04 es crítico la presencia de cloruros en el cemento.

Tomando referencia la tabla 4.15 para el análisis del grado de agresividad de cloruros se refiere para un concreto preparado con un pH de 12,5 - 13,5. Sin embargo, el concreto en la situación actual se encuentra, lo que acrecienta la situación actual de corrosión del fierro en los postes de la urbanización ENACE.

Con respecto a iones sulfatos, el nivel de agresividad del contenido de este ion en el concreto está relacionado por la presencia de este ion en el suelo y el agua del suelo. Se considera que en el proceso de producción de los postes no se tiene presencia de sulfatos y la concentración encontrada por análisis en las muestras son procedentes del suelo húmedo. Para evaluar la agresividad al concreto se utilizará la tabla 4.16, referido a la concentración del ion sulfato.

Tabla 4.16. Nivel de agresividad del contenido de ion sulfato para el concreto.

Elemento agresivo	Nivel de agresividad			
	Débil	Moderado	Fuerte	Muy fuerte
SO ₄ ²⁻ (ppm)	<200	200 - 1000	1000 - 10000	>10000

(Seminario Vega, 2003)

En la tabla 4.17 se presenta los resultados obtenidos de la agresividad al concreto.

Tabla 4.17. Resultados del contenido crítico de sulfatos en el concreto.

Número de muestra	Grado relativo del ataque por sulfatos			
	Débil	Moderado	Fuerte	Muy fuerte
M1			X	
M2			X	
M3			X	
M4			X	

Se observa de la tabla 4.17, el contenido del ion sulfato en todas las muestras del concreto de los postes muestreados es fuerte. Resultando que el ion sulfato tiene un efecto agresivo al concreto, que favorece la resquebrajadura del concreto de los postes e incide de manera indirecta a la corrosión del fierro, debido a que dejar ingresar con mayor facilidad el oxígeno a las armaduras.

Según los resultados del contenido de sulfatos en las muestras de concreto de los postes de la urbanización ENACE, se debe utilizar cemento resistente a los sulfatos para el concreto de los postes ubicados en la Urbanización ENACE.

Los sulfatos son iones despasivantes y su determinación resulta útil, porque nos permite valorar si el concreto del recubrimiento ha podido verse afectado por el ataque de estos iones e inducido a un incremento a la permeabilidad del concreto, debido a expansiones y agrietamientos típicos del ataque por sulfatos, permitiendo de esta manera el ingreso de una mayor cantidad de iones despasivantes a las armaduras.

4.6. Evaluación de las armaduras

4.6.1. Estado de las armaduras

La evaluación de las armaduras en los postes de concreto se ha realizado determinando el diámetro actual de las varillas de Fe en las áreas afectadas por la corrosión. Se observa que los Fe son de ½”, los cuales se encuentran corroídos. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Descripción del estado actual de las armaduras, pertenecientes a los postes de la zona de ENACE - Ayacucho.

Poste	Diámetro del fierro	Comentario
01	8,8 – 9,4 mm	Se visualiza 06 varillas de Fe, mantiene el corrugado; pero desgastado debido a la corrosión generalizada hasta los 35 cm.
02	9,0 – 11,4 mm	Se visualiza 04 varillas de Fe observando un color rojo oscuro, mantiene el corrugado; pero desgastado debido a la corrosión generalizada hasta los 50 cm.
03	9,4 – 9,9 mm	Se visualiza 04 varillas de Fe, mantiene el corrugado; pero desgastado debido a la corrosión generalizada hasta los 46 cm.
04	9,0 – 9,8 mm	Se visualiza 06 varillas de Fe, mantiene el corrugado; pero desgastado debido a la corrosión generalizada hasta los 78 cm.

Se observa que se tiene mayor daño visible en la armadura y el concreto en la parte cercana del suelo de los postes evaluados que varían desde 35 cm hasta 78 cm. La altura alcanzada desde el suelo de los iones despasivantes solubles en el agua nos proporciona la ubicación de las grietas encontradas en los postes evaluados. Es importante este aspecto, debido a que en estas estructuras la mayor cantidad de esfuerzos se concentran en la zona baja del poste. Por ello, es importante la evaluación del concreto y de las armaduras en los postes, debido a

que su deterioro afecta la resistencia mecánica a la estructura en compresión (concreto) y en tracción (fierro).

4.6.2. Medidas de potencial

Se efectuaron medidas de potencial electroquímico en las armaduras de los postes con la finalidad de evaluar el avance de la corrosión. Los resultados se compararon con los valores establecidos en la norma ASTM C-876. Para La medición se utilizó un multímetro digital y un electrodo de referencia de Cu/CuSO₄; ésta se efectuó haciendo conexión en la armadura de la zona dañada por la corrosión.

La norma ASTM C-876 establece que los potenciales de las armaduras mayores a -250 mV no se tiene corrosión, para valores de potenciales entre -250 mV y -350 mV se tiene incertidumbre sobre la existencia de corrosión; para valores menores de -350 mV, indica que se tiene existencia de corrosión.

Los resultados de las mediciones de potencial obtenidos en los 04 postes, fueron los siguientes.

Tabla 4.19. Estado de las armaduras y potenciales.

N° poste	Alturas, cm	Alineado (mV)
1	10	-305
2	10	-260
3	10	-325
4	10	-290

Los postes donde se midieron los potenciales fueron los mismos 04 postes, en los que se ha muestreado el concreto. Los resultados indican que se tiene una lenta corrosión, debido a que los fierros están expuestos al medio ambiente, debido a la corrosión del concreto.

Otros estudios realizados (1), demostraron que estos rangos de valores varían de acuerdo a la calidad del cemento y del grado de permeabilidad del concreto.

En la urbanización ENACE se tiene instalado un total aproximado de 187 postes de baja tensión. Observando en la zona se tiene 61 % postes sin corrosión, 20 % con baja corrosión, 12 % regular corrosión y 7 % alta corrosión tanto en el concreto como en la estructura de fierro, los mismos que son visibles. Para el respectivo

análisis químico se tomó muestras de 04 postes.

De acuerdo a los resultados de las investigaciones de campo realizado en base a la excavación de la calicata, se ha establecido la estratigrafía dentro de la profundidad prospectada de 1,50 m.

Según los resultados de los análisis realizados, se determina que el factor más importante de la corrosión que tienen los postes evaluados, se debe a la presencia de iones despasivantes y solubles en el terreno donde están ubicados los postes. Otros factores que inciden son la carbonatación, la presencia de humedad y la resistividad encontrada en el terreno, que contribuyen a la corrosión otorgando condiciones para el desarrollo de la corrosión en los postes de la Urbanización ENACE.

Se observa el incremento del porcentaje de contenido de ion cloruro en el concreto, debido a la migración de cloruros provenientes del terreno y la humedad del mismo por diversos factores, como las lluvias.

El porcentaje de la cantidad del ion cloruro y del ion sulfato; supera la cantidad permitida para el fierro y concreto. Lo cual demuestra corrosión en el concreto, observándose el deterioro de las armaduras de los postes.

La corrosión por picaduras en el concreto se asume que son a causa de los agentes despasivantes. En muestras que presentan zonas expuestas de fierro, por grietas pronunciadas, se consideró corrosión más avanzada, a acusa de haberse producido inestabilidad del fierro al medio corrosivo.

Los postes que fueron analizados y que tienen mayor dimensión de fisuras o grietas en el concreto, son el poste 02 y 4 de la urbanización ENACE.

El estado actual del concreto de los postes estudiados, se observa su condición crítica, sobre todo en la base, a causa del nivel de humedad, por el espesor del recubrimiento y la calidad del concreto frente al medio corrosivo expuesto.

El grado de carbonatación en el concreto de los postes es un factor que contribuye al desarrollo del mecanismo de corrosión, debido a que disminuye la alcalinidad. Este factor es un proceso bastante lento, teniendo en cuenta el periodo de tiempo

de instalado los postes, de aproximadamente 25 años. Por tanto, se deduce que el proceso de corrosión debido a carbonatación que completaría íntegramente todo el espesor de recubrimiento de concreto necesitaría de muchos años más.

La carbonatación coadyuva en el grado de agresividad debida a los iones cloruro en el concreto del poste. Un concreto carbonatado requiere menor cantidad de cloruros para considerarse en una condición crítica. Se observo una despasivación a causa de cloruros en el concreto armado de los postes en el lugar de estudio, la urbanización ENACE.

Las mediciones de resistividad nos indican que en el terreno se tiene presencia de sales, confirmada con los valores de análisis de las muestras estudiadas. La presencia de sales solubles, conformada por los cloruros y sulfatos en medios húmedos son los que originan la despasivación del fierro.

Las fisuras halladas en el concreto de los postes fueron a causa de la cristalización de las sales solubles y los esfuerzos expansivos generados por el aumento del volumen de la herrumbre de las varillas de fierro. Las fisuras longitudinales con referencia a las varillas de fierro, debido a la presión normal que ejerce la herrumbre linealmente a la varilla; produciendo en el concreto la generación de fisuras o grietas longitudinalmente orientadas, aunadas al factor de los esfuerzos expansivos del aumento del volumen de la herrumbre del fierro.

La corrosión es una problemática que afecta a la economía de un país, repercute en el producto bruto interno (BPI) en valores que se hallan entre 3 y 4 % en países desarrollados; por lo que, la industria de construcción considerada como una de las principales causantes de estas pérdidas (Garcés 2008). "Por otro lado, en el Perú, un país en desarrollo, de acuerdo con la empresa Teknoquímica, en el año 2000 las perdidas por corrosión representaron 8 % del PBI" (Orozco et.al, 2007).

En la urbanización Los Tallanes, Piura, se evaluaron de una muestra de seis postes de 290 postes de concreto armado instalados con problemas de corrosión, los mismos que están expuestos a una serie de fenómenos naturales, tales como la corrosión del concreto y de la armadura de los mismos, exposición atmosférica, humedad, radiación ultravioleta, etc. se tiene registrado que la corrosión de las armaduras de los postes están en un numero de 1 339 postes, los mismos que están distribuidas en toda la provincia de Piura y pertenecen a las redes primarias,

secundarias y de alumbrado público; tiene antecedentes de caídas de postes y cambios de estos por problemas de deterioro del concreto armado en la base de los postes. En la urbanización ENACE se han detectado 187 postes de baja tensión, observando que se tiene 61 % postes sin corrosión, 20 % con baja corrosión, 12 % regular corrosión y 7 % alta corrosión tanto en el concreto como en la estructura de fierro, los mismos que son visibles. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación se concluye que los postes deberán protegerse ante la carbonatación y la intrusión de iones cloruros y sulfatos en el concreto. Proponiendo la complementación de la norma de fabricación de poste CAC en el Perú (NTP 339-0127) con los métodos de prevención de la corrosión para postes que se ubicaran en un medio corrosivo.

Estudios realizados de la “Vida útil en estructuras del concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material”, Trujillo, Perú, 2010, indica que como material de construcción, se pensó que el concreto podría tener una duración ilimitada; sin embargo, en la actualidad se reportan un número cada día más creciente de estructuras prematuramente deterioradas por corrosión del acero de refuerzo. Esta corrosión en general, se debe al ataque destructivo de iones cloruro que penetran desde el exterior por difusión o por que fueron incorporadas a la mezcla de concreto y/o a la carbonatación del recubrimiento. Diferentes factores actúan durante la vida útil de cualquier obra de concreto, afectando de cualquier modo sus características de durabilidad, están condicionantes pueden depender tanto de la acción del entorno o medio ambiente, como de las propiedades intrínsecas del concreto, su interrelación con el suelo, diseño de los elementos constructivos y su posterior elaboración con la adecuada selección de los materiales componentes. De una evaluación en construcciones en la zona de P.J. Villa María, Trujillo, se encontraron 33,33 % de obras de concreto no presentan corrosión, 20 % presentan corrosión y un 20 % presentan solamente oxidación de acero, atribuibles a ataques químicos (ácidos, bases, sales), agua (pura, casi puras, aguas de desagüe), gases (anhídrido carbónico, anhídrido sulfuros), sulfatos, sustancias inorgánicas, por reacción del agregado (reacción álcali-sílice, reacción cemento agregado, reacción álcali – agregados carbonatados), agregados contaminados, desgaste superficial (abrasión, erosión), cavitación, altas temperaturas y radiaciones.

Comparación de los efectos corrosivos: estudios realizados de “La corrosión del

concreto en ambiente marino”; la construcción en el litoral, indican que el medio marino acelera los procesos de corrosión por la acción directa del mar o la actividad de la brisa y niebla marina, observados en los muelles de Salaverry, Chimbote, Callao, Ilo y Matarani y la mayoría de los desembarcaderos pesqueros que están contruidos con pilote y plataformas de concreto. El agua de mar contiene sales disueltas agresivas para el concreto, están presentes, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, cloruro de potasio y sulfato de potasio. La corrosión del concreto además se le atribuye a la humedad y temperatura, como se conoce el aumento de la temperatura acelera las reacciones químicas, el incremento de 10 °C redobla la velocidad de reacción, la actividad corrosiva debida a la carbonatación se dinamiza entre el 60 % al 90 % respecto a la humedad relativa. Respecto a la corrosión debida al efecto del cloruro, la humedad es predominante, especialmente en niveles de 70 a 90 % de humedad relativa del medio ambiente, es decir experiencias en regiones cálidas muestran que la elevada humedad relativa favorece el fenómeno de corrosión. El viento es otro factor a tomar en cuenta, que fluyen del sur al norte en el Perú, cubriendo edificaciones urbanas con la brisa marina por la ubicación de la costa. De manera que, en los lugares tropicales dificulta la prevención, ya sea con el adecuado diseño estructural o la aplicación de convenientes sistemas de construcción; a esto se suma, las normas de construcción de países en desarrollo o en vías de desarrollo, como el caso del Perú, tienen como base códigos de construcción del hemisferio norte, que adoptan resultados de climas benignas.

CONCLUSIONES

- 1º. La capacidad corrosiva del suelo mediante la metodología de “Índices de Steinrath”, que utiliza principalmente las características de un suelo muy corrosivo, el resultado de las adiciones de los índices de Steinrath, indican que el suelo “es poco corrosivo” de la Urbanización ENACE.
- 2º. Las características del suelo de la zona de estudio están conformadas básicamente por depósitos de sedimentos finos que es una mezcla limos, arenas limosas, con poca presencia de gravas y piedras, cantos rodados de variadas dimensiones. No se ha encontrado el nivel de la napa freática hasta la profundidad de exploración en la zona a proyectar. El suelo de la zona al saturarse se vuelve sueltos y colapsables con mayor grado de humedad.
- 3º. El factor principal que resquebrajan el concreto es la cristalización de las sales solubles presentes en los postes y los esfuerzos expansivos del incremento de volumen del acero por la herrumbre generada en la superficie de acero por los agentes agresivos presentes. En las zonas expuestas al medio ambiente de varillas de hierro y grietas, se observó corrosión muy avanzada; a causa de la inestabilidad del fierro al medio ambiente.
- 4º. La presencia de iones despasivantes es un factor importante en el mecanismo de la corrosión en los postes evaluados, observándose mayor presencia de estos iones en el concreto que en el terreno.
- 5º. La alcalinidad del concreto se debe a la carbonatación existente en los postes estudiados. El concreto carbonatado permite una corrosión del acero con mayor facilidad por cloruros.
- 6º. La agresividad del ion cloruro al fierro para las muestras de concreto, no son críticos, al evaluarlos con valores críticos de cloruros en concreto armado.
- 7º. Se ha observado que en la urbanización ENACE se tiene instalado un total de 187 postes de baja tensión, de las cuales 72 postes están corroídos en diferentes grados, tanto en el concreto como en la estructura de fierro, los mismos que son visibles. El suelo de la urbanización ENACE no es agresivo para la corrosión y la presencia de iones cloruros, sulfatos y la carbonatación no son significativos, siendo de manera general la corrosión de los postes lenta.

RECOMENDACIONES

1. Los insumos (arena, agregado fino y agua) utilizados para la preparación de concreto en la fabricación de postes con fines de soporte de la transmisión de energía eléctrica, no deben contener iones agresivos para el concreto armado.
2. En la norma técnica peruana NTP 339-027 para fabricación de postes CAC sólo establece recomendaciones para garantizar en el poste una buena resistencia mecánica. La norma se debe incorporar una metodología para la proteger el concreto armado ante la presencia de iones agresivos.
3. Se debe utilizar un método de reparación en los postes aplicando un sellador sobre la superficie de concreto, cuando la zona estén ubicados en zonas inundables, debido a que la humedad hace descender el pH activando iones agresivos contra el concreto armado; a su vez hacer disminuir significativamente la alcalinidad del concreto causando la corrosión.
4. En el proceso de instalación de los postes se deberá evitar causar grietas al concreto en la instalación, con la finalidad de anular el crecimiento de agentes agresivos en zonas dañadas de un poste recién instalado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso, F. (2013). *Alteración, durabilidad y conservación de materiales rocosos* España Departamento de Geología (Petrología y Geoquímica). Universidad de Oviedo. Recuperado de http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/5296/mod_resource/content/1/Practica%203_Sales%20solubles.pdf
2. American Society for Materials ASM, 1996. *Corrosión*. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>.
3. Ávila, J. y Genescá, J. (2016). *Corrosión electroquímica*. Enciclopedia virtual. Recuperado de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_6.htm.
4. Cabildo M., Cornago M., Escolástico C., Esteban S., López C., Sanz D. (2013). *Bases químicas del medio ambiente*. España- Madrid: Unidad Didáctica UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Edición digital.
5. Centros de Excelencia Técnica Unidad Normalización y Especificaciones (CETUNE) (2015). *Especificación técnica postes de concreto*. Recuperado de <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/Especificaciones Tecnicas/Postes/ET-TD-ME04-01%20POSTES%20DE%20CONCRETO.PDF>.
6. Crespo, C. (2016). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo#/media/File:Soil_profile.jpg.
7. Cyrille, S. (2009). *Hormigón*. Enciclopedia virtual. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>.
8. Explorable (2016). *Muestreo no probabilístico*. Recuperado de <https://explorable.com/es/muestreo-no-probabilistico>.
9. Faletti, E. (2011). *Postes de Baja y Torres de Alta Tensión*. Enciclopedia virtual. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/postesbaja-y-torres-alta-tension/postes-baja-y-torres-alta-tension.pdf>.
10. Fletes, O. (2016). *La importancia del concreto como material de construcción*. Enciclopedia virtual. Recuperado de https://www.academia.edu/7037474/La_importancia_del_concreto_como_material_de_construccion.
11. Franda, R., Yácono, J.C. (2003). *Materiales: la corrosión, su tradición y alcances*. Perú- Lima: SISBIB Revista del Instituto de Investigación, Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, UNMSM.
12. Garcés, P., Climent, M. A., Zornoza, E. (2008). *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado*. España, Alicante: Editorial Club Universitario.
13. Gines, N. G. (2013). *Química agrícola, química del suelo y de nutrientes esencial*. España-Madrid: Mundi-Prensa Libros.
14. Gonzales, C. M. (1998). *La corrosión del concreto en ambiente marino*, I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción, organizado por el American Concrete Institute, Capítulo Peruano. Recuperado de http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/67826-8-1.pdf
15. González, E. y Alloza, A.M. (2011). *Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio*. Recuperado de

https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/2096/mod_page/content/1/FichasTemas/tema16-carbonatacion.pdf

16. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE Std) 81, (1983) *IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potencial of a ground system*. New York, USA. Recuperado de <https://standards.ieee.org/findstds/standard/81-1983.html>
17. Magrina, J. (2004). *Metrología*. Recuperado de <http://jorgemagrinametrologia.blogspot.pe/2010/04/calibrador-con-vernier-o-pie-de-rey.html>
18. Melgratti, M. R. (2005). *Procedimientos Analíticos para Suelos Normales y Salinos Técnicas Utilizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua*. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210827.pdf>
19. Morales, C. D., (2006). *Tipos de corrosión*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos60/corrosion/corrosion.shtml>.
20. Paredes, J. (2008). *Corrosión del acero en elementos de hormigón armado: vigas y columnas*. Recuperado de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24384/1/Paper%20Pa redes-Prieto.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24384/1/Paper%20Pa%20redes-Prieto.pdf).
21. Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos (RNICS) (1999). *Suelo*. Argentina. Servicio de Conservación de Recursos Naturales Instituto de Calidad de Suelos.
22. Rivas B. (2016). *Suelo*. Enciclopedia virtual. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.shtml#clasif>.
23. Rocha, A. (2005). *Desempeño de evaluación de la degradación del refuerzo de hormigones armados protegidos con impermeabilizante en un medio industrial de residuos lácteos*. (Tesis pregrado) Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de ingeniería. Escuela ingeniería civil en obras civiles.
24. Rocha, A. E. (2005). *Desempeño de evaluación de la degradación del refuerzo de hormigones armados* (Tesis pregrado). Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcir672d/doc/bmfcir672d.pdf>.
25. Seminario, O. V. (2003). *Evaluación de la Corrosión en Postes de Concreto Armado de la Urbanización los Tallanes* (Tesis de pregrado). Piura-Perú. Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1266>
26. Sepúlveda, L. (1999). *La contaminación ambiental*. Recuperado de <http://colegioamerica.edu.uy/MATERIAL/GEOGRAFIA/libro%20contaminacion.pdf>.
27. Silva, N. (2011). *Corrosión en las armaduras del concreto factores que afectan y desencadenan la corrosión en las armaduras del concreto*. Venezuela Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado.
28. TrabANELLI, G.; ZUCCHI, F.; ARPAIA, M. (1975) Methods of Determination of Soil Corrosiveness with Respect to Metallic Structures. In: Annali Dell'Università Di Ferrara,. Chimica Pura Ed Applicata, 1970, vol. III, N° 4, Ferrara Italia.

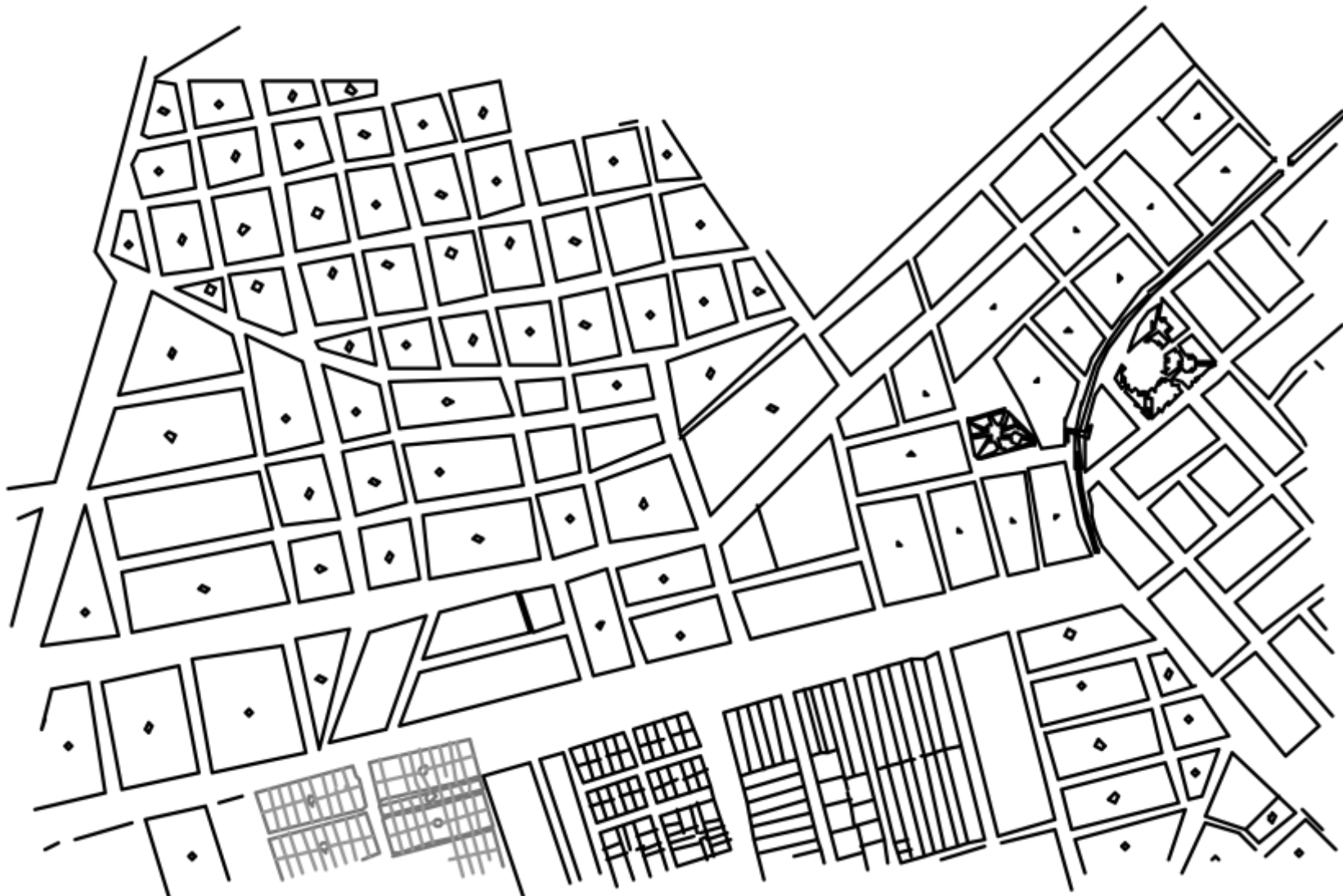
ANEXOS

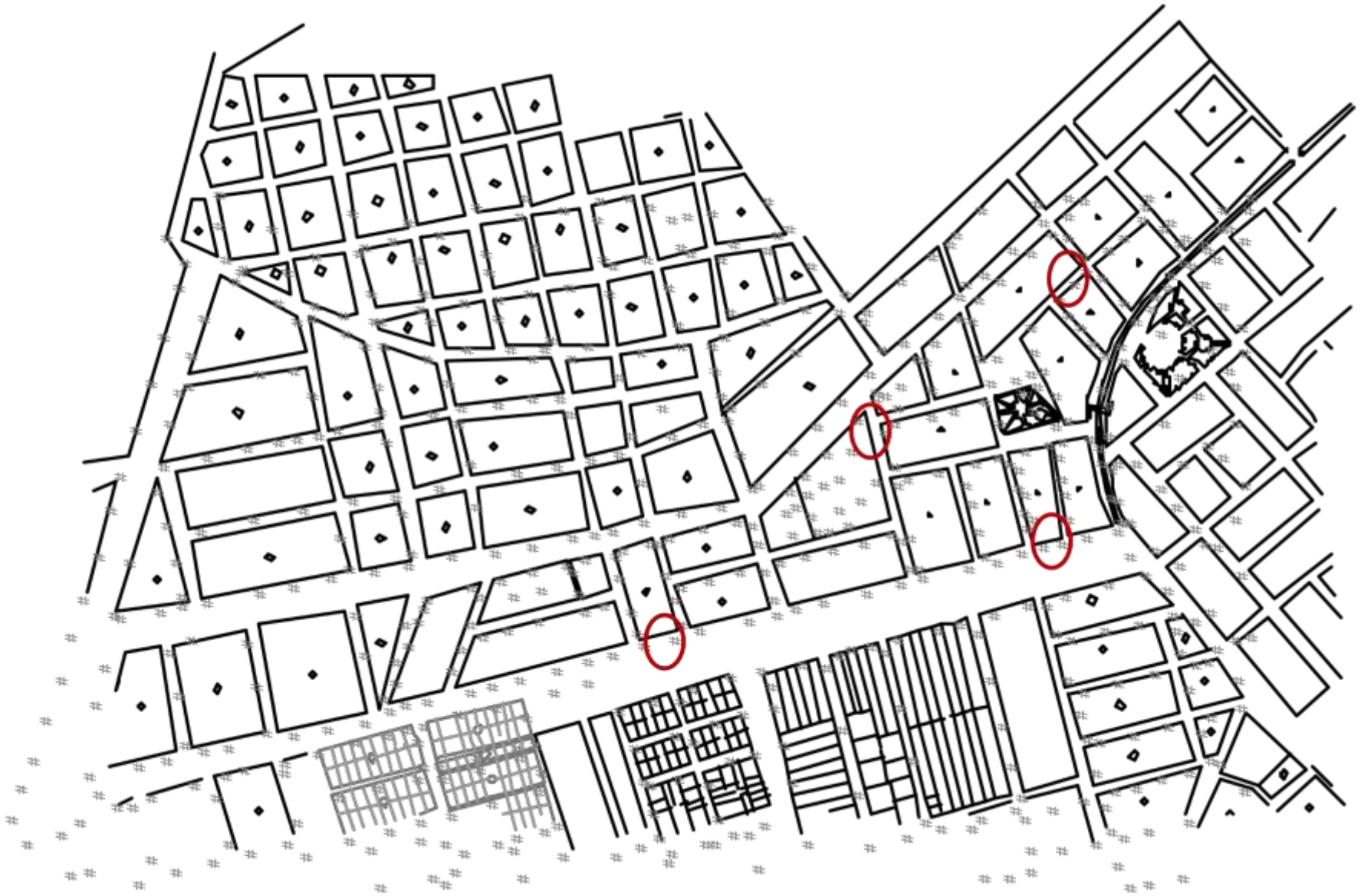
ANEXO 1

Anexo 1.1: Mapas de ubicación de la zona de estudio.









ANEXO 2

Resultados obtenidos.

Tabla A.2.1. Dirección de las zonas de muestreo

Muestra	Dirección	Observaciones
M1	Av. Pérez de Cuellar Mz. I Lote 05	Grave
M2	Av. Pérez de Cuellar Mz. R Lote 01	Grave
M3	Enace Mz. M Lote 03	Regular
M4	Pasaje Los Geranios N° 260 / Enace H - 28	Muy grave

Tabla A.2.2. Ubicación de postes con problemas de corrosión

Número	Dirección	Observaciones
1	Av. Pérez de Cuellar Mz. I Lote 05	Grave
2	Av. Pérez de Cuellar Mz. R Lote 01	Grave
3	Enace Mz. M Lote 03	Regular
4	Pasaje Los Geranios N° 260 / Enace H - 28	Muy grave
7	Av. Pérez de Cuellar Mz. S Lote 33	Muy grave
8	Av. Pérez de Cuellar Mz. S Lote 37	Grave
9	Av. Pérez de Cuellar Mz. R Lote 05	Regular
10	Av. Pérez de Cuellar Mz. P Lote 17	Regular
11	Av. Pérez de Cuellar Mz. R Lote 25	Regular
12	Av. Pérez de Cuellar Mz. R Lote 21	Regular
13	Av. Pérez de Cuellar Mz. O Lote 27	Regular
14	Urb. José O. Vergara Mz. I Lote 15	Grave
15	Urb. José O. Vergara Mz. I Lote 19	Regular
16	Av. Independencia s/n	Muy grave
17	Av. Independencia Mz. F Lote 14	Muy grave
18	Av. Independencia Mz. C Lote 05	Muy grave
19	Av. Independencia Mz. A Lote 19	Muy grave

Tabla A.2.3. Determinación de pH

Muestra suelo	lecturas pH			promedio
	1	2	3	
1	7,42	7,43	7,35	7,4
2	7,87	7,84	7,82	7,84
3	7,24	7,33	7,51	7,36
4	7,61	7,58	7,55	7,58

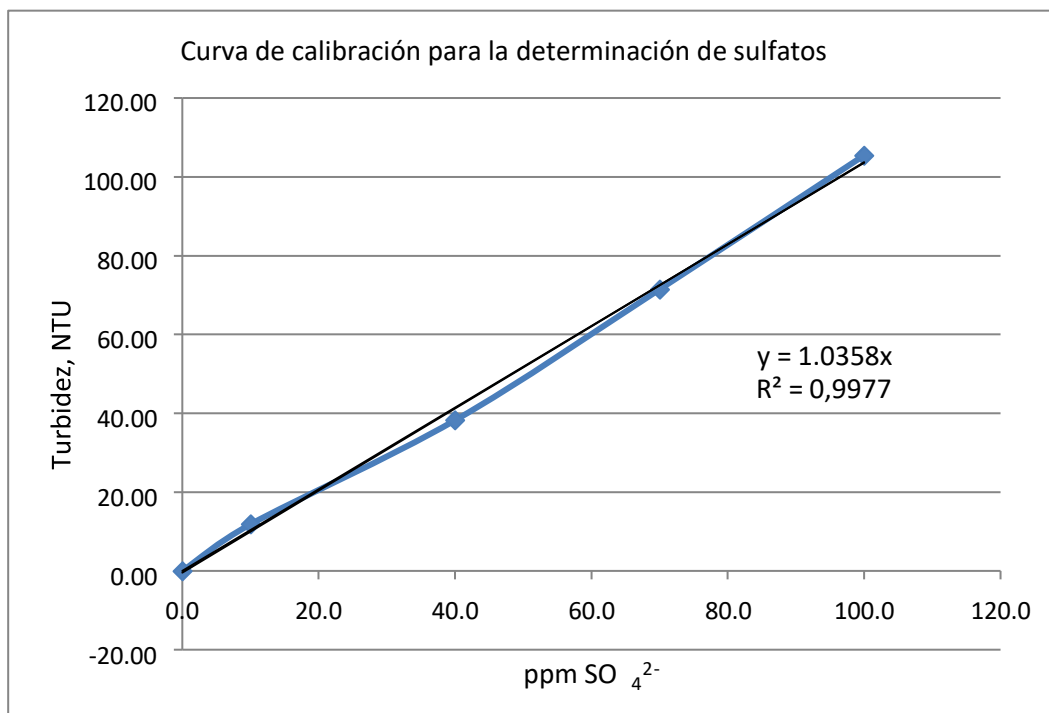
Tabla A.2.4. Determinación de R.E. (ohm-cm) - medida de resistividad eléctrica del suelo

Muestra1	R.E, MO	distancia, cm	R.E, o-cm
Derecha	180	50	3600
Izquierda	215	50	4300
Centro	131	50	2620
		Promedio	3506,7
Muestra2	R.E, MO	distancia, cm	R.E, o-cm
Derecha	32	50	640
Izquierda	215	50	4300
Centro	138	50	2760
		Promedio	2566,7
Muestra3	R.E, MO	distancia, cm	R.E, o-cm
Derecha	153	50	3060
Izquierda	232	50	4640
Centro	142	50	2840
		Promedio	3513,3
Muestra4	R.E, MO	distancia, cm	R.E, o-cm
Derecha	127	50	2540
Izquierda	81	50	1620
Centro	131	50	2620
		Promedio	2260,0

Determinación de sulfatos (SO_4^{2-} mg/100g)

Tabla A.2.5. Soluciones patrón y turbidez

ppm SO_4^{2-}	Turbidez, NTU
0.0	0,00
10.0	11,83
40.0	38,22
70.0	71,45
100.0	105,45



Muestra	Lectura turbidez, NTU	ppm SO ₄ ²⁻	mg/100gSO ₄ ²⁻
1	54,31	524,33	52,43
2	16,92	163,38	16,34
3	16,92	163,38	16,34
4	12,90	124,50	12,45

Se ha diluido la solución 1:10

Tabla A.2.6. Determinación de cloruros (Cl⁻ mg/100g)

Muestra	g	Vdisuelto mL	Alicuota mL	N _{AgNO₃}	%hs	V _{AgNO₃} mL	V _b mL	V _{gast} mL	f _{AgNO₃}	meqCl	ppmCl	mg/100 g Cl ⁻
1	100	250	25	0,06093	10,09	42,5	2,8	39,7	1.00	96,75	345,57	34,56
2	100	250	25	0,06093	10,7	37,9	2,8	35,1	1.00	85,53	323,96	32,40
3	100	250	25	0,06093	6,66	51,5	2,8	48,7	1.00	118,66	279,77	27,98
4	100	250	25	0,06093	13,03	18,2	2,8	15,4	1.00	37,46	172,79	17,28

$$f_{AgNO_3} = \frac{V_{NaCl} \times N_{NaCl}}{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3}} = \frac{meq_{NaCl}}{meq_{AgNO_3}} = \frac{\left(\frac{0,0228 \times 1 \times 1000}{58,44}\right)}{(6,4 \times 0,06093)} = 1,000491694$$

Tabla A.2.7. Determinación de sales solubles (mg/100g)

Muestra	Conductividad, μS	(1.4-2.0) $\mu\text{S}=1$ ppm	ppm	mg/100g
1	1478,4	1,7	869,65	86,96
2	794,4	1,7	467,29	46,73
3	768,6	1,7	452,12	45,21
4	468,8	1,7	275,76	27,58

Tabla A.2.8. Determinación de magnesio (Mg^{2+} mg/100g)

Muestra	V _{EDTA} dureza total, mL	V _{EDTA} dureza cálcica, mL	N _{EDTA}	Dureza total ppm CaCO_3	Dureza cálcica, ppm CaCO_3	Dureza magnésica, ppm CaCO_3	ppm Mg^{2+}	mg Mg^{2+} /100g
1	2,9	1,1	0,02599	75,44	28,61	46,82	11,37	1,1
2	4,9	3,8	0,02599	127,47	98,85	28,61	6,95	0,7
3	11,7	9,7	0,02599	304,36	252,33	52,03	12,64	1,3
4	6,8	4,8	0,02599	176,89	124,86	52,03	12,64	1,3

Determinación de amonio

La determinación de amonio se realizó por el método de Kjeldahl, en la que el agua producto de la disolución del amonio en las muestras son digeridas en medio ácido sulfúrico en presencia de sulfato potásico y sulfato de mercurio, el amoniaco desprendido se determina por valoración por retroceso con ácido fuerte (ácido sulfúrico). En todas las muestras no se produce el viraje de color característico.

Muestra	V _{NaOH} , mL
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	0,0

Tabla A.2.9. Determinación de la alcalinidad total (g/kg)(carbonato)

muestra	g	V _{disuelto} , mL	alicuota, mL	V _{GAM} , mL	PM _{CaCO3}	N _{H2SO4}	ppm _{NaHCO3}	g/Kg _{CO32-}
1	100	250	25	0,3	100,09	0,38697	580,98	0,4151
2	100	250	25	0,2	100,09	0,38697	387,32	0,2767
3	100	250	25	0,3	100,09	0,38697	580,98	0,4151
4	100	250	25	0,4	100,09	0,38697	774,64	0,5534

Tabla A.2.10. Determinación de la acidez total (meq/kg)

Muestra	g	V _{disuelto} , mL	alícuota, mL	V _{G_F} , mL	V _{G_{AM}} , mL	PM _{CaCO₃}	N _{NaOH}	meq/kg
1	100	250	25	21,2	0	100,09	0,01625	3,45
2	100	250	25	31,8	0	100,09	0,01625	5,17
3	100	250	25	22,3	0	100,09	0,01625	3,62
4	100	250	25	20,2	0	100,09	0,01625	3,28

Tabla A.2.11. Determinación de la humedad higroscópica (%)

Muestra	mlr	mlr+mm	m	%ms	mh	%h
1	12,2874	16,8604	5,0861	89,9117	0,5131	10,09
2	12,6563	17,1954	5,0832	89,2961	0,5441	10,70
3	13,1969	17,8827	5,0201	93,3408	0,3343	6,66
4	12,3756	16,9830	5,2977	86,9700	0,6903	13,03

Tabla A.2.12. Evaluación del recubrimiento y potencial del concreto

Postes	Ubicación		Concreto corroído			Fierro corroído		
	GPS	UTM	Espesor, mm	Ancho, cm	Altura, cm	Diámetro del Fierro, mm		Potencial, mV
01	18L0583653	8546885	24,3	35	17	8,8	9,7	-305
02	18L0583589	8547279	7,6	14	50	9,6		-260
			17,0			9,2	11,4	
03	18L0583687	8547317	12,4	18	46	9,9		-325
04	18L0583859	8546921	19,0	28	78	9,0	9,8	-290

Tabla A.2.13. Determinación de cloruros en el concreto

Muestra	g	V _{disuelto} ml	alícuota, mL	V _{AgNO₃} mL	PMCl ⁻	N _{AgNO₃}	ppmCl ⁻	%Cl ⁻
1	100	250	25	2,8	35,45	0,06093	604,77	0,0605
2	100	250	25	4,1	35,45	0,06093	885,55	0,0886
3	100	250	25	3,5	35,45	0,06093	755,96	0,0756
4	100	250	25	12	35,45	0,06093	2591,86	0,2592

Tabla A.2.14. Determinación de sulfatos en el concreto

Muestra	SO ₄₂₋ , NTU	SO ₄₂₋ ppm	SO ₄₂₋ mg/100g
1	18,44	1780,57	178,06
2	18,51	1786,80	178,68
3	18,91	1825,20	182,52
4	13,55	1308,27	130,83

Se ha diluido la solución 1:100

ANEXO 3. Galería fotográfica

Anexo 3.1: Muestreo



Punto de muestreo 1:(GPS: 18L0583653, 8546885 UTM).



Punto de muestreo 2: (GPS: 18L0583589, 8547279 UTM).



Punto de muestreo 3 (GPS: 18L0583687, 8547317 UTM)



Punto de muestreo 4 (GPS: 18L0583859, 8546921 UTM)

ANEXO 3.2

Prueba de alcalinidad y carbonatación



Muestras de suelo y concreto.



Preparación de la muestra para el análisis, suelo y concreto



Extracto acuoso de las muestras de suelo.



Filtrado del extracto acuoso de las muestras de suelo.



Extracto acuoso en muestra de concreto



Filtrado del extracto acuoso de las muestras de concreto

ANEXO 3.3

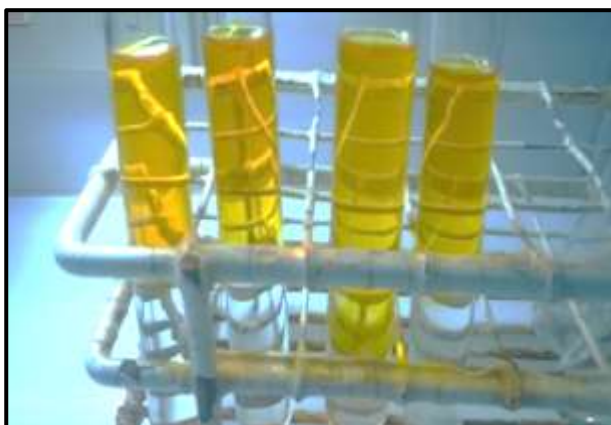
Prueba de alcalinidad y carbonatación cualitativa en las muestras de concreto



Muestra de concreto,
extractos: 1, 2, 3, y 4



Prueba de la fenolftaleína;
la coloración indica
presencia de álcalis y el
grado de carbonatación: 1,
2, 3 y 4.



Prueba del anaranjado de metilo,
la coloración indica la presencia
de álcalis: 1, 2, 3 y 4.

ANEXO 3.4

Evaluación del contenido de cloruros, alcalinidad y acidez



Prueba cualitativa de cloruros en el concreto.



Determinación de cloruros en muestras de suelo y concreto



Determinación de alcalinidad y acidez en muestras de suelo y concreto.

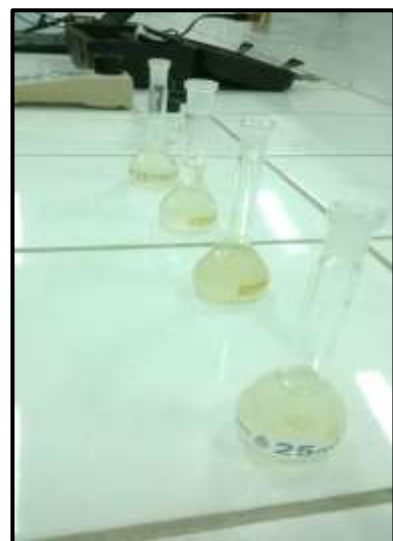
ANEXO 3.5
Análisis de sulfatos



Prueba cualitativa de fosfatos en muestras de concreto



Determinación de sulfatos en muestras de suelo y concreto.



Determinación de sulfatos en muestras de suelo y concreto.

ANEXO 3.6: Prueba de resistencia y potencial



Medición de la resistencia de terreno.



Medición de la resistencia de terreno.



Medida de área afectada, profundidad, y espesor de armadura.



Localización de las muestras.



Medida del potencial de la armadura.

Anexo 4

**ASTM Internacional-Designación: C876–91 (Reaprobada 1999), Método
Estándar de Ensayo para Potenciales de Media Celda para Acero de
Refuerzo no Revestido en Concreto**



Designación: C 876 – 91 (Reaprobada 1999)

Método Estándar de Ensayo para Potenciales de Media Celda para Acero de Refuerzo no Revestido en Concreto.

1. Alcance

1.1 Este método de ensayo cubre la estimación del potencial eléctrico de media celda del acero de refuerzo no revestido dentro del concreto, tanto en el campo como en el laboratorio, con el propósito de determinar la actividad corrosiva del acero de refuerzo.

1.2 Este método de ensayo está limitado por un sistema de circuitos eléctricos. Una superficie de concreto que ha sido secada para extender este es un dieléctrico y superficies que son revestidas con un material dieléctrico no proporcionaran un aceptable circuito eléctrico. La configuración básica del circuito eléctrico es mostrada en la Fig. 1

1.3 Los valores establecidos en unidades libras-pulgadas serán considerados como estándar.

1.4 Este estándar no se propone dar lineamientos a los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud, determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras previas a su uso.

2. Documentos Referenciados

2.1 Estándar ASTM: G3 Práctica para Convención Aplicable a Mediciones Electroquímicas en Ensayos de Corrosión.

(Vol. 03.02)

3. Significado y Uso

3.1 Este método de ensayo es compatible para evaluación en servicio y para uso en investigación y desarrollo de trabajos.

3.2 Este método de ensayo es aplicable a miembros estructurales a pesar de su tamaño o la profundidad de recubrimiento del concreto sobre el acero de refuerzo.

3.3 Este método de ensayo puede ser usado en cualquier tiempo durante la vida de un miembro estructural de concreto.

3.4 Los resultados obtenidos por el uso de este método de ensayo no deben ser considerados como una medida para estimar las propiedades estructurales del acero o del miembro de concreto reforzado.

3.5 Las medidas potenciales serán interpretadas por los ingenieros o técnicos especialistas experimentados en el campo de materiales de concreto y ensayos de corrosión. Siempre es necesario el uso de otra

información tal como el contenido de cloruro, profundidad de carbonatación, examinar resultados de laminación, resultados de rata de corrosión y condiciones de exposición ambiental, en adición a las mediciones potencial de media celda, para formular conclusiones relativas a la actividad de corrosión del acero embebido y su probable efecto en la vida de servicio de la estructura.

4. Aparatos

4.1 El aparato de ensayo consiste de lo siguiente:

4.1.1 Media celda:

4.1.1.1 Una media celda de sulfato de cobre-cobre (Nota 1) como se muestra en la Fig.2. Esta consiste en un tubo rígido o recipiente compuesto de un material dieléctrico que no reacciona con cobre o sulfato de cobre, una madera porosa o tapón plástico que permanezca húmedo por acción capilar y una varilla de cobre que este inmersa dentro del tubo en una solución saturada de sulfato de cobre. La solución será preparada con sulfato de cobre grado reactivo, cristales disueltos en agua destilada o deionizada. La solución puede ser considerada saturada cuando un exceso de cristales (no disueltos) yace en el fondo de la solución.

4.1.1.2 El tubo rígido tendrá un diámetro interno no menor que 1 pulg. (25 mm); el diámetro del tapón poroso no será menor que ½ pulg. (13 mm); el diámetro de la varilla de cobre inmersa no será menor que ¼ pulg. (6 mm) y la longitud no será menor que 2 pulg. (50 mm).

4.1.1.3 El presente criterio está basado en la reacción de media celda $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{++} + 2e$ indicando que el potencial de sulfato de cobre-cobre saturado de media celda como

referenciado al electrodo de hidrógeno es -0.316 V a 72°F (22.2°C). La celda tiene un coeficiente de temperatura de alrededor 0.0005 V más negativo por $^\circ\text{F}$ para el rango de temperatura de 32 a 120°F (0 a 49°C).

Nota 1—Cuando este método de ensayo especifique solo un tipo de media celda, esta será, la media celda de sulfato de cobre-cobre, pueden ser usadas otras que tengan similar rango de medida, características de precisión y exactitud. En adición la celda de sulfato de cobre-cobre, celdas de calomel han sido usadas en los estudios de laboratorio.

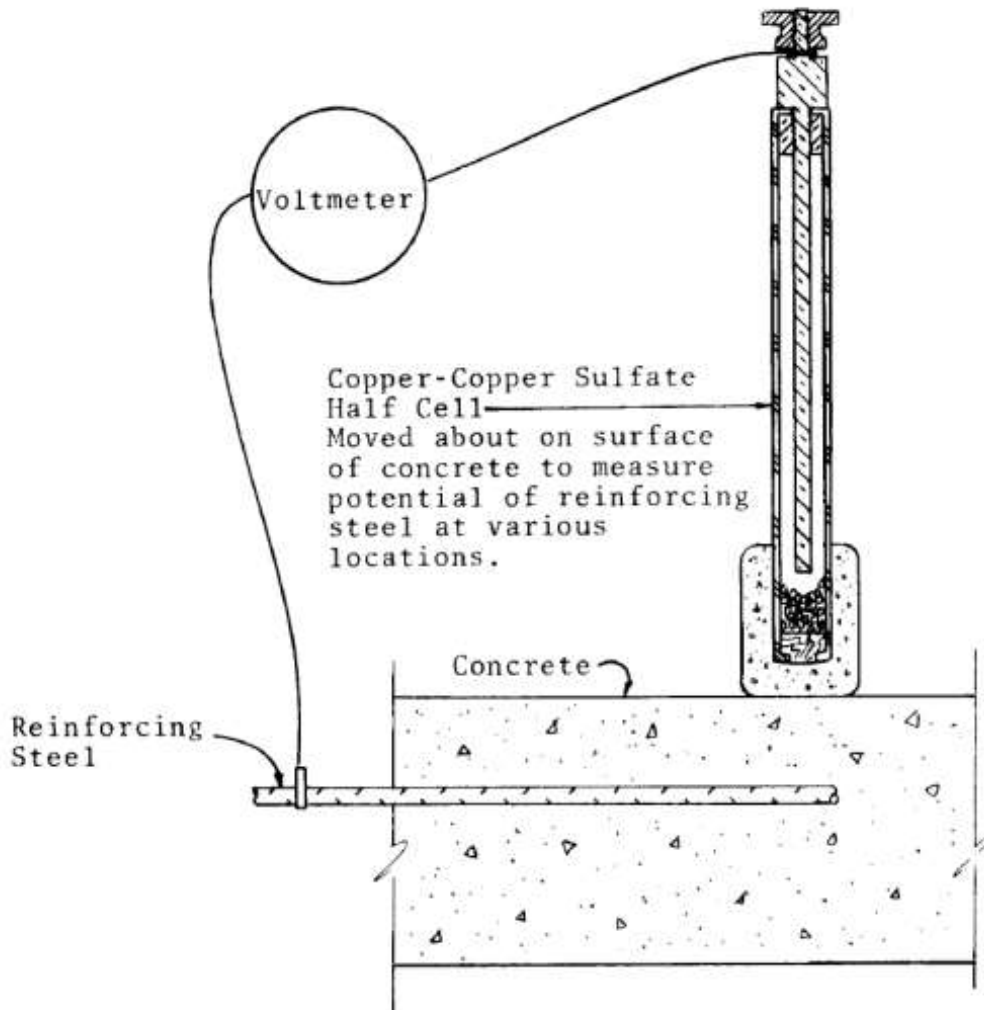


FIG. 1 Copper-Copper Sulfate Half Cell Circuitry

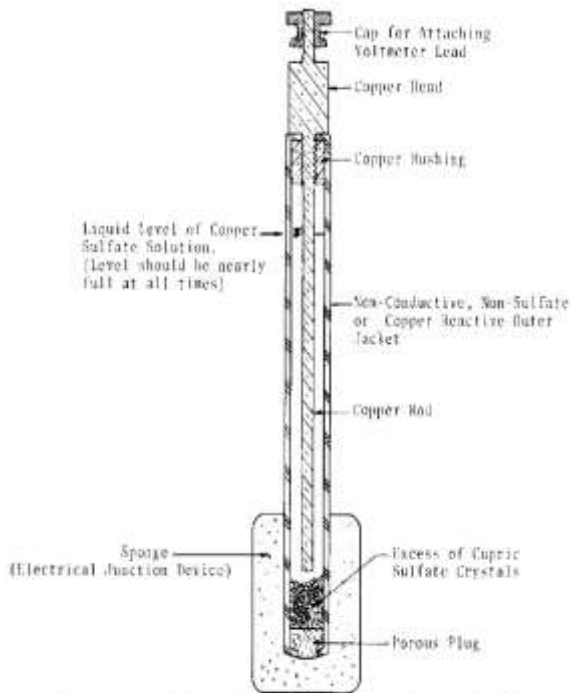


FIG. 2 Sectional View of a Copper-Copper Sulfate Half Cell

4.1.2 Recipiente con Empalme Eléctrico—Un recipiente con empalme eléctrico debe ser usado para proporcionar una resistencia eléctrica baja, puente

resistencia eléctrica baja. Las esponjas pueden ser plegadas alrededor y adheridas a la punta de la media celda como para proporcionar continuidad eléctrica entre el tapón poroso y el miembro de concreto.

4.1.3 Solución de Contacto Eléctrico—En orden de estandarizar la caída de potencial a través de la porción del circuito de concreto, una solución de contacto eléctrico debe ser usada para humedecer el recipiente con empalme eléctrico. Una de las soluciones está compuesta de una mezcla de 95 ml de agente humectante (comercialmente disponible) o un líquido con detergente casero, mezclado con 5 galones (19 Litros) de agua potable. Bajo temperaturas de trabajo menores a 50 °F (10 °C), aproximadamente 15 % por volumen de ambos, isopropil o alcohol desnaturalizado pueden ser adicionados para prevenir nublarse la solución de contacto eléctrico, desde entonces lo nublado puede inhibir la penetración del agua en el concreto a ser ensayado.

4.1.4 Voltímetro – El voltímetro debe tener la capacidad, siendo operado por baterías y tener ± 3 % de precisión al final de la escala en los rangos de voltaje en uso. La impedancia de entrada no deberá ser menor que 10 M Ω cuando es operado a escala completa de 10 mV. Las divisiones en la escala usada serán como una diferencia de potencial de 0.02 V o menos y pueden ser leídos sin interpolación.

4.1.5 Cables Conductores eléctricos – El cable conductor de electricidad será de tal dimensión que su resistencia eléctrica para la longitud usada no perturbe el circuito eléctrico por más de 0.0001 V. Este debe ser acompañado de por el uso de no más de 500 pies lineales (150 m) de al menos cable AWG No. 24. El cable será compatible cubierto con un tipo de aislamiento directo.

5. Calibración y Estandarización

5.1 Cuidado de la Media Celda — El tapón poroso será cubierto cuando no esté en uso por largos períodos para asegurar que éste no se ponga seco al punto que este se vuelva un dieléctrico (sobreseco, los poros pueden volverse una obstrucción con sulfato de cobre cristalino). Si las celdas no producen la reproductividad o concordancia entre las celdas descritas en la sección 11, limpiando la varilla de cobre en la media celda se puede rectificar el problema. La varilla puede ser limpiada con un paño y una solución diluida de ácido hidrociorhídrico. La solución de sulfato de cobre será renovada mensualmente o antes de cada uso, cualquiera que cubra el periodo mayor. En ningún tiempo la lana de acero o cualquier otro contaminante será usado para limpiar la varilla de acero o el tubo de media celda.

6. Procedimiento

6.1 Espaciamento entre medidas – Cuando no está predefinido un espaciamento mínimo entre medidas en la superficie del miembro de concreto, es de valor pequeño para tomar dos medidas desde virtualmente el mismo punto. Contrariamente, las medidas tomadas con espaciamento muy ancho tampoco pueden detectar la actividad corrosiva que está presente ni resulta en la acumulación adecuada de datos para evaluación. El espaciamento será entonces consistente con el elemento que está siendo investigado y el proyectado uso final de las mediciones (Nota 2).

Nota 2 –Un espaciamento de 4 pies (1.2 m) ha sido encontrado satisfactorio para evaluación en losas de puentes. Generalmente, espaciamentos largos incrementan la posibilidad de que las áreas de corrosión localizadas, no sean detectadas. Las mediciones pueden ser tomadas en una rejilla o en un patrón al azar. El espaciamento entre medidas generalmente será reducido donde las lecturas adyacentes muestren una diferencia algebraica que exceda los 150 mV (áreas de actividad corrosiva alta). El espaciamento mínimo generalmente proporciona al menos una diferencia entre lecturas de 100 mV.

6.2 Conexión Eléctrica para el Acero:

6.2.1 Haga una conexión eléctrica directa con el acero de refuerzo, por medio de una compresión tipo abrazadera o por soldadura, a una varilla saliente. Para asegurar una conexión de resistencia eléctrica baja, raspe o cepille la varilla antes de conectar al acero de refuerzo. En algunos casos, esta técnica puede requerir la remoción de alguna parte de concreto para exponer el acero de refuerzo. Conecte eléctricamente el acero de refuerzo al terminal positivo del voltímetro.

6.2.2 El acoplamiento puede ser directamente al acero de refuerzo, excepto en casos donde esto pueda ser documentado que un miembro de acero expuesto está directamente adherido al acero de refuerzo. Algunos miembros, tales como presas de expansión, placas, trabajos elevados y parapeto de rieles pueden no estar directamente ligados al acero de refuerzo y entonces puede producir la invalidez de las lecturas. La continuidad eléctrica de los componentes del acero con el acero de refuerzo puede ser establecida mediante la medida de la resistencia entre los componentes del acero separados extensamente sobre la cubierta. Donde la medida de ensayos duplicados es continuada sobre un largo período de tiempo, idénticos puntos de conexión deben ser usados cada vez, para una medida dada.

6.3 Conexión Eléctrica de la Media Celda – Una conexión eléctrica al final del cable conductor de la media celda y el otro extremo del mismo cable al terminal negativo del voltímetro.

6.4 Pre-humedecimiento de la Superficie de Concreto:

6.4.1 Bajo ciertas condiciones, la superficie de concreto o un material de sobrecapa, o ambas, pueden ser pre-humedecidas por cualquiera de los métodos descritos en 6.4.3 o 6.4.4 con la solución descrita en 4.1.3 para decrecer la resistencia eléctrica del circuito.

6.4.2. Un ensayo para determinar la necesidad de pre-humedecer puede ser hecho así:

6.4.2.1. Coloque la media celda en la superficie de concreto y manténgala sin moverse.

6.4.2.2. Observe el voltímetro para una de las condiciones siguientes:

a) El valor medido del potencial de media celda no cambia o fluctúa con el tiempo.

b) El valor medido del potencial de media celda cambia o fluctúa con el tiempo.

6.4.2.3 Si la condición (a) es observada, el pre-humedecimiento de la superficie de concreto no es necesario. Sin embargo, si la condición (b) es observada, el prehumedecimiento es requerido para una cantidad de tiempo en la cual la lectura del voltaje es estable (± 0.02 V) observada por al menos 5 minutos. Si el pre-humedecimiento no puede obtener la condición (a), la resistencia eléctrica del circuito es demasiado grande para obtener medidas validas de potenciales de media celda del acero o corrientes erradas desde un sistema de tracción de corriente directa cercana u otra fluctuación de corriente directa, tales como soldadura de arco, está afectando la lectura. En ambos casos, el método de media celda no debe ser usado.

6.4.3 Método A para Pre-humedecimiento de Superficies de Concreto—Use el método A para aquellas condiciones donde una mínima cantidad de pre-humedecimiento es requerido para obtener la condición (a) como se describe en 6.4.2.2. Acompañando esto de rociado u otra forma de humedecer la superficie de concreto entera o solamente los puntos de medición como se describe en 6.1 con la solución descrita en 4.1.3. Ninguna superficie libre de agua debe permanecer entre los puntos de la rejilla cuando se inicien las medidas de potencial.

6.4.4 Método B para Pre-humedecimiento de Superficies de Concreto—En este método sature las esponjas con la solución descrita en 4.1.3 y colóquelas en la superficie del concreto en la ubicación descrita en 6.1. Mantenga las esponjas en el lugar por un período de tiempo necesario para obtener la condición (a) descrita en 6.4.2.2. No remueva las esponjas de la superficie de concreto hasta después de que sean hechas las lecturas de potenciales de media celda. Después de efectuar las mediciones, coloque el dispositivo de empalme eléctrico descrito en 4.1.2 firmemente en el borde de las esponjas de pre-humedecimiento hasta la

6.5 Mediciones Horizontales y Verticales bajo el agua (Underwater)

6.5.1 Las medidas de potencial detectan la actividad corrosiva pero no necesariamente la localización de la actividad corrosiva. La localización precisa de la actividad corrosiva requiere conocimiento de la resistencia eléctrica del material entre la media celda y el acero corroído. Mientras que las mediciones bajo el agua sean posibles, los resultados con respecto a la localización de corrosión pueden ser interpretados muy cuidadosamente. Frecuentemente no es posible localizar con precisión puntos de actividad corrosiva bajo el agua en ambientes de agua salada porque las lecturas de potencial a lo largo del elemento aparecen uniformes. Sin embargo, la magnitud de las lecturas sirve para indicar que ya sea o no, la actividad corrosiva está ocurriendo. Tener cuidado durante todas las mediciones bajo el agua que la media celda no sea contaminada y que ninguna otra parte que la punta porosa del electrodo de media celda con sulfato de cobre-cobre está en contacto con el agua.

6.5.2 El comportamiento horizontal y vertical ascendente de las mediciones es exactamente como en las mediciones verticales descendentes. Sin embargo, asegurar adicionalmente que la solución de sulfato de cobre-cobre en la media celda hace contactos eléctricos simultáneos con el tapón poroso y la varilla de cobre todo el tiempo.

7. Registro de los Valores de Potencial de Media Celda

7.1 Registre los potenciales eléctricos de media celda con una precisión de 0.01 V. Reporte todos los potenciales de media celda en voltios y corríjalos por temperatura si la temperatura de la media celda esta fuera del rango de 72 ± 10 °F (22.2 ± 5.5 °C). El coeficiente de temperatura para la corrección está dado en 4.1.1.3

8. Presentación de Datos

8.1 Las mediciones del ensayo pueden ser presentados por uno o ambos de los métodos siguientes: El primero, un mapa de contorno equipotencial, proporciona una delineación grafica de áreas en el elemento estructural donde la actividad de corrosión puede estar ocurriendo. El segundo método, un diagrama de frecuencia acumulativa, proporciona una indicación de la magnitud del área afectada del miembro de concreto.

8.1.1 Mapa de contorno Equipotencial — En un plan de escalas aceptable vista del elemento de concreto, trace la localización de los valores de

potenciales de media celda del acero en el concreto y dibujar el contorno de igual potencial a través de puntos de igual valor o interpolar valores iguales. El intervalo de contorno máximo será 0.10 V. Un ejemplo se muestra en la Fig. 3.

8.1.2 Distribución de Frecuencia Acumulativa – Para determinar la distribución de los potenciales de media celda medidos para el elemento de concreto, haga un ploteo de la información del papel de la probabilidad normal de la siguiente manera:

8.1.2.1 Arreglar en forma consecutiva todos los números de los potenciales de media celda, por escalones desde el potencial menos negativo al más negativo.

8.1.2.2 Determine la posición de ploteo de cada potencial de media celda numerado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f_x = \frac{r}{\sum n + 1} \times 100$$

Donde: f_x = posición de ploteo del total de observaciones para el valor observado, %, r = posición del potencial de media celda individual, y $\sum n$ = número total de observaciones.

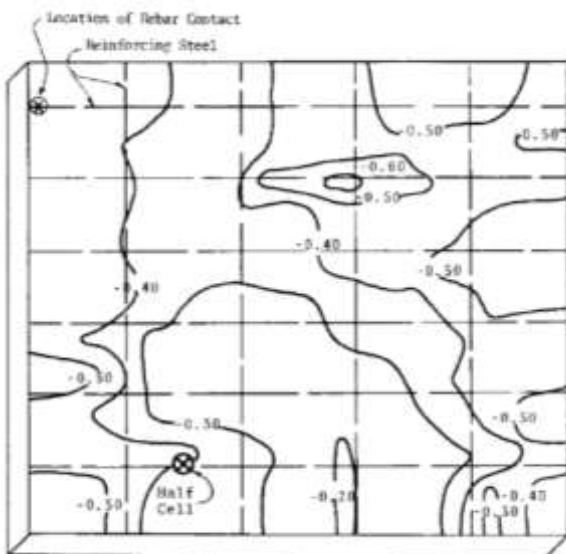


FIG. 3 Equipotential Contour Map

8.1.2.3 Etiquetar el ordinal del papel de la probabilidad “Potencial de Media Celda (Voltios, CSE),” donde CSE es la designación para electrodo de sulfato de cobre-cobre. Etiquetar la abcisa del papel de la probabilidad “Frecuencia Acumulativa (%)” Dibujar dos líneas horizontales paralelas interceptando los valores -0.20 y -0.35 V en la ordenada respectiva, a través de la gráfica.

8.1.2.4 Después de trazar los potenciales de media celda, dibuja la línea de mejor ajuste a través del valor (Nota 3). Un ejemplo del trazado completo se muestra en la Fig. 4. Nota 3 – No es usual observar un quiebre el trazo de la línea. En estos casos, la línea de mejor ajuste deben ser dos líneas rectas que se interceptan.

9. Interpretación de Resultados

9.1 Los potenciales de media celda normalmente son interpretados usando una Técnica de Magnitud Numérica o una Técnica de Diferencia de Potencial, o una combinación de ambas. Información sobre esas técnicas es presentada en el Apéndice X1.

9.2 La magnitud numérica del potencial usualmente proporciona una indicación de la presencia o ausencia de corrosión del acero embebido en mortero de cemento portland carbonatado, o concreto y cerca de la punta de media celda, proporciona que el acero no tiene un revestimiento metálico, por ejemplo, no está galvanizado. La magnitud numérica no indica la rata de corrosión del acero excepto bajo ciertas condiciones específicas.

9.3 Las interpretaciones de los potenciales de media celda bajo condiciones donde el concreto es saturado con agua, donde está carbonatado a la profundidad del acero de refuerzo, donde el acero es revestido, y bajo muchas otras condiciones, requiere de un ingeniero de corrosión experimentado o especialista, y puede requerir análisis para carbonatación, revestimiento metálico, sales tal como cloruro o bromuro y otros factores. Lineamientos y métodos de ensayo editadas por ASTM Comité G-1 y la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión pueden ser muy útiles en investigaciones que involucren determinaciones de potencial de media celda.

9.4 Los potenciales de media celda pueden ser indicadores o no de corrientes de corrosión. Estos pueden en parte o en su totalidad reflejar la química del ambiente electrodo. Por ejemplo, incrementando la concentración de cloruro se puede reducir la concentración del ion férrico en el ánodo de acero, bajando así (haciendo más negativo) el potencial. A menos que tal química, y la presencia o ausencia de reacciones de electrodo competente, sea conocido, un potencial de media celda puede ser puede no ser interpretado como indicativo de la rata de corrosión o como indicativo de una reacción de corrosión.

10. Reporte

10.1 Reporte la siguiente información:

10.1.1 Tipo de celda usada si es diferente de sulfato de cobre-cobre.

10.1.2 La temperatura promedio estimada de la media celda durante el ensayo.

10.1.3 El método para pre-humedecimiento del miembro de concreto y el método de acoplamiento del voltímetro para conducir al acero de refuerzo.

10.1.4 Un mapa de contorno equipotencial, mostrando la localización del contacto del acero de refuerzo, o un trazo de la distribución de frecuencia acumulativa de los potenciales de media celda, o ambos.

10.1.5 El % del total de los potenciales de media celda que son más negativos que -0.35 V.

10.1.6 El % del total de potenciales de media celda que son menos negativos que -0.20 V.

11. Precisión y Desviación

11.1 La diferencia entre dos lecturas de media celda tomadas en la misma localización con la misma celda no debe exceder 10 mV cuando la celda es desconectada y reconectada.

11.2 La diferencia entre dos lecturas de media celda tomadas en la misma localización con dos celdas diferentes no debe exceder 20 mV.

12. Palabras Clave

12.1 Concreto-actividad corrosiva; concreto-corrosión del acero de refuerzo; corrosión; actividad corrosiva; potenciales eléctricos de media celda; potenciales de media celda.

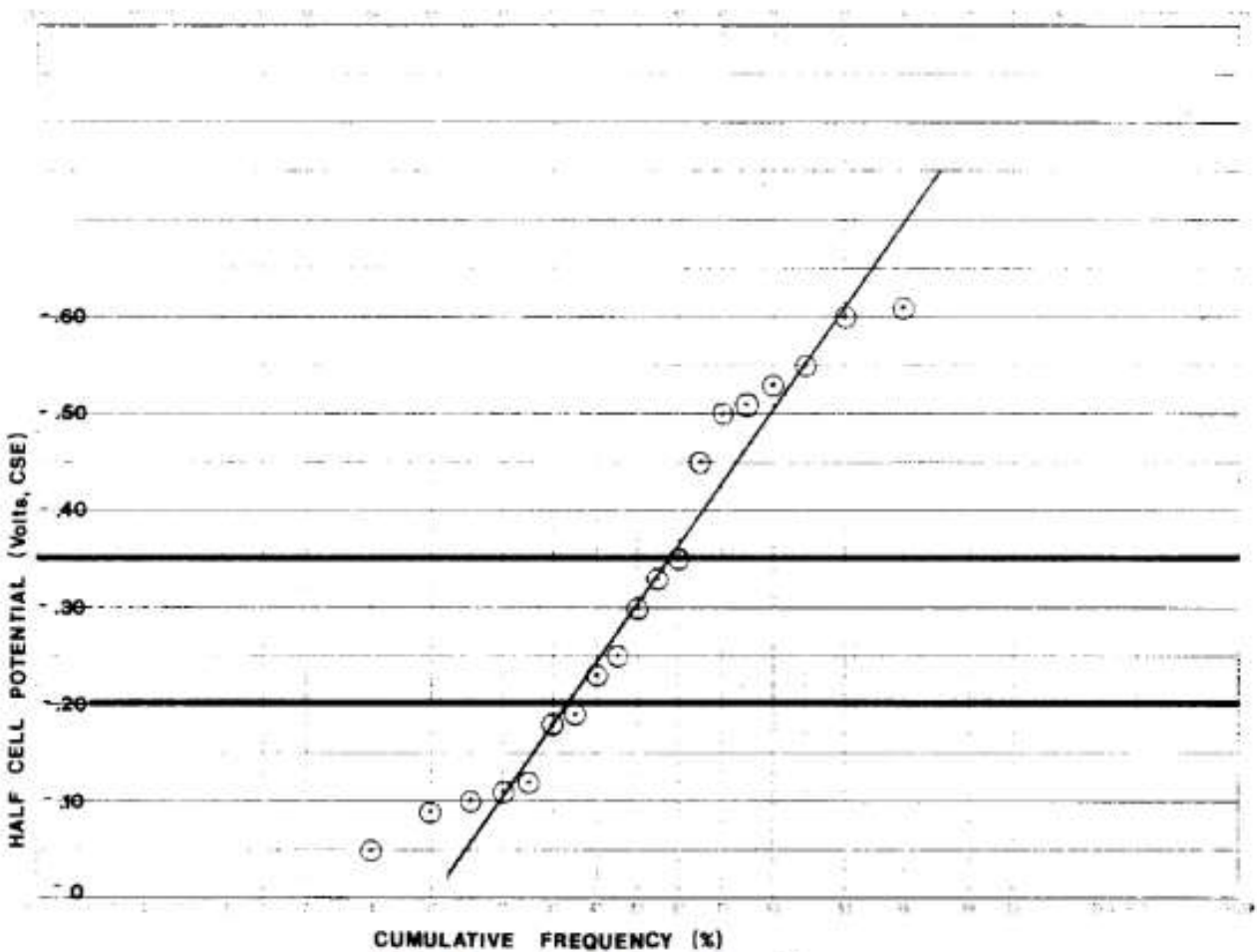


FIG. 4 Cumulative Frequency Diagram

APÉNDICE

X1. NOTAS SOBRE EL ENSAYO DE POTENCIAL DE MEDIA CELDA

X1.1 Técnica de Magnitud Numérica –Ensayos de laboratorio (inmersión parcial en soluciones de cloruro) y exposición exterior (incluyendo exposición al cloruro) de varios concretos reforzados por encima del suelo en un área en la cual la rata de precipitación excede la rata de evaporación, indica lo siguiente con respecto al significado del valor numérico de los potenciales medidos. Voltajes listados son referenciados al sulfato de cobre-cobre de media celda.

X.1.1.1 Si los potenciales sobre un área no más positiva que -0.20 V CSE, hay una probabilidad mayor al 90 % de que no está ocurriendo corrosión en el acero de refuerzo en esa área en el acero de refuerzo.

X.1.1.2 Si los potenciales sobre un área están en el rango de -0.20 a -0.35 V CSE, la actividad corrosiva del acero de refuerzo en esa área, es incierta.

X.1.1.3 Si potenciales sobre un área más negativa que -0.35 V CSE, hay una probabilidad mayor al 90 % de que la corrosión en el acero de refuerzo está ocurriendo en esa área al momento del ensayo.

X.1.1.4 Estos criterios no son normalmente utilizados bajo las condiciones siguientes, a menos que la experiencia o el examen destructivo de alguna área, o ambos, sugiera la aplicabilidad de:

del concreto que esta carbonatado al nivel del acero embebido.

X.1.1.4.2 Evaluar internamente el concreto para ver que no está siendo sujeto a secado frecuente, a menos que haya sido protegido del secado después del fundido.

X.1.1.4.3 Comparar la actividad corrosiva exterior del concreto reforzado, de la humedad altamente variable o contenido de oxígeno, o ambos, en el acero embebido.

X.1.1.4.4 Para formular conclusiones concernientes a cambios en la actividad corrosiva con el tiempo, en una estructura rehabilitada en la cual la rehabilitación causó la humedad o contenido de oxígeno, o ambos, en el acero embebido para cambiar con el tiempo (ejemplo: instalación de una capa de permeabilidad baja o membrana impermeable en un puente o área de estacionamiento contaminado con cloruro).

X.1.2 Técnica de Diferencia Potencial – Donde áreas largas eléctricamente interconectadas, existe acero embebido, por ejemplo, en una losa de puente, columnas reforzadas, o vigas, cuidadosas medidas de potenciales en una cerrada y espaciada red patrón y el subsecuente trazo del mapa de contorno equipotencial pueden permitir la identificación de alturas versus áreas con ratas de corrosión bajas

REFERENCIA:

Annual Book of ASTM Standard, 2002 Vol 04.02 Concrete and Mineral Aggegates

ANEXO 5

Estudio de suelos con fines de cimentación y capacidad de corrosión



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS “JJM GEOINGENIERIA EIRL”

**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACION Y CAPACIDAD DE CORROSION**

PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN
POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION
ENACE - AYACUCHO

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTOBAL DE HUAMANGA

LOCALIZACION:

DEPARTAMENTO	: AYACUCHO
PROVINCIA	: HUAMANGA
DISTRITO	: AYACUCHO
LUGAR	: URBANIZACION ENACE

Ayacucho, Agosto del 2,017

INDICE

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

1.2 NORMATIVIDAD

1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

- 1.3.1 Ubicación del Área de Estudio
- 1.3.2 Mapa de Ubicación del Estudio

1.4 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO

- 1.4.1 Ubicación del Área de Estudio
- 1.4.2 Mapa de la Zona y Plano de Ubicación

1.5 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA

- 1.5.1 Condiciones climáticas
- 1.5.2 Altitud y Temperatura

2.0 GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGIA

- 2.1.1 Aspectos Geológicos de la zona en Estudio

2.2 SISMICIDAD

- 2.2.1 Aspectos de Micro Zonificación Sísmica
- 2.2.2 Mapa de Zonificación Sísmica (Norma E-030.97 de Diseño Sismorresistente)

3.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

3.1 TRABAJOS DE CAMPO

- 3.1.1 Muestreo y Registro de Excavaciones
- 3.1.2 Clasificación de Suelos

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO DEL ÁREA DEL ESTUDIO

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

4.2 ENSAYOS ESPECIALES

5.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

6.0 ANALISIS DE CIMENTACION

- 6.1 PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN
- 6.2 TIPO DE CIMENTACION
- 6.3 CALCULO Y ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA
 - 6.3.1 Determinación de la Capacidad Admisible de Carga

7.0 AGRESION AL SUELO DE CIMENTACION

- 7.1 ANALISIS QUIMICO DE LOS SUELOS

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 8.1 CONCLUSIONES
- 8.2 RECOMENDACIONES

LAMINAS

- Lámina N° 01 Mapa de zonificación Sísmica del Perú
- Lámina N° 02 Mapa de Máximas intensidades sísmicas del Perú
- Lámina N° 03 Mapa de Distribución de Isoaceleraciones Sísmicas del Perú.

CUADROS

- Cuadro N° 01 Parámetros Físicos del Suelo de Cimentación del PROYECTO: **CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO.**
- Cuadros N° 02, Cálculo de Capacidad de Carga Admisible del Suelo de Cimentación de las calicatas C-1 al C-4.

ANEXO 01: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO

- Descripción del Perfil Estratigráfico de 04 calicatas.
- Análisis Granulométrico de 04 muestras.
- Límite Líquido de 04 muestras.
- Límite Plástico de 04 muestras.
- Contenido de Humedad natural 04 muestras.
- Densidad Mínima Seca de 04 muestras.
- Densidad Máxima Seca de 04 muestras.
- Ensayo de Corte Directo 04 Muestra.

ANEXO 02: PROPIEDADES PROMEDIOS DE LOS SUELOS

- TABLA N° 01 Clasificación según los casos unitarios secos.
- TABLA N° 02 Clasificación según índice de plasticidad.
- TABLA N° 03 Densidad relativa suelos no cohesivos-
- TABLA N° 04 Consistencia relativa suelos cohesivos.
- TABLA N° 05 Susceptibilidad a cambio de volumen por cambios de contenido de agua-
- TABLA N° 06 Estado de suelo según índice de liquidez.
- TABLA N° 07 Compresibilidad del suelo según índice de compresibilidad-
- TABLA N° 08 Relaciones empíricas entre spt y varias propiedades del suelo no cohesivo.
- TABLA N° 09 Relaciones empíricas y varias propiedades del suelo cohesivo.
- TABLA N° 10 Propiedades promedios de los suelos.

ANEXO N° 03: REGISTRO FOTOGRAFICO

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene por objeto realizar el Estudio Geológico, Geotécnico y Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Capacidad Corrosiva de las estructuras (postes) consideradas para el PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACIÓN ENACE - AYACUCHO, ubicado en la Urbanización José Ortiz Vergara - ENACE, de la Provincia de Huamanga del Departamento de Ayacucho en la parte a ubicar la base de las fundaciones, mediante trabajos de campo por medio de excavaciones, ensayos de laboratorio y labores de gabinete, sobre la base de los cuales se definen los perfiles estratigráficos del subsuelo, sus principales características físicas y mecánicas y las propiedades de resistencia y deformación, los que nos conducen a la determinación del tipo y profundidad de cimentación, Capacidad Portante Admisible, asentamientos probables y permeabilidad.

1.2 NORMATIVIDAD

Para el desarrollo del presente Estudio se ha tomado como requisitos técnicos mínimos, aquellos establecidos en la Norma E.050: Suelos y Cimentaciones; del Reglamento nacional de Edificaciones y que ha sido aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, publicada el 08 de Mayo del 2006 en el Peruano

1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

1.3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área del presente estudio comprende:

Departamento : Ayacucho

Pag. 4	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DEHUAMANGA	Fecha:	AGOSTO 2017
--------	---	--------	-------------

PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

Lugar : ENACE

1.3.2 MAPA DE LA ZONA EN ESTUDIO

Zona de estudio
Urbanización Enace,
Distrito de
Ayacucho Provincia
Huamanga,



ZONA	FACTOR DE ZONA (Z)
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Factor de Zona

Fuente: Norma E-030 -

Las descripciones de las zonas son como sigue:

Zona 2

AYACUCHO, HUAMANGA, URBANIZACION ENACE

3.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS

3.1 TRABAJOS DE CAMPO.

Se realizó la excavación de 04 calicatas a cielo abierto ubicadas en el lugar a cimentar (Postes), zona de ejecución a una profundidad variable de acuerdo a la estructura presentada, de acuerdo a las cargas estimadas en el proyecto que son el peso propio de la edificación.

Este sistema de exploración nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como: granulometría, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

La excavación alcanzo la siguiente profundidad.

CALICATA	PROFUNDIDAD	UBICACION
CC-1	1.50	PARQUE DEL AVION
CC-2	1.50	AV. PEREZ DE CUELLAR 6TA. CUADRA
CC-3	1.50	PARQUE LAS PALMERAS
CC-4	1.50	PASAJE LAS RETAMAS

3.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS

3.1 TRABAJOS DE CAMPO.

Un trabajo fundamental en el programa de investigación del Estudio de Mecánica de Suelos es la determinación del Perfil Estratigráfico puede ser identificado razonablemente mediante la ejecución de perforaciones de variado tipo, la apertura de calicatas y en casos que se requiera mediante ensayos “in situ” que en forma estimada permiten identificar la variedad de estratos del subsuelo.

Se realiza la excavación de 04 calicatas a cielo abierto ubicada en el lugar a cimentar, zona de probable ejecución, de acuerdo a las cargas estimadas en el proyecto que son el peso propio de la edificación.

Este sistema de exploración nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como: granulometría, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

3.1.1 MUESTREO Y REGISTROS DE EXCAVACIONES

Las muestras que se pueden recoger en cualquier calicata son del tipo: Muestra inalterada en bloques (Mib), Muestras inalterada en tubos de pared delgada (Mit), Muestra alterada en bolsas de plástico (Mab) y Muestra alterada la lata sellada (Maw). Las muestras alteradas se deben tomar en cada estrato

PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACIÓN ENACE - AYACUCHO

que conforma el perfil estratigráfico de la calicata y adicionalmente se deben tomar muestras inalteradas por debajo del nivel probable de cimentación para cada estrato hasta alcanzar la profundidad activa de la cimentación.

En las calicatas aperturadas para el análisis de la cimentación se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el suelo de cimentación, que acorde a las recomendaciones de la Norma E 050 y por tratarse de suelos en estado medianamente húmedo han de ser del tipo alteradas o tipo Mab.

Se tomaron muestras alteradas ó disturbadas de cada estrato, de las cuales se ensayaron las más representativas en el laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación; asimismo, se extrajo 04 muestras alteradas de las calicatas C-1, C-2, C-3 y C-4, a una profundidad de 1.50 m., para realizar sobre especímenes inalterados y saturados con fines de resistencia y peso específico.

Paralelamente el muestreo, se elaboraron los registros de excavaciones de cada una de ellas indicando las principales características de cada uno de los estratos encontrados.

La excavación alcanzó las siguientes profundidades:

CALICATA	PROFUNDIDAD A CIELO ABIERTO (m)	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)
C-1	1.50	Sin N.F.
C-2	1.50	Sin N.F.
C-3	1.50	Sin N.F.

3.1.2 CLASIFICACION DE SUELOS

Las muestras ensayadas se han clasificado usando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) y AASHTO, las muestras no ensayadas se han clasificado mediante pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras representativas (Ver Cuadro de Clasificación de Suelos en el Anexo 1).

3.2 DESCRIPCION DE LA CONFORMACION DEL SUBSUELO DEL AREA EN ESTUDIO:

CALICATA C-1 – PARQUE DEL AVION

De acuerdo a los resultados de las investigaciones de campo realizado en base a la excavación de la calicata C-1, se ha establecido la estratigrafía dentro de la profundidad prospectada de 1.50 m. (Ver perfil de excavación)

- **ESTRATO-1:**

Descripción:

Suelo color blanquesino a beige de tendencia areno limosa, presenta gravas en menor proporción. Poseen alta dureza, sus finos tienen tendencia limosa de nula plasticidad poseen mediana permeabilidad. No se encontró el nivel freático.

Clasificación SUCS: SM Arenas limosas presenta límite líquido de 24.98%, límite plástico no presenta plasticidad su densidad húmeda es de 1.75 gr/cc, porcentaje de humedad de 4.00%, densidad seca de 1.69 gr/cc, ángulo de fricción (ϕ) de 26.50° y una cohesión de 0.114 Ton/m².

Clasificación AASHTO: **A1-b(0)**

Materiales con partículas finas limosas.

CALICATA C-2 – AV. PEREZ DE CUELLAR SEXTA CUADRA

- **ESTRATO-1:**

Descripción:

Suelo color blanquesino a beige de tendencia areno limosa, presenta gravas en menor proporción. Poseen alta dureza, sus finos tienen tendencia limosa de nula plasticidad poseen mediana permeabilidad. No se encontró el nivel freático.

Clasificación SUSC: **SM**

Depósitos de sedimentos finos conformados por arenas limosas que poseen límite líquido cuyo valor es de 20.32%, límite plástico es No Plástico, su densidad húmeda es 1.61 gr/cc, porcentaje de humedad de 9.40%, densidad seca de 1.47 gr/cc, ángulo de fricción (ϕ) de 25.00° y una cohesión de 0.113 Ton/m².

Clasificación AASHTO: **A-2-4(0)**

Materiales granulares con partículas finas areno limosas.

NOTA: Hasta la excavación proyectada de 2.70 m de profundidad no se evidenció la presencia de napa freática.

CALICATA C-3 – PARQUE LAS PALMERAS

- **ESTRATOS-1:**

Descripción:

Suelo color blanquesino a beige de tendencia areno limosa, presenta gravas en menor proporción. Poseen alta dureza, sus finos tienen tendencia limosa de nula plasticidad poseen mediana permeabilidad. No se encontró el nivel freático.

Clasificación SUCS: **SM**

Pag. 24	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DEHUAMANGA	Fecha:	AGOSTO 2017
---------	---	--------	-------------

Arenas limosas que presenta límite líquido de 20.77%, límite plástico es NO plástico, su densidad húmeda es de 1.62 gr/cc, porcentaje de humedad de 8.20%, densidad seca de 1.50 gr/cc, ángulo de fricción (ϕ) de 24.60° y una cohesión de 0.113 Ton/m².

Clasificación AASHTO: **A-2-4(0)**

Materiales con partículas finas limosas.

CALICATA C-4 – PASAJE LAS RETAMAS

- ESTRATO-1:

Descripción:

Suelo color blanquesino a beige de tendencia arena limosa, presenta gravas en menor proporción. Poseen alta dureza, sus finos tienen tendencia limosa de nula plasticidad poseen mediana permeabilidad. No se encontró el nivel freático.

Clasificación SUCS: **SM**

Arenas limosas que presenta límite líquido de 22.27%, límite plástico es NO plástico, su densidad húmeda es de 1.70 gr/cc, porcentaje de humedad de 8.40%, densidad seca de 1.57 gr/cc, ángulo de fricción (ϕ) de 24.00° y una cohesión de 0.108 Ton/m².

Clasificación AASHTO: **A-2-4(0)**

Materiales con partículas finas limosas.

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO:

Los ensayos fueron realizados en los laboratorios de Mecánica de Suelos Concreto y pavimento “JJM”, siguiendo las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM).

	DIRECCIÓN : ENACE R-21 – AYACUCHO TELEFONO : 066-402642 CELULAR : 966977373 RPM: *395513 jcjdv@hotmail.com
PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO	

5.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

Destinado a conocer las características del suelo de cimentación hasta una profundidad igual a la de las calicatas aperturadas y con una prospección adicional hasta profundidades mayores en base a indicadores geológicos y que se refieren básicamente a la determinación del color, consistencia, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, cobertura general, etc. que complementando con los resultados de los ensayos en laboratorio permitan un conocimiento real del suelo de cimentación.

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio, se determinaron los perfiles estratigráficos, a la profundidad indicada en el registro de excavación.

6.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION

6.1 PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y a las características del proyecto, se concluye que el terreno a 3.00 mt. de profundidad, se encuentra un material de permeabilidad media con un coeficiente de permeabilidad aproximado de 10^{-4} cm/seg y se puede obtener una densidad seca de hasta 1.47 Kg/cc.

6.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.

Tratándose de un suelo areno limoso en la profundidad activa de cimentación, para el cálculo de capacidad portante admisible consideraremos los parámetros de resistencia de este estrato y podemos considerar la teoría de Terzagui .

Pag. 27	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DEHUAMANGA	Fecha:	AGOSTO 2017
---------	---	--------	--------------------

7.0 AGRESIÓN AL SUELO DE CIMENTACIÓN

7.1 ANALISIS QUÍMICO DE LOS SUELOS

El suelo bajo el cual se cimienta toda estructura, tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos (sulfatos y cloruros principalmente), que actúan sobre el concreto y acero de refuerzo, causándoles efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras. Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro de concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar o presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.)

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La Zona de estudio donde se proyecta determinar la CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACIÓN ENACE - AYACUCHO; está conformado básicamente por depósitos de sedimentos finos que es una mezcla limos, arenas limosas, con poca presencia de gravas y piedras, cantos rodados de variadas dimensiones.
- No se ha encontrado el nivel de la napa freática hasta la profundidad de exploración en la zona a proyectar.
- Se concluye con el análisis de las muestras estudiadas indicando que el suelo de la zona al saturarse se vuelve sueltos, y colapsables, por eso es necesario diseñar esta estructura con la debida precaución.

8.2 RECOMENDACIONES

- Considerando que cíclicamente se presentan fuertes precipitaciones pluviales, es necesario diseñar sistemas de drenaje que eviten la infiltración de aguas y puedan originar asentamientos futuros y dañar las estructuras edificadas. Asimismo, el drenaje de las aguas pluviales deberá ser evacuado al sistema de drenaje pluvial.
- Se recomienda al Ing° Proyectista (Ing. Estructural) asumir las Cargas; Presión de trabajo o carga ultima encontrado en el presente estudio dado en los Cuadros señalados anteriormente a diferentes profundidades.
- Se recomienda eliminar todo el material de relleno, toda materia orgánica que no es apta para la cimentación de postes

	<p>DIRECCIÓN : ENACE R-21 – AYACUCHO TELEFONO : 066-402642 CELULAR : 966977373 RPM: *395513 jcjdv@hotmail.com</p>
<p>PROYECTO: CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO</p>	

- Para la fabricación de elementos de concreto en contacto con el suelo podrá emplearse cemento Portland Tipo I.
- Para el diseño estructural se adoptarán los criterios recomendados por la Norma Técnica de Edificaciones E.030, a fin de diseñar estructuras con un adecuado comportamiento sísmico, que permite reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales.
- Habiéndose generalizado la información obtenida en 04 calicatas a toda el área en estudio, no debemos descartar (aunque la probabilidad es mínima) la existencia de bolsones de material que determinen zonas débiles o más desfavorables que las contempladas en el perfil del suelo. Durante la construcción el ejecutor hará observaciones del suelo, si llegara a detectar materiales diferentes y más desfavorables que lo establecido en el perfil del suelo, deberá notificar el consultor geotécnico y/o proyectista para efectuar las correcciones necesarias.

Pag. 34	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DEHUAMANGA	Fecha:	AGOSTO 2017
---------	--	--------	-------------

Solicitado : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 Ubicación : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 Fecha : 24 de agosto de 2017

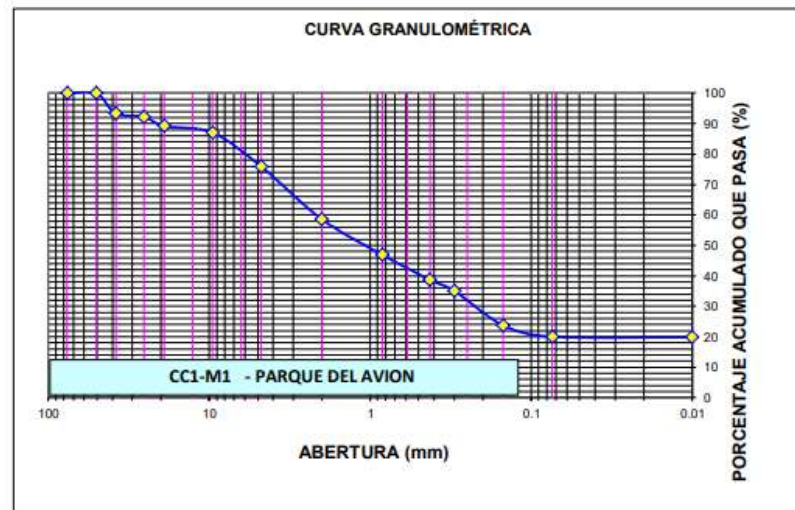
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Pozo	CC-1 M1	
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO	
Prof. (mt)	1.50 m.	
PESO INICIAL SECO	1989.70	grs
PESO LAVADO Y SECO	1595.10	grs

Tamiz	Abertura (mm)	Material		Retenido		(%) acumulado que pasa	
		GRS	%	RET	%	que pasa	%
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	132.90	6.68	6.68	6.68	93.32	93.32
1"	25.400	22.40	1.13	7.81	7.81	92.19	92.19
3/4"	19.050	60.00	3.02	10.82	10.82	89.18	89.18
3/8"	9.525	43.30	2.18	13.00	13.00	87.00	87.00
Nº4	4.760	221.40	11.13	24.12	24.12	75.88	75.88
Nº10	2.000	343.70	17.27	41.40	41.40	58.60	58.60
Nº20	0.840	232.90	11.71	53.10	53.10	46.90	46.90
Nº40	0.426	162.60	8.17	61.28	61.28	38.72	38.72
Nº50	0.300	73.20	3.68	64.95	64.95	35.05	35.05
Nº100	0.149	225.70	11.34	76.30	76.30	23.70	23.70
Nº200	0.074	73.30	3.68	79.98	79.98	20.02	20.02
FONDO	0.010	3.70	0.19	80.17	80.17	19.83	19.83
LAVADO	0.010	394.6	19.83	100.00	100.00	0.00	0.00

1595.10 80.17

LIMITE LIQUIDO	24.98
LIMITE PLASTICO :	NP
INDICE PLASTICO :	NP
CLASIF. SUCS :	SM
CLASIF. AASHTO :	A1-b(0)



SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 OBRA : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA
 URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 UBICACIÓN : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 FECHA : 24 de agosto de 2017

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	93.32
1"	25.400	92.19
3/4"	19.050	89.18
3/8"	9.525	87.00
Nº4	4.760	75.88
Nº10	2.000	58.60
Nº20	0.840	46.90
Nº40	0.426	38.72
Nº50	0.300	35.05
Nº100	0.149	23.70
Nº200	0.074	20.02
Limite Liquido (%) ASTM D-4318		24.98
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		NP

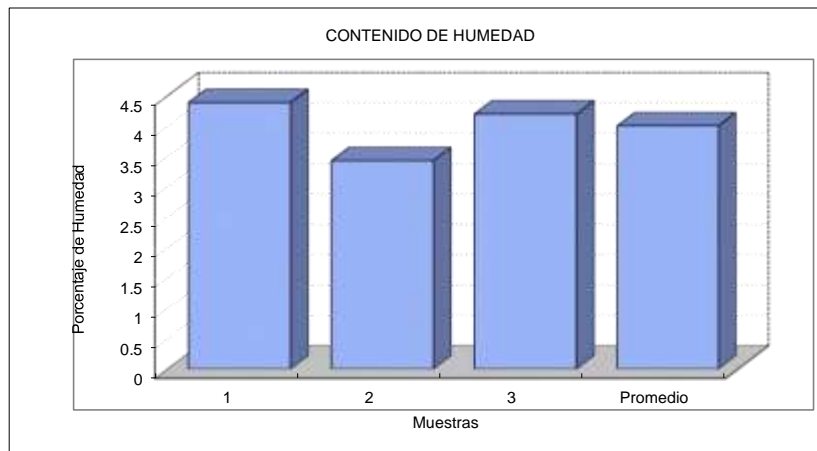
Clasificación SUCS	SM
--------------------	----

Clasificación AASHTO	A1-b(0)
----------------------	---------

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216

Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
Localizac. : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO **Calicata** : CC-1 M1
Descripción: CIMENTACION **Profundid.:** 1.50 m.
Solicita : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA **Fecha** : 24-ago-17

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (gr)	32.01	30.15	32.89
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (gr)	131.05	130.01	131.73
Peso de Cápsula+Suelo Seco (gr)	126.89	126.70	127.75
Peso del Suelo Húmedo (gr)	99.04	99.86	98.84
Peso del Suelo Seco (gr)	94.88	96.55	94.86
Porcentaje de Humedad (w)	4.38	3.43	4.20
Humedad Promedio (%) = 4.00			



REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Proyecto	CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO

Lado	DERECHO	Cota		Localización	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
Calicote	CC-1 M1	Prof. Excav.	1.50 m.	DTM	
N.F (m)	NO	Operador	J.J.D.V	Fecha	24/08/2017

Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	1.50	1		DE 0.00 A 1.50 m. SUELO COLOR BEIGE CONFORMADO POR UN SUELO DE MATRIZ ARENAS LIMOSAS QUE ENVUELVEN GRAVILLAS DE GRANO MEDIO, SE ENCUENTRA EN ESTADO DE COMPACIDAD MEDIO A DENSO DE BAJA A NULA PLASTICIDAD.	SM
0.50					
0.75					
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					

Observaciones:
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.

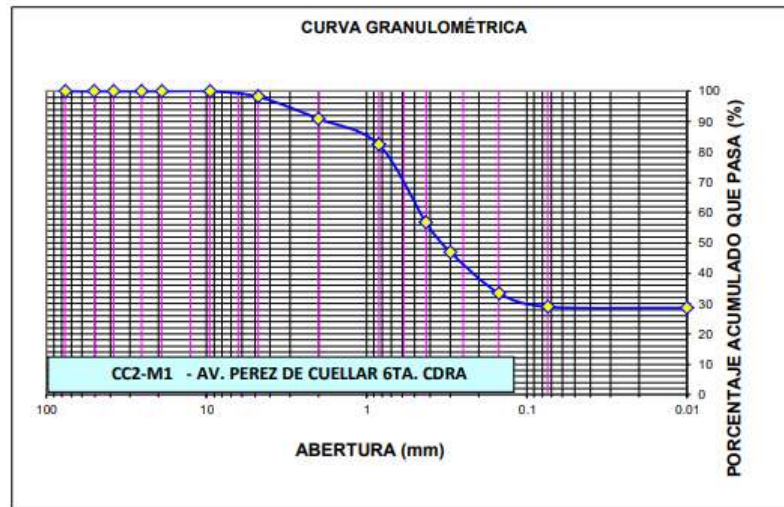
Solicitado : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 Ubicación : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 Fecha : 24 de agosto de 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Pozo	CC-2 M1	
Ubicación	AYACUCHO	
Prof. (mf)	1.50 m.	
PESO INICIAL SECO	1294.00	Grs
PESO LAVADO Y SECO	923.90	Grs

Tamiz	Abertura (mm)	Material GRS	Retenido %	RET (%) acumulado que pasa	que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.760	23.80	1.84	1.84	98.16
Nº10	2.000	93.70	7.24	9.08	90.92
Nº20	0.840	110.30	8.52	17.60	82.40
Nº40	0.426	332.20	25.67	43.28	56.72
Nº50	0.300	126.20	9.75	53.03	46.97
Nº100	0.149	175.40	13.55	66.58	33.42
Nº200	0.074	57.80	4.47	71.05	28.95
FONDO	0.010	4.50	0.35	71.40	28.60
LAVADO	0.010	370.1	28.60	100.00	0.00
		923.90	71.40		

LIMITE LIQUIDO	20.32
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	NP
CLASIF. SUCS	SM
CLASIF. AASHTO	A-2-4(0)



SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 OBRA :CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE
 LA
 URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 UBICACIÓN : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 FECHA :24 de agosto de 2017

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
3/8"	9.525	100.00
Nº4	4.760	98.16
Nº10	2.000	90.92
Nº20	0.840	82.40
Nº40	0.426	56.72
Nº50	0.300	46.97
Nº100	0.149	33.42
Nº200	0.074	28.95
Limite Liquido (%) ASTM D-4318		20.32
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		NP

Clasificación SUCS	SM
--------------------	----

Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
----------------------	----------

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216**

Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA
URBANIZACION ENACE - AYACUCHO

Localizac. : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO

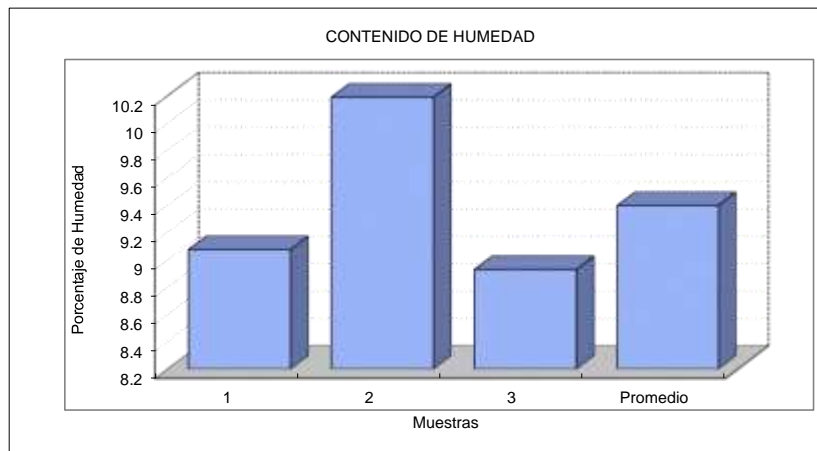
Calicata : CC-2 M1

Descripción: CIMENTACION

Profundid.: 1.50 m.

Solicita : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA **Fecha** : 24-ago-17

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (gr)	43.75	38.60	41.78
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (gr)	157.84	151.30	147.81
Peso de Cápsula+Suelo Seco (gr)	148.35	140.88	139.12
Peso del Suelo Húmedo (gr)	114.09	112.7	106.03
Peso del Suelo Seco (gr)	104.6	102.28	97.34
Porcentaje de Humedad (w)	9.07	10.19	8.93
Humedad Promedio (%) =	9.40		



REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA				
Proyecto	CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO				
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO				
Lado	DERECHO	Cota		Localización	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
Calicata	CC-2 M1	Prof. Excav.	1.50 m.	UTM	
N.F (m)	NO	Operador	J.J.D.V	Fecha	24/08/2017
Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	1.50	1		DE 0.00 A 1.50 m. SUELO COLOR BEIGE CONFORMADO POR UN SUELO DE MATRIZ ARENAS LIMOSAS QUE ENVUELVEN GRAVILLAS DE GRANO MEDIO, SE ENCUENTRA EN ESTADO DE COMPACTIDAD MEDIO A DENSO DE BAJA A NULA PLASTICIDAD.	SM
0.50				NO PRESENTA NIVEL FREATICO	
0.75					
1.00					
1.25					
1.50				AASTHO A-2-4(0)	
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					
Observaciones:					
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.					

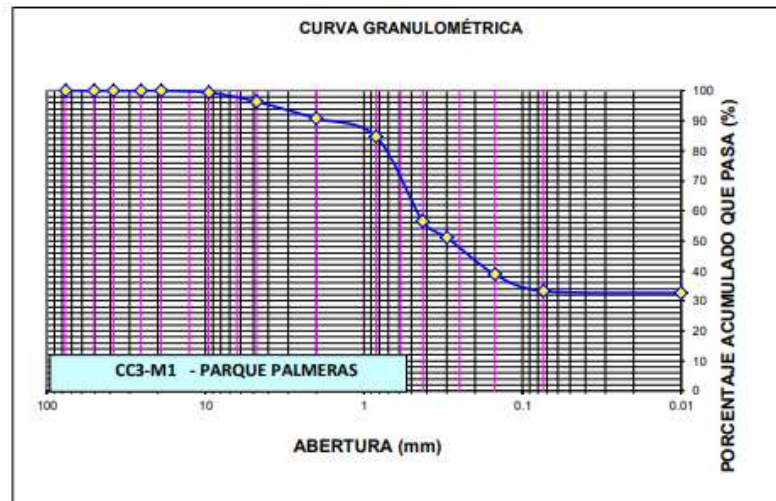
Solicitado : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 Ubicación : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 Fecha : 24 de agosto de 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Pozo	CC-3 M1	
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO	
Prof. (mt)	1.50 m.	
PESO INICIAL SECO	1226.00	Grs
PESO LAVADO Y SECO	826.40	Grs

Tamiz	Abertura (mm)	Material GRS	Retenido %	(%) acumulado que pasa	
				RET	que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	7.50	0.61	0.61	99.39
Nº4	4.760	37.50	3.06	3.67	96.33
Nº10	2.000	68.10	5.55	9.23	90.77
Nº20	0.840	74.10	6.04	15.27	84.73
Nº40	0.426	346.00	28.22	43.49	56.51
Nº50	0.300	66.00	5.38	48.87	51.13
Nº100	0.149	151.30	12.34	61.22	38.78
Nº200	0.074	67.30	5.49	66.70	33.30
FONDO	0.010	8.60	0.70	67.41	32.59
LAVADO	0.010	399.6	32.59	100.00	0.00
		826.40	67.41		

LIMITE LIQUIDO	20.77
LIMITE PLASTICO	: NP
INDICE PLASTICO	: NP
CLASIF.SUCS	: SM
CLASIF.AASHTO	: A-2-4(0)



SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

OBRA :CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA

URBANIZACION ENACE - AYACUCHO

UBICACIÓN : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO

FECHA :24 de agosto de 2017

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
3/8"	9.525	99.39
Nº4	4.760	96.33
Nº10	2.000	90.77
Nº20	0.840	84.73
Nº40	0.426	56.51
Nº50	0.300	51.13
Nº100	0.149	38.78
Nº200	0.074	33.30
Limite Liquido (%) ASTM D-4318		20.77
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		NP

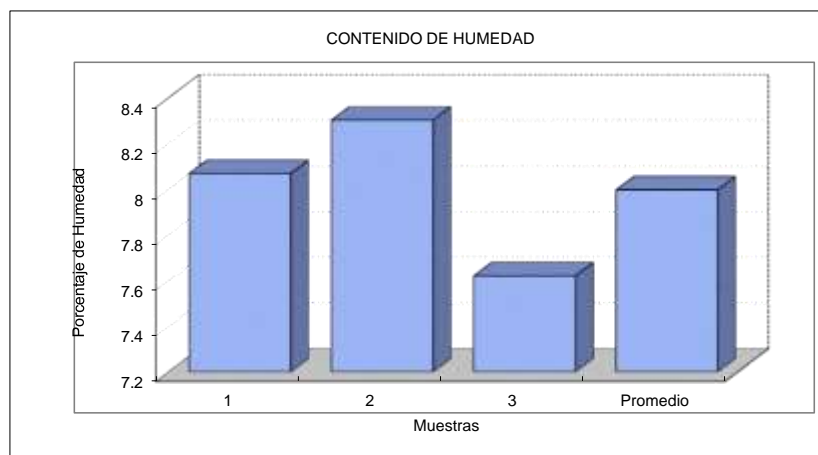
Clasificación SUCS	SM
--------------------	----

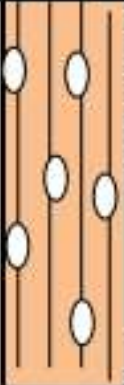
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
----------------------	----------

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216

Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
Localizac. : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO **Calicata** : CC-3 M1
Descripción: CIMENTACION **Profundid.:** 1.50 m.
Solicita : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA **Fecha** : 24-ago-17

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (gr)	56.35	51.20	54.38
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (gr)	154.80	148.26	144.77
Peso de Cápsula+Suelo Seco (gr)	147.45	140.82	138.37
Peso del Suelo Húmedo (gr)	98.45	97.06	90.39
Peso del Suelo Seco (gr)	91.1	89.62	83.99
Porcentaje de Humedad (w)	8.07	8.30	7.62
Humedad Promedio (%) = 8.00			



REGISTRO DE EXCAVACION					
Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA				
Proyecto	CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO				
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO				
Lado	IZQUIERDO	Cota		Localización	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
Calicata	CC-3 MI	Prof. Excav.	1.50 m.	DTM	
N.F (m)	NO	Operador	J.J.D.V	Fecha	24/08/2017
Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	1.50	1		DE 0.00 A 1.50 m. SUELO COLOR BEIGE CONFORMADO POR UN SUELO DE MATRIZ ARENAS LIMOSAS QUE ENVUELVEN GRAVILLAS DE GRANO MEDIO, SE ENCUENTRA EN ESTADO DE COMPACTAD MEDIO A DENSO DE BAJA A NULA PLASTICIDAD	SM
0.50					
0.75					
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					
Observaciones:					
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.					

Solicitado : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 Ubicación : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 Fecha : 24 de agosto de 2017

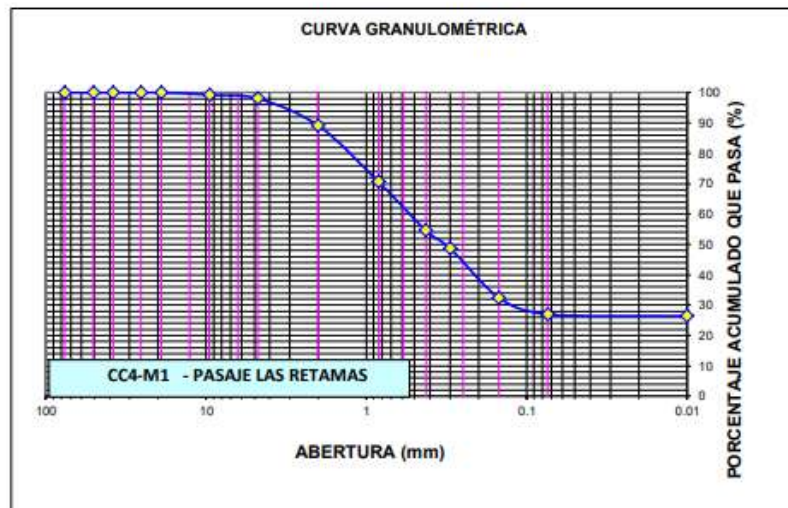
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Pozo	CC-4 M1	
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO	
Prof. (mt)	1.50 m.	
PESO INICIAL SECO	1274.00	GrS
PESO LAVADO Y SECO	937.40	GrS

Tamiz	Abertura (mm)	Material GRS	Retenido %	(%) acumulado que pasa RET	que pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	9.30	0.73	0.73	99.27
Nº4	4.760	15.80	1.24	1.97	98.03
Nº10	2.000	113.50	8.91	10.88	89.12
Nº20	0.840	235.70	18.50	29.38	70.62
Nº40	0.426	204.10	16.02	45.40	54.60
Nº50	0.300	75.30	5.91	51.31	48.69
Nº100	0.149	207.30	16.27	67.58	32.42
Nº200	0.074	68.90	5.41	72.99	27.01
FONDO	0.010	7.50	0.59	73.58	26.42
LAVADO	0.010	336.6	26.42	100.00	0.00

937.40 73.58

LIMITE LIQUIDO	:	22.27
LIMITE PLASTICO	:	NP
INDICE PLASTICO	:	NP
CLASIF. SUCS	:	SM
CLASIF. AASHTO	:	A-2-4(0)



SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 OBRA :CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE
 LA
 URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
 UBICACIÓN : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
 FECHA :24 de agosto de 2017

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D42

Malla	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2"	50.300	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
3/8"	9.525	99.27
Nº4	4.760	98.03
Nº10	2.000	89.12
Nº20	0.840	70.62
Nº40	0.426	54.60
Nº50	0.300	48.69
Nº100	0.149	32.42
Nº200	0.074	27.01
Limite Liquido (%) ASTM D-4318		22.27
Limite Plástico (%) ASTM D-4318		NP

Clasificación SUCS	SM
--------------------	----

Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
----------------------	----------

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216

Obra : CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA
URBANIZACION ENACE - AYACUCHO

Localizac. : ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO

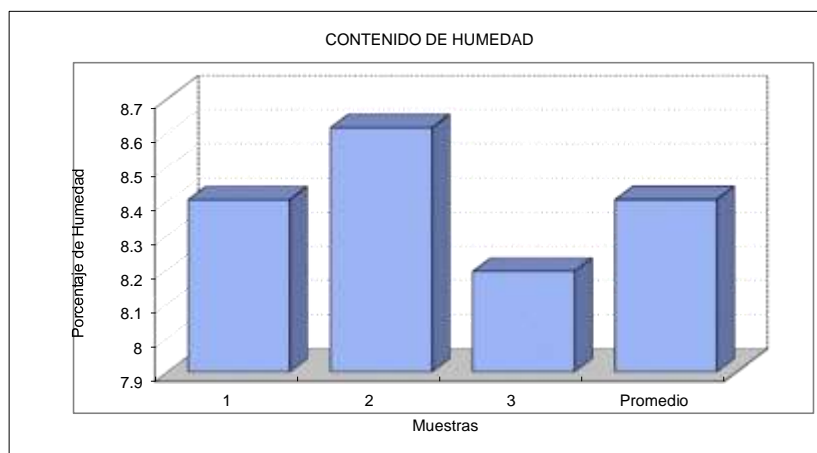
Calicata : CC-4 M1

Descripción: CIMENTACION

Profundid.: 1.50 m.

Solicita : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA **Fecha** : 24-ago-1

Capsula	1	2	3
Peso de Cápsula (gr)	36.45	31.30	34.48
Peso de Cápsula+Suelo Húmedo (gr)	159.38	152.84	149.35
Peso de Cápsula+Suelo Seco (gr)	149.85	143.20	140.65
Peso del Suelo Húmedo (gr)	122.93	121.54	114.87
Peso del Suelo Seco (gr)	113.4	111.9	106.17
Porcentaje de Humedad (w)	8.40	8.61	8.19
Humedad Promedio (%) =	8.40		



REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Proyecto	CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO EN POSTES DE CONCRETO ARMADO DE LA URBANIZACION ENACE - AYACUCHO
Ubicación	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO

Lado	DERECHO	Cota		Localización	ENACE - HUAMANGA - AYACUCHO
Calicata	CC-4 MI	Prof. Excav.	1.50 m.	JTM	
N.F. (m)	NO	Operador	J.J.D.V	Fecha	24/08/2017

Profundidad (m)	Excavación (m)	M	Perfil	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.25	1.50	1		DE 0.00 A 1.50 m. SUELO COLOR BEIGE CONFORMADO POR UN SUELO DE MATRIZ ARENAS LIMOSAS QUE ENVUELVEN GRAVILLAS DE GRANO MEDIO. SE ENCUENTRA EN ESTADO DE COMPACTIDAD MEDIO A DENSO DE BAJA A NULA PLASTICIDAD.	SM
0.50				NO PRESENTA NIVEL FREÁTICO	
0.75					
1.00					
1.25					
1.50				AASTHO A-2-4(0)	
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
2.75					
3.00					
3.25					
3.50					
3.75					

Observaciones:
Hasta la profundidad de excavación no hay presencia del nivel freático.



VISTA FOTOGRAFICA DE LA CALICATA C-C1, UBICADA EN EL PARQUE DEL AVION DE LA URBANIZACION ENACE



VISTA FOTOGRAFICA DE LA CALICATA C-C2, UBICADA EN LA SEXTA CDRA. DE LA URBANIZACION ENACE



VISTA FOTOGRAFICA DE LA CALICATA C-C3, UBICADA EN EL
PARQUE PALMERAS DE LA URBANIZACION ENACE



VISTA FOTOGRAFICA DE LA CALICATA C-C4, UBICADA EN EL PASAJE
LAS RETAMAS DE LA URBANIZACION ENACE

ANEXO 14


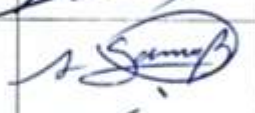

Matriz de consistencia

Título: Capacidad corrosiva del suelo en postes de concreto armado de la urbanización ENACE – Ayacucho.

<i>PROBLEMAS</i>	<i>OBJETIVOS</i>	<i>HIPÓTESIS</i>	<i>VARIABLES E INDICADORES</i>	<i>DISEÑO METODOLÓGICO</i>
<p>1) Problema Principal ¿Cuál es la capacidad corrosiva del suelo en los postes de concreto armado en la urbanización de ENACE – Ayacucho?</p> <p>2) Problemas Secundarios</p> <p>a. ¿Cuál es la característica del suelo como medio corrosivo de la urbanización ENACE?</p> <p>b. ¿Cuáles son los factores que resquebrajan el concreto que se tienen instalados en la urbanización de ENACE?</p> <p>c. ¿Cuál es la presencia de iones despasivantes del acero en el concreto de los postes que se tienen instalados en ENACE?</p> <p>d. ¿Cuál es el estado de la alcalinidad del concreto por la presencia de carbonatación?</p>	<p>1) Objetivo General Determinar la capacidad corrosiva del suelo mediante el método de Steinrath, para evaluar el grado de corrosión en los postes de concreto armado en la urbanización de ENACE – Ayacucho.</p> <p>2) Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar las características del suelo como medio corrosivo de la urbanización ENACE.</p> <p>b. identificar los factores que resquebrajan el concreto que se tienen instalados en la urbanización de ENACE.</p> <p>c. Determinar la presencia de iones despasivantes del acero en el concreto de los postes que se tienen instalados en ENACE.</p> <p>d. Determinar el estado de la alcalinidad del concreto por la presencia de carbonatación.</p>	<p>1) Hipótesis General La caracterización química de los suelos por el método de Steinrath determina la capacidad corrosiva de los postes en los postes de concreto armado en la urbanización de ENACE – Ayacucho.</p> <p>2) Hipótesis específicas</p> <p>a. La característica del suelo como medio corrosivo de la urbanización ENACE, tiene presencia de sales como: Cloruros, carbonatos y sulfatos.</p> <p>b. Los agentes destructores que resquebrajan el concreto que se tienen instalados en la urbanización de ENACE, son los cloruros y sulfatos.</p> <p>c. La presencia de iones despasivantes del acero en el concreto de los postes que se tienen instalados en ENACE, son significativos.</p> <p>d. El estado de la alcalinidad es alto del concreto por la presencia de carbonatación.</p>	<p>1) Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad corrosiva del suelo <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistividad, ohm-cm. ➤ Cloruros, ppm. ➤ Sulfatos, ppm. ➤ Carbonatos, ppm. ➤ Alcalinidad, ppm. ➤ Acidez, ppm. ➤ Humedad, %. <p>2) dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Corrosión en postes de concreto armado. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grado corrosivo, índice de Steinrath. 	<p>1) Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Básica <p>2) Nivel de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Descriptiva ➤ Correlacional <p>3) Método</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deductivo ➤ Inductivo ➤ Analítico ➤ Comparativo <p>4) Diseño</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Semi-experimental <p>5) Población</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Postes de alumbrado público de la urbanización ENACE de la ciudad de Ayacucho. <p>6) Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Representativa. <p>7) Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Observación ➤ Ensayos de laboratorio ➤ Entrevista <p>8) Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipos de laboratorio. ➤ Materiales de laboratorio.

ACTA DE CONFORMIDAD

Los suscritos miembros del Jurado Evaluador de la sustentación de tesis cuyo es "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO, MEDIANTE EL MÉTODO STEINRATH EN POSTES DETERIORADOS EN LA URBANIZACIÓN ENACE – AYACUCHO" presentado por la bachiller en Ingeniería Química, CHAVEZ MARQUINA Evy Patricia designado en mérito de la Resolución Decanal N° 014-2018-FIQM-D, luego de revisar la subsanación de las observaciones formuladas en el acto público de sustentación efectuado el 16 de enero de 2018, damos nuestra conformidad a la tesis mencionada y declaramos al recurrente apto para que pueda iniciar la gestión administrativa conducentes a la expedición y entrega del título profesional de Ingeniera Química.

MIEMBROS DEL JURADO	DNI	FIRMA
Ing. Bernardo ENCISO LOPEZ	28206870	
Ing. Aníbal Pablo GARCÍA BENDEZÚ	19831529	
Ing. Abel Gilmer GUTIERREZ CUBA	28300362	

Ayacucho 29 de enero de 2018.



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°005-2022-UNSCH-FIQM/EPIQ

El que suscribe, Director de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de Constancia de Originalidad, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el **TURNITIN - UNSCH**, de acuerdo a los criterios establecidos en el **Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH**, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

Tesis:

“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO, MEDIANTE EL MÉTODO STEINRATH EN POSTES DETERIORADOS EN LA URBANIZACIÓN ENACE – AYACUCHO”

Autor Bach. : Evy Patricia CHAVEZ MARQUINA

Recibo digital

Autor de la entrega:	Evy Patricia Chavez Marquina
Título del ejercicio:	Tesis
Título de la entrega:	Tesis
Nombre del archivo:	TesisTurnitPatriciChavez.pdf
Tamaño del archivo:	2.89M
Total páginas:	56
Total de palabras:	14,548
Total de caracteres:	75,090
Fecha de entrega:	20-jun.-2022 08:48p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1860469132

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 21 (Veintiuno) % de **ÍNDICE DE SIMILITUD** realizado con **Depósito de trabajos estándar**, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que, los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Adjunto la documentación de referencia

Ayacucho, 20 de junio de 2022.

Atentamente



Ing. Cipriano Mendoza Rojas

Director EPIQ (e)

Adjunto **Reporte de Índice de Similitud**
cc. : archivo

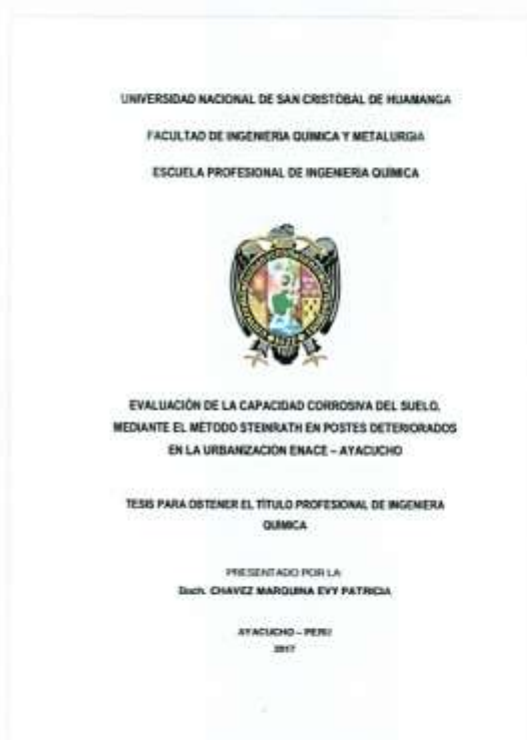


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Evy Patricia Chavez Marquina
Título del ejercicio:	Tesis
Título de la entrega:	Tesis
Nombre del archivo:	TesisTurnitPatriciChavez.pdf
Tamaño del archivo:	2.89M
Total páginas:	56
Total de palabras:	14,548
Total de caracteres:	75,090
Fecha de entrega:	20-jun.-2022 08:48p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1860469132



Tesis: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD CORROSIVA DEL SUELO, MEDIANTE EL MÉTODO STEINRATH EN POSTES DETERIORADOS EN LA URBANIZACIÓN ENACE – AYACUCHO

por Evy Patricia Chávez Marquina

Fecha de entrega: 02-ago-2022 08:47p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1878262033

Nombre del archivo: TesisTurnitPatriciChavez.pdf (2.89M)

Total de palabras: 14548

Total de caracteres: 75090

Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

es.slideshare.net

Fuente de Internet

2%

3

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

4

www.monografias.com

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

6

docslide.com.br

Fuente de Internet

1%

7

diccionarqui.com

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

9

vsip.info

Fuente de Internet

1 %

10

cn.overleaf.com
Fuente de Internet

<1 %

11

www.studocu.com
Fuente de Internet

<1 %

12

prezi.com
Fuente de Internet

<1 %

13

tecnologiatutoriales123.blogspot.com
Fuente de Internet

<1 %

14

cybertesis.uni.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

15

biblioteca.usac.edu.gt
Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.espe.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

17

www.coursehero.com
Fuente de Internet

<1 %

18

uaeh.redalyc.org
Fuente de Internet

<1 %

19

www.imt.mx
Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.untels.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

21

blogtrabajometalurgia.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

22

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo