

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EFFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS
BALNEARIOS, LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y
CHULLIYACHE PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE
PIURA- 2016.**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SAUL POLANCO DIAZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR.

Dr. ING. JUAN ASALDE VIVES

**PIURA – PERÚ
2016**

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“EFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS
BALNEARIOS, LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y
CHULLIYACHE PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE
PIURA- 2016”

MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR

INTEGRANTES	JURADOS	FIRMA
PRESIDENTE	DR.ING. JAMES ALEX HUAMAN CHORRES	
MIEMBRO	DR.ING. EDWIN OMAR VENCES MARTÍNEZ	
SECRETARIO	MG. ING. MIGUEL ALVARADO OTOYA	
ASESOR	DR.ING. JUAN ASALDE VIVES	

PIURA - PERÚ

2016

Dedicatoria

En primer lugar doy gracias a Dios, por haberme dado la fuerza y el valor para culminar esta etapa de mi vida.

Dedicando este trabajo a mi madre que sin duda alguna ha estado ahí conmigo. Brindándome su apoyo y dándome las fuerzas necesarias para seguir en la lucha y que sin duda alguna estará ahí celebrando mis triunfos.

A todos mis hermanos que me han brindado su confianza y apoyo para poder culminar mi carrera. Ah Estefany sin duda alguna que estado ahí dándome ánimos Y a todas las personas en general amigos, profesores que me han brindado su apoyo.

Saúl Polanco Díaz

Agradecimiento

De igual manera mi agradecimiento a la Universidad Alas Peruanas y a sus profesores por transmitirme sus conocimientos y formar profesionales competentes; de manera especial un agradecimiento al Dr. Juan Asalde Vives por darme su apoyo y confianza en mi trabajo de tesis sus ideas enmarcadas y su orientación han sido la clave para el trabajo de estudio. Muchas gracias profesor.

RESUMEN

El presente trabajo basa su investigación en los efectos de los sulfatos en estructuras de los balnearios las delicias, Mata Caballo y Chulliyache en la provincia de Sechura.

La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. Perú posee una amplia zona costera. Que es el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, proceso de penetración de cloruros en el concreto, que se resume en el marco teórico de la tesis.

Dicho diagnóstico comprende la inspección, descripción de los daños en cada estructura. Las inspecciones se realizaron a través de visitas técnicas a las estructuras ubicadas en la ciudad de Sechura, registrando fotográficamente los daños observados.

El método y técnica a emplear depende de la gravedad del problema y de las condiciones internas o externas a las que está expuesta la estructura. La selección del método de restauración o rehabilitación también dependerá de los recursos económicos, humanos y tecnológicos de los que se disponga.

Palabra clave: Efectos de los sulfatos en estructuras, sulfatos en ambiente marino.

ABSTRACT

The present work bases its investigation on the effects of the sulphates in structures of the spas, the delights, Mata Caballo and Chulliyache in the province of Sechura.

The durability of concrete exposed to a marine environment is one of the topics currently little discussed at national level and of great importance for the number of structures that are built in this environment. Peru has a large coastal area. It is the Pacific Ocean whose environment has been little studied through parameters that define it and relate to the durability of concrete structures

From the beginning and during the development of this work a bibliographical research and literature review has been carried out on the topics of concrete durability, service life, chlorides penetration process in concrete, summarized in the theoretical framework of the thesis.

This diagnosis includes inspection, description of damage in each structure. Inspections were carried out through technical visits to the structures located in the city of Sechura, photographically recording the observed damages.

The method and technique to be used depends on the severity of the problem and on the internal or external conditions to which the structure is exposed. The selection of the method of restoration or rehabilitation will also depend on the economic, human and technological resources available.

Keyword: Effects of sulfates on structures, sulfates in marine environment.

SÍNTESIS

La problemática del estudio se basó en inspecciones visuales de los diferentes tipos de daños que se encuentran en los balnearios de Chulliyache, Mata caballo y Las Delicias. El contenido de esta tesis es dar la importancia adecuada cuando se edifica en ambientes marinos. Como el tipo de cemento a emplear, la dosificación para tener una resistencia adecuada, la relación agua cemento para obtener una mejor permeabilidad en el concreto.

Esa mismo se da a conocer los diferentes tipos de daños que se pueden encontrar cuando se construye en estos ambientes. Como la corrosión del acero embebido, daños en estructuras metálicas y la eflorescencia o pérdida del mortero en muros de albañilería.

Todo este estudio apunta a un contenido conceptual. Donde se explica por tablas el deterioro de columnas y muros en los diferentes balnearios mencionados.

Se realizó el cálculo con una muestra de viviendas en las cuales se observó los diferentes daños que pueden sufrir las estructuras cuando se encuentran en ambientes agresivos.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
MIEMBROS DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
SINTESIS.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS, IMÁGENES Y GRÁFICOS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1 Delimitación espacial.....	4
1.2.2 Delimitación temporal.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1 Problema general.....	4
1.3.2 Problema específico.....	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivo específico.....	5
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.2 Hipótesis específica.....	6
1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.6.1 Variable independiente.....	6
1.6.2 Variable dependientes.....	6

1.6.3 Operacionalización de Variables.....	7
1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.7.1 Tipo de investigación.....	8
1.7.2 Nivel de investigación.....	8
1.7.3 Métodos de Investigación.....	9
1.7.4 Diseño de investigación.....	9
1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.8.1 Población.....	10
1.8.2 Muestra.....	10
1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	10
1.9.1 Técnica.....	10
1.9.2 Instrumentos.....	11
1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.10.1 Justificación.....	11
1.10.2 Importancia.....	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	13
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	15
2.2 BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1 Factores que influyen en la variación de las cualidades del concreto sumergido en agua de mar.....	16
2.2.2 Daños en construcciones marítimas.....	24
2.2.3 Durabilidad del concreto.....	29
2.2.4 Tecnología de los concretos en ambiente marino.....	34
2.2.5 Tipos de hormigones marítimos.....	45
2.2.6 Aplicaciones y clasificación de cementos hidráulicos en ambientes marinos.....	48
2.2.7 Consideraciones para el tipo de estructura a edificar.....	51

2.2.8 Patología del concreto armado.....	54
2.2.9 El ambiente marino en el Perú.....	60
2.2.9.1 Tipología estructural.....	62

CAPITULO III PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	67
3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	67
3.2.1 Daños en elementos estructurales en viviendas.....	73
3.2.1.1 Clasificación de daños en columnas.....	73
3.2.1.2 Clasificación de daños en muros.....	76
3.2.1.3 Resultados porcentuales de los daños en columnas...	78
3.2.1.4 Resultados porcentuales de los daños en muros.....	81
3.2.2 Daños en elementos estructurales del muelle Las Delicias.....	84
3.2.2.1 Columnas muelles Las Delicias.....	85
3.2.2.2 Vigas muelles Las Delicias.....	86
3.2.2.3 Losa maciza muelle Las Delicias.....	87
3.2.2.4 Distribución porcentual de los daños presentes en los Elementos estructurales del muelle Las Delicias.....	88
3.3 PRUEBAS DE NORMALIDAD.....	90

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	92
4.1.1 Aporte a la investigación.....	99

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	101
5.2 RECOMENDACIONES.....	103
FUENTE DE INFORMACIÓN.....	105

ANEXO

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	108
ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	110
ANEXO N° 03: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	115
ANEXO N° 04: PLANOS DE UBICACIÓN.....	117
ANEXO N° 05: ARTÍCULO CIENTÍFICO.....	119
ANEXO N° 06 CATÁLOGO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	170

ÍNDICE DE CUADROS, IMÁGENES Y GRÁFICOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Operacionalización de Variables.....	7
Cuadro N° 02: Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado.....	36
Cuadro N° 03: Condiciones de Exposición – Relación A/C.....	42
Cuadro N° 04: Requisitos de Dosificación para Ambientes Agresivos.....	43
Cuadro N° 05: Clasificación de las Fallas en una Construcción.....	73
Cuadro N° 06: Clasificación de Daños en Columnas- Viviendas.....	75
Cuadro N° 07: Clasificación de Daños en Muros.....	76
Cuadro N° 08: Clasificación de Daños en Muros- Viviendas.....	77
Cuadro N° 09: Número de Columnas Chulliyache.....	78
Cuadro N° 10: Número de Columnas Mata Caballo.....	79
Cuadro N° 11: Número de Columnas las Delicias.....	80
Cuadro N° 12: Número de Muros Chulliyache.....	81
Cuadro N° 13: Número de Muros Mata Caballo.....	82
Cuadro N° 14: Número de Muros las Delicias.....	83
Cuadro N° 15: Clasificación de las Fallas en una Construcción.....	84
Cuadro N° 16: Número de Columnas en muelle -Las Delicias.....	85
Cuadro N° 17: Número de Vigas Muelle - Las Delicias.....	86
Cuadro N° 18: Área observada muelle Las Delicias - Losa Maciza....	87
Cuadro N° 19: Clasificación de Daños en columnas muelles Las Delicias...	88
Cuadro N° 20: Clasificación de Daños en vigas muelles Las Delicias..	89
Cuadro N° 21: Clasificación de Daños en losa maciza muelles Las Delicias	90

Cuadro N° 22: Resumen de columnas de los tres balnearios.....	94
Cuadro N° 23: Resumen de muros de los tres balnearios.....	96

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 01: Pórtico de embarcadero totalmente fisurado.....	23
Imagen N° 02: Viga en pórtico (embarcadero) fisura producida por la expansión de la armadura en su proceso corrosivo.....	23
Imagen N° 03: Erosión.....	24
Imagen N° 04: Elementos metálicos oxidados debido al ambiente marino...	25
Imagen N° 05: Oxidación en Rejas.....	26
Imagen N° 06: Oxidación en Antena parabólica.....	26
Imagen N° 07: Estructura de metal, desgastada por contacto con el agua de mar.....	27
Imagen N° 08: Envejecimiento de maderas.....	28
Imagen N° 09: Muros deteriorados por los sulfatos y columna desgastados por las sales – playa Chulliyache.....	28
Imagen N° 10: Columna en mal estado a causa de los sulfatos, quedando el acero expuesto al ambiente marino.....	29
Imagen N° 11: Losa de concreto armado acero expuesto al ambiente, desprendido a causa del aumento del volumen del acero.....	30
Imagen N° 12: Desintegración del acero.....	31
Imagen N° 13: Moldajes para hormigones sumergidos.....	51
Imagen N° 14: Desprendimiento del concreto causando vulnerabilidad en la armadura.....	56
Imagen N° 15: Tipos de corrosión de armaduras de concreto.....	58
Imagen N° 16: Composición química del agua de mar.....	61
Imagen N° 17: Constituyentes principales del agua de mar.....	61
Imagen N° 18: Ubicación de las zonas de acuerdo a las condiciones agresivas del mar.....	63

Imagen N° 19: Terreno totalmente salitroso deterioro de la estructura – Chulliyache “V-1”.....	68
Imagen N° 20: El desgaste de muros es severo cabe mencionar que el terreno no es apto para construcción “V-2”.....	68
Imagen N° 21: Desgaste del recubrimiento. Acero en exposición Mata caballo“V-3”.....	69
Imagen N° 22: Manchas de óxido en toda la columna - Mata caballo“V-4”	69
Imagen N° 23: Grieta entre muro y columna - Mata caballo “V-5”.....	70
Imagen N° 24: Grieta entre columna y muro – las Delicias “V-6”.....	70
Imagen N° 25: Desprendimiento del recubrimiento concreto – Las Delicias “V-7”.....	71
Imagen N° 26: Micro fisuras en columna, eflorescencia en muros – Las delicias “V-8”.....	71
Imagen N° 27: Daño en columna por desprendimiento del concreto Las Delicias “V-9”.....	72
Imagen N° 28: Playa Las Delicias.....	117
Imagen N° 29: Playa Mata Caballo.....	117
Imagen N° 30: Playa Chulliyache.....	118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 01: Porcentaje de daños en columnas- Chulliyache.....	78
Grafico N° 02: Porcentaje de daños en columnas- Mata caballo.....	79
Grafico N° 03: Porcentaje de daños en columnas- Las Delicias.....	80
Grafico N° 04: Porcentaje de daños en Muros- Chulliyache.....	81
Grafico N° 05: Porcentaje de daños en Muros- Matabalho.....	82
Grafico N° 06: Porcentaje de daños en Muros- Las Delicias.....	83
Grafico N° 07: Porcentaje de daños en Columnas- Muelle Las Delicias.	88
Grafico N° 08: Porcentaje de daños en Vigas- Muelle Las delicias.....	89
Grafico N° 09: Porcentaje de daños en Losa Maciza- Muelle Las Delicias	90

Grafico N° 10: Porcentaje de daños columnas Chulliyache.....	93
Grafico N° 11: Porcentaje de daños en columnas mata caballo.....	93
Grafico N° 12: Porcentaje de daños en columnas Las Delicias.....	93
Grafico N° 13: Porcentaje total de daños en columnas.....	94
Grafico N° 14: Porcentaje de daños en muros Chulliyache.....	95
Grafico N° 15: Porcentaje de daños en muros Mata caballo.....	95
Grafico N° 16: Porcentaje de daños en muros Las Delicias.....	95
Grafico N° 17: Porcentaje total de daños en columnas.....	96
Grafico N° 18: Porcentaje de daños en columnas – Muelle.....	97
Grafico N° 19: Porcentaje de daños en vigas – Muelle.....	97
Grafico N° 20: Porcentaje de daños en losa – Muelle.....	97

INTRODUCCIÓN

El concreto, es uno de los elementos más utilizados en las obras civiles. Este se presenta en una gran variedad, dependiendo de los requerimientos de la estructura que se proyectara. Cabe mencionar que los elementos expuestos a las brisas marinas por la cercanía de las estructuras sufren fallas y cambios en ellas. Ya que son atacados por los sulfatos. Para cumplir con todas las exigencias, el concreto debe contar con características especiales en sus constituyentes, como es el tipo de agregado, el agua a emplear, el cemento y aditivos. También es muy importante la inspección a lo largo del proyecto para que se sigan las técnicas adecuadas.

En esta investigación se hará especial énfasis a las estructuras en el ambiente marítimo. La construcción de estructuras marítimas en sus variedades de obras (muelles, viviendas, construcciones metálicas), por otra parte también se verá cimentaciones y todo tipo de estructura que esté en contacto con el ambiente marino. La tarea de construir estructuras en un ambiente que no sea el común (fuera o dentro del agua) tiene algunas complicaciones, en este caso las **estructuras de los Balnearios, Las Delicias, Mata Caballo y Chulliyache**. Presentan severos daños como. La corrosión del acero embebido, daños en estructuras metálicas y el deterioro del concreto. Esto se da por el mismo ambiente marino, también por los sulfatos que contiene el terreno, y también por el contacto con el agua de mar. Un concreto de muy baja impermeabilidad y buena calidad será el mejor medio para prevenir la corrosión.

El presente trabajo se plantea de la siguiente manera en el primer capítulo presenta el planteamiento metodológico y cada una de sus investigaciones como el planteamiento, objetivos, formulación de hipótesis, variables, población muestra y justificación. El capítulo siguiente muestra el marco teórico donde se detalla toda la investigación sobre los temas de durabilidad del concreto, proceso de penetración de cloruros y vida útil del concreto en ambientes marinos. En el tercer capítulo presenta la presentación de resultados como la confiabilidad y validación del instrumento, análisis cuantitativo de las variables y pruebas de normalidad. En el cuarto capítulo la discusión de los resultados y por último el quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El ataque y desintegración del concreto bajo la influencia de sustancias agresivas. Ha tomado un interés particular a partir de los años cincuenta, por la creciente construcción de estructuras de concreto armado.

Las estructuras ubicadas en el ambiente marino requieren ser diseñadas cuidadosamente. Antes se consideraba que el concreto armado con una buena resistencia mecánica tendría una duración prácticamente ilimitada, pero esto ha ido cambiando en las últimas décadas debido a la cantidad de inversiones que se realizan a nivel mundial

Ante una falla patológica las estructuras reaccionan de diversas maneras, por esta razón hay que evaluar cada una de las características que presentan, tales como: grietas, manchas, desprendimiento de materiales, entre otros factores además realizar ensayos específicos que permitan ver con claridad el problema, y así obtener mejores resultados. Por lo tanto se realizará una evaluación de estructuras encontradas en el ambiente marino con la finalidad de detectar sus deficiencias. Los daños a los que está expuesta cualquier estructura se pueden clasificar en forma muy general en dos grupos: Daños de carácter mecánico y Daños de carácter químico. Esta clasificación se realiza tomando como referencia la principal influencia de las degradaciones en una estructura, sin embargo es pertinente tener siempre presente que la relación entre las dos es muy íntima. De los mecanismos de degradación sin lugar a dudas los más complicados por entender son los de carácter químico, debido a que no sólo es necesario entender el comportamiento del concreto como material único, sino también, la relación de éste con el acero que lo refuerza y con los diferentes ambientes a que está sujeto. Hoy en día las construcciones que se encuentran en desarrollo son sometidas a controles de calidad rigurosos con el fin de obtener obras de calidad, capaces de soportar las embestidas de los agentes climáticos. En los balnearios mencionados se debe prever un mantenimiento para alargar la vida útil del concreto, con el objetivo de que las estructuras tengan mayor durabilidad y se mantengan en buen estado.

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El lugar donde se realizó la investigación fue en el departamento de Piura

1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El proyecto de tesis comenzó con una problemática existente, luego se prosiguió a visitar la provincia de Sechura, con la finalidad de observar el problema en los balnearios. Así poder lograr más adelante estrategias que beneficien las construcciones futuras. Se inició en **agosto del 2016**.

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Las estructuras ubicadas en el ambiente marino, cercanas a los balnearios en estudio requieren ser diseñadas bajo ciertas condiciones; el deterioro del concreto es el punto de partida de este estudio, asimismo se dará énfasis a las estructuras en el ambiente agresivos

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Los efectos de los sulfatos actúan de forma desfavorable a las características del concreto?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las fallas más comunes que pueden presentarse en las construcciones cercanas a los balnearios Las Delicias, Mata Caballo y Chulliyache?

¿Cómo gestionar un mejor uso de los materiales, en las diferentes construcciones cercanas a los balnearios Las Delicias, Mata Caballo y Chulliyache?

¿Cómo mejorar la durabilidad del concreto expuesto al ambiente Marino?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de los sulfatos en las estructuras de los balnearios, las delicias, mata caballo y Chulliyache provincia de Sechura, departamento de Piura- 2016

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Explicar cada uno de los factores que influyen en la variación que están sometidas las estructura de concreto. Por causa de los sulfatos Cuando ya están construidas, esto incluye; la constitución química del agua, los gases disueltos en el concreto y la cantidad de sales que posee el terreno.

Evaluar la información recogida, para clasificar e identificar los tipos de fallas del concreto.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al determinar las ubicaciones de las fallas estructurales así como el correcto uso de los materiales, utilizando técnicas constructivas específicas. Aseguramos un buen estado de las construcciones cercanas al mar, evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La correcta ubicación de fallas estructurales así como el uso de materiales adecuados, utilizando técnicas constructivas específicas, definirán la calidad y vida útil de las construcciones marítimas.

Una supervisión adecuada del proceso constructivo disminuirá el deterioro en las construcciones cercanas al mar y aumentara la vida útil de esta.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Determinar fallas, uso de materiales adecuados en las diferentes construcciones cercanas al mar

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Asegurar un buen estado en las construcciones, evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil.

1.6.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Determinar fallas, uso de materiales adecuados en las diferentes construcciones cercanas al mar	Establecimiento de las fallas y correcto proceso constructivo.	Comprobación de la normatividad vigente.	Viabilidad en los indicadores.	Tipos y formas de fallas.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Asegurar un buen estado en las construcciones, evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil	Establecimiento de las fallas y correcto proceso constructivo.	Tipo de fallas en el las construcciones marítimas en la zona en estudio	Grado de afectación.	Según la clases de fallas. Nivel de afectación Alto, medio, bajo.

Cuadro N° 01: Operacionalización de variables

Fuente: propia

1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se constituye como un estudio de tipo **DESCRIPTIVO-TECNOLOGICA** desde el punto de vista metodológico, ya que se recolectará la información pertinente para la documentación de las diferentes construcciones marítimas como se presenta en la realidad. Para tal efecto, **Chávez (2001)** expresa que los estudios descriptivos son todos aquellos orientados a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal como se presentaron al momento de su recopilación.

1.7.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva. Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad. Los estudios descriptivos en que el investigador no interacciona con el participante incluye estudios de observación de personas en un ambiente o estudios que implican la recolección de información utilizando registros existentes.

Tecnológica. “La investigación tecnológica no resuelve problemas Prácticos aislados, sino que tiene un efecto multiplicador. Incorpora Dentro de su metodología, los procedimientos de control de calidad” **Borja, M. (2012)**,
“EFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS BALNEARIOS, LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y CHULLIYACHE PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE PIURA- 2016”

1.7.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los principales métodos a utilizar en la investigación:

- a) **Método Inductivo.-** Estos métodos nos permiten realizar un estudio particular con el propósito de llegar a la conclusión y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares que genera el proceso de investigación.

- b) **Método Analítico.-** Es importante realizar un estudio analítico sintético de los temas expuestos en el presente trabajo, identificando cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación, desintegrando las ideas para conocerlos con mayor profundidad.

- c) **Método Descriptivo.-** Este método consiste en evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. En esta investigación se analizan los datos reunidos para descubrir así cuales variables influye entre sí.

- d) **Método Observativo.-** Este método se usa para detectar y asimilar los rasgos de un elemento utilizando los sentidos como instrumentos principales.

1.7.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de diseño a utilizar es el de tipo no experimental, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, es una investigación donde no se hace variar intencionalmente las variables. Lo que se hace es una investigación no experimental es

observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. **Hernández, Fernández y Baptista (1998)**

Se recolectó toda la información en relación a construcciones marítimas que cumplan con todas las normativas vigentes exigidas, que serán reunidas de distintas fuentes bibliográficas, de tal forma que podrán ser analizadas en un momento único y de esta manera lograr el objetivo de la investigación.

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. POBLACIÓN

La población del presente trabajo de investigación será la provincia de Sechura departamento de Piura.

1.8.2. MUESTRA

Se realizó la muestra con un total de 15 viviendas, los cuales comprenden 49 columnas y 54 muros de albañilería. En los balnearios, Las Delicias, Mata caballo y Chulliyache provincia de Sechura-Piura

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1. TÉCNICAS

Observación.- Para ejecutar este trabajo de investigación se utilizó la técnica de observación en la cual se ha podido hacer un análisis para complementar los trabajos descritos acerca de construcciones marítimas y clasificar las fallas presentes con sus respectivas causas y reparaciones.

1.9.2. INSTRUMENTOS

Formatos y tablas Son instrumentos que nos servirán para recoger información, de esta manera poder ver a grandes rasgos que se deben tomar en cuenta y profundizar en aquellos aspectos sobre los que, posiblemente, no se hayan tomado en cuenta en forma inicial.

1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación nace de la necesidad de dar una solución a la problemática existente en las diferentes construcciones cercanas al mar y particularmente a los balnearios Las Delicias, Mata caballos y Chulliyache, este nos permitirá conocer los problemas que puedan suscitarse, mediante la clasificación e identificación de las deficiencias del concreto; buscando generar o plantear propuestas para los nuevos proyectos de construcción.

1.10.2. IMPORTANCIA

Considero que este trabajo de investigación es de suma y valiosa importancia ya que a través de las conclusiones y recomendaciones se estará dando solución a la mayoría de los problemas de construcciones marítimas que puedan afectar a la ciudad de Piura, por ende a la población a que forma parte de la misma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- a) Dpto. de Ingeniería – **Universidad Nacional del Sur (2013)**.en Bahía Blanca, Argentina, realizo un estudio de “**Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima**” cuyo objetivo fue: inspeccionar una obra de concreto armado ubicada en la zona costera al mar, perteneciente al puerto de Bahía Blanca (Argentina). Ésta presentaba un importante cuadro de fisuración en el concreto y evidencias de un proceso corrosivo en las armaduras, con exudación de compuestos de hierro hacia la superficie. Se realizaron ensayos físico-mecánicos y estudios petrográficos, sobre testigos calados en la estructura. Los resultados de los ensayos físico-mecánicos indican: valores menores de resistencia a compresión respecto a los que deberían tener este tipo de estructuras, una profundidad de carbonatación que en algunos casos supera el espesor del recubrimiento, y valores de absorción y porosidad elevados. Con microscopía de polarización sobre secciones delgadas se encontraron claras coronas de reacción hacia el interior de las partículas, y se observaron cavidades de aire y fisuras rellenas parcialmente por carbonato de calcio, estringtonita y aluminosilicatos. Por difracción de rayos X se identificaron aluminosilicatos de las estructuras.
- b) **Astudillo, Fanny (2006)**, realizó una “evaluación patológica a los daños causados en los puentes y alcantarillas ubicados en la troncal 009, tramo Boca de Uchire – Clarines del Estado Anzoátegui. La evaluación se basó en la inspección, inventario, descripción de los daños y aplicación de ensayos diversos en cada estructura encontrada, percibiendo que las estructuras presentaban

enfermedades y daños diversos por deterioro de sulfatos y proponiendo técnicas de reparación adecuada para cada uno de los síntomas analizados.

- c) **Ospina, Julio (2005)**, realizó una evaluación de los daños que presentaba el Muelle N° 5 del Puerto de Guanta. Dicha evaluación se realizó tomando en cuenta los diferentes aspectos que causan corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado en estructuras ubicadas en el ambiente marino, proponiendo técnicas de reparación y mantenimiento.

Luego de la evaluación de la estructura se determinó cuáles eran las deficiencias más notorias de esta vivienda y a continuación se presenta las características básicas de dicha adecuación:

1. Reparación de las fisuras existentes utilizando un mortero epoxi o un mortero de cemento ya que se trata de fisuras muertas, esto se realiza de la siguiente manera:
 - En grietas relativamente estrechas y en concreto sano se sella la superficie con un material termoplástico o simplemente con cinta adhesiva.
 - En grietas más anchas o en grietas donde el concreto presente señales de deterioro importante se aplica un sellado con masilla epoxi
2. Para reparar los elementos que presentan desprendimiento del recubrimiento debido a la corrosión del acero se realizara lo siguiente
 - Luego de eliminar el concreto suelto o corroído, se debe observar el núcleo para determinar la existencia de fisuras, si las hubiera se debe proceder a inyectarlas con una resina epoxi

- d) **Álvarez, Anna y Veltri (2002)**, efectuaron un estudio y análisis del origen de los daños ocasionados en una estructura de concreto armado ubicada en la Ciudad de Cumaná de nombre Apartamentos Marina Mar la cual estuvo sometida a la acción de un sismo de magnitud 6 y 8 en la escala de Richter en el año 1997 y presentaba fisuras y desprendimiento de material en sus elementos estructurales. Dicha investigación se realizó con la finalidad de detectar si el detrimento pudo cometerse en las fases del proyecto constructivo y recomendando métodos correctivos para prolongar la vida útil de servicio de la edificación.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.

- a). **Sáenz Vilca C. (2010)** en su tesis denominada **“Evaluación del estado actual y diseño de las estructuras de concreto armado de las plantas pesqueras en el Distrito de Chimbote”**. Dicho estudio fue de carácter descriptivo que se aplicó a una muestra de 3 plantas pesqueras, cuyas construcciones se realizaron en distintos años y cuyos constructores fueron diferentes concluyendo lo siguiente.
- Se evaluaron las estructuras de forma individual encontrándose en la mayoría, daño en el concreto y corrosión del acero, así como baja resistencia del concreto por tratarse de concretos expuestos a un medio agresivo, además se observó que el concreto sufre adiciones de elementos tales como la soda cáustica que alteran el comportamiento del concreto.
 - Se determinó que los agentes que afectan la durabilidad del concreto en las plantas pesqueras se deben principalmente a la corrosión en la armadura de las estructuras, y estos agentes son: la humedad, cloruros y sales del medio.

b). **Ávila Mezarino, Yoji Hobberg (2011) – Patologías, inspección y Propuestas de reparación de estructuras de muelles portuarios Caso Región Ancash Perú**

Indica que: La mayoría de las estructuras de concreto armado en el medio marino muestra señales de la degradación resultante de la corrosión en el refuerzo por la presencia de cloruros. En algunos casos, la degradación es visible unos pocos años después de la construcción de la estructura. Aunque el medio ambiente marítimo es extremadamente severo, hay otros factores que afectan las degradaciones prematuras del hormigón, como la mala calidad de la construcción debido a la falta de mano de obra especializadas, las normas deficientes, proyectos debido a la falta de información sobre los parámetros que influyen en el proceso de degradación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LAS CUALIDADES DEL CONCRETO SUMERGIDO EN AGUA DE MAR

DEFINICION

El ambiente marino puede actuar de forma desfavorable en cuanto a las características del concreto. Por ello es que a continuación se detallan algunos de los efectos de este ambiente **Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007)**

1. Sumersión:

El efecto general de la sumersión podría considerarse como positivo, esta evidencia se avala con el hecho de que un buen concreto sumergido en agua marina, incrementa su resistencia con el paso del tiempo.

La sumersión también minimiza los cambios de temperatura, disminuyendo la velocidad y dimensión de las expansiones y contracciones, evitando el agrietamiento, la erosión, el descascaramiento y por ende la corrosión.

Ahora, si se analiza desde un punto de vista menos positivo, tenemos que debido a la permeabilidad que posee el concreto, el agua marina tiende a penetrar, ya sea por diferencia de presión o por capilaridad.

Cuando el concreto no está sumergido totalmente, el agua es continuamente evaporada de la superficie del concreto que sobresale del nivel del agua, la penetración del agua marina será continua, quedando un poco de residuo de sal depositado en este, luego las sales se difunden por capilaridad dentro de los poros.

2. Constitución química del agua:

Los constituyentes primarios del agua marina son los iones del cloro, sodio, sulfato, magnesio, calcio y potasio y su mayor función la cumplen como un muy buen electrolito y entre concentraciones de sal y el acero. Como el pH del agua marina, es alrededor de 8, y la corrosión de la armadura ocurre con un pH por debajo de 11, la alcalinidad debe ser suplida por el cemento.

3. Gases disueltos y atrapados en el cemento:

Los gases disueltos de importancia en el concreto son anhídrido carbónico (CO₂), oxígeno (O₂), vapor de agua y aire. Estos gases sumados a los disueltos en el agua son un contribuyente a la erosión del concreto por cavitación.

4. Presión:

El efecto de la presión en las propiedades del concreto, no está totalmente estudiado. Aunque se ha llegado a establecer muy bien que alrededor de los 60m de profundidad, el concreto mejora en todas sus

cualidades. Este efecto, presumiblemente, debería mejorar la densidad y resistencia de la mezcla en su estado ya fraguado. Esto se entendería al establecer el proceso de fraguado en profundidades, como el fraguado de concreto pretensado.

Se ha sugerido que a profundidades muy altas (por ende presiones altas) se podría obtener concretos con resistencias a compresión de 500 (kg/cm²) o más.

En el caso del hormigonado bajo el ambiente marino, se ha llegado a profundidades de 50m por colado y a 90m por inyección, teniendo resultados excelentes.

5. Temperatura:

Este factor puede ser beneficioso o perjudicial. Como una incidencia favorable puede nombrarse, que las propiedades del concreto generalmente mejoran a bajas temperaturas, ya que la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad son inversamente proporcionales a este factor. Pero como efecto dañino, no se debe olvidar que los ataques químicos y electroquímicos son más severos en las aguas tropicales, ya que la temperatura del agua favorece a tales fenómenos.

6. Organismos marinos:

Dentro de la gran gama de organismos marinos, se pueden destacar como los más perjudiciales a los grupos de organismos sésiles y el fouling (suciedad). Este último se adhiere a las paredes de las estructuras flotantes, aumentando su espesor, y por ende el peso de las mismas. Además el incremento de las dimensiones (secciones, ancho, etc.), conduce a una mayor resistencia al oleaje y agua en movimiento.

En el caso de los organismos sésiles, como picorocos, piures, cholgas, etc., el efecto es parecido al del fouling, pero más dañino, ya que el tamaño de los organismos es mayor, provocando aumento de secciones

en pilares de hasta un 30%. Además si se toma en cuenta que los organismos crecen en forma irregular, éstos contribuyen a las turbulencias creadas por el movimiento de las aguas marinas.

Otro efecto contrario que ocasionan los organismos marinos, es el desprendimiento de material que se produce al retirarlos mecánicamente. Este desprendimiento de material puede contribuir a la corrosión de las armaduras y por ende al debilitamiento de la estructura.

7. Hielos:

De las diversas formas en que se puede encontrar el hielo en el ambiente marino, lo podemos destacar como flotante o adherido a las estructuras. En el caso de las masas de hielo adheridas a las estructuras, aumentan el peso de éstas al fluctuar el nivel del agua (descenso). Además el hielo adherido aumenta secciones donde es solicitado por el oleaje y/o corrientes, distorsionando las características del diseño hidráulico.

En el caso de los hielos flotantes, el efecto que puede causar es el impacto sobre las estructuras, al moverse junto con las mareas y/o corrientes.

8. Fuerzas sísmicas, tsunami y ondas expansivas de explosiones:

En el diseño de fuerzas sísmicas que golpean una estructura sumergida debe, la aceleración de la masa de agua que golpea; el concreto es particularmente efectivo para resistir fuerzas sísmicas y tsunamis a causa de la masa y homogeneidad de este.

Si se analiza el caso de las ondas producidas por las explosiones submarinas, el concreto es especialmente resistente, debido a su resistencia a la compresión, bajo módulo de elasticidad, gran masa y gran espesor. En el caso de que la estructura presente grietas o pequeñas fisuras, las ondas viajarían por el interior aumentando su efecto.

9. Movimiento del agua:

Los movimientos del agua transportan: arena, grava y hielo que son causantes de abrasión. La salpicadura de las olas deposita sal sobre la línea de mareas, lo que contribuye a la formación de corrientes galvánicas, causante directa de la corrosión en las armaduras. El golpe de las olas, al tapar y destapar alternativamente cualquier grieta, produce en el interior un aumento brusco de la presión que erosiona y desgasta, aumentando el volumen de la cavidad, este fenómeno se conoce como “efecto pistón”, importante causa de erosión en estructuras.

El deterioro de las estructuras de concreto debido a las causas enumeradas anteriormente, puede verse incrementado por las sollicitaciones debidas a las presiones que ejercen las olas. El estudio el mecanismo de la disipación de energía hidrodinámica, permite desarrollar la teoría de las presiones que las olas ejercen sobre la estructura bajo la acción del viento. Básicamente, se pueden considerar dos causas de disipación de energía: por fricción interna y por rompimiento de las olas.

La fricción interna se produce, para las olas originales en aguas profundas, por las oscilaciones de las partículas de agua, alrededor de su posición de equilibrio, con órbitas aproximadamente elípticas. La longitud y velocidad de las olas van disminuyendo a medida que se van acercando a la costa y aumenta la fricción del fondo. Se produce en consecuencia, un cambio energético que torna inestable las partículas de agua y se origina una concentración de energía cinética y potencial en la cresta de las olas, que se empujan hasta sobrepasar la tensión superficial y rompen. En otros casos, a las presiones enumeradas, se debe sumar la fuerza dinámica debida a la turbulencia del agua mezclada con aire, que puede alcanzar valores muy altos, de efectos más destructivos que las olas pasantes.

10. Abrasión:

En las zonas de vientos y a profundidades menores de 18 m, la arena y la grava pueden encontrarse en continuo movimiento, lo que producirá abrasión en las estructuras de concreto también las corrientes de fondo son causantes del movimiento de materiales.

Los ángulos, aristas y resaltes de las estructuras, están particularmente sujetos al rompimiento, desgaste y caída, por causa de la abrasión, hechos que se deben tener muy presentes en el diseño. Para hacer un concreto resistente a la abrasión, se deberá incrementar su solidez y densidad por medio del uso de un buen compactado, con un diseño de mezcla adecuado y baja relación agua-cemento. Se deberá seleccionar agregados duros y resistentes a la abrasión.

Las terminaciones deberán ser muy buenas (lisas) por lo que es preferible el uso de máquinas de terminaciones, cuando sea posible. Un curado apropiado producirá superficies anti abrasivas. El uso de moldajes metálicos vibratorios es una práctica muy recomendable.

11. Ataque de Organismos marinos:

Los organismos que atacan al hormigón son los moluscos, ya que ejercen una alta presión sobre la superficie de éste, desde su etapa embrionaria hasta su madurez. Esta presión puede erosionar o desgastar radialmente el hormigón que se haya usado, además de depositar ácidos, que pueden disolver el cemento y son más agresivos en un hormigón poroso.

Este tipo de ataques es más peligroso y serio, en aguas tropicales y sub-tropicales que en aguas frías. Las estructuras se cubren de pelillo y lama, además de los organismos sésiles mencionados, las grietas pequeñas son usadas como moradas por cangrejos, y las más grandes, los peces. Un concreto de superficie densa y dura, proveerá generalmente una protección adecuada.

12. Ataque químico:

El ataque químico del concreto, se origina por la acción de los cloruros y sulfatos del agua marina, que se combinan con el cemento, formando compuestos solubles como hidróxido de magnesio, que se expande y explosiona dentro del concreto en los moldajes (causa grietas y fisuración). Este tipo de ataque es más rápido en aguas tibias y es de mayor significancia en aguas tropicales.

La impermeabilidad es el mejor medio de protección del concreto. El uso de cementos con un moderado o bajo contenido de Aluminio Tricálcico (Ca_3Al), máximo 8%; producirá un concreto resistente a los sulfatos.

13. Ataque por Sulfatos

El hormigón expuesto a un ambiente marino puede deteriorarse debido a los efectos combinados de varios factores: **Bermúdez, Odrizola y pilar Alaejos; (2007)**

- La acción química de los constituyentes del agua de mar sobre los productos de hidratación del cemento.
- La expansión álcali-árido, cuando hay áridos reactivos (formas reactivas de sílice), poco frecuentes.
- La presión de cristalización de sales en el hormigón se manifiesta (si una cara de la estructura está sometida a condiciones de humedad y la otra a condiciones de secado).
- La acción del hielo en climas fríos.
- La erosión física debida a la acción de las olas y de las partículas en suspensión.
- La corrosión de las armaduras. Cada una de estas acciones provoca un aumento de la permeabilidad del hormigón, lo que contribuye a que progrese el ataque de la causa inicial y el de los demás tipos de acción. El ataque de las armaduras por los sulfatos presentes en las aguas es el caso más frecuente de ataque químico en obras de hormigón armado

ejecutadas en ambiente marino. De forma resumida, lo que se produce es que la permeabilidad inherente al hormigón, ya sea por fisuración o por capilaridad, permite la entrada de agua en la masa del hormigón. Los sulfatos producen picaduras localizadas en la armadura, rompiendo la capa pasiva, iniciando el proceso anódico y reduciendo la sección de la barra. **Calavera, José, (1979)**



Imagen N° 01: Pórtico de embarcadero totalmente fisurado

Fuente: Obras Portuarias: problemas y soluciones



Imagen N° 02: Viga en pórtico (embarcadero) fisura producida por la expansión de la armadura en su proceso corrosivo

Fuente: Obras Portuarias: problemas y soluciones

2.2.2. DAÑOS EN CONSTRUCCIONES MARITIMAS- DEFINICIONES

a) Lesiones por erosión

Bien conocida es la agradable brisa que se disfruta a la orilla del mar, en la arena, siempre soplando con mayor o menor intensidad, incluso con fuerza en ocasiones, lo que puede provocar que arrastre en suspensión partículas de arena.

Cuando se producen estos fuertes vientos, incluso no tan fuertes pero si con arena en suspensión, el poder de erosión de ese viento es muy superior a un viento limpio, ya que las partículas de la arena chocan contra las superficies de los edificios. La arena es un material silíceo, bastante duro, por lo que al golpear los pequeños granos de arena sobre los materiales colocados en fachada acaban erosionándolos capa a capa. Catalá Enrique Alario, (2011)



Imagen N° 03: Erosión

Fuente: Código técnico de la edificación

b) Oxidación de elementos metálicos

Es la lesión más común en **ambientes marinos** y una de las más difíciles de evitar, por lo que es necesario realizar un correcto mantenimiento de los elementos metálicos. Bisagras, engranajes, cerraduras, tendederos, todo absolutamente necesita ser periódicamente engrasado y protegido para evitar la casi inmediata oxidación. De momento, todavía se trata de una oxidación muy superficial, pero ya hemos visto lo que puede llegar a provocar la oxidación, por lo que es importantísimo el correcto mantenimiento de las imprimaciones antioxidantes. Una solución más duradera puede ser pintar los elementos metálicos con una lechada de mortero epóxido, con propiedades pasivadoras. Es una solución con mayor protección y durabilidad que la imprimación con pintura antioxidante.



Imagen N° 4: Elementos metálicos oxidados debido al ambiente marino

Fuente: Propia



Imagen N° 05: Oxidación en Rejas
Fuente: Código técnico de la edificación



Imagen N° 06: Oxidación en Antena parabólica
Fuente: Código técnico de la edificación

No hay metal que se le resista al ataque agresivo en zonas cercanas al mar, lo que solo se puede combatir colocando **materiales más resistente al ataque químico como elementos**, galvanizados y/o inoxidables o también con un esmerado mantenimiento, evitando el avance de la oxidación en el mismo momento en que se detecta.



Imagen N° 7: Estructura de metal, desgastada por contacto con el agua de mar.

Fuente: Propia.

La erosión: se presenta cuando el electrolito o material corrosivo, está fluyendo, golpeando el material continuamente como consecuencia se tiene un desgaste de este. Además, cuando queda inmerso en agua del mar, el acero está expuesto también a corrosión galvánica, similar a la que tiene lugar entre el acero y los elementos de latón. **Catalá, Enrique Alario, (2011)**

c) Envejecimiento de maderas

La madera es un material que al estar en un ambiente con un grado de humedad tan alto, absorbe dicha humedad para igualarse con la del ambiente, por lo que el grado de humedad con el que se queda es muy elevado. La humedad contenido en la madera favorece su degradación, provoca que pierda cohesión, impide la correcta aplicación de pinturas de protección, por lo que deben ser renovadas con mayor periodicidad que en condiciones normales



Imagen N° 08: *Envejecimiento de maderas*

Fuente: *Código técnico de la edificación*

d) Daños en elementos de hormigón

Existen daños que el ambiente marino puede ocasionar a las estructuras de hormigón, algunas imágenes que muestran la importancia que debe tener el hormigón cuando se encuentra en ambiente agresivos



Imagen N° 09: Muros deteriorados por los sulfatos y columna desgastados por las sales - Playa Chulliyaque

Fuente: Propia

Esta estructura se encuentra muy deteriorada por la agresividad de los sulfatos por tal motivo el desgaste del material es evidente por la porosidad del concreto. Se recomienda un concreto muy resistente a los sulfatos con una relación a/c baja, una dosificación adecuada. Y un curado continuo. Lo que mejoraría la impermeabilidad del concreto.



Imagen N° 10: Columna en mal estado a causa de los sulfatos, quedando el acero expuesto al ambiente marino.

Fuente: Propia

El acero de refuerzo del hormigón ha sido alcanzado por el ambiente marino a través de la porosidad del hormigón, probablemente el recubrimiento no ha sido el correcto para ambiente marino, o quizás se utilizó arena de la propia playa en la construcción, algo habitual en estas zonas.

2.2.3. DURABILIDAD DEL CONCRETO

El ambiente marino constituye la más severa prueba a la durabilidad del concreto. Una estructura construida inapropiadamente puede sufrir un rápido y serio deterioro.

El concreto está sujeto a: ataque químico, disrupción por acción del hielo-deshielo y ataque de corrosión; abrasión por el movimiento

sedimentario; cavitación por golpes de viento y ataque de los organismos marinos. Todo lo cual contribuye al deterioro del concreto marítimo. **Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007)**

1. Corrosión de armaduras:

El cambio más serio que se produce en una estructura de concreto armado en ambiente marino, es la corrosión de sus armaduras. En términos generales, este fenómeno se produce en un concreto poroso y permeable, que está expuesto alternativamente al agua salada y al aire, en las zonas expuestas a la marea y salpicadura de las olas. La sal en concentraciones variadas es depositada sobre la superficie de concreto, produciéndose una penetración por capilaridad, formándose una acción electroquímica que corroe la armadura de acero, como consecuencia de esto, se produce una oxidación que gasifica, expande y termina por botar el recubrimiento de concreto, quedando la armadura al aire, comenzando su desintegración.



Imagen N° 11: *Losa de concreto armado acero expuesto al ambiente, desprendido a causa del aumento del volumen del acero*

Fuente: *Propia*



Imagen N° 12: Desintegración del acero

Fuente: Propia

2. inspección y medición de la corrosión:

Al efectuar la inspección visual, de una estructura de concreto armado posiblemente afectada por problemas de corrosión, se deberá hacer un exhaustivo análisis de las grietas, para poder tratar de detectar las posibles causas del deterioro, para ello se deberá tener presente lo siguiente:

- a) La corrosión ocurre antes de que se evidencie exteriormente, por el desprendimiento del concreto que recubre la armadura.
- b) Generalmente, la corrosión se presenta por sobre el nivel mínimo de mareas. La mayor parte de la corrosión se produce en zonas expuestas a salpicaduras.
- c) La corrosión se presenta en forma de grietas localizadas
- d) Siempre el concreto del entorno de la zona corroída, es altamente permeable, fisurado y de baja resistencia.
- e) No se considera el ataque químico al concreto como causa directa de la corrosión de las armaduras.

3. Análisis de las grietas y su influencia en la corrosión:

Existen muchos tipos de grietas, con respecto a su profundidad, medida en la superficie, hay grietas superficiales, profundas y continuas. Con respecto a la dirección en la superficie, hay dos tipos principales; grietas de mapa, o “grietas modelos”, que son más bien grietas cortas, distribuidas uniformemente y que corren en todas las direcciones, formando casi siempre una figura que se aproxima a una hexágono; este tipo de grietas, indica retracción de las capas superficiales causadas por el hormigón de las capas intermedias o fondo, la mayoría de las veces por grandes nidos de piedras.

El otro tipo importante de grietas, es la grieta sola y continua, que ocurre en direcciones definidas, a menudo en paralelo y a intervalos definidos; este tipo indica una retracción en la dirección perpendicular a ella.

Además, existen grietas internas, alrededor de grandes nidos de agregados, es posible que las fallas de compresión, se originen en tales grietas. También hay grietas originadas en el hormigón fresco (capilares) y grietas que se originan después del fraguado como las grietas incipientes en el hormigón fresco, las cuales vienen a descubrirse más tarde, sólo si otra influencia o factor viene a actuar como decantador.

Algunas grietas son señal evidente de que el hormigón está bajo un deterioro interno. Las grietas directamente sobre las armaduras y que corren en la misma dirección de las barras o grietas que están manchadas o teñidas de café (orín), es signo seguro que la armadura de acero está corroída, en tal grado, que se ha producido una invasión del producto de la corrosión en el hormigón.

Generalmente, grietas profundas acompañadas con expansión, pueden ser causadas por el ataque de sulfatos, algunas veces esto significa que la mezcla contenía más sulfato que lo normal, o también puede ser

que el sulfato provenga de otra fuente y que durante el servicio haya encontrado un medio de propagación. Otras grietas generalizadas, pueden resultar del uso de varios tipos de agregados que reaccionan químicamente con el cemento, o del uso de agregado grueso altamente poroso.

4. Medición de la corrosión:

Un poderoso arsenal de ensayos sirve de inapreciable ayuda al investigador, para determinar los deterioros, ya sean visibles o no, y para determinar si la corrosión se activa o si las grietas han sido iniciadas por otra causa.

Lo más importante es la inspección visual, la medición y análisis de las grietas; luego con muestras tomadas de la estructura, pueden ser ensayadas para medir el contenido de ion cloruro, gravedad específica, porcentaje de vacíos, absorción y resistencia a la compresión. Los resultados de estos ensayos nos ayudan a medir el grado de susceptibilidad de la estructura, determinar los aditivos y la ulterior corrosión. Además, el ensayo de los agregados reactivos puede ser hecho para determinar si los agregados son causantes o contribuyentes del agrietamiento.

El ensayo de ultrasonido, puede ser realizado en el hormigón en obra, para estimar la severidad y extensión del deterioro por agrietamiento o los vacíos del hormigón, aun cuando estos no pueden ser vistos.

Otras áreas dañadas por corrosión a causa de un insuficiente recubrimiento de las armaduras, pueden ser detectadas por el Pacómetro, un aparato magnético que mide la profundidad de las armaduras, si el tamaño de las barras es conocido.

La existencia de corrosión activa, puede ser detectada por la medición directa de un flujo de corriente. Se hace una conexión eléctrica de un borne de un voltímetro a una barra de la armadura expuesta. El otro

borne del voltímetro es conectado a un elemento de pila de sulfato de cobre, que es entonces puesto en contacto con la superficie de hormigón en varios puntos. La magnitud y signo del voltaje resultante es un indicador de la actividad de la corrosión en el hormigón. Un potencial de alrededor de 0.30 Volts, es generalmente considerado un valor de inicio, y que sobre el cual, el daño por corrosión ocurrirá sobre seguro. Muchas observaciones indican que un potencial igual o mayor a 0.20 Volts es indicador de avería por corrosión en miembros verticales de hormigón. Resumiendo, si se obtienen bajas lecturas en una región agrietada, el agrietamiento puede ser considerado como estructural y no a causa de la corrosión.

2.2.4. TECNOLOGÍA DE LOS CONCRETOS EN AMBIENTE MARINO

Para obtener hormigones de la calidad que uno desea, es necesario establecer, mediante el uso de dosificaciones adecuadas, la combinación adecuada de los agregados. En este capítulo se establece como objetivo general el presentar los cuidados que se deben tener en el diseño de las dosificaciones para obtener un hormigón adecuado y de calidad. esto quiere decir el establecer las cantidades de: agregados pétreos, agua, aire incorporado, aditivos y cemento. **Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007)**

1. Diseño de concreto

El diseño de hormigones comprende la correcta determinación cuantitativa de los componentes del mismo. Para ello es que se debe tener especial cuidado en las características deseadas en el producto final, ya que la dosificación, siendo como una receta, si se varía la cantidad de alguno de los agregados se obtiene quizás un producto que perjudique, en forma no pensada, la estructura del hormigón

2. Calidad de los materiales

La calidad de los materiales es proporcional a la calidad que se espera de la mezcla de hormigón en la cual se utilizaran. Por ello es que a continuación se muestran los cuidados que se debe tener a elegir y cuantificar cada elemento que constituirá la mezcla.

- a) Agregados pétreos:** Constituyen la porción mayor de la dosificación y no ha de contener materias orgánicas, substancias solubles, películas adheridas, ni elementos blandos, o susceptibles de descomposición. Ha de ser químicamente inerte respecto del cemento y mecánicamente tenaz y adhesivo con la pasta de cemento. Estará constituido por trozos duros, no absorbentes ni permeables, Su granulometría será la más adecuada tanto para el agregado fino y para el agregado grueso. En cuanto a su forma, el ideal para los agregados angulosos, es la cúbica. Los que tienen formas laminadas, aplanadas y largas, cilíndricas o formas torcidas, dan mezclas poco trabajables y con tendencia a causar sedimentación o exudación.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor: Reglamento nacional de edificaciones (2016)

- 1) un quinto de la menor dimensión entre caras del encofrado.
- 2) un tercio del peralte de la losa
- 3) tres cuartos del menor espacio entre barras de refuerzo

- b) Agua:** Generalmente, deberá tener la calidad de ser potable y estar libre de turbidez excesiva y materiales orgánicos. Para una mayor durabilidad, y particularmente en exposiciones en climas semi-tropicales, se deberá imponer estrictas limitaciones con respecto al porcentaje aceptable de cloruro de magnesio (1%). Con respecto al uso del agua de mar, algunos autores lo aceptan, pero con severas limitaciones y recomiendan un alto contenido de cemento con el fin de

incrementar la alcalinidad e inhibir la corrosión. Toda esta propensión a la corrosión de las armaduras, limita el uso del agua marina en el hormigón armado y prohíbe su uso en el hormigón pretensado. cuando la estructura esté permanentemente sumergida, la corrosión podría no ocurrir, siempre que exista un alto pH y un contenido de sal uniforme.

Requisitos de calidad del agua potable

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que ah emplearse. La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Cuadro N° 02: límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Fuente: norma técnica peruana 399.088

c) Aire incorporado: Es esencial para un concreto marítimo, ya que permite lograr mayor plasticidad, por la distribución uniforme del aire en la mezcla, estos esferoides de aire, obran a la vez como un árido fino y como un sistema de “rodamiento de bolas” que facilitan la movilidad y acomodamiento del agregado grueso. Los beneficios que se pueden obtener con el uso del aire incorporado, son:

- Disminución del contenido de arena en un volumen absoluto igual al del aire incorporado.
- Disminución del agua, sin pérdida de asentamiento.
- Mejoría de la trabajabilidad y disminución de la razón agua cemento.

Condiciones especiales de exposición

Los concretos sometidos a procesos de congelación y deshielo deberán tener aire incorporado para resistencia a la compresión de 350kg/cm² si se requiere un concreto de baja permeabilidad.

El concreto que va estar expuesto a la acción de soluciones que contiene sulfatos deberá cumplir con los requisitos en el cuadro N° 03

Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

d) Aditivos: Son los ingredientes que se agregan al concreto, antes o durante del mezclado, con el fin de conferirles alguna cualidad determinada. En los concretos marítimos son frecuentemente usados los reductores de agua, para mejorar la trabajabilidad y reducir la segregación durante la manipulación. Retardadores y Plastificantes son muy usados en los concretos sumergidos.

- **Sikament FF-86:** Es un producto sintético que produce en el hormigón una consistencia súper fluida o permite trabaja con una fuerte reducción de agua . No contiene cloruros, no es tóxico, cáustico ni inflamable. Este aditivo es absorbido por las partículas de cemento confiriéndoles

una carga eléctrica negativa produciendo su separación, permitiendo con esto una hidratación completa de los granos de cemento, sin efectos secundarios.

- **Sikament NF:** Es un aditivo súper fluidificante y reductor de agua de alta capacidad que produce en el hormigón una consistencia superfluida o permite trabajar con una fuerte reducción de agua.
- **Sika Ferrogard 901:** Es un aditivo inhibidor de la corrosión de las armaduras de acero insertas en el hormigón armado. Mediante su acción se aumenta considerablemente la vida útil de los elementos de construcción de hormigón armado. Es una combinación de inhibidores orgánicos e inorgánicos. Este aditivo forma una película protectora sobre la superficie del acero e impide la disolución del metal, protegiendo especialmente sobre la acción de cloruros.
- **Sikacrete W:** Es un aditivo en polvo compuesto por micro sílice (Sílica Fume) de alta calidad y aditivos especiales que, adicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. No contiene cloruros y puede utilizarse en hormigones y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.
- **Sikacrete 950:** Es un aditivo basado en micro sílice de alta pureza que, combinado con un supe plastificante, produce máxima resistencia mecánica, alta impermeabilidad y alta durabilidad del hormigón. En la mezcla fresca se produce una lata cohesión, una reducción de exudación y una mejor trabajabilidad.

Es conveniente realizar mezclas de prueba, para establecer dosificaciones y determinar cualitativamente y cuantitativamente los resultados. **Ramón, E Davoin, (2016)**

e) Cemento

En cuanto a la calidad del cemento, este deberá tener un moderado contenido de Ca_3Al (alrededor de un 8%) para prevenir una reacción química entre el hormigón y el agua marina. Además, deberá tener un bajo contenido alcalino (de 0,6% de Na_2O y K_2O) para prevenir una reacción con ciertos agregado, que pueda ser acelerada en ambiente marino. De preferencia pueden aceptarse los cementos con adiciones activas como puzolana y escorias. La razón agua-cemento, deberá ser lo más baja posible, en orden a reducir la permeabilidad se recomienda un $0,45 \pm 0,05$.

Cemento, como principal adherente entre los agregados pétreos que conforman el hormigón, se puede encontrar en diferentes tipos, algunos de ellos se describen a continuación. **Hormigón sumergido.html, (2016)**

- **Cemento portland:** El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón (llamado concreto). Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. Cemento se obtiene de la pulverización de una mezcla de Clinker y sulfato de calcio con agua (yeso hidratado).

Clasificación del cemento portland:

Tipo I: Cuando no se requiere ninguna característica especial

Tipo II: moderado calor de hidratación y resistencia moderada a sulfatos

Tipo III: alta resistencia inicial

Tipo IV: bajo calor de hidratación. Fabricación de concretos masivos

Tipo V: cemento portland –El tipo V de bajo contenido de álcalis y yeso. Fabricado especialmente para obras en donde se requiere concreto de alta resistencia al ataque de sulfatos como:

Obras expuestas al agua de mar, al ambiente marino, a suelos y aguas con alto contenido de sulfatos (salitre). - Bajo contenido de álcalis. - Se logran altas resistencias a la compresión, es usado en muchas aplicaciones Además, tiene la capacidad de utilizarse en variados diseños de mezclas de concreto. - Sus cualidades son ampliamente conocidas por el sector construcción civil peruano y extranjero.

Usos y aplicaciones - Para las construcciones en general y de gran envergadura especialmente cuando se desea una alta resistencia a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación. - En cimentaciones, túneles, tuberías, canales de riego, muros de contención, depósitos, presas y obras en contacto con suelos o aguas que contienen sulfatos. - Se utiliza especialmente en obras expuestas a la acción del agua de mar, al ambiente marino, suelos y aguas con alto contenido de sulfatos. En construcción de piscinas y casas en la playa. Por el moderado calor de hidratación desarrollado, este cemento también se puede usar en obras masivas como presas para diversos usos: abastecimiento de agua, riegos, producción de electricidad, etc. - Es resistente a la reacción álcali/agregado. **Norma Técnica Peruana 334.009, (2011)**

- **Cementos Siderúrgicos:** Es el producto que se obtiene de la mezcla conjunta de *clínker*, escoria básica granulada de alto horno y yeso. La

escoria básica granulada, es el producto que se obtiene por enfriamiento brusco de la masa fundida no metálica, que resulta en el tratamiento de mineral de hierro, en un alto horno. Si tiene menos de 30% de escoria básica, se denomina Cemento Portland Siderúrgico.

- **Cemento puzolanico:** Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta del clíntler, puzolana y yeso. La Puzolana es el material sílico-aluminoso que, aunque no posee propiedades aglomerantes por sí solo, las desarrolla cuando está finamente dividido y en presencia de agua, por reacción química con el hidróxido de calcio, a la temperatura ambiente. Si tiene menos de 30% de puzolana, se denomina Cemento Portland Puzolanico, en contrario se llama Cemento Puzolanico.

Hormigón sumergido.html (2016)

3. relación agua / cemento (A/C)

La relación A/C, de acuerdo a experimentaciones realizadas, tiene influencia muy grande en la permeabilidad del concreto. Diversas normas ponen límites a la relación A/C. La norma técnica E – 060 limita dicha relación para el concreto expuesto a diversas concentraciones de sulfatos 0.45, El código ACI 318 – 89 limita la relación agua / cemento máximo a 0.40 y estipula la resistencia mínima a la compresión en concreto expuesto a diversos tipos de agresividad. Así, para concretos expuestos a corrosión fija como resistencia mínima 330 kg/ cm² con lo cual pretende fijar un nivel mínimo de protección alcalina además de asegurar un contenido de cemento que permita la posibilidad de concretos densos. Para reducir la relación agua / cemento, sin perder la trabajabilidad de la mezcla es conveniente el uso de aditivos reductores de agua. **Medidas relativas a la calidad del concreto.**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) especifica que la resistencia f_c no deba ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad en condiciones de exposición.

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce:	0,50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres:	0,45 ←
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales (*):	0,45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda :	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas:	0,45
b) Otros elementos:	0,50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres o neblina o rocío de esta agua:	0,40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm:	0,45

Cuadro N° 03: condiciones de exposición relación A/C

Fuente: reglamento nacional de edificaciones

4. Recubrimiento del refuerzo

El propósito del recubrimiento es de proveer una barrera semi Impermeable suficientemente gruesa, para asegurar el concreto, en contacto con el acero, no esté carbonatado ni contaminado por sales. El espesor del recubrimiento debe ser compatible con las características agresivas del medio. La norma técnica nacional E – 0.60, Estructuras de Concreto Armado, establece los recubrimientos mínimos y llama la atención sobre los ambientes corrosivos y otras condiciones severas de exposición. El recubrimiento debe mantenerse en todas las superficies, de ser posible incrementarlo en los bordes y esquinas. Es de notar que en ciertos ambientes, tales como ambientes marinos, el recubrimiento de concreto puede ser insuficiente como barrera contra la penetración de sales y será necesario recurrir a medidas especiales para lograr mayor impermeabilidad – revestimiento selladores o concretos de muy baja permeabilidad logrados con el Empleo de aditivos densificadores. **Civilgeeks (2011) “Patología de las cimentaciones”**

- **Recubrimientos mínimos, cm**

a) concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar 7cm

b) concreto en contacto con el suelo o expuesto al ambiente. Losa 2.5cm, muros 3cm y otros elementos 4cm.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

5. Dosificación y curado

Al diseñar un hormigón, se debe tener especial cuidado que las propiedades específicas que se están dando al hormigón, sean las necesarias, pues los requerimientos de exposición son generalmente mucho más exigentes, con las dosificaciones; que los requerimientos de resistencia.

En todo caso, al diseñar una dosificación, se deberá tener presente la calidad de los materiales, el tipo de cemento, la relación agua cemento. Y para mejor trabajabilidad la incorporación de aditivos

- **Requisitos de dosificación para ambientes agresivos**

TIPO DE EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES EN AGUA (SO ₄) PRESENTES EN SUELOS (% EN PESO)	SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO RECOMENDADO	RELACIÓN AGUA/CEMENTO RECOMENDADA (CONCRETO NORMAL)	f _c MÍNIMO (kg/cm ²)
DESPRECIABLE	0 a 0.10	0 a 150	-	-	-
MODERADA	0.10 a 0.20	150 a 1500	II, IP (MS), IS (MS), I (PM)(MS), I (SM)(MS)	0.50	280
SEVERA	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45	315
MUY SEVERA	Sobre 2.00	Sobre 10,000	V + PUZOLANA	0.45	315

Cuadro N° 04: requisitos de dosificación para ambientes agresivos

Fuente: reglamento nacional de edificaciones

- **Dosificación para hormigones sumergidos**

- Que, la trabajabilidad del hormigón, determinada por el Asentamiento del Cono sea alto, de 15 a 18 cm., a causa de que los hormigones sumergidos, no se pueden vibrar ni compactar, porque se desintegran y con un asentamiento alto, al momento del vaciado en los moldajes, se compacta solo, ocupando y llenando perfectamente todo los moldes. Hay que tener presente que el tipo de árido, también influye en el descenso del cono, sobre todo cuando se trata de chancado con aristas vivas, pues producen trabazón mecánica.
- La razón agua-cemento máxima que se podrá adoptar será de 0.45; siempre se tratará de usar la mínima posible. Todo esto es debido a que el cemento para su hidratación, necesita alrededor de $\frac{1}{4}$ de su peso en agua. Todo el exceso de agua sobre lo indispensable, producirá poro y por consiguiente aumentará su permeabilidad, dejándolo vulnerable al ataque del agua marina (penetración por capilaridad).
- Cantidad de Agua; como el exceso de agua es perjudicial a los hormigones, ésta debe ser la mínima posible de acuerdo a la estructura, medios de colocación y trabajabilidad; la cantidad de agua, está determinada por dos variables, el Asentamiento de Cono y el tamaño máximo de los agregados, y oscila alrededor de los 200 (L/m³), es recomendable el uso de aditivos humectantes.
- Cantidad de cemento; cuando se imponga el uso de cemento corriente, es necesario adoptar para el hormigón una dosificación rica, de 400 a 600 (kg/m³); se puede mejorar su impermeabilidad por medio de la adición de otro aglomerante que lo complemente, como puede ser, puzolana bien cribada y finamente triturada en una porción del 20 al 30% del peso del cemento o todavía mejor, recurrir al empleo de cemento puzolanico.
- Cantidad de Aire; se recomienda el uso de aditivos incorporadores de aire, ya que se forman glóbulos microscópicos de aire, uniformemente

repartidos en toda la masa del hormigón, que mejoran su durabilidad e impermeabilidad, ya que sellan cualquier canal capilar que se pueda producir durante el fraguado.

- Cantidad de áridos finos y gruesos; como es sabido, los áridos finos deben ir llenando los huecos que los áridos de tamaño superior, para obtener en el total el mínimo de huecos. El exceso de fino sobre la cantidad justa para llenar los vacíos de los gruesos, acarrea inconvenientes que hacen perder cualidades a los hormigones, pues el exceso de mortero, hace que se requiera una mayor cantidad de agua para una misma trabajabilidad, por consiguiente, se baja la resistencia mecánica y las defensas contra los ataques de agua marina.
- Consolidación y Curado; los hormigones sumergidos no podrán apisonarse y menos vibrarse, porque con ello se desintegrarían, por lo tanto, lo que más se acepta, es que durante el hormigonado, se golpeen suavemente los moldajes con un combo de madera, con el fin de ayudar a la eliminación de las burbujas de aire y así, obtener una mejor compactación, mayor apretado y por ende, mayor densidad.

Tecnología de hormigón

2.2.5. TIPOS DE HORMIGONES MARÍTIMOS

Es bueno tener en cuenta para el desarrollo de un proyecto, en el que alguna estructura deba estar sumergida, que se cuenta con más de una alternativa de hormigón a utilizar. A continuación se muestran los diferentes tipos de hormigón que se pueden utilizar, y en las estructuras que se recomienda su uso. **Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007)**

1. Hormigón Pesado

Se define así a todo hormigón que posee un peso específico superior a 3.7 (ton/m³), debido al uso de agregados de gran peso específico. Son numerosas las aplicaciones de hormigones sumergidos, en donde un alto peso unitario sumergido, es de gran importancia.

El hormigón convencional, pesa en el aire 2.4 (ton/m³), con un peso efectivo sumergido de solo 1.4 (ton/m³) y se puede lograr hormigón pesado (hechos con agregados con gran densidad) que pueden llegar a tener un peso sumergido efectivo de 2.7 (ton/m³). Esta alta densidad puede también ser efectivamente utilizada en proveer anclaje o empotramiento para tubería, puentes de pontones, etc., y para proveer protección en contra de radioactividad. La alta densidad, es de suma importancia para resistir la fuerza de las olas, pues es importante tener un peso sumergido que impida el desplazamiento causado por las olas.

Desde hace poco, se ha estado extendiendo el uso de hormigón pesado en tetrápodos y otros elementos de protección prefabricados.

La magnetita es el material o agregado pesado más comúnmente usado, con la salvedad que impone el limitar al contenido de sulfatos para prevenir la corrosión. Otros agregados pesados son; Limonita, Barita y desfunde de fierro.

2. Hormigón liviano

Se define así a todo hormigón cuyo peso específico es inferior a 2 (ton/m³) y se usa en todas las obras submarinas en que se requiere un aumento de boyantes o disminución del peso efectivo por unidad de volumen. Es frecuentemente empleado en estructuras flotantes, donde hay problemas de recubrimientos de armaduras, permeabilidad y colado a causa de losas y muros de poco espesor. El hormigón liviano es de dos tipos básicos: estructural y celular.

- **Hormigón liviano estructural**

Consigue empleando agregados livianos, provocando la formación de burbujas en las pastas, añadiendo espuma o suprimiendo los finos (es un hormigón con sólo áridos gruesos y pasta de cemento, para ligar los áridos, exclusivamente por sus puntos de contacto). Tiene un peso unitario de 1.7 (ton/m³); y una resistencia sobre 250 (kg/cm²). Con la adecuada asesoría se puede lograr un hormigón liviano estructural durable y de alta resistencia, la mezcla deberá ser diseñada de modo que sea rica y densa con agregados de excelente calidad. En los últimos años, se han desarrollado numerosas aplicaciones para hormigones livianos pretensados como ser pilas, pilotes y estructuras a flote. Un hormigón de este tipo sobre todo bien pretensado no tiene ninguna desventaja frente a un hormigón convencional.

- **Hormigón liviano celular**

Se define así al hormigón que tiene una multitud de burbujas o celdillas en su masa, producida o creadas por la reacción de un aditivo aireante o expansivo. También es de muy bajo peso específico, generalmente varía de 1.3 a 1.5 (ton/m³), en el aire.

Su resistencia celular se usa frecuentemente, para proveer un llenado núcleo de poco peso; como su mayor problema es la porosidad, normalmente, deberá ser cubierto con un hormigón de densidad normal, para proveer impermeabilidad, y protección, en contra de la corrosión de las armaduras y contra el ataque de los organismos marinos.

3. Hormigón ciclópeo

Este tipo de hormigón se utiliza la facilidad y economía del uso de grandes rocas de la localidad, unidas entre sí por medio de hormigón Tremie, para formar una gran masa submarina de gravedad (algo así,

como un muro submarino) además, se usa también para el llenado de caisson y para trazar fundaciones en el fondo marino.

Se usan grandes rocas (limpias) que pesan sobre 0.6 (ton) y con un diámetro no menor de 40 cm., son puestas y acomodadas a aproximadamente 90 cm., de lado. Luego el hormigón es colado (como siguiendo estos “camino” entre las rocas) llenando todos los intersticios homogeneizando la masa.

El resultado es aproximadamente 40% de hormigón y 60% de rocas colocadas. El hormigón es usualmente vaciado con un balde abierto por el fondo y que descarga el hormigón sobre y dentro de la masa de rocas. Este método ha sido usado muchas ocasiones y tiene la desventaja que produce un considerable aumento de la exudación.

2.2.6. APLICACIONES Y CLASIFICACION DE CEMENTOS HIDRÁULICOS EN AMBIENTES MARINOS

1. Inyecciones submarinas de mortero

Por este proceso, se construye directamente dentro del Moldajes, el hormigón, in situ, con grandes ventajas cuando es necesario una buena adherencia y alta resistencia. Se ocupa cuando se trata de construir un hormigón en masa sumergido, reparaciones de estructuras submarinas, relleno de pilas, sellado y unión de estructuras submarinas, recubrimiento y protección de tuberías submarinas, plataformas submarinas de faros y petrolíferas y anclajes submarinos. El hormigón in situ, que es el obtenido por medio de una inyección de mortero, se define como una mezcla de granulometría discontinua, obtenida partiendo de un esqueleto de áridos gruesos colocados en obra previamente, cuyos huecos se rellenan después, mediante la inyección de mortero activado.

El porcentaje de huecos es, en general, del orden del 45 a 50% para permitir la penetración del mortero, y el tamaño máximo de los áridos, alcanza de 8 a 10 veces, la de los granos más gruesos de la arena del mortero. Los áridos gruesos colocados previamente, deben estar rigurosamente limpios para obtener una adherencia conveniente, en la Superficie de contacto.

2. Moldajes para hormigones sumergidos

Los moldajes, deberán estar montados y ajustados antes de comenzar el hormigonado; esto es, que deberán estar sólidamente apernados o fijados, para evitar su destrucción o desarme debido a la furia del mar. Además, deberán estar impregnados de humedad (agua dulce) de modo que no absorban el agua de amasado del hormigón o agua de mar.

Los moldes serán macizos con un adecuado sistema de fijaciones, que deberá ser sólido y sencillo de montar y descimbrar, por las dificultades que presentan estas maniobras, que sólo se pueden hacer desde arriba con ayuda de grúa, lo que implica un rudo manipuleo.

La madera en combinación con el acero, se usa ampliamente en las vigas de coronamiento de los tablestacados; en este caso, el moldajes se monta sobre una viga de acero, la que a su vez, descansa sobre unas consolas metálicas apernadas al tablestacado.

Las secciones de moldajes son entonces puestas en servicio, primero, las partes horizontales o tableros de fondo, en secciones pequeñas con traslapos a media madera, para la estanquidad y luego los tableros verticales, en secciones de dimensiones mayores, las juntas se sellan con empaquetaduras de goma blanda.

El acero ha sido extensamente usado en grandes unidades de Moldajes prefabricados, con todos los refuerzos puestos en su lugar. Las tablestacas de acero, son también efectivamente usadas como Moldajes.

El hormigón prefabricado es, en general, el mejor material para Moldajes, ya que combina con éxito, peso, robustez, adherencia. Forma, permanencia y economía. Tiene la ventaja, de que su adherencia con el hormigón de la obra, será tal, que pasará a formar parte de la estructura.

Los moldajes deberán ser sellados, para prevenir la fuga de la lechada de cemento. Pesadas lonas, han sido usadas con mucho éxito para taponar “vías de fuga” o bien, para sellar un fondo demasiado irregular, sacos de arena pueden ser similarmente empleados. Las perforaciones de pernos, juntas de secciones de moldajes, etc., deben ser selladas por medio de “calafateo” que consiste fundamentalmente en introducir a presión, trozos de lona o de driza enrollados para detener la fuga.

Algunas veces, el moldaje se deja en el sitio para proveer una protección adicional al hormigón y eliminar el costo de la faena submarina de descimbre.

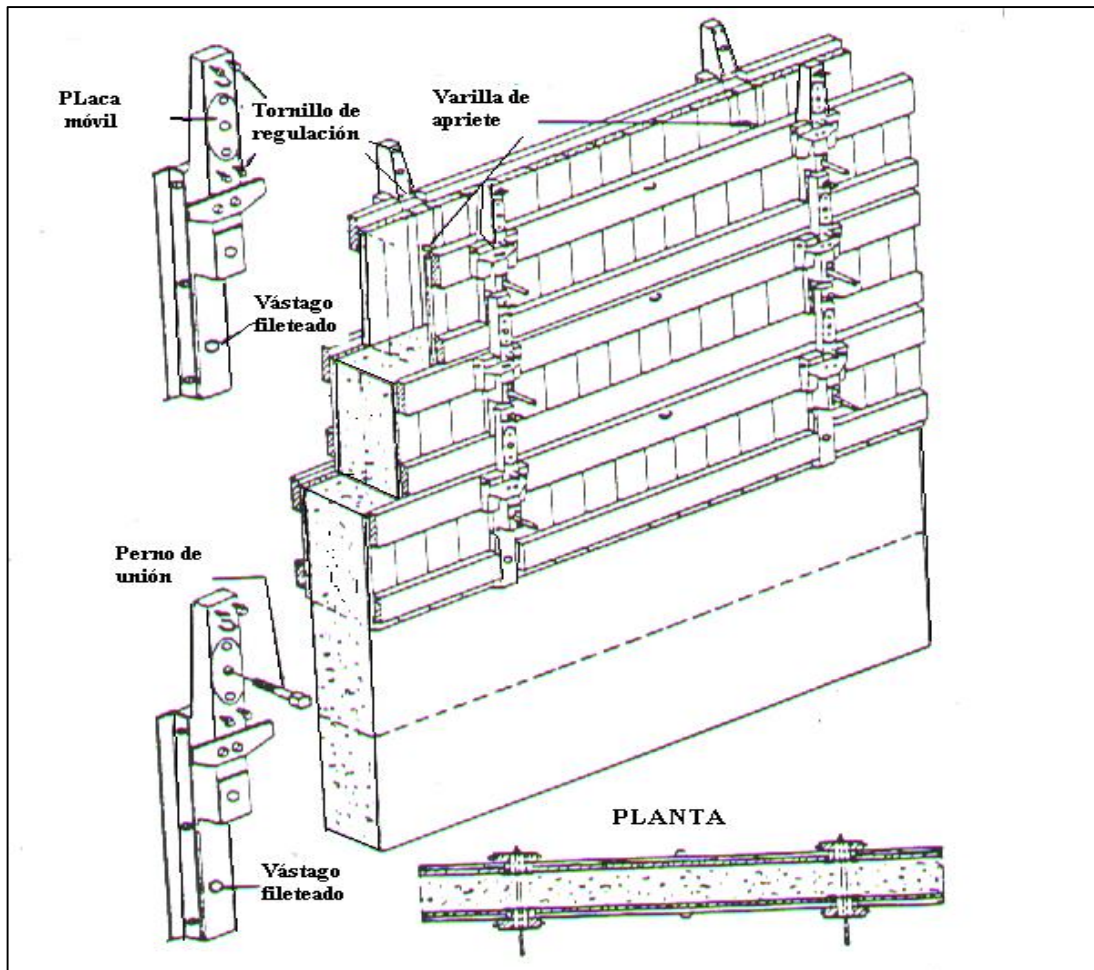


Imagen N° 13: Moldajes para hormigones sumergidos

Fuente: Código técnico de la edificación

2.2.7. CONSIDERACIONES PARA EL TIPO DE ESTRUCTURA A EDIFICAR

El tipo de estructura que se elegirá para un proyecto depende de varios factores, los cuales se contemplan dentro del diseño, arrojando variedad de estructuras y de materiales a elegir. **Enrique Alario Catalá, (2011)**

1) medidas relativas a la obra en ambientes agresivos

El medio más efectivo para lograr la durabilidad deseada en una estructura de concreto, es asegurar que el concreto desarrolle su calidad potencial. Será de particular importancia no solo el logro de la resistencia a la compresión, sino también, su densidad, su baja permeabilidad entre otras propiedades. Para asegurar esto, los procesos constructivos de mezclado, colocación y consolidación deben ceñirse a la buena práctica constructiva establecida en norma como el ACI 318, ACI 301 y norma técnica nacional E – 060 y deben ser controlados en todos sus aspectos.

a) el almacenamiento de los materiales

Debe evitarse su contaminación con sustancias deletéreas. En ambientes marinos es necesario proteger las barras no solo para evitar su oxidación por humedad sino también para evitar su contaminación por la brisa cargada de cloruros. En todo caso es recomendable lavar las armaduras con agua potables inmediatamente antes del llenado del concreto.

b) curado

Del curado del concreto dependerá no solo el logro de la resistencias del concreto sino también la calidad de sus superficies, en gran medida su fisuración y su permeabilidad, (Whiting) sostiene que si el concreto no es curado por la vía húmeda por lo menos 7 días, la permeabilidad crecerá 4 veces). El curado temprano y prolongado por vía húmeda es el más efectivo. Cuando el curado se hace con membranas es necesario certificar previamente la performance de éstas.

En superficies horizontales, el llenado con arroceras es el más efectivo. Para este propósito deben formarse con arena libre de contaminantes. En ciertos lugares las arenas que se encuentran en el sitio provienen de zonas costeras y pueden tener contenidos elevados de

cloruros. Su empleo en las arrocetas no es conveniente, porque producirán corrosión de cualquier barra de acero que sobresalga y porque los cloruros de la arena lavados por el agua serán introducidos en el concreto. El curado con membranas no es tan efectivo como el curado por vía húmeda. Previamente su empleo es conveniente certificar su performance mediante pruebas comparativas. Ensayos realizados han demostrado que hay “curadores” que no sellan las superficies y la pérdida de humedad es similar a la que ocurre en concreto expuesta al ambiente.

c) limitar el revenimiento de la mezcla (slump)

Mezclas muy sueltas propician el asentamiento del concreto plástico, por debajo de la armadura superior, generando vacíos en el concreto que debilitan la sección, lo hacen menos denso y llevan a la fisuración del concreto superficial.

d) Encofrados

Los elementos de fijación de los encofrados que atraviesan el concreto deben ser removibles. No debiendo quedar por ningún concepto elementos metálicos, alambres u otros, sin el recubrimiento especificado. La práctica común de fijar los encofrados con alambre amarrado a la armadura, para luego del desencofrado cortar dichos alambres picando el concreto localmente y resanándolo, es tremendamente dañina. Además del daño estético y estructural que se ocasiona con el picado, el resane, la generalidad de las veces, no tendrá la misma calidad del concreto del origen. Se fisurará y será el camino para la corrosión del refuerzo.

e) consolidación de la mezcla

Tanto para lograr la resistencia y densidad potencial de la mezcla, es indispensable consolidar el concreto por medio de vibradores. La energía

de los vibradores debe ser compatible con las características de la mezcla, la masa de concreto por vibrar, el tamaño de las secciones y la congestión de su refuerzo.

f) aislamiento del concreto

Cuando la concentración de sulfatos es muy alta, es recomendable, en lo posible, aislar las estructuras del medio agresivo. El aislamiento puede hacerse reemplazando el material contaminado que rodea al concreto, por material no contaminado. Esta solución no es adecuada en terrenos saturados porque el relleno de material importado tenderá a contaminarse muy rápidamente. En estos casos, lo más adecuado es aislar la estructura de concreto mediante recubrimientos resistentes a sulfatos. La emulsión asfáltica ha probado dar buenos resultados. El aislamiento del fondo de las cimentaciones y las losas pueden hacerse mediante el empleo de membranas plásticas con juntas selladas.

En este aspecto debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal por cuando los revestimientos tienen vida limitada. Siempre será mejor solución, especialmente en cimentaciones que son casi imposible de inspeccionar, buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y muy baja permeabilidad. **Civilgeeks (2011)**

2.2.8. PATOLOGÍA DEL CONCRETO ARMADO

La durabilidad del concreto de cemento hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un concreto durable conservará su forma, calidad y serviciabilidad originales al estar expuesto a su ambiente.

Para que en el concreto se produzcan la mayoría de los procesos físicos y químicos, tanto los deseables como los perjudiciales, se necesita agua. El calor proporciona la energía que activa los procesos. Los efectos combinados del agua y el calor, junto con otros elementos ambientales, son importantes y deben ser considerados y monitoreados.

Seleccionar materiales apropiados cuya composición sea adecuada y procesarlos correctamente de acuerdo con las condiciones ambientales existentes es fundamental para lograr un concreto durable que sea resistente a los efectos perjudiciales del agua, las soluciones agresivas y las temperaturas extremas. La resistencia a los sulfatos presentes en el suelo, el agua del suelo o el agua de mar se logra utilizando materiales cementicios adecuados y mezclas de concreto correctamente dosificadas sujetas a un adecuado control de calidad.

Un concreto de buena calidad resistirá una exposición ocasional a ácidos suaves, pero ningún concreto ofrece buena resistencia a los ataques por ácidos fuertes o compuestos que se convierten en ácidos; en estos casos se requiere protección especial.

La abrasión puede provocar el desgaste de las superficies de concreto. El desgaste puede ser un problema particularmente importante en los pisos industriales.

La principal causa de la corrosión del acero de las armaduras es el uso de sales descongelantes. La corrosión produce una fuerza expansiva que hace que el concreto ubicado sobre el acero se descantille. En la mayoría de los casos, utilizando sobre las armaduras un buen recubrimiento de concreto y concretos de baja permeabilidad con aire incorporado se puede asegurar una durabilidad adecuada, pero si las condiciones de exposición son severas se requerirán de protección positivos.



Imagen 14. Desprendimiento del concreto causando vulnerabilidad en la armadura

Fuente: “*influencia de las patologías en la durabilidad del concreto armado de edificaciones en zonas cercanas al mar en la ciudad de Paita – Piura 2015*”

Aunque habitualmente los agregados del concreto se consideran inertes, esto no siempre es así. Ciertos agregados pueden reaccionar con los álcalis del cemento, provocando expansión y deterioro. Este problema se puede aliviar seleccionando cuidadosamente las fuentes de donde se extraen los agregados y usando cementos con bajo contenido de álcalis, puzolanas previamente ensayadas o escoria triturada.

El uso de materiales de buena calidad y una correcta dosificación de la mezcla no aseguran que el concreto resultante sea durable. Para lograr concretos durables también es absolutamente fundamental contar con un sistema de control de calidad y mano de obra calificada. La experiencia demuestra que hay dos puntos a los cuales es necesario prestar particular atención: 1) el control del aire incorporado y 2) el acabado de las losas.

Las aguas acidas y salinas destruyen por disolución o por transformación de los constituyentes del cemento en sales solubles que se eliminan por lavado, o por la formación de nuevos compuestos incoherentes o expansivos, como puede ser la sal.

Los constituyentes más ricos en cal como el silicato Tricálcico resisten peor los ácidos, incluso los débiles, que empiezan atando al hidróxido cálcico liberado en la hidratación del cemento.

En presencia de soluciones salinas estas sustituyen sus bases por cal formando sales cálcicas menos solubles que, a veces, dan lugar a nuevos compuestos de naturaleza perniciosa, especialmente si hay presencia de aguas sulfatadas y aguas de mar.

El aluminato Tricálcico es el componente más sensible y que peores consecuencias puede tener en los concretos que se encuentran bajo la acción de las aguas sulfatadas. El sulfato cálcico de las aguas selenitosas es el peor enemigo de los cementos que contengan una cierta proporción de aluminato Tricálcico debido a la formación de aluminato Tricálcico con 31 moléculas de agua de cristalización, que es expansivo.

Las aguas de mar llevan en su composición sulfato cálcico que produce los mismos efectos que las aguas selenitosas y además llevan cloruros que solubilizan la cal de la pasta fraguada.

Aparte del sulfato cálcico, las aguas de mar llevan en su composición sulfato magnésico, sódico y potásico que son más agresivos que el cálcico, sin embargo, se ha comprobado que estos sulfatos, que serían muy peligrosos en agua dulce, tiene un poder corrosivo más atenuado en el agua de mar al actuar en presencia de cloruros. Por el contrario, la disolución del hidróxido cálcico y magnésico en presencia de cloruro sódico se hace 4 veces mayor que en agua dulce. Por otra parte el hidróxido magnésico forma una película protectora que hace disminuir el grado de agresividad.

Si la estructura está en las proximidades del mar, el aire, al poseer una gran concentración de sales y una humedad relativa que, en general puede ser elevada penetra por los poros del concreto destruyendo el cemento. Este ambiente corrosivo se manifiesta a veces a distancia de

hasta 5 Km. En esta corrosión del concreto influye mucho la falta de compacidad del mismo, la existencia de la corrosión en las armaduras y la temperatura y humedad relativa del ambiente.

En el caso de estructuras próximas al mar deben emplearse concretos muy compactos con bajas relaciones agua/cemento, fabricados con bajo contenido de aluminato tricíclico y con espesores de recubrimiento adecuados. **Mónica, Idrovo, (2016)**

1. Corrosión de las armaduras

En las obras de concreto armado y especialmente en aquellas que están situadas en las proximidades del mar, en atmósferas salinas, o en lugares muy húmedas y con atmósferas contaminadas, es muy frecuente que aparezcan fisuras debidas a la corrosión de las armaduras.

La corrosión de los aceros en el concreto armado tiene dos inconvenientes importantes: producir disgregaciones en el concreto y debilitar la sección resistente de las barras.

Podemos considerar la corrosión bajo el aspecto químico y electroquímico.

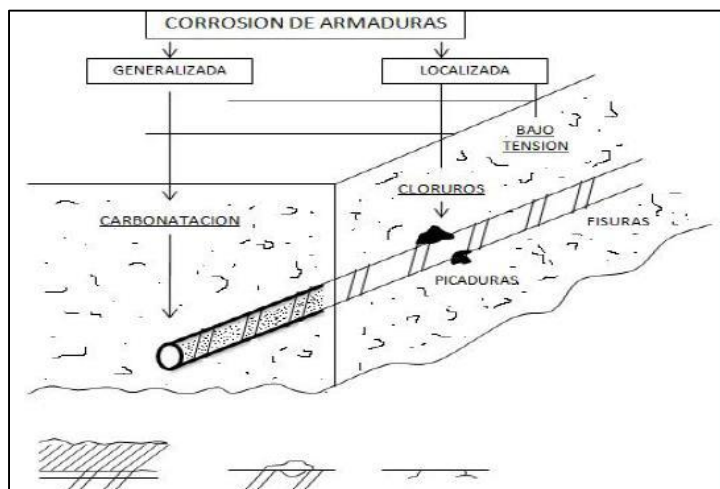


Imagen N° 15: Tipos de corrosión de armaduras de concreto

Fuente: Wikipedia

2. Factores que destruyen la protección

Esta situación no es estática, la pasividad del acero se pierde cuando se reduce la alcalinidad del concreto, esto ocurre bajo las siguientes condiciones: Por carbonatación del concreto, Por presencia de concentraciones de cloruros en el concreto que rodea las barras.

a. Carbonatación del concreto

Se produce por la reacción química de los álcalis del concreto, particularmente el hidróxido de calcio, con el anhídrido carbónico del aire, Que da como resultado el carbonato de calcio. En esta reacción, el pH del concreto cae a valores por debajo del nivel de protección, dejando a las barras en unos ambientes neutros y expuestos a la oxidación directa en presencia de humedad y oxígeno. La corrosión de las barras en estos casos es generalizada. El ritmo de avance de la carbonatación depende, en gran medida, en la calidad del concreto, en particular en su Permeabilidad, y en el estado de fisuración de las superficies.

b. Cloruros en la cercanía de las barras de acero

Cuando están en presencia de humedad y oxígeno, convierten al Concreto en un electrolito, destruyen la película pasivamente que las rodea y protege, y reaccionan con el fierro, generando un proceso electro-químico que produce corrosión del refuerzo de acero aun en concreto no carbonatados. La corrosión debida a cloruros es generalmente localizada. Los cloruros pueden ingresar al concreto, traídos por la brisa marina, por el agua de mar en las zonas de salpicadura, por la atmósfera de ambientes industriales contaminados con cloruros, por la aplicación de cloruros de sodio como agente contaminante en la superficie de los puentes – como ocurre en países nórdicos – o por su presencia en el suelo ya sea por su origen marino o por contaminación. Los cloruros pueden también estar presentes en la masa del concreto, introducidos en el proceso de preparación de la

mezcla, con los agregados con el agua de mezcla o con los aditivos del concreto. La composición química del cemento es un factor importante en la neutralización de los sulfatos del cemento y de los cloruros en el concreto. El aluminato tricálcico, C3A, reacciona con dichas sales y forma compuestos insolubles. Será por tanto ventajoso el empleo de los cementos con mayor contenido de C3A.

c. Control de fisuración

Las fisuras en la superficie del concreto aumentan el riesgo de penetración de sales, oxígeno y humedad, propiciando corrosión del concreto y del acero. La fisuración generalmente se explica por razones de trabajo estructural. La contracción del concreto debe controlarse principalmente mediante la selección de los componentes del concreto y sus proporciones, con procesos de compactación y curado adecuado.

2.2.9. EL AMBIENTE MARINO EN EL PERÚ

El agua de mar contiene sales disueltas, agresivas para el concreto. Están presentes las siguientes: cloruro sódico (NaCl), cloruro magnésico (MgCl₂), sulfato magnésico (MgSO₄), sulfato cálcico (CaSO₄), cloruro potásico (KCl) y La composición química del agua de nuestro mar, es similar a la que se da en otros mares, como se observa en las tablas . Caso singular es el contenido de sulfatos 25% superior al registrado en el Atlántico. La participación de este parámetro en los procesos de corrosión es menos significativa que la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, los mayores desarreglos observados en las últimas décadas en las construcciones del Medio Oriente coinciden - además de las particulares condiciones climáticas- con un mayor contenido de sales en el mar del Golfo. **Gonzales, de la Coteria, Manuel, (1998)**

Note que la mayor concentración de elementos químicos que aparecen en la tabla corresponde al cloro (Cl) y al sodio (Na). Ambos elementos al combinarse se convierten en cloruro de sodio (ClNa) o sal común.

Ion	Concentración (g por 100 cm ³)				
	Mar del Norte	Océano Atlántico	Litoral Peruano*	Mar Báltico	Golfo Pérsico
Sodio	1,220	1,110	1,090	0,219	1,310
Potasio	0,055	0,040	0,039	0,007	0,067
Calcio	0,043	0,048	0,041	0,005	0,050
Magnesio	0,111	0,121	0,130	0,026	0,148
a	1,655	2,000	1,933	0,396	2,300
Cloro	0,222	0,218	0,268	0,058	0,400
Sulfato	3,306	3,537	3,500	0,711	4,275
Total					

Imagen N° 16: composición química del agua de mar

Fuente: la corrosión del concreto en ambiente marino

Constituyente	Símbolo	G/kg en agua de mar	% por peso
cloruro	Cl	19.35	55.08
Sodio	Na	10.76	30.63
Sulfato	SO 2-4	2.71	7.71
Magnesio	Mg 2+	1.29	3.67
Calcio	Ca ²⁺	0.414	1.18
Potasio	K ⁺	0.4	1.14
dióxido de carbono		0.106	0.30
Bromuro	Br	0.067	0.19
ácido bórico	H ₃ BO ₃	0.027	0.08
estroncio	Sr ²⁺	0.0079	0.02
Fluoruro	F	0.0013	0.004
Total		35.1332	100.00

Imagen N° 17: constituyentes principales del agua de mar

Fuente: química la ciencia central

2.2.9.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las estructuras en ambiente marino pueden clasificarse según su ubicación y las condiciones agresivas del medio, en las siguientes zonas, cuyas fronteras en la realidad no son definidas:

- **Zona de inmersión**

El concreto que se encuentra permanentemente sumergido por debajo de las zonas de mareas, es capaz de proteger las barras de acero de refuerzo pues debido a la débil concentración de oxígeno en el agua que impide la actividad corrosiva del ion cloruro, en el caso de haberse introducido hasta las barras.

En las zonas sumergidas, la penetración del agua tiene lugar inicialmente por succión capilar y se acelera en razón de la presión hidráulica, el agua ingresa con sustancias disueltas como el cloro y los sulfatos.

En estos casos el comportamiento del concreto a la corrosión se diferencia según la profundidad en que se encuentra. En las zonas más profundas, la permeabilidad del concreto disminuye, pues se cierran los poros superficiales.

- **Zona de ambiente marino**

El concreto no está en contacto con el agua de mar, pero recibe las sales procedentes de la brisa marina y niebla salina.

Las construcciones de concreto ubicadas en el litoral o alrededores, son propensas a la corrosión por cloro en suspensión en la atmósfera, en forma de microscópicas gotas de agua de mar. En la niebla o aerosol la concentración salina de cloruros y sulfatos eventualmente puede ser mayor que en el agua de mar, debido a la gran dispersión de las gotas y la evaporación parcial de agua, en especial cuando la temperatura es alta y la humedad relativa es baja.

En esta zona la corrosión produce fallas características en el concreto, como fisuras, grietas y desprendimientos del revestimiento, pero además, causa un peligroso daño invisible, que afecta las estructuras en casos de sismos. En efecto, los cloruros de la brisa marina atacan la estructura reduciendo la sección del acero de refuerzo, de manera que cuando recibe sollicitaciones por efecto del sismo, únicamente puede soportar una pequeña parte de la carga de diseño.

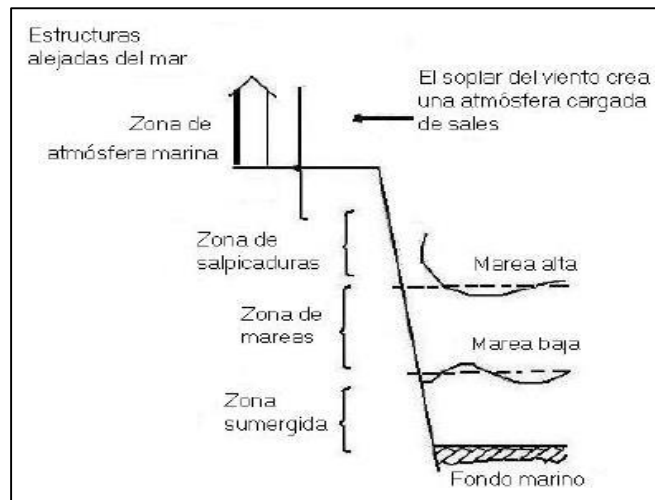


Imagen N° 18: Ubicación de las zonas de acuerdo a las condiciones agresivas del mar

Fuente: Wikipedia

En las estructuras aéreas los poros mayores del concreto generalmente se llenan de aire pero cuando la humedad ambiente es mayor, la superficie de los poros se cubre con una capa de agua adsorbida. Los cloruros disueltos se difunden a través de esta capa de agua que recubre las paredes de los poros o a través de los poros llenos de agua; si la cantidad de agua es menor, entonces la cantidad de difusión se reduce. El transporte de las sustancias disueltas en el agua es un proceso de difusión por la humedad del aire, inducido por la gradiente de tensiones. **Gonzales, de la Cotera, Manuel, (1998)**

- **Refuerzos de estructuras dañadas por el ambiente marino**

El fenómeno de la corrosión del concreto armado es importante por los riesgos que entrañan y por los grandes perjuicios económicos que ocasiona y no solo por el mantenimiento constante que exige de las estructuras y por los gastos de reparaciones y refuerzos que hay que realizar sino también por la inmovilidad e incluso demolición que en muchas ocasiones hay que hacer de las mismas.

Hay países en los que por sus condiciones climatológicas los daños producidos son realmente preocupantes y esto ha motivado que sean muchos los estudios que se hayan realizado o estén en vías de ejecución para tratar de conocer cada vez más el fenómeno corrosivo con vistas a desarrollar nuevas técnicas de protección y dictar normas que impidan que estos problemas se presenten o, al menos, que si se originan su velocidad quede muy reducida de tal forma que la estructura pueda cumplir su misión durante la vida que se le ha asignado, con un margen de seguridad adecuado. Los problemas corrosivos por ambiente marino han suscitado aún más el interés de los investigadores debido a la gran cantidad de estructuras mar adentro que se están construyendo. La corrosión del acero está influenciada por muchos factores, pero cabe destacar que estos daños no solo se producen en estructuras que están sometidas a la acción del ambiente marino o próximo a él, sino también en aquellas otras que lejos de la costa, están expuestas a atmósferas agresivas en las que existen iones cloro u otro tipo de iones que actúan de catalizadores de la misma o bien gases ácidos y esto es frecuente en complejos industriales e incluso en ciudades.

- **Daños ocasionados en estructuras sometidas a la acción de atmosfera marina**

Los daños ocasionados por la corrosión de armaduras son muy espectaculares y a veces aparecen con gran rapidez.

El primer síntoma que presenta un elemento estructural en el cual se haya iniciado la corrosión es la aparición de una fisuración coincidiendo con la situación en las barras principales. Estas fisuras, en un principio capilares, provocadas por las tensiones originadas por el óxido expansivo formado alrededor de las barras, van abriéndose con el paso del tiempo a la vez que empiezan a aparecer otras coincidiendo con el plano de los estribos y cercos. La velocidad con que la corrosión va avanzando y la fisuración va incrementándose, depende del acceso de oxígeno, humedad, carbonatación y presencia de iones de cloro. Al llegar a un determinado valor se produce el desprendimiento de las esquinas de los elementos estructurales aunque hay veces que por efecto de laminación se desprende todo el recubrimiento. **Escalante, D Sara (2010)**

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

La técnica usada es por medio visual, lo cual llevo a tomar datos bibliográficos que se llevaron a cuadros, los cuales han sido validados por el especialista

3.2 ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

Para cuantificar las variables se llevó el siguiente procedimiento:

Evaluación de Daños Estructurales de los Balnearios, Las Delicias, Mata Caballo Y Chulliyaque, Provincia de Sechura, Departamento De Piura.

La evaluación de los daños en las estructuras se tomó en cuenta la determinación de la anchura, forma, orientación, longitud y ubicación, información que puede ser de ayuda para determinar las causas que han producido la fisuración.

Se evaluó los daños en muros de albañilería, como la eflorescencia, la perdida de mortero

En este proyecto se estudiaron y se evaluaron los balnearios de la provincia de Sechura

DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Sechura, departamento de Piura. Sus distancias de cada balneario comprenden

Chulliyache está ubicada a 7km, Mata caballo se encuentra a 11km y la playa las Delicias a 21 km de la Provincia de Sechura

Toma fotográficas de los tres balnearios



Imagen N° 19: *Terreno totalmente salitroso deterioro de la estructura – Chulliyache “V-1”*
Fuente: propia



Imagen N° 20: *El desgaste de muros es severo cabe mencionar que el terreno no es apto para construcción- Chulliyache “V-2”*

Fuente: propia



Imagen N° 21: *Desgaste del recubrimiento. Acero en exposición Mata Caballo“V-3”*

Fuente: *propia*



Imagen N° 22: *Manchas de óxido en toda la columna - Mata Caballo“V-4”*

Fuente: *propia*



Imagen N° 23: grieta entre muro y columna - Mata Caballo "V-5"

Fuente: propia



Imagen N° 24: grieta entre columna y muro – Las Delicias "V-6"

Fuente: propia



Imagen N° 25: *Desprendimiento del recubrimiento concreto -las Delicias “V-7”*

Fuente: *propia*



Imagen N° 26: *Micro fisuras en columna, eflorescencia en muros - Las Delicias “V-8”*

Fuente: *propia*



Imagen N° 27: *Daño en columna por desprendimiento del concreto Las Delicias "V-9"*

Fuente: *propia*

3.2.1 DAÑOS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS VIVIENDAS

3.2.1.1 CLASIFICACION DE DAÑOS EN COLUMNAS

ítem	Clasificación	espesores	Descripción
A	Sin daño	$E < 0.05\text{mm}$	en general carecen de importancia sin daños
B	micro fisuras	$0.1 < E < 0.2\text{mm}$	en ambientes normales son pocas peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
C	fisuras	$0.2 < E < 0.4\text{mm}$	estas son las fisuras que pueden tener repercusiones estructural de importancia
D	Grietas	$0.4 < \text{ancho} < 1.0\text{mm}$	existe reducción en su capacidad sismo resistente
E	Fracturas	$1.0 < \text{ancho} < 5.0\text{mm}$	Existe reducción en su capacidad sismo resistente. Debería proceder una evacuación definitiva
F	Dislocación	$\text{ancho} > 5.0\text{mm}$	

Cuadro N° 05: Clasificación de las fallas en una construcción

Fuente: sintomatología de las estructuras de concreto armado

CUADRO DE COLUMNAS
MUESTRAS TOMADAS EN LOS BALNEARIOS MENSIONADOS
"G.V" grietas verticales; "G.H" grietas horizontales

columna	Ubicación	N° de columnas dañadas	Cara	Espesor	rango de daño 0 a 10	Longitud Del daño (ml)	observaciones y/o recomendaciones
V-1	Chulliyache	4	frontal y posterior G.V	1.0 < ancho < 5.0mm	7 ≤ R ≤ 10	2.5	Terreno natural completamente salitroso no es apto para construcciones donde no se tengan en cuenta las consideraciones necesarias para edificar en ambientes agresivos En caso de construcción se recomienda un concreto resistente a los sulfatos, con baja relación agua / cemento. Buen curado. Y una supervisión adecuada.
V-2		2	posterior G.V	0.4 < ancho < 1.0mm	5 ≤ R < 7	1	
V-2-1		5	frontal y posterior G.V	0.2 < E < 0.4mm	3 ≤ R < 5	0.3	
V-2-2		3	frontal G.V	0.1 < E < 0.2mm	0.5 < R < 3	0.2	
V-2-3		3	frontal G.V	E < 0.05mm	0 ≤ R = 0.5	0	
V-3	Mata Caballo	2	lateral G.V	0.4 < ancho > 1.0mm	5 ≤ R < 7	0.3	La columna presenta un deterioro a causa de los sulfatos.
V-4		6	posterior G.V	0.1 < E < 0.2mm	0.5 < R < 3	0.2	fisuras que han producido la corrosión de la armadura
V-5		1	frontal G.V	1.0 < ancho < 5.0mm	7 ≤ R ≤ 10	2	La estructura está totalmente dañada las sales han expandido la sección del acero. Se empieza a desprender el recubrimiento.
V-5-1		2	frontal G.V	0.2 < E < 0.4mm	3 ≤ R < 5	.4	
V-5-2		6	frontal G.V	E < 0.05mm	0 ≤ R ≤ 0.5	0	no se presenta ningún tipo de daño al concreto

vivienda	ubicación	N° de columnas dañadas	cara	espesor	rango de daño 0 a 10	Longitud Daño (ml)	observaciones y/o recomendaciones
v-6	Las Delicias	2	frontal G.V	0.2 < E < 0.4mm	3 ≤ R < 5	2	Se deberá reparar las fisuras de la columna. Con inyección de epoxica, caso contrario el salitre ingresara y dañara la armadura
v-7		2	frontal G.V		3 ≤ R < 5	1	
v-8		3	frontal G.V	0.1 < E < 0.2mm	0.5 < R < 3	0.2	se presentan micro fisuras en la columnas
v-9		1	lateral G.V	0.4 < ancho > 1.0mm	5 ≤ R < 7	0.4	la columna presenta desprendimiento en la parte inferior producto que el acero ha incrementado su sección
V-9-1		7	frontal G.V	E < 0.05mm	0 ≤ R ≤ 0.5	0	no se presenta ningún tipo de daño al concreto

Cuadro N° 06: Clasificación de daños en columnas- viviendas
Fuente: Propia

FORMULA RESULTADO DE COLUMNAS

a= N° de viviendas
b= N° de columnas
c=Rango
A= N° de viviendas proyectadas
X= % de Resultado
Y= % de Gráficos

$$X = \frac{a \times b \times c}{A}$$

3.2.1.2 CLASIFICACION DE DAÑOS EN MUROS

CLASIFICACION DE DAÑO EN MUROS DE ALBAÑILERIA VIVIENDAS UBICADAS CERCA DE LOS BALNEARIOS MENCIONADOS		
ítem	clasificación del daño	descripción
A	sin daño	El material no presenta ningún tipo de daño y/o eflorescencia
B	Leve	presenta descascara miento en la pintura y/o desprendimiento de partículas en muros
C	Moderada	se observan manchas en los muros ,y desprendimientos de partículas a causa de las sales impregnadas en el ladrillo
D	Fuerte	desprendimiento del mortero por ataque de sulfatos
E	Severa	el terreno natural es severamente salitroso el elemento sufre daños irreparables.

Cuadro N° 07: *Clasificación de daños en Muros*

Fuente: *Propia*

CUADROS DE MUROS
VIVIENDAS UBICADAS CERCA DE LOS BALNEARIOS MENCIONADOS
" EFLORESCENCIA Y DAÑO EN EL MORTERO"

muros	Ubicación	Nº de caras	Cara	área dañada m2	Daño	Observaciones
V-1	Chulliyaque	4	posterior e inferior	36	E	Se puede observar que en la cara inferior está totalmente carcomido por el salitre. Por tal motivo no es recomendable la construcción en este tipo de suelo
V-2		4	posterior e inferior	48	D	
v-3	mata caballo	2	lateral	1	D	es recomendable reparar, para que el desgaste no proceda, pero la falla es permanente
V-5		4	frontal	20	C	para evitar la eflorescencia en los muros en recomendable mejorar el terreno, o también aislar la estructura del medio agresivo con material no contaminado otro punto es recomendable la colocación de recubrimientos resistente a los sulfatos
v-6		5	frontal	9	B	
v-7	las delicias	4	frontal	6	B	
v-8		2	frontal	3	C	
V-9		1	lateral G.V	1	D	es recomendable reparar, para que el desgaste no proceda, pero la falla es permanente

Cuadro N° 08: Clasificación de daños en Muros- viviendas

Fuente: Propia

FORMULA RESULTADO DE MUROS	
<p>a= N° de muros</p> <p>b= Rango</p> <p>A= total de muros</p> <p>X= % de Resultado</p> <p>Y= % de Gráficos</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> $X = \frac{a \times b}{A}$ </div>

3.2.1.3 RESULTADOS PORCENTUALES DE LOS DAÑOS EN COLUMNAS

Chulliyaque	N° de viviendas	N° de columnas por vivienda	rango	% de daño	% de grafico
sin daño $0 \leq R \leq 0.5$	5	3	0.5	0.75	2.3
Micro fisuras $0.5 < R < 3$		3	2	3	9.2
fisuras rango de $3 \leq R < 5$		5	4	10	30.5
grietas rango $5 \leq R < 7$		2	5	5	15.3
fracturas rango $7 \leq R \leq 10$		4	7	14	42.7
Total		17		32.75	100

Cuadro N° 09: número de columnas Chulliyache

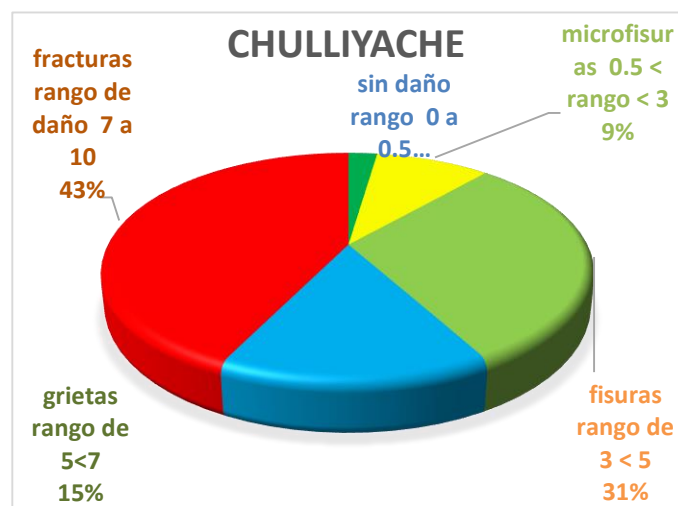


Gráfico N° 01: Porcentaje de daños en columnas- Chulliyache

Fuente: propia

Matacaballo	N° de viviendas	N° de columnas por vivienda	rango	% de daño	% del grafico
sin daño rango $0 \leq R \leq 0.5$	5	6	0.5	1.5	6.9
micro fisuras $0.5 < R < 3$		6	2.9	8.7	39.9
fisuras rango de $3 \leq R < 5$		2	3.1	3.1	14.2
grietas rango $5 \leq R < 7$		2	5	5	22.9
fracturas rango $7 \leq R \leq 10$		1	7	3.5	16.1
total		17		21.8	100

Cuadro N° 10: número de columnas matacaballo

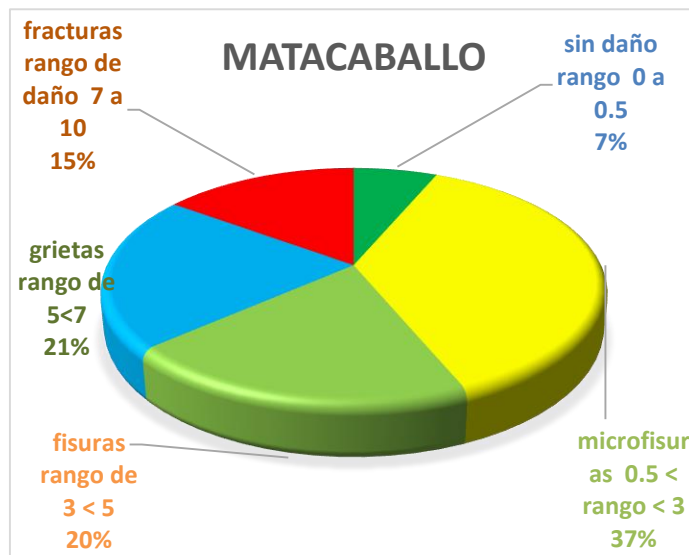


Grafico N° 02: Porcentaje de daños en columnas- Matacaballo.

Fuente: Propia

Las delicias	N° de viviendas	N° de columnas por vivienda	Rango	% de daño	% del grafico
sin daño rango $0 \leq R \leq 0.5$	5	7	0.5	1.75	11.8
micro fisuras $0.5 < R < 3$		3	2.9	4.35	29.4
fisuras rango de $3 \leq R < 5$		4	3.1	6.2	41.9
grietas rango de $5 \leq R < 7$		1	5	2.5	16.9
total		15		14.8	100

Cuadro N° 11: número de columnas las delicias



Gráfico N° 03: Porcentaje de daños en columnas- Las Delicias

Fuente: Propia

3.2.1.4 RESULTADOS PORCENTUALES DE LOS DAÑOS EN MUROS

Chulliyache	N° de muros	Rango del daño	% de daño	% de diagrama
sin daño $0 \leq R \leq 0.5$	4	1	0.2	4.3
Leve $0.5 < R < 3$	4	3	0.6	13.0
Moderado $3 \leq R < 5$	4	4	0.8	17.4
Grave $5 \leq R < 7$	4	6	1.2	26.1
Severo $7 \leq R \leq 10$	4	9	1.8	39.1
total	20		4.6	100.0

Cuadro N° 12: número de muros Chulliyache

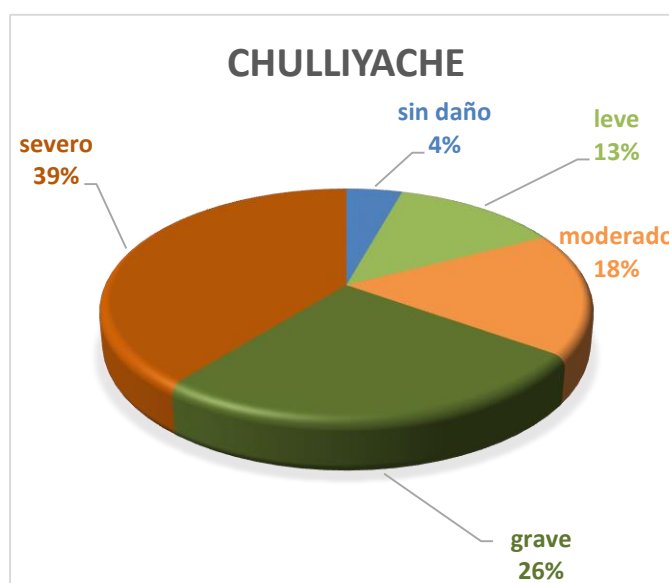


Grafico N° 04: Porcentaje de daños en Muros- Chulliyache

Fuente: propia

Mata caballo	N° de muros	Rango del daño	% de daño	% de diagrama
sin daño $0 \leq R \leq 0.5$	8	1	0.3	12.7
Leve $0.5 < R < 3$	5	3	0.7	26.2
Moderado $3 \leq R < 5$	4	4	0.8	27.9
Grave $5 \leq R < 7$	2	6	0.6	20.9
Severo $7 \leq R \leq 10$	1	7	0.3	12.2
Total	20		2.7	100.0

Cuadro N° 13: número de muros mata caballo

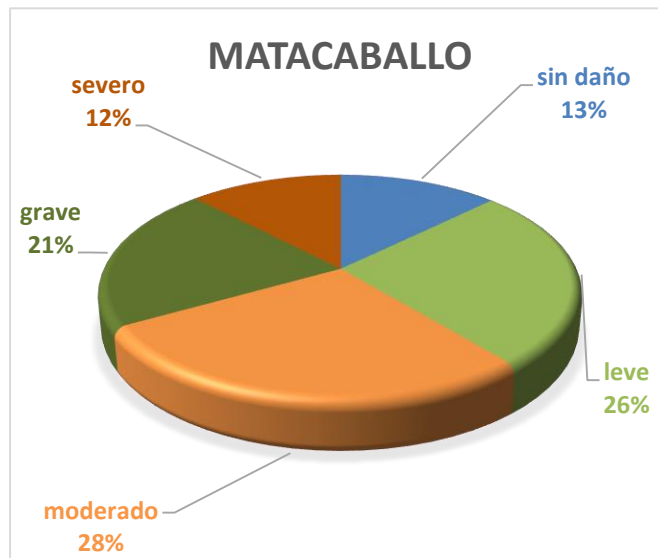


Grafico N° 05: Porcentaje de daños en Muros- Matacaballo

Fuente: Propia

Las delicias	N° de muros	Rango del daño	% de daño	% del diagrama
sin daño $0 \leq R \leq 0.5$	7	1	0.5	21.2
Leve $0.5 < R < 3$	4	3	0.9	36.4
Moderado $3 \leq R < 5$	2	4	0.6	24.2
Grave $5 \leq R < 7$	1	6	0.4	18.2
Total	14		2.4	100.0

Cuadro N° 14: número de muros las delicias

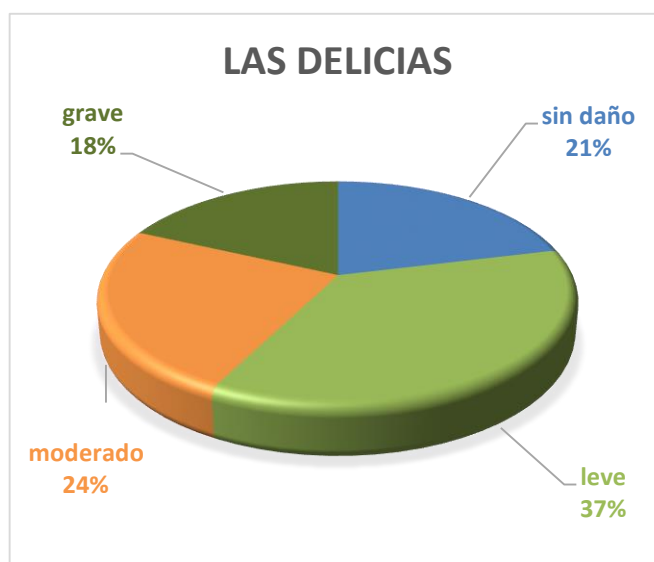


Gráfico N° 06: Porcentaje de daños en Muros- Las delicias

Fuente: Propia

3.2.2 DAÑOS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MUELLE LAS DELICIAS

CLASIFICACION DE DAÑOS EN COLUMNAS, VIGA Y LOSA			
Ítem	clasificación	espesores	descripción
A	Sin daños	$E < 0.05\text{mm}$	en general carecen de importancia sin daños
B	micro fisuras	$0.1 < E < 0.2\text{mm}$	en ambientes normales son pocas peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
C	fisuras	$0.2 < E < 0.4\text{mm}$	estas son las fisuras que pueden tener repercusiones estructural de importancia
D	grietas	$0.4 < \text{ancho} < 1.0\text{mm}$	existe reducción en su capacidad sismoresistente
E	fracturas	$1.0 < \text{ancho} < 5.0\text{mm}$	Existe reducción en su capacidad sismoresistente. Debería proceder una evacuación definitiva
F	dislocación	$\text{ancho} > 5.0\text{mm}$	

Cuadro N° 15: Clasificación de las fallas en una construcción

Fuente: sintomatología de las estructuras de concreto armado

FORMULA RESULTADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

a= N° de elementos

b=Rango

A= total de elementos

X= % de Resultado

$$X = \frac{a \times b \times c}{A}$$

3.2.2.1 COLUMNAS MUELLE LAS DELICIAS

ubicación	N° de columnas afectadas	cara de columna	Rango	longitud (m)	daño	observaciones y/o recomendaciones
muelle las delicias	11	toda la sección	sin daño rango $0 \leq R \leq 0.5$	0	A	El 100% de las columnas presenta una capa de hongos formado por el mismo oleaje cabe mencionar que sola presenta esta capa en 1/2. presenta también algunas micro fisuras esto hace que se genere manchas de óxido en algunas áreas sobre todo en los nudos
	0.9	toda la sección	micro fisuras $0.5 < R < 3$	0.1	B	
					A	
	0.1		fisuras rango $3 \leq R < 5$	0.2	C	
					B	

Cuadro N° 16: número de columnas en muelle las delicias

Fuente: propia

3.2.2.2 VIGAS MUELLE LAS DELICIAS

daño	ubicación	vigas peraltadas	cara	rango	longitud (m)	observaciones y/o recomendaciones
sin daño	muelle las delicias	8	inferior	sin daño rango $0 \leq R \leq 0.5$	0	solo se presenta manchas de color verdes por mismo ambiente marino
			lateral			
micro fisuras		1.4	inferior	micro fisuras $0.5 < R < 3$	0.1	se observó que la estructura presenta múltiples manchas de óxido en los vértices de las vigas, esto a causa de las micro fisuras que presenta la estructura
fisuras		0.6	lateral	fisuras rango $3 \leq R < 5$	0.5	Estos daños son muy perjudiciales a las estructura, la armadura aumentara su volumen. Y ejercerá una cierta presión al concreto hasta lograr desprenderlo en esa cierta área
grietas	grietas rango $5 \leq R < 7$			0.1		

Cuadro N° 17: número de vigas- las delicias

Fuente: propia

3.2.2.3 LOSA MACIZA MUELLE LAS DELICIAS

daño	Ubicación	losa	cara	rango	área 20 m ²	observaciones y/o recomendaciones
sin daño	muelle las delicias	1	inferior	sin daño rango $0 \leq R \leq 0.5$	15	sola mente se observó manchas verde por la humedad
Micro fisuras				Micro fisuras $0.5 < R < 3$	3.5	manchas de óxido en losa, el acero empieza a corroerse y posterior mente se producirá un desprendiendo de concreto
Fisuras				fisuras rango de $3 \leq R < 5$	1.4	<i>propia</i> desprendimiento del concreto por el aumento del volumen del acero de refuerzo
Fisuras				grietas rango $5 \leq R < 7$	0.1	

Cuadro N° 18: área observada muelle las delicias - Losa Maciza

Fuente: propia

3.2.2.4 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS DAÑOS PRESENTES EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MUELLE LAS DELICIAS

columnas	Numero de columnas	rango	% de daño	% de daño en diagrama
sin daño l/2 materia orgánica	11	1	1.0	77.2
micro fisuras muelle las delicias	0.9	3	0.2	17.9
fisuras muelle las delicias	0.1	5	0.1	4.9
	12.0		1.3	100

Cuadro N° 19: Clasificación de daños en columnas muelles las delicias

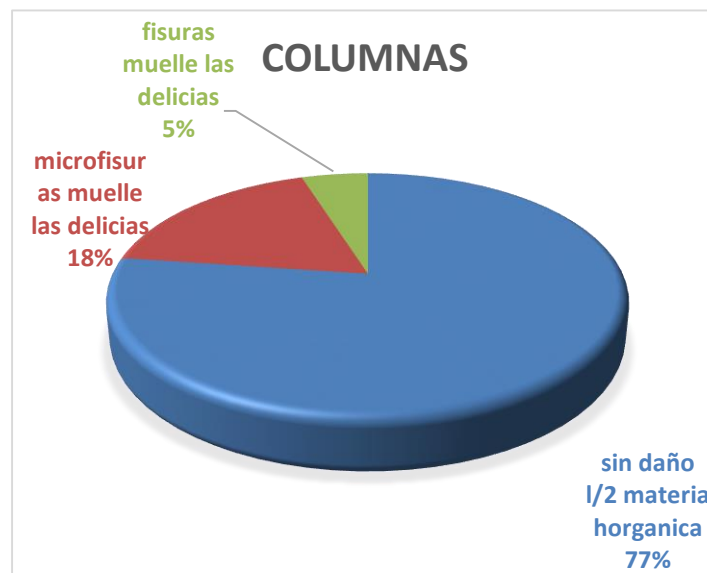


Gráfico N° 07: Porcentaje de daños en Columnas- Muelle Las delicias

Fuente: Propia

vigas	Numero de vigas	rango	% de daño	% de daño en diagrama
sin daño	8	1	0.8	51.9
micro fisuras muelle las delicias	1.4	3	0.42	27.3
fisuras muelle las delicias	0.5	5	0.25	16.2
grietas	0.1	7	0.07	4.5
	10		1.54	100

Cuadro N° 20: Clasificación de daños en vigas muelles las delicias



Grafico N° 08: Porcentaje de daños en Vigas- Muelle Las delicias

Fuente: Propia

Losa maciza	cantidad	Área m2	% de daño	% de daño en diagrama
sin daño	1	15	0.75	72.8
micro fisuras muelle las delicias		3.5	0.175	17.0
fisuras muelle las delicias		1.4	0.07	6.8
grietas		0.1	0.035	3.4
		20	1.03	100

Cuadro N° 21: Clasificación de daños en Losa maciza muelles las delicias



Gráfico N° 09: Porcentaje de daños en Losa Maciza- Muelle Las delicias

Fuente: Propia

3.3 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Se determinó visualmente las muestras no es necesario de una estadística aplicada por lo tanto ya no es necesario la constatación de hipótesis

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS

VIVIENDAD

N° muestra	columnas
Chulliyache	17
Matacaballo	17
las delicias	15
Total	49

N° muestra	Muros
Chulliyache	20
matacaballo	20
las delicias	14
total	54

Número de viviendas que se han sido de muestra para el estudio

MUELLE LAS DELICIAS

N° muestra	muelle las delicias
Columnas	12
Vigas	10
Losa	20 m2

Número de elementos que han sido de muestra para el estudio

- El deterioro de columnas y muros se izó el cálculo de la muestra con 15 viviendas los cuales se aprecian los diferentes daños que pueden sufrir la Estructura cuando se encuentran en ambientes agresivos.
- En la estructura del muelle las delicias se realizó una muestra de una cierta área donde comprendió. Columnas, vigas y losa, se apreció que el ambiente también es perjudicial para obras diseñadas para soportar ambientes agresivos

- **DIAGRAMAS DE DAÑOS EN COLUMNAS DE LOS TRES BALNEARIOS**

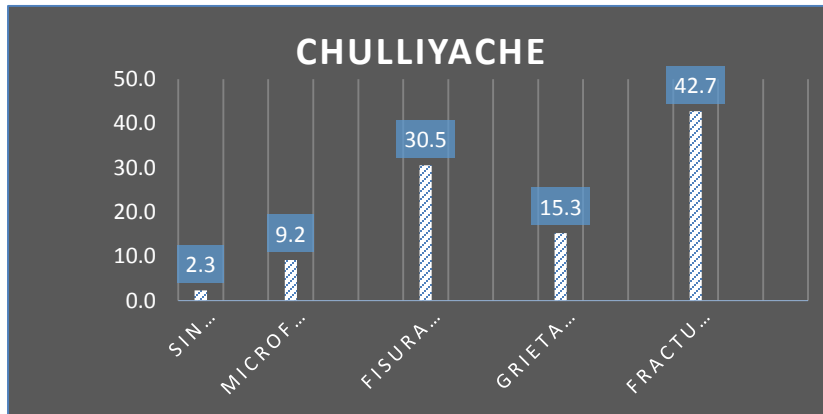


Grafico N° 10: *Porcentaje de daños columnas Chulliyache*

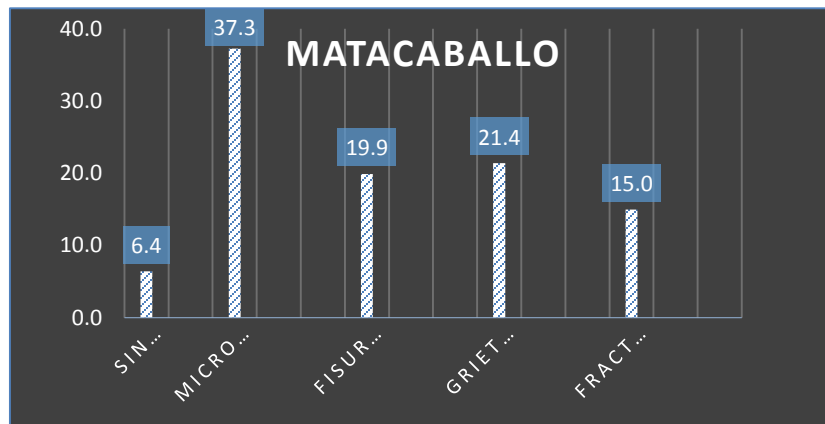


Grafico N° 11: *Porcentaje de daños en columnas mata caballo*

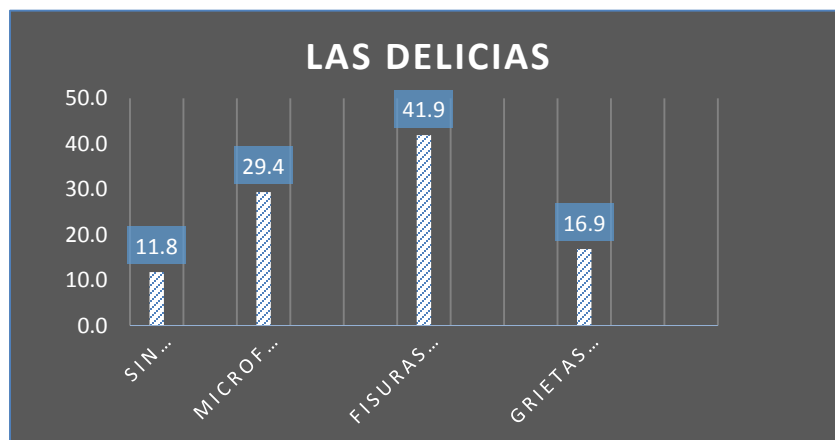


Grafico N° 12: *Porcentaje de daños en columnas las delicias*

- **CUADRO DE RESUMEN DE COLUMNAS DE LOS TRES BALNEARIOS**

Rangos	sumatoria	% TOTAL
sin daño	20.5	6.8
Micro fisuras	75.8	25.3
fisuras	92.3	30.8
grietas	53.6	17.9
fracturas	57.7	19.2
	300.0	100.0

Cuadro N° 22: resumen de columnas de los tres balnearios

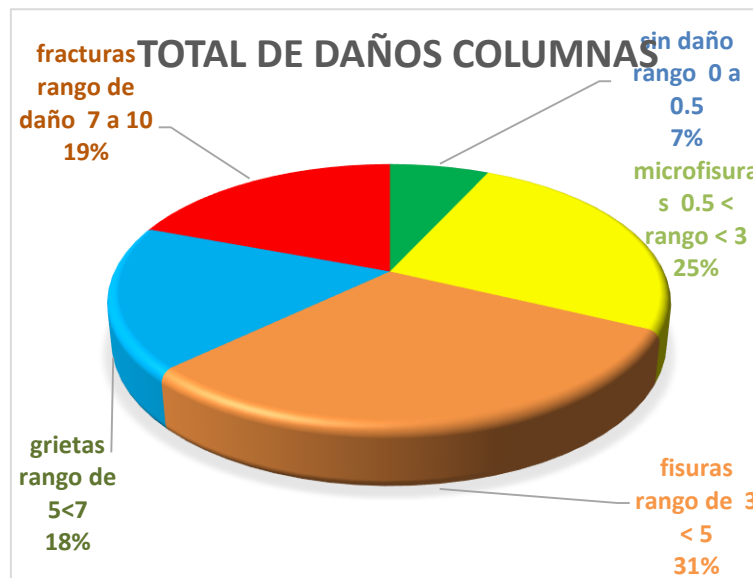


Gráfico N° 13: Porcentaje total de daños en columnas

Fuente: Propia

- **DIAGRAMAS DE DAÑOS EN MUROS DE LOS TRES BALNEARIOS**

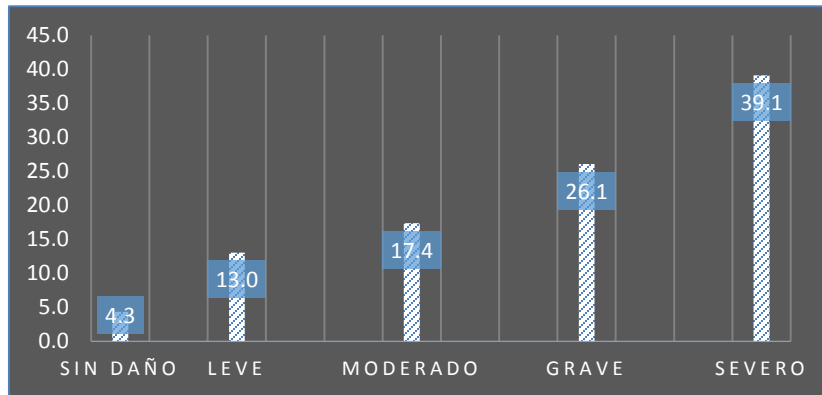


Grafico N° 14: *Porcentaje de daños en muros Chulliyache*

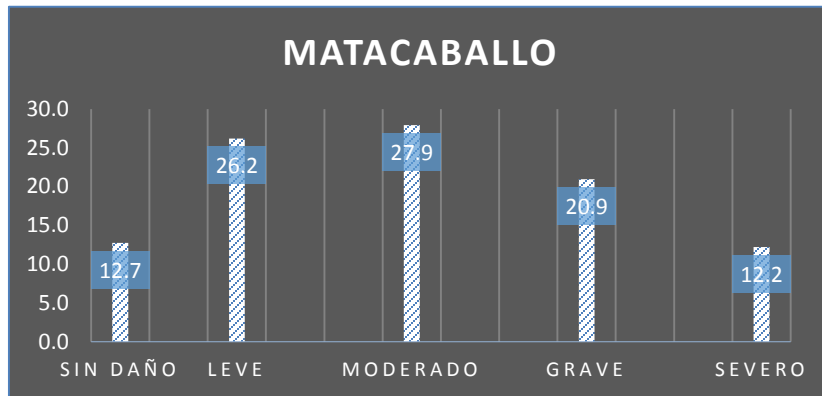


Grafico N° 15: *Porcentaje de daños en muros Mata caballo*

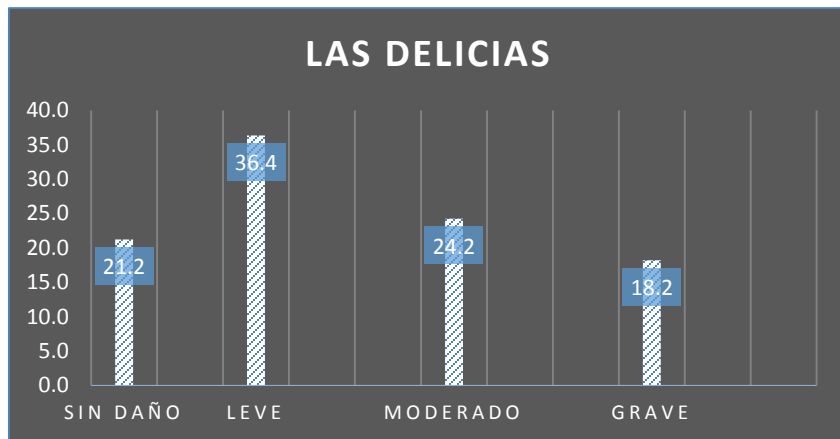


Grafico N° 16: *Porcentaje de daños en muros las Delicias*

- **CUADRO DE RESUMEN EN MUROS DE LOS TRES BALNEARIOS**

clasificación	sumatoria	% total
sin daño	38.3	12.8
leve	75.6	25.2
moderado	69.6	23.2
grave	65.2	21.7
severo	51.3	17.1
total	300.0	100.0

Cuadro N° 23: resumen de muros de los tres balnearios

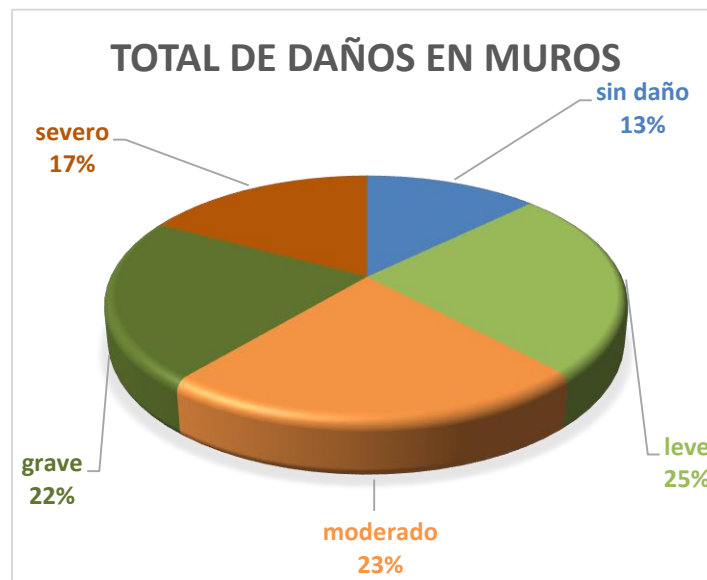


Grafico N° 17: Porcentaje total de daños en columnas

Fuente: Propia

- **DIAGRAMAS DE DAÑOS EN MUELLE LAS DELICIAS**

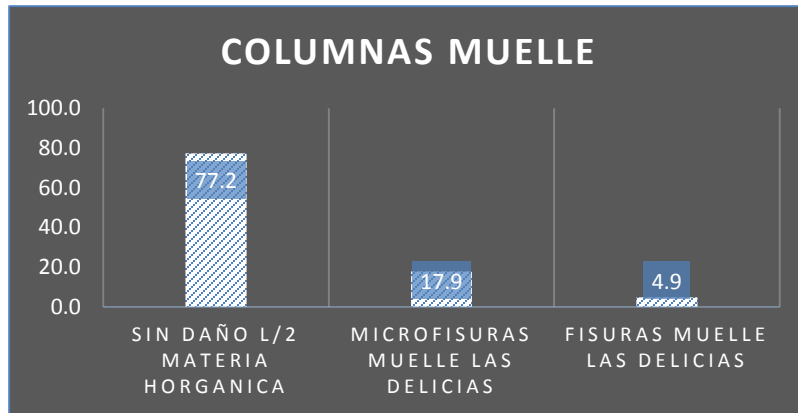


Grafico N° 18: *Porcentaje de daños en columnas - muelle*

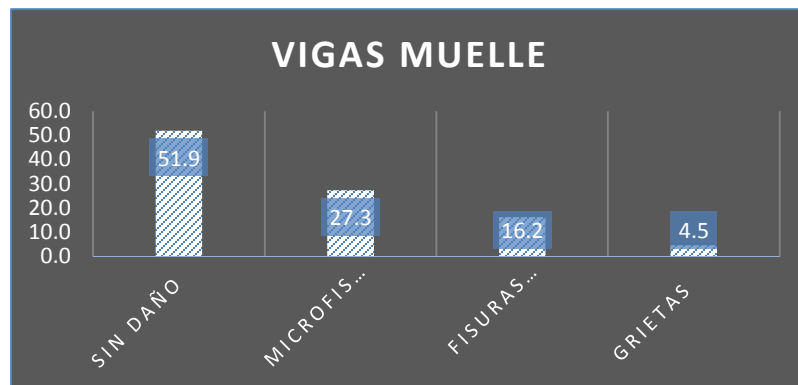


Grafico N° 19: *Porcentaje de daños en vigas - muelle*

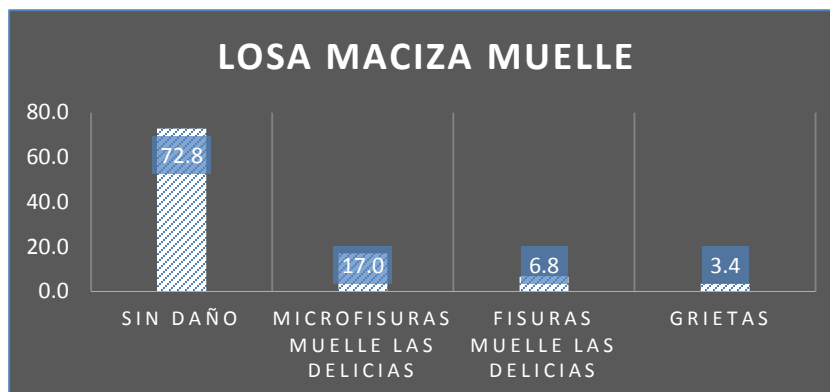


Grafico N° 20: *Porcentaje de daños en losa - muelle*

Fuente: *Propia*

¿Al realizar el estudio en los tres balnearios se calculó un porcentaje Total de 49 columnas, 54 muros y una cierta área de la estructura del muelle las delicias?

- Los daños en columnas se detallan en el diagrama N° 45. Mostrando un Porcentaje bajo. solamente el 7% de columnas que no presenta ningún tipo de daño, las micro fisuras presenta un deterioro del 25%, las fisuras se encuentran en el más alto porcentaje con un 31% de daño, las grietas en un 18% como lo se muestra en el diagrama y por terminado las fracturas un 19% donde se apreció este mayor daño fue en el balneario de Chulliyache
- En lo que respecta a muros los daños de las muestras comprenden que el 13% de los muros no presentó ningún tipo de daño o eflorescencia, el 25% presento un porcentaje leve en eflorescencia, en cambio se pudo observar que el 23% de muros presenta moderado porcentaje daño en muros, el 22% presento un daño grave y por ultimo 17% alcanzo un daño severo en muros.
- La estructura del muelle las delicias no presento daños severos como fracturas o dislocaciones, solamente en algunos puntos se observaron micro fisuras y/o fisuras donde se generan manchas de óxido en sus estructuras. Producto de que el acero ha empezado a corroerse causando en algunos puntos el desprendimiento del recubrimiento.

4.1.1 APORTE A LA INVESTIGACIÓN

El aporte de la tesis se orienta a conocer mejor la metodología en cuanto a las características del concreto en ambientes agresivos, como la cantidad necesaria de agua a emplear. Para adquirir concretos más y de baja permeabilidad también es necesario que el agua se encuentren en los límites permisibles, el tipo de cemento a emplear cuando se sobre pasan los límites permisibles como sucede en ambientes agresivos el cemento debe contar con las características necesarias para darle una mejor resistencia el ataque de los sulfatos, El empleo de aditivos como reductores de agua o incorporadores de aire para darle una mejor trabajabilidad siempre y cuando no afecten la mezcla de concreto, los recubrimientos que debe tener el acero embebido y el curado necesario para darle una mejor permeabilidad.

Otro punto de aporte es cuando el concreto es vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar debe ser lo más impermeable posible.

En cuanto al sitio de estudio su limitado conociendo a la problemática en zonas agresivas. Hace proponer soluciones que están llevan a unas recomendaciones dadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La inspección visual que se realizó en diferentes puntos ya mencionados da lugar a las siguientes conclusiones.

1. El deterioro por corrosión del acero de refuerzo en zonas de estudio es muy habitual. Se ha llegado a la conclusión que esto ocurre por la porosidad del concreto.
2. No se tomara en cuenta la importancia que tienen el espesor de los recubrimientos, cuando se construye en ambientes agresivos. Se concluye que esto favorece a la penetración de sulfatos que posteriormente conlleva a la oxidación del acero embebido y aun desprendimiento del concreto.
3. En las inspecciones visuales que se realizaron en la zona de estudio se pudo apreciar que el concreto no resiste la intemperie. Se ha llegado a la conclusión que no habido una relación agua/cemento lo bastante acorde a lo expuesto, que el cemento empleado no ha sido el correcto y no habido curado continuo lo cual origina fisuras y grietas.
4. El concreto en contacto con el terreno natural como es el caso de las cimentaciones debe ser lo menos poroso posible para evitar que la humedad o las sales ingresen. El problema empieza desde ahí por no haber un aislamiento del concreto hacia los sulfatos que ascienden por capilaridad a los muros de albañilería.
5. Las construcciones metálicas cercanas al mar es evitable la oxidación del metal. un mantenimiento esmerado evitara el avance de la corrosión y prolongar la vida útil del metal.

Estos daños son producto del desconocimiento de las normativas de construcción en ambientes agresivos.

6. Respecto al Muelle Aunque su resistencia a los sulfatos se la correcta. Y se allá respetado todos criterios y especificaciones necesarios para cumplir con los requerimientos para lo que fue diseñada la estructura. El acero embebido también sufre daño por corrosión. Esto se da porque en algunos puntos no se vibró o se formaron nidos de piedras en el agregado grueso lo que generó una baja impermeabilidad en la estructura o también fisuraciones en algunos puntos. Esto género que los sulfatos ingresen y corroan el acero lo que conlleva al aumento de sección del acero embebido y posterior a una rotura del concreto.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Como prevenir la corrosión del acero: la primera defensa contra la corrosión del acero es la calidad del concreto. El concreto de calidad tiene una baja relación a/c esto disminuye la penetración de las sales de cloruro, además el concreto debe estar adecuadamente compactado y curado esto mejorara la su impermeabilidad, y será más resistente a los sulfatos.
2. En ambientes marinos ya sea que el concreto este en contacto con el terreno natural o también el mismo ambiente. se deberán aumentar adecuadamente el espesor del recubrimiento. Tomando además en consideración que deberá proporcionarse un concreto denso. Además El concreto debe ser cuidadosamente dosificado, compactado y curado esto logra una baja porosidad y por lo tanto una alta permeabilidad. Esto proveerá mayor protección contra la corrosión.
3. El concreto expuesto a soluciones de sulfato se debe de tener en cuenta el tipo de cemento, la relación agua/cemento y una dosificación adecuada.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) ¹ , presente en el suelo, % en peso	Sulfato (SO ₄) En agua p.p.m.	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal Relación máxima agua/cemento en peso	Concreto con agregados de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, f'c MPa ¹
Despreciable	0,00 ≤ SO ₄ < 0,10	0,00 ≤ SO ₄ < 150	--	--	--
Moderado ²	0,10 ≤ SO ₄ < 0,20	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP(MS),IS(MS),P(MS), I(PM)(MS),I(SM)(MS)	0,50	28
Severo	0,20 ≤ SO ₄ < 2,00	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0,45	31
Muy Severo	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10000	V más puzolana ³	0,45	31

¹ Puede requerirse una relación agua-cemento menor o una resistencia más alta para lograr baja permeabilidad, protección contra la corrosión de elementos metálicos embebidos, o contra congelamiento y deshielo (Tabla 4.4.2).

² Agua de mar.

³ Puzolana que se ha determinado por medio de ensayos o por experiencia que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen Cementos Tipo V.

4. Es recomendable el aislamiento de las cimentaciones puede hacerse remplazando el material contaminado que rodea el concreto. Esta acción no es adecuada en terrenos saturados por sulfatos. Porque el material tendera a contaminarse muy rápidamente. Un aislamiento resistente a sulfatos será

las emulsiones asfálticas y/o membranas plásticas. En este aspecto debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal porque los revestimientos tienen vida limitada. Una mejor solución especialmente en cimentaciones que son casi imposible de inspeccionar es buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y de muy baja permeabilidad.

5. En construcciones metálicas se recomienda los sistemas de protección

anticorrosiva por metalizado muestran duraciones de 3 a 10 veces mayor que sistemas tradicionales de pintura. La extraordinaria resistencia a la corrosión de estos revestimientos se debe a que el sistema: Actúa como pasivador del metal base (acero), Provee un inhibidor contra la oxidación (imprimante) y una barrera impermeable que es el sellante.

6. Las recomendaciones para la estructura del muelle fueron sacadas por un catálogo sika.

- Remoción del concreto deteriorado, lavado con agua a alta presión (para reducir niveles de cloruros residuales
- Limpieza abrasiva para preparar el acero de refuerzo expuesto
- Protección del acero de refuerzo sikatop
- Imprimante sika “mono top” morteros de reparación modificados

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Álvarez, A y Veltri, (2002).** “**Métodos Correctivos a los Daños Causados en Las Estructuras de Hormigón Armado**”. Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz.
2. **Astudillo, Fanny. (2006).** “**Evaluación Patológica a los Daños Causados en los Puentes y Alcantarillas de la Troncal 009 tramo Boca de Uchire Clarines, Edo Anzoátegui**”. Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz.
3. **Ávila Mezarino, YojiHobberg (2011) –** Patologías, inspección y propuestas De reparación de estructuras de muelles portuarios caso Región Ancash - Perú
4. **Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007)** “Permeabilidad a los Cloruros del Hormigón Armado Situado en Ambiente Marino Sumergido”
5. **Calavera José, (1979) –** “Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado.”
6. **Catalá, Enrique Alario, (2011)-** “Código Técnico de la Edificación”.
7. **civilgeeks (2011)** “Patología de las cimentaciones”
8. **Escalante, D Sara (2010)** “Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, lechería, puerto la cruz y guanta del estado Anzoátegui”

9. **Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas, Puertos del Estado (2008).**
10. **Gonzales de la Cotera, Manuel- (1998)** “La corrosión del concreto en Ambiente marino”
11. **Hormigón sumergido.html (2016)**
12. **Idrovo, Mónica (2016)** – “Materiales de construcción – durabilidad”
13. **Norma Técnica Peruana 334.009. (2011) cementos**
14. **Ospina, Julio (2005)**, realizó una evaluación de los daños que presentaba el Muelle N° 5 del Puerto de Guanta. Dicha evaluación se realizó tomando en cuenta los diferentes aspectos que causan corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado en estructuras ubicadas en el ambiente marino, proponiendo técnicas de reparación y mantenimiento.
15. **Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)**
16. **Ramon, E davoin (2016)** Asesoría Técnica - aditivos y concreto
17. **Universidad Nacional del Sur (2013) – Dpto. de ingeniera** .en Bahía Blanca, Argentina, realizo un estudio de “**Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima**”

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
<p>“EFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS BALNEARIOS LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y CHULLIYACHE. PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE PIURA-2016.</p>	<p>Problema Principal Las edificaciones de la ciudad de Sechura, cercanas al mar especialmente los balnearios: las delicias, Mata caballo y Chulliyache. se encuentran en muy mal estado, ya que cuentan con diversas fisuras, grietas, esto origina la corrosión del acero de refuerzo por otra parte también el concreto no cuenta con la calidad necesaria</p>	<p>Objetivo General. Determinar los efectos de los sulfatos en las estructuras de los balnearios, las delicias, mata caballo y Chulliyache provincia de Sechura, departamento de Piura-2016</p> <p>Objetivos Específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Explicar cada uno de los factores que influyen en la variación que están 	<p>Hipótesis General Al determinar las ubicaciones de las fallas estructurales así como el correcto uso de los materiales, utilizando técnicas constructivas específicas. Aseguramos un buen estado de las construcción es cercanas al mar, evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> □ La correcta ubicación de 	<p>Variable Independiente Determinar fallas, uso de materiales adecuados en las diferentes construcción es cercanas al mar</p> <p>Variable dependiente Aseguraremos un buen estado en las construcción es evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil.</p>	<p>Tipo de presencia del agrietamiento en forma: Vertical, Horizontal, Oblicuo Grado de presencia del agrietamiento en magnitud : Sin daño, Microfisuras, Fisuras, Grietas y fracturas</p>	<p>Ataque por sulfatos: El ataque de las armaduras por los sulfatos presentes en las aguas es el caso más frecuente de ataque químico en obras de hormigón armado ejecutadas en ambiente marino. Los sulfatos producen picaduras localizadas en la armadura, rompiendo la capa pasiva, iniciando el proceso anódico y reduciendo la</p>	<p>La presente investigación se constituye como un estudio de tipo DESCRIPTIVO-TECNOLOGICA desde el punto de vista metodológico, ya que se recolectará la información pertinente para la documentación de las diferentes construcciones marítimas como se presenta en la realidad Descriptiva. Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad Tecnológica. “La investigación tecnológica no resuelve problemas prácticos aislados, sino que tiene un efecto multiplicador...” 108</p>

	<p>para resistir el medio ambiente agresivo y consiguiente se genera la destrucción química del concreto. E</p>	<p>sometidas las estructura de concreto. Cuando ya están construidas, esto incluye; la constitución química del agua, los gases disueltos en el concreto y la cantidad de sales que posee el terreno. Evaluar la información recogida, para clasificar e identificar los tipos de fallas del concreto</p>	<p>fallas estructurales así como el uso de materiales adecuados, utilizando técnicas constructivas específicas, definirán la calidad y vida útil de las construcción es marítimas. <input type="checkbox"/> Una supervisión adecuada del proceso constructivo disminuirá el deterioro en las construcción es cercanas al mar y aumentara la vida útil de esta.</p>			<p>sección de la barra.</p>	<p>Incorpora dentro de su metodología, los procedimientos de control de calidad”</p>
--	---	---	---	--	--	-----------------------------	--

ANEXO 02: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

CLASIFICACION DE DAÑOS EN COLUMNAS

CUADRO DE COLUMNAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS BALNEARIOS MENSIONADOS "G.V" grietas verticales; "G.H" grietas horizontales							
columna	ubicación	N° de columnas dañadas	Cara	Espesor	rango de daño 0 a 10	daño	observaciones y/o recomendaciones
				1.0 < ancho < 5.0mm		E	
				0.4 < ancho < 1.0mm		D	
				0.2 < E < 0.4mm		C	
				0.1 < E < 0.2mm		B	
				E < 0.05mm		A	
				0.4 < ancho > 1.0mm		D	
				0.1 < E < 0.2mm		B	
				1.0 < ancho < 5.0mm		E	
				0.2 < E < 0.4mm		C	
				E < 0.05mm		A	

CLASIFICACION DE DAÑOS EN MUROS

VIVIENDAS UBICADAS CERCA DE LOS BALNEARIOS MENSIONADOS " EFLORESCENCIA Y DAÑO EN EL MORTERO"						
muros	Ubicación	Nº de caras	Cara	área dañada m2	Daño	observaciones
					E	
					D	
					D	
					C	
					B	
					B	
					C	
					D	

RESULTADOS PORCENTUALES DE DAÑOS EN COLUMNAS

rango	N° de viviendas	N° de columnas por vivienda	daño	% de daño	% de grafico
			A		
			B		
			C		
			D		
			E		
TOTAL					

RESULTADOS PORCENTUALES DE DAÑOS EN MUROS

Chulliyache	N° de muros	Rango daño	% de daño	% de diagrama
sin daño				
Leve				
moderado				
Grave				
Severo				
TOTAL				

DAÑOS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MUELLE LAS DELICIAS

COLUMNAS

ubicación	N° de columnas afectadas	cara de columna	Rango	longitud (cm)	daño	observaciones y/o recomendaciones
					A	
					B	
					A	
					C	
					B	

VIGAS

daño	ubicación	vigas peraltadas	cara	rango	longitud (cm)	observaciones y/o recomendaciones
sin daño						
micro fisuras						
fisuras						
grietas						

LOSA MACIZA

daño	ubicación	losa	cara	rango	área 20 m2	observaciones y/o recomendaciones
sin daño						
Micro fisuras						
Fisuras						
Fisuras						

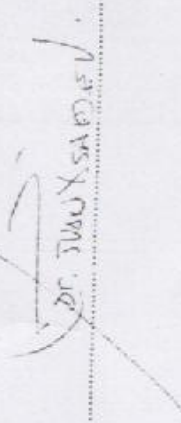
FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

Indicadores	Criterios	Deficiente					Regular					Buena					Muy Buena					Excelente					OBSERVACIONES
		0 - 20					21 - 40					41 - 60					61 - 80					81 - 100					
ASPECTOS DE VALIDACION		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100					
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100						
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																					92					
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación																					95					
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems																					94					
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad.																					92					
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar las dimensiones del tema de la investigación																					95					
																						92					

7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos-científicos de la investigación	96
8. Coherencia	Tiene relación entre las variables e indicadores	92
9. Metodología	La estrategia responde a la elaboración de la investigación	95

INSTRUCCIONES: Este instrumento, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe el programa. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados Adjuntar CV del profesional experto.

FIRMA Y POST FIRMA DEL EXPERTO



DR. JUAN X. S. A. D. E. V.

Piura, 05 de septiembre del 2016

ANEXO 04: PLANOS DE UBICACION

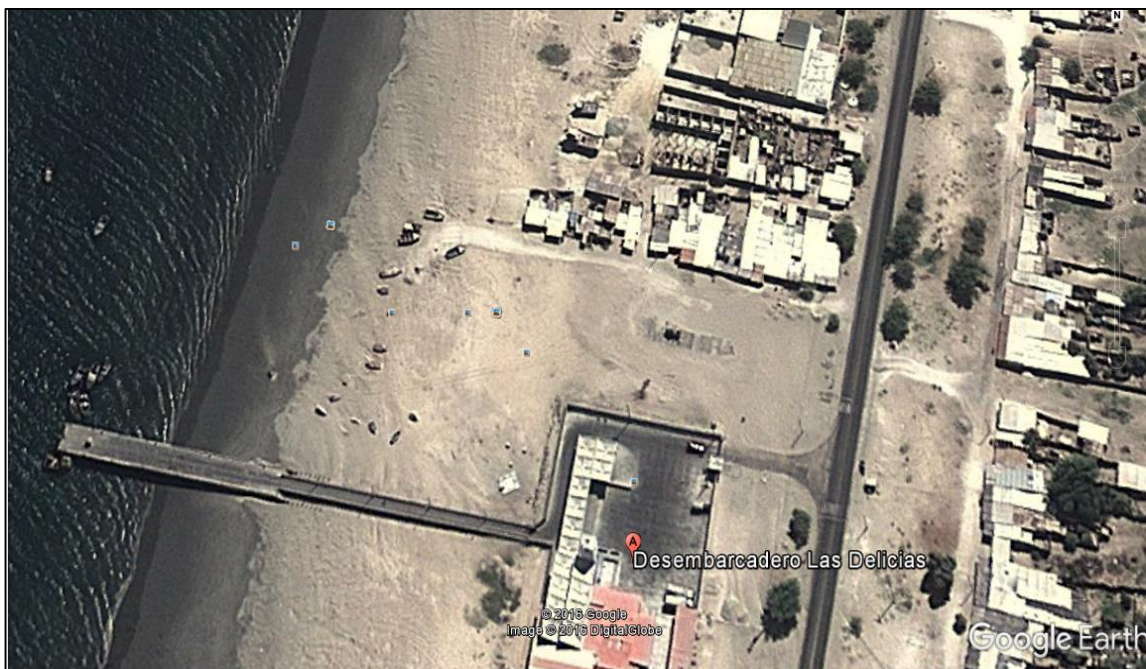


Imagen N° 28: Playa las Delicias

Fuente: Google Earth



Imagen N° 29: Playa Mataballo

Fuente: Google Earth



Imagen N° 30: Playa Chulliyache

Fuente: Google Earth

ANEXO 05: ARTICULO CIENTIFICO

“EFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS BALNEARIOS, LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y CHULLIYACHE PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE PIURA- 2016.”

"SULPHATES EFFECTS ON STRUCTURES OF SPAS, DELIGHTS, MATA HORSE AND CHULLIYACHE PROVINCE OF SECHURA, PIURA DEPARTMENT 2016."

RESUMEN

El presente trabajo basa su investigación en los efectos de los sulfatos en estructuras de los balnearios las delicias, Mata Caballo y Chulliyache en la provincia de Sechura.

La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. Perú posee una amplia zona costera. Que es el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, proceso de penetración de cloruros en el concreto, que se resume en el marco teórico de la tesis.

Dicho diagnóstico comprende la inspección, descripción de los daños en cada estructura. Las inspecciones se realizaron a través de visitas técnicas a las estructuras ubicadas en la ciudad de Sechura, registrando fotográficamente los daños observados.

El método y técnica a emplear depende de la gravedad del problema y de las condiciones internas o externas a las que está expuesta la estructura. La selección del método de restauración o rehabilitación también dependerá de los recursos económicos, humanos y tecnológicos de los que se disponga.

Palabra clave: Efectos de los sulfatos en estructuras, sulfatos en ambiente marino.

ABSTRACT

The present work bases its investigation on the effects of the sulphates in structures of the spas, the delights, Mata Caballo and Chulliyaque in the province of Sechura.

The durability of concrete exposed to a marine environment is one of the topics currently little discussed at national level and of great importance for the number of structures that are built in this environment. Peru has a large coastal area. It is the Pacific Ocean whose environment has been little studied through parameters that define it and relate to the durability of concrete structures

From the beginning and during the development of this work a bibliographical research and literature review has been carried out on the topics of concrete durability, service life, chlorides penetration process in concrete, summarized in the theoretical framework of the thesis.

This diagnosis includes inspection, description of damage in each structure. Inspections were carried out through technical visits to the structures located in the city of Sechura, photographically recording the observed damages.

The method and technique to be used depends on the severity of the problem and on the internal or external conditions to which the structure is exposed. The selection of the method of restoration or rehabilitation will also depend on the economic, human and technological resources available.

Keyword: Effects of sulfates on structures, sulfates in marine environment.

INTRODUCCION

El concreto, es uno de los elementos más utilizados en las obras civiles. Este se presenta en una gran variedad, dependiendo de los requerimientos de la estructura que se proyectara. Cabe mencionar que los elementos expuestos a las brisas marinas por la cercanía de las estructuras sufren fallas y cambios en ellas. Ya que son atacados por los sulfatos. Para cumplir con todas las exigencias, el concreto debe contar con características especiales en sus constituyentes, como es el tipo de agregado, el agua a emplear, el cemento y aditivos. También es muy importante la inspección a lo largo del proyecto para que se sigan las técnicas adecuadas.

En esta investigación se hará especial énfasis a las estructuras en el ambiente marítimo. La construcción de estructuras marítimas en sus variedades de obras (muelles, viviendas, construcciones metálicas), por otra parte también se verá cimentaciones y todo tipo de

estructura que esté en contacto con el ambiente marino. La tarea de construir estructuras en un ambiente que no sea el común (fuera o dentro del agua) tiene algunas complicaciones, en este caso las **estructuras de los Balnearios, Las Delicias, Mata Caballo y Chulliyache**. Presentan severos daños como. La corrosión del acero embebido, daños en estructuras metálicas y el deterioro del concreto. Esto se da por el mismo ambiente marino, también por los sulfatos que contiene el terreno, y también por el contacto con el agua de mar. Un concreto de baja impermeabilidad y buena calidad será el mejor medio para prevenir la corrosión.

El presente trabajo se plantea de la siguiente manera en el primer capítulo presenta el planteamiento metodológico y cada una de sus investigaciones como el planteamiento, objetivos, formulación de hipótesis, variables, población muestra y justificación. El capítulo siguiente muestra el marco teórico donde se detalla toda

la investigación sobre los temas de durabilidad del concreto, proceso de penetración de cloruros y vida útil del concreto en ambientes marinos. En el tercer capítulo presenta la presentación de resultados como la confiabilidad y validación del instrumento, análisis cuantitativo de las variables y pruebas de normalidad. En el cuarto capítulo la discusión de los resultados y por último el quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Determinar Los Efectos De Los Sulfatos En Las Estructuras De Los Balnearios, Las Delicias, Mata Caballo Y Chulliyache Provincia De Sechura, Departamento De Piura-2016

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Explicar cada uno de los factores que influyen en la variación de las cualidades del concreto cuando está sumergido y de la estructura cuando ya está construida, esto incluye; la constitución química del

agua, los gases disueltos en el concreto, la cantidad de sales que posee el terreno.

Evaluar la información recogida, para clasificar e identificar los tipos de fallas del concreto.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los principales métodos a utilizar en la investigación:

Método Inductivo.- Estos métodos nos permiten realizar un estudio particular con el propósito de llegar a la conclusión y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares que genera el proceso de investigación.

Método Analítico.- Es importante realizar un estudio analítico sintético de los temas expuestos en el presente trabajo, identificando cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación, desintegrando las ideas para conocerlos con mayor profundidad.

Método Descriptivo.- Este método consiste en evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. En esta investigación se analizan los datos reunidos para descubrir así cuales variables influye entre sí.

Método Observativo.- Este método se usa para detectar y asimilar los rasgos de un elemento utilizando los sentidos como instrumentos principales.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- a) **Dpto. de Ingeniería – Universidad Nacional del Sur (2013).** Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina, realizo un estudio de **“Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima”** cuyo objetivo fue: inspeccionar una obra de concreto armado ubicada en la zona costera al mar, perteneciente al puerto de Bahía Blanca (Argentina). Ésta presentaba

un importante cuadro de fisuración en el concreto y evidencias de un proceso corrosivo en las armaduras, con exudación de compuestos de hierro hacia la superficie. Se realizaron ensayos físico-mecánicos y estudios petrográficos, sobre testigos calados en la estructura. Los resultados de los ensayos físico-mecánicos indican: valores menores de resistencia a compresión respecto a los que deberían tener este tipo de estructuras, una profundidad de carbonatación que en algunos casos supera el espesor del recubrimiento, y valores de absorción y porosidad elevados. Con estereomicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas se encontraron claras coronas de reacción hacia el interior de las partículas, y se observaron cavidades de aire y fisuras rellenas parcialmente por carbonato de calcio, estingita y aluminosilicatos. Por difracción de rayos X se identificaron aluminosilicatos de las estructuras.

b) Astudillo Fanny (2006), realizó una evaluación patológica de los puentes y alcantarillas ubicados en la troncal 009, tramo Boca de Uchire – Clarines del Estado Anzoátegui. La evaluación se basó en la inspección, inventario, descripción de los daños y aplicación de ensayos diversos en cada estructura encontrada, percibiendo que las estructuras presentaban enfermedades y daños diversos y proponiendo técnicas de reparación adecuada para cada uno de los síntomas analizados.

c) Ospina, Julio (2005), realizó una evaluación de los daños que presentaba el Muelle N° 5 del Puerto de Guanta. Dicha evaluación se realizó tomando en cuenta los diferentes aspectos que causan corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado en estructuras ubicadas en el ambiente marino, proponiendo técnicas de reparación y mantenimiento.

d) Álvarez, Anna Y Veltri (2002), efectuaron un estudio y análisis del origen de los daños ocasionados en una estructura de concreto armado

ubicada en la Ciudad de Cumaná de nombre Apartamentos Marina Mar la cual estuvo sometida a la acción de un sismo de magnitud 6,8 y 10 en la escala de Richter en el año 1997 y presentaba fisuras y desprendimiento de material en sus elementos estructurales. Dicha investigación se realizó con la finalidad de detectar si el detrimento pudo cometerse en las fases del proyecto constructivo y recomendando método correctivos para prolongar la vida útil de servicio de la edificación.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.

a) Sáenz Vilca C. (2010) en su tesis denominada “**Evaluación del estado actual y diseño de las estructuras de concreto armado de las plantas pesqueras en el Distrito de Chimbote**”. Dicho estudio fue de carácter descriptivo que se aplicó a una muestra de 3 plantas pesqueras, cuyas construcciones se realizaron en distintos años y cuyos constructores fueron diferentes concluyendo lo siguiente.

Se evaluaron las estructuras de forma individual encontrándose en la mayoría, daño en el concreto y corrosión del acero, así como baja resistencia del concreto por tratarse de concretos expuestos a un medio agresivo, además se observó que el concreto sufre adiciones de elementos tales como la soda cáustica que alteran el comportamiento del concreto. Se determinó que los agentes que afectan la durabilidad del concreto en las plantas pesqueras se deben principalmente a las que causan corrosión en la armadura de las estructuras, y estos agentes son: la humedad, cloruros y sales del medio.

b) Ávila Mezarino, Yoji Hobberg (2011) indica que: La mayoría de las estructuras de concreto armado en el medio marino muestra señales de la degradación resultante de la corrosión en el refuerzo por la presencia de cloruros. En algunos casos, la degradación es visible unos pocos años después de la construcción de la estructura. Aunque el medio ambiente marítimo es extremadamente severo, hay

otros factores que afectan las degradaciones prematuras del hormigón, como la mala calidad de la construcción debido a la falta de mano de obra especializadas, las normas deficientes, proyectos debido a la falta de información sobre los parámetros que influyen en el proceso de degradación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.10. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LAS CUALIDADES DEL CONCRETO SUMERGIDO EN AGUA - DEFINICION

El ambiente marino puede actuar de forma favorable o desfavorable en cuanto a las características del concreto. Por ello es que a continuación se detallan algunos de los efectos de este ambiente **Bermúdez, Alaejos, (2007)**

1. Sumersión:

El efecto general de la sumersión podría considerarse como positivo, esta evidencia se avala con el hecho de que un buen concreto sumergido en agua marina,

incrementa su resistencia con el paso del tiempo.

La sumersión también minimiza los cambios de temperatura, disminuyendo la velocidad y dimensión de las expansiones y contracciones, evitando el agrietamiento, la erosión, el descascaramiento y por ende la corrosión.

Ahora, si se analiza desde un punto de vista menos positivo, tenemos que debido a la permeabilidad que posee el concreto, el agua marina tiende a penetrar, ya sea por diferencia de presión o por capilaridad.

Cuando el concreto no está sumergido totalmente, el agua es continuamente evaporada de la superficie del concreto que sobresale del nivel del agua, la penetración del agua marina será continua, quedando un poco de residuo de sal depositado en este, luego las sales se difunden por capilaridad dentro de los poros, dependiendo del grado de saturación del concreto. El oxígeno que entra con el aire, se disuelve en

el agua en forma diferencial, siendo menor su concentración en zonas donde la sal y el grado de saturación son mayores, generando pilas galvánicas.

2. Constitución química del agua:

Los constituyentes primarios del agua marina son los iones del cloro, sodio, magnesio, calcio y potasio y su mayor función la cumplen como un muy buen electrolito entre metales disímiles y entre concentraciones de sal y el acero. Como el pH del agua marina, es alrededor de 8, y la corrosión de la armadura ocurre con un pH por debajo de 11, la alcalinidad debe ser suplida por el cemento.

3. Gases disueltos y atrapados en el cemento:

Los gases disueltos de importancia en el concreto son anhídrido carbónico (CO_2), oxígeno (O_2), vapor de agua y aire. Estos gases sumados a los disueltos en el agua son un contribuyente a la erosión del concreto por cavitación, que ocurre en zonas de azota viento.

4. Presión:

El efecto de la presión en las propiedades del concreto, no está totalmente estudiado. Aunque se ha llegado a establecer muy bien que alrededor de los 60m de profundidad, el concreto mejora en todas sus cualidades. Este efecto, presumiblemente, debería mejorar la densidad y resistencia de la mezcla en su estado ya fraguado. Esto se entendería al establecer el proceso de fraguado en profundidades, como el fraguado de concreto pretensado.

Se ha sugerido que a profundidades muy altas (por ende presiones altas) se podría obtener concretos con resistencias a compresión de 500 (kg/cm²) o más.

Como se mencionó anteriormente, las profundidades marinas se podrían utilizar para la fabricación de elementos pretensados, que serán utilizados en ambientes saturados de agua (estanques, tuberías, muros de reactores atómicos).

Ensayos no destructivos de cilindros prefabricados expuestos

en el mar a profundidades de 1.700 m, por un periodo de 4 meses, han indicado diferencias no significativas con respecto a otros ensayos en cámaras de niebla por el mismo tiempo.

En el caso del hormigonado bajo el ambiente marino, se ha llegado a profundidades de 50m por colado y a 90m por inyección, teniendo resultados excelentes.

5. Temperatura:

Este factor puede ser beneficioso o perjudicial. Como una incidencia favorable puede nombrarse, que las propiedades del concreto generalmente mejoran a bajas temperaturas, ya que la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad son inversamente proporcionales a este factor. Pero como efecto dañino, no se debe olvidar que los ataques químicos y electroquímicos son más severos en las aguas tropicales, ya que la temperatura del agua favorece a tales fenómenos.

6. Organismos marinos:

Dentro de la gran gama de organismos marinos, se pueden destacar como los más perjudiciales a los grupos de organismos sésiles y el fouling (suciedad). Este último se adhiere a las paredes de las estructuras flotantes, aumentando su espesor, y por ende el peso de las mismas. Además el incremento de las dimensiones (secciones, ancho, etc.), conduce a una mayor resistencia al oleaje y agua en movimiento.

En el caso de los organismos sésiles, como picorocos, piures, cholgas, etc., el efecto es parecido al del fouling, pero más dañino, ya que el tamaño de los organismos es mayor, provocando aumento de secciones en pilares de hasta un 30%. Además si se toma en cuenta que los organismos crecen en forma irregular, éstos contribuyen a las turbulencias creadas por el movimiento de las aguas marinas.

Otro efecto contrario que ocasionan los organismos marinos, es el desprendimiento de material que se produce al retirarlos

mecánicamente. Este desprendimiento de material puede contribuir a la corrosión de las armaduras y por ende a al debilitamiento de la estructura.

7. Hielos:

De las diversas formas en que se puede encontrar el hielo en el ambiente marino, lo podemos destacar como flotante o adherido a las estructuras. En el caso de las masas de hielo adheridas a las estructuras, aumentan el peso de éstas al fluctuar el nivel del agua (descenso). Además el hielo adherido aumenta secciones donde es solicitado por el oleaje y/o corrientes, distorsionando las características del diseño hidráulico.

En el caso de los hielos flotantes, el efecto que puede causar es el impacto sobre las estructuras, al moverse junto con las mareas y/o corrientes.

8. Fuerzas sísmicas, tsunami y ondas expansivas de explosiones:

En el diseño de fuerzas sísmicas que golpean una estructura sumergida debe, la aceleración de

la masa de agua que golpea; el concreto es particularmente efectivo para resistir fuerzas sísmicas y tsunamis a causa de la masa y homogeneidad de este.

Si se analiza el caso de las ondas producidas por las explosiones submarinas, el concreto es especialmente resistente, debido a su resistencia a la compresión, bajo módulo de elasticidad, gran masa y gran espesor. En el caso de que la estructura presente grietas o pequeñas cavernas, las ondas viajarían por el interior aumentando su efecto.

9. Movimiento del agua:

Los movimientos del agua transportan: arena, grava y hielo que son causantes de abrasión. La salpicadura de las olas deposita sal sobre la línea de mareas, lo que contribuye a la formación de corrientes galvánicas, causante directa de la corrosión en las armaduras. El golpe de las olas, al tapar y destapar alternativamente cualquier grieta, produce en el interior un aumento brusco de la presión que erosiona y desgasta,

aumentando el volumen de la cavidad, este fenómeno se conoce como “efecto pistón”, importante causa de erosión en estructuras.

El deterioro de las estructuras de concreto debido a las causas enumeradas anteriormente, puede verse incrementado por las sollicitaciones debidas a las presiones que ejercen las olas. El estudio el mecanismo de la disipación de energía hidrodinámica, permite desarrollar la teoría de las presiones que las olas ejercen sobre la estructura bajo la acción del viento. Básicamente, se pueden considerar dos causas de disipación de energía: por fricción interna y por rompiente de las olas. La fricción interna se produce, para las olas originales en aguas profundas, por las oscilaciones de las partículas de agua, alrededor de su posición de equilibrio, con órbitas aproximadamente elípticas. La longitud y velocidad de las olas van disminuyendo a medida que se van acercando a la costa y aumenta la fricción del fondo. Se produce en consecuencia, un cambio

energético que torna inestable las partículas de agua y se origina una concentración de energía cinética y potencial en la cresta de las olas, que se empujan hasta sobrepasar la tensión superficial y rompen. En otros casos, a las presiones enumeradas, se debe sumar la fuerza dinámica debida a la turbulencia del agua mezclada con aire, que puede alcanzar valores muy altos, de efectos más destructivos que las olas pasantes.

10. Abrasión:

En las zonas de vientos y a profundidades menores de 18 m, la arena y la grava pueden encontrarse en continuo movimiento, lo que producirá abrasión en las estructuras de concreto también las corrientes de fondo son causantes del movimiento de materiales.

Los ángulos, aristas y resaltes de las estructuras, están particularmente sujetos al rompimiento, desgaste y caída, por causa de la abrasión, hechos que se deben tener muy presentes en el diseño. Para hacer un concreto

resistente a la abrasión, se deberá incrementar su solidez y densidad por medio del uso de un buen compactado, con un diseño de mezcla de máxima compacidad y baja razón agua-cemento. Se deberá seleccionar agregados duros y resistentes a la abrasión. Las terminaciones deberán ser muy buenas (lisas) por lo que es preferible el uso de máquinas de terminaciones, cuando sea posible. Un curado apropiado producirá superficies anti abrasivas. El uso de moldajes metálicos vibratorios es una práctica muy recomendable.

11. Ataque de organismos marinos:

Los organismos que atacan al hormigón son los moluscos, ya que ejercen una alta presión sobre la superficie de éste, desde su etapa embrionaria hasta su madurez. Esta presión puede erosionar o desgastar radialmente el hormigón que se haya usado, además de depositar ácidos, que pueden disolver el cemento y son más agresivos en un hormigón poroso.

Este tipo de ataques es más peligroso y serio, en aguas

tropicales y sub-tropicales que en aguas frías. Las estructuras se cubren de pelillo y lama, además de los organismos sésiles mencionados, las grietas pequeñas son usadas como moradas por cangrejos, y las más grandes, los peces. Un concreto de superficie densa y dura, proveerá generalmente una protección adecuada.

12. Ataque químico:

El ataque químico del concreto, se origina por la acción de los cloruros y sulfatos del agua marina, que se combinan con el cemento, formando compuestos solubles como hidróxido de magnesio, que se expande y explota dentro del concreto en los moldajes (causa grietas y fisuración). Este tipo de ataque es más rápido en aguas tibias y es de mayor significancia en aguas tropicales.

La impermeabilidad es el mejor medio de protección del concreto. El uso de cementos con un moderado o bajo contenido de Aluminio Tricálcico (Ca_3Al), máximo

8%; producirá un concreto resistente a los sulfatos.

13. Ataque por Sulfatos

El hormigón expuesto a un ambiente marino puede deteriorarse debido a los efectos combinados de varios factores: **Bermúdez, Alaejos, (2007)**

- La acción química de los constituyentes del agua de mar sobre los productos de hidratación del cemento.
- La expansión álcali-árido, cuando hay áridos reactivos (formas reactivas de sílice), poco frecuentes en España.
- La presión de cristalización de sales en el hormigón (si una cara de la estructura está sometida a condiciones de humedad y la otra a condiciones de secado).
- La corrosión de las armaduras. Cada una de estas acciones provoca un aumento de la permeabilidad del hormigón, lo que contribuye a que progrese el ataque de la causa inicial y el de los demás tipos de acción. El ataque de las armaduras por los sulfatos presentes en las aguas es el caso más frecuente de ataque químico en obras de

hormigón armado ejecutadas en ambiente marino. De forma resumida, lo que se produce es que la permeabilidad inherente al hormigón, ya sea por fisuración o por capilaridad, permite la entrada de agua en la masa del hormigón. Los sulfatos producen picaduras localizadas en la armadura, rompiendo la capa pasiva, iniciando el proceso anódico y reduciendo la sección de la barra. **Calavera, (1979)**



Imagen N° 01: Pórtico de embarcadero totalmente fisurado

Fuente: Obras Portuarias: problemas y soluciones



Imagen N° 02: Viga en pórtico (embarcadero) fisura producida por la expansión de la armadura en su proceso corrosivo

Fuente: Obras Portuarias: problemas y soluciones

2.2.2. DAÑOS EN CONSTRUCCIONES MARITIMAS

a) Lesiones por erosión

Bien conocida es la agradable brisa que se disfruta a la orilla del mar, en la arena, siempre soplando con mayor o menor intensidad, incluso con fuerza en ocasiones, lo que puede provocar que arrastre en suspensión partículas de arena.

Cuando se producen estos fuertes vientos, incluso no tan fuertes pero si con arena en suspensión, el poder de erosión de ese viento es muy superior a un viento limpio, ya que las partículas de la arena chocan contra las superficies de los edificios. La arena es un material silíceo, bastante duro, por lo que al golpear los pequeños granos de arena sobre los materiales colocados en fachada acaban erosionándolos capa a capa. **Catalá Enrique Alario, (2011)**



Imagen N° 03: Erosión

Fuente: Código técnico de la edificación

b) Oxidación de elementos metálicos

Es la lesión más común en **ambientes marinos** y una de las más difíciles de evitar, por lo que es necesario realizar un correcto mantenimiento de los elementos metálicos. Bisagras, engranajes, cerraduras, tendederos, todo absolutamente necesita ser periódicamente engrasado y protegido para evitar la casi inmediata oxidación. (Catalá Enrique Alario, (2011)



Imagen N° 04: Elementos metálicos oxidados debido al ambiente marino

Fuente: Propia



Imagen N° 05: Oxidación en Rejas

Fuente: Código técnico de la edificación



Imagen N° 06: Oxidación en Antena parabólica

Fuente: Código técnico de la edificación

No hay metal que se le resista al ataque ambiental en zonas cercanas al mar, lo que solo se puede combatir colocando **materiales más resistente al ataque químico**, galvanizados, inoxidable o bien con un esmerado mantenimiento, evitando el avance de la oxidación en el mismo momento en que se detecta.



Imagen N° 07: Estructura de metal y madera; deteriorada por contacto con el agua de mar.

Fuente: Propia.

c) Envejecimiento de maderas

La madera es un material que al estar en un ambiente con un grado de humedad tan alto, absorbe dicha humedad para igualarse con la del ambiente, por lo que el grado de humedad con el que se queda es muy elevado.

La humedad contenido en la madera favorece su degradación, provoca que pierda cohesión, impide la correcta aplicación de pinturas de protección, por lo que deben ser renovadas con mayor periodicidad que en condiciones normales.



Imagen N° 08: Envejecimiento de maderas

Fuente: Código técnico de la edificación

d) Daños en elementos de hormigón

Existen daños que el ambiente marino puede ocasionar a las estructuras de hormigón, algunas imágenes que muestran la importancia de cuidar los hormigones en estructuras cerca del mar.



Imagen N° 09: Playa Chulliyaque; Muros deteriorados por los sulfatos y columna desgastados por las sales

Fuente: Propia

Esta estructura se encuentra muy deteriorada por la agresividad de los sulfatos por tal motivo el desgaste del material es evidente como lo muestra la imagen se recomienda un concreto muy resistente a los sulfatos con una relación a/c muy baja un curado adecuado y una dosificación que sea densa. Y así mejora la impermeabilización del concreto.



Imagen N° 10: Columna en mal estado a causa de los sulfatos, quedando el acero expuesto al ambiente.

Fuente: Propia

El acero de refuerzo del hormigón ha sido alcanzado por el ambiente marino a través de pequeñas fisuras o por la propia porosidad del hormigón, probablemente el recubrimiento no ha sido el correcto para ambiente marino, o quizás se utilizó arena de la propia playa en la

construcción, algo habitual en estas zonas

2.2.3. DURABILIDAD DEL CONCRETO

El ambiente marino constituye la más severa prueba a la durabilidad del concreto. Una estructura construida inapropiadamente puede sufrir un rápido y serio deterioro.

El concreto está sujeto a: ataque químico, disrupción por acción del hielo-deshielo y ataque de corrosión electroquímica; abrasión por el movimiento sedimentario o del hielo; cavitación por golpes de viento y ataque de los organismos marinos. Todo lo cual contribuye al deterioro del concreto marítimo.

(Bermúdez, Alaejos, 2007)

1. Corrosión de armaduras:

El cambio más serio que se produce en una estructura de concreto armado en ambiente marino, es la corrosión de sus armaduras. En términos generales, este fenómeno se produce en un concreto poroso y permeable, que está expuesto alternativamente al agua salada y al aire, en las zonas

expuestas a la marea y salpicadura de las olas. La sal en concentraciones variadas es depositada sobre la superficie de concreto, produciéndose una penetración por capilaridad, formándose una acción electroquímica que corroe la armadura de acero, como consecuencia de esto, se produce una oxidación que gasifica, expande y termina por botar el recubrimiento de concreto, quedando la armadura al aire, comenzando su desintegración.



Imagen N° 11: Losa de concreto armado desprendido a causa de los sulfatos y el acero se encuentra a intemperie.

Fuente propia



Imagen N° 12: Desprendimiento del concreto por causa de la abrasión y/o por los sulfatos del agua de mar.

Fuente: Propia

2. inspección y medición de la corrosión:

Al efectuar la inspección visual, de una estructura de concreto armado posiblemente afectada por problemas de corrosión, se deberá hacer un exhaustivo análisis de las grietas, para poder tratar de detectar las posibles causas del deterioro, para ello se deberá tener presente lo siguiente:

- a) La corrosión ocurre antes de que se evidencie exteriormente, por el desprendimiento del concreto que recubre la armadura.
- b) Generalmente, la corrosión se presenta por sobre el nivel mínimo de mareas. La mayor parte de la

corrosión se produce en zonas expuestas a salpicaduras.

- c) La corrosión se presenta en forma de grietas localizadas.
- d) Siempre el concreto del entorno de la zona corroída, es altamente permeable, fisurado y de baja resistencia.
- e) No se considera el ataque químico al concreto como causa directa de la corrosión de las armaduras.

3. Análisis de las grietas y su influencia en la corrosión:

Existen muchos tipos de grietas, con respecto a su profundidad, medida en la superficie, hay grietas superficiales, profundas y continuas. Con respecto a la dirección en la superficie, hay dos tipos principales; grietas de mapa, o “grietas modelos”, que son más bien grietas cortas, distribuidas uniformemente y que corren en todas las direcciones, formando casi siempre una figura que se aproxima a una hexágono; este tipo de grietas, indica retracción de las capas superficiales causadas por el hormigón de las capas intermedias o fondo, la mayoría de

las veces por grandes nidos de piedras.

El otro tipo importante de grietas, es la grieta sola y continua, que ocurre en direcciones definidas, a menudo en paralelo y a intervalos definidos; este tipo indica una retracción en la dirección perpendicular a ella.

Además, existen grietas internas, alrededor de grandes nidos de agregados, es posible que fallas de compresión, se originen en tales grietas. También hay grietas originadas en el hormigón fresco (capilares) y grietas que se originan después del fraguado como las grietas incipientes en el hormigón fresco, las cuales vienen a descubrirse más tarde, sólo si otra influencia o factor viene a actuar como decantador.

Las grietas recogen polvo, basuras, agregados y escombros, aparte de dar facilidades de vida a organismos sésiles. Pero originalmente las grietas, se producen para permitirle al hormigón moverse hacia ambos lados y así ayudar a las fatigas internas. Este movimiento llega a

ser restringido o se anula, cuando las grietas se llenan de material y el hormigón adyacente puede entonces desmoronarse agrandándose la grieta.

Algunas grietas son señal evidente de que el hormigón está bajo un deterioro interno. Las grietas directamente sobre las armaduras y que corren en la misma dirección de las barras o grietas que están manchadas o teñidas de café (orín), es signo seguro que la armadura de acero está corroída, en tal grado, que se ha producido una invasión del producto de la corrosión en el hormigón.

Generalmente, grietas profundas acompañadas con expansión, pueden ser causadas por el ataque de sulfatos, algunas veces esto significa que la mezcla contenía más sulfato que lo normal, o también puede ser que el sulfato provenga de otra fuente y que durante el servicio haya encontrado un medio de propagación.

Otras grietas generalizadas, pueden resultar del uso de varios tipos de agregados que reaccionan

químicamente con el cemento, o del uso de agregado grueso altamente poroso.

4. Medición de la corrosión:

Un poderoso arsenal de ensayos sirve de inapreciable ayuda al investigador, para determinar los deterioros, ya sean visibles o no, y para determinar si la corrosión se activa o si las grietas han sido iniciadas por otra causa.

Lo más importante es la inspección visual, la medición y análisis de las grietas; luego con muestras tomadas de la estructura, pueden ser ensayadas para medir el contenido de ion cloruro, gravedad específica, porcentaje de vacíos, absorción y resistencia a la compresión. Los resultados de estos ensayos nos ayudan a medir el grado de susceptibilidad de la estructura, determinar los aditivos y la ulterior corrosión. Además, el ensayo de los agregados reactivos puede ser hecho para determinar si los agregados son causantes o contribuyentes del agrietamiento.

El ensayo de ultrasonido, puede ser realizado en el hormigón en obra,

para estimar la severidad y extensión del deterioro por agrietamiento o los vacíos del hormigón, aun cuando estos no pueden ser vistos.

Otras áreas dañadas por corrosión a causa de un insuficiente recubrimiento de las armaduras, pueden ser detectadas por el Pacómetro, un aparato magnético que mide la profundidad de las armaduras, si el tamaño de las barras es conocido.

La existencia de corrosión activa, puede ser detectada por la medición directa de un flujo de corriente. Se hace una conexión eléctrica de un borne de un voltímetro a una barra de la armadura expuesta. El otro borne del voltímetro es conectado a un elemento de pila de sulfato de cobre, que es entonces puesto en contacto con la superficie de hormigón en varios puntos. La magnitud y signo del voltaje resultante es un indicador de la actividad de la corrosión en el hormigón. Un potencial de alrededor de 0.30 Volts, es generalmente considerado un valor

de inicio, y que sobre el cual, el daño por corrosión ocurrirá sobre seguro. Muchas observaciones indican que un potencial igual o mayor a 0.20 Volts es indicador de avería por corrosión en miembros verticales de hormigón. Resumiendo, si se obtienen bajas lecturas en una región agrietada, el agrietamiento puede ser considerado como estructural y no a causa de la corrosión.

2.2.4. TECNOLOGÍA DE LOS CONCRETOS EN AMBIENTE MARINO

Para obtener hormigones de la calidad que uno desea, es necesario establecer, mediante el uso de dosificaciones adecuadas, la combinación adecuada de los agregados. En este capítulo se establece como objetivo general el presentar los cuidados que se deben tener en el diseño de las dosificaciones para obtener un hormigón sumergido de calidad. Además se tienen como objetivos específicos el detallar las dosificaciones y tipos de hormigones necesarios para

realizar obras de calidad en ambiente sumergido, esto quiere decir el establecer las cantidades de: agregados pétreos, de agua de amasado, de aire incorporado, la cuantía de armadura, de aditivos y de cemento. **Bermúdez, Alaejos, (2007)**

1. Diseño de concreto

El diseño de hormigones comprende la correcta determinación cuantitativa de los componentes del mismo. Para ello es que se debe tener especial cuidado en las características deseadas en el producto final, ya que la dosificación, siendo como una receta, si se varía la cantidad de alguno de los agregados se obtiene quizás un producto que perjudique, en forma no pensada, la estructura a hormigonar.

2. Calidad de los materiales

La calidad de los materiales es proporcional a la calidad que se espera de la mezcla de hormigón en la cual se utilizaran. Por ello es que a continuación se muestran los cuidados que se debe tener a elegir

y cuantificar cada elemento que constituirá la mezcla.

a) Agregados pétreos:

Constituyen la porción mayor de la dosificación y no ha de contener materias orgánicas, sustancias solubles, películas adheridas, ni elementos blandos, deleznales o susceptibles de descomposición. Ha de ser químicamente inerte respecto del cemento y mecánicamente tenaz y adhesivo con la pasta de cemento. Estará constituido por trozos duros, no absorbentes ni permeables, estables e indivisibles. Su granulometría será aquella que dé el mínimo de huecos, o sea, la máxima compacidad.

En cuanto a su forma, el ideal para los agregados redondeados es la esférica y para los agregados angulosos, es la cúbica. Los que tienen formas laminadas, aplanadas y largas, cilíndricas o formas torcidas, dan mezclas poco trabajables y con tendencia a causar sedimentación o exudación. Fundamentalmente, los agregados deberán estar limpios y libres de

suciedad o depósitos de sal, porque lo es deseable, en caso de duda el lavado de los áridos.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor:

- 1) un quinto de la menor dimensión entre caras del encofrado.
- 2) un tercio del peralte de la losa
- 3) tres cuartos del menor espacio entre barras de refuerzo

b) Agua: Generalmente, deberá tener la calidad de ser potable y estar libre de turbidez excesiva y materiales orgánicos. Para una mayor durabilidad, y particularmente en exposiciones en climas semi-tropicales, se deberá imponer estrictas limitaciones con respecto al porcentaje aceptable de cloruro de magnesio (1%). Con respecto al uso del agua de mar, algunos autores lo aceptan, pero con severas limitaciones y recomiendan un alto contenido de cemento con el fin de incrementar la alcalinidad e inhibir la corrosión. Toda esta propensión a la corrosión de las armaduras, limita el uso del agua marina en el hormigón armado

y prohíbe su uso en el hormigón pretensado. cuando la estructura esté permanentemente sumergida, la corrosión podría no ocurrir, siempre que exista un alto pH y un contenido de sal uniforme.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Cuadro N° 02: límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Fuente: norma técnica peruana 399.088

c) Aire incorporado: Es esencial para un concreto marítimo, ya que permite lograr mayor plasticidad, por la distribución uniforme del aire en la mezcla, estos esferoides de aire, obran a la vez como un árido fino y como un sistema de “rodamiento de bolas” que facilitan la movilidad y acomodamiento del agregado grueso. Los beneficios que se pueden obtener con el uso del aire incorporado, son:

1. Disminución del contenido de arena en un volumen absoluto igual al del aire incorporado.

2. Disminución del agua , sin pérdida de asentamiento.
3. Mejoría de la trabajabilidad y disminución de la razón agua cemento.

d) Aditivos: Son los ingredientes que se agregan al concreto, antes o durante el amasado, con el fin de conferirles alguna cualidad determinada. En los concretos marítimos son frecuentemente usados los reductores de agua, para mejorar la trabajabilidad y reducir la segregación durante la manipulación. Retardadores y Plastificantes son muy usados en los concretos sumergidos.

- **Sikament FF-86:** Es un producto sintético que produce en el hormigón una consistencia súper fluida o permite trabaja con una fuerte reducción de agua de amasado.

No contiene cloruros, no es tóxico, cáustico ni inflamable. Este aditivo es absorbido por las partículas de cemento confiriéndoles una carga eléctrica negativa produciendo su separación, permitiendo con esto una hidratación completa de los

granos de cemento, sin efectos secundarios.

- **Sikament NF:** Es un aditivo súper fluidificante y reductor de agua de alta capacidad que produce en el hormigón una consistencia superfluida o permite trabajar con una fuerte reducción de agua de amasado.

- **SikaFerrogard 901:** Es un aditivo inhibidor de la corrosión de las armaduras de acero insertas en el hormigón armado. Mediante su acción se aumenta considerablemente la vida útil de los elementos de construcción de hormigón armado. Es una combinación de inhibidores orgánicos e inorgánicos. Este aditivo forma una película protectora sobre la superficie del acero e impide la disolución del metal, protegiendo especialmente sobre la acción de cloruros.

- **Sikacrete W:** Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílica Fume) de alta calidad y aditivos especiales que, adicionado a la mezcla de concreto o mortero,

disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. No contiene cloruros y puede utilizarse en hormigones y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.

- **Sikacrete 950:** Es un aditivo basado en microsílíce de alta pureza que, combinado con un supe plastificante, produce máxima resistencia mecánica, alta impermeabilidad y alta durabilidad del hormigón. En la mezcla fresca se produce una lata cohesión, una reducción de exudación y una mejor trabajabilidad.

Es conveniente realizar mezclas de prueba, para establecer dosificaciones y determinar cualitativamente y cuantitativamente los resultados. **Ramon, E davoin (2016)**

e) **Cemento**

En cuanto a la calidad del cemento, este deberá tener un moderado contenido de Ca_3Al (alrededor de un 8%) para prevenir una reacción

química entre el hormigón y el agua marina. Además, deberá tener un bajo contenido alcalino (de 0,6% de Na_2O y K_2O) para prevenir una reacción con ciertos agregado, que pueda ser acelerada en ambiente marino. De preferencia pueden aceptarse los cementos con adiciones activas como puzolana y escorias. La razón agua-cemento, deberá ser lo más baja posible, en orden a reducir la permeabilidad se recomienda un $0,4 \pm 0,05$.

Cemento, como principal adherente entre los agregados pétreos que conforman el hormigón, se puede encontrar en diferentes tipos, algunos de ellos se describen a continuación:

- **Cemento portland:** El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la

preparación del hormigón (llamado concreto). Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. Cemento se obtiene de la pulverización de una mezcla de clínkler y sulfato de calcio con agua (yeso hidratado).

Clasificación:

Tipo I: Cuando no se requiere ninguna característica especial

Tipo II: moderado calor de hidratación y resistencia moderada a sulfatos

Tipo III: alta resistencia inicial

Tipo IV: bajo calor de hidratación. Fabricación de concretos masivos

Tipo V: cemento portland

- **Cemento sumergido:** Es el producto que se obtiene de la mezcla conjunta de clínkler, escoria básica granulada de alto horno y yeso. La escoria básica granulada, es el producto que se obtiene por enfriamiento brusco de la masa fundida no metálica, que resulta en

el tratamiento de mineral de hierro, en un alto horno. Si tiene menos de 30% de escoria básica, se denomina Cemento Portland Siderúrgico.

Cemento puzolanico: Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta del clinker, puzolana y yeso. La Puzolana es el material sílico-aluminoso que, aunque no posee propiedades aglomerantes por sí solo, las desarrolla cuando está finamente dividido y en presencia de agua, por reacción química con el hidróxido de calcio, a la temperatura ambiente. Si tiene menos de 30% de puzolana, se denomina Cemento Portland Puzolanico, en contrario se llama Cemento Puzolanico.

Hormigón sumergido.html (2016)

3. relación agua / cemento (A/C)

La relación A/C, de acuerdo a experimentaciones realizadas, tiene influencia muy grande en la permeabilidad del concreto. Diversas normas ponen límites a la relación A/C. La norma técnica E – 060 limita dicha relación para el concreto expuesto a

diversas concentraciones de sulfatos, El código ACI 318 – 89 limita la relación agua / cemento máximo a 0.40 y estipula la resistencia mínima a la compresión en concreto expuesto a diversos tipos de agresividad. Así, para concretos expuestos a corrosión fija como resistencia mínima 330 kg/cm² con lo cual pretende fijar un nivel mínimo de protección alcalina además de asegurar un contenido de cemento que permita la posibilidad de concretos densos. Para reducir la relación agua / cemento, sin perder la trabajabilidad de la mezcla es conveniente el uso de aditivos reductores de agua.

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce:	0,50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres:	0,45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales (*):	0,45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas:	0,45
b) Otros elementos:	0,50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres o neblina o rocío de esta agua.	0,40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm:	0,45

Cuadro N° 03: condiciones de exposición relación A/C

Fuente: reglamento nacional de edificaciones

4. Recubrimiento del refuerzo

El propósito del recubrimiento es de proveer una barrera semi Impermeable suficientemente

gruesa, para asegurar el concreto, en contacto con el acero, no esté carbonatado ni contaminado por sales. El espesor del recubrimiento debe ser compatible con las características agresivas del medio. La norma técnica nacional E – 060, Estructuras de Concreto Armado, establece los recubrimientos mínimos y llama la atención sobre los ambientes corrosivos y otras condiciones severas de exposición. El recubrimiento debe mantenerse en todas las superficies, de ser posible incrementarlo en los bordes y esquinas. Es de notar que en ciertos ambientes, tales como ambientes marinos, el recubrimiento de concreto puede ser insuficiente como Barrera contra la penetración de sales

Norma Técnica Peruana 334.009. (2011)

5. Dosificación y curado

Al diseñar un hormigón, se debe tener especial cuidado que las propiedades específicas que se

están dando al hormigón, sean las necesarias, pues los requerimientos de exposición son generalmente mucho más exigentes, con las dosificaciones; que los requerimientos de resistencia.

En todo caso, al diseñar una dosificación, se deberá tener presente la calidad de los materiales, el tipo de cemento, la relación agua cemento. Y para mejor trabajabilidad a incorporación de aditivos

• **Requisitos de dosificación para ambientes agresivos**

TIPO DE EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES EN AGUA (SO ₄) PRESENTES EN SUELOS (% EN PESO)	SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO RECOMENDADO	RELACIÓN AGUACIMENTO RECOMENDADA (CONCRETO NORMAL)	f _c MÍNIMO (kg/cm ²)
DESPRECIABLE	0 a 0.10	0 a 150	-	-	-
MODERADA	0.10 a 0.20	150 a 1500	I, IP (MS), IS (MS), I (PM)(MS), I (SM)(MS)	0.50	280
SEVERA	0.20 a 2.00	1.500 a 10.000	V	0.45	315
MUY SEVERA	Sobre 2.00	Sobre 10.000	V + PUZZOLANA	0.45	315

Cuadro N° 04: requisitos de dosificación para ambientes agresivos

Fuente: reglamento nacional de edificaciones

• **Dosificación para hormigones sumergidos**

- Que la trabajabilidad del hormigón, determinada por el Asentamiento de Cono sea alto, de 15 a 18 cm., a

causa de que los hormigones sumergidos, no se pueden vibrar ni compactar, porque se desintegran y con un asentamiento alto, al momento del vaciado en los moldajes, se compacta solo, ocupando y llenando perfectamente todo los moldes. Hay que tener presente que el tipo de árido, también influye en el descenso del cono, sobre todo cuando se trata de chancado con aristas vivas, pues producen trabazón mecánica.

- La razón agua-cemento máxima que se podrá adoptar será de 0.4; siempre se tratará de usar la mínima posible. Todo esto es debido a que el cemento para su hidratación, necesita alrededor de ¼ de su peso en agua. Todo el exceso de agua sobre lo indispensable, producirá poro y por consiguiente aumentará su permeabilidad, dejándolo vulnerable al ataque del agua marina (penetración por capilaridad).
- Cantidad de Agua; como el exceso de agua es perjudicial a los hormigones, ésta debe ser la mínima posible de acuerdo a la estructura, medios de colocación y

trabajabilidad; la cantidad de agua, está determinada por dos variables, el Asentamiento de Cono y el tamaño máximo de los agregados, y oscila alrededor de los 200 (L/m³), es recomendable el uso de aditivos humectantes.

- Cantidad de cemento; cuando se imponga el uso de cemento corriente, es necesario adoptar para el hormigón una dosificación rica, de 400 a 600 (kg/m³); se puede mejorar su impermeabilidad por medio de la adición de otro aglomerante que lo complemente, como puede ser, puzolana bien cribada y finamente triturada en una porción del 20 al 30% del peso del cemento o todavía mejor, recurrir al empleo de cemento puzolanico.
- Cantidad de Aire; se recomienda el uso de aditivos incorporadores de aire, ya que se forman glóbulos microscópicos de aire, uniformemente repartidos en toda la masa del hormigón, que mejoran su durabilidad e impermeabilidad, ya que sellan cualquier canal capilar que se pueda producir durante el fraguado.

- Cantidad de áridos finos y gruesos; como es sabido, los áridos finos deben ir llenando los huecos que los áridos de tamaño superior, para obtener en el total el mínimo de huecos. El exceso de fino sobre la cantidad justa para llenar los vacíos de los gruesos, acarrea inconvenientes que hacen perder cualidades a los hormigones, pues el exceso de mortero, hace que se requiera una mayor cantidad de agua para una misma trabajabilidad, por consiguiente, se baja la resistencia mecánica y las defensas contra los ataques de agua marina.
- Consolidación y Curado; los hormigones sumergidos no podrán apisonarse y menos vibrarse, porque con ello se desintegrarían, por lo tanto, lo que más se acepta, es que durante el hormigonado, se golpeen suavemente los moldajes con un combo de madera, con el fin de ayudar a la eliminación de las burbujas de aire y así, obtener una mejor compactación, mayor apretado y por ende, mayor densidad.

2.2.5. TIPOS DE HORMIGONES MARÍTIMOS

Es bueno tener en cuenta para el desarrollo de un proyecto, en el que alguna estructura deba estar sumergida, que se cuenta con más de una alternativa de hormigón a utilizar. A continuación se muestran los diferentes tipos de hormigón que se pueden utilizar, y en las estructuras que se recomienda su uso. **Bermúdez, Alaejos, (2007)**

1. Hormigón pesado

Se define así a todo hormigón que posee un peso específico superior a 3.7 (ton/m³), debido al uso de agregados de gran peso específico. Son numerosas las aplicaciones de hormigones sumergidos, en donde un alto peso unitario sumergido, es de gran importancia.

El hormigón convencional, pesa en el aire 2.4 (ton/m³), con un peso efectivo sumergido de solo 1.4 (ton/m³) y se puede lograr hormigón pesado (hechos con agregados con gran densidad) que pueden llegar a tener un peso sumergido efectivo de 2.7 (ton/m³). Esta alta densidad puede

también ser efectivamente utilizada en proveer anclaje o empotramiento para tubería, puentes de pontones, etc., y para proveer protección en contra de radioactividad. La alta densidad, es de suma importancia para resistir la fuerza de las olas, pues es importante tener un peso sumergido que impida el desplazamiento causado por las olas.

Desde hace poco, se ha estado extendiendo el uso de hormigón pesado en tetrápodos y otros elementos de protección prefabricados.

La magnetita es el material o agregado pesado más comúnmente usado, con la salvedad que impone el limitar al contenido de sulfatos para prevenir la corrosión. Otros agregados pesados son; Limonita, Barita y desfunde de fierro.

2. Hormigón liviano

Se define así a todo hormigón cuyo peso específico es inferior a 2 (ton/m³) y se usa en todas las obras submarinas en que se requiere un aumento de boyantes o disminución del peso efectivo por

unidad de volumen. Es frecuentemente empleado en estructuras flotantes, donde hay problemas de recubrimientos de armaduras, permeabilidad y colado a causa de losas y muros de poco espesor. El hormigón liviano es de dos tipos básicos: estructural y celular.

- **Hormigón liviano estructural**

Consigue empleando agregados livianos, provocando la formación de burbujas en las pastas, añadiendo espuma o suprimiendo los finos (es un hormigón con sólo áridos gruesos y pasta de cemento, para ligar los áridos, exclusivamente por sus puntos de contacto).

Tiene un peso unitario de 1.7 (ton/m³); y una resistencia sobre 250 (kg/cm²).

Con la adecuada asesoría se puede lograr un hormigón liviano estructural durable y de alta resistencia, la mezcla deberá ser diseñada de modo que sea rica y densa con agregados de excelente calidad. En los últimos años, se han desarrollado numerosas

aplicaciones para hormigones livianos pretensados como ser pilas, pilotes y estructuras a flote.

Un hormigón de este tipo sobre todo bien pretensado no tiene ninguna desventaja frente a u hormigón convencional.

- **Hormigón liviano celular**

Se define así al hormigón que tiene una multitud de burbujas o celdillas en su masa, producida o creadas por la reacción de un aditivo aireante o expansivo. También es de muy bajo peso específico, generalmente varía de 1.3 a 1.5 (ton/m³), en el aire.

Su resistencia celular se usa frecuentemente, para proveer un llenado núcleo de poco peso; como su mayor problema es la porosidad, normalmente, deberá ser cubierto con un hormigón de densidad normal, para proveer impermeabilidad, y protección, en contra de la corrosión de las armaduras y contra el ataque de los organismos marinos.

3. Hormigón ciclópeo

Este tipo de hormigón se utiliza la facilidad y economía del uso de grandes rocas de la localidad, unidas entre sí por medio de hormigón Tremie, para formar una gran masa submarina de gravedad (algo así, como un muro submarino) además, se usa también para el llenado de caisson y para trazar fundaciones en el fondo marino.

Se usan grandes rocas (limpias) que pesan sobre 0.6 (ton) y con un diámetro no menor de 40 cm., son puestas y acomodadas a aproximadamente 90 cm., de lado. Luego el hormigón es colado (como siguiendo estos "caminos" entre las rocas) llenando todos los intersticios homogeneizando la masa.

El resultado es aproximadamente 40% de hormigón y 60% de rocas colocadas. El hormigón es usualmente vaciado con un balde abierto por el fondo y que descarga el hormigón sobre y dentro de la masa de rocas. Este método ha sido usado muchas ocasiones y tiene la desventaja que produce un

considerable aumento de la exudación.

El método Tremie, ha sido también empleado y tiene la ventaja de ser mejor dirigida la descarga y más uniforme la tongada y con menos segregación y exudación.

2.2.6. APLICACIONES Y CLASIFICACION DE CEMENTOS HIDRÁULICOS EN AMBIENTES MARINOS

1. Inyecciones submarinas de mortero

Por este proceso, se construye directamente dentro del moldajes, el hormigón, in situ, con grandes ventajas cuando es necesario una buena adherencia y alta resistencia. Se ocupa cuando se trata de Construir un hormigón en masa sumergido, reparaciones de estructuras submarinas, relleno de pilas, sellado y unión de estructuras submarinas, recubrimiento y protección de tuberías submarinas, plataformas submarinas de

faros y petrolíferas y anclajes submarinos. El hormigón in situ, que es el obtenido por medio de una inyección de mortero, se define como una mezcla de granulometría discontinua, obtenida partiendo de un esqueleto de áridos gruesos colocados en obra previamente, cuyos huecos se rellenan después, mediante la inyección de mortero activado.

2. Moldajes para hormigones sumergidos

Los moldajes, deberán estar montados y ajustados antes de comenzar el hormigonado; esto es, que deberán estar sólidamente apernados o fijados, para evitar su destrucción o desarme debido a la furia del mar. Además, deberán estar impregnados de humedad (agua dulce) de modo que no absorban el agua de amasado del hormigón o agua de mar.

Los moldes serán macizos con un adecuado sistema de fijaciones, que deberá ser sólido y sencillo de

montar y descimbrar, por las dificultades que presentan estas maniobras, que sólo se pueden hacer desde arriba con ayuda de grúa, lo que implica un rudo manipuleo.

La madera en combinación con el acero, se usa ampliamente en las vigas de coronamiento de los tablestacados; en este caso, el moldaje se monta sobre una viga de acero (longuerina), la que a su vez, descansa sobre unas consolas metálicas apernadas al tablestacado.

Las secciones de moldajes son entonces puestas en servicio, primero, las partes horizontales o tableros de fondo, en secciones pequeñas con traslapos a media madera, para la estanquidad y luego los tableros verticales, en secciones de dimensiones mayores, las juntas se sellan con empaquetaduras de goma blanda.

El acero ha sido extensamente usado en grandes unidades de moldajes prefabricados, con todos los refuerzos puestos en su lugar. Las tablestacas de acero, son

también efectivamente usadas como moldajes.

El hormigón prefabricado es, en general, el mejor material para moldajes, ya que combina con éxito, peso, robustez, adherencia. Forma, permanencia y economía. Tiene la ventaja, de que su adherencia con el hormigón de la obra, será tal, que pasará a formar parte de la estructura.

Los moldajes deberán ser sellados, para prevenir la fuga de la lechada de cemento. Pesadas lonas, han sido usadas con mucho éxito para taponar “vías de fuga” o bien, para sellar un fondo demasiado irregular, sacos de arena pueden ser similarmente empleados. Las perforaciones de pernos, juntas de secciones de moldajes, etc., deben ser selladas por medio de “calafateo” que consiste fundamentalmente en introducir a presión, trozos de lona o de driza enrollados para detener la fuga.

Algunas veces, el moldaje se deja en el sitio para proveer una protección adicional al hormigón y

eliminar el costo de la faena submarina de descimbre.

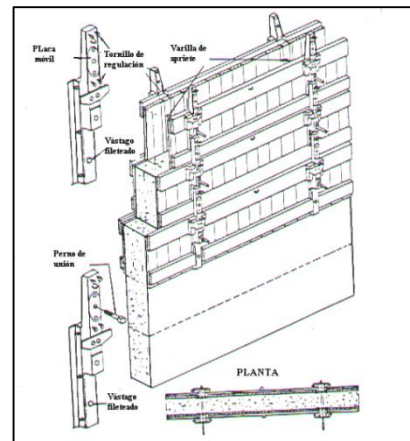


Imagen N° 13: Moldajes para hormigones sumergidos

Fuente: Código técnico de la edificación

2.2.7. CONSIDERACIONES PARA EL TIPO DE ESTRUCTURA A EDIFICAR

El tipo de estructura que se elegirá para un proyecto depende de varios factores, los cuales se contemplan dentro del diseño, arrojando variedad de estructuras y de materiales a elegir. **Enrique Alario Catalá, (2011)**

1) medidas relativas a la obra en ambientes agresivos

El medio más efectivo para lograr la durabilidad deseada en una

estructura de concreto, es asegurar que el concreto desarrolle su calidad potencial. Será de particular importancia no solo el logro de la resistencia a la compresión, sino también, su densidad, su baja permeabilidad entre otras propiedades. Para asegurar esto, los procesos constructivos de mezclado, transporte y colocación, consolidación deben ceñirse a la buena práctica constructiva establecida en norma como el ACI 318, ACI 301 y norma técnica nacional E – 060 y deben ser controlados en todos sus aspectos.

a) el almacenamiento de los materiales

Debe evitarse su contaminación sus sustancias deletéreas. En ambientes marinos es necesario proteger las barras no solo para evitar su oxidación por humedad sino también para evitar su contaminación por la brisa cargada de cloruros. En todo caso es recomendable lavar las armaduras con agua potables inmediatamente antes del llenado del concreto.

b) curado

Del curado del concreto dependerá no solo el logro de la resistencias del concreto sino también la calidad de sus superficies, en gran medida su fisuración y su permeabilidad, (Whiting) sostiene que si el concreto no es curado por la vía húmeda por lo menos 7 días, la permeabilidad crecerá 4 veces). El curado temprano y prolongado por vía húmeda es el más efectivo. Cuando el curado se hace con membranas es necesario certificar previamente la performance de éstas.

c) limitar el revenimiento de la mezcla (slump)

Mezclas muy sueltas propician el asentamiento del concreto plástico, por debajo de la armadura superior, generando vacíos en le concreto que debilitan la sección, lo hacen menos denso y llevan a la fisuración del concreto superficial.

d) Encofrados

Los elementos de fijación de los encofrados que atraviesan el concreto deben ser removibles. No debiendo quedar por ningún concepto elementos metálicos, alambres u otros, sin el recubrimiento especificad. La práctica común de fijar los encofrados con alambre amarrado a la armadura, para luego del desencofrado cortar dichos alambres picando el concreto localmente y resanándolo, es tremendamente dañina. Además del daño estético y estructural que se ocasiona con el picado, el resane, la generalidad de las veces, no tendrá la misma calidad del concreto del origen. Se fisurará y será el camino para la corrosión del refuerzo.

e) consolidación de la mezcla

Tanto para lograr la resistencia y densidad potencial de la mezcla, es indispensable consolidar el concreto por medio de vibradores. La energía de los vibradores debe ser compatible con las características de la mezcla, la masa de concreto

por vibrar, el tamaño de las secciones y la congestión de su refuerzo.

f) aislamiento del concreto

Cuando la concentración de sulfatos o de soluciones ácidas es muy alta, es recomendable, en lo posible, aislar las estructuras del medio agresivo. El aislamiento puede hacerse reemplazando el material contaminado que rodea al concreto, por material no contaminado. Esta solución no es adecuada en terrenos saturados porque el relleno de material importado tenderá a contaminarse muy rápidamente. En estos casos, lo mas adecuado es aislar la estructura de concreto mediante recubrimientos resistentes a sulfatos. La emulsión asfáltica ha probado dar buenos resultados. El aislamiento del fondo de las cimentaciones y las losas pueden hacerse mediante el empleo de membranas plásticas con juntas selladas. En este aspecto debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal

por cuando los revestimientos tienen vida limitada. Siempre será mejor solución, especialmente en cimentaciones que son casi imposible de inspeccionar, buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y muy baja permeabilidad. **civilgeeks (2011)**

2.2.8. PATOLOGÍA DEL CONCRETO ARMADO

La durabilidad del concreto de cemento hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un concreto durable conservará su forma, calidad y serviciabilidad originales al estar expuesto a su ambiente.

Para que en el concreto se produzcan los la mayoría de los procesos físicos y químicos, tanto los deseables como los perjudiciales, se necesita agua. El calor proporciona la energía que activa los procesos. Los efectos combinados del agua y el calor, junto con otros elementos ambientales, son importantes y

deben ser considerados y monitoreados.

Seleccionar materiales apropiados cuya composición sea adecuada y procesarlos correctamente de acuerdo con las condiciones ambientales existentes es fundamental para lograr un concreto durable que sea resistente a los efectos perjudiciales del agua, las soluciones agresivas y las temperaturas extremas. La resistencia a los sulfatos presentes en el suelo, el agua del suelo o el agua de mar se logra utilizando materiales cementicos adecuados y mezclas de concreto correctamente dosificadas sujetas a un adecuado control de calidad.

Un concreto de buena calidad resistirá una exposición ocasional a ácidos suaves, pero ningún concreto ofrece buena resistencia a los ataques por ácidos fuertes o compuestos que se convierten en ácidos; en estos casos se requiere protección especial.

La abrasión puede provocar el desgaste de las superficies de concreto. El desgaste puede ser un

problema particularmente importante en los pisos industriales.

La principal causa de la corrosión del acero de las armaduras es el uso de sales descongelantes. La corrosión produce una fuerza expansiva que hace que el concreto ubicado sobre el acero se descantille. En la mayoría de los casos, utilizando sobre las armaduras un buen recubrimiento de concreto y concretos de baja permeabilidad con aire incorporado se puede asegurar una durabilidad adecuada, pero si las condiciones de exposición son severas se requerirán de protección positivos.



Imagen N° 14. Desprendimiento del concreto causando vulnerabilidad en la armadura

Fuente: "influencia de las patologías en la durabilidad del concreto armado de edificaciones en zonas cercanas al mar en la ciudad de Paita – Piura 2015"

Aunque habitualmente los agregados del concreto se consideran inertes, esto no siempre es así. Ciertos agregados pueden reaccionar con los álcalis del cemento, provocando expansión y deterioro. Este problema se puede aliviar seleccionando cuidadosamente las fuentes de donde se extraen los agregados y usando cementos con bajo contenido de álcalis, puzolanas previamente ensayadas o escoria triturada.

El uso de materiales de buena calidad y una correcta dosificación de la mezcla no aseguran que el concreto resultante sea durable. Para lograr concretos durables también es absolutamente fundamental contar con un sistema de control de calidad y mano de obra calificada. La experiencia demuestra que hay dos puntos a los cuales es necesario prestar particular atención: 1) el control del aire incorporado y 2) el acabado de las losas.

Las aguas acidas y salinas destruyen por disolución o por transformación de los

constituyentes del cemento en sales solubles que se eliminan por lavado, o por la formación de nuevos compuestos incoherentes o expansivos, como puede ser la sal. En presencia de soluciones salinas estas sustituyen sus bases por cal formando sales cálcicas menos solubles que, a veces, dan lugar a nuevos compuestos de naturaleza perniciosos, especialmente si hay presencia de aguas sulfatadas y aguas de mar.

El aluminato tricálcico es el componente más sensible y que peores consecuencias puede tener en los concretos que se encuentran bajo la acción de las aguas sulfatadas. El sulfato cálcico de las aguas selenitosas es el peor enemigo de los cementos que contengan una cierta proporción de aluminato Tricálcico con 31 moléculas de agua de cristalización, que es expansivo.

Las aguas de mar llevan en su composición sulfato cálcico que produce los mismos efectos que las aguas selenitosas y además llevan cloruros que solubilizan la cal de la pasta fraguada.

Aparte del sulfato cálcico, las aguas de mar llevan en su composición sulfato magnésico, sódico y potásico que son más agresivos que el cálcico, sin embargo, se ha comprobado que estos sulfatos, que serían muy peligrosos en agua dulce, tiene un poder corrosivo más atenuado en el agua de mar al actuar en presencia de cloruros. Por el contrario, la disolución del hidróxido cálcico y magnésico en presencia de cloruro sódico se hace 4 veces mayor que en agua dulce. Por otra parte el hidróxido magnésico forma una película protectora que hace disminuir el grado de agresividad.

Si la estructura está en las proximidades del mar, el aire, al poseer una gran concentración de sales y una humedad relativa que, en general puede ser elevada penetra por los poros del concreto destruyendo el cemento. Este ambiente corrosivo se manifiesta a veces a distancia de hasta 5 Km. En esta corrosión del concreto influye mucho la falta de compacidad del mismo, la existencia de la corrosión en las

armaduras y la temperatura y humedad relativa del ambiente.

En el caso de estructuras próximas al mar deben emplearse concretos muy compactos con bajas relaciones agua/cemento, fabricados con bajo contenido de aluminato Tricálcico y con espesores de recubrimiento adecuados. . **Mónica, Idrovo, (2016)**

1. Corrosión de las armaduras

En las obras de concreto armado y especialmente en aquellas que están situadas en las proximidades del mar, en atmósferas salinas, o en lugares muy húmedas y con atmosferas contaminadas, es muy frecuente que aparezcan fisuras debidas a la corrosión de las armaduras.

La corrosión de los aceros en el concreto armado tiene dos inconvenientes importantes: producir disgregaciones en el concreto y debilitar la sección resistente de las barras.

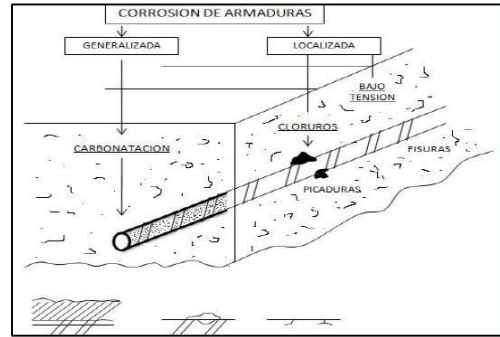


Imagen N° 15: Tipos de corrosión de armaduras de concreto

Fuente: Wikipedia

2. Factores que destruyen la protección

Esta situación no es estática, la pasividad del acero se pierde cuando se reduce la alcalinidad del concreto, esto ocurre bajo las siguientes

condiciones: Por carbonatación del concreto, Por presencia de concentraciones de cloruros en el concreto que rodea las barras.

a. Carbonatación del concreto

Se produce por la reacción química de los álcalis del concreto, particularmente el hidróxido de calcio, con el anhídrido carbónico del aire, Que da como resultado el carbonato de calcio. En esta reacción, el pH del concreto cae a valores por debajo

del nivel de protección, dejando a las barras en unos ambientes neutros y expuestos a la oxidación directa en presencia de humedad y oxígeno. La corrosión de las barras en estos

casos es generalizada. El ritmo de avance de la carbonatación depende,

en gran medida, en la calidad del concreto, en particular en su Permeabilidad, y en el estado de fisuración de las superficies.

b. Cloruros en la cercanía de las barras de acero

Cuando están en presencia de humedad y oxígeno, convierten al Concreto en un electrolito, destruyen la película pasivamente que las rodea y protege, y reaccionan con el fierro, generando un proceso electro-químico que produce corrosión del refuerzo de acero aun en concreto no carbonatados. La corrosión debida a cloruros es generalmente localizada. Los

cloruros pueden ingresar al concreto, traídos por la brisa marina, por el agua de mar en las zonas de salpicadura

.c. Control de fisuración

Las fisuras en la superficie del concreto aumentan el riesgo de penetración de sales, oxígeno y humedad, propiciando corrosión del concreto y del acero. La fisuración generalmente se explica por razones de trabajo estructural. La contracción del concreto debe controlarse

principalmente mediante la selección de los componentes del concreto y sus proporciones, con procesos de compactación y curado adecuado.

2.2.9. EL AMBIENTE MARINO EN EL PERÚ

El agua de mar contiene sales disueltas, agresivas para el concreto. Están presentes las siguientes: cloruro sódico (NaCl), cloruro magnésico (MgCl₂), sulfato magnésico (MgSO₄), sulfato cálcico (CaSO₄), cloruro

potásico (KCl) y sulfato potásico (K₂SO₄). La composición química del agua de nuestro mar, es similar a la que se da en otros mares, como se observa en las tablas. Caso singular es el contenido de sulfatos 25% superior al registrado en el Atlántico. La participación de este parámetro en los procesos de corrosión es menos significativa que la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, los mayores desarreglos observados en las últimas décadas en las construcciones del Medio Oriente coinciden - además de las particulares condiciones climáticas

constituyente	Símbolo	G/kg en agua de mar	% por peso
cloruro	Cl	19.35	55.08
sodio	Na	10.76	30.63
sulfato	SO 2-4	2.71	7.71
magnesio	Mg 2+	1.29	3.67
calcio	Ca2+	0.414	1.18
potasio	K+	0.4	1.14
dióxido de carbono		0.106	0.30
bromuro	Br	0.067	0.19
ácido bórico	H3 BO3	0.027	0.08
estroncio	Sr2+	0.0079	0.02
floruro	F	0.0013	0.004
Total		35.1332	100.00

Imagen N°17: Constituyentes principales del agua de Mar

Fuente: química la ciencia central

2.2.9.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las estructuras en ambiente marino pueden clasificarse según su ubicación y las condiciones agresivas del medio, en las siguientes zonas, cuyas fronteras en la realidad no son definidas:

- **Zona de inmersión**

El concreto que se encuentra permanentemente sumergido por debajo de las zonas de mareas, es capaz de proteger las barras de acero de refuerzo pues debido a la débil concentración de oxígeno en el agua que impide la actividad corrosiva del ion cloruro, en el caso de haberse introducido hasta las barras.

En las zonas sumergidas, la penetración del agua tiene lugar inicialmente por succión capilar y se acelera en razón de la presión hidráulica, el agua ingresa con sustancias disueltas como el cloro y los sulfatos.

En estos casos el comportamiento del concreto a la corrosión se diferencia según la profundidad en

que se encuentra. En las zonas más profundas, la permeabilidad del concreto disminuye, pues se cierran los poros superficiales.

- **Zona de ambiente marino**

El concreto no está en contacto con el agua de mar, pero recibe las sales procedentes de la brisa marina y niebla salina.

Las construcciones de concreto ubicadas en el litoral o alrededores, son propensas a la corrosión por cloro en suspensión en la atmósfera, en forma de microscópicas gotas de agua de mar. En la niebla o aerosol la concentración salina de cloruros y sulfatos eventualmente puede ser mayor que en el agua de mar, debido a la gran dispersión de las gotas y la evaporación parcial de agua, en especial cuando la temperatura es alta y la humedad relativa es baja.

En esta zona la corrosión produce fallas características en el concreto, como fisuras, grietas y desprendimientos del revestimiento, pero además, causa un peligroso

daño invisible, que afecta las estructuras en casos de sismos. En efecto, los cloruros de la brisa marina atacan la estructura reduciendo la sección del acero de refuerzo, de manera que cuando recibe solicitaciones por efecto del sismo, únicamente puede soportar una pequeña parte de la carga de diseño.

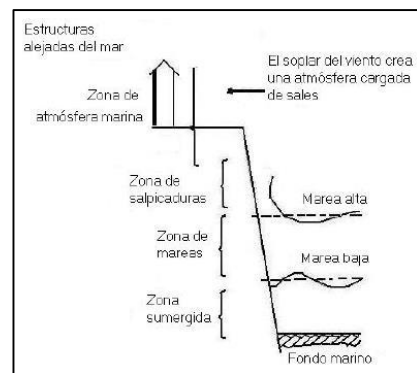


Imagen N° 18: Ubicación de las zonas de acuerdo a las condiciones agresivas del mar

Fuente: Wikipedia

En las estructuras aéreas los poros mayores del concreto generalmente se llenan de aire pero cuando la humedad ambiente es mayor, la superficie de los poros se cubre con una capa de agua adsorbida. Los cloruros disueltos se difunden a través de esta capa de agua que recubre las paredes de los poros o a través de los poros llenos de

agua; si la cantidad de agua es menor, entonces la cantidad de difusión se reduce. El transporte de las sustancias disueltas en el agua es un proceso de difusión por la humedad del aire, inducido por la gradiente de tensiones.

- **Refuerzos de estructuras dañadas por el ambiente marino**

El fenómeno de la corrosión del concreto armado es importante por los riesgos que entrañan y por los grandes perjuicios económicos que ocasiona y no solo por el mantenimiento constante que exige de las estructuras y por los gastos de reparaciones y refuerzos que hay que realizar sino también por la inmovilidad e incluso demolición que en muchas ocasiones hay que hacer de las mismas.

Hay países en los que por sus condiciones climatológicas los daños producidos son realmente preocupantes y esto ha motivado que sean muchos los estudios que se hayan realizado o estén en vías de ejecución para tratar de conocer cada vez más el fenómeno

corrosivo con vistas a desarrollar nuevas técnicas de protección y dictar normas que impidan que estos problemas se presenten o, al menos, que si se originan su velocidad quede muy reducida de tal forma que la estructura pueda cumplir su misión durante la vida que se le ha asignado, con un margen de seguridad adecuado. Los problemas corrosivos por ambiente marino han suscitado aún más el interés de los investigadores debido a la gran cantidad de estructuras mar adentro que se están construyendo.

La corrosión del acero está influenciada por muchos factores, pero cabe destacar que estos daños no solo se producen en estructuras que están sometidas a la acción del ambiente marino o próximo a él, sino también en aquellas otras que lejos de la costa, están expuestas a atmósferas agresivas en las que existen iones cloro u otro tipo de iones que actúan de catalizadores de la misma o bien gases ácidos y esto es frecuente en complejos industriales e incluso en ciudades.

- **Daños ocasionados en estructuras sometidas a la acción de atmosfera marina**

Los daños ocasionados por la corrosión de armaduras son muy espectaculares y a veces aparecen con gran rapidez.

El primer síntoma que presenta un elemento estructural en el cual se haya iniciado la corrosión es la aparición de una fisuración coincidiendo con la situación en las barras principales. Estas fisuras, en un principio capilares, provocadas por las tensiones originadas por el óxido expansivo formado alrededor de las barras, van abriéndose con el paso del tiempo a la vez que empiezan a aparecer otras coincidiendo con el plano de los estribos y cercos. La velocidad con que la corrosión va avanzando y la fisuración va incrementándose, depende del acceso de oxígeno, humedad, carbonatación y presencia de iones de cloro. Al llegar a un determinado valor se produce el desprendimiento de las esquinas de los elementos estructurales aunque hay veces que

por efecto de laminación se desprende todo el recubrimiento.

Escalante, D Sara, (2010)

5.1. CONCLUSIONES

1. El deterioro por corrosión del acero de refuerzo en zonas de estudio es muy habitual. Se ha llegado a la conclusión que esto ocurre por la porosidad del concreto.

2. No se tomado en cuenta la importancia que tienen el espesor de los recubrimientos, cuando se construye en ambientes agresivos. Se concluye que esto favorece a la penetración de sulfatos que posterior mente conlleva a la oxidación el acero embebido y aun desprendimiento del concreto.

3. En las inspecciones visuales que se realizaron en la zona de estudio se pudo apreciar que el concreto no resiste la intemperie. Se ha llegado a la conclusión que no habido una relación agua/cemento lo bastante acorde a lo expuesto, que el cemento empleado no ha sido el correcto y

no habido curado continuo lo cual origina fisuras y grietas.

4. El concreto en contacto con el terreno natural como es el caso de las cimentaciones debe ser lo menos poroso posible para evitar que la humedad o las sales ingresen. El problema empieza desde ahí por no haber un aislamiento del concreto hacia los sulfatos que ascienden por capilaridad a los muros de albañilería.

5. Las construcciones metálicas cercanas al mar es evitable la oxidación del metal. un mantenimiento esmerado evitara el avance de la corrosión y prolongar la vida útil del metal.

Estos daños son producto del desconocimiento de las normativas de construcción en ambientes agresivos.

6. Respecto al Muelle Aunque su resistencia a los sulfatos se la correcta. Y se allá respetado todos criterios y especificaciones necesarios para cumplir con los

requerimientos para lo que fue diseñada la estructura. El acero embebido también sufre daño por corrosión. Esto se da porque en algunos puntos no se vibró o se formaron nidos de piedras en el agregado grueso lo que generó una baja impermeabilidad en la estructura o también fisuraciones en algunos puntos. Esto género que los sulfatos ingresen y corroan el acero lo que conlleva al aumento de sección del acero embebido y posterior a una rotura del concreto.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Como prevenir la corrosión del acero: la primera defensa contra la corrosión del acero es la calidad del concreto. El concreto de calidad tiene una baja relación a/c esto disminuye la penetración de las sales de cloruro, además el concreto debe estar adecuadamente compactado y curado esto mejorara la su impermeabilidad, y será más resistente a los sulfatos.

2. En ambientes marinos ya sea que el concreto este en contacto con el terreno natural o también el mismo ambiente. se deberán aumentar adecuadamente el espesor del recubrimiento. Tomando además en consideración que deberá proporcionarse un concreto denso. Además El concreto debe ser cuidadosamente dosificado, compactado y curado esto logra una baja porosidad y por lo tanto una alta permeabilidad. Esto proveerá mayor protección contra la corrosión.

3. El concreto expuesto a soluciones de sulfato se debe de tener en cuenta el tipo de cemento, la relación agua/cemento y una dosificación adecuada.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄ ²⁻ presente en el suelo, % en peso)	Sulfato (SO ₄ ²⁻) En agua p.p.m.	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal Relación máxima agua/cemento en peso	Concreto con agregados de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, Fc (MPa) ¹
Despreciable	0,00 ≤ SO ₄ ²⁻ < 0,10	0,00 ≤ SO ₄ ²⁻ < 150	II	0,50	28
Moderado ²	0,10 ≤ SO ₄ ²⁻ < 0,20	150 ≤ SO ₄ ²⁻ < 1500	II (P(MS)) (S(MS)) (P(MS)) (I(PM)) (MS)) (SM)) (MS)	0,45	31
Severo	0,20 ≤ SO ₄ ²⁻ < 2,00	1500 ≤ SO ₄ ²⁻ < 10000	V	0,45	31
Muy Severo	SO ₄ ²⁻ > 2,00	SO ₄ ²⁻ > 10000	V más puzolana ³	0,45	31

¹ Puede requerirse una relación agua-cemento menor o una resistencia más alta para lograr baja permeabilidad, protección contra la corrosión de elementos metálicos embebidos, o contra congelamiento y deshielo (Tabla 4.4.2).

² Agua de mar.

³ Puzolana que se ha determinado por medio de ensayos o por experiencia que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen Cementos Tipo V.

4 Es recomendable el aislamiento de las cimentaciones puede hacerse reemplazando el material contaminado que rodea el concreto. Esta acción no es adecuada en terrenos saturados por sulfatos. Porque el material tendera a contaminarse muy rápidamente. Un aislamiento resistente a sulfatos será las emulsiones asfálticas y/o membranas plásticas. En este aspecto debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal porque los revestimientos tienen vida limitada. Una mejor solución especialmente en cimentaciones que son casi imposible de inspeccionar es buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y de muy baja permeabilidad.

5. En construcciones metálicas se recomienda los sistemas de protección anticorrosiva por metalizado muestran duraciones de 3 a 10 veces mayor que sistemas tradicionales de pintura. La extraordinaria resistencia a la

corrosión de estos revestimientos se debe a que el sistema: Actúa como pasivador del metal base (acero), Provee un inhibidor contra la oxidación (imprimante) y una barrera impermeable que es el sellante.

6. Las recomendaciones para la estructura del muelle fueron sacadas por un catálogo sika.

- Remoción del concreto deteriorado, lavado con agua a alta presión (para reducir niveles de cloruros residuales
- Limpieza abrasiva para preparar el acero de refuerzo expuesto
- Protección del acero de refuerzo sikatop
- Imprimante sika “mono top” morteros de reparación modificados

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Álvarez, A y Veltri, (2002). “Métodos Correctivos a los Daños Causados en Las Estructuras de Hormigón Armado”. Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas,

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz.

2. Astudillo, Fanny. (2006). “Evaluación Patológica a los Daños Causados en los Puentes y Alcantarillas de la Troncal 009 tramo Boca de Uchire Clarines, Edo Anzoátegui”. Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz.

3. Ávila Mezarino, YojiHobberg (2011) – Patologías, inspección y propuestas De reparación de estructuras de muelles portuarios caso Región Ancash - Perú

4. Bermúdez, Odriozola y pilar Alaejos; (2007) “Permeabilidad a los Cloruros del Hormigón Armado Situado en Ambiente Marino Sumergido”

5. **Calavera José, (1979)** – “Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado.”
6. **Catalá, Enrique Alario, (2011)-** “Código Técnico de la Edificación”.
7. **civilgeeks (2011)** “Patología de las cimentaciones”
8. **Escalante, D Sara (2010)** “Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, lechería, puerto la cruz y guanta del estado Anzoátegui”
9. **Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas, Puertos del Estado (2008).**
10. **Gonzales de la Cotera, Manuel- (1998)** “La corrosión del concreto en Ambiente marino”
11. **Hormigón sumergido.html (2016)**
12. **Idrovo, Mónica (2016)** – “Materiales de construcción – durabilidad”
13. **Norma Técnica Peruana 334.009. (2011) cementos**
14. **Ospina, Julio (2005),** realizó una evaluación de los daños que presentaba el Muelle N° 5 del Puerto de Guanta. Dicha evaluación se realizó tomando en cuenta los diferentes aspectos que causan corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado en estructuras ubicadas en el ambiente marino, proponiendo técnicas de reparación y mantenimiento.
15. **Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)**
16. **Ramon, E davoin (2016)** Asesoría Técnica - aditivos y concreto
17. **Universidad Nacional del Sur (2013) – Dpto. de ingeniera .en Bahía Blanca, Argentina,** realizo un estudio de “**Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima**”

REFERENCIAS PERSONALES



Polanco Diaz Saul

Bachiller en Ingeniería Civil, egresado de la Universidad Alas Peruanas–Filial Piura.

Soy una persona con principios y valores, con buena capacidad de análisis. Y decisión. Proactivo y con buena actitud positiva. Hago frente a cualquier circunstancia asumiendo retos. Mi lema el conocimiento es sabiduría

ANEXO 06

CATÁLOGO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS Y PROYECTOS RESUMEN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, TESIS Y PROYECTOS

I. DATOS GENERALES

4. PREGRADO

- **UNIVERSIDAD:** Alas peruanas
- **FACULTAD:** Ingenierías y Arquitectura
- **CARRERA PROFECIONAL:** Ingeniería Civil
- **TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION:** “EFECTOS DE LOS SULFATOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS BALNEARIOS, LAS DELICIAS, MATA CABALLO Y CHULLIYACHE PROVINCIA DE SECHURA, DEPARTAMENTO DE PIURA – 2016”.
- **AREA DE INVESTIGACION:** Construcción
- **AUTOR:** Bach. Polanco Diaz Saul
- **DNI:** 42653350
- **TITULO PROFESIONAL DE CONDUCE:** Ingeniero Civil
- **AÑO DE LA APROBACION DE LA SUSTENTACION:** 2016
- **Email:** saul_podi@hotmail.com

II RESUMEN

El presente trabajo basa su investigación en los efectos de los sulfatos en estructuras de los balnearios las delicias, Mata Caballo y Chulliyache en la provincia de Sechura.

La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. Perú posee una amplia zona costera. Que es el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, proceso de penetración de cloruros en el concreto, que se resume en el marco teórico de la tesis.

Dicho diagnóstico comprende la inspección, descripción de los daños en cada estructura. Las inspecciones se realizaron a través de visitas técnicas a las estructuras ubicadas en la ciudad de Sechura, registrando fotográficamente los daños observados.

El método y técnica a emplear depende de la gravedad del problema y de las condiciones internas o externas a las que está expuesta la estructura. La selección del método de restauración o rehabilitación también dependerá de los recursos económicos, humanos y tecnológicos de los que se disponga.

Palabra clave: Efectos de los sulfatos en estructuras, sulfatos en ambiente marino.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de los sulfatos en las estructuras de los balnearios, las delicias, mata caballo y Chulliyache provincia de Sechura, departamento de Piura- 2016

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Explicar cada uno de los factores que influyen en la variación que están sometidas las estructura de concreto. Por causa de los sulfatos Cuando ya están construidas, esto incluye; la constitución química del agua, los gases disueltos en el concreto, La cantidad de sales que poseen el terreno.

Evaluar la información recogida, para clasificar e identificar los tipos de fallas del concreto.

FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

HIPÓTESIS GENERAL

Al determinar las ubicaciones de las fallas estructurales así como el correcto uso de los materiales, utilizando técnicas constructivas específicas. Aseguramos un buen estado de las construcciones cercanas al mar, evitando que se produzcan deterioros y garantizando su vida útil.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La correcta ubicación de fallas estructurales así como el uso de materiales adecuados, utilizando técnicas constructivas específicas, definirán la calidad y vida útil de las construcciones marítimas.

La supervisión adecuada del proceso constructivo disminuirá el deterioro de las obras marítimas y su vida útil será mayor.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

a) Dpto. de Ingeniería – **la universidad nacional del sur (UNS)**.en Bahía Blanca, Argentina, realizo un estudio de **“Patologías desarrolladas en una estructura de hormigón en zona marítima”** cuyo objetivo fue: inspeccionar una obra de concreto armado ubicada en la zona costera al mar, perteneciente al puerto de Bahía Blanca (Argentina). Ésta presentaba un importante cuadro de fisuración en el concreto y evidencias de un proceso corrosivo en las armaduras, con exudación de compuestos de hierro hacia la superficie. Se realizaron ensayos físico-mecánicos y estudios petrográficos, sobre testigos calados en la estructura. Los resultados de los ensayos físico-mecánicos indican: valores menores de resistencia a compresión respecto a los que deberían tener este tipo de estructuras, una profundidad de carbonatación que en algunos casos supera el espesor del recubrimiento, y valores de absorción y porosidad elevados. Con estereomicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas se encontraron claras coronas de reacción hacia el interior de las partículas, y se observaron cavidades de aire y fisuras rellenas parcialmente por carbonato de calcio, estringtonita y aluminosilicatos. Por difracción de rayos X se identificaron aluminosilicatos de las estructuras.

ANTECEDENTES NACIONALES.

a). **Sáenz Vilca C.** (2010) en su tesis denominada **“Evaluación del estado actual y diseño de las estructuras de concreto armado de las plantas pesqueras en el Distrito de Chimbote”**. Dicho estudio fue de carácter descriptivo que se aplicó a una muestra de 3 plantas pesqueras,

cuyas construcciones se realizaron en distintos años y cuyos constructores fueron diferentes concluyendo lo siguiente.

Se evaluaron las estructuras de forma individual encontrándose en la mayoría, daño en el concreto y corrosión del acero, así como baja resistencia del concreto por tratarse de concretos expuestos a un medio agresivo, además se observó que el concreto sufre adiciones de elementos tales como la soda cáustica que alteran el comportamiento del concreto.

Se determinó que los agentes que afectan la durabilidad del concreto en las plantas pesqueras se deben principalmente a la corrosión en la armadura de las estructuras, y estos agentes son: la humedad, cloruros y sales del medio.

BASES TEÓRICAS

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LAS CUALIDADES DEL CONCRETO SUMERGIDO EN AGUA DE MAR

El ambiente marino puede actuar de forma desfavorable en cuanto a las características del concreto. Por ello es que a continuación se detallan algunos de los efectos de este ambiente

- Sumersión:
- Constitución química del agua
- Organismos marinos
- Abrasión
- Ataque por Sulfatos

DAÑOS EN CONSTRUCCIONES MARITIMAS- DEFINICIONES

- a) Lesiones por erosión
- b) Oxidación de elementos metálicos

- c) Envejecimiento de maderas
- d) Daños en elementos de hormigón

DURABILIDAD DEL CONCRETO

El ambiente marino constituye la más severa prueba a la durabilidad del concreto. Una estructura construida inapropiadamente puede sufrir un rápido y serio deterioro. El concreto está sujeto a: ataque químico, disrupción por acción del hielo-deshielo y ataque de corrosión electroquímica; abrasión por el movimiento sedimentario o del hielo; cavitación por golpes de viento y ataque de los organismos marinos. Todo lo cual contribuye al deterioro del concreto marítimo.

1. Corrosión de armaduras:
2. inspección y medición de la corrosión:
3. Análisis de las grietas y su influencia en la corrosión:
4. Medición de la corrosión

TECNOLOGÍA DE LOS CONCRETOS MARÍTIMOS

Para obtener hormigones de la calidad que uno desea, es necesario establecer, mediante el uso de dosificaciones adecuadas, la combinación adecuada de los agregados.

1. Diseño de Hormigones
2. Calidad de los materiales
 - a) Agregados pétreos
 - b) Agua
 - c) Aire incorporado
 - d) Aditivos
 - e) Cemento
3. relación agua / cemento

4. recubrimiento del refuerzo
5. dosificación y curado

TIPOS DE HORMIGONES MARÍTIMOS

1. Hormigón Pesado
2. Hormigón liviano
3. Hormigón ciclópeo

APLICACIONES Y CLASIFICACION DE CEMENTOS HIDRÁULICOS EN AMBIENTES MARINOS

1. Inyecciones submarinas de mortero
2. Moldajes para hormigones sumergidos

CONSIDERACIONES PARA EL TIPO DE ESTRUCTURA A EDIFICAR

1) medidas relativas a la obra en ambientes agresivos

- a) el almacenamiento de los materiales
- b) curado
- c) limitar el revenimiento de la mezcla (slump)
- d) Encofrados
- e) consolidación de la mezcla
- f) aislamiento del concreto

PATOLOGÍA DEL CONCRETO ARMADO

La durabilidad del concreto de cemento hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un concreto durable conservará su forma, calidad y serviciabilidad originales al estar expuesto a su ambiente. La principal causa de la corrosión del acero de las armaduras es el uso de sales descongelantes. La corrosión produce una fuerza expansiva que hace

que el concreto ubicado sobre el acero se descantille. En la mayoría de los casos, utilizando sobre las armaduras un buen recubrimiento de concreto y concretos de baja permeabilidad con aire incorporado se puede asegurar una durabilidad adecuada

1 Corrosión de las armaduras

2 Factores que destruyen la protección

- a. Carbonatación del concreto
- b. Cloruros en la cercanía de las barras de acero
- c. Control de fisuración

EL AMBIENTE MARINO EN EL PERÚ

El agua de mar contiene sales disueltas, agresivas para el concreto. Están presentes las siguientes: cloruro sódico (NaCl), cloruro magnésico (MgCl₂), sulfato magnésico (MgSO₄), sulfato cálcico (CaSO₄), cloruro potásico (KCl) y La composición química del agua de nuestro mar, es similar a la que se da en otros mares, como se observa en las tablas . Caso singular es el contenido de sulfatos 25% superior al registrado en el Atlántico. La participación de este parámetro en los procesos de corrosión es menos significativa que la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, los mayores desarreglos observados en las últimas décadas en las construcciones del Medio Oriente coinciden - además de las particulares condiciones climáticas- con un mayor contenido de sales en el mar del Golfo .Note que la mayor concentración de elementos químicos que aparecen en la tabla corresponde al cloro (Cl) y al sodio (Na). Ambos elementos al combinarse se convierten en cloruro de sodio (ClNa) o sal común.

Constituyentes principales del agua de mar

constituyente	Símbolo	G/kg en agua de mar	% por peso
cloruro	Cl	19.35	55.08
sodio	Na	10.76	30.63
sulfato	SO 2-4	2.71	7.71
magnesio	Mg 2+	1.29	3.67
calcio	Ca2+	0.414	1.18
potasio	K+	0.4	1.14
dióxido de carbono		0.106	0.30
bromuro	Br	0.067	0.19
ácido bórico	H3 BO3	0.027	0.08
estroncio	Sr2+	0.0079	0.02
floruro	F	0.0013	0.004
Total		35.1332	100.00

Fuente: química la ciencia central

CONCLUSIONES

1. El deterioro por corrosión del acero de refuerzo en zonas de estudio es muy habitual. Se ha llegado a la conclusión que esto ocurre por la porosidad del concreto.
2. No se tomado en cuenta la importancia que tienen el espesor de los recubrimientos, cuando se construye en ambientes agresivos. Se concluye que esto favorece a la penetración de sulfatos que posterior mente conlleva a la oxidación el acero embebido y aun desprendimiento del concreto.
3. En las inspecciones visuales que se realizaron en la zona de estudio se pudo apreciar que el concreto no resiste la intemperie. Se ha llegado a la

conclusión que no habido una relación agua/cemento lo bastante acorde a lo expuesto, que el cemento empleado no ha sido el correcto y no habido curado continuo lo cual origina fisuras y grietas.

4. El concreto en contacto con el terreno natural como es el caso de las cimentaciones debe ser lo menos poroso posible para evitar que la humedad o las sales ingresen. El problema empieza desde ahí por no haber un aislamiento del concreto hacia los sulfatos que ascienden por capilaridad a los muros de albañilería.
5. Las construcciones metálicas cercanas al mar es evitable la oxidación del metal. un mantenimiento esmerado evitara el avance de la corrosión y prolongar la vida útil del metal.

Estos daños son producto del desconocimiento de las normativas de construcción en ambientes agresivos.

6. **Respecto al Muelle** Aunque su resistencia a los sulfatos se la correcta. Y se allá respetado todos criterios y especificaciones necesarios para cumplir con los requerimientos para lo que fue diseñada la estructura. El acero embebido también sufre daño por corrosión. Esto se da porque en algunos puntos no se vibró o se formaron nidos de piedras en el agregado grueso lo que generó una baja impermeabilidad en la estructura o también fisuraciones en algunos puntos. Esto género que los sulfatos ingresen y corroan el acero lo que conlleva al aumento de sección del acero embebido y posterior a una rotura del concreto.

RECOMENDACIONES

1. Como prevenir la corrosión del acero: la primera defensa contra la corrosión del acero es la calidad del concreto. El concreto de calidad tiene una baja relación a/c esto disminuye la penetración de las sales de cloruro, además el concreto debe estar adecuadamente compactado y curado esto mejorara la su impermeabilidad, y será más resistente a los sulfatos.
2. En ambientes marinos ya sea que el concreto este en contacto con el terreno natural o también el mismo ambiente. se deberán aumentar adecuadamente el espesor del recubrimiento. Tomando además en consideración que deberá proporcionarse un concreto denso. Además El concreto debe ser cuidadosamente dosificado, compactado y curado esto logra una baja porosidad y por lo tanto una alta permeabilidad. Esto proveerá mayor protección contra la corrosión.
3. El concreto expuesto a soluciones de sulfato se debe de tener en cuenta el tipo de cemento, la relación agua/cemento y una dosificación adecuada.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) ¹ , presente en el suelo, % en peso	Sulfato (SO ₄) En agua p.p.m.	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal Relación máxima agua/cemento en peso	Concreto con agregados de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, f'c MPa ¹
Despreciable	0,00 ≤ SO ₄ < 0,10	0,00 ≤ SO ₄ < 150	--	--	--
Moderado ²	0,10 ≤ SO ₄ < 0,20	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP(MS),IS(MS),P(MS), I(PM)(MS),I(SM)(MS)	0,50	28
Severo	0,20 ≤ SO ₄ < 2,00	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0,45	31
Muy Severo	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10000	V más puzolana ³	0,45	31

¹ Puede requerirse una relación agua-cemento menor o una resistencia más alta para lograr baja permeabilidad, protección contra la corrosión de elementos metálicos embebidos, o contra congelamiento y deshielo (Tabla 4.4.2).

² Agua de mar.

³ Puzolana que se ha determinado por medio de ensayos o por experiencia que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen Cementos Tipo V.

4. Es recomendable el aislamiento de las cimentaciones puede hacerse reemplazando el material contaminado que rodea el concreto. Esta acción no es adecuada en terrenos saturados por sulfatos. Porque el material tendera a contaminarse muy rápidamente. Un aislamiento resistente a sulfatos será

las emulsiones asfálticas y/o membranas plásticas. En este aspecto debe tenerse en cuenta que el aislamiento del concreto del medio agresivo, es una solución temporal porque los revestimientos tienen vida limitada. Una mejor solución especialmente en cimentaciones que son casi imposible de inspeccionar es buscar la protección en el mismo concreto: haciéndolo denso y de muy baja permeabilidad.

5. En construcciones metálicas se recomienda los sistemas de protección

anticorrosiva por metalizado muestran duraciones de 3 a 10 veces mayor que sistemas tradicionales de pintura. La extraordinaria resistencia a la corrosión de estos revestimientos se debe a que el sistema: Actúa como pasivador del metal base (acero), Provee un inhibidor contra la oxidación (imprimante) y una barrera impermeable que es el sellante.

6. Las recomendaciones para la estructura del muelle fueron sacadas por un catálogo sika.

- Remoción del concreto deteriorado, lavado con agua a alta presión (para reducir niveles de cloruros residuales
- Limpieza abrasiva para preparar el acero de refuerzo expuesto
- Protección del acero de refuerzo sikatop
- Imprimante sika “mono top” morteros de reparación modificados