



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

Área de Construcción

**REPARACIÓN GENERAL DEL MUELLE INDUSTRIAL DE SOUTHERN**

**COPPER CORPORATION DE LA CIUDAD DE ILO**



Tesis para optar el Título de

Ingeniero Civil

Presentada por:

**Hugo Ora Bullón**

2008

## RESUMEN

REPARACIÓN GENERAL DEL MUELLE INDUSTRIAL DE SOUTHERN COPPER CORPORATION es el desarrollo del proceso de rehabilitación de una estructura de concreto armado con más de 50 años de servicio a su estado de diseño original, utilizando técnicas ya conocidas, en el caso del tablero y vigas transversales y técnicas poco utilizadas, pero efectivas.

Este trabajo se inspiró en la reparación parcial que durante el año 2002 se realizó del muelle industrial y que inquietó al autor de este trabajo a plantearse el reto de planificar la reparación total de la estructura.

El reto de rehabilitar la totalidad de la estructura se piensa, planifica y elabora de manera que pueda servir de guía para un trabajo que deba desarrollarse en una situación real, por lo que su desarrollo ha sido estructurado a través de nueve capítulos, los que incluyen temas como la descripción detallada del muelle, el estado de conservación actual, el levantamiento de los daños, el metrado respectivo y el posterior desarrollo del proceso constructivo de la solución propuesta.

Así, los cuatro capítulos de la parte primera presentan el estado actual de la estructura, en ellos se describe el muelle y se conoce el contexto del que forma parte, se listan los aspectos relevantes para su rehabilitación y se hace un levantamiento de los daños que se presentan con el objetivo de hacer el metrado de materiales necesarios para la rehabilitación.

Los cinco capítulos siguientes en la parte segunda desarrollan el proceso constructivo de la solución propuesta, analizando los recursos necesarios, sean éstos mano de obra, materiales o equipos.

En el capítulo nueve se hace un presupuesto de cuanto costaría esta rehabilitación, presupuesto que esta basado en los análisis de costos de las actividades o partidas necesarias para la rehabilitación y que como se menciona en el capítulo seis no son del todo conocidas en nuestro medio por no realizarse continuamente.

Finalmente, en los anexos, se incluye un documento de especificaciones técnicas desarrollado especialmente para este trabajo de rehabilitación, los planos originales del proyecto reconstruidos con ayuda del software Autocad y ejemplos de las fichas del catálogo de daños.







# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

- Área de Construcción -

ALUMNO: HUGO ORA BULLÓN  
 ASESOR: Ing. Iván Bragagnini Rodríguez  
 TEMA N°: 96  
 CODIGO: 1993.0341.9

### TÍTULO

“Reparación General del Muelle Industrial de Southern Copper Corporation de la Ciudad de Ilo”.

### OBJETIVO

El presente trabajo consiste en hacer una evaluación para reconstruir o reparar el muelle industrial de Southern Cooper Corporation en la ciudad de Ilo, dañado por el tiempo y el sismo del 23 de junio del 2001. A partir de la evaluación, se elegirá y desarrollará el proceso constructivo.

### INFORMACIÓN DISPONIBLE

- Información general del muelle.
- Planos del muelle antes del sismo.
- Especificaciones generales de su construcción y materiales.
- Estudios de ubicación del muelle.

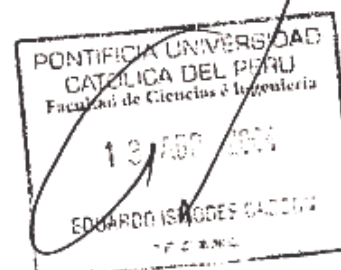
### PLAN DE TESIS

- Descripción del muelle industrial.
- Levantamiento de daños.
- Estudios preliminares del daño causado por el uso y el sismo del 23 de Junio del 2001.
- Planteamiento de alternativas de solución.
- Estudio definitivo de los daños, conclusiones y solución.
- Desarrollo constructivo de la solución final.
- Especificaciones técnicas.
- Cronogramas de obra para el desarrollo constructivo.
- Equipos.
- Presupuesto (análisis de costos).

Lima, 6 de Abril del 2004.

### NOTA

Extensión Máxima: 100 páginas.





Al incondicional e  
inquebrantable respaldo  
de Hugo y Ana a mi  
esfuerzo.

Y a ti linda por el tiempo y  
apoyo.



## INTRODUCCIÓN

En un país como el Perú en que la construcción de nuevas estructuras para infraestructura esta condicionada en gran medida por el costo, es de vital importancia desarrollar procedimientos de reparación adecuados que permitan prolongar la vida útil de las estructuras existentes.

Estos procedimientos deberán ser considerados en bases técnicas rigurosas pero a la vez estar pensados para adecuarse a la realidad de nuestro país, de tal manera que los resultados obtenidos sean los óptimos en calidad, costo y eficiencia.

Como pequeño aporte a este gran objetivo se desarrolla el presente trabajo de tesis, tomando como base el caso de rehabilitación de los pilotes del muelle industrial de la empresa Southern Peru Copper Corporation (SPCC) en la localidad de Ilo, departamento de Moquegua, al sur del Perú, que a pesar de ser administrado por manos privadas es una instalación importante a nivel local e incluso nacional, por ser el punto de salida de uno de los principales productos de exportación del país, el cobre.

Rehabilitar una estructura como el muelle industrial debe considerar tres solicitaciones básicas: CORROSIÓN, SISMOS y las OPERACIONES PORTUARIAS, que son solicitaciones a las que el muelle se ve sometido las 24 horas del día, los siete días de la semana y que juntas han causado un caso particular de daño a esta estructura. Sin embargo, al tener estas solicitaciones una naturaleza común (operaciones portuarias comunes en la mayoría de puertos de la misma naturaleza, daños por sismo y procesos de corrosión universalmente conocidos) se propondrá una solución que considere los tres tipos de daño.

El presente trabajo se desarrolla en dos etapas. La primera, que comprende los capítulos 1, 2, 3 y 4, y que describen al muelle, el estado en que se encuentra actualmente y en base a ello se propone una solución íntegra. La segunda etapa, que comprende los capítulos 5, 6, 7, 8 y 9 desarrolla la ejecución de la solución propuesta en la primera etapa.

## INDICE

Resumen	2
Introducción	6
<b>Parte Primera:</b>	
Estudio de daños y elección de solución.	
I Descripción del muelle industrial.	11
1.1 Ubicación física y geográfica.	11
1.2 Tipo de muelle.	11
1.3 Características consideradas para la rehabilitación.	12
1.4 Diseño estructural.	13
1.4.1 Descripción.	
1.4.2 Norma de diseño.	
1.5 Elementos del muelle.	13
1.5.1 Cimentación.	
1.5.2 Arrostramientos.	
1.5.3 Vigas transversales.	
1.5.4 Losa principal.	
1.6 Materiales usados.	14
1.7 Técnica constructiva.	15
1.7.1 Encofrado.	
1.7.2 Vaciado.	
1.7.3 Comparación con técnicas actuales.	
II Levantamiento y estudios preliminares del daño causado por el uso y el sismo del 23 de junio del 2001.	17
2.1 Inspección preliminar.	17
2.2 Descripción de los daños.	18
2.3 Esquemas de ubicación de daños y fotografías.	19
2.4 Metrado de daños	22
III Planteamiento de alternativas de solución	28
3.1 Descripción de solicitudes.	28
3.1.1 Corrosión.	
3.1.1.1 Iones cloruros (CL <sup>-</sup> ).	
3.1.1.2 Formación de carbonatos o carbonatación.	
3.1.1.3 Sulfatos	
3.1.14 Daños en la estructura provocados por la corrosión del refuerzo	

3.1.2 Sismos.	
3.1.3 Operaciones portuarias.	
3.2. Alternativas de solución.	37
3.2.1 Súper estructura con reparación común y pilotes con encapsulado de planchas de acero.	
3.2.2 Súper estructura con reparación común y pilotes con encapsulado de planchas de fibra de vidrio.	
IV Estudio definitivo de daños, conclusiones y propuesta de solución.	40
<b>Parte Segunda:</b>	
Desarrollo constructivo de solución propuesta.	
V Desarrollo constructivo de solución final.	43
5.1 Condicionantes.	43
5.1.1 Actividades Portuarias.	
5.1.2 Ciclo de Mareas.	
5.2 Desarrollo Constructivo.	44
VI Especificaciones técnicas.	48
6.1 Consideraciones para el desarrollo de especificaciones técnicas.	48
6.2 Actividades no comunes.	49
6.2.1 Acceso debajo del muelle.	
6.2.2 Retiro de los fustes de acero.	
6.2.3 Preparación y limpieza de sustrato.	
6.2.4 Reparación o rehabilitación de armadura.	
6.2.5 Encapsulamiento de pilotes.	
VII Cronograma de obra del proceso constructivo.	53
7.1 Actividades consideradas.	53
7.2 Recursos.	54
VIII Herramientas y equipos.	57
8.1 Herramientas manuales.	57
8.2 Equipos	57

IX Presupuesto.	59
9.1 Análisis de costos.	59
9.1.1 Rehabilitación de pilotes en zona splash.	
9.1.2 Rehabilitación de vigas transversales y pilotes (fuera de zona splash).	
9.1.3 Rehabilitación de la súper estructura y el estribo:	
9.2. Presupuesto.	75
Bibliografía.	77
Anexos	79
Anexo 1: Modelo de especificaciones técnicas para la rehabilitación general del muelle.	
Anexo 2: Ejemplos de fichas del catálogo de daños	
Anexo 3: Planos originales reconstruidos	

**Parte Primera:**

Estudio de daños y elección de solución.





## CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN DEL MUELLE INDUSTRIAL

En este primer capítulo se desarrolla una descripción del muelle industrial y sus principales características tales como su ubicación, tipo de muelle, materiales usados, diseño estructural, técnica constructiva, entre otras. La información presentada está recogida de planos originales del proyecto y de documentos relacionados con el mantenimiento y operación, propiedad de SPCC.

Inaugurado hacia 1958, debe tenerse en cuenta que han habido modificaciones siendo la más significativa de ellas la que se hizo para colocar la tubería de descarga de ácido sulfúrico que actualmente se usa.

### 1.1 Ubicación física y geográfica.

El muelle industrial se encuentra en la localidad de Ilo, en el departamento de Moquegua, 1250 kilómetros al sur de la ciudad de Lima.

La zona del puerto de Ilo se constituye en una bahía con suelo formado por roca del tipo ígneo no fracturada.

Por la naturaleza de esta roca, en el proyecto original, se decidió usar una cimentación a base de elementos tipo columna los cuales se apoyaban directamente sobre el lecho marino y sólo lo penetraban unos pocos centímetros.

### 1.2 Tipo de Muelle.

El Muelle Industrial de Southern Peru Copper Corporation fue construido en 1957 como parte del proyecto "Toquepala" que se desarrolló con la finalidad de explotar la mina de cobre de igual nombre ubicada a 90 kilómetros de distancia en línea recta y a casi 3700 metros sobre el nivel del mar, en el departamento de Tacna.

El proyecto comprendía la construcción de las siguientes instalaciones portuarias:

*Instalaciones de almacenaje y talleres.*- Constituidas por almacenes para



mineral procesado, carga en proceso de control por la oficina de aduana y taller de ferrocarril. Actualmente, en este lugar, se encuentra el almacén principal de las unidades operativas de la empresa minera.

*Pedraplén.*- De aproximadamente 200 metros de longitud, está conformado por material rocoso de diversa gradación y acomodo. Se construyó con el objetivo de darle el acceso al espigón desde la costa.

*Espigón.*- Con 182 metros de longitud, 18 metros de ancho y un rumbo de N 71° 00' O construido íntegramente de concreto armado y cuya finalidad es el embarque y desembarque de productos.

Este espigón, del tipo "**Gravity - type**" ("Handbook of Port and Harbor Engineering" of Gregory P Tsinker), fue diseñado para recibir naves de hasta 40,000 DWT (Deadweight Tonnage) en ambos lados (Lado norte y lado Sur) del muelle.

La estructura comprende de un tablero de 182 m de largo por 17.6 m de ancho, con vigas ubicadas en los bordes (las que llamaremos vigas de borde) y defensas de madera para prevenir posibles golpes de las embarcaciones. Sobre el tablero se ubicaban 4 vías para remolques de ferrocarril y una línea para la descarga de ácido sulfúrico.

Debajo del espigón se constituye la estructura de soporte, constituida por 30 cepas (definidas mas adelante) formadas cada una por una viga transversal y 3 pilotes y/o columnas.

### 1.3 Características consideradas para la rehabilitación.-

A.-Tiene una antigüedad de casi 50 años, en los cuales nunca ha tenido una reparación y/o rehabilitación significativa, sin embargo, han existido trabajos de rehabilitación en zonas puntuales, mayormente por aparición de agrietamiento y desgaste del concreto; incluso un pilote fue reconstruido debido al impacto de una embarcación.

B.- Los elementos del muelle, como pilotes y vigas transversales, están sobre dimensionados, debido al diseño estructural usado en la época de desarrollo del proyecto.

C.- Actualmente, sobre el muelle, se ubican 2 líneas de ferrocarril y una línea de ácido sulfúrico (construida recientemente) las cuales son usadas para el embarque y desembarque de mineral para exportación.

D.- El muelle tiene constante actividad de embarque y desembarque de mineral y otros productos las 24 horas del día, los 365 días del año.

#### 1.4 Diseño estructural.

##### 1.4.1 Descripción.

El diseño estructural con el que se construyó el muelle industrial de Ilo se desarrolló con métodos de cálculo aproximados, entre ellos, el de Hardy Cross para el cálculo de las vigas transversales y los recomendados por el manual "RECOMMENDED PRACTICE STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE" para el diseño de estructuras de concreto armado.

En un análisis de los planos originales puede verse que el diseño fue bastante conservador, usando inclusive canales de acero en el diseño de elementos como las vigas transversales en las cepas debajo del tablero.

##### 1.4.2 Norma de diseño.

Los criterios de diseño estructural fueron definidos en los planos (Ver Plano R – 003 anexo 3) y siguieron criterios de la A. S. T. M. para los control de insumos.

#### 1.5 Elementos del muelle.

##### 1.5.1 Cimentación.

La cimentación consiste en 90 elementos circulares tipo columna de 1.525 metros de diámetro y con una altura que varia de 13.74 a 20.74 metros cada uno de

ellos con una base tipo campana de 3.35 metros de diámetro; estos elementos están agrupados en pórticos de 3 elementos cada uno. A cada pórtico se le nombra con el término CEPA.

#### 1.5.2 Arrostramientos.

Los arrostramientos consisten de perfiles metálicos cruzados de pilote a pilote en la parte superior de cada cepa.

Estos arrostramientos están adheridos a la cobertura metálica de los pilotes mediante soldadura, sin embargo debido a que están constituidos por elementos metálicos (con gran posibilidad que en poco tiempo estén corroídos) y ubicados en la parte superior, se considera que no tienen importancia estructural.

#### 1.5.3 Vigas transversales.

Las vigas transversales son elementos estructurales que se ubican en la parte superior de cada cepa.

Estos elementos con 90 centímetros de peralte y 92 centímetros de espesor, son las vigas que constituyen la interfase entre la cimentación y el tablero principal.

#### 1.5.4 Losa o tablero principal.

La losa principal constituye el elemento de mayor envergadura en la estructura. Esta, a su vez, está conformada por elementos llamados SLAB, que son unidades modulares de 6.1 metros de longitud y que posibilitan el desarrollo constructivo del muelle.

#### 1.6 Materiales usados.

Los materiales que se usaron para la construcción de este muelle tenían características propias de la época en que se construyó.

Los materiales que se usaron son:

A.- Cemento Pórtland TIPO I.- El cual satisfizo los requerimientos de la **"American**

### ***Society for Testing Materials"***.

B.- Agregados.- Para el caso de la arena se utilizó cernida, con menos de 1.5% de arcilla y con no más de 2% en partículas que pasen por la malla #100; para el caso del agregado grueso no se especifica características importantes acerca de ellos, sin embargo, en muestras extraídas en épocas recientes del muelle, se encontró material de río, es decir cantos rodados sin ningún rastro de trituración.

C.- Agua.- Se usó aquella libre de álcalis, ácidos fuertes, aceites y/o materiales orgánicos.

D.- Acero de refuerzo.- Se siguieron las especificaciones de la "**Standard Specification for Billet Steel Concrete Reinforcement Bars**" (ASTM 615) con valores de fluencia para el Acero Estructural:  $f_s = 1410 \text{ kg/cm}^2$ , Acero de refuerzo:  $f_s = 1266 \text{ kg/cm}^2$ . La calidad del concreto fue:  $f'_c = 211 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia a los 28 días y las planchas de acero que sirvieron de encofrado para los pilotes tuvieron  $\frac{1}{4}$ " de espesor.

#### 1.7 Técnicas constructivas.

##### 1.7.1 Encofrado.

Para los trabajos de encofrado se utilizaron, dependiendo del elemento, diferentes técnicas. Así para el caso de los pilotes se usaron planchas de acero de  $\frac{1}{4}$ " de espesor colocados con anterioridad sobre el lecho marino; para el caso de las vigas transversales y el tablero principal se usaron encofrados de madera soportadas por pies derechos.

##### 1.7.2 Vaciado.

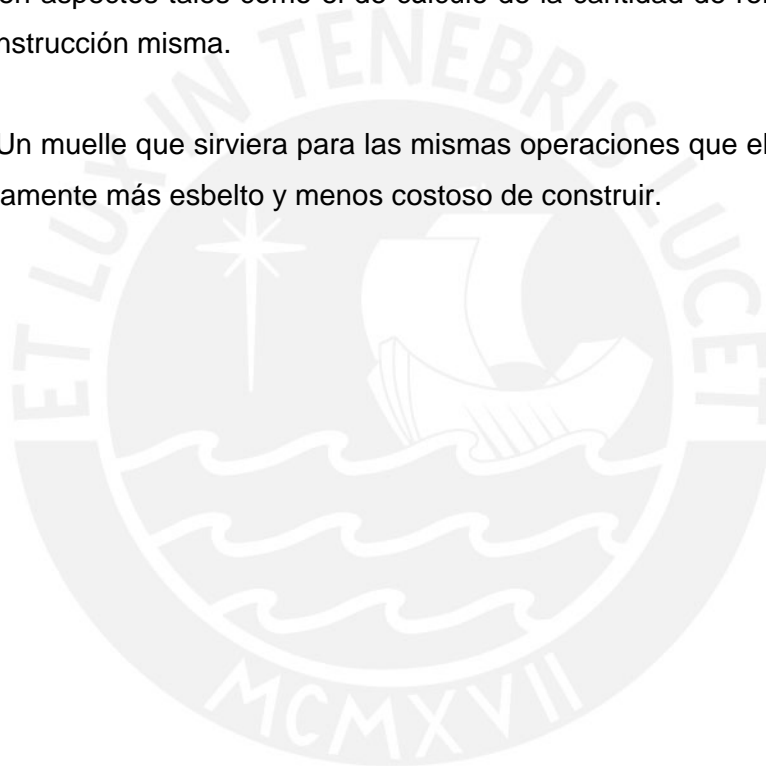
Para el vaciado del concreto usado en el muelle se usaron técnicas tradicionales que empleaban mezcladoras en sitio y las proporciones se controlaban en peso y en algunos casos en litros de agua por saco de 42.5 kg de cemento.

##### 1.7.3 Comparación con Técnicas actuales.

En la actualidad, el objetivo principal en la construcción de toda obra portuaria es satisfacer la necesidad de infraestructura portuaria y al mismo tiempo tener un importante ahorro en costo y tiempo por lo que el desarrollo en innovadoras técnicas de diseño y construcción se ha visto acrecentar en los últimos años.

Como se puede observar, el diseño del muelle industrial es bastante generoso. Esto se debe a que en aquella época el cálculo del refuerzo se hacía con métodos de diseño aproximados y calculados manualmente. Actualmente con el uso de programas de computadora y de técnicas innovadoras se ha optimizado mucho en aspectos tales como el de cálculo de la cantidad de refuerzo, materiales y de construcción misma.

Un muelle que sirviera para las mismas operaciones que el de Ilo, hoy, sería definitivamente más esbelto y menos costoso de construir.



## CAPITULO 2:

**LEVANTAMIENTO Y ESTUDIOS PRELIMINARES DEL DAÑO CAUSADO POR EL USO Y EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001**

## 2.1 Inspección Preliminar.-

El estado en el que el muelle industrial se encontraba antes de los trabajos de rehabilitación se determinó mediante una inspección visual simple cuyo procedimiento obedece al diagrama de flujo mostrado en la figura 2.1. En este diagrama se detallan los pasos seguidos para la realización del diagnóstico y levantamiento del daño en el muelle.

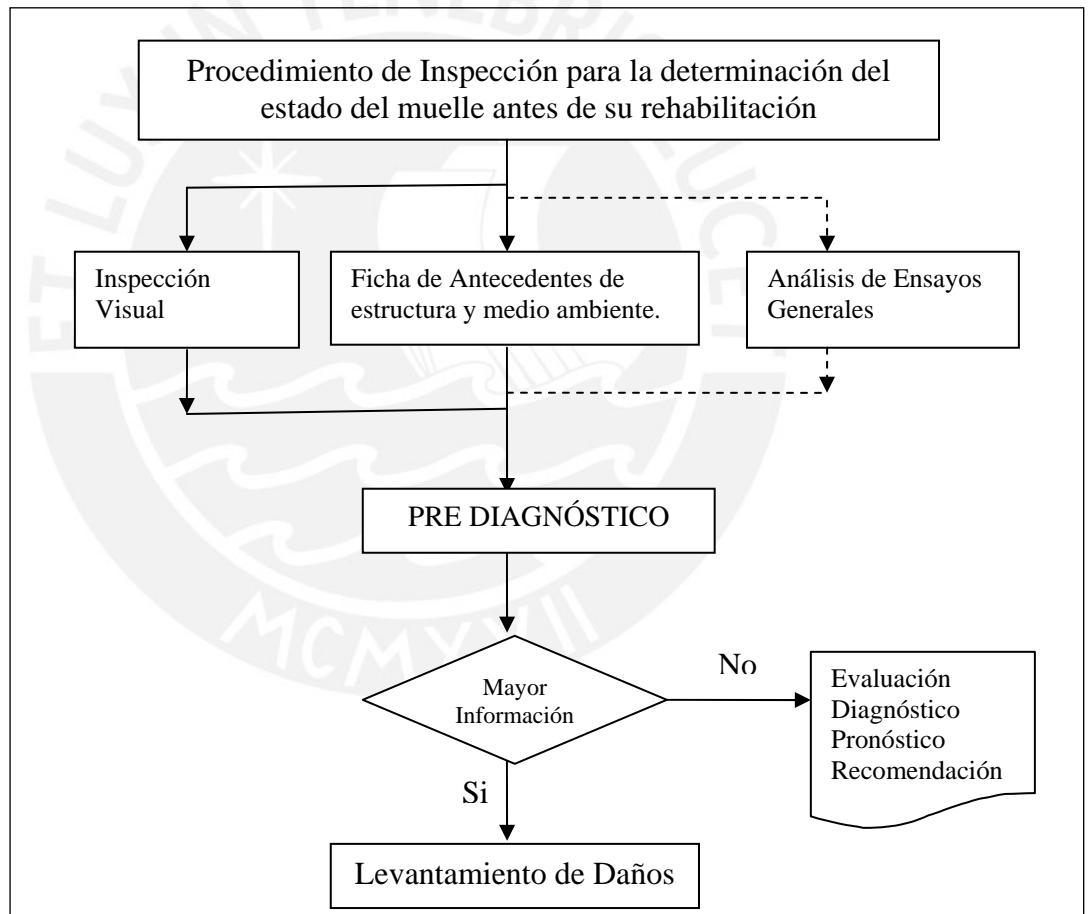


Figura 2.1

Durante la inspección visual del muelle se obtuvieron in situ consideraciones importantes a tener en cuenta para la posterior rehabilitación. Esto se logró mediante el uso de fichas que los inspectores iban completando durante las visitas.



Aspectos como el estado de la estructura y medio ambiente fueron los más importantes.

Con la ayuda de estas fichas se logró tener una idea concreta del estado en el que el muelle se encontraba y tomar en cuenta consideraciones importantes al momento de realizar la rehabilitación. Con las fichas obtenidas se realizó el inventario de daños y el metrado de materiales para la posterior rehabilitación.

A pesar que la inspección visual fue exhaustiva, no se realizaron ensayos químicos debido a que no se contaba con presupuesto suficiente, por lo que el diagnóstico no fue completo.

## 2.2 Descripción de los daños.-

El muelle industrial de Ilo presentó daño evidente luego de la inspección visual principalmente en los elementos metálicos como las planchas de acero que cubren a los pilotes y los sujetadores de las guardas laterales.

Según las fichas obtenidas en la inspección visual y cuyo resumen se presenta en los anexos, los daños en el muelle pueden clasificarse como:

a. Daños por Corrosión.- Son evidentes mediante una inspección visual las manchas de color rojizo que se muestran en todos los elementos del muelle como los pilotes, las vigas y en la cara inferior del tablero principal. Las interfases entre pilotes y vigas y las juntas entre el tablero principal y el estribo son zonas donde estas manchas y descascaramiento son más notorios.

b. Daños por sismos.- Como se describirá en el capítulo 3, el muelle industrial de Ilo ha estado sometido a muy pocos eventos sísmicos importantes en cuanto a magnitud se refiere por lo que el daño producto de la acción de sismos sobre la estructura es mínimo y se reduce a fisuras en algunos elementos.

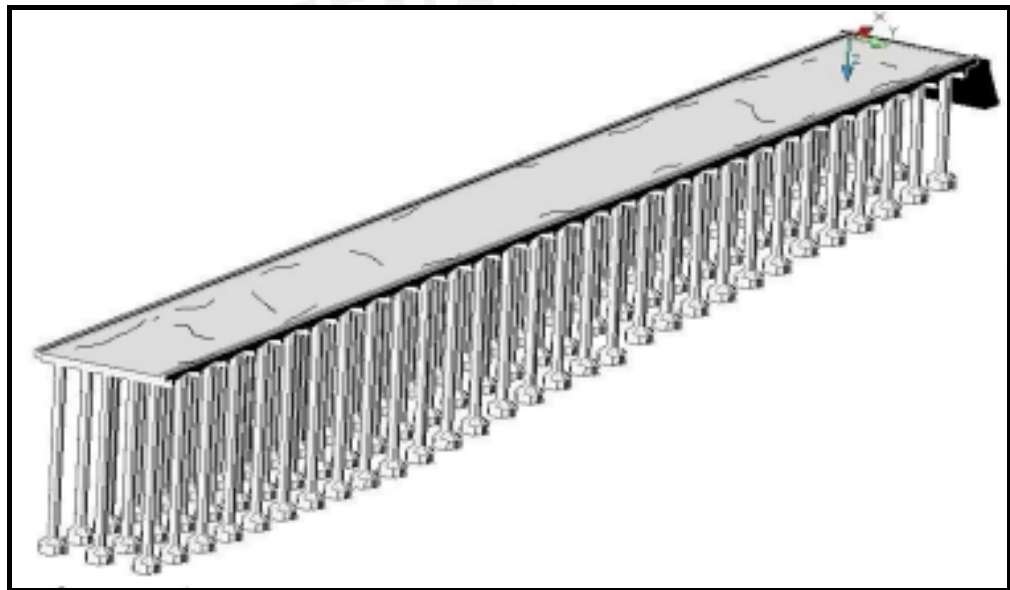
c. Daños por operaciones portuarias.- Se entiende como operación portuaria a cualquier actividad que se desarrolle en el muelle como consecuencia del uso previsto por el diseño original, entre estos están los trabajos de embarque y desembarque de mineral, el desplazamiento de locomotoras y vagones sobre la plataforma, tránsito peatonal y de vehículos de carga desde y hacia a él, etc. Estas

actividades ocasionarán un desgaste al muelle que de no tener un mantenimiento adecuado puede llegar a convertirse en daño.

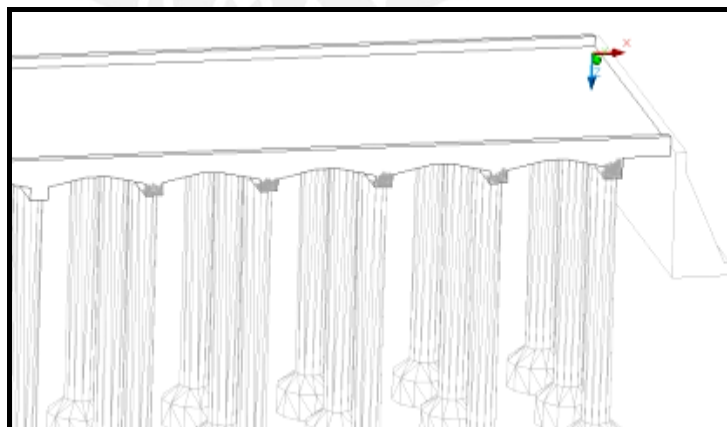
### 2.3 Esquemas de ubicación de daños y Fotografías.

El daño que muestra el muelle industrial se localiza mayoritariamente en los pilotes y el tablero.

Los diagramas y fotos siguientes esquematizan la ubicación de los daños en el muelle industrial.

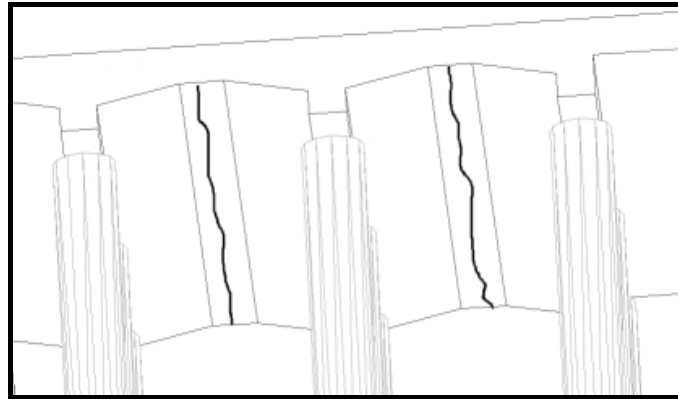


Esquema 1.- Esquema General del muelle

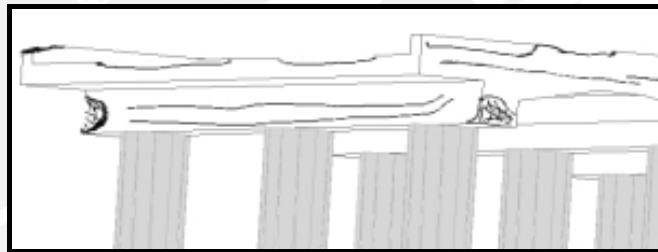


Esquema 2.- Daño producido en los extremos de las vigas transversales. Generalmente en las esquinas.

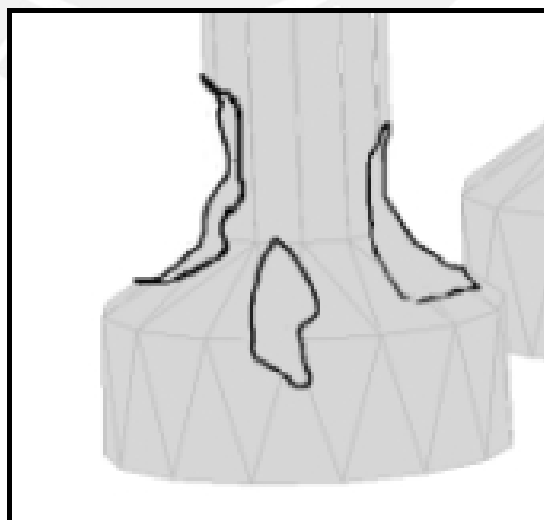




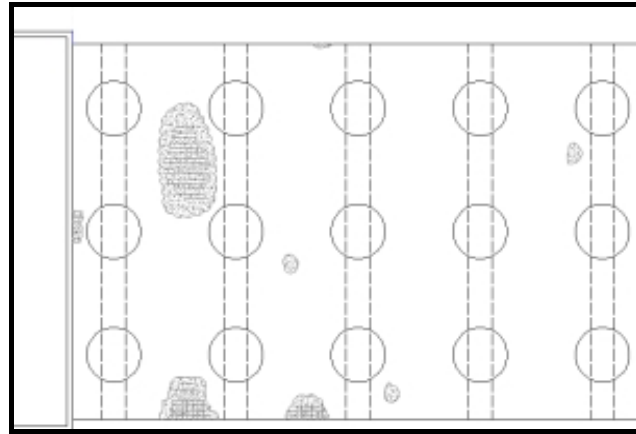
Esquema 3.- Ubicación de fisuras en la parte baja del tablero principal del muelle. Estas fisuras se presentaron en la mayoría de los paños entre las cepas.



Esquema 4.- Daño presentado en el extremo del muelle.



Esquema 5.- El daño en las bases de los pilotes se presenta según este esquema. Causado en su mayor parte por corrosión y fauna, se disminuye la sección transversal de cada pilote.



Esquema 6.- En una vista de la parte inferior del muelle puede verse el daño en la superficie del concreto expuesto.

Las fotos siguientes muestran mas cerca los daños que presenta el muelle en los pilotes:



Foto 1.- La foto muestra daño característico en la esquina superior de los pilotes. Nótese que el acero que se muestra presenta rastros de corrosión. Nótese además el agregado particularmente limpio de fisuras en esta zona.

Foto 2.- Esta foto muestra una fisura típica en el cuerpo de los pilotes. Nótese que en la matriz de concreto se puede apreciar las características del agregado grueso.





Foto 3.- Esta es otra vista de la fisura presentada en la figura 2. Nótese que la fisura nace paralela al refuerzo, lo que evidenciaría un daño por corrosión.

Foto 4.- Daño en la interfase Columna Viga por acción de la corrosión



Foto 5.- Muestra una vista del daño provocado en la zona de “splash” en cada uno de los pilotes.

#### 2.4 Medrado de daños.

En base a la información recogida en la inspección visual se hace el medrado de daños, el cual nos permitirá la contabilización concreta de qué está dañado, que recursos necesitaremos para su rehabilitación y cuanto nos costará dicha tarea. En las tablas siguientes se resume los resultados.

**Proyecto de Rehabilitación Muelle Industrial SPCC**

**Metrado de materiales para Rehabilitación del Muelle Industrial Southern Copper Corporation.**

**Area Dañada (m2): 1,523.00**

Pilotes: 738.55  
 Vigas Transversales: 134.45  
 Superestructura y Estribo: 650.00

**Volumen a Reponer (m3): 60.01**

Pilotes (Fuera Zona Splash): 36.47  
 Vigas Transversales: 4.04  
 Superestructura y Estribo: 19.50

**Acero de refuerzo a reponer (m)**

Tipo:	#4	#6	#9	#10	#11		Zona Splash	Zona no Splash
<b>Pilotes y Vigas Transversales:</b>	<b>8.10</b>	<b>5.40</b>	<b>32.95</b>	<b>16.45</b>	<b>16.60</b>			
∅ (mm)	12.70	19.10	28.70	32.30	35.80			
kg/m	0.99	2.24	5.06	6.40	9.91			
<b>Total (kg):</b>	<b>8.05</b>	<b>12.07</b>	<b>166.73</b>	<b>105.35</b>	<b>164.46</b>	<b>456.65</b>	<b>91.33</b>	<b>365.32</b>
	1.61	2.41	33.35	21.07	32.89			
<b>Superestructura y Estribo:</b>	<b>21.00</b>	<b>48.60</b>	<b>27.20</b>	<b>24.50</b>	<b>24.70</b>			
∅ (mm)	12.70	19.10	28.70	32.30	35.80			
kg/m	0.99	2.24	5.06	6.40	9.91			
<b>Total (kg):</b>	<b>12.62</b>	<b>42.69</b>	<b>145.22</b>	<b>206.85</b>	<b>354.67</b>	<b>762.05</b>		

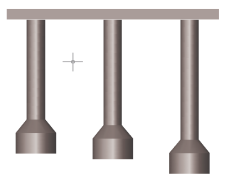
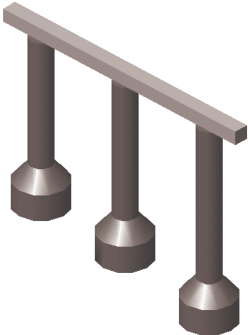
Tabla No:	02-001	Elemento: Cepas 1 - 10	Catalogo de daños Muelle Industrial Southern Copper Corporation.																																																																																																																				
 <p><b>Vista Frontal</b></p>	<b>Catálogo de daños:</b>																																																																																																																						
	<b>Concreto:</b>																																																																																																																						
 <p><b>Perspectiva</b></p>	<b>Área / Volumen de daño:</b>																																																																																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cepa:</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Viga:</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>  Area (m2)</td> <td>6.30</td> <td>5.00</td> <td>4.80</td> <td>6.00</td> <td>2.50</td> <td>8.30</td> <td>5.50</td> <td>3.40</td> <td>2.20</td> <td>2.40</td> <td>46.40</td> </tr> <tr> <td>  h (promedio, cm)</td> <td>4.50</td> <td>2.90</td> <td>5.10</td> <td>4.30</td> <td>2.00</td> <td>4.00</td> <td>1.00</td> <td>3.00</td> <td>1.80</td> <td>3.10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>  Volumen (m3)</td> <td>0.28</td> <td>0.15</td> <td>0.24</td> <td>0.26</td> <td>0.05</td> <td>0.33</td> <td>0.06</td> <td>0.10</td> <td>0.04</td> <td>0.07</td> <td>1.58</td> </tr> <tr> <td><b>Pilotes:</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>  Area (m2)</td> <td>25.10</td> <td>22.70</td> <td>19.60</td> <td>26.30</td> <td>19.20</td> <td>18.90</td> <td>23.50</td> <td>17.30</td> <td>24.40</td> <td>21.30</td> <td>218.30</td> </tr> <tr> <td>  h (promedio, cm)</td> <td>4.00</td> <td>12.50</td> <td>4.60</td> <td>2.30</td> <td>5.00</td> <td>6.70</td> <td>4.30</td> <td>6.80</td> <td>9.10</td> <td>7.30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>  Volumen (m3)</td> <td>1.00</td> <td>2.84</td> <td>0.90</td> <td>0.60</td> <td>0.96</td> <td>1.27</td> <td>1.01</td> <td>1.18</td> <td>2.22</td> <td>1.55</td> <td>13.54</td> </tr> </tbody> </table>	Cepa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	<b>Viga:</b>												Area (m2)	6.30	5.00	4.80	6.00	2.50	8.30	5.50	3.40	2.20	2.40	46.40	h (promedio, cm)	4.50	2.90	5.10	4.30	2.00	4.00	1.00	3.00	1.80	3.10		Volumen (m3)	0.28	0.15	0.24	0.26	0.05	0.33	0.06	0.10	0.04	0.07	1.58	<b>Pilotes:</b>												Area (m2)	25.10	22.70	19.60	26.30	19.20	18.90	23.50	17.30	24.40	21.30	218.30	h (promedio, cm)	4.00	12.50	4.60	2.30	5.00	6.70	4.30	6.80	9.10	7.30		Volumen (m3)	1.00	2.84	0.90	0.60	0.96	1.27	1.01	1.18	2.22	1.55	13.54										
Cepa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total																																																																																																												
<b>Viga:</b>																																																																																																																							
Area (m2)	6.30	5.00	4.80	6.00	2.50	8.30	5.50	3.40	2.20	2.40	46.40																																																																																																												
h (promedio, cm)	4.50	2.90	5.10	4.30	2.00	4.00	1.00	3.00	1.80	3.10																																																																																																													
Volumen (m3)	0.28	0.15	0.24	0.26	0.05	0.33	0.06	0.10	0.04	0.07	1.58																																																																																																												
<b>Pilotes:</b>																																																																																																																							
Area (m2)	25.10	22.70	19.60	26.30	19.20	18.90	23.50	17.30	24.40	21.30	218.30																																																																																																												
h (promedio, cm)	4.00	12.50	4.60	2.30	5.00	6.70	4.30	6.80	9.10	7.30																																																																																																													
Volumen (m3)	1.00	2.84	0.90	0.60	0.96	1.27	1.01	1.18	2.22	1.55	13.54																																																																																																												
<b>Acero de Refuerzo:</b>																																																																																																																							
Tipo:	#9	#10	#11	-	#4	#10	#11	#9	#9	-	#4	#4	#11	#9	-																																																																																																								
Veces:	3.00	4.00	5.00	-	2.00	4.00	1.00	1.00	3.00	-	2.00	3.00	1.00	2.00	-																																																																																																								
Long. Promedio (m):	0.85	1.10	0.90	-	1.00	2.10	1.00	1.40	0.35	-	0.40	0.25	0.20	0.95	-																																																																																																								
Parcial (m):	2.55	4.40	4.50	-	2.00	8.40	1.00	1.40	1.05	-	0.80	0.75	0.20	1.90	-																																																																																																								
								#4	#6	#9	#10	#11																																																																																																											
								Totales (m):	2.80	0.00	5.85	12.80	4.70																																																																																																										

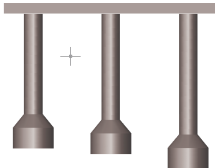
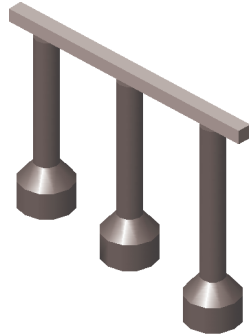
Tabla No:	02-002	Elemento: Cepas 11 - 20	Catálogo de daños Muelle Industrial Southern Copper Corporation.																																																																																																																																																																																																		
 <p><b>Vista Frontal</b></p>	<p><b>Catálogo de daños:</b></p> <p><b>Concreto:</b></p> <p><b>Área / Volumen de daño:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cepa:</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Viga:</b></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Area (m2)</td> <td>1.00</td> <td>2.50</td> <td>7.80</td> <td>4.00</td> <td>3.30</td> <td>4.10</td> <td>7.00</td> <td>3.35</td> <td>5.40</td> <td>4.00</td> <td>42.45</td> </tr> <tr> <td>h (promedio, cm):</td> <td>5.50</td> <td>5.00</td> <td>4.00</td> <td>3.00</td> <td>4.20</td> <td>3.90</td> <td>4.10</td> <td>0.50</td> <td>0.13</td> <td>3.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen (m3)</td> <td>0.06</td> <td>0.13</td> <td>0.31</td> <td>0.12</td> <td>0.14</td> <td>0.16</td> <td>0.29</td> <td>0.02</td> <td>0.01</td> <td>0.12</td> <td>1.34</td> </tr> <tr> <td><b>Pilotes:</b></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Area (m2)</td> <td>26.20</td> <td>24.50</td> <td>20.80</td> <td>29.80</td> <td>28.80</td> <td>31.30</td> <td>27.70</td> <td>20.00</td> <td>25.40</td> <td>20.05</td> <td>254.55</td> </tr> <tr> <td>h (promedio, cm):</td> <td>5.70</td> <td>5.70</td> <td>4.00</td> <td>3.20</td> <td>4.20</td> <td>2.80</td> <td>4.10</td> <td>0.80</td> <td>0.13</td> <td>3.50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen (m3)</td> <td>1.49</td> <td>1.40</td> <td>0.83</td> <td>0.95</td> <td>1.21</td> <td>0.88</td> <td>1.14</td> <td>0.16</td> <td>0.03</td> <td>0.70</td> <td>8.79</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Acero de Refuerzo:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo:</th> <th>#9</th> <th>#4</th> <th>#10</th> <th>#11</th> <th>-</th> <th>#9</th> <th>#11</th> <th>#4</th> <th>#4</th> <th>#9</th> <th>#10</th> <th>#11</th> <th>-</th> <th>-</th> <th>#9</th> <th>#11</th> <th>#9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Veces:</td> <td>2.00</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> <td>1.00</td> <td>-</td> <td>2.00</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> <td>3.00</td> <td>2.00</td> <td>3.00</td> <td>2.00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>Long. Promedio (m):</td> <td>2.20</td> <td>0.90</td> <td>0.70</td> <td>0.85</td> <td>-</td> <td>3.30</td> <td>0.60</td> <td>0.70</td> <td>0.30</td> <td>0.50</td> <td>0.75</td> <td>0.50</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.35</td> <td>0.35</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Parcial (m):</td> <td>4.40</td> <td>0.90</td> <td>1.40</td> <td>0.85</td> <td>-</td> <td>6.60</td> <td>0.60</td> <td>1.40</td> <td>0.90</td> <td>1.00</td> <td>2.25</td> <td>1.00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.35</td> <td>0.35</td> <td>1.70</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"> #4 #6 #9 #10 #11  <b>Totales (m): 3.20 0.00 12.35 3.65 2.80</b> </p>																	Cepa:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	<b>Viga:</b>												Area (m2)	1.00	2.50	7.80	4.00	3.30	4.10	7.00	3.35	5.40	4.00	42.45	h (promedio, cm):	5.50	5.00	4.00	3.00	4.20	3.90	4.10	0.50	0.13	3.00		Volumen (m3)	0.06	0.13	0.31	0.12	0.14	0.16	0.29	0.02	0.01	0.12	1.34	<b>Pilotes:</b>												Area (m2)	26.20	24.50	20.80	29.80	28.80	31.30	27.70	20.00	25.40	20.05	254.55	h (promedio, cm):	5.70	5.70	4.00	3.20	4.20	2.80	4.10	0.80	0.13	3.50		Volumen (m3)	1.49	1.40	0.83	0.95	1.21	0.88	1.14	0.16	0.03	0.70	8.79	Tipo:	#9	#4	#10	#11	-	#9	#11	#4	#4	#9	#10	#11	-	-	#9	#11	#9	Veces:	2.00	1.00	2.00	1.00	-	2.00	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00	-	-	1.00	1.00	2.00	Long. Promedio (m):	2.20	0.90	0.70	0.85	-	3.30	0.60	0.70	0.30	0.50	0.75	0.50	-	-	0.35	0.35	0.85	Parcial (m):	4.40	0.90	1.40	0.85	-	6.60	0.60	1.40	0.90	1.00	2.25	1.00	-	-	0.35	0.35	1.70
	Cepa:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total																																																																																																																																																																																									
<b>Viga:</b>																																																																																																																																																																																																					
Area (m2)	1.00	2.50	7.80	4.00	3.30	4.10	7.00	3.35	5.40	4.00	42.45																																																																																																																																																																																										
h (promedio, cm):	5.50	5.00	4.00	3.00	4.20	3.90	4.10	0.50	0.13	3.00																																																																																																																																																																																											
Volumen (m3)	0.06	0.13	0.31	0.12	0.14	0.16	0.29	0.02	0.01	0.12	1.34																																																																																																																																																																																										
<b>Pilotes:</b>																																																																																																																																																																																																					
Area (m2)	26.20	24.50	20.80	29.80	28.80	31.30	27.70	20.00	25.40	20.05	254.55																																																																																																																																																																																										
h (promedio, cm):	5.70	5.70	4.00	3.20	4.20	2.80	4.10	0.80	0.13	3.50																																																																																																																																																																																											
Volumen (m3)	1.49	1.40	0.83	0.95	1.21	0.88	1.14	0.16	0.03	0.70	8.79																																																																																																																																																																																										
Tipo:	#9	#4	#10	#11	-	#9	#11	#4	#4	#9	#10	#11	-	-	#9	#11	#9																																																																																																																																																																																				
Veces:	2.00	1.00	2.00	1.00	-	2.00	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00	-	-	1.00	1.00	2.00																																																																																																																																																																																				
Long. Promedio (m):	2.20	0.90	0.70	0.85	-	3.30	0.60	0.70	0.30	0.50	0.75	0.50	-	-	0.35	0.35	0.85																																																																																																																																																																																				
Parcial (m):	4.40	0.90	1.40	0.85	-	6.60	0.60	1.40	0.90	1.00	2.25	1.00	-	-	0.35	0.35	1.70																																																																																																																																																																																				
 <p><b>Perspectiva</b></p>																																																																																																																																																																																																					

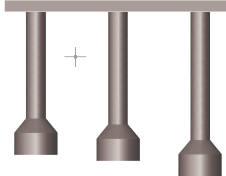
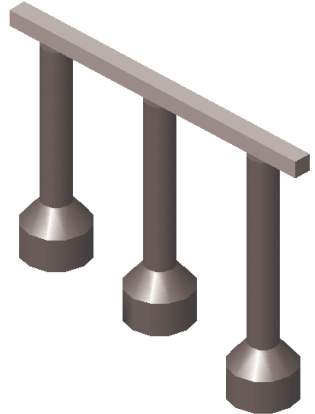
Tabla No:	02-003	Elemento: Cepas 21 - 30	Catalogo de daños Muelle Industrial Southern Copper Corporation.																																																																																																																																																																																												
 <p><u>Vista Frontal</u></p>  <p><u>Perspectiva</u></p>	<p><u>Metrado de materiales</u></p> <p><u>Concreto:</u></p> <p><u>Área / Volumen de daño:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cepa:</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>26</th> <th>27</th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Viga:</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (m2)</td> <td>6.70</td> <td>3.80</td> <td>7.30</td> <td>8.10</td> <td>4.50</td> <td>3.50</td> <td>1.70</td> <td>2.70</td> <td>5.20</td> <td>2.10</td> <td>45.60</td> </tr> <tr> <td>h (promedio, cm):</td> <td>2.50</td> <td>2.00</td> <td>3.20</td> <td>2.40</td> <td>4.10</td> <td>1.10</td> <td>2.90</td> <td>2.40</td> <td>1.70</td> <td>1.05</td> <td>1.12</td> </tr> <tr> <td>Volumen (m3)</td> <td>0.17</td> <td>0.08</td> <td>0.23</td> <td>0.19</td> <td>0.18</td> <td>0.04</td> <td>0.05</td> <td>0.06</td> <td>0.09</td> <td>0.02</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Pilotes:</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area (m2)</td> <td>22.50</td> <td>29.50</td> <td>25.10</td> <td>27.10</td> <td>29.70</td> <td>32.10</td> <td>21.90</td> <td>26.40</td> <td>23.10</td> <td>28.30</td> <td>265.70</td> </tr> <tr> <td>h (promedio, cm):</td> <td>4.00</td> <td>4.50</td> <td>5.60</td> <td>9.80</td> <td>3.30</td> <td>4.60</td> <td>2.30</td> <td>5.50</td> <td>6.80</td> <td>6.60</td> <td>14.14</td> </tr> <tr> <td>Volumen (m3)</td> <td>0.90</td> <td>1.33</td> <td>1.41</td> <td>2.66</td> <td>0.98</td> <td>1.48</td> <td>0.50</td> <td>1.45</td> <td>1.57</td> <td>1.87</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Acero de Refuerzo:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo:</th> <th>#9</th> <th>#11</th> <th>#4</th> <th>#4</th> <th>#9</th> <th>#11</th> <th>-</th> <th>#9</th> <th>#9</th> <th>#11</th> <th>#9</th> <th>#9</th> <th>-</th> <th>#4</th> <th>#6</th> <th>#9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Veces:</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Long. Promedio (m):</td> <td>1.15</td> <td>1.8</td> <td>0.15</td> <td>0.55</td> <td>2.1</td> <td>1.9</td> <td>-</td> <td>0.2</td> <td>2.1</td> <td>1.7</td> <td>0.75</td> <td>1.8</td> <td>-</td> <td>0.4</td> <td>1.8</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>Parcial (m):</td> <td>2.3</td> <td>3.6</td> <td>0.6</td> <td>1.1</td> <td>4.2</td> <td>3.8</td> <td>-</td> <td>0.2</td> <td>4.2</td> <td>1.7</td> <td>0.75</td> <td>1.8</td> <td>-</td> <td>0.4</td> <td>5.4</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">#4 #6 #9 #10 #11</p> <p style="text-align: right;">Totales (m): 2.10 5.40 14.75 0.00 9.10</p>															Cepa:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total	<b>Viga:</b>												Area (m2)	6.70	3.80	7.30	8.10	4.50	3.50	1.70	2.70	5.20	2.10	45.60	h (promedio, cm):	2.50	2.00	3.20	2.40	4.10	1.10	2.90	2.40	1.70	1.05	1.12	Volumen (m3)	0.17	0.08	0.23	0.19	0.18	0.04	0.05	0.06	0.09	0.02		<b>Pilotes:</b>												Area (m2)	22.50	29.50	25.10	27.10	29.70	32.10	21.90	26.40	23.10	28.30	265.70	h (promedio, cm):	4.00	4.50	5.60	9.80	3.30	4.60	2.30	5.50	6.80	6.60	14.14	Volumen (m3)	0.90	1.33	1.41	2.66	0.98	1.48	0.50	1.45	1.57	1.87		Tipo:	#9	#11	#4	#4	#9	#11	-	#9	#9	#11	#9	#9	-	#4	#6	#9	Veces:	2	2	4	2	2	2	-	1	2	1	1	1	-	1	3	2	Long. Promedio (m):	1.15	1.8	0.15	0.55	2.1	1.9	-	0.2	2.1	1.7	0.75	1.8	-	0.4	1.8	0.65	Parcial (m):	2.3	3.6	0.6	1.1	4.2	3.8	-	0.2	4.2	1.7	0.75	1.8	-	0.4	5.4	1.3
	Cepa:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total																																																																																																																																																																																			
<b>Viga:</b>																																																																																																																																																																																															
Area (m2)	6.70	3.80	7.30	8.10	4.50	3.50	1.70	2.70	5.20	2.10	45.60																																																																																																																																																																																				
h (promedio, cm):	2.50	2.00	3.20	2.40	4.10	1.10	2.90	2.40	1.70	1.05	1.12																																																																																																																																																																																				
Volumen (m3)	0.17	0.08	0.23	0.19	0.18	0.04	0.05	0.06	0.09	0.02																																																																																																																																																																																					
<b>Pilotes:</b>																																																																																																																																																																																															
Area (m2)	22.50	29.50	25.10	27.10	29.70	32.10	21.90	26.40	23.10	28.30	265.70																																																																																																																																																																																				
h (promedio, cm):	4.00	4.50	5.60	9.80	3.30	4.60	2.30	5.50	6.80	6.60	14.14																																																																																																																																																																																				
Volumen (m3)	0.90	1.33	1.41	2.66	0.98	1.48	0.50	1.45	1.57	1.87																																																																																																																																																																																					
Tipo:	#9	#11	#4	#4	#9	#11	-	#9	#9	#11	#9	#9	-	#4	#6	#9																																																																																																																																																																															
Veces:	2	2	4	2	2	2	-	1	2	1	1	1	-	1	3	2																																																																																																																																																																															
Long. Promedio (m):	1.15	1.8	0.15	0.55	2.1	1.9	-	0.2	2.1	1.7	0.75	1.8	-	0.4	1.8	0.65																																																																																																																																																																															
Parcial (m):	2.3	3.6	0.6	1.1	4.2	3.8	-	0.2	4.2	1.7	0.75	1.8	-	0.4	5.4	1.3																																																																																																																																																																															

Tabla No:	<b>02-004</b>	Elemento: Super estructura y estribo	<i>Catalogo de daños Muelle Industrial Southern Copper Corporation.</i>				
<b><u>Metrado de materiales</u></b>							
<b><u>Concreto:</u></b>							
<b><u>Área / Volumen de daño:</u></b>							
	Area (m2):	<b>650.00</b>					
	h (promedio, cm):	<b>3.00</b>					
	Volumen (m3):	<b>19.50</b>					
<b><u>Acero de Refuerzo:</u></b>							
	Tipo:	<b>#4</b>	<b>#6</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>	<b>#11</b>	
	Veces:	<b>12.00</b>	<b>27.00</b>	<b>16.00</b>	<b>14.00</b>	<b>19.00</b>	
	Long. Promedio (m):	<b>1.75</b>	<b>1.80</b>	<b>1.70</b>	<b>1.75</b>	<b>1.30</b>	
	Parcial (m):	<b>21.00</b>	<b>48.60</b>	<b>27.20</b>	<b>24.50</b>	<b>24.70</b>	



### CAPITULO 3: PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

La corrosión, los sismos y las operaciones portuarias son las solicitaciones que han determinado el estado de conservación de la estructura del muelle desde el inicio de sus operaciones.

A continuación se describe teóricamente cada una de estas solicitaciones y se proponen alternativas de solución a los daños que éstas hayan generado.

#### 3.1 Descripción de solicitaciones:

##### 3.1.1 Corrosión

*“Desgaste total o parcial que disuelve o ablanda cualquier sustancia por reacción química o electroquímica con el medio ambiente. El término corrosión se aplica a la acción gradual de agentes naturales, como el aire o el agua salada sobre los metales”.*

(Aguado 1996)

Si aplicamos lo descrito al caso del muelle diremos que “...la sustancia...” es el acero estructural o refuerzo y “...el medio ambiente...” es el concreto que lo rodea.

*“En los procesos básicos de la corrosión (anódico y catódico) es necesario consumir oxígeno para formar los productos de herrumbre mientras que el agua es necesaria para facilitar el proceso electrolítico que tiene lugar; como consecuencia, la corrosión no se llevará a cabo en un hormigón seco, pues se impide el proceso electrolítico, ni en un hormigón saturado en agua, pues no habrá difusión del oxígeno”.* (Aguado 1996)

En General los procesos corrosivos del refuerzo en una estructura de concreto armado están definidos por *Procesos de Difusión*. Así, la *Carbonatación* consiste en la difusión del CO<sub>2</sub> del aire en la estructura porosa del concreto; la *Penetración de Cloruros* consiste en la difusión de iones Cl<sup>-</sup> en el agua que rellena los poros y finalmente la *Corrosión de la Armadura* se presenta por la difusión de

oxígeno O<sub>2</sub> en el aire que rodea a la estructura.

En ambientes marinos como en el que esta el muelle, los siguientes son los principales agentes agresivos:

#### 3.1.1.1 Iones Cloruros (CL<sup>-</sup>)

Comúnmente conocidos como cloruros, los iones cloruro (CL<sup>-</sup>) son responsables de la gran cantidad de daños en una estructura de concreto armado, puesto que estos inician el proceso de corrosión de las varillas de refuerzo.

De acuerdo a la cantidad de cloruros presente, el concreto se encontrará enlazado químicamente por los productos de hidratación, absorbido superficialmente en las paredes de los poros, y/o disuelto en la disolución de los poros del concreto. Los cloruros enlazados forman las llamadas sales de Friedel, en donde se modifica la estructura original del compuesto hidratado C<sub>3</sub>AH a C<sub>3</sub>A.CaCl<sub>2</sub>.10H<sub>2</sub>O incrementando la resistencia a compresión del concreto. La cantidad de cloruros que se absorbe en la superficie del poro entra en equilibrio con la disolución del poro del concreto y se encuentra en estado latente para pasar a dicha disolución. De esta manera, sólo la fracción de iones cloruro que se hallan en la disolución son capaces de llegar a la varilla por difusión y/o absorción capilar para atacar al refuerzo metálico.

La penetración del ION CLORURO a la masa de concreto armado dependerá de la distribución y tamaño de los poros, así como de la cantidad de agua que exista en estos. Los poros de una masa de concreto pueden dividirse en MACRO POROS, POROS CAPILARES Y MICRO POROS, siendo los dos primeros los más importantes en el proceso de penetración del ION CLORURO. En la figura 3.1 se presenta la distribución de los poros de acuerdo a su tamaño en una matriz de concreto.

Para condiciones de intemperismo natural, la humedad relativa y la temperatura inducen a una dinámica en el agua contenida en los macro poros y los poros capilares, debido a que se establece un gradiente en la cantidad de agua entre el interior y el exterior del concreto, que es la fuerza motriz para desplazarla a la atmósfera o saturar los poros. Es así que en condiciones de humedad relativa inferior al 100%, el contenido de líquido en el concreto disminuye dejando los poros

parcialmente llenos. Luego, la brisa marina y aire que ingresa a estos poros deposita sustancias como oxígeno y dióxido de carbono (con efectos importantes en la corrosión de las varillas de refuerzo) que se van incrementando y saturando cuando el ciclo de saturación vuelve a empezar y los procesos de absorción capilar transportan estas impurezas hacia las varillas de refuerzo.

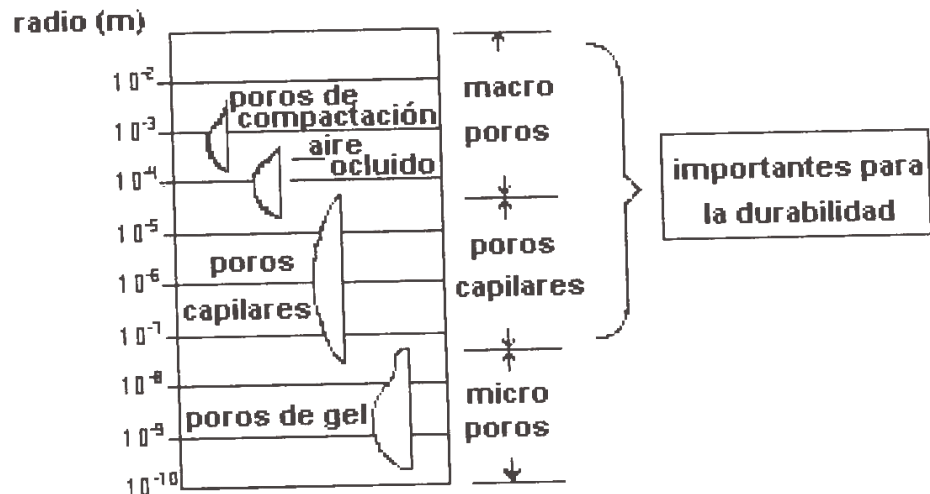


Figura 3.1 Distribución del tamaño de los poros en una matriz de concreto.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto 2001

Para el caso de estructuras sumergidas, el transporte de impurezas a través de los poros solo podrá realizarse por diferencia en la concentración entre el exterior e interior del concreto, siendo el mecanismo que predomina la difusión.

En las zonas expuestas a variaciones de marea el ingreso de cloruros se realizará por las dos formas, por succión capilar en el periodo de exposición a brisa marina o intemperismo y por difusión durante la inmersión.

Por lo explicado la zona sometida a variaciones de marea es la de mayor riesgo de daño.

El ataque al refuerzo metálico se lleva a cabo mediante dos etapas: a.- inicio y; b.- propagación de la corrosión. En la primera etapa los agentes agresivos (cloruros) atraviesan la capa de concreto que cubre al refuerzo alterando su condición de pasividad; luego durante la propagación los daños por corrosión empiezan a hacerse evidentes luego de que la concentración de cloruros a llegado a valores críticos, que según diversos investigadores tienen un valor de entre 0.2%

y 2.3% por peso de cemento.

### 3.1.1.2 Formación de Carbonatos o Carbonatación

Según literatura especializada la reacción del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) existente en la atmósfera, normalmente en concentraciones de 0.035%, con los componentes hidratados del concreto se le conoce como Carbonatación. Como resultado de esto se forma el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y el pH de la solución en el poro del concreto pasa de ser alcalino ( $\text{pH} > 12.5$ ) a neutro ( $\text{pH}$  cercano a 8). Esta reducción en el pH es la responsable directa de la despasivación del refuerzo metálico y la subsiguiente corrosión del mismo. Desgraciadamente, el proceso de Carbonatación es bastante lento, por lo que las consecuencias de este se presentan luego de varios años de la puesta en servicio de la estructura.

La velocidad carbonatación depende de factores como el contenido y composición del cemento, la porosidad del concreto, relación agua/cemento, cargas de compresión, contenido en los poros del concreto y la concentración de dióxido de carbono.

Un concreto con mayor contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) se carbonatará a una menor velocidad que un concreto con menor contenido de este. Esto sucede debido a que la velocidad de carbonatación depende del contenido de óxido de calcio pre existente en el concreto por reparar.

De otro lado se sabe que la porosidad del concreto depende de la relación agua/cemento, por tanto un concreto con menor relación agua/cemento se carbonatará más lento que otro con relación agua/cemento mayor.

### 3.1.1.3 Sulfatos

El ion sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$  es una de las sustancias más nocivas, pues provoca agrietamientos como consecuencia de su reacción expansiva con los aluminatos cálcicos hidratados en el concreto.

Según el American Concrete Institute (A. C. I.), la severidad en el ataque de los sulfatos se puede clasificar en:

Ataque Despreciable, si el contenido de sulfato es menor al 0.1% en el suelo o inferior a 150 partes por millón (mg/l) en agua. Para este caso no se pone ninguna restricción al tipo de cemento a usarse ni a la relación agua/cemento.

Ataque Moderado, si la cantidad de sulfato va de 0.1% a 0.2% en el suelo o de 150 a 1500 mg/l en agua, se recomienda el uso de cemento Pórtland tipo II o adición de puzolanas. La relación agua/cemento debe ser menor a 0.5 para cemento de peso normal.

Ataque Severo, si la cantidad de sulfato en el suelo es de entre 0.2% a 2% o 10000 mg/l en el agua. La relación agua cemento debería ser menor que 0.45 y usarse un cemento tipo V.

Ataque muy Severo, si el contenido de sulfato supera el 2% en el piso y los 10000 mg/l en agua. Se recomienda una relación agua/cemento de 0.45 con el uso de cemento tipo V y puzolanas.

A pesar que el ion sulfato tiene poco efecto sobre la corrosión del acero de refuerzo, los agrietamientos producidos por las reacciones con la pasta de cemento permiten el acceso de agentes agresivos como el dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, Oxígeno O<sub>2</sub>, Cloruros Cl<sup>-</sup> y humedad.

#### 3.1.1.4 Daños en la estructura provocados por la corrosión del refuerzo

“Es conocido que en comparación con otras estructuras como las de acero y madera, las de concreto armado tienden a un mayor periodo de vida útil, entendiéndose por vida útil al periodo en el que la estructura mantiene los requisitos previstos en el diseño previo. Sin embargo, la vida útil en el concreto armado se ve afectada por procesos como la corrosión del refuerzo metálico en su interior. Esta idea parece contradictoria si conocemos que en el ambiente alcalino (pH>12.5) del concreto es casi imposible el inicio de corrosión; sin embargo como se explicó anteriormente existen procesos que modifican este medio y exponen al refuerzo a medios propicios para la corrosión”. (Alcocer 2001)

Según la extensión y dirección de la disolución del metal, la corrosión puede



ser generalizada o localizada, así un ambiente rico en  $\text{CO}_2$  ayudará a que la corrosión sea generalizada, mientras que si el concreto es de buena calidad es común que tengamos corrosión pero del tipo localizada.

“Un proceso de corrosión siempre se hará visible; la tarea por ende será descubrirla (o en el mejor de los casos prevenirla) lo mas anticipadamente posible. Una inspección visual periódica será suficiente si la estructura ha tenido un buen control de calidad o es de importancia relativa. Por otro lado si es el caso de una estructura importante deberán usarse métodos mas sofisticados para descubrir la corrosión antes que presente señales externas.

Existen diversos métodos para determinar la velocidad y estado de la corrosión del refuerzo metálico del concreto. Entre los métodos mas comunes se tiene: uso de sensores eléctricos embebidos en el concreto, espectroscopia de impedancia electroquímica, métodos de mapeo de potencial y técnicas de polarización lineal y mas recientemente pruebas no electroquímicas como emisiones acústicas, barrido infrarrojo y barrido por radar”. (Alcocer 2001)

Cuando las varillas de refuerzo del concreto armado se corroen, lo hacen desde la capa superior hacia el interior originando que el volumen inicialmente ocupado por el acero sea ocupado por los desechos de la corrosión, y como estos tienen un mayor volumen provocan esfuerzos de tracción en el concreto que terminan por agrietarlo.

En estudios recientes realizados por diversos investigadores se ha demostrado los efectos negativos en la resistencia de elementos como vigas y columnas, que tienen procesos de corrosión del refuerzo metálico. Un refuerzo que se corroe, disminuye su sección transversal, pues parte de ella se convierte en desechos de corrosión, sin embargo no sólo el acero disminuye su sección, el concreto debido a las fisuras que se generan también es afectado, por consiguiente, la reducción en la sección de ambos materiales tiene como consecuencia la disminución de rigidez y resistencia de la estructura.

Las Figuras 3.2 y 3.3 muestran resultados para vigas y columnas

construidas en laboratorio y preparadas para simular el efecto de la corrosión en sus refuerzos metálicos.

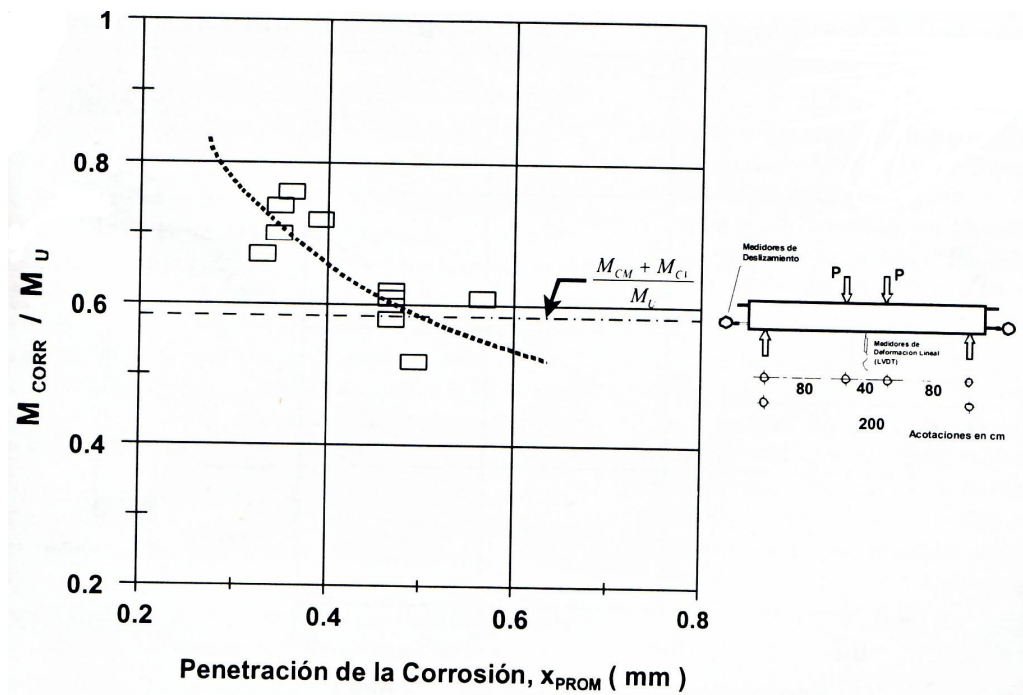


Figura 3.2 Resultados experimentales en vigas de concreto con corrosión de refuerzo. Instituto Mexicano del Cemento y Concreto 2001

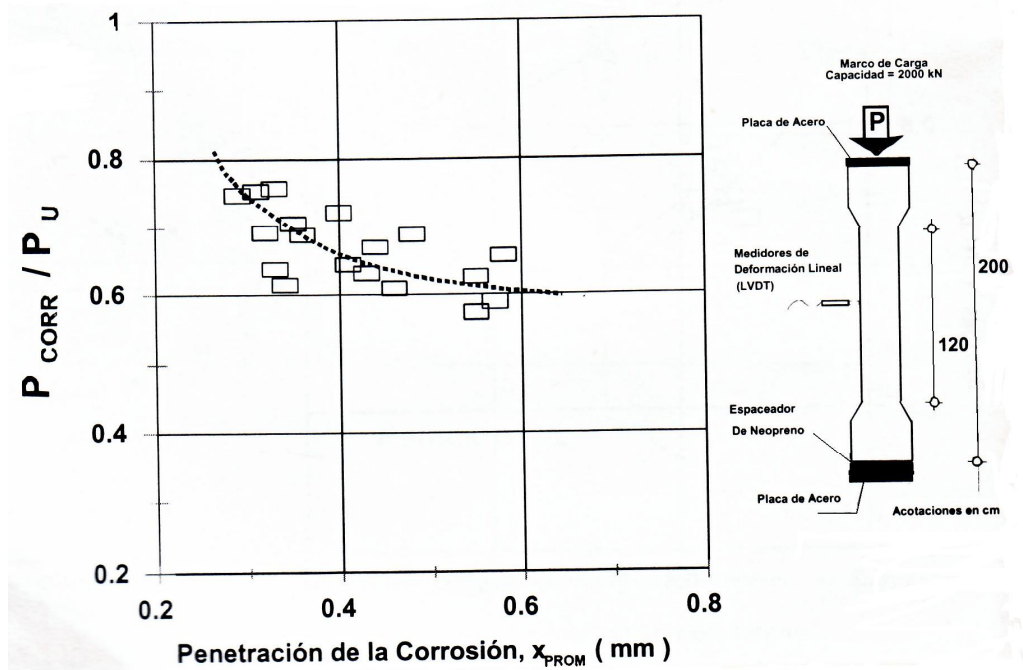


Figura 3.3 Resultados experimentales en columnas de concreto con corrosión de refuerzo. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto 2001.

Es evidente la disminución de los valores de resistencia, tanto para columnas como para vigas, debido a la penetración de la corrosión en las varillas del refuerzo metálico. Nótese que para el caso de las vigas la disminución de la resistencia a los momentos actuantes se debió fundamentalmente a la disolución de la varilla de refuerzo, y para el caso de las columnas, la pérdida de resistencia a las cargas de compresión se debió a la pérdida de sección del concreto.

### 3.1.2 Sismos

Los terremotos llamados de inter placa son los que se presentan con mayor continuidad en las localidades costeras del sur del Perú, debido a que están sobre la unión de la placa de Nazca y la sudamericana, siendo el proceso de subducción el generador de la actividad sísmica en el lugar.

El INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU ha registrado la historia de sismos importantes en el área. Siendo los mas importantes ocurridos en la zona los que muestra la tabla 3.1.

	Fecha	Localidad	Magnitudes		
			Ms	Mb	Mw
1	23/05/1947	Moquegua /Tacna			
2	25/08/1947	Ilo / Arequipa			
3	17/02/1948	Moquegua			
4	11/05/1948	Ilo / Moquegua	7,3		
5	20/07/1948	Moquegua	7,1		
6	22/06/1950	Moquegua		4,9	
7	09/12/1950	Moquegua/Tacna/Arequipa	8,3	7	
8	03/10/1951	Moquegua/Tacna/Arica		5,8	
9	03/12/1952	Arequipa/Moquegua			
10	04/08/1953	Toquepala/Ilo/Arequipa			
11	15/01/1958	Moquegua/Arequipa	7		
12	19/07/1959	Moquegua/Arequipa/Cuzco	7		
13	13/01/1960	Arequipa/Moquegua/Ilo	7,5		
14	26/01/1964	Arequipa/Moquegua		6,1	
15	30/07/1965	Arequipa/Moquegua	4,8	6	
16	12/10/1972	Ilo/Moquegua		4	
17	01/02/1974	Mollendo/Moquegua	4,7	5,2	
18	25/04/1974	Moquegua/Arequipa/Mollendo	4,8	5,3	
19	16/02/1979	Ilo/Moquegua/Arequipa	6,9	6,2	
20	06/08/1981	Arequipa/Moquegua		4,7	
21	23/06/2001	Arequipa/Moquegua/Tacna			8,3

Tabla 3.1 Lista de eventos sísmicos importantes que afectaron el puerto de Ilo en las ultimas 5 décadas. Los recuadros vacíos indican falta de instrumentos de lectura.



En la tabla 3.1 se muestra los sismos que se presentaron en el área de acuerdo a fecha y a intensidades (Ms, Mw y Mb). En el catálogo, la magnitud Mb representa la magnitud calculada con *Ondas Corpóreas u Ondas de Cuerpo*. Las magnitudes Mb se calcularon usando sismogramas de estaciones sísmicas de Huancayo en Perú y La Paz en Bolivia.

El catálogo especifica, además que para eventos posteriores a 1963 se ha tomado el valor de magnitud dado por CGS; para el caso de la magnitud Ms o magnitud determinada con ondas de superficie dos o tres letras identifican el observatorio. También se señala en este catálogo la magnitud macro sísmica, Mm. Por otro lado si la fuente es Ms, ésta se expresa con una aproximación de dos decimales, sin embargo si se trata de una conversión de Mb a Ms ésta se ha realizado mediante la formula de HUACO (1980) tal que:

$$Mb = 3.303 + 0.423Ms.$$

Se ha dado preferencia a esta formula -según el catálogo- debido a que la formula Richter, especialmente para eventos fuertes, no conduce a una conversión de Mb a Ms que concuerde con la magnitud Ms calculada mediante el empleo directo de las ondas superficiales. Así por ejemplo para el evento sísmico ocurrido el 31 de mayo de 1970, las magnitudes que se registraron fueron 6.6 para Mb y 7.8 para Ms, sin embargo con la formula de Richter usando 6.6 para mb obtenemos 6.5 para ms, y con la formula de Huaco se obtiene 7.78, que es un valor muy cercano al observado.

El último evento sísmico importante que afectó el muelle industrial de Ilo se desarrolló a las 15 horas 33 minutos del 23 de Junio del 2001, con una intensidad de casi 8.3 grados en al escala de magnitud propuesta por Kanamori (1977) con una duración de entre 45 y 60 segundos. De naturaleza subductiva, este sismo afectó los departamentos de Moquegua, Arequipa, Tacna y Ayacucho, con un epicentro localizado en 16.08° Latitud Sur y 73.77° Longitud Oeste en las costas del departamento de Arequipa.

Según medidas hechas en el momento del sismo se registraron aceleraciones de 0.1g cerca de Arequipa y 0.3g cerca de Moquegua. Luego de este sismo se sucedieron gran número de replicas alcanzando algunas de ellas 6 grados de magnitud.

La figura 3.2 muestra el registro sismográfico tomado en la ciudad de Moquegua desde el Complejo Deportivo del Gobierno Regional. Se superponen las componentes Up-Down, Norte-Sur, y Este-Oeste del sismo.

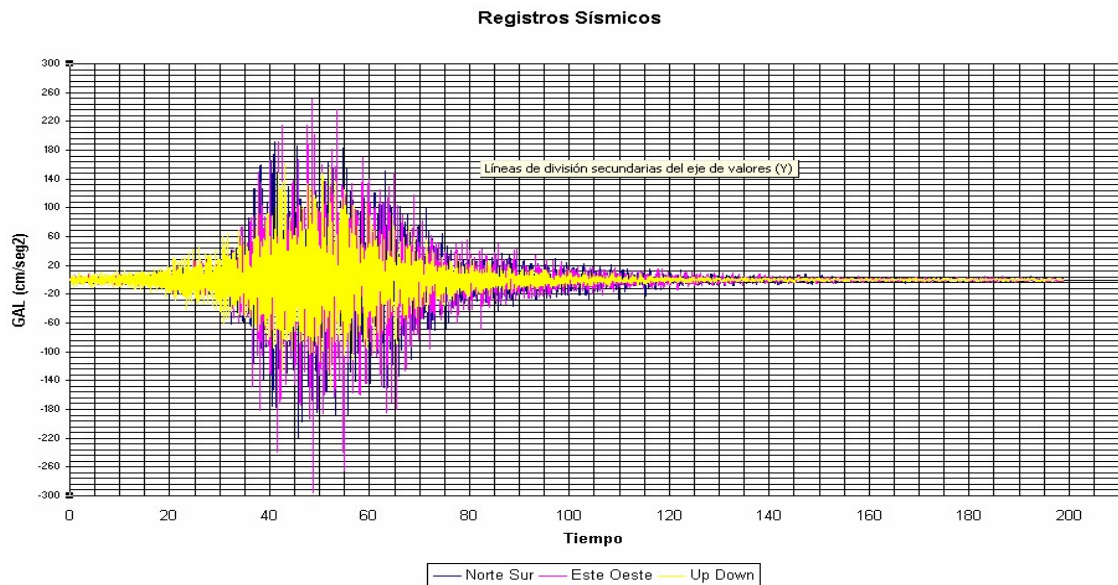


Figura 3.1 Registro sismográfico del evento sísmico del 23 de Junio del 2001

### 3.1.3 Operaciones Portuarias

Estas operaciones generan solicitudes diversas, que si bien no son significativas en intensidad, son de frecuencia constante, como son golpes leves que el muelle recibe de las embarcaciones en tránsito o la abrasión producto de tránsito de vehículos y personas.

### 3.2.-Alternativas de solución

La solución mas adecuada para la reparación del muelle considerará aspectos como el diseño original, las actividades mismas del muelle y la factibilidad de los recursos adecuados en la zona (materiales, mano de obra y equipos).

*Para el caso de la súper estructura, vigas transversales, de borde y el estribo: Sistema tradicional de reparación de concreto.*

*Para el caso de los pilotes:* Sistema de protección de barrera, sean estos con materiales tradicionales como el acero o materiales de desarrollo mas reciente como la fibra de vidrio.

Los trabajos de rehabilitación que se realicen no eliminarán el proceso de corrosión, sino que lo retardará, haciendo que un nuevo mantenimiento no sea necesario en un plazo de tiempo posterior.

3.2.1.-Súper estructura con reparación común y pilotes con encapsulado de planchas de acero.-

La súper estructura será reparada mediante los sistemas tradicionales de reparación. Estos sistemas serán descritos en las especificaciones técnicas. Los costos de estos sistemas, en general, son bastante asequibles pero es probable que los resultados no sean los óptimos.

Los recursos usados para esta etapa son los mas conocidos. Los materiales que se usarán podrán comprarse en el mercado local.

La mano de obra que se necesita para la ejecución de esta primera alternativa no será en extremo calificada, es asequible en la zona en que se desarrollara el proyecto y con buen nivel de calificación. Existen en la zona empresas constructoras capaces de realizar la operación.

De la misma manera que en el caso de la mano de obra, los equipos a usar para esta alternativa son conocidos y asequibles.

3.2.2.-Súper estructura con reparación común y pilotes con encapsulado de planchas de fibra de vidrio.-

Para este segundo caso, se propone hacer la reparación de la súper estructura con procesos tradicionales, sin embargo para el caso de los pilotes se hará uso de láminas de fibra de vidrio para la protección de los pilotes.

Conseguir planchas de fibra de vidrio en la localidad es relativamente sencillo debido a que existen diversas empresas que proveen de este material, sin embargo el trabajo de rolado de las planchas para que calcen sobre los pilotes

deberá ser cuidadosamente supervisado para que cumplan con los requisitos mínimos de calidad y evitar contrariedades en el momento de la instalación.

Comercialmente se proveen soluciones para la rehabilitación de los pilotes del muelle, las mismas que de manera integral consideran recomendaciones y materiales en un mismo paquete.



#### CAPITULO 4:

### ESTUDIO DEFINITIVO DE DAÑOS, CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Luego de haber analizado los daños presentados en el capítulo 2 se llega a la conclusión que los daños presentados en el muelle son mayoritariamente producidos por corrosión. Es evidente que ésta ha llegado a niveles importantes afectando a todos los componentes de la estructura, desde pilotes a tablero principal. Por otra parte, los eventos sísmicos y las operaciones portuarias han tenido un papel menos importante en los daños presentados, incrementando en muchos casos los daños iniciados por el proceso de corrosión.

Los principales daños que pueden afectar el desenvolvimiento de la estructura están localizados en los pilotes, ya sea en las zonas de unión con el tablero principal o en las bases, donde la fauna marina ha intensificado el daño.

Luego de haber descrito el muelle industrial, haber hecho un levantamiento de los daños observados y haber propuesto alternativas podemos definir el reto que significa la rehabilitación del muelle a su estado de diseño original.

Las siguientes, son las conclusiones que se desprenden de los tres primeros capítulos:

a.- El muelle de SPCC esta dañado por corrosión, siendo ésta la sollicitación que se evidencia en la mayoría de los daños mostrados.

b.- Las fisuras que aparecen sobre la estructura del muelle, deberán repararse de manera de asegurar una impermeabilidad suficiente.

c.- Dado que colocar las planchas de acero de  $\frac{1}{4}$ " en los pilotes nuevamente haría que dentro de poco tiempo los problemas de corrosión aparezcan nuevamente, se recomienda utilizar un método de protección tipo barrera con material diferente al del acero. Esta barrera podrá ser un material sintético u otro material resistente a las sollicitaciones propias de un pilote.

d.- La membrana o barrera que se use deberá ser resistente a las sollicitaciones del medio y a los organismos que se adhieran al pilote.

e.- La barrera que se use deberá ser tal que no afecte el normal desenvolvimiento del elemento en un sismo como para lo que fue diseñado, es decir, la barrera o camisa deberá ser lo suficientemente flexible para que no afecte el comportamiento estructural del pilote.

f.- Finalmente, la solución que aquí se proponga, no se tomará como la única; dependiendo de los materiales a disposición y de la época en que probablemente se vuelva a analizar el problema podrá haber alternativas mejores, más eficientes y/o más económicas.

g.- La reparación del muelle industrial de SPCC en la ciudad de Ilo deberá ser la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico. El análisis que se desarrollará en este documento pretenderá ser lo mas completo posible.

La experiencia en reparación en algunos países recomienda hacer reparaciones estructurales cuando su costo sea inferior al 5% del costo de reposición de edificaciones importantes de uso público y 30% en el caso de viviendas; Este costo debe de incluir la totalidad de los costos de reparación por el método usado. (Oshiro 1991).

La solución propuesta será la siguiente:

SUPER ESTRUCTURA, VIGAS TRANSVERSALES Y DE BORDE, EL ESTRIBO REPARACION COMUN Y ENCAPSULADO DE PILOTES CON PLANCHAS DE FIBRA DE VIDRIO.



**Parte Segunda:**

Desarrollo constructivo de solución propuesta.



## CAPITULO 5:

### DESARROLLO CONSTRUCTIVO DE LA SOLUCIÓN FINAL

En este capítulo se describe el desarrollo constructivo de la obra de rehabilitación.

Se hace una descripción de los condicionantes que deben tenerse en cuenta al realizar este proceso de desarrollo.

#### 5.1 Condicionantes.-

Se ha llamado condicionantes en este estudio, a los aspectos que se deben de considerar para poder realizar la rehabilitación del muelle sin interferir con las actividades propias de este.

La totalidad de condicionantes puede ser, y de hecho es, diversa, sin embargo éstas pueden ser clasificados en dos tipos:

##### 5.1.1 Actividades Portuarias.-

Las actividades de carga y descarga son las actividades portuarias más importantes y llegan a condicionar la forma en que la rehabilitación se desarrolle.

Por las características propias del muelle, una embarcación podría atracar hacia el lado norte, dejando el lado sur libre o viceversa.

##### 5.1.2 Ciclo de Mareas.-

El ciclo de mareas en Ilo es predecible durante el año mediante la TABLA DE MAREAS que la “*Dirección de Hidrografía y Navegación*” expende. En este documento se indican las predicciones de la hora y la altura de las pleamares y bajamares para todos los días del año.

Las alturas indicadas en esta tabla están referidas al nivel medio de bajamares de *Sicigias Ordinarias* (Nivel de Reducción de Sondajes) y por lo general se dan en centímetros.



Las horas usadas en esta tabla corresponden a la hora del meridiano local (Meridiano 75 Grados Oeste) Hora de zona + 5 = TMG.

## 5.2 Desarrollo Constructivo.-

En la figura 5.1 se presentan las tres etapas del proyecto global. Cada una de ellas comprende una serie de actividades específicas.

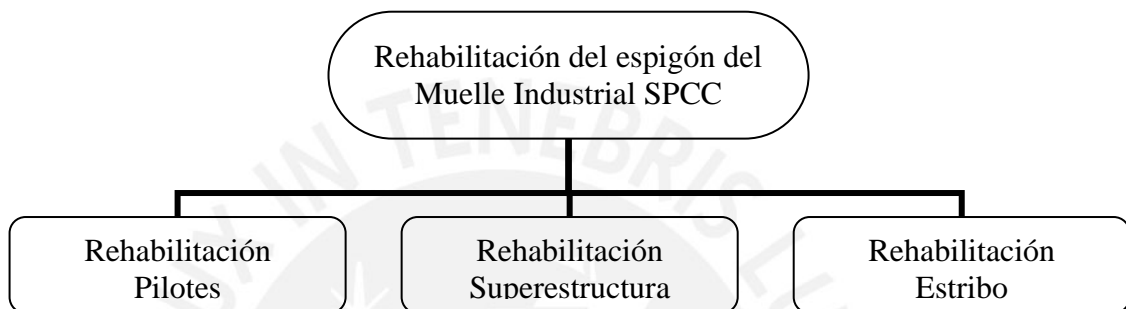


Fig. 5.1 Esquema general de Rehabilitación del Muelle Industrial de SPCC

### 5.2.1 Rehabilitación de Pilotes.-

Como ya se ha descrito, el muelle industrial está constituido por 90 pilotes distribuidos en 30 cepas de 3 elementos (pilotes) cada uno. Debido a que la reparación deberá hacerse de manera que no afecte las actividades propias de embarque y desembarque, se usará el lado norte (o lado sur, si es que fuese más conveniente) del muelle para ubicar las herramientas necesarias para el desarrollo del trabajo. Con la ayuda de botes, los buzos encargados de cortar y extraer las planchas de acero que rodean a los pilotes iniciarán su trabajo desde los pilotes del extremo del espigón. Luego de ello, se hará una limpieza con la ayuda de agua a presión del material que este suelto o en mal estado.

Luego de que la superficie del pilote ha sido limpiada se reparan las fisuras que puedan existir. Una vez que la superficie del pilote esta limpia y reparada de cualquier daño se colocan las camisetos de fibra de vidrio cuidando que cada parte quede ubicada perfectamente; además se colocan zunchos alrededor del pilote para asegurar las camisetos antes de la inyección del grout.

Una vez ubicadas y aseguradas las camisetos de fibra de vidrio, se atornillan las mangueras de la máquina de inyección a los puertos roscados. El buzo debe asegurarse que cada una de las uniones se encuentre bien enroscada con la finalidad de impedir una fuga de material.

La inyección del material se realiza de manera que no quede ningún vacío entre la camiseta y la superficie del pilote, un buzo inspeccionará el correcto llenado de la interfase pilote camiseta.

La reparación quedará completa cuando se retiren los zunchos que sostienen las camisetos y se verifique la integridad de la reparación.

### 5.2.2 Rehabilitación de Superestructura y Estribo.-



Fig. 5.2.- Actividades generales en la Rehabilitación de los pilotes

La rehabilitación de la superestructura y el estribo tendrán procedimientos similares por tener daños con características y naturaleza similares. Las figuras 5.3 y 5.4 resumen el proceso de reparación para estos dos elementos.

La reparación de zonas dañadas se iniciará con una limpieza de la zona afectada (se recomienda que ésta sea por medios mecánicos). Debe prestarse cuidado a la armadura que pueda estar presente, es posible que ésta presente síntomas de corrosión, por lo que la restauración se hace necesaria.

Una vez limpia la superficie del concreto antiguo (y restaurada la armadura, si fuese necesario), se preparará un encofrado de madera. Si es que la reparación se hace en superficie vertical o invertida. Como puente de adherencia se aplicará un adhesivo epóxico.

El mortero o concreto de reparación se vaciará en el encofrado con un método que asegure que todos los vacíos hayan sido llenados.

Luego que se ha curado el mortero o concreto de reparación por el tiempo necesario se retira el encofrado y se elimina el material excedente que haya quedado como rebaba.

El control de calidad se lleva a cavo luego que el encofrado se ha retirado.

La rehabilitación del estribo es la parte final por ser la más asequible y la



Fig. 5.3.- Actividades generales en la Rehabilitación de la superestructura.

que se hará de manera más rápida. Para iniciar los trabajos de reparación del estribo deberán haber sido concluidas las obras de rehabilitación de los pilotes y tablero principal.

La reparación del estribo se desarrollará con los mismos pasos que de la superestructura.

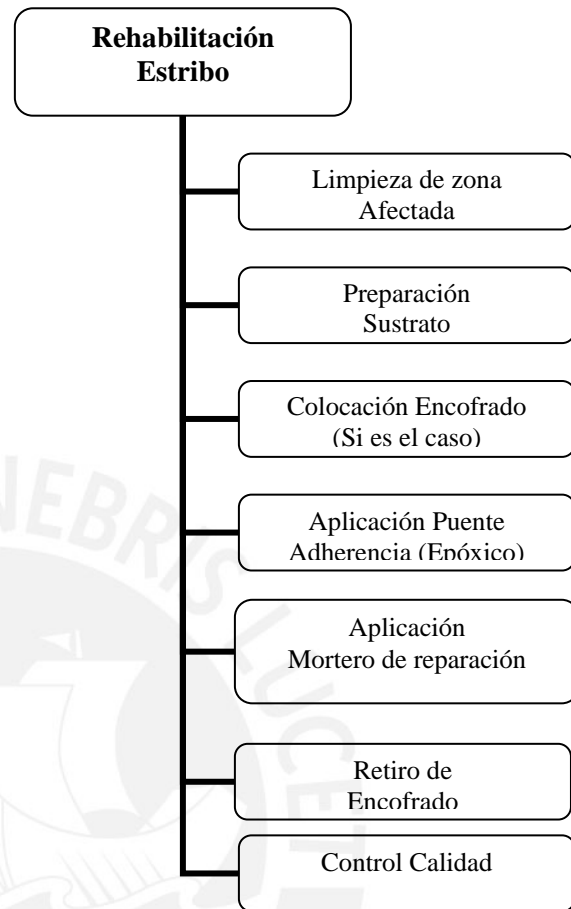


Fig. 5.4.- Actividades generales en la Rehabilitación del estribo.

## CAPITULO 6: ESPECIFICACIONES TECNICAS.

Las especificaciones técnicas para la rehabilitación del muelle industrial han sido desarrolladas en base a experiencias pasadas de trabajos similares, investigación, especificaciones de materiales y experiencia laboral del autor de este trabajo y tienen como objetivo definir lo necesario para asegurar resultados satisfactorios en el proceso de rehabilitación.

En este capítulo haremos mención y una breve descripción de las especificaciones de las actividades menos comunes en trabajos de rehabilitación como éste, mas adelante en el anexo No 1 se ha incluido un modelo de como deben de ser, según nuestro punto de vista, las especificaciones técnicas para un proyecto real considerando no sólo los procedimientos de rehabilitación misma sino también las condiciones y procesos complementarios durante la realización de los trabajos.

### 6.1 Consideraciones para el desarrollo de especificaciones técnicas.

El desarrollo de las especificaciones técnicas del proyecto de rehabilitación del muelle industrial se ha pensado y estructurado en base a las consideraciones siguientes:

- El muelle industrial de Southern Copper Corporation es una estructura importante a nivel nacional.
- El proyecto de rehabilitación total se lleva a cabo sin un número elevado de experiencias previas en el país, actualmente sólo los pilotes del muelle de Pisco han sido rehabilitados con el método de encapsulamiento de pilotes.
- Como partícipes del proyecto se definen a la empresa propietaria del muelle (el propietario y representante), la empresa supervisora (la supervisión) y la empresa encargada de ejecutar los trabajos (el contratista).
- Si bien gran parte de las actividades necesarias en la rehabilitación son conocidas en el medio, también existen otras que no lo son, como el vaciado del mortero entre el revestimiento de fibras de vidrio y el procedimiento mismo de la encapsulación de los pilotes con fibra de vidrio.
- El desarrollo constructivo de la rehabilitación se realiza sin detener las

actividades normales del muelle y con tráfico de embarcaciones.

- El periodo de tiempo que dura la obra debe ser el menor posible por lo que se consideran horarios de 24 horas.
- Se intentó planificar la totalidad de las actividades de manera de evitar que en obra se improvisaran soluciones.
- Además de las actividades propias de la rehabilitación se han incluido actividades complementarias como las referidas a seguridad del personal, horario de trabajo y cuidado del medio ambiente.

## 6.2 Actividades no comunes.

Hemos definido actividades no comunes a aquellas que se han ejecutado en esta obra de rehabilitación y no son ejecutadas en nuestro medio comúnmente, por el entorno en que se realizan, el material y técnica; en las líneas siguientes se enumeran las actividades no comunes más representativas:

### 6.2.1 Acceso debajo del muelle

El acceso a las zonas de trabajo ubicadas debajo del muelle debe ser tal que permita que el trabajador cuente con un adecuado espacio de trabajo y tránsito. Para el caso de la reparación en el muelle industrial se construyeron andamios apoyados sobre la estructura y se colocaron líneas de vida en la que los trabajadores enganchaban sus arneses; también fue necesario en algunos casos hacer uso de embarcaciones adicionales que se posesionaran y proporcionen mejor acceso. En la foto 6.1 se muestran el andamio construido y la línea de vida.



Figura 6.1: Andamio y línea de vida apoyados sobre la estructura.



### 6.2.2 Retiro de los fustes de acero.

Los pilotes del muelle están sumergidos gran parte de su longitud por lo que el retiro de los fustes originales de acero deben ser retirados por buzos, siendo estos buzos entrenados para el manejo de herramientas de corte, de colocación de armadura y de inyección de mortero bajo el agua.

Figura 6.2: Trabajador realizando corte del fuste de acero en pilote.



El retiro de los fustes de acero debe hacerse por partes, cuadriculando el área, cortando y retirando cada parte hasta completar la totalidad de la superficie del pilote. La figura 6.2 muestra a un operario realizando esta tarea sobre el andamio construido.

### 6.2.3 Preparación y limpieza de sustrato.

A diferencia de una limpieza de sustrato al aire libre, hacer ésta bajo agua implica tener consideraciones especiales en las herramientas utilizadas, así el agua a presión deberá ser el material de limpieza y estar a una presión no menor de 45,000 psi para lograr una superficie limpia de material deleznable y orgánico. La figura 6.3 muestra la prueba de presión para antes de ejecutar la limpieza del sustrato.

Debe tenerse en cuenta que la limpieza del sustrato debe hacerse lo mas



próxima a la fecha en que se colocarán las planchas de fibra de vidrio para evitar que vuelva ha aparecer material orgánico sobre la superficie ha revestir. En todo caso lo recomendable es hacerla con no más de 72 horas desde que se termina con la limpieza e instantes previos a la inyección del grout.

Figura 6.3: Prueba de presión de agua antes de la limpieza de superficie.



#### 6.2.4 Reparación o rehabilitación de armadura.

Al igual que cualquier estructura en el que el refuerzo ha sido dañado este debe restaurarse o si el daño ha sido grave debe reemplazarse, sin embargo al estar bajo el agua deberá tomarse la precaución de que la limpieza sea muy próxima a su recubrimiento y se usen aditivos inhibidores de corrosión para cubrirlos nuevamente.

Para la protección de la armadura nueva hemos considerado que es suficiente con el mortero de relleno, sin embargo existen otras alternativas como la protección electroquímica o los inhibidores de corrosión que están disponibles comercialmente.

#### 6.2.5 Encapsulamiento de pilotes.

El encapsulado de los pilotes es la tarea más importante de la rehabilitación del muelle y empieza inmediatamente después que se ha limpiado el área a revestir, luego de ello se colocan y anclan las camisas de fibra de vidrio y se rellena el espacio entre estas y el pilote con mortero adecuado. Las figuras 6.4 y 6.5 muestran dos de estas etapas.



Figura 6.4: Anclaje de las camisas de fibra de vidrio.

Tanto las chaquetas de fibra de vidrio como el mortero usado para la inyección tienen características especiales que serán descritas en capítulos posteriores.

Figura 6.5: Se aprecia el buzo con un martillo golpeando suavemente la chaqueta de fibra de vidrio para extraer las burbujas de aire que hayan podido quedar.



## CAPITULO 7:

### CRONOGRAMA DE OBRA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

El cronograma de trabajo de la obra de rehabilitación del muelle industrial se desarrolla en un diagrama de Gantt realizado con el software Microsoft Project 2003.

#### 7.1 Actividades consideradas.-

Para el desarrollo del cronograma de obra hemos considerado las siguientes actividades:

##### **I. Trabajos Preliminares**

Instalación de oficinas y almacén provisionales.

Transporte de equipos y materiales a zona de obra.

Colocación de señalización en zona de trabajo.

##### **II. Rehabilitación de Pilotes (Zona Splash).**

Habilitación de Ingresos y andamios

Retiro de fustes de acero.

Preparación de Sustrato

Limpieza de Sustrato

Restauración de armadura

Colocación de las chaquetas de fibra de vidrio, anclaje e Inyección de grout.

##### **III. Rehabilitación de Vigas transversales y Pilotes (Zona fuera Splash).**

Habilitación de Ingresos y andamios.

Colocación Línea de Vida y Señalización.

Demarcación de la zona de trabajo.

Preparación de Sustrato

Limpieza de Sustrato

Restauración de armadura

Rehabilitación de concreto dañado.

Curado

##### **IV. Rehabilitación Súper Estructura y Estribo.**

Habilitación de Ingresos

Colocación de Línea de vida y Señalización

Preparación de Sustrato

Limpieza de Sustrato  
Restauración de armadura  
Rehabilitación de concreto dañado.  
Curado

## V. Entrega formal de muelle

Para cada una de estas actividades se desarrolla el respectivo análisis de costo en el capítulo IX.

### 7.2 Recursos.

Los recursos para la realización de este proyecto fueron analizados íntegramente en este trabajo pues originalmente sólo se hizo trabajos de parchado en algunas zonas de los pilotes en que la corrosión había dañado seriamente los fustes de acero.

Dentro de la definición de recursos se ha tomado en cuenta a:

- I. Mano de Obra.
- II. Herramientas y Equipos.
- III. Materiales.

En la tabla 7.1 se hace una lista de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto completo, además de analizar sus costos y unidades disponibles.

En la tabla 7.2 se hace un análisis de la duración aproximada de las tareas de acuerdo a rendimientos calculados en base a experiencias en trabajos similares e investigación.

Descripción de Recursos para "Rehabilitación Muelle Industrial"

Tipo de Cambio: 3.25

	UND	Actividades Relacionadas	Horario	# disponible	Costo/hora	Costo/hora extra	
						Soles	Soles
<b>I.- Mano de Obra</b>							
1 Ingeniero Residente	HH	TODAS	Standard	1.00	30.00		
2 Ingeniero Seguridad	HH	TODAS	Standard	4.00	30.00		
3 Ingeniero Asistente	HH	TODAS	Standard	2.00	15.00		
4 Capataz Standard	HH		Standard	5.00	14.69		15.42
Capataz Noche 1	HH		Noche 1	1.00	16.89		
Capataz Noche 2	HH		Noche 2	1.00	19.10		
Capataz Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1	1.00	19.83		
Capataz Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2	1.00	21.30		
5 Albañil Standard	HH		Standard	9.00	14.00		14.70
Albañil Noche 1	HH		Noche 1	1.00	16.10		
Albañil Noche 2	HH		Noche 2	1.00	18.20		
Albañil Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1	1.00	18.90		
Albañil Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2	1.00	20.30		
6 Oficial Standard	HH		Standard	8.00	10.13		10.64
Oficial Noche 1	HH		Noche 1	1.00	11.65		
Oficial Noche 2	HH		Noche 2	1.00	13.17		
Oficial Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1	1.00	13.68		
Oficial Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2	1.00	14.69		
7 Ayudante Standard	HH		Standard	16.00	9.15		9.61
Ayudante Noche 1	HH		Noche 1	1.00	10.52		
Ayudante Noche 2	HH		Noche 2	1.00	11.90		
Ayudante Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1	1.00	12.35		
Ayudante Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2	1.00	13.27		
8 Operador de equipo Estándar	HH		Standard	4.00	11.30		11.87
Operador de equipo Noche 1	HH		Noche 1	1.00	13.00		
Operador de equipo Noche 2	HH		Noche 2	1.00	14.69		
Operador de equipo Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1	1.00	15.26		
Operador de equipo Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2	1.00	16.39		
9 Buzo Standard	HH		Standard	10.00	27.00		28.35
Buzo Noche 1	HH		Noche 1		31.05		
Buzo Noche 2	HH		Noche 2		35.10		
Buzo Fin Semana 1	HH		Fin Semana 1		36.45		
Buzo Fin Semana 2	HH		Fin Semana 2		39.15		
<b>II.- Herramientas y Equipo</b>							
1 Compresora	HM			2.00	216.55		
2 Equipo de Inyección	HM			2.00	180.00		
3 Mezcladora Grout (2 ft3)	HM			2.00	15.05		
4 Mezcladora Concreto (16 ft3)	HM			2.00	31.50		
5 Herramientas Manuales	HM			5.00	3.50		
6 Equipo Manual de Corte	HM			3.00	0.85		
7 Hidrolavadora	HM			3.00	10.00		
8 Andamios Metálicos	HM			8.00	1.50		
9 Vibrador eléctrico	HM			4.00	8.55		
10 Taladro de Paleta de baja revolución.	HM			4.00	1.00		
11 Señales de Seguridad	HM			4.00	7.50		
<b>III.- Materiales</b>							
1 Grout (APE GROUT)	kg				5.03		
2 Alambre #8	kg				2.49		
3 Acero #4	kg				2.49		
4 Acero #6	kg				2.49		
5 Acero #9	kg				2.49		
6 Acero #10	kg				2.49		
7 Acero #11	kg				2.49		
8 Mortero de reparación	kg				0.24		
9 Chaqueta de fibra de vidrio	25"DX9.843" X1/8"	UND			1,400.00		
10 Adhesivo epóxico para sellado de camisetos FV	KIT (2 gal)				503.75		
11 Adhesivo epóxico (concreto liquid LPL)	Kit (1 gal)				357.50		
12 Curador Químico (masterkure 123)	L				3.75		
13 Concreto para reparación (Cemento Tipo I)	m3				208.00		
14 Concreto para reparación (Cemento Tipo V)	m3				234.00		

Tabla 7.1 Recursos necesarios para el proyecto de rehabilitación del muelle industrial de SPCC.



<b>Actividades y Costeo de Rehabilitación Muelle Industrial</b>										
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad Total</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Rendimiento Promedio</b>		<b>Duración Aproximada</b>		<b>P.U. Estimado /UNIDAD</b>	<b>M.O.</b>	<b>Materiales</b>	<b>Herramientas y Equipos</b>
			<b>Unidad/tiempo</b>				<b>S/.</b>			
1 día=1 jornada= 8 horas										
<b>No. Proyecto de Rehabilitación Muelle Industrial SPCC</b>										
<b>Trabajos Preliminares</b>										
1	1.00	Global			6.00	días	8,240.00			
2	1.00	Gobal			3.00	días	3,500.00			
3	1.00	Global			3.00	días	1,000.00			
<b>Rehabilitación de Pilotes (Zona Splash).</b>										
4	1.00	Global	0.33		3.00	días	2,500.00			
5	90.00	unid	6.00	unid/día	15.00	días	186.52	168.85	0.00	17.67
6	945.50	m2	32.00	m2/día	29.55	días	149.63	35.90	0.00	113.74
7	945.50	m2	32.00	m2/día	29.55	días	259.62	33.07	0.00	226.55
8	91.33	kg	10.00	kg/día	30.00	días	83.32	69.59	5.33	8.40
9	90.00	unid	3.00	unid/día	30.00	días	2,907.52	426.51	1,423.56	1,057.46
<b>Rehabilitación de Vigas transversales y Pilotes (Zona fuera Splash).</b>										
10	1.00	Global	0.50		2.00	días	2,500.00			
11	1.00	Global	0.50		2.00	días	750.00			
12	1.00	Global	0.50		2.00	días	750.00			
13	738.55	m2	25.00	m2/día	29.54	días	41.51	35.64	0.00	5.87
14	738.55	m2	25.00	m2/día	29.54	días	107.20	34.70	0.00	72.50
15	365.32	kg	12.50	kg/día	30.00	días	53.29	41.24	5.33	6.72
16	40.51	m3	1.35	m3/día	30.00	días	1,230.37	732.07	250.38	247.92
17	738.55	m2	25.00	m2/día	30.00	días	6.72	4.85	0.75	1.12
<b>Rehabilitación Super Estructura y Estribo.</b>										
18	1.00	Global	0.50		2.00	días	2,500.00			
19	1.00	Global	0.50		2.00	días	750.00			
20	650.00	m2	32.50	m2/día	20.00	días	27.31	22.58	0.00	4.73
21	650.00	m2	32.50	m2/día	20.00	días	87.14	27.06	0.00	60.07
22	762.05	kg	38.50	kg/día	20.00	días	26.80	20.50	2.66	3.64
23	19.50	m3	0.98	m3/día	20.00	días	1,446.44	993.53	250.38	202.53
24	650.00	m2	32.50	m2/día	20.00	días	6.08	4.47	0.75	0.86
25	1.00	Global	1.00		1.00	días	250.00			

**Tabla 7.2 Análisis duración aproximada de actividades.**

## CAPITULO 8: HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Las herramientas y equipos usados en la obra de rehabilitación del muelle industrial los catalogaremos como herramientas manuales y equipos.

8.1 Herramientas manuales. Serán aquellas utilizadas sin ningún tipo de fuerza adicional que no sea la humana. Entre ellas tenemos:

- Cinceles y puntas.
- Combas.
- Frotachos.
- Paletas.
- Cubetas o baldes.
- Carretillas o buguis.
- Cizallas.
- Sierras para acero o madera.
- Cepillos con cerdas de metal.
- Otros como desarmadores, alicates, etc.

8.2 Equipos. Los equipos serán aquellos que sean impulsados o necesiten fuerza adicional para trabajar.

Entre ellos tenemos, entre los más importantes, a:

- a. Equipo de corte, equipada con disco de corte y propulsada con energía eléctrica. El equipo de corte se usara para la delimitación del área a reparar.
- b. Martillo neumático, para las demoliciones masivas en elementos como el estribo y parte superior de la losa del muelle; impulsado con aire comprimido.
- c. Mezcladora Mecánica, para la preparación en obra del mortero y/o concreto de reparación.
- d. Vibrador Eléctrico, para el acomodo del material en las reparaciones con espacios reducidos.
- e. Compresora de aire y accesorios de inyección, de manera que permitan la aplicación de materiales como agua, fría o caliente, arena u otro abrasivo para pulir y preparar superficies.

Las presiones recomendadas para este tipo de trabajo están en el orden de



70 mega pascales.

- f. Bomba de Inyección de Grout. La cual asegura la correcta aplicación del grout en el encamisado de los pilotes y permite que el agua brote por la parte superior de la camiseta de fibra de vidrio.
- g. Hidrolavadora, que permita el uso de agua a alta presión para la limpieza de sustrato. Generalmente la presión necesaria esta en el rango de 69 a 310 MPa. Puede usarse agua mezclada con algún otro abrasivo.
- h. Taladro de Paleta de baja revolución, para el mezclado de materiales bi y poli componentes.



## CAPITULO 9: PRESUPUESTO

En este último capítulo se desarrolla el presupuesto estimado de la rehabilitación del muelle en base a análisis de costo de las partidas más importantes.

### 9.1 Análisis de Costo.-

A continuación se detallan los análisis de costo de las partidas desarrolladas más importantes. Para mantener el orden se numeran de acuerdo al número de partida del presupuesto.

En la elaboración de estos análisis se han tomado costos de materiales y rendimientos de obra de rehabilitación de pilotes mediante el método de encapsulado de pilotes que se han ejecutado anteriormente, la mayoría en Estados Unidos de América y en Perú.

Cada análisis tiene una descripción breve de lo que consiste y de las unidades en que se mide.

#### 9.1.1 Rehabilitación de pilotes en zona splash:

La rehabilitación de la zona splash es la más delicada del proceso pues no sólo es la zona expuesta a mayor daño por corrosión sino que también es una zona que se encuentra dentro del rango de variación del nivel de marea por lo que su rehabilitación es la que contiene mayor margen de incertidumbre en el periodo de realización.

Se ha asumido que las actividades se han realizado de manera continua sin interrupción en su periodo de ejecución.

2.02	<b>Retiro de fustes de acero.</b>			Costo por UNIDAD (Soles):	186.52
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.10			
Ingeniero de Seguridad		0.55			
Buzo Estándar		3.00			
Ayudante Estándar		3.00			
				<b>Rendimiento:</b>	
				6.00	Unidades / día
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0750	30.00	2.25	
Ingeniero de Seguridad	HH	0.7333	30.00	22.00	
Buzo Estándar	HH	4.0000	27.00	108.00	
Ayudante Estándar	HH	4.0000	9.15	36.60	
				<b>168.85</b>	
<b>Materiales.-</b>					
				<b>0.00</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas manuales	HM	4.0000	3.50	14.00	
Equipo Manual de corte	HM	4.0000	0.85	3.40	
Otros (Electricidad, etc)		0.25	1.0875	0.27	
				<b>17.67</b>	

El retiro de fustes de acero consiste en el corte de dicho fuste longitudinalmente y transversalmente para luego retirarlo por partes desde la parte inferior del pilote a la superior. Esta tarea se ejecuta con tres buzos y tres ayudantes supervisados por el ingeniero residente y de seguridad y no emplea materiales.

El rendimiento debe considerarse en condiciones normales de viento marea y con tráfico normal de naves en el muelle. El retiro de los fustes de acero será expresado en unidades.

El retiro de fustes de acero se expresa en unidades.

2.03	<b>Preparación de Sustrato en Pilotes Zona Splash</b>		Costo por m2 (Soles):	149.63
<b>Cuadrilla:</b>				
Ingeniero Residente	0.15			
Ingeniero de Seguridad	0.75			
Capataz Estandar	1.00			
Ayudante Estándar	4.00			
Buzo Estándar	2.00		<b>Rendimiento:</b>	
Operador de Equipo Estándar	1.00		32.00	m2 /día
<b>Descripción del Insumo</b>				
	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Parcial</b>
<b>Mano de Obra.-</b>				
Ingeniero Residente	HH	0.0375	30.00	1.13
Ingeniero de Seguridad	HH	0.1875	30.00	5.63
Capataz Estandar	HH	0.2500	14.69	3.67
Ayudante Estándar	HH	1.0000	9.15	9.15
Buzo Estándar	HH	0.5000	27.00	13.50
Operador de Equipo Estándar	HH	0.2500	11.30	2.83
				<b>35.90</b>
<b>Materiales.-</b>				
				<b>0.00</b>
<b>Herramientas y Equipos.-</b>				
Herramientas manuales	HM	1.5000	3.50	5.25
Equipo Manual de corte	HM	0.2500	0.85	0.21
Compresora	HM	0.5000	216.55	108.27
				<b>113.74</b>

La preparación del sustrato en zona de splash consiste en demarcar y perfilar el área que se va a limpiar posteriormente. Debe retirarse cualquier material deleznable o suelto hasta alcanzar la zona de hormigón sano obteniendo una superficie lo suficientemente rugosa.

La preparación del sustrato también debe considerar remover el concreto alrededor de barras de refuerzo que se aprecien con problemas de corrosión en por lo menos 2,5 centímetros alrededor de estas.

El área preparada será expresada en m2.

2.04	<b>Limpieza de sustrato</b>			Costo por m2 (Soles):	259.62
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente.		0.15			
Ingeniero de Seguridad		0.75			
Capataz Estandar		1.00			
Ayudante Estándar		4.00			
Buzo Estándar		2.00			
			<b>Rendimiento:</b>	32.00	m2 /día
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente.	HH	0.0375	30.00	1.13	
Ingeniero de Seguridad	HH	0.1875	30.00	5.63	
Capataz Estandar	HH	0.2500	14.69	3.67	
Ayudante Estándar	HH	1.0000	9.15	9.15	
Buzo Estándar	HH	0.5000	27.00	13.50	
				<b>33.07</b>	
<b>Materiales.-</b>					
				<b>0.00</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Compresora	HM	1.0000	216.55	216.55	
Hidrolavadora	HM	1.0000	10.00	10.00	
				<b>226.55</b>	

La limpieza del sustrato se realiza con ayuda de agua a presión luego que el área ha sido preparada. Para ejecutar esta limpieza se recomienda lo siguiente:

- Iniciar la limpieza desde las partes mas profundas y aplicando el chorro de agua en forma ligeramente inclinada.
- Ejecutar la limpieza con movimientos circulares que cubran la totalidad de la zona.
- El personal que realice esta labor deberá estar capacitado.

Puede darse el caso en que la limpieza de la zona de interés deba hacerse en dos etapas o en más si es que lo agresivo del medio así lo amerita.

El área limpiada será expresada en m2.

2.05	<b>Restauración de Armadura</b>			Costo por kg (Soles):	<b>83.32</b>
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		<b>0.15</b>			
Ingeniero Seguridad		<b>0.75</b>			
Capataz Estándar		<b>1.00</b>			
Ayudante Estándar		<b>2.00</b>			
Buzo Estándar		<b>1.00</b>			
			<b>Rendimiento:</b>		
			<b>10.00</b>	kg/día	
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	<b>0.1200</b>	30.00	3.60	
Ingeniero Seguridad	HH	<b>0.6000</b>	30.00	18.00	
Capataz Estándar	HH	<b>0.8000</b>	14.69	11.75	
Ayudante Estándar	HH	<b>1.6000</b>	9.15	14.64	
Buzo Estándar	HH	<b>0.8000</b>	27.00	21.60	
				<b>69.59</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Acero	kg	<b>1.0700</b>	2.49	2.66	
Alambre # 8	kg	<b>1.0700</b>	2.49	2.66	
				<b>5.33</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	<b>2.4000</b>	3.50	8.40	
				<b>8.40</b>	

La restauración de la armadura debe realizarse con el mayor cuidado posible. Debe asegurarse de que el acero repuesto no se mueva del lugar en que se le coloca al momento de incluir el material de relleno.

Las longitudes de traslape son las recomendadas por el American Concrete Institute.

La armadura restaurada será expresada en kilogramos.

2.06	<b>Colocación de las chaquetas de fibra de vidrio, anclaje e Inyección de grout.</b>			Costo por Und (Soles):	2,907.52
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.70			
Capataz Estandar		1.00			
Ayudante Estándar		3.00			
Operador de Equipo Estándar		1.00			
Buzo Estándar		3.00			
				<b>Rendimiento:</b>	
				3.00 und/día	
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.4000	30.00	12.00	
Ingeniero Seguridad	HH	1.8667	30.00	56.00	
Capataz Estandar	HH	2.6667	14.69	39.17	
Ayudante Estándar	HH	8.0000	9.15	73.20	
Operador de Equipo Estándar	HH	2.6667	11.30	30.13	
Buzo Estándar	HH	8.0000	27.00	216.00	
				<b>426.51</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Grout (APE GROUT)	kit	0.7366	5.03	3.71	
Adhesivo epóxico para sellado de camisetos FV	kit	0.0394	503.75	19.85	
Chaqueta de fibra de vidrio	und	1.0000	1,400.00	1,400.00	
				<b>1,423.56</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Compresora	HM	2.6667	216.55	577.46	
Equipo de Inyección	HM	2.6667	180.00	480.00	
				<b>1,057.46</b>	

Antes de colocar las chaquetas de fibra de vidrio toda el área debe estar limpia de cualquier material extraño y que pueda desprenderse en el momento de anclaje o llenado del grout. La limpieza hecha antes de colocar las chaquetas debe haberse hecho antes de los 7 días, pues de haber transcurrido mas de ese tiempo no puede asegurarse que hongos o demás pueda haber vuelto a aparecer.

El graout debe inyectarse con la ayuda de un equipo de inyección preparado especialmente para este trabajo. Los detalles se describen en la sección correspondiente de las especificaciones técnicas.

Las chaquetas de fibra de vidrio colocadas serán expresadas en unidades.



9.1.2 Rehabilitación de vigas transversales y pilotes (fuera de zona splash):

La rehabilitación de las vigas transversales se realiza con la ayuda de andamios colocados bajo el tablero del muelle y que permiten a los trabajadores trabajar con seguridad.

3.04	<b>Preparación Sustrato</b>			Costo por m2 (Soles):	41.51
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estándar		1.00			
Albañil Estándar		2.00			
Ayudante Estándar		3.00			
Operador de Equipo Estándar		1.00			
<b>Rendimiento:</b>					
25.00 m2/día					
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0480	30.00	1.44	
Ingeniero Seguridad	HH	0.2400	30.00	7.20	
Capataz Estándar	HH	0.3200	14.69	4.70	
Albañil Estándar	HH	0.6400	14.00	8.96	
Ayudante Estándar	HH	0.9600	10.13	9.72	
Operador de Equipo Estándar	HH	0.3200	11.30	3.62	
				<b>35.64</b>	
<b>Materiales.-</b>					
				0.00	
				<b>0.00</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Equipo Manual de Corte	HM	0.3200	0.85	0.27	
Herramientas Manuales	HM	1.6000	3.50	5.60	
				<b>5.87</b>	

La preparación del sustrato se hará con el uso de herramientas de corte y manuales y se ejecutará por personal capacitado.

El área preparada será expresada en m2.

3.05	Limpieza de Sustrato			Costo por m2 (Soles):	107.20
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estandar		1.00			
Albañil Estándar		2.00			
Ayudante Estándar		3.00			
Operador de Equipo Estándar		1.00			
<b>Rendimiento:</b>					
25.00 m2/día					
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0480	30.00	1.44	
Ingeniero Seguridad	HH	0.2400	30.00	7.20	
Capataz Estandar	HH	0.3200	14.69	4.70	
Albañil Estándar	HH	0.6400	14.00	8.96	
Ayudante Estándar	HH	0.9600	9.15	8.78	
Operador de Equipo Estándar	HH	0.3200	11.30	3.62	
				<b>34.70</b>	
<b>Materiales.-</b>					
				0.00	
				<b>0.00</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Hidrolavadora	HM	0.3200	10.00	3.20	
Compresora	HM	0.3200	216.55	69.30	
Herramientas manuales	HM	1.9200	3.50	6.72	
				<b>72.50</b>	

La limpieza del sustrato se realizará con hidrolavadora en la zona de pilotes y con aire comprimido en la zona de las vigas transversales.

El área limpiada será expresada en m2.

3.06	Restauración de Armadura			Costo por kg (Soles):	53.29
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estándar		0.35			
Albañil Estándar		1.00			
Ayudante Estándar		2.00			
				<b>Rendimiento:</b>	
				12.50 kg/día	
Descripción del Insumo		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0960	30.00	2.88	
Ingeniero Seguridad	HH	0.4800	30.00	14.40	
Capataz Estándar	HH	0.2240	14.69	3.29	
Albañil Estándar	HH	0.6400	14.00	8.96	
Ayudante Estándar	HH	1.2800	9.15	11.71	
					<b>41.24</b>
<b>Materiales.-</b>					
Acero	kg	1.0700	2.49	2.66	
Alambre #8	kg	1.0700	2.49	2.66	
					<b>5.33</b>
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	1.9200	3.50	6.72	
					<b>6.72</b>

El acero restaurado será expresado en kilogramos.

3.07	Rehabilitación Concreto Dañado			Costo por m3 (Soles):	1,230.37
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estándar		0.85			
Albañil Estándar		3.00			
Ayudante Estándar		4.00			
<b>Rendimiento:</b>					
1.35 m3/día					
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.8886	30.00	26.66	
Ingeniero Seguridad	HH	4.4430	30.00	133.29	
Capataz Estándar	HH	5.0354	14.69	73.97	
Albañil Estándar	HH	17.7721	14.00	248.81	
Ayudante Estándar	HH	23.6961	10.52	249.34	
				<b>732.07</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Concreto para reparación (Cemento Tipo V)	m3	1.0700	234.00	250.38	
				<b>250.38</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	41.4682	3.50	145.14	
Vibrador Eléctrico	HM	23.6961	4.00	94.78	
Andamios Metálicos	HM	1.0000	8.00	8.00	
				<b>247.92</b>	

La rehabilitación del concreto se realizará luego que el área haya sido limpiada y de ser el caso se coloque el encofrado necesario.

El concreto rehabilitado será expresado en m3.

3.08	<b>Curado</b>			Costo por m2 (Soles):	6.72
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.05			
Ingeniero de seguridad		0.15			
Ayudante Estándar		1.00			
<b>Rendimiento:</b>					
25.00 m2/día					
Descripción del Insumo					
Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial		
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0160	30.00	0.48	
Ingeniero Seguridad	HH	0.0480	30.00	1.44	
Ayudante Estándar	HH	0.3200	9.15	2.93	
				<b>4.85</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Curador químico	I	0.2000	3.75	0.75	
				<b>0.75</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	0.3200	3.50	1.12	
				<b>1.12</b>	

El curado se realiza luego de que ha sido colocado el concreto y para ello se usará un curador químico.

El área curada se expresará en m<sup>2</sup>.

9.1.3 Rehabilitación de la súper estructura y el estribo:

La rehabilitación de la superestructura y el estribo se ejecutan con procedimientos estándar de rehabilitación.

4.03	<b>Preparación de Sustrato</b>			Costo por m2 (Soles):	27.31
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.15			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estándar		1.00			
Operador de Equipo estándar		2.00			
Ayudante Estandar		3.00			
			<b>Rendimiento:</b>	32.50	m2/día
<b>Descripción del Insumo</b>					
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0369	30.00	1.11	
Ingeniero Seguridad	HH	0.1846	30.00	5.54	
Capataz Estándar	HH	0.2462	14.69	3.62	
Operador de Equipo estándar	HH	0.4923	11.30	5.56	
Ayudante Estandar	HH	0.7385	9.15	6.76	
				<b>22.58</b>	
<b>Materiales.-</b>					
				0.00	
				0.00	
				<b>0.00</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Equipo Manual de corte	HM	0.4923	0.85	0.42	
Herramientas manuales	HM	1.2308	3.50	4.31	
				<b>4.73</b>	

La preparación del sustrato se realiza con herramientas manuales y el perfilado con herramientas de corte.

El área preparada se expresará en m2.

4.04	Limpieza de Sustrato			Costo por kg (Soles):	87.14
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		0.20			
Ingeniero Seguridad		0.75			
Capataz Estándar		1.00			
Albañil Estándar		2.00			
Ayudante Estándar		3.00			
Operador de Equipo Estándar		1.00			
				<b>Rendimiento:</b>	
				32.50	kg/día
Descripción del Insumo		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0492	30.00	1.48	
Ingeniero Seguridad	HH	0.1846	30.00	5.54	
Capataz Estándar	HH	0.2462	14.69	3.62	
Albañil Estándar	HH	0.4923	14.00	6.89	
Ayudante Estándar	HH	0.7385	9.15	6.76	
Operador de Equipo Estándar	HH	0.2462	11.30	2.78	
					<b>27.06</b>
<b>Materiales.-</b>					
					0.00
					0.00
					<b>0.00</b>
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	1.2308	3.50	4.31	
Hidrolavadora	HM	0.2462	10.00	2.46	
Compresora	HM	0.2462	216.55	53.30	
					<b>60.07</b>

La limpieza del sustrato se realizará con aire comprimido y agua a presión.

El área limpiada se expresará en m2.



4.05	<b>Restauración Armadura</b>			<b>Costo por kg (Soles):</b>	<b>26.80</b>
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente		<b>0.20</b>			
Ingeniero de seguridad		<b>0.75</b>			
Capataz Estándar		<b>1.00</b>			
Albañil Estándar		<b>2.00</b>			
Ayudante Estándar		<b>3.00</b>			
<b>Rendimiento:</b>					
38.50 kg/día					
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	<b>0.0416</b>	<b>30.00</b>	1.25	
Ingeniero de seguridad	HH	<b>0.1558</b>	<b>30.00</b>	4.68	
Capataz Estándar	HH	<b>0.2078</b>	<b>14.69</b>	3.05	
Albañil Estándar	HH	<b>0.4156</b>	<b>14.00</b>	5.82	
Ayudante Estándar	HH	<b>0.6234</b>	<b>9.15</b>	5.70	
				<b>20.50</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Acero	kg	<b>1.07</b>	<b>2.49</b>	2.66	
Alambre #8	kg	<b>1.07</b>	<b>2.49</b>	2.66	
				<b>2.66</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	<b>1.0390</b>	<b>3.50</b>	3.64	
				<b>3.64</b>	

El acero restaurado será expresado en kilogramos.

4.06	<b>Rehabilitación Concreto Dañado</b>			Costo por m3 (Soles):	1,446.44
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente	0.25				
Ingeniero Seguridad	0.75				
Capataz Estándar	0.85				
Albañil Estándar	3.00				
Ayudante Estándar	4.00				
			<b>Rendimiento:</b>		
			0.98	kg/día	
Descripción del Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	2.0513	30.00	61.54	
Ingeniero Seguridad	HH	6.1538	30.00	184.62	
Capataz Estándar	HH	6.9744	14.69	102.45	
Albañil Estándar	HH	24.6154	14.00	344.62	
Ayudante Estándar	HH	32.8205	9.15	300.31	
				<b>993.53</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Concreto para reparación (Cemento Tipo V)	m3	1.0700	234.00	250.38	
				<b>250.38</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas Manuales	HM	57.4359	3.50	201.03	
Andamios Metálicos	HM	1.0000	1.50	1.50	
Vibrador eléctrico	HM	32.8205		0.00	
				<b>202.53</b>	

La rehabilitación del concreto se realizará luego que el área haya sido limpiada y de ser el caso se coloque el encofrado necesario.

El concreto rehabilitado será expresado en m3.

4.07	<b>Curado</b>			<b>Costo por m2(Soles):</b>	<b>6.08</b>
<b>Cuadrilla:</b>					
Ingeniero Residente	0.05				
Ingeniero Seguridad	0.25				
Ayudante Estándar	1.00				
				<b>Rendimiento:</b>	
				32.50	m2/día
<b>Descripción del Insumo</b>					
	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Parcial</b>	
<b>Mano de Obra.-</b>					
Ingeniero Residente	HH	0.0123	30.00	0.37	
Ingeniero Seguridad	HH	0.0615	30.00	1.85	
Ayudante Estándar	HH	0.2462	9.15	2.25	
				<b>4.47</b>	
<b>Materiales.-</b>					
Curador Químico	l	0.2000	3.75	0.75	
				<b>0.75</b>	
<b>Herramientas y Equipos.-</b>					
Herramientas manuales	HM	0.2462	3.50	0.86	
				<b>0.86</b>	

El curado se realiza luego de que ha sido colocado el concreto y para ello se usará un curador químico.

El área curada se expresará en m2.

9.2 Presupuesto.-

El presupuesto de la rehabilitación del muelle industrial de SPCC se realiza en base a los análisis de costos presentados en el punto anterior.

Este presupuesto considera para circunstancias imprevistas un 10% del costo directo debido al margen de incertidumbre que tienen las partidas analizadas.

<b>PRESUPUESTO</b>					
OBRA:	Reparación General del Muelle Industrial de Southern Cooper Corporation de la Ciudad de Ilo.				
UBICACIÓN:	Ilo Moquegua Perú				
FECHA:	Agosto-2007				
<b>Tipo de Cambio:</b>					<b>3.25</b>
No. Partida	Descripción	Und.	Metrado	Precio Unitario(S/.)	Parcial (S/.)
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>				<b>12,740.00</b>
1.01	Instalación de oficinas y almacén provisionales .	Global	1.00	8,240.00	8,240.00
1.02	Transporte de equipos y materiales a zona de obra.	Global	1.00	3,500.00	3,500.00
1.03	Colocación de señalización en zona de trabajo.	Global	1.00	1,000.00	1,000.00
<b>2.00</b>	<b>Rehabilitación de Pilotes (Zona Splash).</b>				<b>675,521.61</b>
2.01	Habilitación de Ingresos y andamios	Global	1.00	2,500.00	2,500.00
2.02	Retiro de fustes de acero.	unid	90.00	186.52	16,786.97
2.03	Preparación de Sustrato	m2	945.50	149.63	141,478.10
2.04	Limpieza de Sustrato	m2	945.50	259.62	245,469.65
2.05	Restauración de armadura	kg	91.33	83.32	7,609.66
2.06	Colocación de las chaquetas de fibra de vidrio, anclaje e Inyección de grout.	unid	90.00	2,907.52	261,677.23
<b>3.00</b>	<b>Rehabilitación de Vigas transversales y Pilotes (Zona fuera Splash).</b>				<b>188,105.46</b>
3.01	Habilitación de Ingresos y andamios.	Global	1.00	2,500.00	2,500.00
3.02	Colocación "Línea de Vida" y Señalización	Global	1.00	750.00	750.00
3.03	Demarcación de la zona de trabajo.	Global	1.00	750.00	750.00
3.04	Preparación de Sustrato	m2	738.55	41.51	30,659.87
3.05	Limpieza de Sustrato	m2	738.55	107.20	79,169.61
3.06	Restauración de armadura	kg	365.32	53.29	19,468.30
3.07	Rehabilitación de concreto dañado.	m3	40.51	1,230.37	49,846.11
3.08	Curado	m2	738.55	6.72	4,961.58
<b>4.00</b>	<b>Rehabilitación Super Estructura y Estribo.</b>				<b>130,216.38</b>
4.01	Habilitación de Ingresos	Global	1.00	2,500.00	2,500.00
4.02	Colocación de "Línea de vida" y Señalización	Global	1.00	750.00	750.00
4.03	Preparación de Sustrato	m2	650.00	27.31	17,750.40
4.04	Limpieza de Sustrato	m2	650.00	87.14	56,638.00
4.05	Restauración de armadura	kg	762.05	26.80	20,420.98
4.06	Rehabilitación de concreto dañado.	m3	19.50	1,446.44	28,205.50
4.07	Curado	m2	650.00	6.08	3,951.50
<b>5.00</b>	<b>Entrega formal de muelle</b>				<b>250.00</b>
PARCIAL				S/.	<b>1,006,583.46</b>
Costo Directo:				S/.	<b>1,006,583.46</b>
Imprevistos y Otros				10%	<b>100,658.35</b>
Utilidad:				10%	<b>100,658.35</b>
SUB TOTAL				S/.	<b>1,207,900.15</b>
I.G.V.				19%	<b>229,501.03</b>
<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>	<b>1,437,401.18</b>



## Bibliografía

### Libros

- I. **American Concrete Institute.** *Concrete Repair Manual.* 2002
- II. **Aguado, Antonio.** *Diagnóstico de daños y reparación de obras hidráulicas de hormigón.* Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 1996.
- III. **Balkema.** *Durability of reinforced concrete in aggressive media.* 1993.
- IV. **Bonilla F.** *Nuevo reglamento nacional de construcciones: reglamento para licencias de construcción, reglamento nacional de construcciones.* 1972.
- V. **Castro Borges, Pedro.** *Infraestructura de concreto armado: Deterioro y opciones de preservación.* 2001.
- VI. **Ciencia y tecnología para el desarrollo, CYTED.** *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado.* Red Temática DURAR 1998.
- VII. **Ciencia y tecnología para el desarrollo, CYTED.** *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: Reparación refuerzo y protección.* Red Temática REHABILITAR 2003.
- VIII. **Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos.** *Reparación de obras hidráulicas de Hormigón.* Jornadas sobre Reparación de Obras Hidráulicas de Hormigón. Barcelona. 1991.
- IX. **Fuentes Ortiz, César.** *Ingeniería portuaria.* Coper Editores. Lima 2001.
- X. **Harmsen, Teodoro, Mayorga, Paola.** *Diseño de estructuras de concreto armado.* Segunda Edición. Fondo Editorial PUCP 2000
- XI. **Oshiro Higa, Fernando.** *Reparaciones antisísmicas Volumen A.* 1991.
- XII. **Instituto Geofísico del Perú.** *Catálogo Sísmico del Perú 1950 – 1982.* 1986.
- XIII. **Sánchez Badorrey, Elena.** *Modelo lineal de difracción y refracción de ondas y ejemplos de aplicación en el diseño y planificación de infraestructuras portuarias.* 2001.
- XIV. **Silva Araya, Walter.** *Repair and rehabilitation of reinforced concrete structures: The state of the art.* 1997.
- XV. **Tsinker, Gregory P.** *Handbook of port and harbor engineering: geotechnical and structural aspects.* 1997.
- XVI. **Ghio Castillo, Virgilio.** *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, Crítica y propuesta.* 2001.



## Artículos

- I. **Lermo Javier, Lázares Luis, Cuenca Julio.** *El Terremoto de Arequipa, Perú del 23 de Junio del 2001 (Mw = 8.2) Efectos de sitio en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Ilo y Tacna y su relación con los daños en las edificaciones.* Revista el Ingeniero Civil No. 130. Diciembre 2003.

## Tesis

- I. **Amado Lina, Jose Luis.** *Reparación del Muelle No. 11 del Terminal Marítimo del Callao.* Universidad Nacional de Ingeniería. 1999.
- II. **Belaunde Guinasi, Alberto.** *Proyecto de un muelle de concreto en una caleta de nuestra costa.* PUCP 1938.
- III. **Rodríguez Gonzáles, Hugo Ricardo.** *Rehabilitación y mejoramiento de la variante Catac-Chavín-San Marcos con nuevo puente Uchucurgha.* PUCP 2004.
- IV. **Ortega Chavarri, Fernando.** *Proyecto de concreto armado: Un muelle para minerales.* PUCP 1941.