



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TÍTULO DE LA TESIS:**

**Estructuración de una guía metodológica para la inspección,  
diagnóstico y mantenimiento de los muelles de puertos a  
partir del caso muelles del puerto de Guayaquil.**

**Previa a la Obtención del Grado Académico de:**

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**AUTOR:**

**Pacheco Quintana, Guillermo Alexander**

**TUTOR:**

**Villacrés Sánchez, Alex**

**Guayaquil, Ecuador**

**2013.**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ing. Guillermo Alexander Pacheco Quintana, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Ingeniería de la Construcción.

**TUTOR**

---

**Msc. Ing. Alex Villacrés Sánchez**

**REVISORES**

---

**Msc. Carlos Chon Diaz**

---

**Msc. Luis Octavio Yépez Roca**

**DIRECTORA DEL PROGRAMA**

---

**M.I. Mercedes Beltrán de Sierra**

**Guayaquil, a los 15 días del mes de mayo del año 2013.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Guillermo Alexander Pacheco Quintana**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de titulación **estructuración de una guía metodológica para la inspección, diagnóstico y mantenimiento de los muelles de puertos a partir del caso muelles del puerto de Guayaquil**, previa a la obtención del Grado Académico **de Magíster en Ingeniería de la Construcción**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 15 días del mes de mayo del año 2013.**

**EL AUTOR**

---

**Guillermo Alexander Pacheco Quintana**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## SISTEMA DE POSGRADO

### AUTORIZACIÓN

Yo, **Guillermo Alexander Pacheco Quintana**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de titulación **estructuración de una guía metodológica para la inspección, diagnóstico y mantenimiento de los muelles de puertos a partir del caso muelles del puerto de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 15 días del mes de mayo del año 2013.**

**EL AUTOR:**

---

**Guillermo Alexander Pacheco Quintana**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios ante todo, ser supremo creador del Universo y fuente de vida por permitirme cumplir otra meta más en mi vida, con el todo lo puedo.

Al Ing. Alex Villacrés, por su valioso aporte en la Dirección de la presente tesis.

A la Ing. Mercedes Beltran de Sierra, por sus palabras y consejos.

Se agradece a la Autoridad Portuaria de Guayaquil, por las facilidades prestadas en la investigación de campo y por la utilización de sus archivos técnicos.

Finalmente un agradecimiento al Ing. Vicente Leon Toledo Director del Laboratorio Arnaldo Ruffilli por las facilidades otorgadas para realizar el presente trabajo, sin olvidarme de una mención especial a colaboradores y compañeros de trabajo tales como: Walter Domenech, Victor Lituma, Victor Vicuña y Guillermo Guerrero funcionario de CGSA.

**Guillermo Pacheco Quintana**

## **DEDICATORIA**

A mi madre...

**Guillermo Pacheco Quintana**

## INDICE DE CONTENIDO

### CAPITULO 1

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | ANTECEDENTES. ....   | 2  |
| 1.1     | Breve historia de la autoridad portuaria en el Ecuador/Guayaquil .....                   | 2  |
| 1.1.1   | Nuestros aborígenes en la actividad portuaria. ....                                      | 2  |
| 1.1.2   | Nace el Puerto Marítimo.....   | 3  |
| 1.1.3   | El puerto en la República. ....  | 3  |
| 1.1.4   | Las primeras estructuras portuarias. ....  | 4  |
| 1.1.5   | Estudios para la construcción del nuevo Puerto.....                                      | 4  |
| 1.1.6   | Decreto de creación de su primer directorio.....   | 5  |
| 1.1.7   | Características de la estructura del Puerto Marítimo<br>de Guayaquil en el año 1963..... | 6  |
| 1.1.8   | La ampliación de los muelles 1981. ....  | 10 |
| 1.1.9   | Características técnicas de la ampliación del muelle 1981. ....                          | 10 |
| 1.2     | La concesión de las instalaciones del puerto de Guayaquil.....                           | 13 |
| 1.2.1   | Que es la Concesión.....   | 13 |
| 1.2.2   | Modernización de los Puertos. ....   | 14 |
| 1.2.3   | El proceso de Concesión de las Instalaciones<br>Portuarias del Puerto Guayaquil.....     | 16 |
| 1.2.3.1 | Fases del proceso de concesión.....  | 16 |
| 1.3     | Necesidad de reforzamiento y mantenimiento de los muelles. ....                          | 18 |
| 1.3.1   | Introducción.....  | 18 |
| 1.3.2   | Evolución del Transporte Marítimo.....   | 20 |
| 1.3.3   | Evolución en el manejo de la carga en el transporte marítimo. .                          | 22 |
| 1.3.4   | Equipos para carga, descarga y manipulación<br>de mercancía en los muelles.....          | 23 |
| 1.3.5   | Puerto de Guayaquil.....   | 27 |

## CAPITULO 2

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2       | CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PORTUARIOS DE MUELLES ...                          | 28 |
| 2.1     | Planteamientos generales .....  | 28 |
| 2.2     | Definición de los conceptos de mantenimiento, reforzamiento y variables. .... | 28 |
| 2.2.1   | Mantenimiento.....  | 28 |
| 2.2.1.1 | Mantenimiento preventivo .....  | 29 |
| 2.2.1.2 | Mantenimiento predictivo .....  | 29 |
| 2.2.1.3 | Mantenimiento correctivo .....  | 30 |
| 2.2.2   | Reforzamiento .....   | 31 |
| 2.2.3   | Variable .....  | 31 |
| 2.3     | Levantamiento y evaluación del estado de muelles.....                         | 32 |
| 2.3.1   | Seguimiento Nuevas Construcciones.....  | 33 |
| 2.3.2   | Edificación de línea base .....   | 33 |
| 2.3.3   | Chequeos de rutina .....  | 33 |
| 2.3.4   | Inspección de Diseño – Reparación.....  | 34 |
| 2.3.5   | Inspección especial .....   | 34 |
| 2.3.6   | Inspección para reparaciones. ....  | 34 |
| 2.3.7   | Checklist de seguimientos en eventos suscitados .....                         | 34 |
| 2.4     | Variables que determinan los criterios de mantenimiento de muelles:.....      | 35 |
| 2.4.1   | Oleaje.....   | 35 |
| 2.4.2   | Corrientes Marítimas .....  | 36 |
| 2.4.3   | Niveles de Pleamar y Bajamar. ....  | 36 |
| 2.4.4   | Bajas temperaturas ambientales .....  | 37 |
| 2.4.5   | Corrosión.....  | 38 |
| 2.4.6   | Cambios físicos-químicos .....  | 39 |
| 2.4.7   | Biodeterioro de índole natural .....  | 39 |
| 2.4.8   | Desgaste natural de la infraestructura.....                                   | 40 |
| 2.4.9   | Fatiga de materiales.....   | 41 |
| 2.4.10  | Nuevo usos y equipos en los muelles .....                                     | 41 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.4.11   | Daños por accidentes o por el paso del tiempo<br>y antigüedad propia de la obra ..... | 44 |
| 2.4.12   | Actualización de acuerdo a códigos.....   | 44 |
| 2.4.12.1 | PIANC. Seismic Design Guidelines For Port Structures, 2001                            | 45 |
| 2.4.12.2 | Código Ecuatoriano de la Construcción .....   | 45 |
| 2.4.12.3 | American Concrete Institute ACI-318 Building Code, 2008....                           | 45 |
| 2.4.12.4 | OCDI.....   | 46 |
| 2.4.12.5 | Normas ROM .....  | 46 |

### **CAPITULO 3**

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3        | DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES PROBLEMAS.....         | 47 |
| 3.1      | Patologías.....                                      | 47 |
| 3.1.1    | Patologías del concreto.....                         | 47 |
| 3.1.2    | Fisuración en pilotes y estructuras .....            | 48 |
| 3.1.2.1  | Cambios volúmenes en estado plástico.....            | 49 |
| 3.1.2.2  | Fisuras plásticas .....                              | 49 |
| 3.1.2.3  | Movimientos durante la construcción .....            | 50 |
| 3.1.2.4  | Cambios volumétricos en estado endurecido .....      | 51 |
| 3.1.2.5  | Fisuras por cambio de humedad.....                   | 52 |
| 3.1.2.6  | Fisuras por cambios de temperatura. ....             | 54 |
| 3.1.2.7  | Sobrecarga y deformaciones impuestas .....           | 57 |
| 3.1.2.8  | Grietas estructurales – estados límites últimos..... | 57 |
| 3.1.2.9  | Grietas por tracción pura.....                       | 59 |
| 3.1.2.10 | Grietas por flexión .....                            | 59 |
| 3.1.2.11 | Grietas longitudinales .....                         | 59 |
| 3.1.2.12 | Grietas por cortantes .....                          | 60 |
| 3.1.2.13 | Grietas por torsión .....                            | 61 |
| 3.1.2.14 | Grietas por punzonamiento.....                       | 61 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3.1.2.15 | Falla por cizalladura .....                                    | 62 |
| 3.1.2.16 | Grietas por comprensión simple .....                           | 62 |
| 3.1.2.17 | Asentamiento del terreno .....                                 | 63 |
| 3.1.2.18 | Deformaciones y colapsos impuestos por eventos fortuitos ..    | 63 |
| 3.1.2.19 | Fractura y aplastamiento.....                                  | 63 |
| 3.1.2.20 | Grietas de apoyo.....  | 63 |
| 3.1.2.21 | Fractura por aplastamiento local .....                         | 65 |
| 3.1.2.22 | Fractura por impacto .....                                     | 65 |
| 3.1.2.23 | Desintegración por trituración .....                           | 66 |
| 3.1.2.24 | Vibraciones excesivas.....                                     | 66 |
| 3.1.2.25 | Daños por abrasión.....  | 66 |
| 3.2      | Caracterización de las patologías más habituales .....         | 70 |
| 3.2.1    | Impacto .....  | 70 |
| 3.2.2    | Sobrecarga.....  | 71 |
| 3.2.3    | Movimientos sísmicos y cargas dinámicas.....                   | 72 |
| 3.2.4    | Operaciones portuarias .....                                   | 72 |
| 3.2.5    | Vibración .....  | 73 |
| 3.2.6    | Corrosión.....   | 73 |
| 3.2.6.1  | Corrosión por gases.....                                       | 74 |
| 3.2.6.2  | Corrosión por agua .....                                       | 75 |
| 3.2.6.3  | Agua de mar .....  | 75 |
| 3.2.7    | Reacción Alcaliárido.....                                      | 75 |
| 3.2.8    | Agentes Agresivos .....  | 76 |
| 3.2.9    | Actividad biológica.....                                       | 76 |
| 3.2.10   | Térmico .....  | 77 |
| 3.2.11   | Retracción .....   | 77 |
| 3.2.12   | Erosión .....  | 78 |
| 3.2.13   | Desgaste .....   | 79 |
| 3.2.14   | Carbonatación .....  | 79 |
| 3.2.15   | Cloruros.....  | 80 |
| 3.2.16   | Corrientes.....  | 80 |
| 3.3      | Clasificación de patologías en los muelles y estructuras ..... | 80 |
| 3.4      | Otros problemas a presentarse .....                            | 83 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.4.1   | Cargas de uso y equipos con mayor magnitud .....                           | 83  |
| 3.4.1.1 | Grúa de polea. ....  | 83  |
| 3.4.1.2 | GRÚA POST-PANAMAX. ....  | 84  |
| 3.4.2   | Buques de mayor calado y peso muerto total. ....                           | 84  |
| 3.4.2.1 | Buques portacontenedores. ....   | 85  |
| 3.4.2.2 | Cruceros turísticos. ....  | 85  |
| 3.4.2.3 | Barcos graneleros (bulk carrier). ....                                     | 85  |
| 3.4.3   | Erosión y/o Socavación de la cimentación. ....                             | 85  |
| 3.4.3.1 | Tipos de socavación .....  | 86  |
| 3.4.4   | Impactos imprevistos (siniestros) .....                                    | 88  |
| 3.4.5   | Inestabilidad de taludes.....  | 90  |
| 3.4.6   | Roturas de pilotes por cargas accidentales en exceso .....                 | 91  |
| 3.4.7   | Corrosión en pilotes y estructuras.....                                    | 92  |
| 3.5     | Relación causa efecto por diferentes problemas presentados .....           | 94  |
| 3.5.1   | Ataques Químicos .....   | 94  |
| 3.5.1.1 | Carbonatación, Oxidación y<br>Desprendimiento del Hormigón.....            | 94  |
| 3.5.1.2 | Acción de Ácidos. ....   | 95  |
| 3.5.1.3 | Acción de los Sales, Cloruros y Sulfatos.....                              | 96  |
| 3.5.2   | Fallas constructivas:.....   | 97  |
| 3.5.3   | Corrosión acero:.....  | 98  |
| 3.5.4   | Corrientes:.....   | 98  |
| 3.5.5   | Fallas en diseños: .....   | 99  |
| 3.5.6   | Solicitaciones que exceden la capacidad<br>de carga de la estructura:..... | 100 |
| 3.5.7   | Abrasión-Erosión:.....   | 101 |
| 3.5.8   | Movimientos y asentamientos: .....   | 101 |
| 3.5.9   | Variaciones de temperatura: .....  | 102 |
| 3.5.10  | Retracción: .....  | 102 |

## CAPITULO 4

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4       | Descripción de las medidas de inspección y evaluación.....                          | 105 |
| 4.1     | Procesos de inspección.....   | 105 |
| 4.1.1   | Propuestas de modelos de inspección/tipos de inspección ....                        | 106 |
| 4.1.1.1 | Inspecciones de rutina.....   | 106 |
| 4.1.1.2 | Inspecciones especiales.....  | 106 |
| 4.1.2   | Metodología para la inspección de los muelles.....                                  | 113 |
| 4.1.2.1 | Estudio de la información existente.....  | 113 |
| 4.1.2.2 | Planteamiento en gabinete del plan de inspección.....                               | 114 |
| 4.1.2.3 | Selección de recursos para la inspección.....                                       | 115 |
| 4.1.2.4 | Inspección visual.....  | 116 |
| 4.1.2.5 | Paso previo para las inspecciones especiales.....                                   | 118 |
| 4.1.2.6 | Inspecciones Especiales.....  | 119 |
| 4.1.2.7 | Simbología de daños.....  | 122 |
| 4.1.3   | Elaboración de fichas o planillas de inspección<br>y relevamiento de elementos..... | 123 |
| 4.1.4   | Inventario de daños y fisuras .....   | 129 |
| 4.2     | Toma de muestras y ensayos.....   | 130 |
| 4.2.1   | Ensayos en sitio.....   | 131 |
| 4.2.1.1 | Pruebas destructivas o intrusivas.....  | 132 |
| 4.2.1.2 | Pruebas no destructivas o no intrusivas .....                                       | 134 |
| 4.2.2   | Ensayos de laboratorio.....   | 149 |
| 4.2.2.1 | Ensayos mecánicos.....  | 150 |
| 4.2.3   | Instrumentación.....  | 156 |
| 4.2.3.1 | Ecosonda Multihaz.....  | 157 |
| 4.2.3.2 | ROV'S.....  | 159 |
| 4.2.3.3 | Inclinómetros.....  | 160 |
| 4.2.3.4 | Extensómetros.....  | 161 |
| 4.2.3.5 | Acelerógrafo.....   | 162 |
| 4.3     | Procesos de evaluación de confiabilidad.....  | 163 |
| 4.3.1   | Definición de confiabilidad y vulnerabilidad.....                                   | 164 |
| 4.3.2   | Análisis de confiabilidad de muelles.....   | 166 |
| 4.3.3   | Descripción de modelos en 3D de los muelles.....                                    | 170 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.3.4 | Descripción de estados de carga. ....                             | 174 |
| 4.4   | Algunos métodos estadísticos para evaluación de los muelles. .... | 177 |
| 4.5   | Intervalo de Inspecciones de muelles. ....                        | 182 |
| 4.6   | Seguridad en la inspección de los muelles. ....                   | 189 |
| 4.6.1 | Seguridad del personal de inspección.....                         | 189 |
| 4.6.2 | Sistemas de protección en inspecciones .....                      | 191 |
| 4.6.3 | Señalización y demarcación de las zonas de inspección. ..         | 191 |

## **CAPITULO 5**

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 5       | PROPUESTAS DE REPARACIÓN .....  | 194 |
| 5.1.1   | Refuerzo por aumento de cargas y demanda. ....  | 197 |
| 5.1.2   | Proceso Constructivo de Refuerzo de muelles<br>propuesto para caso puerto de Guayaquil..... | 198 |
| 5.2     | Reparación y mantenimiento .....  | 210 |
| 5.2.1   | Protección de corrosión.....  | 210 |
| 5.2.2   | Reparaciones. ....  | 213 |
| 5.2.3   | Sellado de fisuras.....   | 219 |
| 5.2.3.1 | Sellado de fisuras superficiales.....   | 219 |
| 5.2.3.2 | Sellado de fisuras profundas.....   | 220 |
| 5.3     | Matriz de diagnóstico-actividades de mantenimiento. ....                                    | 222 |

## **CAPITULO 6**

|   |                                      |     |
|---|--------------------------------------|-----|
| 6 | Conclusiones y Recomendaciones ..... | 224 |
| 7 | Bibliografía .....                   | 227 |

## Índice de anexos

|  |            |
|--|------------|
| <b>ANEXO 1</b> .....                                 | <b>229</b> |
| Decreto de Ley de creación de A.P.G. ....            | 230        |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 2</b> .....                                 | <b>245</b> |
| Plano de los muelles 3, 4, 5 y 6 .....               | 248        |
| Plano del muelle 4 .....                             | 249        |
| Plano del muelle 5 .....                             | 250        |
| Plano del muelle 6 .....                             | 251        |
| Plano de los muelles 1, 1A, 1B y 1C.....             | 252        |
| Plano del muelle 1B.....                             | 253        |
| Plano del muelle 1C.....                             | 254        |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 3</b> .....                                 | <b>255</b> |
| Codificación de fichas.....                          | 256        |
| Ficha I.V. 1 para losa.....                          | 257        |
| Ficha I.V. 2 para bita.....                          | 259        |
| Ficha I.V. 3 para cornamusa.....                     | 261        |
| Ficha I.V. 4 para borde de muelle.....               | 263        |
| Ficha I.V. 5 para trabelosa.....                     | 265        |
| Ficha I.V. 6 para caballete .....                    | 267        |
| Ficha I.V. 7 para cabezal .....                      | 269        |
| Ficha I.V. 8 para pilote.....                        | 271        |
| Ficha I.V. 9 para pantalla.....                      | 273        |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 4</b> .....                                 | <b>275</b> |
| Print de la pagina web inocar del dia 28 Enero ..... | 276        |
| Tabla trimestral de marea.....                       | 277        |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 5</b> .....                                 | <b>278</b> |
| Inspección visual muelle 4 sección 1 .....           | 279        |
| Inspección visual muelle 4 sección 2.....            | 291        |

|  |            |
|--|------------|
| Inspección visual muelle 4 sección 3.....                          | 299        |
| Inspección visual muelle 4 sección 4.....                          | 309        |
| Inspección visual muelle 4 sección 5.....                          | 318        |
| Inspección visual muelle 4 sección 6.....                          | 326        |
| <b>ANEXO 6</b> .....   | <b>336</b> |
| Prueba de esclerometría y ultrasonido muelle 4.....                | 337        |
| Fotografías de Prueba de esclerometría y ultrasonido muelle 4..... | 342        |
| <b>ANEXO 7</b> .....   | <b>347</b> |
| Histograma de frecuencia muelle 1 .....                            | 348        |
| Histograma de frecuencia muelle 2 .....                            | 351        |
| Histograma de frecuencia muelle 3 .....                            | 354        |
| Histograma de frecuencia muelle 1B.....                            | 357        |
| Histograma de frecuencia muelle 1C.....                            | 360        |
| <b>ANEXO 8</b> .....   | <b>363</b> |
| Tabla de factores aplicables a cargas de impacto .....             | 364        |

## Índice de tablas

### Capítulo 1

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. 1 Flota mundial de barco portacontenedores.....  | 21 |
| Tabla 1. 2 Evolución y distribución del transporte<br>Marítimo mundial de mercadería general..... | 23 |

### Capítulo 2

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2. 1 Clasificación de las variables ..... | 31 |
|---|----|

### Capítulo 3

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3. 1 Tipos de fisuras y grietas estructurales.....           | 58  |
| Tabla 3. 2 Clasificación de fisuras mecánicas en el concreto ..... | 69  |
| Tabla 3. 3 Clasificación de patologías .....                       | 81  |
| Tabla 3. 4 Clasificación de corrosión del acero.....               | 81  |
| Tabla 3. 5 Relación Causa – Efecto de las patologías.....          | 104 |

### Capítulo 4

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 4. 1 Tipo de ensayo para cada patología encontrada .....                             | 120 |
| Tabla 4. 2 Procesos para la inspección del muelle .....                                    | 120 |
| Tabla 4. 3 Inventario de daños y fisuras .....   | 129 |
| Tabla 4. 4 Métodos de determinación según el ensayo .....                                  | 131 |
| Tabla 4. 5 Calidad del hormigón según la velocidad del pulso .....                         | 141 |
| Tabla 4. 6 Magnitudes típicas de medida de media celda .....                               | 148 |
| Tabla 4. 7 Clasificación de tablas según Normas ROM 0.2.....                               | 175 |
| Tabla 4. 8 Determinación de aceptabilidad de hormigón<br>en resultados de ensayos .....    | 179 |
| Tabla 4. 9 Determinación de coeficiente de variación.....                                  | 180 |
| Tabla 4. 10 Determinación de aceptabilidad de resultados<br>de ensayos.....                | 181 |
| Tabla 4. 11 Determinación de coeficiente de variación .....                                | 181 |
| Tabla 4. 12 Muestra de Buques por DWT arribados en muelle No.1.....                        | 183 |
| Tabla 4. 13 Parámetros estadísticos obtenidos de buques<br>arribados en muelle No. 1 ..... | 183 |
| Tabla 4. 14 Marca de clases para obtención de histograma<br>de frecuencias año 2009.....   | 184 |
| Tabla 4. 15 Marca de clases para obtención de histograma<br>de frecuencias año 2010.....   | 185 |
| Tabla 4. 16 Marca de clases para obtención de histograma<br>de frecuencias año 2011 .....  | 186 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 4. 17 Marca de clases para obtención de histograma<br>de frecuencias año 2012.....            | 187 |
| Tabla 4. 20 Resumen de plan de Inspecciones según análisis<br>propuesto e inspecciones visual ..... | 188 |

## **Capítulo 5**

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 5. 1 Cuadro comparativo de materiales para revestimientos<br>de protección contra corrosión..... | 213 |
| Tabla 5. 2 Esquema de matriz de diagnóstico-mantenimiento .....  | 223 |

## Índice de figuras

### Capítulo 1

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Fig. 1. 1  | Embarcación de nuestros aborígenes.....                                 | 3  |
| Fig. 1. 2  | Foto área del Puerto de Guayaquil .....                                 | 5  |
| Fig. 1. 3  | Plano de los muelles 2, 3, 4, 5 y 6. ....                               | 9  |
| Fig. 1. 4  | Plano de los muelle 1, 1A, 1B y 1C.....                                 | 11 |
| Fig. 1. 5  | Foto aérea de las terminales de APG<br>antes de la concesión .....      | 18 |
| Fig. 1. 6  | Subsistemas de una terminal portuaria<br>de contenedores en alzado..... | 20 |
| Fig. 1. 7  | Maquina Reach-Stacker en operación.....                                 | 24 |
| Fig. 1. 8  | Montacarga de 2 ton en carga peligrosa.....                             | 25 |
| Fig. 1. 9  | Máquina transtainer en operaciones.....                                 | 25 |
| Fig. 1. 10 | Máquina stradle carrier en operaciones.....                             | 26 |
| Fig. 1. 11 | Grúas Post-Panamax en operación de carga y descarga.....                | 26 |
| Fig. 1. 12 | Grúa tipo polea Gottwald. ....  | 27 |

### Capítulo 2

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Fig. 2. 1 | Oleajes en el puerto de Guayaquil.....                              | 35 |
| Fig. 2. 2 | Corrientes Marinas cerca del Puerto acumulan sedimentos.....        | 36 |
| Fig. 2. 3 | Niveles máximos y mínimos en los pilotes del muelle. ....           | 37 |
| Fig. 2. 4 | Por el clima de la ciudad no existe congelación en el puerto.....   | 37 |
| Fig. 2. 5 | Corrosión del acero en hormigón armado.....                         | 38 |
| Fig. 2. 6 | Biodeterioro en un pilote del muelle 4 del Puerto de Guayaquil..... | 40 |
| Fig. 2. 7 | Evolución de las embarcaciones.....                                 | 42 |
| Fig. 2. 8 | Evolución de las gruas portacontenedores. ....                      | 43 |

### Capítulo 3

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Fig.3. 1  | Hormigón en estado fresco .....                | 49 |
| Fig.3. 2  | Agrietamiento por contracción plástica. ....   | 50 |
| Fig.3. 3  | Movimiento durante la construcción.....        | 50 |
| Fig.3. 4  | Retiro del encofrado produce fisuras. ....     | 51 |
| Fig.3. 5  | Cambio de volumen en estado endurecido.....    | 51 |
| Fig.3.6   | Cuarteadura en muro.....                       | 52 |
| Fig.3.7   | Contracción por secado. ....                   | 53 |
| Fig. 3. 8 | Zona del pilote por los cambios de mareas..... | 54 |
| Fig.3. 9  | Resistencia al fuego.....                      | 55 |
| Fig.3. 10 | Calcinación incipiente. ....                   | 55 |
| Fig.3. 11 | Calcinación superficial .....                  | 56 |
| Fig.3. 12 | Calcinación avanzada.....                      | 56 |
| Fig.3. 13 | Microfisuración y cuarteaduras en mapa. ....   | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Fig.3. 14 Grietas por tracción.....   | 59 |
| Fig.3. 15 Grietas por flexión .....   | 59 |
| Fig.3. 16 Grieta longitudinal .....   | 60 |
| Fig.3. 17 Grieta cortante en vigas de hormigón armado .....                                 | 60 |
| Fig.3. 18 Grieta por torsión .....  | 61 |
| Fig.3. 19 Patrón de fallas debido a una columna aplastada<br>por una placa de concreto..... | 61 |
| Fig.3. 20 Patrones de falla por cizalladura de una losa de concreto.....                    | 62 |
| Fig.3. 21 Patrón de falla de una viga a compresión simple.....                              | 62 |
| Fig.3. 22 Fractura de borde por rigidez del apoyo .....                                     | 64 |
| Fig.3. 23 Fractura inducida por el recubrimiento.....                                       | 64 |
| Fig.3. 24 Fractura por refuerzo inadecuado en el borde .....                                | 64 |
| Fig.3. 25 Falla local por aplastamiento por una carga concentrada.....                      | 65 |
| Fig.3. 26 En un muelle los impactos de los buques son constantes .....                      | 65 |
| Fig.3. 27 El tráfico de maquinaria y vehículos livianos en el muelle 4 .....                | 67 |
| Fig.3. 28 Material abrasivo contra el concreto .....  | 68 |
| Fig.3. 29 Zona donde aumenta el agua aumenta su velocidad .....                             | 68 |
| Fig.3. 30 Pilote del muelle 1C después del impacto de un buque .....                        | 71 |
| Fig.3. 31 Contenedores acumulados en el muelle 1C .....                                     | 71 |
| Fig.3. 32 Movimientos del muelle.....   | 72 |
| Fig.3. 33 Operaciones de carga y descarga de mercadería .....                               | 73 |
| Fig.3. 34 Vibraciones en el hormigón.....   | 73 |
| Fig.3. 35 Pilotes de hormigón con corrosión.....  | 74 |
| Fig.3. 36 Corrosión en pilote y cabezal del Duque de Alba .....                             | 74 |
| Fig.3. 37 Materia orgánica en los pilotes del muelle 4 .....                                | 76 |
| Fig.3. 38 Fisura por retracción .....   | 78 |
| Fig.3. 39 Desgaste de la capa de pavimento del muelle 4.....                                | 79 |
| Fig.3. 40 Configuración de la Grúa GHMK 6407.....   | 83 |
| Fig.3. 41 Posición de la Grúa en operación de carga<br>y descargue del buque.....           | 84 |
| Fig.3. 42 Socavación del lecho de un rio. ....  | 86 |
| Fig.3. 43 Talud del muelle del Puerto de Guayaquil .....                                    | 86 |
| Fig.3. 44 Socavación en la base del puente .....  | 87 |
| Fig.3. 45 Ubicación del sitio del accidente .....   | 88 |
| Fig.3. 46 Grúa Post-panamax después del impacto sobre el muelle.....                        | 89 |
| Fig.3. 47 Daño en la losa del muelle.....   | 89 |
| Fig.3. 48 Daño en la superestructura del muelle.....  | 89 |
| Fig.3. 49 Daño de la defensa del muelle.....  | 90 |
| Fig.3. 50 Dibujo del talud del Puerto de Guayaquil .....                                    | 91 |
| Fig.3. 51 Esquemmatización de los modos de fallo del muelle.....                            | 91 |
| Fig.3. 52 Sobrecarga de los pilotes provocando deformación .....                            | 92 |
| Fig.3. 53 Zonas de niveles del agua en los pilotes .....                                    | 93 |
| Fig.3. 54 Afectación del hormigón por carbonatación .....                                   | 95 |
| Fig.3. 55 Hormigón degradado por ataque químico en  |    |

|   |     |
|---|-----|
| la zona intermareal.....  | 96  |
| Fig.3. 56 Algunas afectaciones producidas en la zona intermareal de los pilotes muelle 4..... | 97  |
| Fig.3. 57 Hormigón con mala vibración.....  | 97  |
| Fig.3. 58 Corrosión del acero con desprendimiento del hormigón .....                          | 98  |
| Fig.3. 59 Acumulación de sedimentos debido a Corrientes marinas .....                         | 99  |
| Fig.3. 60 Falla de diseño de una estructura .....   | 99  |
| Fig.3. 61 Capacidad de carga de una estructura sobredimensionada .....                        | 100 |
| Fig.3. 62 Erosión abrasiva por partículas de sedimentos .....                                 | 101 |
| Fig.3. 63 Inspección visual en el muelle 4 del Puerto de Guayaquil .....                      | 102 |
| Fig.3. 64 Retracción de hormigón.....   | 103 |

#### **Capítulo 4**

|  |     |
|--|-----|
| Fig. 4. 1 Imagen de un ROV .....   | 107 |
| Fig. 4. 2 Unidad de control del ROV .....  | 108 |
| Fig. 4. 3 Esquema del fondo marino tomado por una ecosonda Multihaz .....            | 110 |
| Fig. 4. 4 Perforaciones del suelo para el estudio geológico.....                     | 111 |
| Fig. 4. 5 Esquema de la sección transversal del muelle del Puerto de Guayaquil ..... | 115 |
| Fig. 4. 6 Extracto de la tabla de mareas .....                                       | 116 |
| Fig. 4. 7 Simbología de daños .....  | 123 |
| Fig. 4. 8 Ejemplo de ficha 1 para inspección visual .....                            | 125 |
| Fig. 4. 9 Ejemplo de Ficha 2 para inspección visual .....                            | 126 |
| Fig. 4. 10 Ejemplo de llenado de una planilla .....                                  | 127 |
| Fig. 4. 11 Ejemplo de llenado de una planilla .....                                  | 128 |
| Fig. 4. 12 Representación de inventario de daños levantados en el muelle No 4 .....  | 130 |
| Fig. 4. 13 Núcleos de hormigón .....   | 133 |
| Fig. 4. 14 Prueba de fenolftaleína positiva.....                                     | 134 |
| Fig. 4. 15 Esclerómetro sus componentes principales y tabla de cálculo ...           | 135 |
| Fig. 4. 16 Prueba en el pilote del muelle 4 con el esclerómetro.....                 | 136 |
| Fig. 4. 17 Esquema simple del ultrasonido .....                                      | 137 |
| Fig. 4. 18 Esquema del aparato de pulso ultrasónico .....                            | 139 |
| Fig. 4. 19 Representación de toma de muestra .....                                   | 140 |
| Fig. 4. 20 Representación tiempo – espacio.....                                      | 140 |
| Fig. 4. 21 Gráficos resistencia de compresión - velocidad de pulso .....             | 141 |
| Fig. 4. 22 Toma de datos en el muelle 4 con el ultrasonido .....                     | 142 |
| Fig. 4. 23 Unidad de localización de barras .....                                    | 143 |
| Fig. 4. 24 Esquema del profoscope .....  | 145 |
| Fig. 4. 25 Profoscope insitu en una viga del muelle 4.....                           | 145 |
| Fig. 4. 26 Conjunto de rayos correspondientes a medidas de tiempo                    |     |

|  |     |
|--|-----|
| de propagación de ondas ultrasonoras .....   | 146 |
| Fig. 4. 27 Tomografía sísmica representando la distribución de<br>velocidades de ondas al interior de una columna .....                        | 147 |
| Fig. 4. 28 Analizador de corrosión CANIN en toma de muestra<br>en el muelle 4.....   | 149 |
| Fig. 4. 29 Ensayo de compresión al corazón endurecido .....  | 151 |
| Fig. 4. 30 Potenciometrico y electrodo de ión, equipo para realizar<br>el contenido de cloro en el hormigón .....                              | 152 |
| Fig. 4. 31 Prueba de fenolftaleína en el muelle 4.....   | 152 |
| Fig. 4. 32 Principales elementos químicos del hormigón .....   | 153 |
| Fig. 4. 33 Análisis térmico del hormigón .....   | 154 |
| Fig. 4. 34 Una sección delgada de concreto dañado por la reacción<br>expansiva álcali - agregado .....   | 154 |
| Fig. 4. 35 Imagen captada por el microscopio electrónico de la placa<br>de portlandita .....   | 155 |
| Fig. 4. 36 Esquema de control de instrumentación en un muelle.....   | 157 |
| Fig. 4. 37 Imagen de ecosonda Multihaz .....   | 158 |
| Fig. 4. 38 Equipos auxiliares de apoyo para la ecosonda multihaz.....  | 159 |
| Fig. 4. 39 ROV 1.0 monitor y sonda .....   | 160 |
| Fig. 4. 40 Inclinometro con sus componentes.....   | 161 |
| Fig. 4. 41 Talud de muelle con instrumentos instalados .....   | 161 |
| Fig. 4. 42 Deformación simple .....  | 162 |
| Fig. 4. 43 Extensómetro.....   | 162 |
| Fig. 4. 44 Equipo de acelerógrafo.....   | 163 |
| Fig. 4. 45 Esquema para determinar la densidad d falla, en función<br>de datos estadísticos descarga y resistencia.....                        | 168 |
| Fig. 4. 46 Procedimiento esquemáticos para estimación<br>de densidad de falla en función de datos<br>estadísticos de carga y resistencia ..... | 169 |
| Fig. 4. 47 Ejemplo de coordenadas en una sección de muelle.....  | 171 |
| Fig. 4. 48 sección transversal del muelle .....  | 171 |
| Fig. 4. 49 Corte longitudinal de una grúa GHMK6407 .....   | 172 |
| Fig. 4. 50 Modelo en 3D de losa y pilotes .....  | 173 |
| Fig. 4. 51 Imagen en 3D donde se grafica las<br>cargas de una grúa pórtico .....   | 173 |
| Fig. 4. 52 Histograma de frecuencias de buques año 2009.....   | 184 |
| Fig. 4. 53 Histograma de frecuencias de buques año 2010.....   | 185 |
| Fig. 4. 54 Histograma de frecuencias de buques año 2011 .....  | 186 |
| Fig. 4. 55 Histograma de frecuencias de buques año 2012.....   | 187 |
| Fig. 4. 56 Equipo de seguridad requerido para el ingreso a los muelles.....  | 190 |
| Fig. 4. 57 Equipo de seguridad requerido para la inspección debajo del<br>muelle .....   | 190 |
| Fig. 4. 58 Esquema de un área delimitada para inspección .....   | 192 |
| Fig. 4. 59 Extintor de 10 lbs de presión.....  | 192 |

## Capítulo 5

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Fig. 5. 1  | Procedimiento para la evaluación y diagnóstico para refuerzo de estructura .....  | 196 |
| Fig. 5. 2  | Esquema de los grados de desempeño según efectos sísmicoa en muelles .....        | 198 |
| Fig. 5. 3  | Proceso de reforzamiento de muelles.....  | 199 |
| Fig. 5. 4  | Esquema de un diagrama de proceso para trabajos de reforzamiento de muelles ..... | 200 |
| Fig. 5. 5  | Trabajos de demolición de elementos de concreto de la superficie .....            | 201 |
| Fig. 5. 6  | Encofrado para hormigonado y armado de estructura .....                           | 202 |
| Fig. 5. 7  | Enconfrado instalación de Chifón Colocación de puntal o regatón. ....             | 202 |
| Fig. 5. 8  | Colocación de hormigón Control de calidad. ....                                   | 203 |
| Fig. 5. 9  | Fotos de trabelosas armado y fundición .....                                      | 203 |
| Fig. 5. 10 | Chifloneado .....   | 204 |
| Fig. 5. 11 | Proceso de pilotaje.....  | 205 |
| Fig. 5. 12 | Estructura falsa para descabece de pilotes .....                                  | 206 |
| Fig. 5. 13 | Registro de información sistema de cómputo .....                                  | 207 |
| Fig. 5. 14 | En la que se muestra la instrumentación del pilote a ser ensayado .....           | 207 |
| Fig. 5. 15 | Construcción de la superestructura. ....  | 209 |
| Fig. 5. 16 | Colocación de bitas y defensas .....  | 209 |
| Fig. 5. 17 | Procesos de protección contra corrosión de muelles.....                           | 211 |
| Fig. 5. 18 | Fisura de trabajo de apicación de protección contra la corrosion .....            | 212 |
| Fig. 5. 19 | Foto de colocación de fibras de carbono. ....                                     | 214 |
| Fig. 5. 20 | Propuesta de reparación de elemento acero y hormigón.....                         | 215 |
| Fig. 5. 21 | Reparación de pilote por encamisado.....  | 216 |
| Fig. 5. 22 | Reparación de losa de rodadura.....   | 217 |
| Fig. 5. 23 | Reposición de hormigón y protección .....   | 218 |
| Fig. 5. 24 | Propuesta de reparación fisura superficial .....                                  | 220 |
| Fig. 5. 25 | Propuesta de reparación fisura profunda .....                                     | 221 |

## **RESUMEN**

La propuesta del presente proyecto, es ofrecer una metodología para inspecciones, diagnósticos y mantenimiento de muelles, tomando como referencia la realidad portuaria de la ciudad de Guayaquil y sus muelles más importantes, los del Puerto Marítimo Libertador Simón Bolívar.

Para esto se hace una introducción de la historia del puerto marítimo de Guayaquil, definiendo la importancia del mismo a través de la historia, y la necesidad de mantener operativos sus muelles, en función de las nuevas necesidades de uso, propio de la evolución del transporte marítimo y la demanda de carga creciente que ingresa al Ecuador.

Así también se describe brevemente conceptos de mantenimiento y de variables que inciden en el deterioro de las estructuras de los muelles y se enuncia la actualización de códigos de construcción de estructuras portuarias que fundamentan la necesidad de reforzar y reparar los muelles del puerto de Guayaquil.

Se expone los diferentes daños que se pueden presentar en los muelles, patologías, accidentes, entre otras causas que deterioran los elementos componentes de una estructura portuaria, para después hacer el planteamiento de los procesos a seguir para la inspección y evaluación de los muelles, mencionando las diferentes pruebas, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete combinando modelaciones y métodos estadísticos, además de plantear intervalos para las inspecciones.

Por último se describe un proceso de reforzamiento con las actividades constructivas, que incluyen controles de calidad en pilotes necesarios para la cimentación de estos muelles, además de presentar propuestas de mantenimiento de los diferentes componentes de los muelles, que generan una “matriz de diagnóstico – actividades de mantenimiento”.

## **SUMMARY**

The proposal of the present project is offer a methodology for inspection, diagnoses and maintenance of docks, taking as reference the case, of the city of Guayaquil and its most important port, the Liberator Simon Bolívar maritime port.

In order to do so, we make an introduction of Guayaquil seaport history, defining its historical importance and the need of maintenance of its docks to keep them in operative conditions according to the new needs of use, due to the evolution of maritime transport and the demand for increasing cargo that enters the Ecuador.

It briefly describes concepts of maintenance and the variables that determine the deterioration of the docks. It also considers the updating of building codes that implies the need of repairing and reinforcing the docks.

This work presents the different damages that can occur in the docks, pathologies, accidents, among other causes of damage of the components of a dock. After that we make the approach of the processes to follow for the inspection and evaluation of the docks, mentioning different field tests, laboratory tests and analysis of data.

Finally, it describes a process of reinforcement including the constructive activities, that consider quality controls on piles needed for foundation of these docks. Finally, we present a proposal for maintenance of docks, based on a matrix of diagnoses maintenance activities.

# INTRODUCCIÓN

Los muelles son uno de los componentes de mayor importancia de un puerto marítimo y estos deben responder a las exigencias operativas que demanda el comercio exterior actual, debido a la constante evolución del transporte marítimo, equipos de manipulación de carga, y el entorno de su ubicación que es considerablemente agresivo, presentando diversas patologías con el paso del tiempo; por lo que deben estar en buen estado de servicio y contar con un plan de mantenimiento de sus elementos estructurales.

En la presente tesis de maestría se plantea una revisión de la importancia del Puerto marítimo de Guayaquil, la necesidad de mantener operativos sus muelles, en función de las nuevas necesidades de uso. Considerando que estas estructuras al ser de hormigón armado y que están expuestas al ambiente marino puede deteriorarse debido a efectos de diferentes acciones que provocan degradación, tales como la corrosión de las armaduras, impactos, sobrecargas, movimientos, erosión, desgaste, carbonatación ataques por cloruros, corrientes. Cada una de estas acciones provoca fallas y deterioros en los elementos componentes de un muelle.

Así también se plantea un plan para inspecciones visuales en muelles mediante la utilización de fichas de inspección codificadas, además se describen los diferentes tipos de inspecciones especiales que se pueden realizar, así como ensayos para pruebas destructivas y no destructivas en las estructuras.

Se describirá métodos para evaluación de muelles tales como: análisis de confiabilidad, métodos estadísticos para comprobación de ensayos en las estructuras, y para la verificación del comportamiento del arribo de naves a los muelles para de esta manera determinar las inspecciones a efectuarse.

Finalmente en el capítulo 5 se revisará las diferentes propuestas de reparación y reforzamiento de muelles, en función de los resultados que se obtengan en las inspecciones y los requerimientos de uso que tenga la administración de un puerto.

Cada uno de estos pasos a desarrollarse en la presente tesis, servirá para la obtención de una guía metodológica, que permita realizar evaluaciones periódicas, con sus respectivos procesos para reforzamiento, reparación y mantenimiento en los muelles del Puerto de Guayaquil, que a su vez pueden ser adaptados en los diferentes muelles de otros puertos en el Ecuador.

## **CAPITULO 1**

### **1 ANTECEDENTES.**

#### **1.1 Breve historia de la autoridad portuaria en el Ecuador/Guayaquil**

##### **Introducción.**

Como primer paso a esta investigación, se ha decidido hacer una breve narración de los inicios de la navegación en las Costas Ecuatorianas, con énfasis en la Ciudad de Guayaquil- Provincia del Guayas; a fin de que se visualice la importancia que ha tenido el Puerto marítimo de Guayaquil en el desarrollo del País, y el porqué de la necesidad de mantener sus instalaciones en buen estado, lo que ha conllevado a la elaboración de la presente tesis.

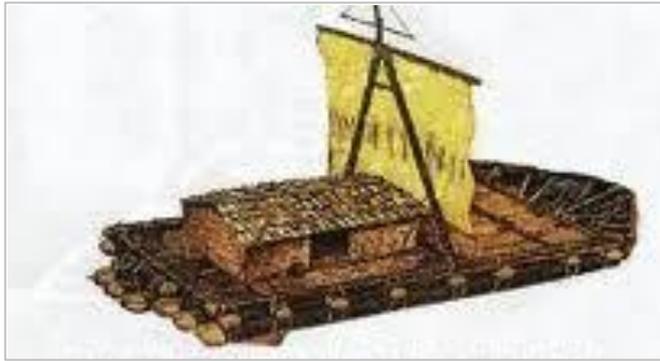
##### **1.1.1 Nuestros aborígenes en la actividad portuaria.**

En el año 1526 (era de la Colonia) la embarcación bajo el mando del Español Bartolomé Ruiz de Estrada, que fue el primer navío que incursionaba en los mares del sur, en instantes que se encontraba cruzando las costas de la que en la actualidad se la conoce como Provincia de Esmeraldas, tuvo el primer encuentro con una balsa de nuestros aborígenes.

Según consta en varios archivos históricos, las balsas de nuestros aborígenes en esa época navegaban por la costa del Pacífico del continente Americano, desde Ecuador hasta México y Perú, comercializando mercadería como piezas de oro y plata, para intercambio con mantas de lana, algodón, camisas y otros tipos de vestimentas.

Los arqueólogos en los hallazgos nos dan referencias sobre una navegación prehistórica, existiendo evidencias de embarcaciones para la cultura Valdivia (4200 a.C.- 1500 a.C.) por maquetas de cerámicas encontradas, incluso en la Isla de La Plata.

Transcurridos los diferentes periodos, el aprendizaje de nuestros navegantes se fue incrementando sobre la base de la observación y de la experiencia de sus periplos, asimilación dada por miles de años que hacen pensar, que nuestros aborígenes tuvieron conocimientos sobre corrientes marinas, vientos, temporadas de viajes y rutas.



**Fig. 1. 1 Embarcación de nuestros aborígenes**

### **1.1.2 Fundación de la Ciudad de Guayaquil - Nace el Puerto Marítimo.**

Según historiadores Las Fundaciones de Santiago de Guayaquil, fueron varias con sus cambios de sitios geográficos consecuentes.

Según los historiadores Dora León y Adán Szaszdi, fue en el año de 1537 cuando Francisco de Orellana dio por fundada la ciudad denominada "Santiago de la Culata", que al reconocer la importancia geográfica de la ubicación de Santiago de Guayaquil para la navegación marítima y fluvial para el desarrollo económico y social de la región, establece esta ciudad.

En cuanto al nombre según los historiadores antes indicados que afirman "Es precisamente entre 1542 y 1547 cuando la ciudad fundada por Francisco de Orellana toma el nombre de Guayaquil". Textos tomados del libro "Bodas de Oro de Autoridad Portuaria de Guayaquil".

### **1.1.3 El puerto en la República.**

Una vez sucedida la revolución guayaquileña del 9 de octubre de 1820, representantes del colegio Electoral precedidos por José Joaquín de Olmedo, elaboraron un Reglamento provisional en el que se consagraba el principio del libre comercio por ríos y tierra.

De lo que se observa en los libros de historia, en la época gran colombiana los principales socios comerciales del Ecuador eran: Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Italia, Dinamarca, Bélgica, Alemania, México, Chile, Centroamérica, Perú y Nueva Granada. Teniendo Ecuador una flota de un

medio centenar de embarcaciones con una capacidad total de 2.500 toneladas.

El producto de mayor exportación es el cacao ya que de 1830 a 1859 desde el Puerto de Guayaquil se logró exportar un total de 3'609.02 quintales.

#### **1.1.4 Las primeras estructuras portuarias.**

El primer muelle propiamente dicho, lo tuvo Guayaquil por iniciativa de Vicente Rocafuerte (primer presidente ecuatoriano del Ecuador). En menos de un año se construyó. En 1842 lo tenía dotado de un pequeño ferrocarril hasta los depósitos de aduana y de unas pequeñas grúas.

El segundo muelle lo construyó la firma de Antonio Pérez, la obra fue iniciada el 21 de abril de 1857. En 1861 se adquirieron dos vapores con ruedas laterales, dos años después se ordenó la construcción el vapor Vinces y en 1866 el Guayas y el Baba. Con la aparición de los vapores fluviales se construyeron decena de muelles privados a lo largo del malecón de Guayaquil. Texto referido del libro "Bodas de Oro de Autoridad Portuaria de Guayaquil".

#### **1.1.5 Estudios para la construcción del nuevo Puerto.**

El 26 de Junio de 1944 el Capitán de Fragata Ingeniero Luis Eloy Jarrin Guerra presentó el "Proyecto de un puerto para Guayaquil en el Estero Salado con entrada por el canal del Morro".

En este proyecto refiere tres probables soluciones a los problemas presentados en la navegación, que son: el dragado del río; un puerto en Salinas; y un puerto en el estero Salado, con entrada por el canal del Morro. De ellas, demuestra la inconveniencia de las dos primeras, luego de estudiarlas en sus diferentes aspectos, en el que se prioriza el aspecto económico.

En 1958 llegó a Guayaquil una Misión formada por especialistas en diversos aspectos portuarios, los mismos que trataron con el Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas acerca de la forma más concreta de organizar una entidad, la Autoridad Portuaria de Guayaquil, que tomara a su cargo el planeamiento, la financiación, las operaciones y facilidades, tanto del actual puerto de Guayaquil, como del Puerto Nuevo y de todas las obras portuarias que se construyeren dentro de su jurisdicción.

### 1.1.6 Decreto de creación de su primer directorio.

El Doctor Camilo Ponce Enríquez, Presidente Constitucional de la República, procedió a decretar la creación de la Autoridad Portuaria de Guayaquil con fecha 10 de Abril de 1958.

Una vez conformado el Directorio de Autoridad Portuaria de Guayaquil se inició la toma de decisiones que entre las más importantes estaban:

- a) Ubicación del Puerto.
- b) Financiamiento de las instalaciones.
- c) Contrato de construcción.

El sitio que recomendó la empresa responsable de los diseños, estaba ubicado a orillas del estero del Muerto, al norte de su confluencia con el Estero Cobina, cercano a su vez a la orilla occidental del río Guayas, lo que facilitaría la construcción de las esclusas que controlaría las mareas, para la comunicación entre el Guayas y el Salado.

El Puerto Marítimo de Guayaquil o Puerto Nuevo fue inaugurado el 31 de Enero de 1963.

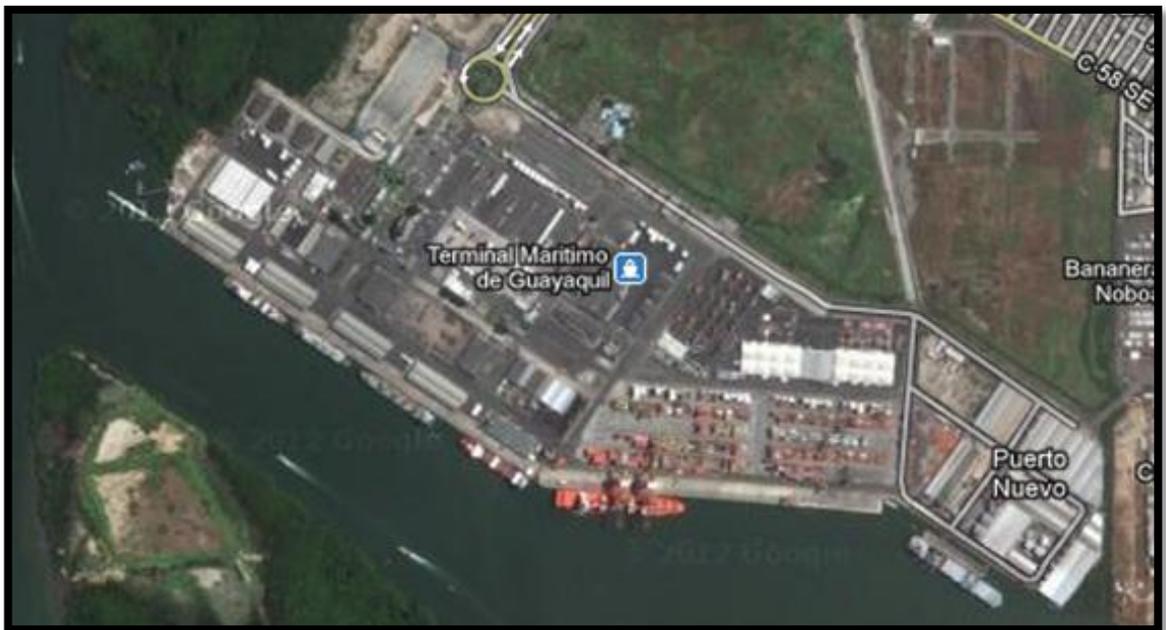


Fig. 1. 2 Foto área del Puerto de Guayaquil Fuente: Google Maps

### **1.1.7 Características de la estructura del Puerto Marítimo de Guayaquil en el año 1963.**

Las características generales de las estructuras construidas en esa época, eran las siguientes:

Una terminal multipropósito con 5 puestos de atraque, enumerados de la siguiente forma: 2, 3, 4, 5 y 6

Los muelles son estructuras de hormigón armado compuestas por infraestructura, superestructura, bitas, cornamusas, pantallas, bordillos de protección y juntas metálicas.

Cada puesto de atraque o muelle tiene 185 metros de longitud y un ancho de 30 metros. Las juntas metálicas están ubicadas cada 92,5 metros.

A continuación se presenta un resumen técnico de las principales características de los puestos de atraque de la terminal multipropósito, basado en la revisión del archivo de planos (Palmer and Baker) y de la experiencia de trabajos en el sitio.

#### **1.- Especificaciones Técnicas**

##### **a) Superestructura**

- Capacidad de carga vertical: 2,9 ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia al impacto de: 0,74 ton/ml
- Resistencia al empuje y tiro: 50 ton/muelle
- Resistencia del hormigón: 280 kg/cm<sup>2</sup>

##### **b) Infraestructura**

- Pilotes pretensados
- Carga de diseño: 50 toneladas por pilote
- Resistencia del hormigón: 280 kg/cm<sup>2</sup>

##### **c) Bitas y cornamusas**

Bases de hormigón armado de resistencia 280 Kg /cm<sup>2</sup>  
Estructura superior metálica.

## **d) Pantallas**

Hormigón armado de resistencia 350 kg/cm<sup>2</sup>

## **2.- Dimensiones**

### **a) Superestructura**

Compuesta por los siguientes elementos:

- Losa de rodadura de 0,10 m de espesor
- Losetas pretensadas/trabelosas de 0,36 x 10,90 x 0,34 m.
- Losetas pretensadas/trabelosas de 0,36 x 7,60 x 0,34 m.
- Vigas cargadoras transversales separadas c/ 30,45 m.
- Vigas cargadoras longitudinales separadas c/ 7,60 m.

### **b) Infraestructura**

Compuesta por los siguientes elementos:

#### **Pilotes desde eje A hasta eje J:**

- Cuadrados de 0,45 m.
- Longitud promedio de 18,60 m.
- Espaciamiento entre pilotes de 6,10 m.

#### **Pilotes desde eje Kp hasta eje Mp:**

- Cuadrados de 0,35 m
- Longitud promedio de 18,60 m.
- Espaciamiento entre pilotes de 1.50 a 2.70 m.
- En los ejes D y E, pilotes inclinados a 30°.

### **c) Bitas y cornamusas**

- Separación entre bitas de 30 m.
- Separación entre cornamusas de 30 m.
- Dimensiones base bitas: 1,40 x 1,40 x 0,30 m.
- Dimensiones base cornamusas: 8,80 x 0,64 x 0,30 m.

### **d) Pantallas**

- Dimensiones: (5,5 x 1,0 x 1,0) m, espaciadas cada 6 m.

### **3.- No. de Pilotes:**

#### **Puesto de atraque o Muelle No. 2.-**

386 pilotes desde eje A hasta eje J  
391 pilotes, desde eje Kp hasta Mp

Total de Pilotes:  $386 + 391 = 777$  pilotes

#### **Puesto de atraque o Muelle No. 3.-**

354 pilotes desde eje A hasta eje J  
402 pilotes, desde eje Kp hasta Mp

Total de Pilotes:  $354 + 402 = 756$  pilotes

#### **Puesto de atraque o Muelle No. 4.-**

354 pilotes desde eje A hasta eje J  
300 pilotes, desde eje Kp hasta Mp

Total de Pilotes:  $354 + 300 = 654$  pilotes

#### **Puesto de atraque o Muelle No. 5.-**

354 pilotes desde eje A hasta eje J  
300 pilotes, desde eje Kp hasta Mp

Total de Pilotes:  $354 + 300 = 654$  pilotes

#### **Puesto de atraque o Muelle No. 6.-**

354 pilotes desde eje A hasta eje J  
300 pilotes, desde eje Kp hasta Mp  
Total de Pilotes:  $354 + 300 = 654$  pilotes

### Total de pilotes en las cinco posiciones de atraque o muelles (2 al 6)

|              |                |
|--------------|----------------|
| P 2:         | 777 u          |
| P 3:         | 756 u          |
| P 4:         | 654 u          |
| P 5:         | 654 u          |
| P 6:         | 654 u          |
| <b>TOTAL</b> | <b>3495 U.</b> |

Como dato histórico se recalca que adicional al Terminal Marítimo se construyó un canal en el Estero Cobina hasta conectarse con el río Guayas, con las respectivas esclusas, las que tienen 72 pies de ancho en la compuerta de 410 pies de longitud, con la profundidad mínima de 14 pies; siendo la amplitud máxima de las mareas en dichas esclusas de 12 pies.

Con la puesta en marcha del Puerto de Guayaquil, el ritmo de crecimiento de la carga de exportación experimentó un impulso muy notable: de 718.162 toneladas en 1962 pasó a 946.194 toneladas en 1963; en 1964, subió a 1'003.394; para llegar en 1967 a 1'528.742 toneladas. Referencia "Bodas de Oro de APG".

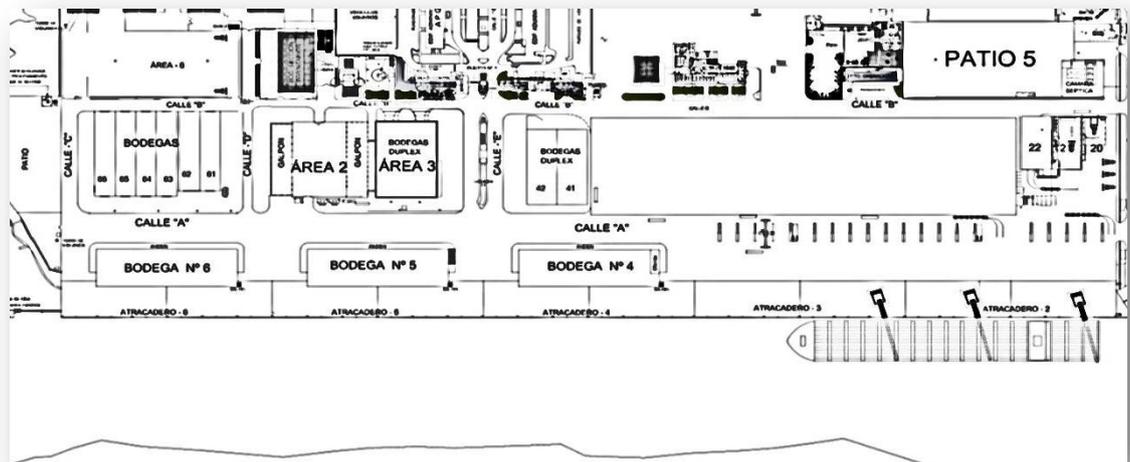


Fig. 1. 3 Plano de los muelles 2, 3, 4, 5 y 6 Fuente A.P.G.

### **1.1.8 La ampliación de los muelles 1981.**

En 1966 se presentó el proyecto de ampliación del Puerto Marítimo, debido a que se proyectaba que las instalaciones resultarían insuficientes para las necesidades del comercio del País.

Debido al crecimiento de la demanda de carga, en 1973 se inicia los trabajos de consultoría para la ampliación.

Los estudios fueron entregados en agosto de 1974, los que sirvieron de base para convocar a licitación internacional para la construcción de las obras, que constaban entre otras de tres atracaderos, dos de los cuales eran para carga de contenedores y uno para banano, pudiendo utilizarse los tres para carga general; y dos atracaderos marginales (sin plataforma) diseñados para carga a granel, líquida o seca.

Los trabajos de construcción de la ampliación del puerto marítimo de Guayaquil culminaron el 26 de abril de 1981.

### **1.1.9 Características técnicas de la ampliación del muelle 1981.**

Las características generales de la estructura construida en esa época, según planos de la Palmer and Baker que reposan en APG, son las siguientes:

#### **Una terminal con tres puestos de atraque denominados muelles 1, 1A y 1B**

La terminal de la ampliación ha sido considerada para la recepción de carga contenerizada y consta de 3 posiciones de atraque, denominados muelles 1, 1A y 1B. Su estructura está compuesta por: superestructura (losa de rodadura, losetas/trabelosas, vigas cargadoras y de borde), infraestructura (pilotes), bitas, cornamusas bordillos de protección, juntas metálicas y losa de pre-almacenamiento de contenedores.

Cada puesto de atraque tiene 185 metros de longitud y un ancho de 30 metros. Adicionalmente cuenta con una losa de pre-almacenamiento de contenedores.

A continuación se presenta un resumen técnico de las principales características de los puestos de atraque o muelles, basado en la revisión del archivo de planos y de la experiencia de trabajos en el sitio.

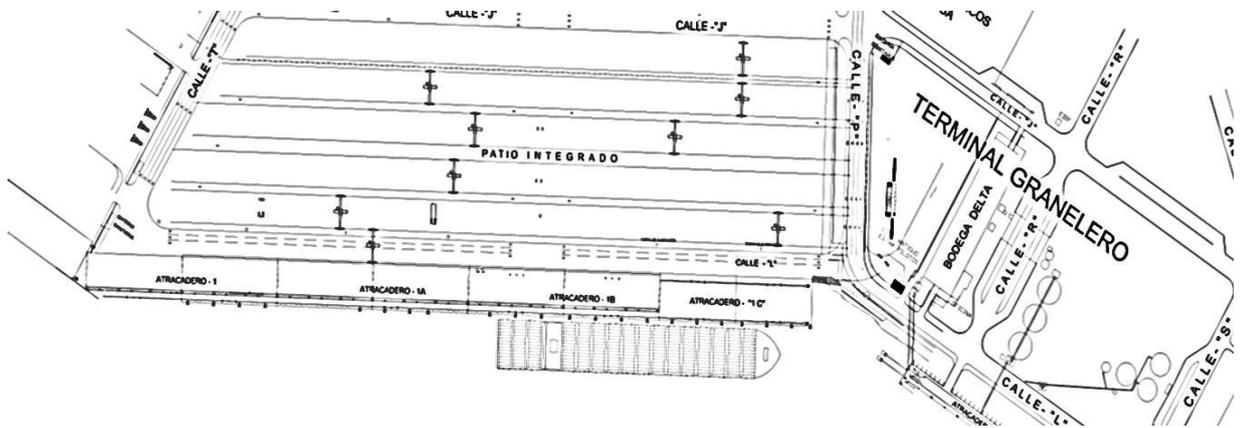


Fig. 1. 4 Plano de los muelle 1, 1A, 1B y 1C Fuente A.P.G.

## **1.- Especificaciones Técnicas**

### **a) Superestructura**

- Estructura de hormigón armado
- Capacidad de carga: 3,91 ton/m<sup>2</sup>.
- Resistencia al impacto: No se tiene referencias.
- Resistencia al empuje y tiro: 43,4 ton/muelle.
- Resistencia a la compresión del Hormigón: 350 Kg./cm<sup>2</sup>

### **b) Infraestructura**

- Pilotes pretensados
- Carga de diseño: 72,6 tons por pilote
- Resistencia a la compresión del Hormigón: 350 Kg /cm<sup>2</sup>

### **c) Bitas y cornamusas**

- Bases de hormigón armado de resistencia 280 Kg /cm<sup>2</sup>.
- Elementos de amarre compuesto de estructura metálica.

### **d) Losa de pre-almacenamiento**

- Estructura de hormigón armado
- Resistencia a la compresión del Hormigón: 350 Kg./cm<sup>2</sup>

## **2- Dimensiones**

### **2.1.- Superestructura**

Compuesta por los siguientes elementos:

- Losa de rodadura de 0,10 m de espesor.
- Loetas pretensadas/trabelosas de 4,50 x 1,10 x 0,41 m.
- Vigas cargadoras transversales separadas c/ 4,50 m.
- Vigas cargadoras longitudinales separadas c/ 5 m.
- Dimensiones vigas cargadoras (14,72 x 1,15 x 1,68) m.
- Dimensiones vigas cargadoras (5,00 x 1,15 x 0,95) m.

### **2.2.- Infraestructura**

#### **Pilotes ejes A, C, D, E, F, G, DA, EA, FA, GA, H, J, L, M:**

- Cuadrados de 0,45 m.
- Longitud promedio de 18,60 m.
- Espaciamiento de 5 metros, entre pilotes.

#### **Pilotes ejes B y K:**

- Cuadrados de 0,45 m.
- Longitud promedio de 18,60 m.
- Espaciamiento de 1.70 metros entre pilotes

#### **Pilotes ejes CA y EB:**

- Cuadrados de 0,45 m.
- Longitud promedio de 18,60 m.
- Espaciamiento entre pilotes de 10 m.

### **2.3 Bitas y cornamusas**

- Separación entre bitas de 30 m.
- Separación entre cornamusas de 30 m.
- Dimensiones base bitas: 1,40 x 1,40 x 0,30 m.
- Dimensiones base cornamusas: 8,80 x 0,64 x 0,30 m.

## **2.4 Losa de pre-almacenamiento**

- ✓ Longitud: 476 m.
- ✓ Ancho: 27 m.
- ✓ Espesor de losa: 0,25 m.

## **3.- No. de Pilotes:**

### **Puesto de atraque No. 1.-**

648 pilotes

### **Puesto de atraque No. 1A.-**

648 pilotes

### **Puesto de atraque No. 1B.-**

648 pilotes

## **Total de pilotes Muelle ampliación**

|              |               |
|--------------|---------------|
| P 1:         | 648 u         |
| P 1 A:       | 648 u         |
| P 1 B:       | 648 u         |
| <b>TOTAL</b> | <b>1944 u</b> |

La condición general de la infraestructura de los muelles (pilotes, losas vigas, pantallas, losetas) no fue intervenida hasta después de la concesión de las instalaciones a la empresa privada (1999 y 2007), sin embargo, se debe mencionar que existieron obras de mantenimiento.

## **1.2 La concesión de las instalaciones del puerto de Guayaquil.**

### **1.2.1 Que es la Concesión**

Es la modalidad de delegación a la iniciativa privada que se ejerce por una entidad portuaria, a través del otorgamiento del derecho a personas jurídicas privadas para ocupar y explotar, en forma privativa y temporal y en condiciones de exclusividad regulada, en su caso, de acuerdo a lo establecido en el artículo 47 de la Ley de Modernización del Ecuador, un

recinto portuario o zonas terrestres o acuáticas e instalaciones de los recintos portuarios y de sus zonas de reserva o cuarentena, con el objeto de rehabilitar, mejorar y/o ampliar las áreas e instalaciones recibidas y usarlas para la prestación de servicios portuarios o conexos por delegación de la entidad portuaria, durante un plazo superior a cinco (5) años,

Por lo general, una concesión es el otorgamiento del derecho de explotación por un lapso de tiempo de determinados bienes y servicios por parte de una empresa a otra.

La concesión tiene por objeto la administración de los bienes públicos mediante el uso, aprovechamiento, explotación de las instalaciones o la construcción de nuevas obras y nuevas terminales de cualquier tipo, sea marítima, terrestre o aérea.

### **1.2.2 Modernización de los Puertos.**

El rápido avance en las comunicaciones en el mundo, originó la globalización. En la actualidad se puede contactar con países tales como China, Japón, India, al igual que Colombia, Perú o Chile. Así el planeta se ha constituido en un gran conglomerado de naciones, comunidades, empresas y personas, que pueden interrelacionarse con facilidad en tiempos rápidos, lo cual ha originado lo que hoy se denomina competitividad.

La competitividad obligó a los países a modernizarse para poder competir, y este proceso nace en los puertos marítimos a partir de la aparición del contenedor en el año de 1968, generándose el llamado transporte intermodal.

En base a organización interna y a sus estrategias de desarrollo que presentan los puertos en la prestación de sus servicios, la UNCTAD realizó una clasificación de los puertos a principios de los 90 distinguiendo a esa fecha tres generaciones de puertos.

Los puertos de primera generación son aquellos que presentan un menor desarrollo de sus servicios, básicamente corresponde a la estructura habitual en los puertos antes de los años 60 y algunos existentes hoy en día en países en vías de desarrollo en los que básicamente se ofrecen servicios de carga, descarga y almacenamiento de la mercancía, siendo únicamente

centros de conexión entre dos modos de transporte: el terrestre y el marítimo.

Los puertos de segunda generación, que corresponden al estado de desarrollo habitual entre los años 60 y los 80, presentan una mayor integración de sus actividades así como con las administraciones y con el entorno. Empieza a aparecer una especialización por tráfico (especialmente en el caso de graneles líquidos y sólidos). Además de los servicios ofrecidos por los puertos de primera generación empiezan a aparecer operaciones de transformación de cargas así como servicios industriales y comerciales tanto para la mercancía como para el buque, servicios como puede verse, de mayor valor añadido.

Los puertos de tercera generación, que corresponden al nivel de desarrollo alcanzado por los puertos de los países desarrollados después de los 80, presentan una alta especialización con terminales dedicadas a los diferentes productos. Predomina la <sup>1</sup>unitarización de cargas (especialmente la Contenerización). Los puertos se convierten en plataformas comerciales para el comercio exterior y en centros de transporte intermodal.

Posteriormente nacen los denominados puertos de cuarta generación, en la que las grandes empresas transnacionales dedicadas al negocio del transporte marítimo se hacen cargo de la cadena completa de transporte, y construyen o reciben en concesión los terminales portuarios pertenecientes al Estado.

En consecuencia con lo indicado anteriormente, y a otra serie de factores políticos en el país, se inició el proceso de modernización del Estado, y es entre 1993 y 1995 que se crea la Ley de Modernización del Estado y su Reglamento.

En el año 1999 se concesionó la Terminal Granelero a la Compañía Andipuerto Guayaquil S.A. la misma que no es materia de la presente tesis.

Luego se continuó con el proceso de concesión de las terminales multipropósito y de contenedores siendo su objetivo delegar la prestación de los servicios públicos portuarios a la iniciativa privada, por un plazo

---

<sup>1</sup> Unitarización: Proceso de agrupamiento de diversas unidades de carga fraccionada o ítems individuales en una unidad única (palés o contenedores, por ejemplo), compacta, reforzada y provista de elementos (patines, listones, asas, etc.) que faciliten su manejo, traslado y almacenamiento de forma homogénea, sistematizada y segura.

aproximado de 20 años, cuyo objeto es el de rehabilitar, mejorar y ampliar las instalaciones recibidas y usarlas para la prestación de servicios portuarios.

### **1.2.3 El proceso de Concesión de las Instalaciones Portuarias del Puerto Guayaquil.**

Autoridad Portuaria de Guayaquil se involucró en un proceso de modernización portuaria, recibiendo en el año 1995 la ayuda de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), que brindó su aporte a efectos de diseñar el Plan Maestro del Puerto de Guayaquil con sus recomendaciones a fin de que la institución se preparara ante la presencia de una nueva generación de buques que ya incursionaban en las rutas marítimas, y el correspondiente incremento de carga que se evidenciaba por el incremento del comercio internacional.

En Marzo del 2007, luego de varios procesos fallidos, se adjudica la concesión del Puerto de Guayaquil, de forma exitosa.

#### ***1.2.3.1 Fases del proceso de concesión***

Autoridad Portuaria de Guayaquil diseño un proceso de concesión acorde con la legislación vigente y procuró en todo momento que la concesión se dé en beneficio del comercio del país y por sobre todo a costos razonables para los usuarios. Para tal efecto, dividió el proceso en las siguientes fases:

- ✓ Selección del modelo y estrategia de concesión: ratificación de mono-operador
- ✓ Elaboración y aprobación de Normativa de Precalificación y Proyecto Técnico Básico (10 de Octubre del 2006)
- ✓ Promoción y Road Show del proceso de concesión de los TCM (23 de Octubre del 2006)
- ✓ Proceso de Precalificación
- ✓ DATA-ROOM.- procedimientos de consultas y propuestas de modificación a documentos borrador de licitación
- ✓ Ajuste de documentos preliminares de licitación (9 de noviembre del 2006)
- ✓ Proceso de licitación hasta adjudicación 20 de Noviembre del 2006 – 22 de Marzo del 2007
- ✓ Suscripción de contrato de concesión 31 de Mayo del 2007

Como ya se mencionó, en marzo del 2007 se procedió con la adjudicación de la concesión de las Terminales de Contenedores y Multipropósito de Autoridad Portuaria de Guayaquil, a la firma Filipina International Containers Terminal Services Inc. (ICTSI), que por disposiciones legales vigentes debía conformar una Sociedad Concesionaria Ecuatoriana; y fue así como el 31 de Mayo del año 2007 se procede a la firma del Contrato de Concesión con la empresa ecuatoriana CONTECON Guayaquil S.A. propiedad de ICTSI y el posterior inicio de las operaciones del concesionario ocurrido el 1 de agosto del mismo año.

#### **Breves características de instalaciones cedidas:**

**Ubicación:** El Puerto Marítimo de Guayaquil está localizado en la costa occidental de América del Sur, en un brazo de mar, el Estero Salado, a diez kilómetros al sur del centro comercial de la ciudad del mismo nombre y cuya situación geográfica es la siguiente:

Latitud 2° 16' 51" S

Longitud 79° 54' 49" O

#### **Muelles cedidos en concesión a CONTECON Guayaquil S.A.**

Los muelles se distribuyen de la siguiente manera:

**Carga general, número de puesto de atraques:** 5 puestos o muelles, con una longitud total 925 m. y ancho del delantal del muelle de 30 m.

**Terminal de contenedores, número de puestos de atraque:** 3 puestos o muelles, con una longitud total de 555 m. y ancho del delantal del muelle de 30 m.



**Fig. 1. 5 Foto área de las terminales de APG antes de la concesión**

Una vez puesta en marcha la administración de los terminales, la concesionaria, por exigencia de las obligaciones contractuales, dentro de los siguientes 180 días del inicio de la concesión debió entregar un proyecto completo para el desarrollo de la concesión (PDC), que incluiría entre otros temas todo el Plan de Inversiones tanto en infraestructura marítima como portuaria, los planes de mantenimiento y mejoras de las instalaciones entregadas, así como las aspiraciones comerciales de captación de cargas y atención a buques.

El documento de manera coordinada daba cuenta que sobre la base de la evolución que tenía la industria naviera, implicaba una urgencia de acometer obras de gran envergadura para la atención de buques y la consecuente preparación de aéreas de respaldo que solventen la creciente captación de cargas y sus manejos, todo esto sustentado en el comportamiento de la demanda de servicios y las tendencias del mercado de cargas.

### **1.3 Necesidad de reforzamiento y mantenimiento de los muelles.**

#### **1.3.1 Introducción**

Las Terminales portuarias son infraestructuras que proporcionan servicios a los buques y a la carga. Tales servicios son las facilidades para el atraque, para el manejo de la carga y la descarga de las mercancías y para la atención a la carga tras la zona de respaldo de los muelles. Incluyen la manipulación en el delantal de los muelles, el almacenaje y cuanto movimiento sea requerido dentro del recinto portuario.

Una terminal portuaria es una entidad independiente en el interior de un puerto en cuanto a su administración y manejo. La operación de una terminal de carga debe estudiarse desde el punto de vista sistémico. Los subsistemas asociados a una terminal independientemente de cuál sea su especialidad son: el subsistema de atraque, el subsistema de carga y descarga, el subsistema de almacenamiento, el subsistema de traslado de la mercancía o interconexión y el subsistema de entrega y recepción.

El documento sometido y aprobado por Autoridad Portuaria de Guayaquil, daba cuenta de las intenciones del concesionario de equipar la zona de muelles con grúas de alto rendimiento capaces de atender buques Post Panamax, cuyo peso propio en conjunto con el de la carga izada debía ser soportado por los muelles.

Desde el punto de vista sistémico, la terminal puede entenderse como un sistema integrado en el que se desarrollan procesos de intercambio modal de transporte o gestión logística de contenedores y sus cargas, tránsito marítimo y terrestre, consolidación y desconsolidación y otras. María Nicoleta González 2007.

Las Terminales portuarias están conformadas de los siguientes componentes:

- Muelles
- Duques de alba
- Patios de contenedores
- Bodegas de almacenamiento de carga.
- Vías internas
- Instalaciones administrativas

Siendo nuestro principal interés los muelles, por ser el componente más importante, desde el punto de vista de la operación de carga y descarga.

### **Los muelles**

Se definen como estructuras de atraque y amarre fijas que conforman una línea de atraque continua, que en general excede en longitud al buque amarrado y que están conectadas con tierra total o parcialmente mediante rellenos a lo largo de la parte posterior de las mismas, o se encuentran sostenidas con pilotes.

En estas estructuras es donde se concentra la operación de carga y descarga, siendo este componente el que ha debido someterse a constante cambios debido a la evolución del comercio que se transporta por vía

marítima y/o fluvial, conforme a las tendencias mundiales. Tiene asociado además, una cierta capacidad de transferencia dada inicialmente por la grúas de muelle allí instaladas.

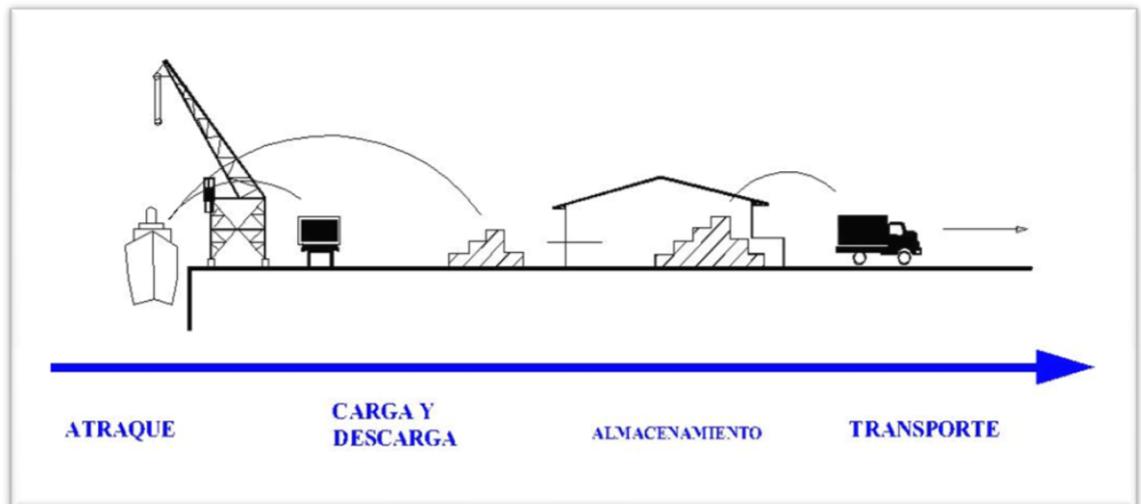


Fig. 1. 6 subsistemas de una terminal portuaria de contenedores en alzado.

En el caso de la Terminal Marítima del Puerto de Guayaquil, cedida en concesión a CONTECON Guayaquil S.A., se maneja carga general y carga contenerizada, por lo que el análisis se orientará hacia la operación de estos tipos de carga.

### 1.3.2 Evolución del Transporte Marítimo.

El transporte marítimo internacional y los puertos son elementos claves para sustentar el proceso de globalización económica y la apertura comercial. En efecto, buena parte de las innovaciones tendientes a integrar los flujos de mercancías pertenecientes a cadenas productivas fragmentadas y dispersas sobre el planeta se gestaron originalmente “en el mar” y fueron introducidas en el concierto internacional por las grandes empresas navieras del mundo. Esto no es extraño si se considera que la mayor parte del comercio internacional se realiza por vía marítima.

Existe desde hace más de 20 años atrás una marcada tendencia hacia embarcaciones más grandes que permite a los navieros optimizar sus costos en sus operaciones y aprovechar así mismo sus épocas de bonanza. En esta tendencia se encuentra actualmente los buques de más de 10,000

Teus<sup>2</sup> en donde se optimiza la capacidad de este tipo de embarcación dando una ventaja competitiva a corto plazo a las primeras líneas navieras que se “embarcaron en esta aventura”, ventaja que presionó a las otras navieras o “seguidores” que por no quedarse atrás, han actualizado también su flota de barcos portacontenedores evitando así las desventajas en los costos (Theo Notteboom – 2006). A continuación se muestra una tabla de la flota mundial de barcos portacontenedores y sus proyecciones.

**FLOTA MUNDIAL DE BARCO PORTACONTENEDORES  
REAL + PROYECCIONES**

| Teu Nominal          | REAL         |                   |              |                   | PROYECCION   |                      |                 |                      |                 |                      |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
|                      | 2010         |                   | 2011         |                   | 2012         |                      | 2013            |                      | 2014            |                      |
|                      | Buque        | TEUS              | Buque        | TEUS              | Buque        | TEUS                 | Buque           | TEUS                 | Buque           | TEUS                 |
| 10,000 - 18,000      | 71           | 884.798           | 119          | 1.500.900         | 174          | 2.199.120,00         | 228,00          | 2.947.982,00         | 259,00          | 3.377.946,00         |
| 7,500 - 9,999        | 264          | 2.262.471         | 289          | 2.481.176         | 316          | 2.713.654,00         | 363,00          | 3.133.668,00         | 390,00          | 3.377.606,00         |
| 5,100 - 7.499        | 431          | 2.631.084         | 462          | 2.834.897         | 486          | 2.990.593,00         | 508,00          | 3.136.743,00         | 512,00          | 3.163.143,00         |
| 4,000 - 5,099        | 680          | 3.074.686         | 709          | 3.205.704         | 758          | 3.422.964,00         | 813,00          | 3.681.785,00         | 815,00          | 3.691.385,00         |
| 3,000 - 3,999        | 322          | 1.098.580         | 330          | 1.125.578         | 347          | 1.186.367,00         | 376,00          | 1.291.918,00         | 376,00          | 1.291.918,00         |
| 2,000 - 2,999        | 718          | 1.823.552         | 726          | 1.846.986         | 736          | 1.873.235,00         | 762,00          | 1.941.007,00         | 762,00          | 1.941.007,00         |
| 1,500 - 1,999        | 586          | 992.875           | 595          | 1.009.433         | 608          | 1.031.887,00         | 632,00          | 1.073.171,00         | 632,00          | 1.073.171,00         |
| 1,000 - 1,499        | 702          | 827.232           | 717          | 845.673           | 749          | 879.799,00           | 755,00          | 886.205,00           | 755,00          | 886.205,00           |
| 500 - 999            | 806          | 591.517           | 807          | 596.255           | 819          | 606.047,00           | 819,00          | 606.047,00           | 819,00          | 606.047,00           |
| 100 - 499            | 268          | 87.390            | 252          | 82.267            | 252          | 82.267,00            | 252,00          | 82.267,00            | 252,00          | 82.267,00            |
| <b>T O T A L E S</b> | <b>4.848</b> | <b>14.274.185</b> | <b>5.006</b> | <b>15.528.869</b> | <b>5.245</b> | <b>16.985.933,00</b> | <b>5.508,00</b> | <b>18.780.793,00</b> | <b>5.572,00</b> | <b>19.490.695,00</b> |

**Tabla 1. 1 Fuente: TOC Panamá Nov.2011  
Unidad de Control de Gestión de APG**

En la Tabla No.1.1 se considera las estadísticas de la flota mercante mundial en donde se puede apreciar que los valores más altos se reflejan en las cantidades de barcos con capacidad de 4.000 – 5.099 Teu’s. Así como muestra también la inclinación hacia las embarcaciones de más de 10.000 Teu’s.

Visto de esta forma, la movilidad de las cargas ha evolucionado hacia la llamada unitarización de cargas, desapareciendo de forma paulatina los viejos buques de carga general, en beneficio en un principio de los buques polivalentes o multipropósito, y más tarde hacia los modernos buques especializados en el transporte de algún tipo de carga unitarizada, como

<sup>2</sup> Teus: mediada establecida por un contenedor de 20 pies.

pallets, contenedores, cargas rodadas, etc., que son los que han ido sustituyendo a los anteriores en las líneas regulares.

Esta evolución del transporte marítimo conlleva a un cambio en la tendencia del manejo de la carga en el Ecuador.

### **1.3.3 Evolución en el manejo de la carga en el transporte marítimo.**

El traslado de carga sólida a través del mar se realizaba en buques de mercancía general con la problemática de acomodo y pérdida de tiempo en el embarque y desembarque, sin embargo en el año de 1937 la compañía marítima Sea Train hizo un primer intento para facilitar la operación de carga de mercancías. Modificó algunos buques petroleros antiguos para llevar vagones de ferrocarril sobre cubierta desde Nueva Orleans hasta La Habana. Los vagones se levantaban con una grúa y los colocaban sobre el buque. A pesar de que el sistema tuvo algún éxito, éste se detuvo debido a la llegada de la Segunda Guerra Mundial.

El 26 de abril de 1956 zarpó del puerto estadounidense de Newark (New Jersey) el primer buque portacontenedores de la historia, el Ideal-X con destino al territorio de Houston. Este hito marcó un antes y un después en la historia del transporte moderno y revolucionó para siempre los sistemas de transporte marítimo. El buque con 58 contenedores, en seis días llegó a Houston. El éxito fue casi inmediato, lo único que faltaba era crear un sistema viable para poder hacer todo el proceso de una forma eficiente y rápida.

A partir del primer contenedor han ido surgiendo todas las modificaciones y evoluciones que conocemos hoy en día, desde los contenedores de 20 y 40 pies (dimensiones normalizadas o estandarizadas), hasta los refrigerados o los especializados por tipo de carga, además de los buques portacontenedores que cada año son más grandes, sobre todo si comparamos el primero de 58 Teus con el de 11,000 Teus que opera al día de hoy.

Se puede señalar el importante aumento que se ha producido en el transporte de la mercancía general y, especialmente, de la mercancía contenerizada a nivel mundial.

Este aumento en el caso portuario se debe al incremento del comercio, la <sup>3</sup>contenerización o afianzamiento del contenedor como unidad de transporte intermodal, así como al impulso del tráfico portuario de trasbordo y tránsito marítimo. En la tabla 2 se observa cómo entre 1980 y el 2005 el peso de la mercancía general no contenerizada ha ido disminuyendo en beneficio de la mercancía contenerizada.

TABLA 1.2. EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO MUNDIAL DE MERCANCÍA GENERAL

| Mercancía general                  | Distribución (%) |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                    | 1980             | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2004 | 2005 |
| Mercancía general no contenerizada | 78,2             | 68,5 | 63,6 | 53,1 | 42,5 | 27,8 | 21,8 |
| Mercancía general contenerizada    | 21,8             | 31,5 | 36,4 | 46,9 | 57,5 | 72,2 | 78,2 |
| TOTAL                              | 100              | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |

**Tabla 1. 2 Fuente: Drewry Shipping Consultants ltd  
María Nicoleta Gonzalez 2007**

Con los acontecimientos ya mencionados, Autoridad Portuaria de Guayaquil emprende una actualización de los estudios preexistentes a efectos de concesionar las instalaciones de las Terminales de Contenedores y Multipropósito y de esa forma ponerse de acorde con los retos que el transporte marítimo de cargas estaba imponiendo.

El proceso de concesión de las TCM de Autoridad Portuaria de Guayaquil, tuvo muchos detractores que vieron en él un punto final a negocios que se habían alimentado de manera unidireccional sin dejar un beneficio para el Estado y peor aún para los usuarios, por lo que de una u otra manera pugnaban porque el proceso no llegue a buen término, sin embargo el proceso se dio tal como se ha explicado en numerales anteriores debido a la necesidad de dar a las instalaciones portuarias la modernidad respectiva (equipos de operación de carga), eficiencia, eficacia y sobre todo costos competitivos a nuestras importaciones y exportaciones.

### **1.3.4 Equipos para carga, descarga y manipulación de mercancía en los muelles.**

Los procesos de carga y descarga de carga general y de contenedores se realizan con las grúas portuarias o de muelles. Podemos distinguir dos tipos de procesos, según se trate de contenedores de importación o de exportación.

<sup>3</sup>Contenerización: Los puertos se convierten en plataformas comerciales para el comercio exterior y en centros de transporte intermodal

El papel de las grúas de muelle en el rendimiento de las operaciones de carga y descarga es determinante. A medida que aumenta el tamaño del buque, éstas deben ser capaces de elevar los contenedores a más altura, llevarlos a mayor distancia en un menor tiempo y, además, realizar todo ello con la mayor precisión, todo ello redundando en economía de costos.

Debido a la evolución tanto de la flota marítima como de los medios en que se transporta la carga (unitarización mediante contenedores), el equipo de operación carga y descarga, también ha tenido su modificación y desarrollo tecnológico.

En la actualidad los equipos que forman parte de la operación en los muelles son los siguientes:

**Reach-Stackers.-** Capacidad de Carga de 22 a 34 toneladas, son capaces de transportar a distancias cortas contenedores muy rápidamente y se acumulan en filas diferentes en función de su acceso



**Fig. 1. 7 Maquina Reach-Stacker en operación**

**Montacargas.-** Capacidad de Carga de 2, 3, y 4 toneladas, elevador de carga destinado al transporte vertical de mercancías en varios niveles. No dispone de órganos de mando en su interior, ya que no permite el transporte de personas.



Fig. 1. 8 Montacarga de 2 ton en carga peligrosa.

**Transtainers /neumáticos.-** La grúa permite apilar un 35% ó 40% más de contenedores en la misma superficie y con la misma altura de apilamiento que un straddle carrier, dos veces más que una carretilla elevadora y hasta cinco veces más que la cantidad manipulada por un chasis, incrementando sustancialmente el beneficio de utilización del espacio. Aunque las ruedas son de goma, el pórtico no está provisto de un volante, sino únicamente con controles para mantener su recorrido horizontal en línea recta.



Fig. 1. 9 Máquina transtainer en operaciones.

**Straddle carrier.-** El Straddle carrier está diseñado para la carga y desplazamiento de contenedores. Tiene la posibilidad de andar en 4 direcciones, lo que ahorra tiempo en maniobras y espacio.



**Fig. 1. 10** Máquina stradle carrier en operaciones.

**Grúas post- panamax.-** Funcionamiento de doble elevación de hasta 65 toneladas. (2 x 32,5 t) duraciones de ciclo cortas gracias a las altas velocidades de traslación de carro y de elevación (elevación de 70/175 m/min y traslación de carro hasta 240m/min)



**Fig. 1. 11** Grúas Post-Panamax en operación de carga y descarga.

**Grúa tipo de poleas.-** Diseñado para manejar todo tipo de carga (contenedores, graneles, general y cargas de proyecto) Con un radio de 56 metro y capacidad de carga de hasta 200 toneladas.



**Fig. 1. 12 Grúa tipo polea Gottwald.**

### **1.3.5 Puerto de Guayaquil.**

Los cambios en el comercio mundial a través de los años, debido a la globalización de las economías, la evolución del transporte marítimo, la tendencia a la contenerización de la carga y la consecuente modernización de la operación portuaria en las terminales marítima, ha llevado a la necesidad de mejorar la infraestructura portuaria existente, así como la ampliación y el reforzamiento de los muelles con el continuo mantenimiento de estas estructuras.

Autoridad Portuaria de Guayaquil, consciente del desarrollo de la industria naviera, la tendencia de las formas de transporte de las cargas, la evolución del comercio internacional del país y los requerimientos de competitividad, emprende su proceso de concesión con miras a dotar a las instalaciones portuarias de la tecnología y la administración adecuada y capaz de insertar al Puerto de Guayaquil dentro del contexto de puertos eficientes y seguros y analizado como fue todo el esquema, la forma más segura y rápida de lograrlo era la vía de la concesión.

## **CAPITULO 2**

### **2 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PORTUARIOS DE MUELLES**

#### **2.1 Planteamientos generales**

Dentro del mantenimiento de infraestructuras portuarias, se debe indicar que estas acciones se efectúan a fin de mantener operativa la estructura, ya que las mismas deben cumplir determinadas funciones, establecidas dentro del marco de acción operativo portuario internacional, permitiendo o facilitando las actividades de comercio e integración a nivel internacional para intercambio de productos.

Los muelles o terminales portuarias en su conjunto deben ser fiables, funcionales y estar permanentemente operativas, que por diversas factores, estas obras puede perder, de manera progresiva, parcial o definitivamente, sus propiedades en cuanto a la resistencia de los materiales que la estructuran, generándose riesgos en cuanto al servicio que prestan y a la seguridad. Por lo antes indicado, un adecuado mantenimiento de forma programada y estructurada, permitirá mantener niveles de operatividad, seguridad y servicialidad aceptables, a objeto de que la actividad comercial que se transporta por vía marítima no tenga inconvenientes ni paradas no programadas.

Para realizar los mantenimientos en estructuras portuarias, se debe tener en consideración que se debe ejecutar un levantamiento de la información y la consecuente evaluación, considerando para los casos de puertos las nuevas condiciones de uso; cual es el caso para esta investigación, por los requerimientos que tiene el concesionario, previo a esto se deben tener claro ciertos conceptos, como mantenimientos y reforzamientos.

#### **2.2 Definición de los conceptos de mantenimiento, reforzamiento y variables.**

##### **2.2.1 Mantenimiento**

El mantenimiento es la acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un equipo o instalación, tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen, salubridad e higiene. Da la posibilidad de racionalizar costos de operación.

El mantenimiento es parte de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad.

Otro concepto de mantenimiento se tiene que, es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada.

Los mantenimientos deben ser periódicos o permanentes y se los divide en preventivos, predictivos y correctivos.

### ***2.2.1.1 Mantenimiento preventivo***

El mantenimiento preventivo se define como una actividad programada de inspecciones a todo equipo o instalación, para poder realizar reparaciones, ajustes, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica y establecida mediante un plan reglamentado. El propósito es prever desperfectos en su estado inicial y corregirlos para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos a lo largo de su vida útil, con funcionalidades adecuadas, con seguridad y cumpliendo estándares internacionales.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas programadas, aumentar la vida útil de la estructura y equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación y establecer parámetros de funcionamiento con amplias ventajas de crecimiento a corto y largo plazo.

El mantenimiento preventivo debe cumplir con los siguientes puntos:

- a.- Una inspección periódica de las instalaciones y/o equipos para detectar situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
- b.- El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Es importante llegar a un plan de mantenimiento antes de poder aplicar técnicas de mantenimiento preventivo.

### ***2.2.1.2 Mantenimiento predictivo***

Este tipo de mantenimiento está basado en la automatización y avances tecnológicos, se caracteriza por el monitoreo de un equipo, maquinaria,

instalación o infraestructura, y de experiencias empíricas, para obtener graficas de comportamiento para poder realizar la planeación del mantenimiento.

Realiza una predicción del comportamiento en base al monitoreo del comportamiento de un sistema (equipo, instalación, infraestructura), y realiza cambios o plantea actividades antes de llegar a una situación crítica.

### **2.2.1.3 Mantenimiento correctivo**

El Mantenimiento Correctivo es aquel que está orientado al diagnóstico y reparación de la infraestructura cuando se presenta en ella un problema o evento esporádico, recurrente o suma de ellos.

También se lo puede definir, como el mantenimiento realizado sin un plan de acciones mediante actividades de reparación. Es resultado de fallas, deficiencias o eventos no esperados como accidentes o siniestros.

Se clasifica en:

**1. No planificado:** Es el mantenimiento correctivo que se realiza debido a una emergencia, se actúa de forma inmediata con el objetivo de evitar incrementos de costos, daños materiales y/o humanos.

Debe efectuarse con urgencia y programadamente, ya sea por una avería o daño imprevisto a reparar lo más pronto posible, o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

**2. Planificado:** Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo o no se utilice la instalación se disponga del personal, repuestos, materiales, planos y documentos técnicos necesarios para realizar el mantenimiento correctamente. Después de haber sido llevada a cabo la reparación se debe documentar los problemas y soluciones a fin de obtener un soporte para otras infraestructuras parecidas o modelos a seguir.

El mantenimiento correctivo planificado corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el mantenimiento correctivo no planificado o de emergencia, es que no existe el grado de apremio, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente

próximo, sin interferir con las tareas de producción u operatividad. En general, se programa el paro del equipo o la no utilización de la instalación-infraestructura, pero antes de hacerlo, se van programando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad.

Para esto se aprovechan paradas, horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Obedece a inspecciones de los elementos que cuentan con un alto riesgo de falla.

## 2.2.2 Reforzamiento

Se conoce como reforzamiento de estructuras a las técnicas aplicadas mediante la utilización de diversos materiales con el objeto de fortalecer un inmueble con el propósito de prevenir los posibles efectos provocados por desastres naturales o nuevas necesidades de carga.

## 2.2.3 Variable

La definición más sencilla es la referida a la capacidad que tienen los objetos y las cosas de modificar su estado actual, es decir, de variar y asumir valores diferentes, "entendemos por variable cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores, es decir, que puede variar, aunque para un objeto determinado que se considere puede tener un valor fijo".

### Clasificación de las variables



Tabla 2. 1 Clasificación de las variables

## 1. Por su naturaleza.

**Variables cualitativas.**- Las variables cualitativas son aquellas que se expresan mejor en términos de categorías verbales antes que por números, como por ejemplo hacer un análisis visual del estado de un muelle y estimar los posibles trabajos para su mantenimiento o reparación nos sirve para tener una idea general de la magnitud del mantenimiento.

**Variables cuantitativas.**- Son las variables que representan mejor el estado del objeto material o temporal a través de una expresión cuantitativa que de una expresión cualitativa. Ejemplos: Número de muelles, número de pilotes dañados, volumen de hormigón desprendido, metros lineales de fisuras, etc.

Las variables cuantitativas, a su vez, se clasifican en:

**Variable discreta,** aquella que entre dos valores próximos puede tomar a lo sumo un número finito de valores. Ejemplos: número de fisuras en un pilote, cantidad de muelles en mal estado en el Puerto de Guayaquil, etc.

**Variable continúa,** es aquella que puede tomar valores comprendidos entre dos números, es decir la que puede tomar los infinitos valores de un intervalo. En muchas ocasiones la diferencia es más teórica que práctica, ya que los aparatos de medida dificultan que puedan existir todos los valores del intervalo. Ejemplos: valores de asentamiento de pilotes, valores de desplazamiento de muelle, etc.

La variable se denota por las mayúsculas de letras finales del alfabeto castellano. A su vez cada una de estas variables puede tomar distintos valores, colocando un subíndice, que indica orden.

## 2.3 Levantamiento y evaluación del estado de muelles.

Para poder detectar las fallas o fallas recurrentes (probables fallas) que se puedan presentar en las terminales marítimas, se debe realizar un levantamiento informativo de las estructuras y posteriormente la evaluación de las mismas, basados en el Manual de Prácticas Estándar para Puertos Marítimos en sus siglas en inglés ASCE (Estándar Practice Manual for Underwater Investigations), donde se define 7 tipos básicos de metodología de inspección en los Puertos Marítimos.

- 1.- Seguimiento de nuevas construcciones.
- 2.- Edificación de línea base, con especificación de modelo actual de estructuras.
- 3.- Chequeos de rutina.
- 4.- Inspección de Diseño – Reparación.
- 5.- Inspección especial.
- 6.- Inspección para Reparaciones.
- 7.- Checklist de seguimientos en eventos suscitados (POST-EVENT).

### **2.3.1 Seguimiento Nuevas Construcciones**

Es una parte importante dentro del levantamiento y evaluación del estado de los muelles, ya que nos permite establecer las normas de construcción requeridas, recomendadas y realizadas como confirmación del diseño. Toda esta información será recolectada a lo largo del progreso de la construcción y nos generará normativas de diseño, permitiéndonos hacer un listado de deficiencias o mejoras del diseño inicial.

### **2.3.2 Edificación de línea base**

Utilizando la información del seguimiento para nuevas construcciones, esto nos permite edificar una línea base para la metodología de inspección de puertos y una periodicidad para establecer daños estructurales o seguimientos para reparaciones puntuales, dentro de la información obtenida, en base a seguimientos de orden estadísticos y procesos estocásticos.

### **2.3.3 Chequeos de rutina**

Las inspecciones rutinarias en las estructuras o muelles portuarios, nos permiten tener una evaluación de las necesidades operativas, seguras y eficientemente llevadas para establecer un correcto mantenimiento de la infraestructura portuaria a lo largo de su vida útil, estableciendo parámetros bajo 3 niveles de acuciosidad.

- a) Nivel I (inspección 100% visual)
- b) Nivel II (test para chequeos estructurales)
- c) Nivel III (focalización de grupos de inspección especializados o sectorizados)

### **2.3.4 Inspección de Diseño – Reparación.**

Las inspecciones para un diseño y reparación de estructuras o muelles portuarios se realiza siguiendo un proceso rutinario de levantamiento de datos de manera visual y estadística, tanto en la línea costera, intermedio y bajo el agua o la parte sumergida del muelle, dentro de este enfoque se diseñan los mejores métodos para reparar el estado actual de la infraestructura para que mantengan la seguridad y funcionalidad esperadas, de acuerdo a su vida útil.

### **2.3.5 Inspección especial**

Durante el proceso de una inspección especial se recolectan muchos detalles informativos de estructuras portuarias o ejemplos frecuentemente realizados, bajo nuevas especificaciones de materiales y análisis de infraestructuras, como calidad de hormigón, núcleos internos y mezclas de acero estructurales que mejoran el desempeño portuario. Este proceso está muy ligado a los nuevos métodos y mejoramientos continuos de procesos para infraestructura de muelles.

### **2.3.6 Inspección para reparaciones.**

El proceso de las inspecciones para reparaciones, tiene mucha similitud con el proceso de nuevas construcciones ya que requieren diseños previos y seguimiento de las normas de construcción y establecimiento del diseño estructural al finalizar la obra portuaria. Una vez culminado la ejecución de obras se deberá documentar la reparación y procesos de mantenimiento progresivo.

### **2.3.7 Checklist de seguimientos en eventos suscitados (POST-EVENT)**

Durante la aparición o una sucesión de eventos que conlleven a generar daños en la infraestructura portuaria se debe establecer procesos claros a fin de restablecer la funcionalidad de la infraestructura dañada. Considerando como eventos los producidos por buques o cargas que impacten severamente en la funcionalidad de los muelles.

## 2.4 Variables que determinan los criterios de mantenimiento de muelles:

En muchas estructuras portuarias o muelles, la necesidad por comprender y prever las variables que afectan y presentan graves deterioros estructurales en los muelles, ha sido de gran interés para las instituciones que tienen a cargo el diseño, edificación, mantenimiento y reparación de estos.

Las variables más conocidas son:

- Oleaje
- Corrientes marítimas
- Niveles de pleamar y bajamar
- Bajas temperaturas ambientales
- Corrosión
- Cambio físico-químicos
- Biodeterioro de índole ambiental
- Desgaste natural de la infraestructura
- Fatigas de materiales
- Daños provocados por impacto de buques o manejo de cargas puntuales bajo sobrecargas.

### 2.4.1 Oleaje

Para una infraestructura portuaria es importante tener en cuenta el golpe estructural al que se ve sometido por el acercamiento repetitivo de olas cada cierto tiempo y que debe tomarse en cuenta para el diseño de los muelles.

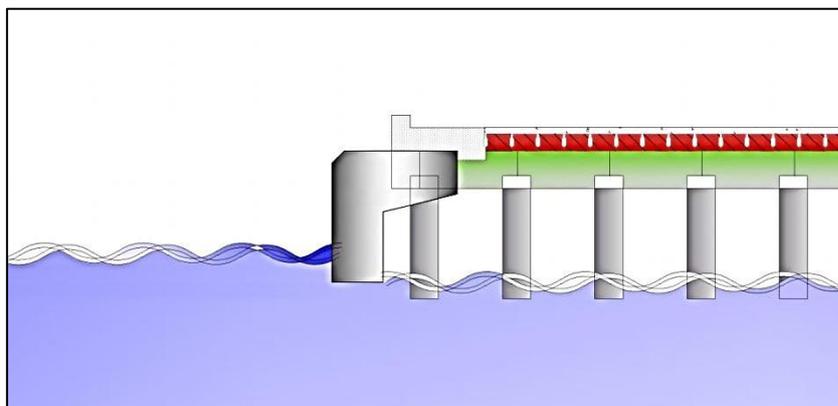


Fig. 2. 1 Oleajes en el puerto de Guayaquil.

## 2.4.2 Corrientes Marítimas

En esta variable los efectos no pueden ser observados inmediatamente, ya que las corrientes marítimas desplazan volúmenes de agua y sedimentos mezclados socavando en algunos casos los soportes estructurales de los muelles y en otros casos depositando sedimentos en las rutas navieras de aproximación a estos, limitando su vida útil.

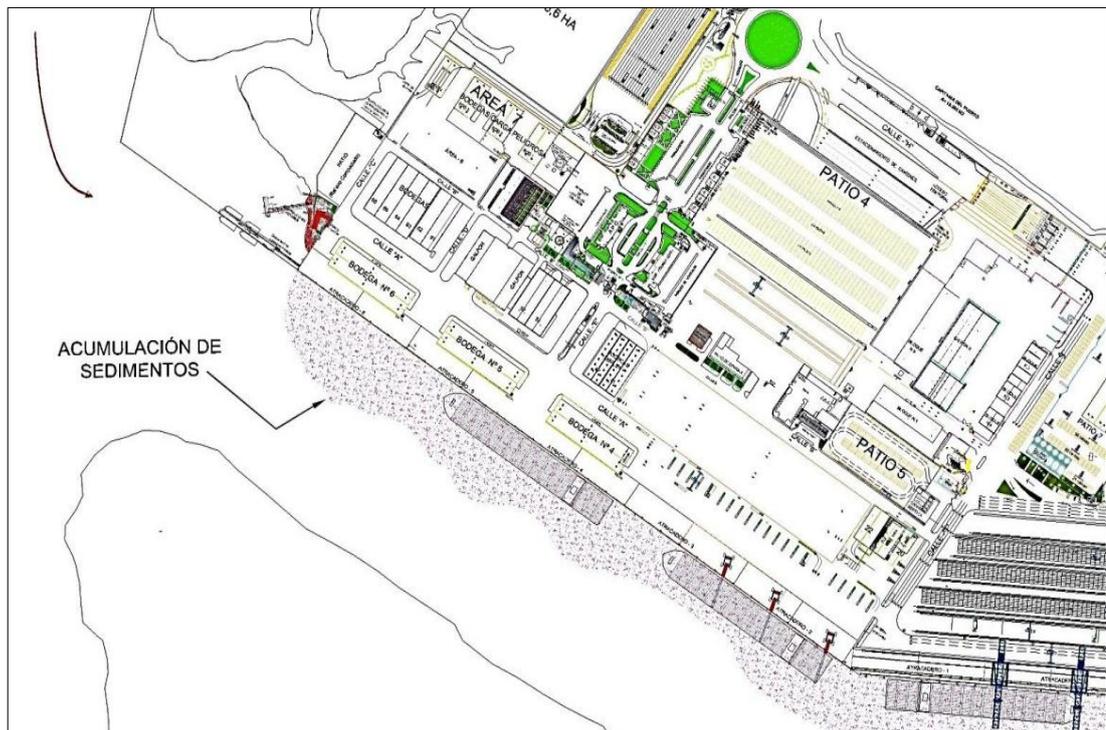


Fig. 2. 2 Corrientes Marinas cerca del Puerto acumulan sedimentos.

## 2.4.3 Niveles de Pleamar y Bajamar.

Para un correcto plan de mantenimiento de muelles se debe de tener en cuenta los niveles máximos y mínimos del oleaje natural ya que infraestructuras que no tengan en cuenta estos parámetros, tendrán como consecuencia la inutilización de los muelles o su uso por tiempos limitados, ya que esto definirá sus tiempos de uso.

También se debe de tener en cuenta el nivel máximo de pleamar, ya que la salinidad natural desgasta rápidamente los dispositivos de amarre o bitas (que generalmente son de acero), si no se considera lo anteriormente descrito.

En la siguiente figura 2.3 se puede apreciar los efectos que las mareas pueden tener sobre las infraestructuras portuarias.

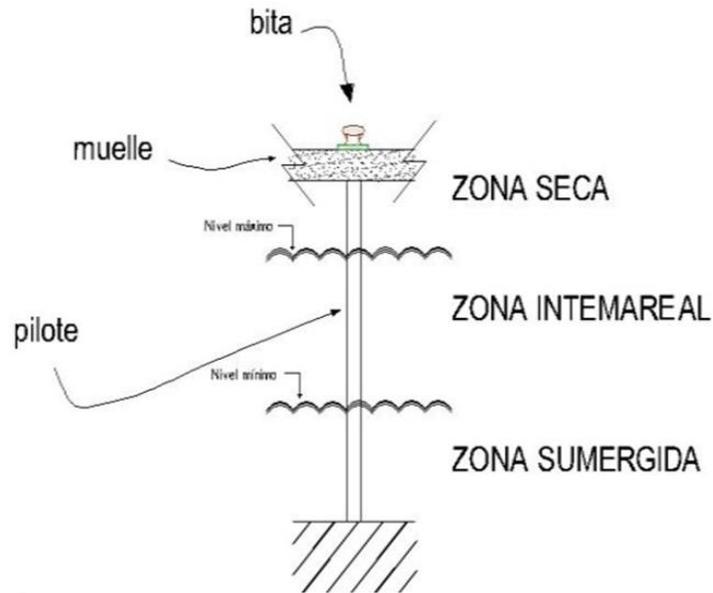


Fig. 2. 3 Niveles máximos y mínimos en los pilotes del muelle.

#### 2.4.4 Bajas temperaturas ambientales

Las diferencias de temperatura afectan los muelles debido a que los materiales se contraen o expanden según la temperatura y debido a este efecto las calzadas pueden romperse o sufrir un desgaste significativo, reduciendo su vida útil, en el caso del Puerto de Guayaquil, no existe problemas de heladas.



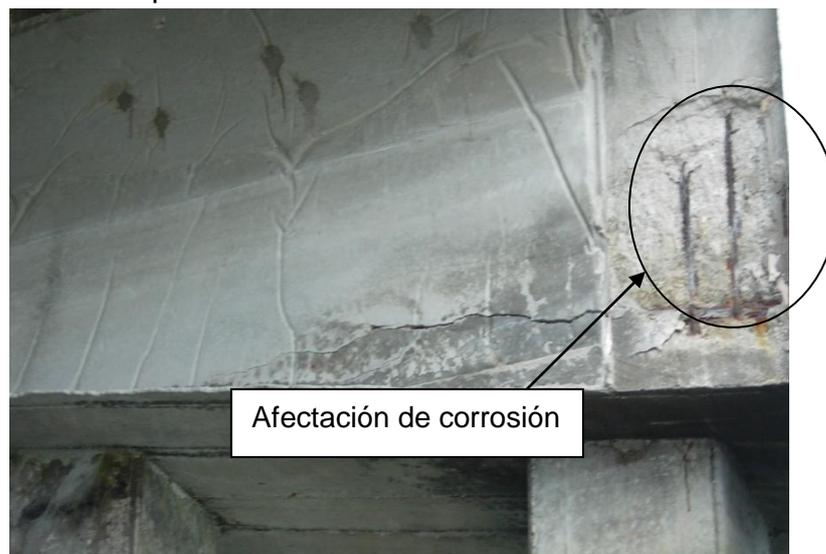
Fig. 2. 4 Por el clima de la ciudad no existe congelación en el puerto.

## 2.4.5 Corrosión

El estudio de la corrosión o el daño del acero embebido en el hormigón o en el acero estructural son necesarios en la infraestructura portuaria ya que nos ayudará a predecir si un muelle resiste determinados desplazamientos de cargas o si representa un peligro potencial para desenvolverse en el comercio internacional.

El hormigón armado como material para la construcción se pensó que tenía una vida útil ilimitada, pero hoy en día se reportan un número creciente de estructuras deterioradas por la corrosión del acero embebido en el hormigón. Dado lo anterior, se debe programar una inspección que se deberá realizar regularmente o de manera periódica para estas estructuras.

En la figura 2.5, se muestra el detalle de una viga de hormigón armado que está siendo afectado por la corrosión.



**Fig. 2. 5 Corrosión del acero en hormigón armado.**

Lo que más interesa es los procesos de mitigar el deterioro de las estructuras portuarias en base a los signos de desgaste o desperfectos presentes. El rápido deterioro de los muelles puede ser atribuido a tres grupos bien marcados:

- Pobre diseño técnico de la infraestructura.
- Sobrecargas de trabajo en los movimientos de embarque y desembarque de cargas.
- La calidad de los materiales que fueron usados en la infraestructura portuaria.

Todo esto debe ser abordado de manera técnica y que pueda ser tabulado sus resultados.

#### **2.4.6 Cambios físicos-químicos**

Hay que observar la alta demanda de agua, el elevado aumento del volumen sólido y el alto desprendimiento de calor posible de la fase de C2A así como el carácter expansivo de la reacción de este componente con el sulfato. El carácter promovedor de expansión también es una característica importante de las reacciones de los óxidos libres CaO (óxido de calcio) y MgO (óxido magnesio)

#### **2.4.7 Biodeterioro de índole natural**

Por otra parte, la pérdida de alcalinidad del concreto denominada como carbonatación también es un problema que actualmente afecta a muchas estructuras en el país, este fenómeno ocurre cuando el dióxido de carbono CO<sub>2</sub> reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte al hidróxido de calcio Ca (OH)<sub>2</sub> con un pH de 12 a 13, a carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub> que tiene un pH menos alcalino. La permanencia de esta capa depende de que el concreto conserve dicha alcalinidad, la que al descender ante la presencia de dióxido de carbono en el concreto, el acero pierde su capa pasiva, se considera un pH menor a 11 para que se inicie este efecto.

Los factores que afectan durante la carbonatación son: el contenido de humedad; el contenido de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en el ambiente atmosférico; y la permeabilidad del concreto. El contenido de humedad relativa ambiental es un factor importante para que exista carbonatación, pero con mayor rapidez en el intervalo de 50 - 70% aproximadamente; a bajas humedades no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelva el dióxido de carbono y en humedades altas, los poros se bloquean y evitan el ingreso del dióxido de carbono

El contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, depende en gran medida de la actividad económico-industrial que se desarrolle en el lugar ya que existen grandes diferencias en una zona urbana a una zona rural, siendo mayores en la primera; aunque para que se inicie el fenómeno de carbonatación del concreto, se requiere una pequeña cantidad de concentración de CO<sub>2</sub>, que normalmente se encuentra en la atmósfera, que está en el rango de 0.03%.



Fig. 2. 6 Biodeterioro en un pilote del muelle 4 del Puerto de Guayaquil.

### **2.4.8 Desgaste natural de la infraestructura**

Diferentes factores actúan durante la vida útil de cualquier obra de concreto, afectando de algún modo sus características de durabilidad. Estas condicionantes pueden depender tanto de la acción del entorno o medio ambiente, como de las propiedades intrínsecas del concreto.

El diseño global de la obra, su interrelación con el suelo, diseño de los elementos constructivos y su posterior elaboración con la adecuada selección de los materiales componentes y colocación en obra, juegan también un rol importantísimo.

Para entender más las causales de ocurrencia de daños, podemos dividirlos en dos partes.

Causas Internas:

Se definen como causas internas aquellas que se relacionan con cambios volumétricos que ocurren dentro del concreto. La pérdida del agua de mezclado produce cambios físicos conocidos como retracción de secado, pudiendo iniciarse desde muy temprana edad. En este caso se producen fisuras superficiales. Si se generan con el tiempo, las fisuras pueden alcanzar todo el espesor del elemento.

Causas Externas:

Otras causas actúan externamente sobre la estructura. Las más típicas se refieren a las acciones de las cargas, ya sean estáticas o dinámicas, la

acción del fuego, sismos, temperatura y viento extremo, asentamientos diferenciales, etc. Éstas inciden con esfuerzos de toda índole sobre el elemento, bastando que se sobrepasen las respectivas resistencias características del concreto para que ocurra un daño.

#### **2.4.9 Fatiga de materiales**

En ingeniería, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde la antigüedad, este comportamiento no fue de interés real hasta la Revolución Industrial, cuando, a mediados del siglo XIX comenzaron a producir las fuerzas necesarias para provocar la rotura con cargas dinámicas son muy inferiores a las necesarias en el caso estático; y a desarrollar métodos de cálculo para el diseño de piezas confiables.

#### **2.4.10 Nuevo usos y equipos en los muelles**

Los muelles 2 al 6 fueron diseñados con las características indicadas en el capítulo 1 subcapítulo 1.1.9 y los muelles 1, 1a, 1b subcapítulo 1.1.10., sin embargo los nuevos requerimientos para estos muelles, conforme a las nuevas demandas de buques y equipos, mismos que son concordantes con los cambios de escala o economías de escala, que son términos muy utilizados en el transporte marítimo, hicieron necesario el reforzamiento de los muelles del Puerto de Guayaquil ,de conformidad a los términos contractuales de la concesión de las instalaciones y sus demandas.

Entre los nuevos usos que se deben considerar para mantener los muelles del Puerto de Guayaquil, está la evolución de las generaciones de buques portacontenedores y sus dimensiones aproximadas conforme la capacidad de carga. (Ver figura 2.7)

|                       |  | Length         | Draft               | TEU                |
|-----------------------|--|----------------|---------------------|--------------------|
| First<br>(1956-1970)  |  Converted Cargo Vessel | 135 m          | < 9 m               | 500                |
|                       |  Converted Tanker       | 200 m          | < 30 ft             | 800                |
| Second<br>(1970-1980) |  Cellular Containership | 215 m          | 10 m<br>33 ft       | 1,000 –<br>2,500   |
| Third<br>(1980-1988)  |  Panamax Class          | 250 m          | 11-12 m             | 3,000              |
|                       |  Panamax Class          | 290 m          | 36-40 ft            | 4,000              |
| Fourth<br>(1988-2000) |  Post Panamax           | 275 –<br>305 m | 11-13 m<br>36-43 ft | 4,000 –<br>5,000   |
| Fifth<br>(2000-2005)  |  Post Panamax Plus     | 335 m          | 13-14 m<br>43-46 ft | 5,000 –<br>8,000   |
| Sixth<br>(2006-)      |  New Panamax           | 397 m          | 15.5 m<br>50 ft     | 11,000 –<br>14,500 |

Fig. 2. 7 Evolución de las embarcaciones

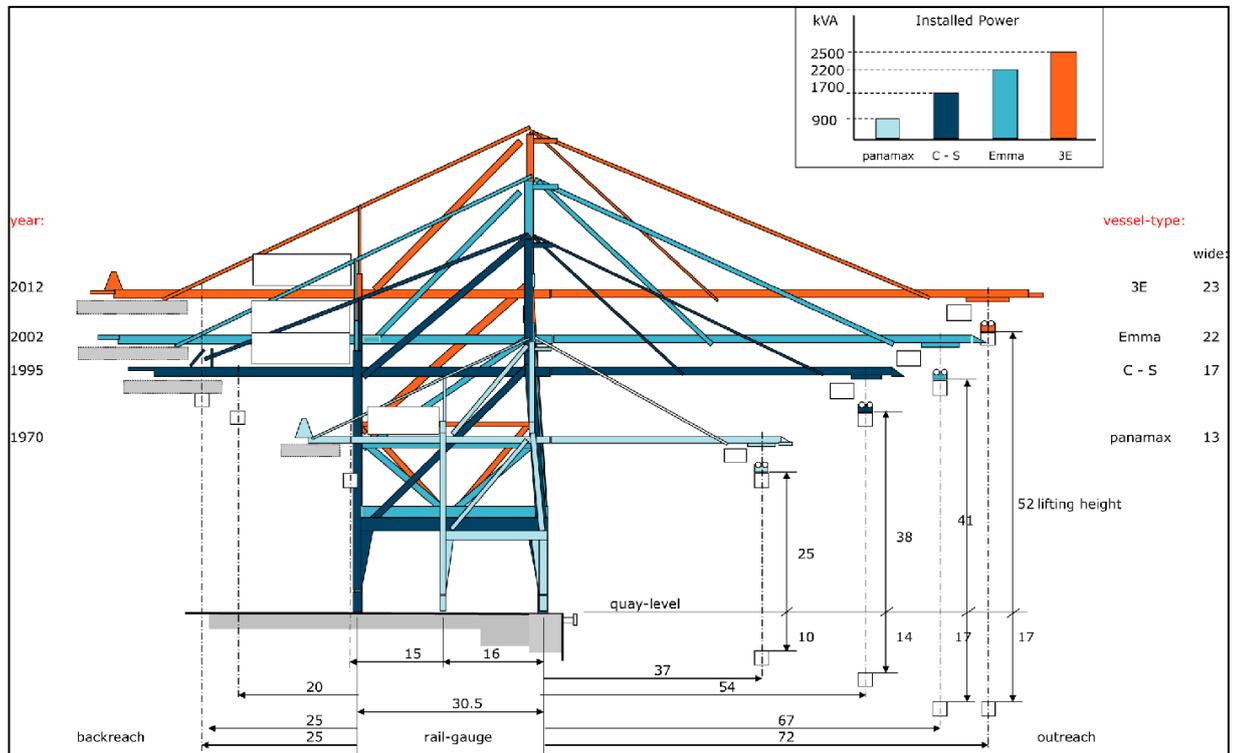
Fuente: página web: [www.marygerencia.com](http://www.marygerencia.com)

Así mismo la evolución de los equipos que se utilizan en la operación de carga y descarga de la mercancía, deben considerarse dentro de los nuevos usos para el puerto principal del Ecuador.

En una reunión de trabajo sobre diseño de reforzamiento de muelles, el diseñador estructural expresó que el objeto principal que se debe considerar para el diseño de un muelle o reforzamiento estructural, es la grúa de pórtico, dicha apreciación es correcta desde el punto de vista operativo, por cuanto es este equipo el que influye en el rendimiento de la operación portuaria y sus solicitaciones son las mayores de todos los elementos considerados como carga viva.

Por lo que los elementos preponderante para las consideraciones de reforzamiento, y diseños es el de la grúa portacontenedores, y buques de última generación.

A continuación en la figura 2.8 se muestra la evolución de la grúas portacontenedores a partir de 1970 hasta el 2012.



**Fig. 2. 8 Evolución de las grúas portacontenedores.**  
**Fuente: presentación de APM TERMINALS – TOC PANAMA NOV-2011.**

Conforme a la base de datos del contrato de concesión APG-CGSA, y estudios realizados por la Autoridad Portuaria de Guayaquil, los usos que se deben considerar para mantenimientos y reforzamiento de muelles son los siguientes:

- Buque de diseño conforme a propuesta en concesión, y estudios para el dragado a 11 metros del canal de acceso al Puerto de Guayaquil elaborado por Geoestudios- Consulsua: eslora: 270 metros, manga: 40 metros, calado 11,5 m, peso muerto 55.830 toneladas o un buque parcialmente cargado de eslora: 350 m, manga de 40 metros y 15 de calado y peso muerto de 109000 toneladas.
- Velocidad de atraque: 0.10 m/s
- Sismicidad: Aceleraciones en roca entre 0.25 g y 0.35 g.
- Carga máxima de equipos: el de una grúa pórtico postpanamax.- peso entre 1600 y 2000 toneladas, capacidad de elevación de carga 65 toneladas/metro en cada uno de los rieles en una longitud de 20 metros.
- Cargas de impacto: en base a las recomendaciones del AISC en estructuras con cargas vivas que producen impacto, estas deberán

incrementarse de forma de prever este efecto, ver anexo factores aplicables a carga de impacto.

- Grúa de polea: Peso total de la grúa con rotator y spreader 429.0 ton (análisis de los atracaderos 1, 1a y 1b del puerto de Guayaquil, Ecuador, para operar una grúa GOTTWALD G HMK 6407 por M. I. José Arturo Hernández Ruiz).
- Cargas de amarres a bitas y cornamusas.
- Energía de atraques conforme a la demanda actual de buques

#### **2.4.11 Daños por accidentes o por el paso del tiempo y antigüedad propia de la obra.**

En el puerto de Guayaquil la mayoría de los daños se produce por las operaciones de los movimientos de los contenedores, los operarios de las maquinas transportadora en algunos casos dejan caer el contenedor de una altura mínima (unos 10 a 20 cm), en otros casos al movilizar los contenedores de un lugar a otros “arrastran” la unidad dejando una huella en la losa del muelle.

#### **2.4.12 Actualización de acuerdo a códigos.**

Conforme a las variables que se presentan debido a la evolución de las embarcaciones, equipos de operación, sismicidad, velocidades de atraque, cargas de amarre, impactos, accidentes, desgaste de la estructura por el paso del tiempo; las consideraciones que se deben realizar para el mantenimiento o refuerzo de las estructuras, deben ser conforme a los códigos actualizados para diseños y procedimientos constructivos de refuerzo y mantenimiento, entre los cuales se encuentran:

- PIANC. SEISMIC DESIGN GUIDELINES FOR PORT STRUCTURES, 2001
- Código ecuatoriano de la construcción 2002
- PIANC. Guidelines for the design of fender systems. 2002
- American Concrete Institute ACI-318 Building Code, 2008
- OCDI. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour facilities in Japan 2009 (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan)
- Normas ROM (españolas).

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las normas y códigos actualizados que se deben utilizar para el mantenimiento de muelles.

#### **2.4.12.1 *PIANC. Seismic Design Guidelines For Port Structures, 2001***

Con el fin de mitigar los riesgos y las pérdidas debidas a los terremotos, las metodologías de diseño sísmico se han desarrollado y aplicado en la práctica del diseño en muchas regiones desde principios del siglo XX, a menudo en forma de códigos y normas. La mayoría de estas metodologías se basan en un enfoque de equilibrio de fuerzas, en el que las estructuras están diseñadas para resistir un determinado nivel de fuerza sísmica especificarse como una fracción de la gravedad. Estas metodologías han contribuido al rendimiento aceptable sísmico de estructuras portuarias, en particular cuando los movimientos sísmicos son más o menos en el nivel de diseño prescrito.

#### **2.4.12.2 *Código Ecuatoriano de la Construcción***

Los procedimientos y requisitos descritos en este código se determinaron considerando la zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura, las características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino e importancia de la estructura, y el tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse. Las estructuras deberán diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia y sobre-resistencia estructural inherente, y la ductilidad de la estructura. La resistencia mínima de diseño deberá basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en este código.

#### **2.4.12.3 *American Concrete Institute ACI-318 Building Code, 2008***

La actualización para cumplir con el código de construcción de 2008 de la American Concrete Institute (ACI 318-08), la octava edición de Diseño de Hormigón Armado le da una base sólida en el campo y la comprensión hasta al día de las novedades más actuales en códigos, herramientas y elementos de diseño.

Con un enfoque accesible y eficiente cobertura de la teoría, esta visión global de la teoría de hormigón armado y de aplicación explica los requisitos

del Código ACI y explora el diseño de vigas de hormigón armado, losas, columnas, cimientos, muros de contención, muros portantes, secciones pretensadas de hormigón.

#### **2.4.12.4 OCIDI. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour facilities in Japan 2009 (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan)***

El primer manual japonés en puertos y bahías fue publicado en 1943 y fue subsecuentemente revisado varias veces, hasta en 1979 salió la primera edición de “Technical Standards” y revisado varias veces y republicado en 1980, 1991 y 2002.

Debido que los puertos y bahías de Japón están frente al mar abierto y un considerable número de puertos están expuestos a condiciones extremas del mar abierto, enfrentan olas que exceden los 10 metros de altura. También se considera este código porque Japón están en una zona de los mayores movimientos sísmicos del mundo, en la edición del 2007 incluyen avanzada tecnología y ha sido completamente incorporada en respuesta a la demanda mundial.

#### **2.4.12.5 Normas ROM**

Las recomendaciones de estas normas reúnen los criterios necesarios para la definición y realización de los trabajos de investigación geotécnica, inspecciones de campo de las estructuras, análisis de las condiciones de corrientes, oleajes, vientos, determinación de buques de diseños, trabajos de mantenimientos en estructuras, entre otros. La elaboración de la información obtenida con dicha investigación, los métodos de análisis de los diversos aspectos técnicos y modo de evaluar los parámetros en cada caso y, finalmente, el estudio de los problemas que presentan cada una de las tipologías estructurales más habituales en las obras marítimas y portuarias, permiten hacer una valoración y diseños para el mantenimiento de muelles, debido a que estas normas se encuentran en permanente revisión conforme a las demandas.

## **CAPITULO 3**

### **3 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES PROBLEMAS.**

#### **3.1 Patologías**

La palabra patología se origina etimológicamente de las raíces griegas pathos que significa enfermedad y logia, que significa estudio o tratado, es decir PATOLOGIA significa estudio de la enfermedad.

Este es un concepto que originalmente se ha utilizado para el estudio de enfermedades de seres vivos, sin embargo, en la ingeniería se la utiliza para el análisis de las afectaciones que se dan a las estructuras o elementos componentes de una construcción.

Para nuestro caso, que es el objeto de la presente investigación se revisará las afectaciones más habituales a los elementos componentes de los muelles del Puerto de Guayaquil definidos desde el muelle 1C, 1B, 1A, 1, hasta los muelles designados del 2 al 6. (Ver anexo planos de muelles)

Las afectaciones más habituales a los componentes de los muelles del puerto de Guayaquil concesionado a CGSA, son las que se desarrollan en el hormigón de: vigas, pilotes, losas, trabelosas, pantallas, bitas, cornamusas.

Para iniciar en los planteamientos de métodos de inspección y evaluación de muelles, se describe brevemente las patologías y daños más habituales en estas estructuras.

##### **3.1.1 Patologías del concreto**

La patología en el hormigón sea este simple o armado, se la puede definir como el estudio sistemático de los procesos y de las características de las “enfermedades” o los “defectos y daños” que puede sufrir el hormigón, sus causas, consecuencias y soluciones.

El hormigón puede sufrir afectaciones, alteraciones o daños que modifican su estructura interna y comportamiento. Algunos pueden ser congénitos por estar presentes desde su elaboración; otros pueden haberse contraído durante cierta etapa de su vida útil; y otros pueden ser consecuencias de accidentes, imprevistos.

Previo a la descripción de las patologías del concreto, es necesario revisar de qué depende la durabilidad del concreto hidráulico, sea este simple o armado y su definición.

**Durabilidad del hormigón hidráulico.-** Es la capacidad que tiene ese material para resistir las acciones de diferentes acciones, tales como: de abrasión, medio ambiente, químicas, biológicas, y cualquier proceso de deterioro.

La durabilidad del hormigón depende de los siguientes factores:

- Diseño y calculo (relación agua/cemento, geometría, recubrimientos, consistencia).
- Materiales (acero, agregados, productos de protección)
- Procesos constructivos (buena mano de obra, control de calidad)
- Curado (falta de curado o deficiencias en el curado del concreto reduce drásticamente su resistencia).

Estos factores desarrollan una capacidad resistente y de deformación máxima permisible ante cargas de servicio, generan texturas superficiales para la resistencia de agentes externos: medio ambiente, físicos químicos, biológicos.

Al presentarse fallas por uno o más de los factores que inciden en la durabilidad del hormigón, la capacidad resistente será rebasada, por lo que se presentarán deformaciones u otro tipo de acciones mecánicas, lo que generará la presencia de fisuras superficiales o profundas, que se considera como deterioros mecánicos, que a su vez, dependiendo del tipo de tamaño de las fisuras, causarán un cierto grado de porosidad que en conjunto con temperatura, humedad, fluidos, permitirán el inicio y propagación del deterioro del hormigón o del acero de refuerzo debido a la corrosión.

Dependiendo de estos factores se puede determinar las causas habituales de defectos en el hormigón, entre lo que se presentan los siguientes:

### **3.1.2 Fisuración en pilotes y estructuras**

La fisuración en pilotes y demás componentes estructurales en los muelles, se producen por diferentes causas o circunstancias, durante la construcción de las estructuras de concreto, en la cuales podemos analizar algunos tipos de fisuras que se presentan antes del endurecimiento y durante el endurecimiento, así como durante el tiempo de vida útil de las estructuras.

### **3.1.2.1 Cambios volúmenes en estado plástico**

Durante el estado plástico, los cambios volumétricos que tiene el hormigón pueden ser consecuencia de la contracción o dilatación que experimenta el material; la cual en diferentes factores ocasiona fisuras en la pasta del cemento.



**Fig.3. 1 Hormigón en estado fresco**

### **3.1.2.2 Fisuras plásticas**

Estas fisuras se caracterizan por manifestaciones en el hormigón como el asentamiento plástico y la contracción plástica.

Asentamiento plástico.- Una vez que el concreto ha sido vertido en la obra, los agregados tienden a asentarse por gravedad desplazando los elementos menos densos como el agua y el aire. Dependiendo de la consistencia se asentarán por más tiempo y en mayor gravedad lo que induce fisuras amplias.

Contracción plástica.- Una vez que el brillo del agua desaparece de la superficie del concreto se presentan microfisuras y fisuras en superficies horizontales mientras está fresco el concreto. Generalmente ocurren entre las dos y las cuatro primeras horas después del mezclado, son fisuras de poco espesor y profundidad.



**Fig.3. 2** Agrietamiento por contracción plástica.

### **3.1.2.3 Movimientos durante la construcción**

Usualmente ocurren en el proceso de vaciado o en el proceso de fraguado y están ligados a deformaciones de la base de soporte o a movimientos del encofrado.



**Fig.3. 3** Movimiento durante la construcción  
Fuente: folleto de constructora Portonovo

#### **3.1.2.3.1 Movimiento de la base**

Cuando la base de soporte del hormigón, sufre deformaciones durante el hormigonado o el fraguado de la mezcla probablemente por una mala compactación, se pueden generar planos de falla y fisuras. Así mismo cuando el concreto ha sido colocado - compactado, y se presentan impactos, vibraciones o movimientos de la misma base a causa por ejemplo del tránsito de vehículos, se pueden producir fracturas o grietas.

### 3.1.2.3.2 Movimiento del encofrado

Al igual que en la bases de apoyo, los encofrados también puede experimentar deformaciones al momento de retirar producen fisuras, desprendimientos y despostillamientos en el concreto que se encuentra en el proceso de fraguado o recién inicia la fase de endurecimiento.



Fig.3. 4 Retiro del encofrado produce fisuras.

### 3.1.2.4 Cambios volumétricos en estado endurecido

Generalmente están asociados a la contracción o dilatación que experimenta el hormigón por cambios de humedad, por cambios de temperatura o los cambios que tiene la masa endurecida.



Fig.3. 5 Cambio de volumen en estado endurecido.

### 3.1.2.5 Fisuras por cambio de humedad

Las fallas que se presentan en el hormigón endurecido, por cambios de humedad o por la presencia de agua de forma permanente, estas son:

- ✓ Grietas capilares o cuarteaduras
- ✓ Contracción por secado
- ✓ Agregados con contracción
- ✓ Ciclos de humedecimiento o secado

#### 3.1.2.5.1 Grietas capilares o cuarteaduras

Son las que aparecen en la superficie del concreto en distribución hexagonal (fisuración en mapa), se deben principalmente a procedimientos inadecuados de consolidación, acabado y curado.

Las causas más comunes son la sobrevibración o el excesivo aplanado durante el acabado, cuando la superficie está sujeta a esfuerzos de tensión que son superiores a su resistencia a la tracción generando cuarteaduras y grietas que suelen aparecer entre 1 y 15 días después del vaciado.



Fig.3.6 Cuarteadura en muro.

### **3.1.2.5.2 Contracción por secado**

Conocida como retracción hidráulica, es la disminución de volumen que experimenta el hormigón endurecido, cuando está expuesto al aire con humedad no saturada.



**Fig.3.7 Contracción por secado.**

### **3.1.2.5.3 Agregados con retracción**

En un hormigón correctamente dosificado, la contracción de la pasta es resistida por los agregados compactos, rugosos y duros que se adhieren bien y generan la llamada interfase de adherencia pasta-agregado; sin embargo, cuando los agregados son muy absorbentes, se producen retracciones 2 y 3 veces mayores que las obtenidas con materiales menos absorbentes.(Durabilidad y Patología del concreto).

### **3.1.2.5.4 Ciclos de humedecimiento y secado**

Estos ciclos los encontramos principalmente en las estructuras de hormigón que están directamente en contacto con el agua de río, estero o mar, estas estructuras tiene tres zonas claramente definidas: zona sumergida, zona de cambio de nivel (secado y humedecimiento) y zona de evaporación.

En la zona de cambio de nivel es donde el hormigón sufre de agrietamientos y posible degradación de la superficie como consecuencia de la erosión ocasionada por el oleaje y el desgaste microfisuramiento por el mojado y secado cíclicos causados por la marea.



Fig. 3. 8 Zona del pilote por los cambios de mareas

### **3.1.2.6 Fisuras por cambios de temperatura.**

Por daños en cambios de temperatura tenemos los siguientes mecanismos:

- ✓ Contracción térmica inicial
- ✓ Dilatación y contracción por temperatura
- ✓ Ciclos de congelamiento
- ✓ Deshielo y el ataque por fuego ( no se aplica la puerto de Guayaquil )

#### **3.1.2.6.1 Contracción térmica inicial**

En condiciones normales el concreto no disipa el calor a suficiente velocidad y alcanza temperaturas más altas que el ambiente. Generalmente aparecen entre el primer y el quinto día de vida del hormigón como microfisuras y se presentan por un enfriamiento superficial más rápido que el interior de la masa, lo cual genera un estado de tracción en la zona superficial y un estado de compresión en su núcleo.

#### **3.1.2.6.2 Dilatación y contracción por temperatura**

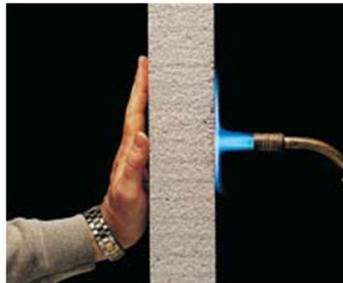
El concreto como la mayoría de materiales que se utiliza en la construcción, se dilata por el aumento de temperatura y se contrae cuando la temperatura baja. Estos cambios de temperatura producen agrietamiento indebido y particularmente cuando se restringe el movimiento por alguna causa o se combina con la contracción por secado.

### 3.1.2.6.3 Ataque por fuego

En general, el hormigón tiene buenas propiedades de resistencia al fuego, sin embargo estas son las fallas que se presentan por ataques de fuego:

#### Resistencia a la Penetración de la Llama

El hormigón al verse afectado por el fuego y según las temperaturas alcanzada, pueden sufrir de calcinación que se manifiesta con cambios de color. El grado de calcinación afecta la microestructura del concreto porque se produce descarbonatación y aumento de la porosidad por microfisuramiento y por lo tanto se puede afectar su resistencia mecánica.



**Fig.3. 9 Resistencia al fuego.**

#### Calcinación incipiente

Zonas donde el hormigón mantiene su coloración gris natural y exhibe microfisuras y cuarteaduras en mapa.

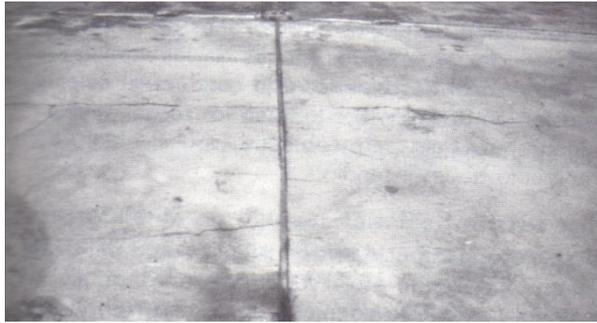


**Fig.3. 10 Calcinación incipiente.**

**Fuente: Durabilidad y patologías del concreto (Sánchez de Guzman, 2002)**

### Calcinación superficial

Zonas donde se percibe una coloración amarillenta y es posible que exista algún grado de descarbonatación, con manifestaciones de fisuramiento térmico.



**Fig.3. 11 Calcinación superficial**

**Fuente: Durabilidad y patologías del concreto(Sánchez de Guzman, 2002)**

### Calcinación avanzada

Zonas donde se percibe una coloración gris clara y con seguridad hay descarbonatación avanzada con manifestaciones de pérdida de masa por descascaramiento.



**Fig.3. 12 Calcinación avanzada.**

**Fuente: Durabilidad y patologías del concreto(Sánchez de Guzman, 2002)**

### Calcinación muy avanzada

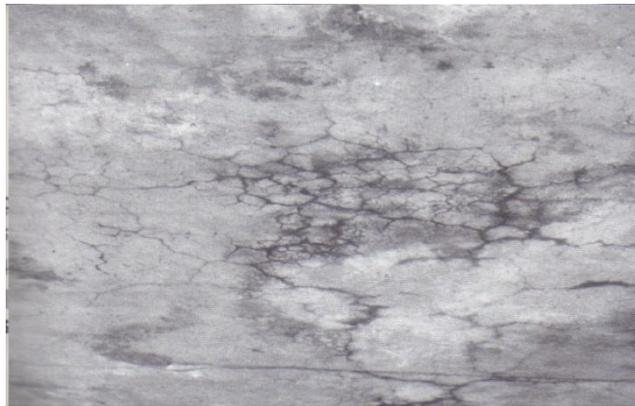
Zonas donde se percibe una coloración muy clara o blanca con descarbonatación evidente y desintegración de la masa del concreto.

### Falla por transmisión de calor

Cuando el hormigón queda expuesto a la acción del fuego, se puede introducir altos grados de temperatura y en consecuencia, las capas superficiales se separan y descascaran desde la parte interior que está más fría.

### Microfisuras y cuarteaduras en mapa

Se presentan en zonas donde el hormigón experimenta calcinación incipiente, es decir, presencia de planos de falla por dilatación-contracción térmica.



**Fig.3. 13 Microfisuración y cuarteaduras en mapa.**

**Fuente: Durabilidad y patologías del concreto(Sánchez de Guzman, 2002)**

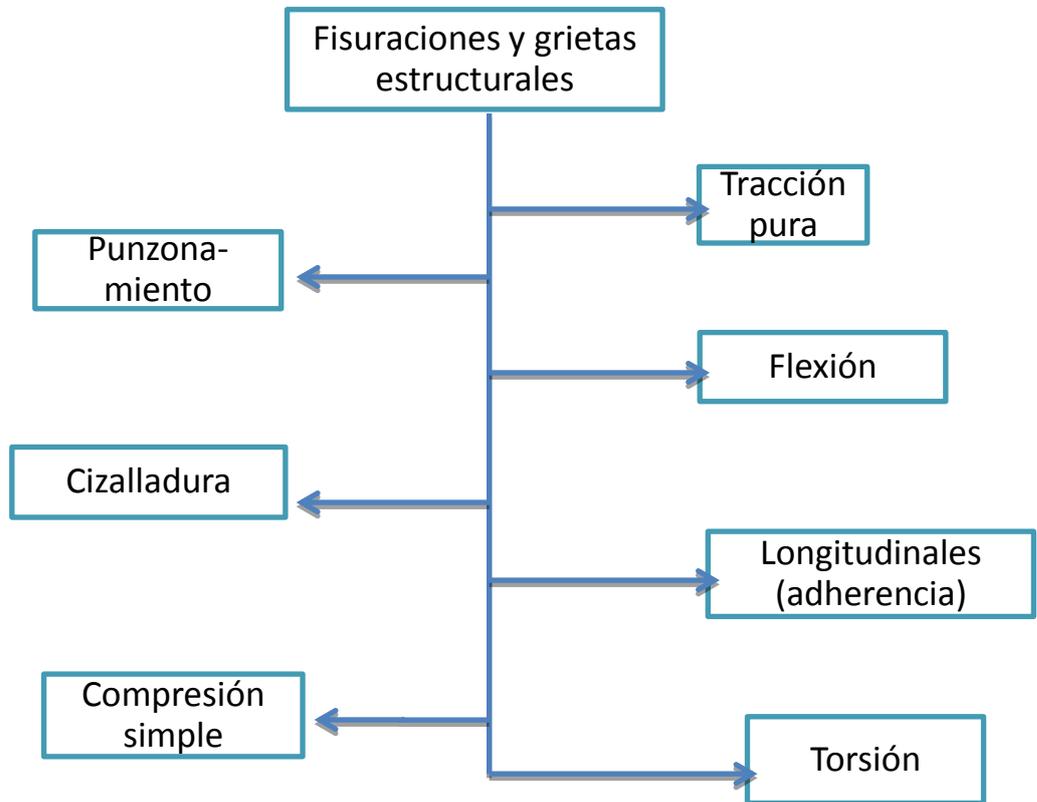
### ***3.1.2.7 Sobrecarga y deformaciones impuestas***

Es por demás decir que si sobrepasamos la capacidad de resistencia del material, o existen deflexiones y movimientos excesivos o imprevistos, o se presentan fracturas y aplastamiento; las consecuencias se presentan por medio de deficiencias estructurales según la intensidad del caso.

### ***3.1.2.8 Grietas estructurales – estados límites últimos***

Son grietas que se presentan generalmente en la sección netamente resistente de los elementos estructurales, por aplicación de carga directa. La fisuración y agrietamiento también se puede producir cuando el hormigón esté sometido a tensiones excesivas y cuando esté sometido a esfuerzos de

tracción o flexión derivados a posibles deficiencias estructurales, en la cuales podemos encontrar los siguientes tipos de fisuras:



**Tabla 3. 1 Tipos de fisuras y grietas estructurales**

### 3.1.2.9 Grietas por tracción pura

El concreto simple tiene una baja resistencia a los esfuerzos de tracción, por lo que se debe considerar la tracción pura como un agrietamiento básico en el hormigón.

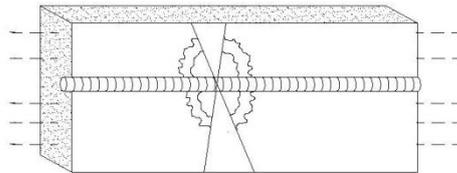


Fig.3. 14 Grietas por tracción.

### 3.1.2.10 Grietas por flexión

Para una losa, viga o muro, las grietas se presentan en la superficie que se expande por esfuerzos de flexión causando una deformación por pandeo. Estos planos de fallas son de dos tipos: grietas por flexión las cuales se extienden hasta llegar al eje de la sección y grietas por tracción que se localizan entre la grietas de flexión y se extienden por encima de la barra de refuerzo.

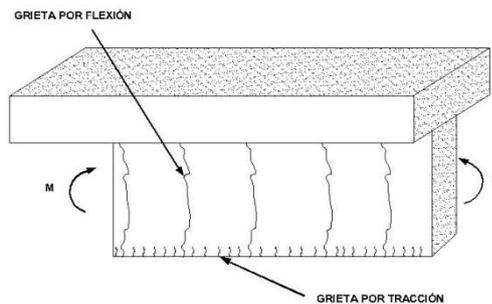
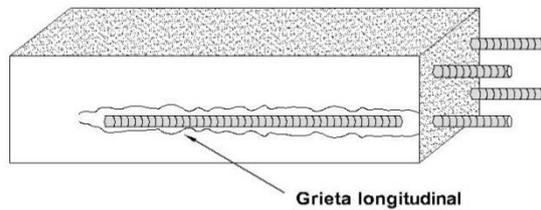


Fig.3. 15 Grietas por flexión

### 3.1.2.11 Grietas longitudinales

En estructuras bien calculadas bajo cargas normales no es común este tipo de grietas (que se presenta a lo largo del acero de refuerzo), que se da por la falta de adherencia de las varillas de acero con el hormigón. Especialmente la falta de adherencia, se presenta porque durante la

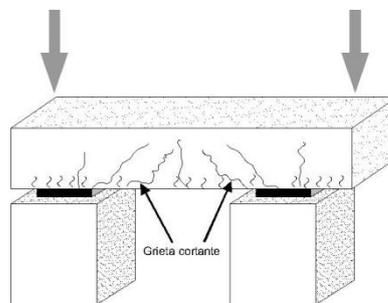
construcción las varillas de acero se impregnan de aceites, o tienen óxido suelto.



**Fig.3. 16 Grieta longitudinal**

### **3.1.2.12 Grietas por cortantes**

Para vigas y losas sometidas a esfuerzos cortantes las grietas se presentan cerca de los apoyos en un ángulo de  $45^\circ$  aproximadamente. Algunas veces si existen fisuras de tracción estas tienden a unirse con las cortantes, en ocasiones se presentan en centro de un elemento estructural, sobre todo si hay cargas puntuales o poco estribo cuyo caso las grietas serían de una combinación de cortante y flexión. Este tipo de agrietamiento se considera serio desde el punto de vista mecánico.



**Fig.3. 17 Grieta cortante en vigas de hormigón armado**

### 3.1.2.13 *Grietas por torsión*

Los esfuerzos de torsión provocan grietas en forma espiral que atraviesan el elemento estructural.

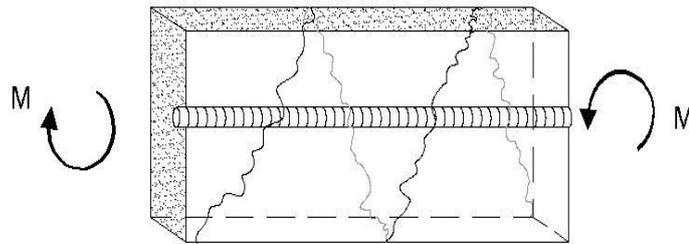


Fig.3. 18 Grieta por torsión

### 3.1.2.14 *Grietas por punzonamiento*

Se originan por tensiones transversales por una carga localizada en un área pequeña, se caracteriza por la formación de grietas en forma de tronco de pirámide.

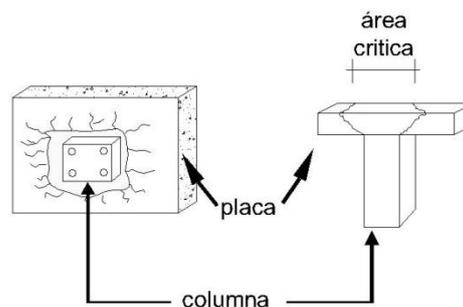


Fig.3. 19 Patrón de fallas debido a una columna aplastada por una placa de concreto

### 3.1.2.15 *Falla por cizalladura*

Este fenómeno se presenta en secciones de concreto reforzado, conformado por un elemento de concreto prefabricado y una sobrecarpeta de concreto vaciado.

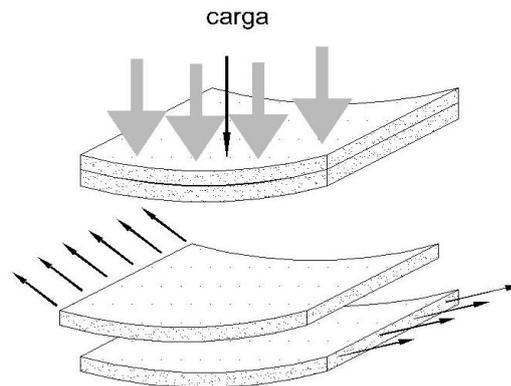


Fig.3. 20 Patrones de falla por cizalladura de una losa de concreto

### 3.1.2.16 *Grietas por compresión simple*

Cuando una columna está sometida a esfuerzos de compresión simple, las fisuras se presentan a lo largo de la sección.

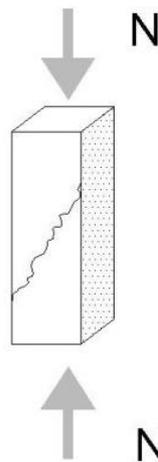


Fig.3. 21 Patrón de falla de una viga a compresión simple

### **3.1.2.17 Asentamiento del terreno**

Cuando no se diseña apropiadamente la cimentación de una construcción, puede darse movimientos diferenciales pequeños que provoca a la estructura una fisuración. Si los movimientos diferenciales son significativos, la estructura no será capaz de redistribuir las cargas con suficiente rapidez y efectividad, que provocará fallas y fracturas.

### **3.1.2.18 Deformaciones y colapsos impuestos por eventos fortuitos**

Los eventos fortuitos pueden ocurrir por cargas de vientos, sismos, explosiones y movimientos no previstos.

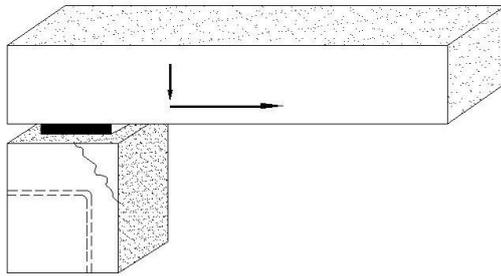
### **3.1.2.19 Fractura y aplastamiento**

En estos casos se presentan las grietas de apoyo, los planos de falla por aplastamiento local, las fracturas y los descascaramiento por impactos y la desintegración por trituración.

### **3.1.2.20 Grietas de apoyo**

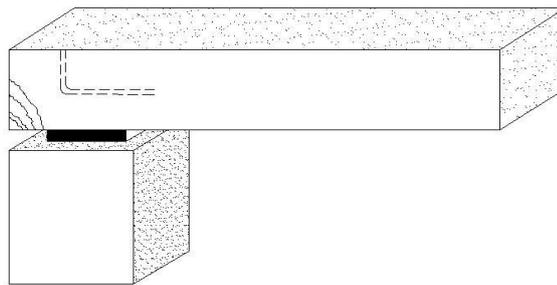
Cuando se tiene elementos simplemente apoyados, se pueden generar fracturas y fallas de borde que están en conexión con las zonas de apoyos, entre ellas pueden darse varias modalidades.

Fractura por rigidez del apoyo.- Ocurre cuando el elemento que se apoya con el elemento de apoyo no tiene una transición adecuada mediante algún amortiguamiento, la fractura ocurre por los movimientos y esfuerzos horizontales que experimenta la zona de apoyo.



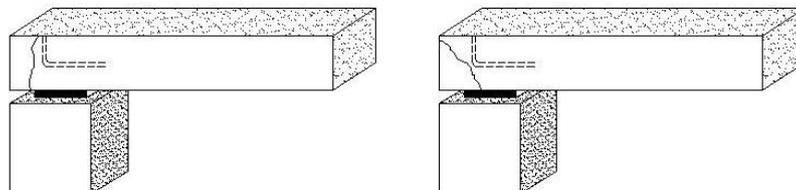
**Fig.3. 22 Fractura de borde por rigidez del apoyo**

Fractura inducida por el recubrimiento. Ocurre en ciertas ocasiones cuando el amortiguamiento está cerca del borde de los elementos e induce fisuras que descacaran el recubrimiento del acero de refuerzo.



**Fig.3. 23 Fractura inducida por el recubrimiento**

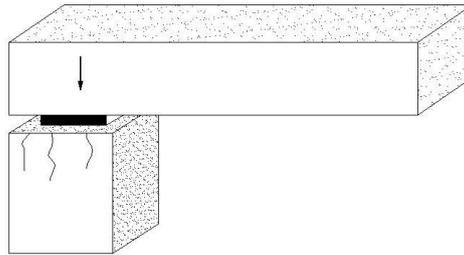
Fractura por falta de refuerzo en el borde. Ocurre cuando el borde extremo de una viga que se apoya sufre esfuerzos de compresión y/o tracción, no se ha reforzado adecuadamente.



**Fig.3. 24 Fractura por refuerzo inadecuado en el borde**

### **3.1.2.21 Fractura por aplastamiento local**

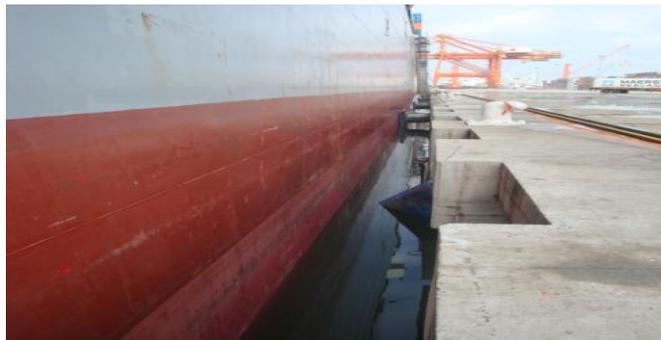
Ocurren en las zonas de apoyo de elementos simplemente apoyados, una carga concentrada aplasta un apoyo y el patrón de falla se localiza debajo de esta, tiende a dividir la sección de concreto localmente.



**Fig.3. 25 Falla local por aplastamiento por una carga concentrada**

### **3.1.2.22 Fractura por impacto**

Los impactos y vibraciones ambos propagan grietas, estos casos por impacto se presentan cuando una maquinaria pesada está en contacto con una estructura.



**Fig.3. 26 En un muelle los impactos de los buques son constantes**

### **3.1.2.23 *Desintegración por trituración***

Es por consecuencia de la fatiga del material que está sometido a diferentes cargas concentradas que desintegra el concreto por esfuerzos de compresión.

### **3.1.2.24 *Vibraciones excesivas***

El efecto de vibración es acumulativo y las grietas existentes van aumentando o se crean nuevas grietas a medida que pasa el tiempo. Por lo tanto es importante realizar un diseño de cargas dinámicas.

### **3.1.2.25 *Daños por abrasión***

La resistencia por abrasión del concreto se da por la habilidad de la superficie de resistir el desgaste producido por fricción, frotamiento, erosión de materiales abrasivos, o erosión por cavitación. Este fenómeno es muy difícil de valorar, ya que la resistencia a la abrasión se relaciona siempre con su resistencia a la compresión, se considera cuatro tipos de abrasión:

- ✓ Desgaste por frotamiento
- ✓ Desgaste por fricción
- ✓ Erosión por materiales abrasivos
- ✓ Erosión por cavitación

### **3.1.2.25.1 Desgaste por frotamiento**

Es el desgaste de pisos de concreto debido al tráfico de peatones, vehículos livianos y pesados o deslizamientos de objetos sobre la superficie.



**Fig.3. 27 El tráfico de maquinaria y vehículos livianos en el muelle 4**

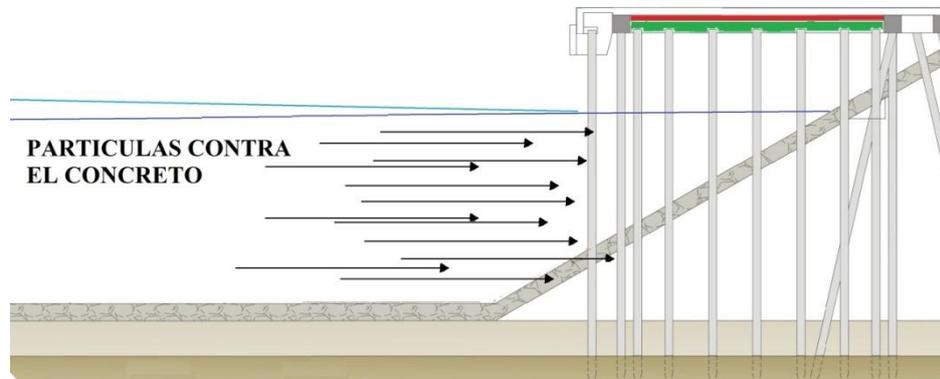
### **3.1.2.25.2 Desgaste por fricción**

Es el desgaste de pavimentos y carreteras de concreto, debido a la acción de transporte pesado y automóviles que generan fricción por las llantas

### **3.1.2.25.3 Erosión por materiales abrasivos**

Esta erosión es típica en estructuras hidráulicas como: presas, túneles y estribos de puentes o estructuras que están por la acción de materiales abrasivos llevados por la corriente del agua.

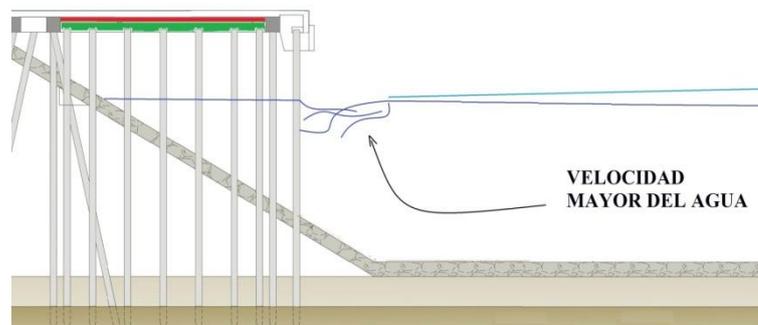
En este caso, la magnitud de erosión depende la cantidad de masa, dureza y velocidad de las partículas transportadas y la aparición de remolinos. El concreto se desgasta menos con agregados más grandes que un mortero de la misma resistencia y por lo tanto, los agregados duros mejoran la resistencia a la abrasión por erosión.



**Fig.3. 28 Material abrasivo contra el concreto**

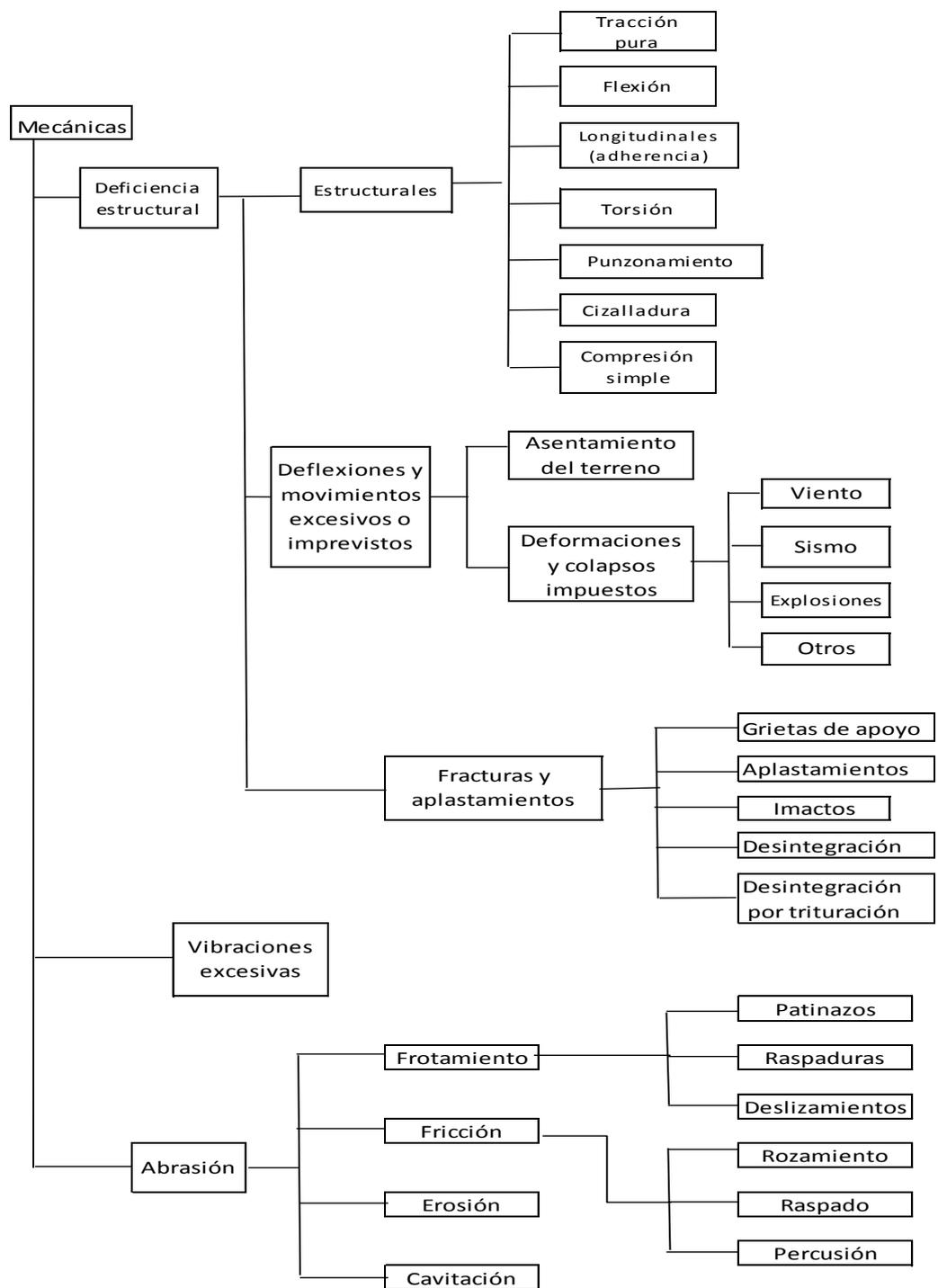
### 3.1.2.25.4 Erosión por cavitación

Esta erosión es típica en presas de concreto, túneles y otros sistemas de conducción de agua, la erosión por cavitación genera huecos y cavidades en el concreto debido a la formación de burbujas de vapor cuando la velocidad del agua es muy alta.



**Fig.3. 29 Zona donde aumenta el agua aumenta su velocidad**

En la tabla 3.2 se presenta en cuadro resumen de las diferentes fisuras que se generan en el hormigón simple o armado por acciones mecánicas.



**Tabla 3. 2 Clasificación de fisuras mecánicas en el concreto**  
**Fuente: Durabilidad y Patología del concreto**

## **3.2 Caracterización de las patologías más habituales**

Entre las patologías más habituales en los elementos componentes de los muelles tenemos a la degradación del hormigón que se produce por varios efectos, estos pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Esta degradación consiste en la generación de fisuras superficiales, profundas, desprendimientos de secciones de los elementos de componentes del muelle tales como pilotes, vigas de borde, pantallas, bitas, cornamusas, losas, losetas.

Las acciones que provocan degradación del hormigón se describen a continuación:

- Impacto
- Sobrecargas
- Movimientos
- Operación
- Vibración
- Corrosión
- Térmico
- Retracción
- Erosión
- Desgaste
- Carbonatación
- Ataque por cloruros
- Corrientes

### **3.2.1 Impacto**

Tenemos por impacto las continuas caídas de los contenedores de las máquinas transportadoras, al no ser puestas correctamente por los operarios, así también se tiene las malas maniobras en los acoderamientos de los buques, lo que provoca impactos horizontales en las estructuras (pantallas, vigas de borde, bitas, cornamusas), que causan roturas.



**Fig.3. 30 Pilote del muelle 1C después del impacto de un buque**

### **3.2.2 Sobrecarga**

Los buques atracados en los muelles del puerto de la ciudad de Guayaquil llegan a realizar varias operaciones de descarga a la vez, ubicando las cargas a lo largo del muelle, más las operaciones portuarias también produciendo en cierto sectores sobrecargas a la estructura.

Los excesos de carga que sobrepasan las cargas de diseño, debido al tiempo considerable de explotación de un puerto, sumado a los equipos modernos de operación de carga que tienen pesos no considerados en los diseños originales de las estructuras.



**Fig.3. 31 Contenedores acumulados en el muelle 1C**

### 3.2.3 Movimientos sísmicos y cargas dinámicas

Entre los factores de deterioro de un muelle, están los movimientos excesivos, los mismos que pueden ser provocados por la presencia de sismos. Para el caso de la ciudad de Guayaquil, no se observa una frecuencia constante de movimientos sísmicos, sin embargo de generarse este tipo de eventos, podrían presentarse deficiencias estructurales como microfisuras, fisuras y hasta el colapso de la estructura, dependiendo de la intensidad del sismo y las características de diseño y construcción de la obra portuaria.

Otros de los elementos que desarrollan movimientos en los muelles son las cargas vivas como por ejemplo las maquinarias trasladando carga que dan movimientos verticales, y los buques que al acoderarse a la estructura generan movimientos horizontales.

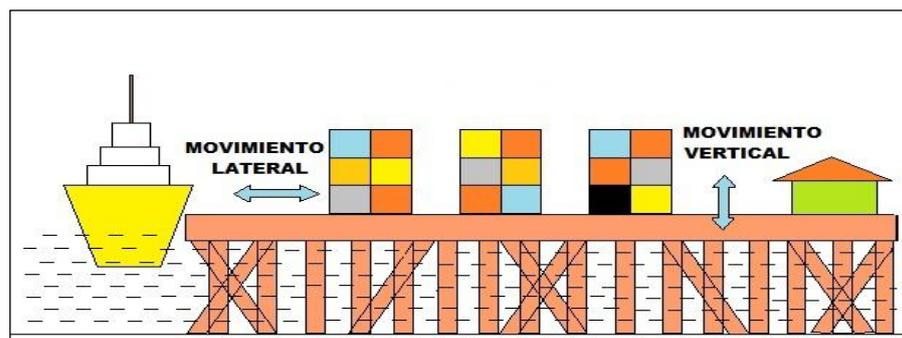


Fig.3. 32 Movimientos del muelle

### 3.2.4 Operaciones portuarias

Las operaciones portuarias son necesarias para el traslado de mercadería y/o pasajeros para la cual deben ser fiables, eficientes y económicas.

Se realizan diferentes maniobras para la descarga y carga de mercaderías, también para el embarque y desembarque de pasajeros.

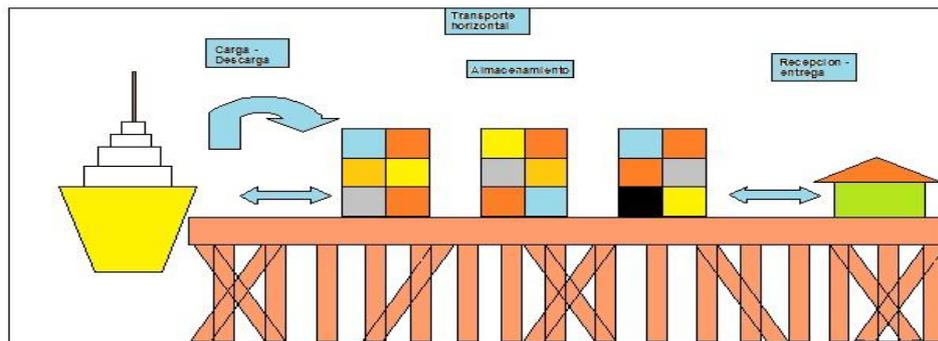


Fig.3. 33 Operaciones de carga y descarga de mercadería

### 3.2.5 Vibración

Las vibraciones se refieren a oscilaciones mecánicas desde un punto de equilibrio. La vibración es uno de los efectos que pueden generar daños debido a la generación o contribución a:

- Inestabilidad de taludes
- Daños estructurales con afectaciones severas.

Así también tenemos otro tipo de afectación en el hormigón armado, que es la corrosión de la armadura.

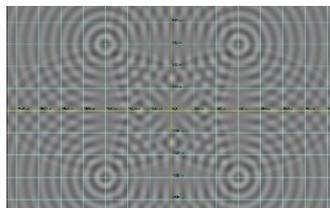


Fig.3. 34 Vibraciones en el hormigón

### 3.2.6 Corrosión.

El problema de corrosión en las estructuras de hormigón, es uno de los más frecuentes debido al contacto directo con el mar, agua de estuarios y diferentes factores.

Se manifiesta por la formación de óxidos de tipo laminar con la correspondiente expansión y posible desprendimiento o rotura del hormigón, así como la pérdida de la resistencia mecánica.



Fig.3. 35 Pilotes de hormigón con corrosión

### 3.2.6.1 Corrosión por gases

Generalmente se trata de  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) que con el agua produce  $\text{CO}_3\text{H}_2$  (ácido carbónico) o  $\text{SO}_2$  (dióxido de azufre) que produce  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (ácido sulfúrico) que atacan al hormigón



Fig.3. 36 Corrosión en pilote y cabezal del Duque de Alba

### **3.2.6.2 Corrosión por agua**

Aguas puras atacan al hormigón por disolución

Aguas ácidas o salinas atacan al cemento convirtiéndolo en sales solubles, que se disuelven

Aguas selenitosas producen un ataque especialmente grave, puesto que reaccionan con el aluminato trácido dando etringita que es expansiva

### **3.2.6.3 Agua de mar**

Sulfato de calcio (SO<sub>4</sub>CA) produce etringita

Cloruros solubilizan la cal

Produce una desagregación muy grave por disolución del cemento, cambio de color, fisuras entrecruzadas y abombamiento de la superficie

- Reacción Alcaliárido
- Agentes agresivos
- Actividad biológica

### **3.2.7 Reacción Alcaliárido**

Las reacciones álcali-árido tienen lugar entre los álcalis existentes en solución acuosa en los poros del hormigón y ciertos componentes reactivos existentes en algunos áridos. Como consecuencia de este proceso se originan sustancias de carácter expansivo que pueden fisurar el hormigón.

Dependiendo del tipo de componente reactivo existente en los áridos, se pueden distinguir dos tipos de ataque:

- 1) Reacción álcali-sílice, cuando los áridos contienen sílice amorfa, microcristalina o poco cristalizada.
- 2) Reacción álcali-carbonato, cuando los áridos son de naturaleza dolomítica.

### 3.2.8 Agentes Agresivos

Todo elemento que pueda causar algún daño a la estructura de hormigón tanto en acciones físicas, químicas y biológicas

### 3.2.9 Actividad biológica

Existen dos clases de actividad biológica:

1) ATAQUES BIOLÓGICOS AEROBIOS: Son ataques biológicos al hormigón en medios donde existe oxígeno. Este tipo de ataques lo realizan seres vivos como microorganismos, líquenes, musgos, raíces de plantas, etc.

Los principales daños biológicos aerobios sobre el hormigón son:

- Organismos que penetran a través de las fisuras y puntos débiles, provocando la disgregación del hormigón y facilitando la penetración de otros agentes agresivos, como el agua que penetra a través de las zonas disgregadas saturando los poros existentes en la masa de hormigón

2) ATAQUES BIOLÓGICOS ANAEROBIOS: Se trata de ataques al hormigón como consecuencia de procesos biológicos de degradación anaerobia de materia orgánica.

Como consecuencia de los procesos anaerobios se generan sustancias agresivas, como el ácido sulfhídrico y el amoníaco. Estas sustancias pueden penetrar a través de los poros y reaccionar con los componentes del hormigón, dando lugar a sales expansivas que disgregan el hormigón.



Fig.3. 37 Materia orgánica en los pilotes del muelle 4

### **3.2.10 Térmico**

Ante una exposición prolongada de altas temperaturas, el hormigón sufre grandes deterioros aun en muy temprana edad. Esto afecta la vida útil y el comportamiento mecánico del mismo.

### **3.2.11 Retracción**

La retracción puede explicarse por la pérdida paulatina de agua en el hormigón durante su fraguado y endurecimiento. Esta pérdida de agua ocurre si el hormigón no está en un ambiente permanentemente húmedo en los cuales influyen los siguientes factores:

- a) El tipo, clase y categoría del cemento. Los cementos más resistentes y de fraguado más rápido son los que presentan mayor retracción, a igualdad de las restantes variables.
- b) Cuanto mayor es la finura de molido del cemento mayor será la retracción.
- c) Cuanto mayor sea la fracción de áridos finos en el hormigón mayor será la retracción.
- d) La cantidad de agua de amasado está en relación directa con la retracción. Por ello, a igualdad de dosis de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón, la retracción aumenta con la relación agua/cemento (A/C); y a igualdad de relación A/C, aumenta con la dosis de cemento.
- e) La retracción aumenta cuando disminuye el espesor del elemento en contacto con el medio ambiente, por ser entonces mayor el efecto de desecación con respecto al volumen de la pieza.
- f) El hormigón armado retrae menos que el hormigón en masa, ya que las barras de acero se oponen al acortamiento y lo disminuyen, tanto más cuanto mayor sea la cuantía.

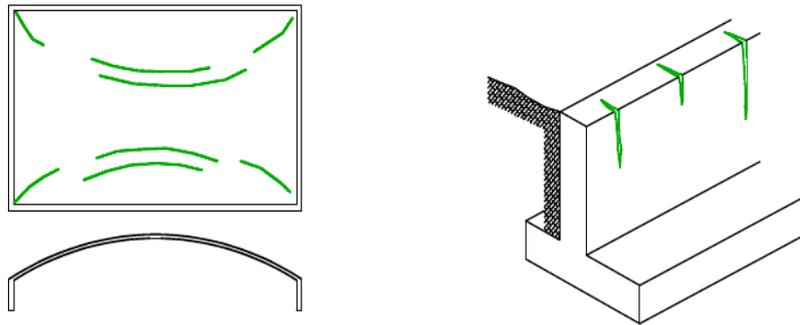


Fig.3. 38 Fisura por retracción

### 3.2.12 Erosión

Dentro de este apartado consideramos los ataques erosivos por abrasión y por cavitación en las conducciones de hormigón.

#### Abrasión

La velocidad del fluido conducido no produce efectos negativos sobre el hormigón por sí misma, siempre que se mantenga dentro de los rangos considerados “normales”. Dentro de estos rangos, el efecto de la velocidad sobre las tuberías depende de la carga de partículas que se mueven con el fluido.

#### Cavitación

El fenómeno de cavitación tendría lugar en tramos de conducciones cuando por error en el diseño o por alguna circunstancia anómala de operación la presión de remanso del fluido llega a ser inferior a su presión de vapor.

### 3.2.13 Desgaste

El desgaste que sufren los muelles del puerto de Guayaquil, son por lo general de forma física debido a las operaciones de las maquinas transportadora de contenedores, montacargas y el tránsito vehicular pesado



Fig.3. 39 Desgaste de la capa de pavimento del muelle 4

### 3.2.14 Carbonatación

La carbonatación se debe a la penetración por difusión del dióxido de carbono o anhídrido carbónico  $\text{CO}_2$  del aire atmosférico o del suelo, en la estructura porosa de la superficie del hormigón. Este proceso genera los siguientes fenómenos:

- El gas carbónico se disuelve en alguno de los poros y reacciona con los componentes alcalinos de la fase acuosa del concreto produciendo ácido carbónico.
- El ácido carbónico convierte al hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , liberado y depositado en los poros durante la hidratación del cemento (cal libre del cemento) en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y agua la reacción tiene la siguiente forma:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Se genera un descenso importante del PH en la capa superficial del concreto, siendo el valor usual de 13 bajando a valores de PH de 9, esto ocasiona que deje de ser un protector de la armadura. Lo que representa que a medida que avanza la penetración de la carbonatación, conocido como frente de carbonatación se pierde el efecto de superficie de protección que tiene el recubrimiento del hormigón.
- Se presenta una retracción adicional en el concreto debido a la disminución que se da en el volumen de la pasta, este fenómeno se lo conoce como “contracción por carbonatación”.

La carbonatación se presenta en estructuras expuestas a humedad o en medios marinos, como es el caso de los muelles. Este proceso no se presenta si el hormigón está totalmente saturado o totalmente seco.

### **3.2.15 Cloruros**

Debido a su alto contenido de cloruros, el agua de mar/brisas marinas/agua de estuarios, representa un elemento agresivo para el hormigón y el acero de refuerzo, ya que genera y acelera el fenómeno de la corrosión en las armaduras. En las franjas costeras, la brisa marina acarrea importantes contenidos de humedad que naturalmente, lleva en sí cloruros. De esta forma, estructuras que no están en contacto con el agua de mar sufren de igual manera la corrosión.

Los cloruros se vuelven así un elemento activo en el proceso de daño y degradación de las estructuras de hormigón frente a acciones marinas. De acuerdo con la concentración con que se presenten en el agua de mar o de estuarios quedará definido su grado de agresividad, por lo que ciertas zonas tendrán un mayor potencial de daños que otras.

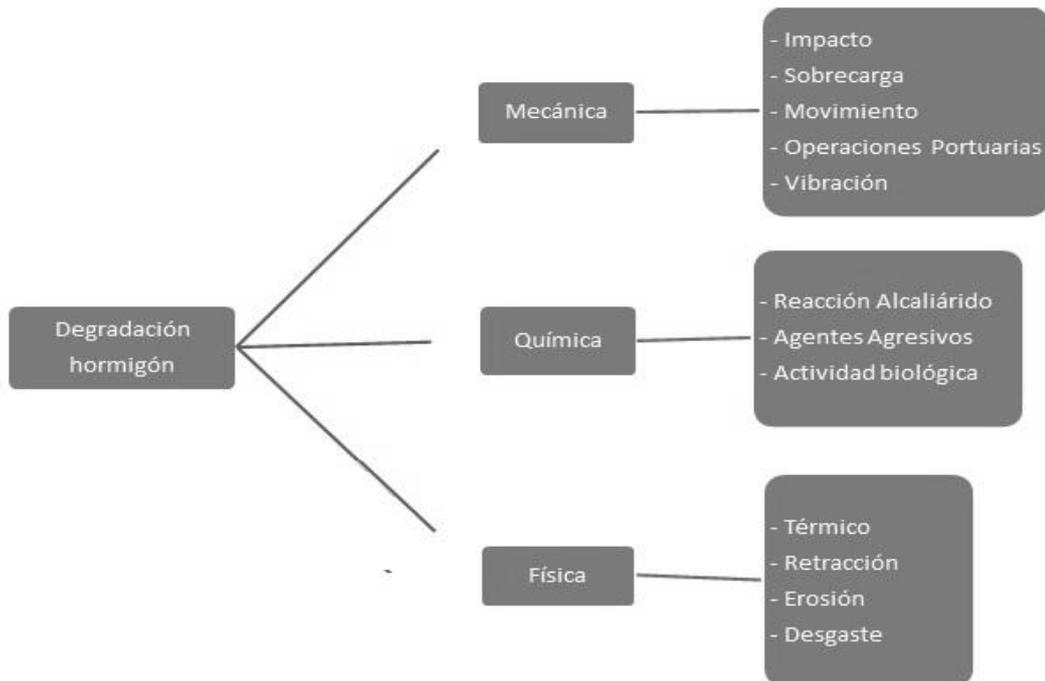
### **3.2.16 Corrientes**

Las estructuras sumergidas de hormigón también sufren alguna afectación por la velocidad de la corriente del agua. En ciertos lugares el traslado de masa de agua a una velocidad afecta al hormigón generando erosión y fisuras superficiales.

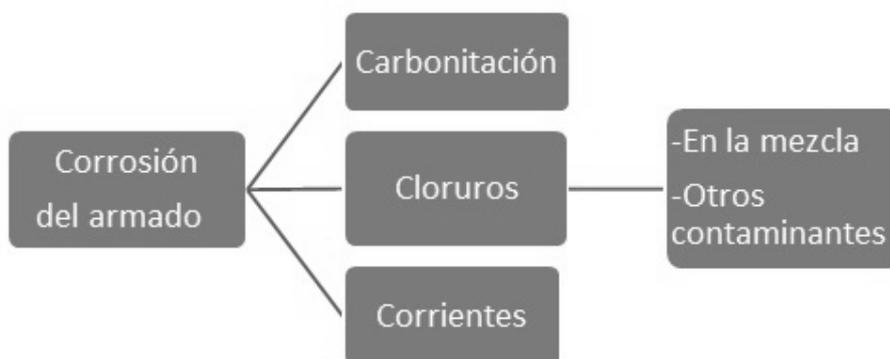
## **3.3 Clasificación de patologías en los muelles y estructuras**

Una vez caracterizada las diferentes patologías habituales que se presentan en los muelles, se clasifica a estas en dos grupos: patologías que causan degradación del hormigón y patologías que causan la corrosión de la armadura de las estructuras del hormigón.

Conforme a la caracterización de las patologías se presente el siguiente cuadro de clasificación de las patologías más habituales:



**Tabla 3. 3 Clasificación de patologías**



**Tabla 3. 4 Clasificación de corrosión del acero**

Así mismo en base a la experiencia, inspecciones y base de datos, de estudios realizados en los muelles de APG, se ha determinado la siguiente clasificación de los diferentes daños en los muelles del Puerto de Guayaquil, a causa de las patologías descritas en los numerales anteriores, agrupándolas de la siguiente manera:

**Fisuras Superficial;** es aquella que no tiene más de 2cm de profundidad y 2mm de abertura.

**Fisuras Profundas;** es aquella que tiene más de 2cm de profundidad y más de 2mm de abertura, pudiendo incluso implicar un daño estructural que reste capacidad al elemento.

**Desprendimientos Superficiales;** es aquel que compromete solamente el recubrimiento de hormigón, no llegando a más de 4cm de profundidad luego de picado el hormigón deteriorado.

**Desprendimientos Profundos;** es aquel que, una vez picado el hormigón deteriorado, se profundiza más de 4cm y puede quedar, o no, con el acero expuesto.

**Manchas de Oxido;** es aquella mancha de oxidación, en la superficie de hormigón, que proviene del proceso de oxidación del acero de refuerzo embebido.

**Pilotes Fracturados;** es aquel pilote con daño severo (fractura) en su parte superior que requiere que se reconstruya ese tramo para que pueda transmitir carga y aportar estructuralmente al Muelle.

**Vigas/cabezales/caballetes con alta concentración de daños;** es aquel elemento en la cual la cantidad y concentración de daños graves es tan alta que resulta más conveniente demoler parcialmente el hormigón y reconstruir el elemento.

**Pantalla con Alta Concentración de Daños;** es aquella Pantalla en la cual la cantidad y concentración de daños graves es tan alta que resulta más conveniente demoler parcialmente el hormigón y reconstruir el elemento.

**Fisuras en mapa:** se trata de fisuras superficiales, generalmente de menos de 1 cm de profundidad y de 0,05 a 0,5 mm de anchura aproximadamente, que aparecen habitualmente entre uno y quince días después del hormigonado, durante la fase de endurecimiento, dibujado una especie de red en forma de malla de 5 a 10 cm. de lado, a modo de piel de cocodrilo. Su formación se debe fundamentalmente a la retracción causada por unas condiciones extremas de sequedad atmosférica, en unos momentos en que el material aún no ha adquirido toda su capacidad de deformabilidad a tracción.

### 3.4 Otros problemas a presentarse

#### 3.4.1 Cargas de uso y equipos con mayor magnitud

##### 3.4.1.1 Grúa de polea.

Las grúas móviles marca Gottwald, se apoyan sobre cuatro planchas de acero de dimensiones de 2 x 4.5 m, descargando de esta forma su peso sobre cuatro apoyos con un área de 9 m<sup>2</sup> cada uno. Peso total de la grúa con carga, rotador y spreader 470 Ton.

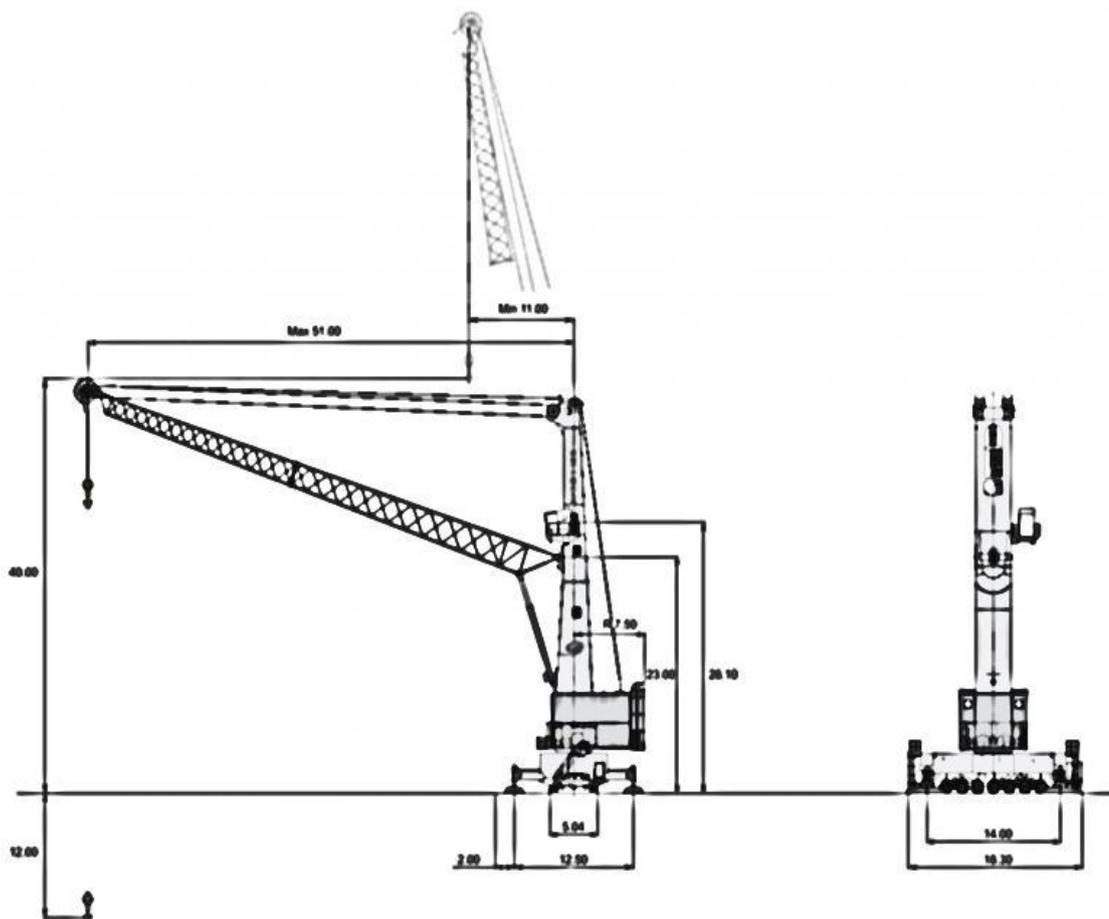


Fig.3. 40 Configuración de la Grúa GHMK 6407. Cotas en m.

### 3.4.1.2 GRÚA POST-PANAMAX.

La grúas post-panamax tiene un alcance delantero de 48 metros, bajo spreader hasta 35 metros, cada una de estas grúas pesan 1.350 toneladas y alcanzan los 112 metros de altura, con la pluma izada, y 26 de ancho.

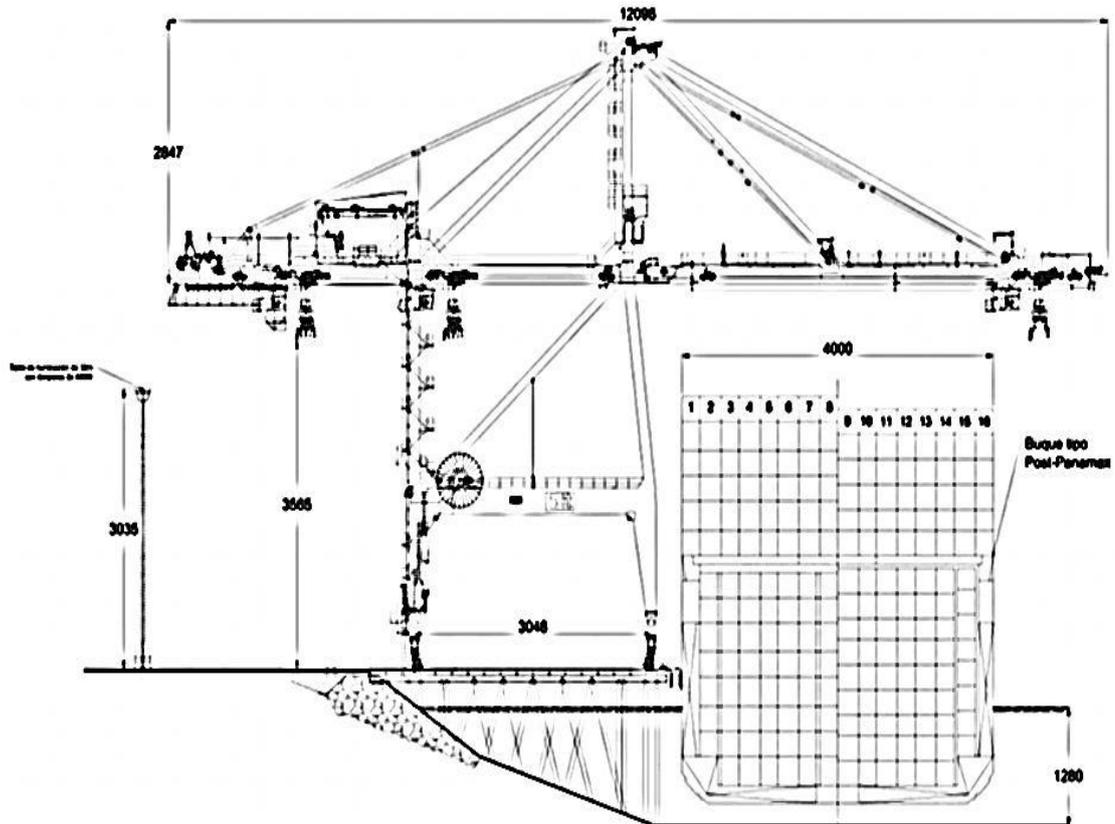


Fig.3. 41 Posición de la Grúa en operación de carga y descarga del buque

### 3.4.2 Buques de mayor calado y peso muerto total.

El puerto de Guayaquil está diseñado para buques de 2da y 3era generación, en la actualidad se requiere rediseñar el puerto para buques de 4ta 5ta y 6ta generación, a continuación se describe el tipo de embarcaciones que llegan al puerto de Guayaquil.

### **3.4.2.1 Buques portacontenedores.**

Los buques de la tercera generación, denominados “los barcos de hoy y mañana”, son de gran capacidad y velocidad, están entre las 35000 a 50000 TPM, velocidades de 25 a 23 nudos, capacidad de 1800 a 3000 contenedores y calado de 12,5 m.

### **3.4.2.2 Cruceros turísticos.**

Estos barcos los hay de 80000TRM, denominados de la cuarta generación o súper liners; los calados, descargado y cargado tienen una pequeña variación dado que la carga está representada por el peso de los pasajeros y el avituallamiento y rige fundamentalmente el peso de los camarotes y servicios a los pasajeros

### **3.4.2.3 Barcos graneleros (*bulk carrier*).**

Estos barcos se clasifican principalmente en mineraleros y para graneles agrícolas.

Los mineraleros han evolucionado hasta llegar actualmente a las 300000 TPM y requieren instalaciones especializadas para las operaciones de carga y/o descarga en puerto.

Los barcos para graneles agrícolas requieren también de instalaciones especializadas para sus operaciones en puerto. Cuando se utilizan las terminales de carga general para la carga/descarga, se emplean barcos de hasta 30000TPM. Cuando se cuenta con instalaciones especializadas con muelles y silos, se pueden emplear embarcaciones de 40000 a 70000 ton

### **3.4.3 Erosión y/o Socavación de la cimentación.**

Se denomina socavación a la excavación profunda causada por el agua, uno de los tipos de erosión hídrica. Puede deberse al embate de las olas contra un acantilado, a los remolinos del agua, especialmente allí donde encuentra algún obstáculo la corriente, y al roce con las márgenes de las corrientes que han sido desviadas por los lechos sinuosos. En este último caso es más rápida en la primera fase de las avenidas. La socavación provoca el retroceso de las cascadas y de los acantilados que, al ser privados de apoyo en su base, se van desplomando progresivamente.

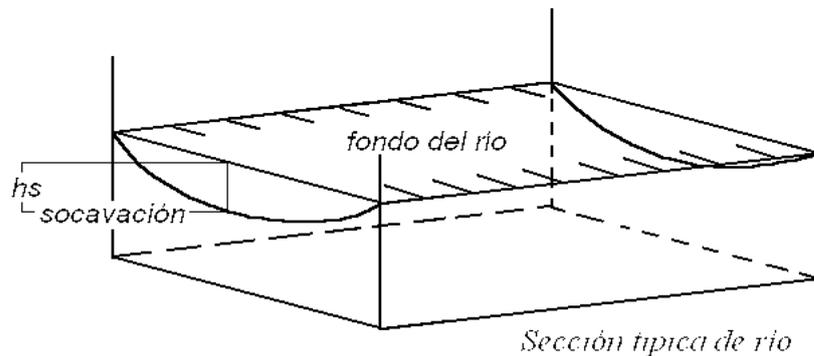


Fig.3. 42 Socavación del lecho de un río.

### 3.4.3.1 Tipos de socavación

Se pueden distinguir dos tipos de socavación: La socavación general y la socavación localizada.

#### 3.4.3.1.1 Socavación general

La socavación general es un fenómeno de largo plazo, que podríamos llamar natural, se da en la parte alta de las cuencas hidrográficas, donde la pendiente de la cimentación es elevada. Como consecuencia, la velocidad del agua y la capacidad de arrastre de la corriente son elevadas. En la medida que el flujo arrastra más material, el flujo alcanza rápidamente su capacidad potencial de arrastre, el mismo que es función de la velocidad. En el talud del puerto de Guayaquil debido al nivel freático la socavación es probable por las filtraciones.



Fig.3. 43 Talud del muelle del Puerto de Guayaquil

### 3.4.3.1.2 Socavación localizada

Los casos más típicos de socavación localizada son:

- Al pie de un talud, lo que podrá provocar su derrumbe, si no se toman medidas;
- Alrededor de los pilares, o debajo de la cimentación, pudiendo provocar la caída del mismo.
- Inmediatamente aguas abajo de un embalse. En efecto, el embalse retiene casi la totalidad del transporte sólido del río, así, el agua que es descargada aguas abajo de la represa está casi totalmente libre de sedimentos, teniendo por lo tanto una capacidad de socavación considerable.



**Fig.3. 44 Socavación en la base del puente**

### 3.4.4 Impactos imprevistos (siniestros)

El 5 de abril del 2010, el buque CCNI ANTARTICO colisionó al Buque Euro Oslo en el muelle 1C del Puerto Marítimo de la Ciudad de Guayaquil, provocando daños en una grúa pórtico que se encontraba en operaciones y daños en la estructura y pilotes del muelle. A continuación se da un listado de los daños provocado por el incidente:

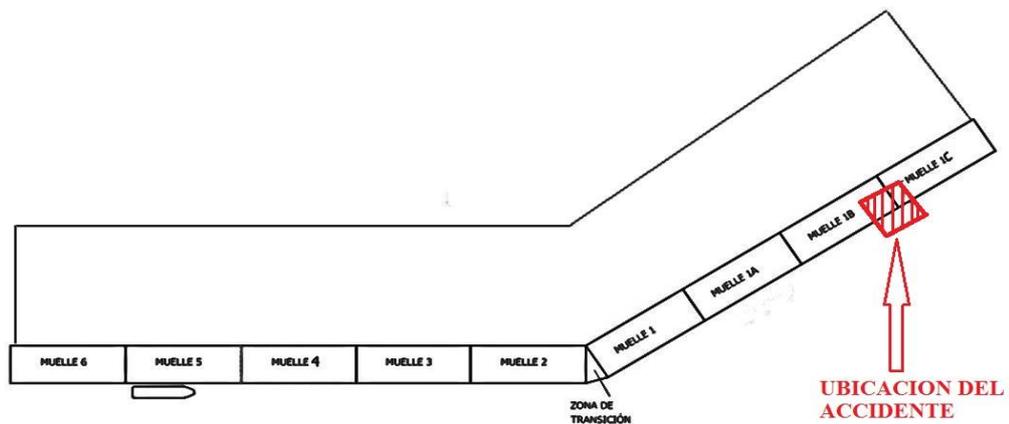


Fig.3. 45 Ubicación del sitio del accidente

- Pilotes con daño total en los muelles.

| PILOTES | EJE | MUELLE |
|---------|-----|--------|
| b       | 112 | B      |
| c, d    | 112 | B      |
| c, d    | 113 | B      |
| c, d    | 114 | B      |
| c, d    | 115 | C      |
| c, d    | 116 | C      |

- Pilotes con fracturas

| PILOTES | EJE | MUELLE |
|---------|-----|--------|
| c, d    | 111 | B      |
| a, b    | 113 | B      |
| a, b    | 114 | B      |
| a, b    | 115 | C      |
| c, d    | 117 | C      |

- Daños en la parte superior de la losa.



**Fig.3. 46 Grúa Post-panamax después del impacto sobre el muelle**

- Daños en la parte vial parte superior.



**Fig.3. 47 Daño en la losa del muelle**

- Daños en la superestructura.



**Fig.3. 48 Daño en la superestructura del muelle**

- Desprendimiento de la defensa que se encuentra cerca de la bita N° 20



**Fig.3. 49 Daño de la defensa del muelle**

### **3.4.5 Inestabilidad de taludes**

Existen varias causas que ocasionan inestabilidad de taludes, entre estos la lluvia, sismos, excavaciones y rellenos que se presentan durante el proceso constructivo o reforzamiento de muelles, cargas mayores a las de diseño, efectos de corrientes.

Los taludes en obras portuarias están sujetos a fuerzas gravitacionales, hidráulicas y de sismo, tanto en la superficie como en la parte sumergida, siendo los factores que contribuyen a la inestabilidad y fallas geotécnicas los siguientes:

- ✓ Un mal diseño de la geometría del talud y sus elementos de protección.
- ✓ Degradación de materiales situados en zonas adyacentes.
- ✓ Sobrecargas puntuales o distribuidas, en la cabeza del talud que pueden exceder las cargas de diseño original.
- ✓ Socavación de la pata del talud por la implantación de la estructura que afectaría las condiciones normales de las corrientes.
- ✓ Cambios de estados de esfuerzos existentes en una masa de terreno, originados por sismos.
- ✓ Lluvias excesivas.

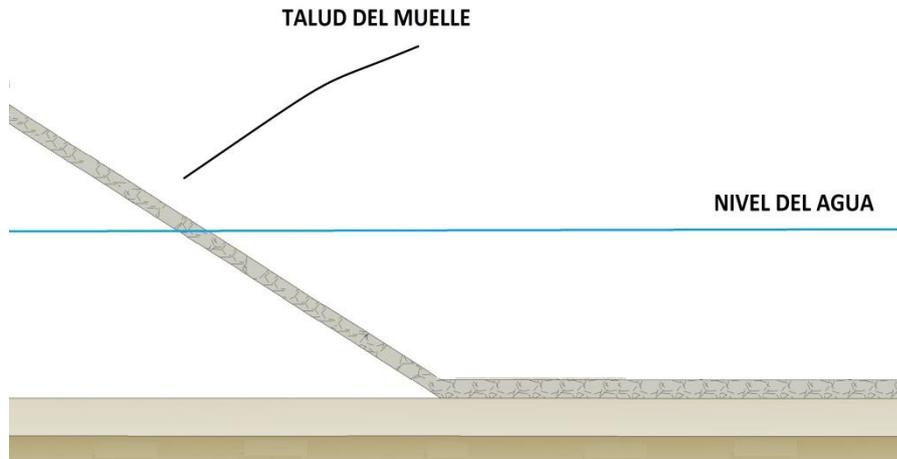


Fig.3. 50 Dibujo del talud del Puerto de Guayaquil

En la figura 3.51, se esquematiza los modos de fallos que puede presentar un muelle sobre pilotes, como es el caso del Puerto de Guayaquil.

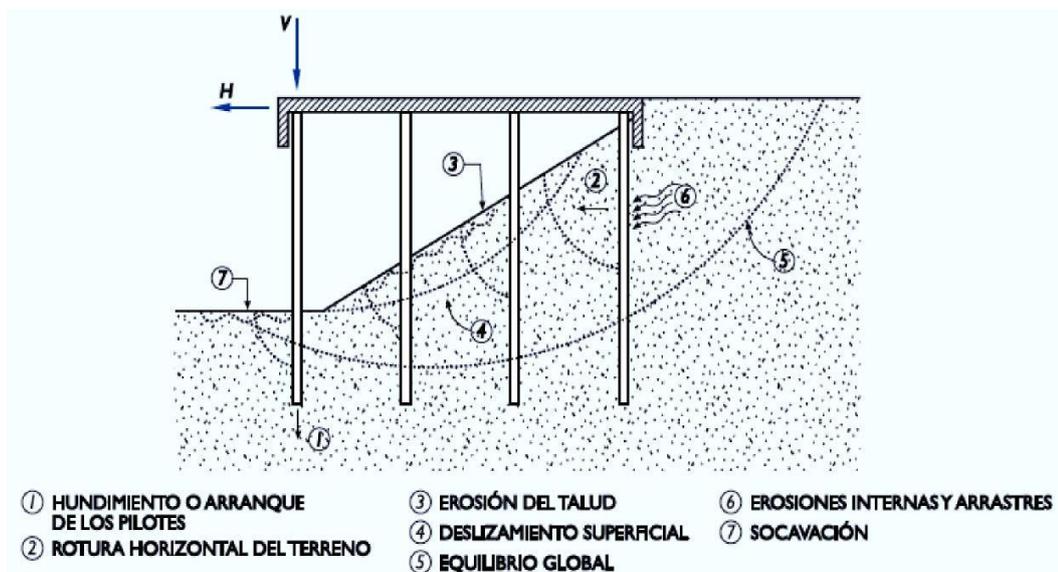


Fig.3. 51 Esquematización de los modos de fallo del muelle

### 3.4.6 Roturas de pilotes por cargas accidentales en exceso

Entre estos daños están los provocados por rellenos. Por ejemplo, en el caso de que los rellenos funcionen como soporte, producen una sobrecarga en el terreno natural en razón de su propio peso, lo que se transformará en empujes laterales. Si el volumen de relleno es importante y en particular, si se emplea de manera permanente como zona de almacenaje de depósitos

de contenedores o como parqueadero, se establece una asimetría de cargas que crea la fluencia lateral de las capas inconsistentes atravesadas por el pilotaje, de la que resultan esfuerzos laterales que actúan en los fustes de los pilotes, deformándolos e incluso rompiéndolos.

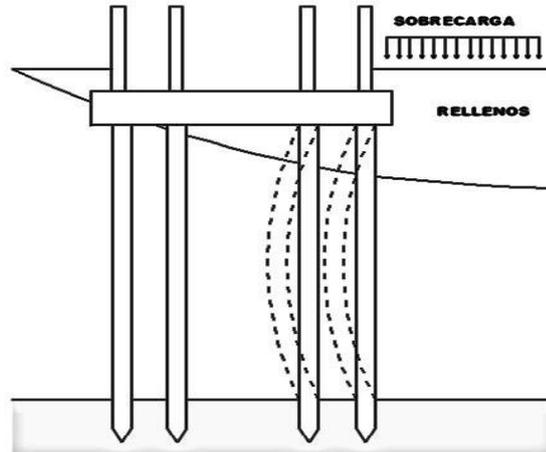


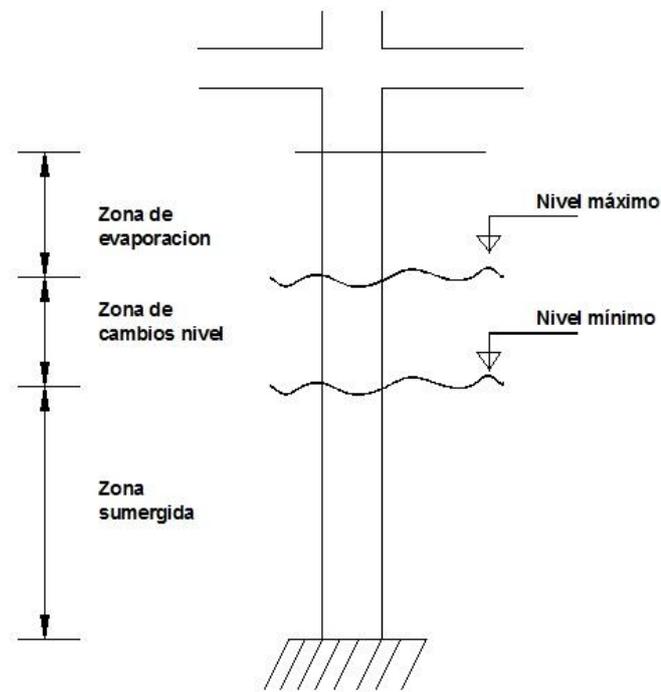
Fig.3. 52 Sobrecarga de los pilotes provocando deformación

### 3.4.7 Corrosión en pilotes y estructuras

En algunos elementos estructurales como los pilotes que se encuentran sumergidos, que sobresalen por encima de las zonas de mareas altas, se desarrolla corrosión en las zonas emergentes. Esto se debe al estado de humedad permanente del concreto que facilita la corrosión electrolytica. En zonas sumergidas, la penetración del agua tiene lugar inicialmente por succión capilar y se acelera en razón de la presión hidráulica, el agua ingresa con sustancias disueltas como el cloro y los sulfatos. En estos casos el comportamiento del concreto a la corrosión se diferencia según la profundidad en que se encuentra. En las zonas más profundas, la permeabilidad del concreto disminuye, pues se cierran los poros superficiales.

En las estructuras de hormigón que se encuentra entre mareas, se pueden producir fisuras que adelanten la corrosión de las mismas, sea por golpes de impacto o por la acción de oleaje. También hay una zona conocida como de salpicaduras (evaporación) que se ubica por encima del nivel de la marea alta. Propensa a la salpicadura de las olas, presenta el riesgo de ciclos alternados de humidificación y secado, de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad del medio, que pueden afectar severamente al hormigón.

Las construcciones de concreto ubicadas en zonas costeras, estuarios o alrededores, como es el caso de los muelles, son propensas a la corrosión por cloro en suspensión en la atmósfera. En esta zona la corrosión produce fallas características en el hormigón, como fisuras, grietas y desprendimientos del revestimiento, que además, causa un peligroso daño invisible, que afecta las estructuras en casos de sismos. En efecto, los cloruros de las brisas marinas atacan las estructuras reduciendo la sección del acero de refuerzo, de manera que cuando recibe solicitaciones por efecto del sismo, únicamente puede soportar una pequeña parte de la carga de diseño.



**Fig.3. 53 zonas de niveles del agua en los pilotes**

## **3.5 Relación causa efecto por diferentes problemas presentados**

### **3.5.1 Ataques Químicos**

Incluye diversas causas de deterioro con un amplio rango de síntomas. En general, se pueden clasificar como el resultado de ataques de agentes externos (ataques por cloros, sulfatos o ataques químicos de distinta índole) o aquellos debidos a una reacción química interna de los componentes del hormigón (reacción álcali-sílice y álcali-carbonato).

Las acciones de agentes agresivos de orden químico, sobre la estructura, son diversos y se agravan si van acompañados del humedecimiento y secado cíclicos que son propios de la zona intermareal en un Muelle.

#### ***3.5.1.1 Carbonatación, Oxidación y Desprendimiento del Hormigón.***

El hormigón nuevo y de buena calidad tiene normalmente un Ph del orden de 12 ó 13, que lo torna alcalino, lo cual mantiene en estado pasivo el acero de refuerzo que está embebido en él. Con el paso del tiempo, especialmente en un medio agresivo, la penetración por difusión del Dióxido de Carbono produce el proceso químico conocido como carbonatación, que causa una baja del Ph en el hormigón y la consecuente activación del proceso de corrosión del acero de refuerzo. La corrosión así iniciada avanza y produce un aumento del volumen del acero que empuja el recubrimiento de hormigón, fisurándolo.

Como es típico con este fenómeno, las fisuras, al continuar el proceso con el tiempo, se vuelven cada vez más profundas y extensas, terminando en desprendimientos del hormigón (Spalling). Por ello, este tipo de daños se caracterizan por ser “progresivos”.

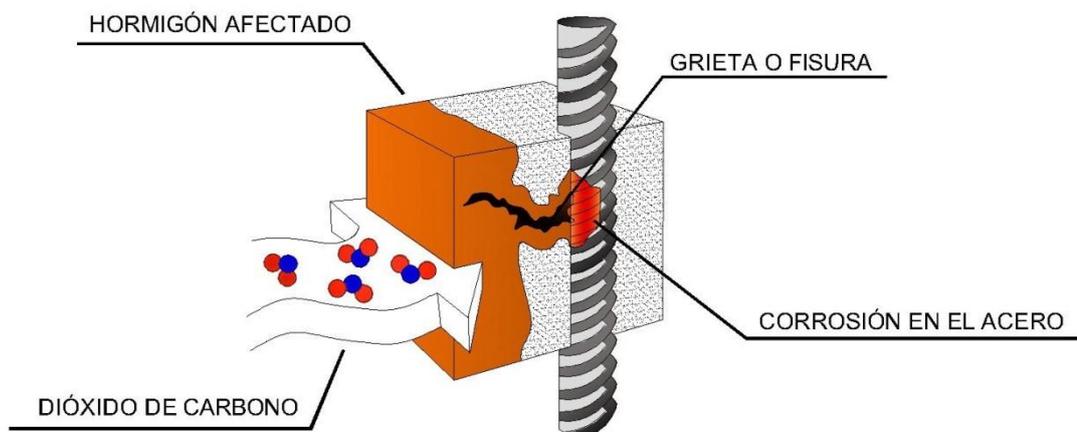
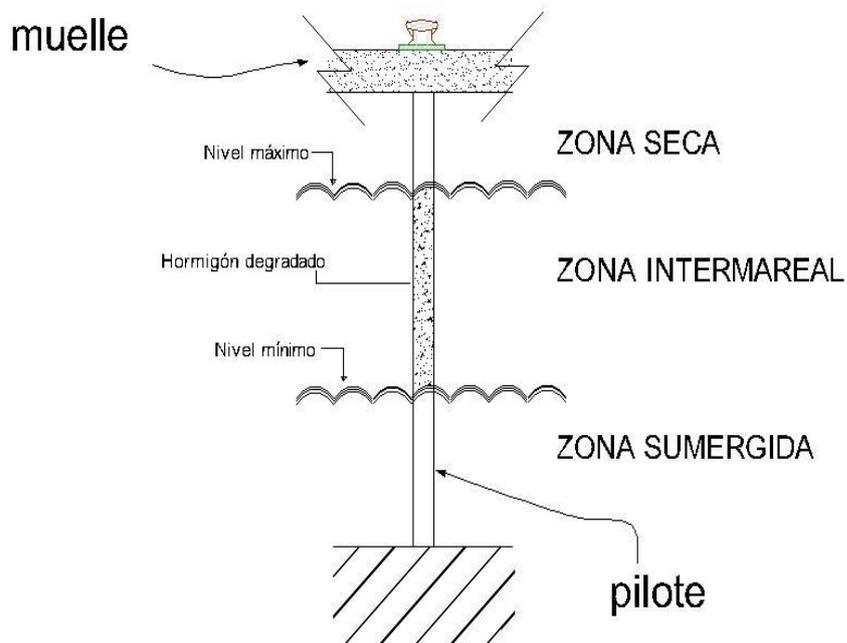


Fig.3. 54 Afectación del hormigón por carbonatación

### **3.5.1.2 Acción de Ácidos.**

Con la acción de las aguas contaminadas del estero (producto, en mucho, de desechos industriales y humanos), la estructura está expuesta a reacciones químicas causadas por ácidos como el Sulfúrico, que convierten a los compuestos cálcicos del concreto en sales cálcicas que suelen ser muy solubles y fluyen degradando el hormigón.

La velocidad de acción de este proceso depende de lo agresivo que sea el ácido actuante. Situación que es agravada por el efecto de humedecimiento y secado cíclico por las mareas en el espacio intermareal.



**Fig.3. 55 Hormigón degradado por ataque químico en la zona intermareal**

### **3.5.1.3 Acción de los Sales, Cloruros y Sulfatos.**

En aguas salinas, que es donde están implantados los muelles del puerto de Guayaquil, la presencia de sales da lugar a la formación, con el paso del tiempo, de reacciones químicas entre los Sulfatos y el Hidróxido de Calcio del hormigón, produciendo aumentos de volumen, expansiones, fisuraciones, rupturas, ablandamiento y degradación del concreto, situación que resulta evidente y agravada, especialmente, en el espacio intermareal.



**Fig.3. 56 Algunas afectaciones producidas en la zona intermareal de los pilotes muelle 4**

### **3.5.2 Fallas constructivas:**

En la mayoría de los casos, este tipo de problemas no conducen directamente a un colapso o deterioro de la estructura. Sin embargo, los errores de construcción potencian el impacto negativo de otros mecanismos previamente identificados. Entre dichos errores destacan las malas dosificaciones del hormigón, consolidaciones del terreno no adecuadas, colocación errónea de armaduras, movimientos del encofrado, asentamientos o vibraciones del hormigón fresco colocado, etc.



**Fig.3. 57 Hormigón con mala vibración**

### 3.5.3 Corrosión acero:

La presencia de iones cloruro en ambientes marinos es el principal agente de la corrosión del acero. En estructuras de hormigón armado se detectan de forma visual manchas de color marrón-oscuro que pueden conducir a profundas grietas (a menudo paralelas al espaciamiento entre las barras de acero) o agujeros, llegando incluso a observarse las barras en casos de grave deterioro.



Fig.3. 58 Corrosión del acero con desprendimiento del hormigón

### 3.5.4 Corrientes:

Las corrientes marinas pueden ocasionar zonas de acumulación o bien de erosión en la cimentación de los muelles, especialmente en zonas de suelo blando. Las corrientes generadas por las hélices de los buques también generan fenómenos erosivos.



Fig.3. 59 Acumulación de sedimentos debido a Corrientes marinas

### 3.5.5 Fallas en diseños:

En general son de dos tipos: aquellos debidos a diseños estructurales inadecuados y aquellos relativos a una falta de atención a pequeños detalles de diseño. En el primer caso, el mecanismo de rotura se debe a errores en el dimensionamiento de las cargas de diseño mientras que en el segundo, la excesiva concentración de tensiones en un punto localizado de la estructura (p. ej. cambios bruscos de sección) puede contribuir a un fallo en la misma.

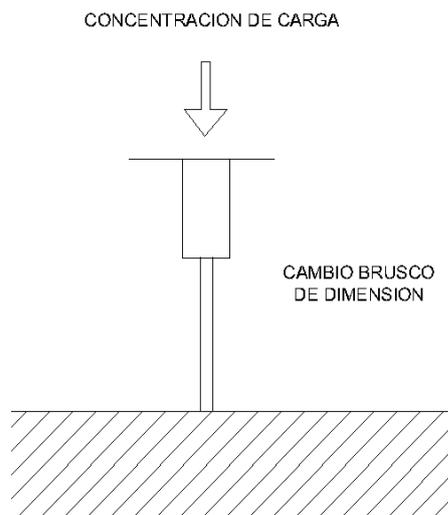


Fig.3. 60 Falla de diseño de una estructura

### 3.5.6 Solicitaciones que exceden la capacidad de carga de la estructura:

Las cargas de explotación transmitidas al muelle son superiores a las previstas en su concepción original, causando fisuras, roturas, fraccionamiento de pilotes.

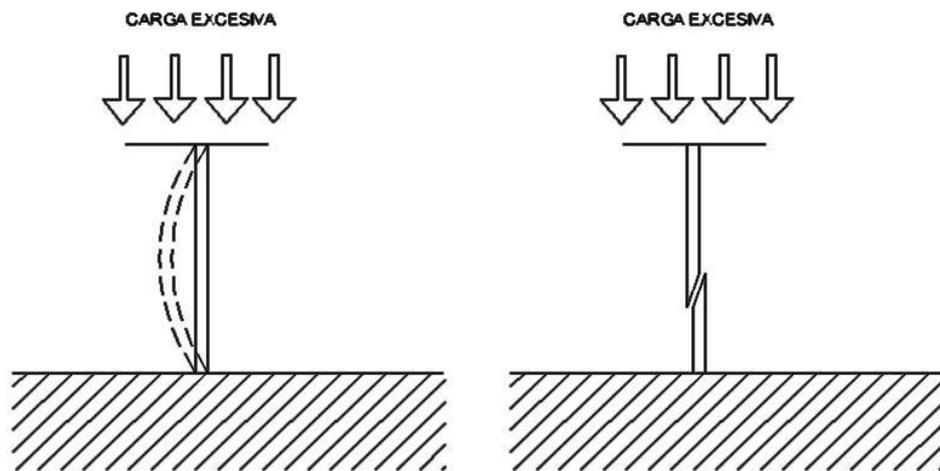


Fig.3. 61 Capacidad de carga de una estructura sobredimensionada

### 3.5.7 Abrasión-Erosión:

Los daños debidos a la abrasión o erosión son, en la mayoría de los casos, producto de la acción del transporte de sedimentos producido por la acción de las mareas en el estuario, que impactan contra la estructura.

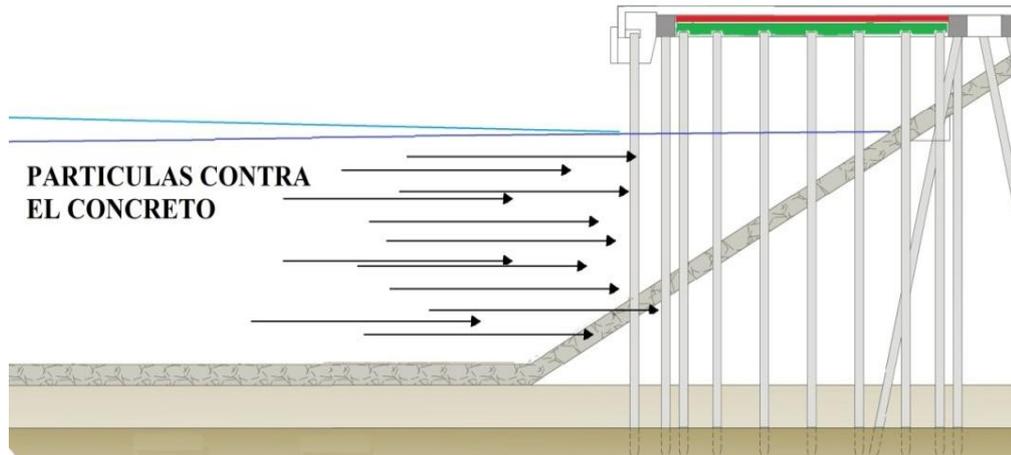


Fig.3. 62 Erosión abrasiva por partículas de sedimentos

### 3.5.8 Movimientos y asentamientos:

La rigidez de la mayoría de estructuras marítimas es la principal razón por la que no pueden soportar ligeros movimientos o asentamientos. La inspección visual puede revelar deslizamiento de pilotes, fisuras en la estructura o la desalineación de alguno de los elementos estructurales.



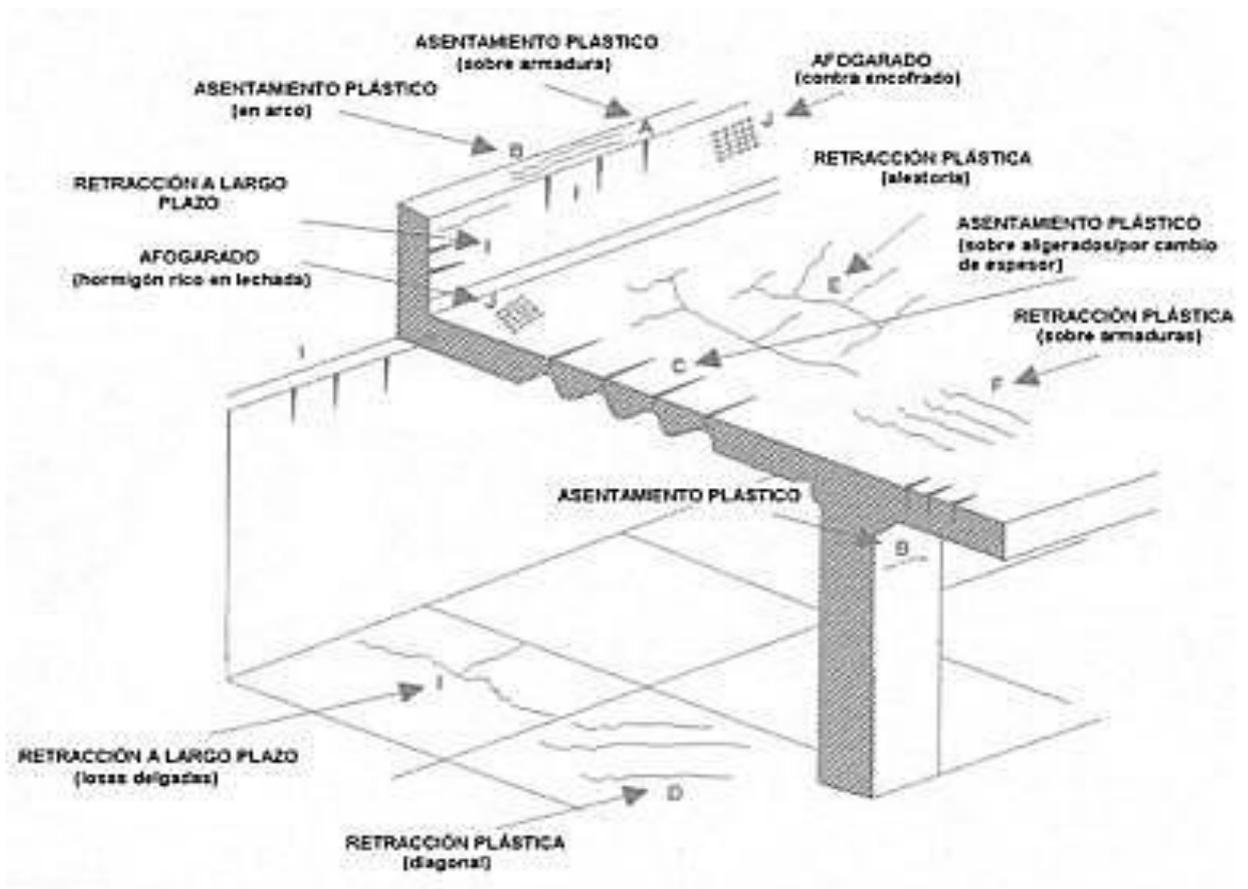
**Fig.3. 63 Inspección visual en el muelle 4 del Puerto de Guayaquil**

### **3.5.9 Variaciones de temperatura:**

Los cambios de temperatura generan un gradiente térmico en el hormigón que induce un cambio en su estado tensional. Si la estructura no dispone de juntas de expansión correctamente espaciadas, cambios de temperatura pueden producir grietas de carácter profundo orientadas, en general, perpendicularmente a la dirección mayor de la estructura.

### **3.5.10 Retracción:**

El principal factor que produce la retracción es la pérdida de humedad en el hormigón. Se puede distinguir la retracción primaria (corto plazo) y la secundaria (largo plazo) aunque, en la mayoría de los casos ambas ocurren cuando el curado del hormigón no es adecuado. Las fisuras que aparecen en el hormigón son de carácter superficial, a diferencia de las inducidas por cambios térmicos que son más profundas y aparecen en lado traccionado de la estructura.



**Fig.3. 64 Retracción de hormigón**  
**Fuente: Durabilidad y Patología del concreto**

En el cuadro 3.5, se presenta un resumen de la relación causa efecto de patologías y daños presentados.

| CAUSA  | EFEECTO   |
|--|---|
| Carbonatación, Oxidación y Spalling del hormigón | -Baja del Ph en el hormigón<br>-Activación del proceso de corrosión del acero |
| Acción de Ácidos                                 | -Convierten a los compuestos cálcicos del concreto en sales cálcicas          |
| Acción de los Sales, Cloruros y Sulfatos         | -Aumentos de volumen, expansiones, fisuraciones,                              |

|  |  |
|--|--|
|  | rupturas, ablandamiento y degradación del concreto   |
| Fallas constructivas                             | -Malas dosificaciones del hormigón<br>-Consolidaciones del terreno no adecuadas<br>-Colocación errónea de armaduras<br>-Movimientos del encofrado<br>-Asentamientos o vibraciones del hormigón fresco colocado |
| Corrosión acero                                  | -Manchas de color marrón-oscuro, visualización del acero de refuerzo en el hormigón armado, pérdida de sección del acero de refuerzo   |
| Corrientes                                       | -Zonas de acumulación en la cimentación  |
| Falla de diseño                                  | -Colapso o deterioro de la estructura  |
| Solicitaciones que exceden la capacidad de carga | -Fisuras, roturas, fraccionamiento de pilotes  |
| Abrasión – Erosión                               | -Transporte de sedimentos  |
| Movimientos y asentamientos                      | -Deslizamiento de pilotes, fisuras en la estructura  |
| Variaciones de temperatura                       | -Cambios en el estado tensional<br>-Grietas de profundas   |
| Retracción                                       | -Pérdida de humedad en el hormigón<br>-Retracción primaria (corto plazo) y la secundaria (largo plazo) en el curado del hormigón   |

**Tabla 3. 5 Relación Causa – Efecto de las patologías**

## CAPITULO 4

### 4 Descripción de las medidas de inspección y evaluación

Como se indicó en la sección 2.3, para poder detectar las fallas o fallas recurrentes (probables fallas) que se puedan presentar en las terminales marítimas del puerto de Guayaquil cedidas en concesión, se debe realizar un levantamiento informativo de las estructuras, para este caso de los muelles del puerto de Guayaquil se recoge lo propuesto por las ASCE y se plantea los procesos de inspección y metodologías para evaluación y diagnóstico adaptadas al caso particular de la presente investigación.

#### 4.1 Procesos de inspección.

Previo a realizar inspecciones en los muelles o estructuras portuarias, es recomendable inicialmente realizar un análisis de la documentación existente, lo que se denomina **estudio de los antecedentes**, es decir la revisión detallada de:

- ✓ Planos as built,
- ✓ Memorias de diseño,
- ✓ Memorias del procedimiento constructivo
- ✓ Registro del proceso constructivo del proyecto (libro de obra- fotos-bitácora, de ser posible)

Así mismo, se debe obtener información verbal de las personas responsables de las instalaciones, como por ejemplo, si se han ejecutado mantenimientos en períodos anteriores, frecuencia de las operaciones portuarias, problemas en los atraques, accidentes ocurridos durante los atraques, u operación de carga y descarga de la mercancía, entre otros.

Posteriormente y una vez analizada la información existente se deberá revisar las propuestas de inspecciones a realizarse.

Esta información servirá para determinar el inicio de la metodología para la inspección de los muelles.

### **4.1.1 Propuestas de modelos de inspección/tipos de inspección**

Conforme a las condiciones en que se encuentren los muelles se debe determinar el tipo de inspección a realizar, las mismas que se las clasifican de la siguiente forma:

#### **4.1.1.1 Inspecciones de rutina.**

Debe ser en superficie y submarina, esta inspección servirá para el control del estado general de los elementos componentes de la estructura portuaria, y su frecuencia se la determinará en base a:

- 1) Estudios preliminares. - Conforme a normas, estudios efectuados anteriormente, referencias.
- 2) Métodos estadísticos. - Mediante un análisis estadístico se puede determinar los intervalos de inspección, métodos que para el caso del puerto de Guayaquil se revisará más adelante.

Acompañado a las inspecciones rutinarias se recomienda que se lleve un registro de los probables daños a encontrarse y de las acciones recomendadas para actividades de mantenimiento, así también deberá contener una valoración que determine si la inspección se mantenga como rutinaria en base a inspecciones visuales o amerite una inspección más detallada que en este apartado las denominamos especiales.

#### **4.1.1.2 Inspecciones especiales.**

Sirven para analizar detalladamente las causas de los daños en los elementos componentes de la estructura portuaria. Estas inspecciones generalmente deben realizarse debido a:

- ✓ Incertidumbre respecto al estado actual de la estructura portuaria, al haber sido sometida a condiciones límites, como por ejemplo: sismos, cargas excesivas, accidentes;
- ✓ Incremento de cargas actuales debido a cambio en la explotación de los muelles;
- ✓ Presunción de limitación en la capacidad de carga estructural, por la localización de fisuras, desprendimientos, o flechas excesivas;

- ✓ Deterioro de los elementos componentes del muelle por la no protección de estos ante las condiciones ambientales del entorno;
- ✓ Falta de mantenimiento preventivo.
- ✓ Entre los objetivos de las inspecciones especiales, están:
- ✓ Registrar las características de la patología localizada y desarrollar el proyecto para realizar la obra de reparación de daños encontrados.
- ✓ Realizar inspecciones de detalle que incluyan actividades de campo adicionales (toma de muestra, ensayos de laboratorio, etc.), que determinan la causa de las patologías y los tipos de reparaciones.
- ✓ Elaborar una valoración submarina del estado de una estructura después de un sismo, impacto de buques, fuego, atentados, o un evento extraordinario no esperado.

Entre los METODOS para las inspecciones especiales se tienen los siguientes:

#### **4.1.1.2.1 Uso del ROV.**

El ROV, conforme a sus siglas en inglés Remote Operated Vehicle, es un vehículo operado de forma remota (control remoto), este equipo es un robot submarino no tripulado y conectado a una unidad de control en la superficie por medio de un cable. La energía y los órdenes se envían mediante un mando de control a través del cable al ROV.



**Fig. 4. 1 Imagen de un ROV**

A través del cable se transmiten también los datos de las cámaras de video del ROV, los datos de los sensores y de los sonares a la unidad de control en la superficie.

Por lo general los ROV están equipados por lo menos con una cámara de vídeo y luces. El equipo adicional se agrega comúnmente para ampliar las capacidades del vehículo. Estos pueden incluir sonares, magnetómetros, cámara fotográfica, un brazo manipulador, herramienta de corte, toma de muestras, e instrumentos para medir parámetros.

Un sistema ROV básico está compuesto de los siguientes elementos:

- ✓ Vehículo
- ✓ Un sistema de lanzamiento y recuperación
- ✓ Una unidad de suministro de energía
- ✓ Una consola para las entradas de control
- ✓ Monitor de pantalla

Siempre bajo el mando de un operador capacitado para el manejo de estos equipos.



**Fig. 4. 2 Unidad de control del ROV**

Un **Rov** completo se compone de cientos de complementos, dependiendo de la función o tareas que tenga que realizar. Se complementa con iluminación especial, diferentes tipos de cámaras, brazos robóticos, controladores de temperatura, sonido, sonar, así como de accesorios especiales tales como sierras, taladros y de equipos de soldadura. Algunos hasta llevan ruedas para poder maniobrar por el fondo marino.

Para el caso de los muelles del Puerto de Guayaquil, este equipo debe ser considerado para inspecciones especiales submarinas, debido a que las aguas del Estero Cobina son turbias, y muchas veces los buzos no son capaces de realizar sus tareas de observación, por lo que sería de mucho aporte para una inspección especial de un "Rov observador", de gran potencia, pero simple en funciones y compuesto por varias cámaras de alta

resolución tanto en blanco/negro como en color, para toma de medidas, observar las condiciones actuales de los pilotes en especial, los que aún no han sido intervenidos por el concesionario.

### **Verificación de fondo marino y taludes de protección.**

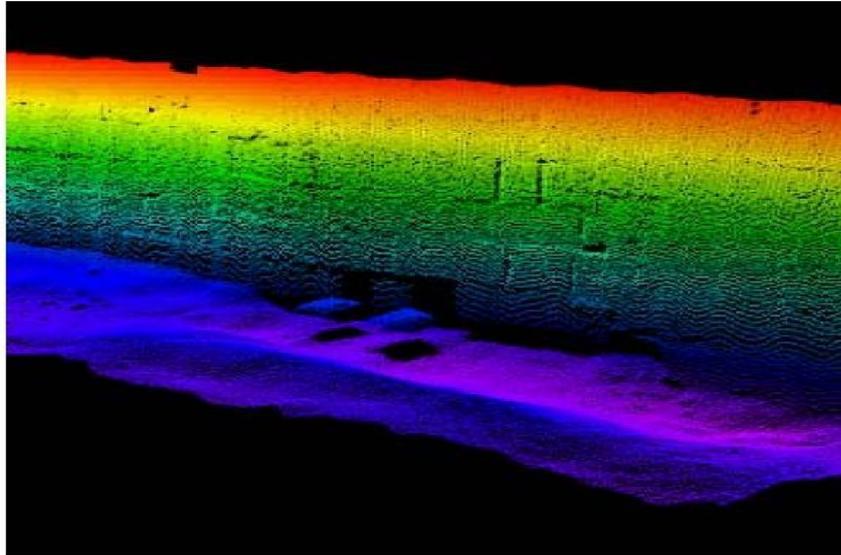
Para hacer inspecciones del fondo marino o estuario (para el caso de este estudio) y de los taludes, se puede utilizar las siguientes alternativas.

Batimetrías para determinar el perfil del fondo de estuario, el cual para nuestro caso estará relacionado con el nivel medio del mar MLW, el método consistirá en tomar medidas de profundidad y posteriormente realizar el trazado del perfil.

Determinación de la pendiente del talud que se conforma bajo la estructura de los muelles, mediante topografía o mediante la utilización de sonares.

Para la utilización de un sonar se procederá de la siguiente forma:

Se establecerán ejes de control longitudinales sobre los cuales se medirán el fondo marino utilizando un sonar el cual ira en una embarcación que para el caso del puerto de Guayaquil será una lancha pequeña de características (eslora 4,30 m; manga 1,40 m; puntal 0,60 m), con este equipo se determinará las diferentes profundidades en puntos de control establecidos a lo largo de los ejes, datos con lo cual en oficina-gabinete, se procederá a graficar la pendiente o la conformación del talud, observándose periódicamente el comportamiento de este, inspección que se realizaran dependiendo de las condiciones de las corrientes, eventos climáticos no esperados, sismos, o la presencia de fisuras de tracción en las estructuras. Con esto podrá observarse variaciones en acumulación de sedimentos, erosión presentada, deslizamiento superficial (ver figura 4.3).



**Fig. 4. 3 Esquema del fondo marino tomado por una ecosonda Multihaz.**  
(Fuente SENER 2009)

#### **4.1.1.2.2 Inspección de los elementos de hormigón armado que forman los muelles, mediante ensayos.**

Para los elementos componentes de los muelles del Puerto de Guayaquil tales como: pilotes, losas, pantallas, cabezales, traveses y vigas de borde, se plantea determinar su estado actual mediante ensayos destructivos y no destructivos. El procedimiento se basa en la realización de las siguientes pruebas en elementos estructurales:

- ✓ Medición de la resistencia del hormigón con esclerómetro.
- ✓ Toma de muestras de testigos de hormigón (corazón endurecido)
- ✓ Detección y medición de agrietamientos o cavidades en el hormigón con equipo de ultrasonido.
- ✓ Detección de las varillas de acero que forman parte del hormigón armado para verificar su posición, diámetro, separación y profundidad, con detector de armaduras conocido en el mercado como pacómetro.
- ✓ Determinación del potencial catódico y grado de corrosión de la armadura de acero empleando equipo para análisis de corrosión con electrodo de referencia de sulfato de cobre (Cu/CuSO<sub>4</sub>).
- ✓ Pruebas de cargas estáticas y dinámicas en pilotes

#### 4.1.1.2.3 Ensayos de caracterización del material del fondo

Este es un caso especial, ya que la necesidad de hacer exploración del subsuelo o investigación geotécnica para posteriormente obtener la caracterización del perfil geotécnico, depende del requerimiento que haga la entidad responsable de la estructura, ejemplo, los muelles 1C, 1B,1A, 1, 2 y la mitad del muelle 3, su estructura ha sido reforzada, sin embargo de requerirse por parte de la concesionaria un reforzamiento de los muelles restantes (la otra sección del Muelle No. 3, Muelles No. 4, 5 y 6), se deberá realizar estudios de suelo, para lo cual se deberá contar con las recomendaciones del especialista en Geotecnia.

**Requerimiento de realizar caracterización del material del fondo.-** La caracterización de los suelos, consiste en determinar y evaluar las propiedades índices de este, las cuales consisten en:

- ✓ Contenido natural de humedad.
- ✓ Límites de Atterberg (límites líquidos, límites plásticos).
- ✓ Densidad húmeda.
- ✓ Granulometría vía húmeda.
- ✓ Capacidad portante del suelo.

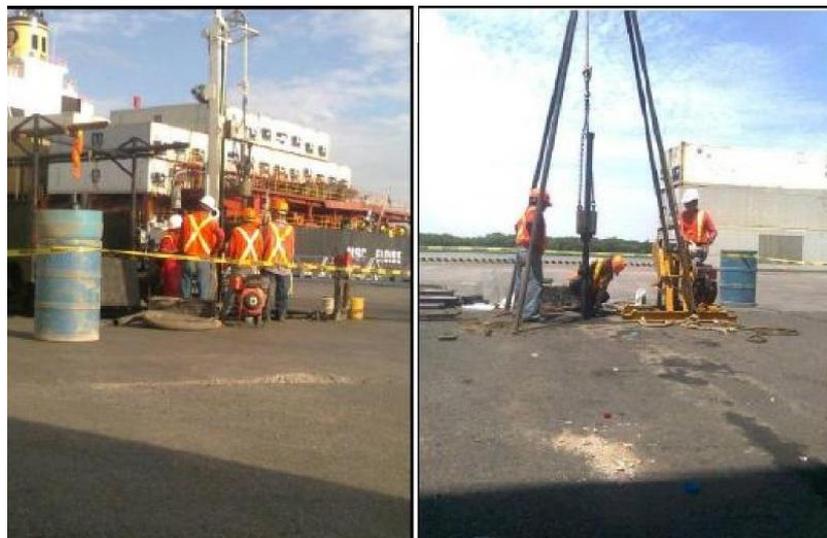


Fig. 4. 4 Perforaciones del suelo para el estudio geológico

El análisis del suelo en términos generales consiste en tres fases:

**1) La fase de toma de muestras en suelo**, en las que se determinará, el número de sondeos en función del área y la profundidad del mismo, que estará en función de los esfuerzos a los que va a ser sometido el subsuelo donde se va a desplantar el proyecto.

**2) la fase que corresponde a los análisis que se debe realizar en laboratorio**, de mecánica de suelos, en la que el especialista en Geotecnia deberá ordenar los ensayos de caracterización general, ensayos especiales y específicos que se adapten al requerimiento del proyecto, para su evaluación correspondiente, ejemplo: ensayo de consolidación.

**3) La fase en la que se generan los cálculos y posterior reporte de los análisis requeridos**, observando las particularidades del proyecto: capacidad portante del terreno, estabilidad de taludes, actuaciones para mejorar el terreno, procesos de ejecución de cimentaciones profundas.

Importante mencionar que este es una actuación especial, ya que la necesidad de hacer exploración del subsuelo o investigación geotécnica, para posteriormente obtener la caracterización del perfil geotécnico, depende del requerimiento que haga la entidad responsable de la estructura. Por ejemplo, si la estructura requiere un reforzamiento integral, es imprescindible realizar estudios de suelo, a fin de determinar la cota de desplante de la cimentación, para lo cual se deberá contar con las recomendaciones del especialista en Geotecnia.

#### **4.1.1.2.4 Caracterización química y biológica del agua**

De acuerdo a los resultados de la inspección visual, y si en el reporte se observa que los elementos revisados, componente de la estructura, existe una alta afectación de corrosión, es recomendable tomar muestras de agua en la zona de implantación de los muelles.

Los resultados obtenidos de las pruebas en la inspección de las muelles deberán ser suficientemente detallados y preciso, con esto se desarrollará un esquema generalizado del mantenimiento preventivo y correctivo que requieren la estructura para su buen desempeño.

Los ensayos para la caracterización del agua, servirán para identificar los microorganismos que pueden ejercer acciones sobre el hormigón, entre estos la presencia de bacterias que provocan la biocorrosión.

- Cuantificación de sulfatos.
- Cuantificación de cloruros.
- Determinación de acidez
- Determinación del PH
- Presencia de bacterias que provocan ataques agresivos al hormigón y al acero.

#### **4.1.2 Metodología para la inspección de los muelles.**

La inspección de los muelles se la determina conforme a la necesidad del propietario, que para este caso es la administración de la concesionaria. Se la determinará conforme a los métodos propuestos y de las manifestaciones de fallas o patologías encontradas de forma visual.

No existe un método general de auscultación o inspección a las estructuras portuarias, ni a un conjunto de muelles, Lo que se plantea para el caso del Puerto Marítimo de Guayaquil, es una metodología para la inspección en base a la recopilación de datos y la lectura de bibliografía existente sobre el tema.

##### **4.1.2.1 Estudio de la información existente.**

Para el caso de los muelles concesionados a la concesionaria CGSA, se recoge toda la información existente que se encuentra en el Departamento Técnico y la Unidad de Control de Gestión de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, tales como:

Planos de la construcción de los muelles 2 al 6, información técnica que se encuentra detallada en el capítulo 1 de la presente tesis. Cabe indicar que el muelle 2 y la mitad de la posición de atraque denominada con el No. 3, fueron reforzadas por la concesionaria, cuyos trabajos fueron concluidos en septiembre del 2012.

- Planos as built del reforzamiento de los muelles 2 y 3
- Planos as built del reforzamiento de los muelles 1, 1 A , 1B
- Planos as built de la construcción del muelle 1C.
- Recopilación de registros de accidentes ocurridos en los muelles
- Especificaciones de materiales
- Estudios de suelos
- Libros de obra
- Reportes periodísticos

Como se indica en el capítulo 3 de la presente tesis, el accidente que ocurrió entre los muelles No. 1B y 1C, obligo a la concesionaria a realizar trabajos de reparación de los elementos componentes de la infraestructura afectada, por lo que para el caso de una inspección en los muelles antes citados, se deberá solicitar a la concesionaria la información correspondiente a planos as built y memoria de obra, análisis estructural de la estructura construida.

Para cada muelle intervenido tanto para reparaciones, mantenimiento o reforzamiento, se recomienda como paso previo para el plan de inspecciones, solicitar las memorias constructivas, análisis estructural del muelle a ser inspeccionado, tal como fue construido.

Así también, deben efectuarse entrevistas con personas que conozcan la estructura a través del tiempo, a fin de conocer las características y el tipo de acciones que se han tomado, registro de daños y mantenimientos.

#### ***4.1.2.2 Planteamiento en gabinete del plan de inspección.***

Una vez revisado los antecedentes, de la estructura, se deberá hacer el planeamiento de la inspección de cada uno de los elementos componentes del muelle a revisarse, para esto se hará uso de los planos existentes para la clasificación de los elementos conforme al detalle de los mismos, considerando ejes y la nomenclatura establecida. Ejemplo:

Caballetes/vigas: CB - (codificación conforme a dimensiones) – (ejes x-y)

Trabelosas: TL – (codificación conforme a dimensiones) – (ejes x-y)- numeración asignada

Pilotes: P – eje y sección -numeración conforme a planos

Losa de rodadura: L- Área entre ejes x-y

Cornamusas: C – numeración asignada

Bitas: B- numeración asignada

Defensas: D - numeración asignada.

Pantallas: PANT- numero en el eje Y

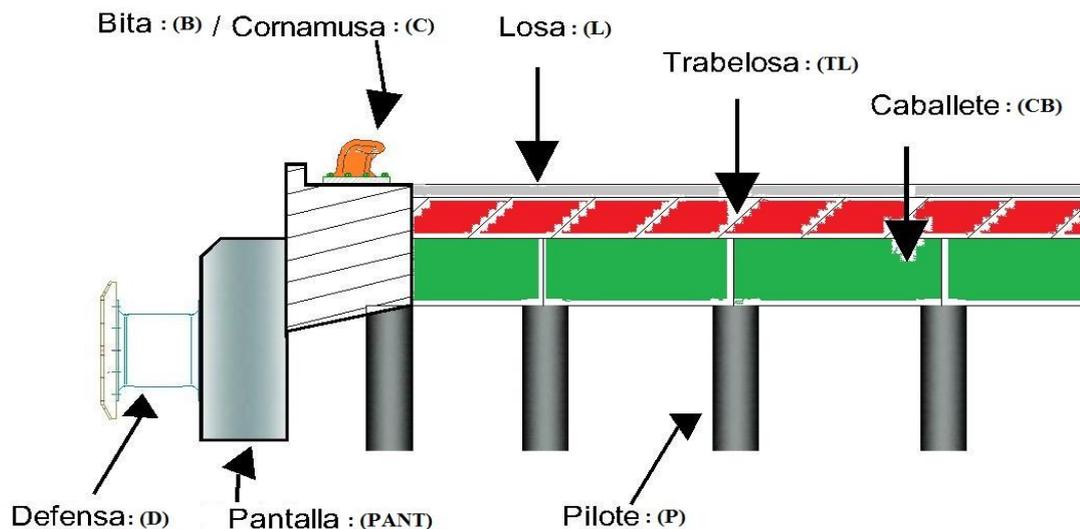


Fig. 4. 5 Esquema de la sección transversal del muelle del Puerto de Guayaquil

Se aclara, que la codificación es de libre criterio por parte del técnico responsable de la inspección, siempre que sea en función del desempeño estructural de cada elemento.

#### **4.1.2.3 Selección de recursos para la inspección.**

Se debe identificar el personal que debe intervenir en la inspección, además de los elementos básicos y equipos más apropiados para el efecto, entre estos se recomienda los siguientes:

- Lupas
- Cámaras fotográficas
- Nivel de mano
- Grabadora
- Equipo de medición manual
- Comparador de fisuras o fisurómetros
- Elementos de seguridad y protección (ver detalle en sección 4.6)
- Tabla de mareas

- Embarcación pequeña (de características apropiadas para la inspección en el espejo de agua).
- Equipo de buceo.
- Equipos de comunicación.
- Equipos de iluminación, debido a la oscuridad que se produce debajo de la zona de muelles.
- Andamios y escalares.

Se debe planear la inspección debajo de la zona del muelle, considerando las horas en que se puede realizar las inspecciones, conforme a lo que indique las tablas de mareas, a disposición en el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (ver anexo de tabla de mareas).

**PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR  
GUAYAQUIL (RÍO GUAYAS) 2013**

| ENERO |      |      |     |      |      | FEBRERO |      |      |     |      |      | MARZO |      |      |     |      |      |
|-------|------|------|-----|------|------|---------|------|------|-----|------|------|-------|------|------|-----|------|------|
| DIA   | HORA | ALT. | DIA | HORA | ALT. | DIA     | HORA | ALT. | DIA | HORA | ALT. | DIA   | HORA | ALT. | DIA | HORA | ALT. |
|       | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |         | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |       | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |
| 14    | 0348 | 0.4  | 29  | 0326 | 0.5  | 14      | 0446 | 0.4  | 14  | 0341 | 0.3  | 29    | 0319 | 0.3  |     |      |      |
| LU    | 0908 | 4.1  | MA  | 0845 | 4.2  | JU      | 1008 | 4.3  | JU  | 0908 | 4.5  | VI    | 0838 | 4.6  |     |      |      |
|       | 1604 | 0.2  |     | 1539 | 0.4  |         | 1657 | 0.4  |     | 1554 | 0.4  |       | 1534 | 0.4  |     |      |      |
|       | 2135 | 4.4  |     | 2108 | 4.4  |         | 2224 | 4.5  |     | 2119 | 4.6  |       | 2052 | 4.7  |     |      |      |
| 15    | 0431 | 0.4  | 30  | 0404 | 0.5  | 15      | 0523 | 0.4  | 15  | 0417 | 0.3  | 30    | 0402 | 0.3  |     |      |      |
| MA    | 0950 | 4.1  | MI  | 0920 | 4.2  | VI      | 1049 | 4.2  | VI  | 0944 | 4.4  | SA    | 0920 | 4.6  |     |      |      |
|       | 1646 | 0.3  |     | 1616 | 0.4  |         | 1732 | 0.5  |     | 1629 | 0.5  |       | 1617 | 0.4  |     |      |      |
|       | 2214 | 4.4  |     | 2140 | 4.4  |         | 2303 | 4.4  |     | 2154 | 4.5  |       | 2133 | 4.6  |     |      |      |
|       |      |      | 31  | 0442 | 0.5  |         |      |      |     |      |      | 31    | 0445 | 0.3  |     |      |      |
|       |      |      | JU  | 0954 | 4.2  |         |      |      |     |      |      | DO    | 1005 | 4.5  |     |      |      |
|       |      |      |     | 1652 | 0.4  |         |      |      |     |      |      |       | 1700 | 0.5  |     |      |      |
|       |      |      |     | 2213 | 4.4  |         |      |      |     |      |      |       | 2217 | 4.5  |     |      |      |

HORA DE ZONA + 5

**Fig. 4. 6 Extracto de la tabla de mareas  
Fuente: Inocar (Instituto Oceanográfico de la Armada)**

#### **4.1.2.4 Inspección visual.**

La Evaluación Primaria o inspección visual, está compuesta por un informe cualitativo de la infraestructura portuaria, donde se llena una planilla estándar la cual se presenta propuesta de diseño, siguiendo normativas tipo ACI, ASTM. Se debe hacer una inspección preliminar de muelle y llenar una planilla de inventario que genera un primer informe de mantenimiento y que genere una base de datos.

La planilla de la evaluación primaria debe contemplar las condiciones normales de la estructura portuaria al momento de la evaluación, materiales, componentes, daños, estado de mantenimiento, operatividad. También la planilla varía si se elabora después de la ocurrencia de un evento ya que según el tipo de este, se deben revisar otros parámetros, valores de daños para incendios, deslizamiento, fisuras o agrietamientos.

Se plantea elaborar un método consistente y práctico plasmado en las planillas de inspección visual, que permita determinar el estado real del muelle dentro de sus condiciones locales, ambientales, y de carga.

Se deberá con la planilla ya propuesta, realizar la inspección del muelle escogido para la valoración, se tomaran los datos, y se efectuará el levantamiento de las patologías.

Se recomienda realizar los siguientes trabajos:

- Inspección visual general de la superficie de rodadura del muelle.
- Inspección visual general bajo la zona del muelle.
- Levantamiento de daños.
- Registro fotográfico de los daños.

Para las inspecciones visuales de la superficie de rodadura y bajo la zona general del muelle se propone que se los realice por cada uno de los elementos que componen el muelle.

**Inspección en elementos (pilotes, vigas de borde, vigas cabezales, trabelosas, losa de rodadura, juntas, bitas y cornamusas, defensas).**- Se deberá realizar la inspección en estos elementos, verificando el posicionamiento de los mismos en los planos existentes, efectuando el levantamiento de daños por medio de la plantilla propuesta, dibujos y fotografías, registrando en detalle todas las anomalías encontradas.

**Inspección submarina.**- La inspección submarina se la realizará con buzos calificados, con cámaras apropiadas para la actividad, que servirán para el registro fotográfico, se deberá llevar equipo de medición (cinta métrica, comparador de fisuras)

El objetivo de la inspección visual es determinar la naturaleza y magnitud de los problemas observados, así como identificar los elementos afectados, se deberá llevar un registro de los daños presentados que pueden ser los siguientes:

- Planos de fisuras por acciones físicas
- Fisuras estructurales
- Fracturas y aplastamientos
- Erosión
- Descascaramiento
- Hinchamientos y reventones
- Biodeterioro
- Desprendimientos
- Corrosión
- Expansión
- Deflexiones y movimientos
- Otros

Adicional a la inspección visual, se debe incluir mediciones de las fallas encontradas, deflexiones, y desniveles encontrados en los elementos componentes del muelle.

Dependiendo de los resultados que se obtengan en la inspección visual conforme a la planilla de inspección propuesta, se establecerá la necesidad de inspecciones especiales.

#### ***4.1.2.5 Paso previo para las inspecciones especiales.***

Posterior a la inspección visual o preliminar, y dependiendo de las novedades que se presenten en los elementos componentes del muelle investigado, se procederá a realizar la investigación profunda o detallada para cada patología o falla encontrada.

Con el objetivo de complementar la información obtenida en la inspección visual que incluye la revisión preliminar de los proyectos originales), es conveniente revisar documentación técnica adicional de la estructura, es decir: información del diseño estructural, estudios de suelos, historia de la construcción.

Una vez estudiado los detalles adicionales de la estructura a ser evaluada, se deberá realizar la planeación de las inspecciones que se requieran conforme los resultados que determine la inspección visual, misma que deberá considerar los siguientes aspectos: requerimientos técnicos de la entidad- planeación – preparación de los estudios de campo- condiciones de seguridad del personal a realizar las inspecciones.

Para las inspecciones especiales, deberán establecerse las cargas de diseño, las existentes y las futuras, así como la influencia de las cargas dinámicas como consecuencia de la operación de los equipos y maquinarias que puedan transmitir, impactos, cargas puntuales, vibraciones.

Es importante destacar que cuando en una inspección visual se observa que los elementos estructurales están expuestos a ambientes agresivos, como

los cloruros, deben verificarse la resistencia de los elementos componentes de los muelles a los ataques químicos.

#### **4.1.2.6 Inspecciones Especiales.**

Conforme se establece en el paso anterior, de acuerdo a la inspección visual, se determinará los tipos de inspecciones especiales a realizarse:

**Necesidad de realizar inspecciones submarinas detalladas.-** Si con una inspección rutinaria submarina, se hace imposible verificar las condiciones de los pilotes, la posición del talud, debido a la turbiedad del agua, se debe proceder con los siguientes procedimientos:

- Uso del ROV
- Topografía y batimetría
- Uso de Multihaz

Con estas inspecciones se podrá tener de forma detallada las condiciones de los elementos que se encuentran bajo el espejo de agua del estero.

#### **Inspección detallada de los elementos de hormigón armado que forman los muelles, mediante ensayos destructivos y no destructivos.**

Conforme a los daños presentados en la inspección visual, se deberá determinar los tipos de ensayos a realizarse a continuación se presenta una tabla con las auscultaciones a realizarse conforme a la patología encontrada en el hormigón armado.

| <b>Patología encontrada / Propósito</b>   | <b>Tipo de ensayo</b>  |
|---|--|
| Ausencia del acero - Verificación de diseño   | Localización del acero con equipo de detección de armadura   |
| Determinar posición de estribos y refuerzo<br>Posibilidad de corrosión  | Medición del recubrimiento con equipo de detección de armaduras (pachómetro - profoscope)                      |
| Estructura antigua expuesta al ambiente salino, hinchamiento del hormigón, desgaste de la capa de hormigón.                       | Prueba de carbonatación (fenolftaleína)  |
| Obtención de datos para realizar correlación y obtener datos de resistencia del hormigón de los elementos componentes del muelle. | Extracción de núcleos-posterior ensayo de resistencia a la compresión.<br>Esclerómetro – método de ultrasonido |

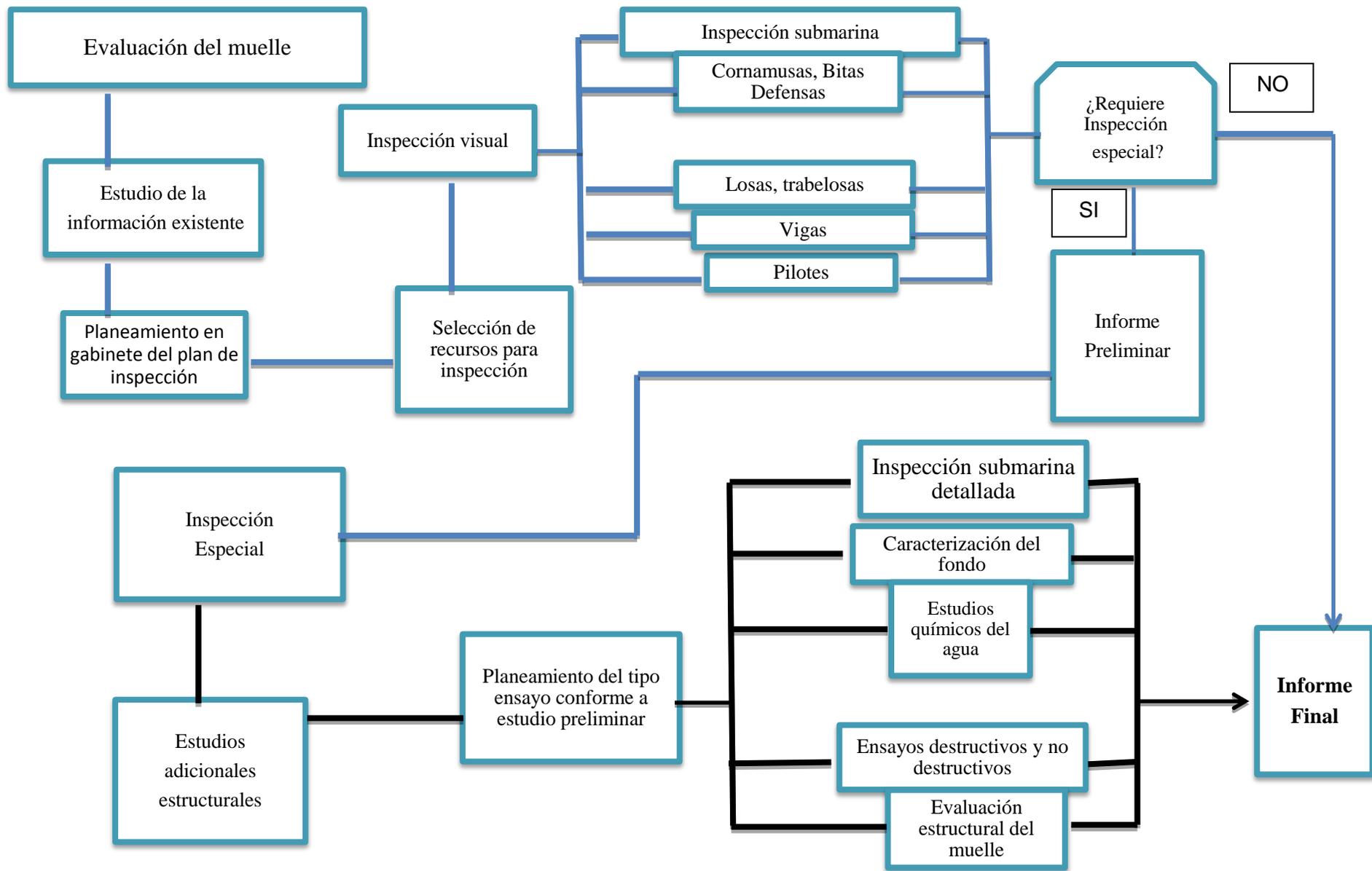
|  |  |
|--|--|
| Presencia de corrosión en la estructura de hormigón armado   | - Potencial de corrosión<br>- Resistividad<br>- Velocidad de corrosión         |
| Fisuras en la estructura   | Método de ultrasonido  |
| Presencia de hinchamiento y fisuración, ablandamiento de la pasta, porosidad   | Pruebas de sulfatos, mediante análisis químicos y petrográficos.               |
| Exposición de elementos a ambientes agresivos/ Determinar la cantidad de cloruros solubles en el concreto  | Prueba de contenido de Cloruros  |
| Porosidad del hormigón   | Ensayo de permeabilidad  |
| Descascaramiento del hormigón/<br>Determinar la capacidad de resistencia para la adherencia con un nuevo concreto<br>Resistencia a la tensión de la superficie | Prueba de adherencia   |
| Perdida de sección por presencia de microorganismos-bacterias  | Análisis Químicos-Desarrollo de cultivos microbiológicos-difracción de rayos X |
| Determinar la capacidad resistente de una Estructura   | Pruebas de carga   |
| Perdida de sección del acero de refuerzo   | Prueba de alargamiento – tracción del acero                                    |

**Tabla 4. 1 Tipo de ensayo para cada patología encontrada**

Los resultados obtenidos en estos ensayos permitirán hacer una valoración profunda de la estructura, así como determinaran los parámetros para realizar una evaluación estructural del muelle.

A continuación se presenta un diagrama de procesos propuesto para la inspección, evaluación y diagnóstico de los muelles propuestos.

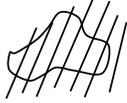
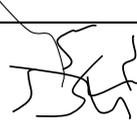
**Tabla 4. 2 Procesos para la inspección del muelle**



#### 4.1.2.7 Simbología de daños.

Para realizar la inspección de los elementos del muelle, tenemos que determinar la simbología de cada uno de los daños y colocarlos en sus respectivas fichas o planillas correspondientes a la inspección del elemento

En la siguiente tabla tenemos la simbología de daños:

| ITEM | TIPO DE DAÑO                    | SIMBOLOGIA | GRAFICA   |
|------|---------------------------------|------------|---|
| 1    | FISURA SUPERFICIAL              | FS         |     |
| 2    | FISURA PROFUNDA                 | FP         |     |
| 3    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | DS         |  |
| 4    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | DP         |  |
| 5    | MAPEO                           | MA         |  |
| 6    | IMPACTOS                        | IM         |  |
| 7    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | DCR        |  |

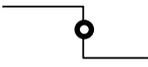
|    |                      |    |   |
|----|----------------------|----|---|
| 8  | DAÑO DE JUNTA        | DJ |    |
| 9  | CORROSIÓN            | CR |     |
| 10 | EXPOSICIÓN DEL ACERO | EX |     |
| 11 | PÉRDIDA DE SECCIÓN   | PS |     |
| 12 | POROSIDAD            | PO |   |
| 13 | BIODETERIORO         | BD |  |
| 14 | DESCASCAMIENTO       | DC |  |

Fig 4. 7 Simbología de daños

#### 4.1.3 Elaboración de fichas o planillas de inspección y relevamiento de elementos.

La planilla deberá tener la mayor información posible de los daños que se encuentren en la inspección visual, consta de una ficha principal para detallar los daños encontrados en el elemento y su ubicación en el plano, se deberá ubicar el elemento a inspeccionarse por sus ejes principales y sus ejes secundarios; también se deberá ubicar el elemento a inspeccionar (de ser posible) por coordenadas geoestacionarias UTM.

Las casillas para la información de los daños y fallas que se encuentren se deberán llenar de la siguiente manera:

- ✓ Ubicar el elemento a inspeccionar.

- ✓ Llenar los datos de fecha, el inspector que va a realizar la inspección y equipos que ha utilizado para la inspección.
- ✓ Dibujar las fallas y daños en el Plano de la ficha según la simbología dada.(4.1.2.7)
- ✓ Indicar el número de fallas y daños que se encuentren del elemento.
- ✓ Indicar el total de daños que exista en el elemento al momento de la inspección.
- ✓ Indicar las dimensiones del elemento a inspeccionar

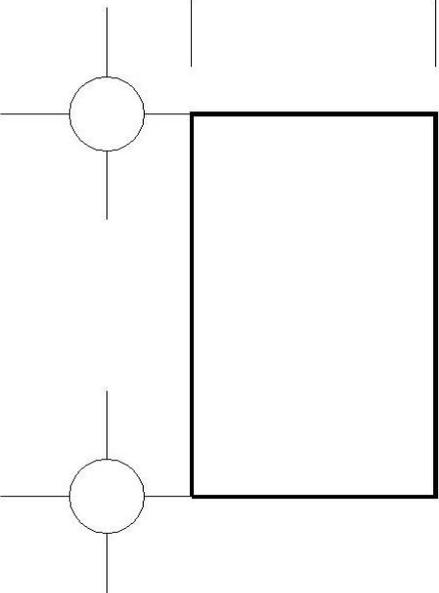
En la ficha secundaria, se colocará las fotografías que se han tomado para cada una de las fallas encontradas con sus respectivas descripciones, indicando el tamaño, ubicación geográfica (en caso de ser un daño considerable), y en observaciones indicar si procederá o no a una inspección especial.

L ( ejes x ) / ( abscisas) 001

## FICHA I.V. 1

|                  |                                  |  |                               |
|------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|
| <b>Muelle:</b>   | <b>Ubicación Geostacionaria:</b> |  | <b>Fecha:</b>                 |
| <b>Sección:</b>  | <b>Geometría del elemento:</b>   |  | <b>Inspector:</b>             |
| <b>Ejes:</b>     | <b>Material:</b>                 |  | <b>Equipos implementados:</b> |
| <b>Abscisas:</b> |                                  |  |                               |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|---|---------------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL              |            |
|   | FISURA PROFUNDA                 |            |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     |            |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        |            |
|   | MAPEO                           |            |
|   | IMPACTOS                        |            |
|   | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA |            |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO            |            |
|   | POROSIDAD                       |            |
|   | DESCARAMIENTO                   |            |
| DAÑO DE JUNTA   |                                 |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN  |                                 |            |

|                             |   |                        |  |
|-----------------------------|---|------------------------|--|
| <b>SIMBOLOGÍA</b>           |   |                        |  |
| FISURA SUPERFICIAL          |  | MAPEO                  |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS               |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | DESGASTE DE LA CAPA DE |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |  |
|                             |   | POROSIDAD              |   |
|                             |   | DESCARAMIENTO          |   |
|                             |   | DAÑO DE JUNTA          |   |
|                             |   | PERDIDA DE SECCIÓN     |   |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> |  |
|-----------------------|--|

**Fig. 4. 8 Ejemplo de ficha 1 para inspección visual**

L ( ejes x ) / ( abscisas ) 002

**FICHA I.V. 1**

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Muelle:<br>Sección:<br>Ejes:<br>Abscisas: | Ubicación Geostacionaria:<br>Geometría del elemento: | Fecha:<br>Inspector:<br>Equipos implementados: |  |
|---|--|--|--|

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| <b>GRÁFICA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|                |                      |
|                | <b>OBSERVACIONES</b> |
|                |                      |

**Fig. 4. 9 Ejemplo de Ficha 2 para inspección visual**

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / L - M 001

|                      |  |   |
|----------------------|--|---|
| Muelle: 4            | Ubicación Geostacionaria: N 9747814, 4191 E 621433, 6134 | Fecha: 29 de Enero del 2013   |
| Sección: 1           | Geometría del elemento: 31,47m X 6,52m                   | Inspector: Guillermo Pacheco  |
| Ejes: 65-70<br>L - M | Material: Hormigón armado                                | Equipos implementados: Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | 1          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | 2          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 1          |
|                    | MAPEO                           | 1          |
|                    | IMPACTOS                        | -          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | 1          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCARAMIENTO                   | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 6 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | MAPEO                  |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS               |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | DESGASTE DE LA CAPA DE |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |
| POROSIDAD                   | DESCARAMIENTO          |
| DAÑO DE JUNTA               | PERDIDA DE SECCIÓN     |

Fig. 4. 10 Ejemplo de llenado de una planilla

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / L - M 002

|           |        |                              |                |   |
|-----------|--------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4      | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 1      | N 9747814,4191 E 621433,6134 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 65 -70 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M  | 31,47m X 6,52m               | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|           |        | Hormigón armado              |                |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>  <p>MAPEO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CUBRE UNA EXTENSION DE 25 cm DE ANCHO X 83 DE LARGO, TIENE MAS DE 4 cm DE PROFUNDIDAD.</p> <p>MAPEO SE COMPONE DE FISURAS DE 1,1mm DE ESPESOR EN UNA EXTENSION DE 45cm X 92,4cm</p> |
| <b>OBSERVACIONES</b>  | <p>SE REQUIERE INSPECCIÓN ESPECIAL EN EL DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>   |

Fig. 4. 11 Ejemplo de llenado de una planilla

#### 4.1.4 Inventario de daños y fisuras

En base a los datos recogidos en las planillas propuestas, se procederá a realizar la cuantificación de los daños y/o patologías encontradas, a fin de obtener el nivel de deterioro que tiene los componentes de un muelle (bitas, cornamusas, vigas losas, etc.), para la elaboración de un informe que permita tomar las acciones de reparación correspondientes.

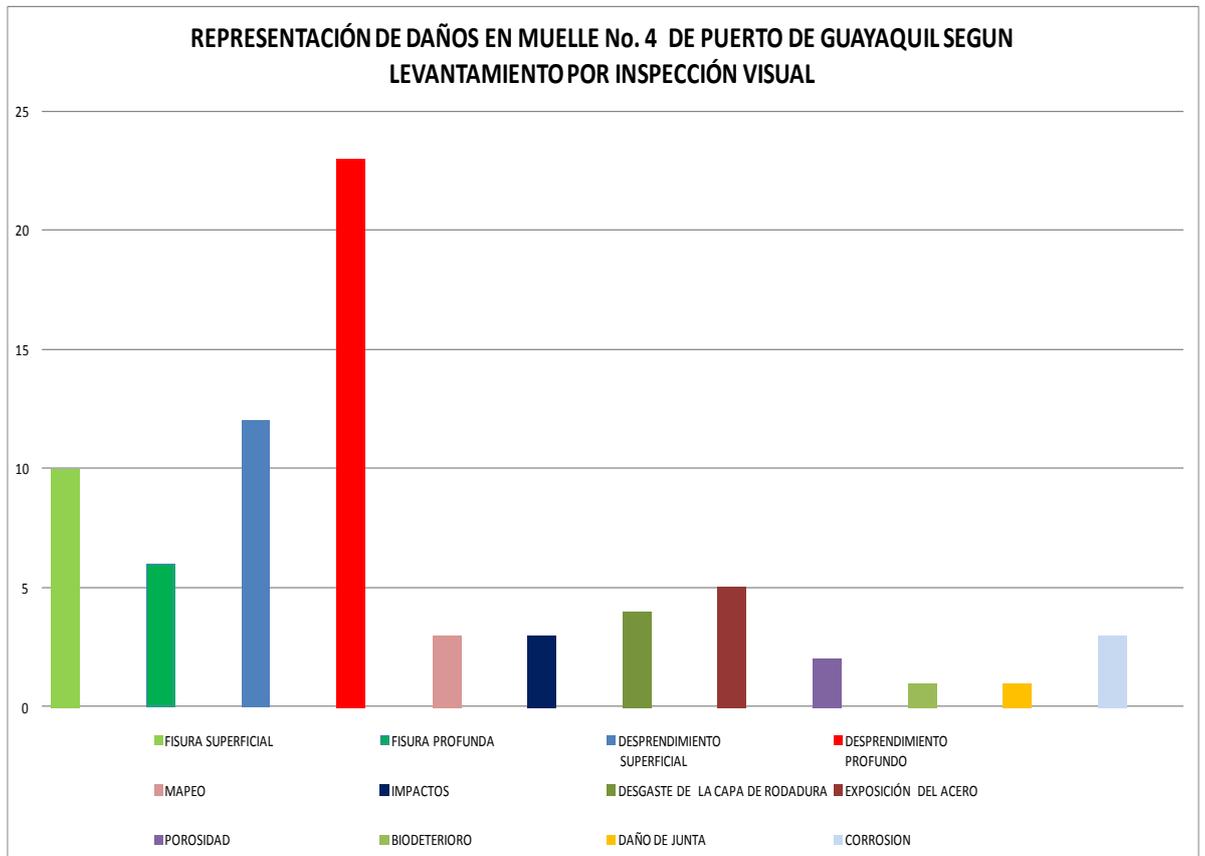
Como caso práctico de la presente tesis, se efectuó el ejercicio de levantamiento de daños en el muelle 4 del Puerto de Guayaquil, el mismo que estuvo dividido en seis secciones conforme a los planos existentes.

La inspección se la elaboró en base a la metodología propuestas, las fichas propuestas y simbologías propuestas, siendo el objetivo de esta práctica el levantamiento del inventario de daños y fisuras correspondientes (ver anexo de inspección visual).

En la tabla 4.3 se presenta el detalle del levantamiento de daños, según la inspección insitu.

| TIPO DE DAÑO   | SECCION 1 | SECCION 2 | SECCION 3 | SECCION 4 | SECCION 5 | SECCION 6 | TOTALES POR DAÑOS |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| FISURA SUPERFICIAL   | 1         | 2         | -         | 3         | 3         | 1         | 10                |
| FISURA PROFUNDA  | -         | -         | 3         | 1         | 1         | 1         | 6                 |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL                                | 6         | 1         | -         | 2         | 1         | 2         | 12                |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO                                   | 2         | 4         | 2         | 4         | 4         | 7         | 23                |
| MAPEO  | 1         | -         | 1         | 1         | -         | -         | 3                 |
| IMPACTOS   | -         | -         | -         | 1         | 2         | -         | 3                 |
| DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA                            | 1         | -         | 1         | -         | 2         | -         | 4                 |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO                                       | 1         | 1         | 1         | 1         | -         | 1         | 5                 |
| POROSIDAD  | -         | -         | 2         | -         | -         | -         | 2                 |
| BOFDETERIORO   | -         | -         | -         | -         | 1         | -         | 1                 |
| DAÑO DE JUNTA  | -         | -         | 1         | -         | -         | -         | 1                 |
| CORROSION  | -         | 1         | 1         | -         | 1         | -         | 3                 |
| <b>TOTAL EN CADA SECCION</b>                               | <b>12</b> | <b>9</b>  | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>15</b> | <b>12</b> | <b>73</b>         |
| <b>TOTAL DE DAÑOS EN EL MUELLE 4 (sección 1+2+3+4+5+6)</b> |           |           |           |           |           | <b>73</b> |                   |

**Tabla 4. 3 Inventario de daños y fisuras**



**Fig. 4. 12 Representación de inventario de daños levantados en el muelle No 4**

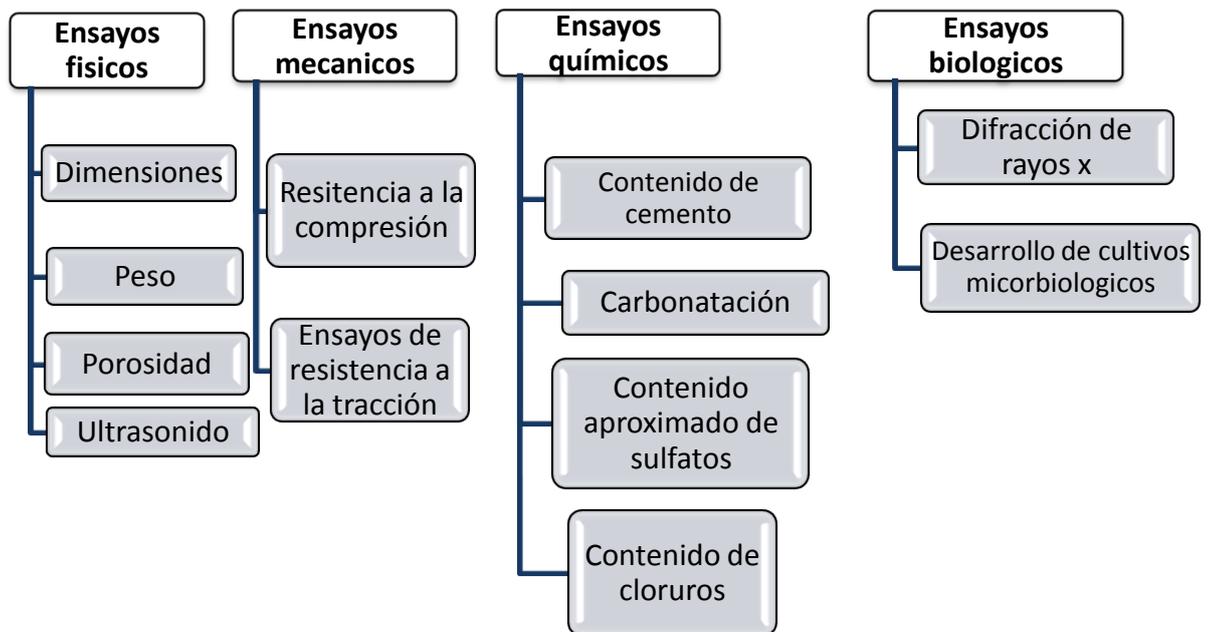
## 4.2 Toma de muestras y ensayos.

La auscultación detallada mediante ensayos destructivos y no destructivos a la estructura de los muelles del puerto de Guayaquil, deberá provenir de la necesidad que determine el reporte de la inspección visual. La investigación a utilizarse conforme a métodos planteados o establecidos, difieren según la naturaleza de las fallas constatadas.

Los objetivos de los ensayos son: apreciar la calidad de los materiales en sitio, y analizar el modo de funcionamiento real de la estructura (para este caso los muelles del puerto de Guayaquil).

Estos objetivos pueden servir para distinguir las técnicas y medios de muestreos; sin embargo es importante resaltar que generalmente los dos objetivos se plantean para una misma campaña de inspección. Puede en efecto suceder que fallas en los materiales tengan una incidencia directa sobre el funcionamiento de la estructura, o que el mal funcionamiento de la obra, por razones estructurales, puede manifestar deterioro en ciertos materiales que lo constituyen.

Los medios que permiten apreciar el estado de los materiales, comprenden: los estudios y análisis de testigos y las técnicas de exámenes de los materiales en el sitio, sean visuales, o por la toma de muestras y posteriores ensayos (físicos, mecánicos, químicos, biológicos y microscópicos).



**Tabla 4. 4 Métodos de determinación según el ensayo**

La realización de los ensayos antes citados, deben realizarse en sitio o realizar la toma de muestras en los elementos componentes del muelle a ser investigado, mediante extracciones, para posteriormente ser analizados en laboratorio, para realizar ensayos químicos, como la determinación del contenido de cloruros, además se pueden tomar muestras del acero de refuerzo para realizar ensayos sobre este material.

#### **4.2.1 Ensayos en sitio.**

Los estudios efectuados en la obra, consisten en la extracción de muestras métodos intrusivos para realizar ensayos, y los ensayos no intrusivos, que tienen un doble objetivo: la identificación del material en sitio y la evaluación de sus propiedades.

La toma de una muestra sobre una estructura, tiene el inconveniente de ser por lo general destructiva, en consecuencia se debe realizar extracción de

muestras lo más pequeñas posibles en números estrictamente necesario y en los sitios que no afecten estructuralmente, por ejemplo: no se puede realizar la extracción de una muestra de hormigón en la parte de mayor compresión de una viga.

De esta situación, se presenta el inconveniente de que las informaciones obtenidas no pueden ser representativas del conjunto de la obra (no puede ser generalizada). Lo que se recomienda es utilizar las muestras como puntos de comparación para completar los informes que se obtienen de ensayos no destructivos efectuados en obra.

Entre las pruebas no destructivas que se realizan en el sitio está el uso del esclerómetro, el localizador de barras de acero y recubrimiento, y el método del ultrasonido.

Estos ensayos y toma de muestras, se las ha clasificado en pruebas destructivas o intrusivas y pruebas no destructivas o no intrusivas.

#### ***4.2.1.1 Pruebas destructivas o intrusivas.***

Las pruebas destructivas o intrusivas, como su nombre mismo lo indica, obedece a la intrusión en una zona determinada, del hormigón armado, sea este una losa, viga, pantalla, o pilote etc., mediante un procedimiento de intrusión en el elemento a ser explorado.

El objetivo es de obtener testigos para realizar pruebas a la resistencia del concreto en la estructura real, además sirve para realizar otro tipo de ensayos de laboratorio (análisis químicos, petrográficos).

Se debe indicar que los resultados que se obtenga mediante la rotura de los testigos en laboratorio, son para estimar la resistencia del hormigón en la estructura a ser investigada, debido a que depende de varios factores, como por ejemplo la forma, proporciones y tamaño. Por lo cual los resultados de las pruebas no determinan el valor de la resistencia propia del hormigón; es decir las informaciones obtenidas no pueden ser representativas del conjunto de la obra.

Lo recomendable es utilizar las muestras como punto de comparación para completar los informes que se obtienen de ensayos no destructivos efectuados en la estructura a ser investigada.

Previo al proceso de extracción de núcleos en los elementos de hormigón a ser evaluados, sean estas losas, losetas, caballetes, pantallas, amarres, debe considerarse conforme a la inspección visual lo siguiente:

**Localizaciones críticas.-** Detección de armaduras en la zona de análisis mediante dispositivos como pacómetro, radar, rayos x.

La prueba destructiva consiste en la extracción de testigos de hormigón en los elementos determinados como críticos en el reporte de inspección visual, mediante una herramienta cortante rotatoria con broca de diamante conocida en el mercado como extractor de núcleos.

Los núcleos de hormigón que se extraen en los elementos componentes de los muelles, deben extraerse de acuerdo a la norma ASTM C42, en una cantidad no menor a tres por cada elemento a ser analizado, y el diámetro de cada testigo extraído debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal del agregado constituyente del concreto. La resistencia a utilizarse como parámetro de comparación será el promedio de los tres valores obtenidos.



**Fig. 4. 13 Núcleos de hormigón**

Cabe señalar, que es importante en el proceso de extracción de núcleos realizar simultáneamente la prueba de carbonatación la cual emplea fenolftaleína, que servirá para determinar el avance de la carbonatación en la zona analizada.



Fig. 4. 14 Prueba de fenolftaleína positiva en laboratorio “Arnaldo Ruffilli”

#### **4.2.1.2 Pruebas no destructivas o no intrusivas**

Los ensayos no destructivos o no intrusivos, son aquellos que en el proceso de evaluación no destruyen los elementos a ser investigados, observando que en la ingeniería es usual categorizar un concreto mediante la determinación de la resistencia a la compresión  $f'_c$ , como parámetro indicativo del grado de resistencia en términos generales.

La mayoría de las técnicas de ensayos insitu son maneras de extrapolar los resultados obtenidos sobre testigos, es decir, así como se observa que los estudios sobre muestras deben estar acompañados de ensayos no destructivos, a la inversa es deseable que estos ensayos sobre los elementos no sean los únicos efectuados, sino que se tomen muestras para posteriormente correlacionar los resultados y obtener parámetros de mayor confianza.

La resistencia a la compresión del concreto, está ligada con los módulos de elásticos, estáticos y dinámicos que presentan los elementos estructurales en su comportamiento.

Existen diversas metodologías para la determinación no destructiva de la resistencia de los concretos.

#### 4.2.1.2.1 Prueba del martillo de rebote Esclerómetro.

El principio de esta prueba está basada en una masa guiada por un tubo es proyectada con la ayuda de un resorte que tiene una cantidad fija de energía, sobre un cilindro metálico cuya extremidad está en contacto con el hormigón. Esta masa rebota y viene a recomprimir el resorte, esto se logra presionando el émbolo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarlo, la masa rebota del émbolo que aún está en contacto con el concreto y la distancia recorrida por la masa, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que se denomina número de rebote y es determinado por un indicador que corre sobre una escala graduada. Es importante destacar que el número de rebote es una medida arbitraria, debido a que depende de la energía almacenada en el resorte y del volumen de la masa.

El Índice de rebote establece la dureza de la superficie del hormigón investigado sobre una escala graduada adaptada al instrumento. Ver figura 4.15

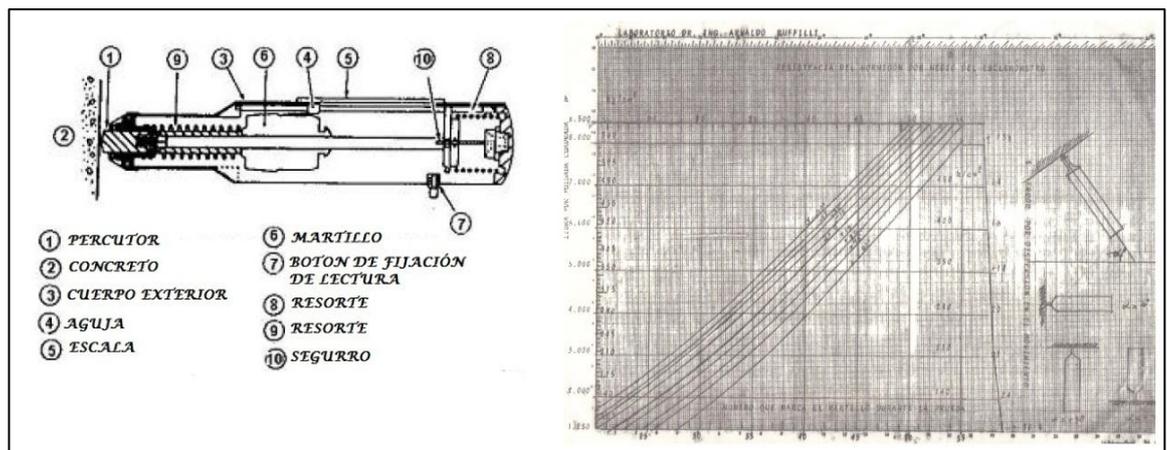


Fig. 4. 15 Esclerómetro sus componentes principales y tabla de cálculo

Para utilizar el martillo, la superficie debe ser llana y pulirse hasta que queden lisas, se debe resaltar que esta prueba es sensible a variaciones en el concreto, como por ejemplo la presencia de agregado grueso por debajo del embolo, lo que daría un resultado de número de rebote bien elevado, así también la presencia de un vacío en la misma zona daría un resultado considerablemente bajo.

Las pruebas se indican según la norma ASTM C 805 y se recomienda tomar de 10 a 12 lecturas bien distribuidas en el área a ser analizada, considerando un valor promedio para la representación de la zona muestreada.

Para el caso de una inspección especial en los muelles del puerto de Guayaquil, este tipo de ensayos no destructivo ofrece la ventaja indiscutible de la simplicidad, pues no se requiere movilización de quipo pesado, lo que se considera un ahorro, sin embargo la información que arroja es en cierto grado imprecisa por lo que debe complementarse con otros ensayos no destructivos.

**Procedimiento propuesto para la inspección en los elementos componentes de los muelles:**

Previo a la medición de resistencia a la compresión del concreto deberá ajustarse los datos de cálculo del equipo tales como el número de impactos por zona de inspección y dirección del impacto. La superficie debe ser llana y pulirse hasta que queden lisas. Posteriormente se realizará la verificación de la lectura en el equipo con patrones de referencia de acuerdo con la resistencia nominal de los elementos a inspeccionarse ejemplo  $f'c = 350$  Kg/cm<sup>2</sup> y compararlos con una espécimen similar o sobre el mismo elemento que será evaluado. Se calculara la resistencia a la compresión en base al valor de rebote obtenido con el esclerómetro. Las superficies en el concreto que presenten porosidad en exceso o recubrimientos, dificultan la lectura del esclerómetro, por lo que será necesario en estos puntos retirar residuos, bromas moluscos, que se encuentre hasta encontrar material sólido que registre la lectura del equipo.



**Fig. 4. 16 Prueba en el pilote del muelle 4 con el esclerómetro**

#### 4.2.1.2.2 Prueba sónica o velocidad de pulso ultrasónica.

Esta prueba se la realiza según la norma ASTM C 597, y consiste en la medida de la velocidad de una onda ultrasónica en el hormigón, precisando se mide un tiempo de propagación T, entre un emisor y un receptor, separado por una distancia D desconocida.

Este método se utiliza para encontrar:

- Apreciar la homogeneidad del hormigón existente
- Localizar y apreciar fallas
- Estimación de la resistencia del hormigón

La medida de la velocidad de ondas longitudinales de compresión en el concreto se puede hacer de dos formas: por transparencia o en superficie.

Para el caso de transparencia, el emisor y el receptor son colocados de un lado de la pared de espesor e, y la determinación de la velocidad es igual a  $v = e/t$ .

Dónde:

V= Velocidad t= tiempo y e = espesor de la pared.

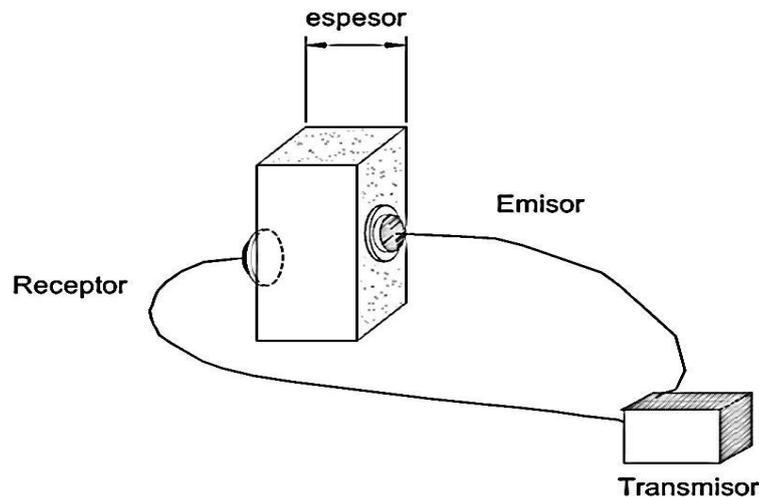
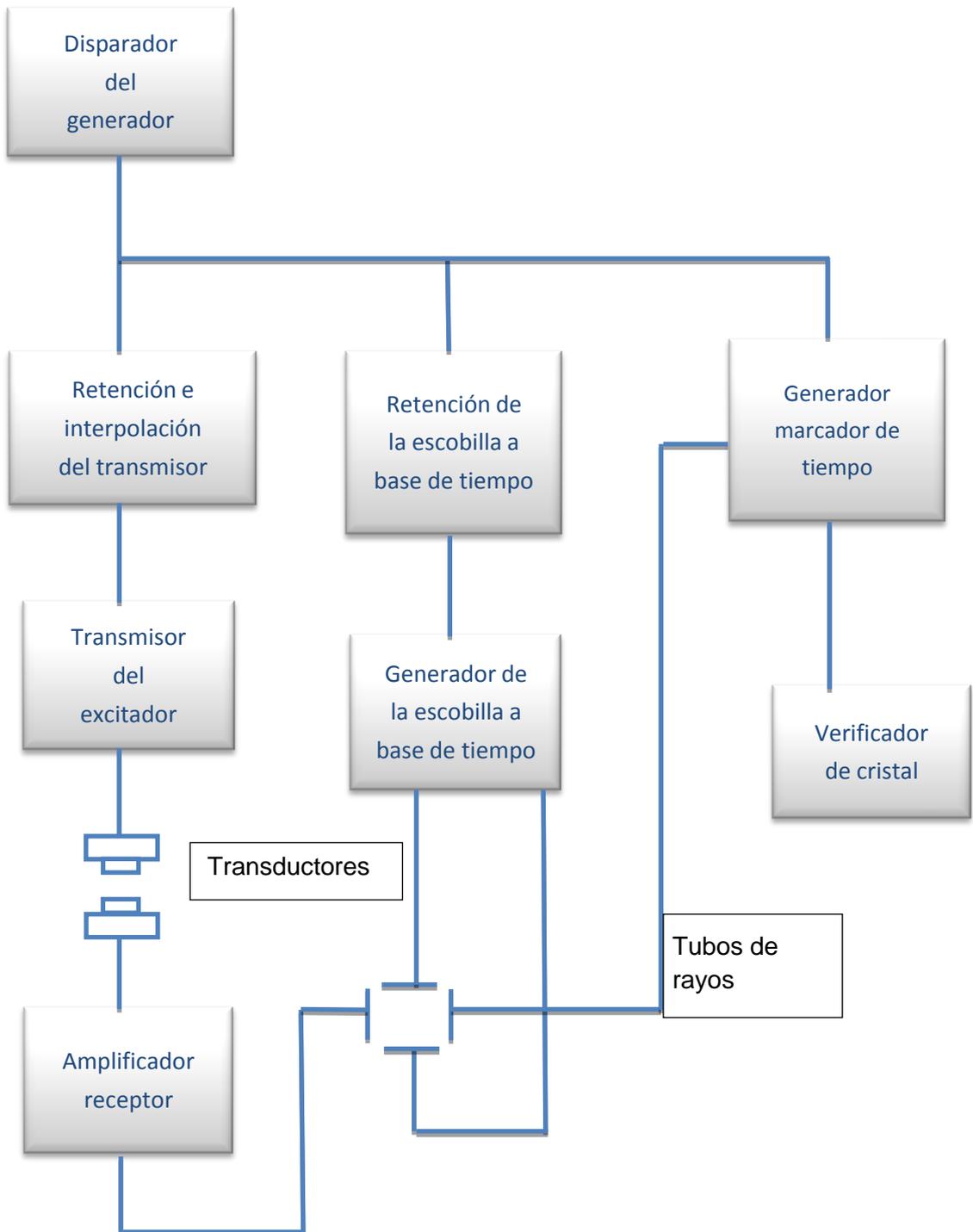


Fig. 4. 17 Esquema simple del ultrasonido

Por lo general no siempre es posible realizarlo, debido a que el emisor y el receptor están unidos al mismo aparato por alambres, es fácilmente aplicable para el caso de los pilotes a ser inspeccionados.

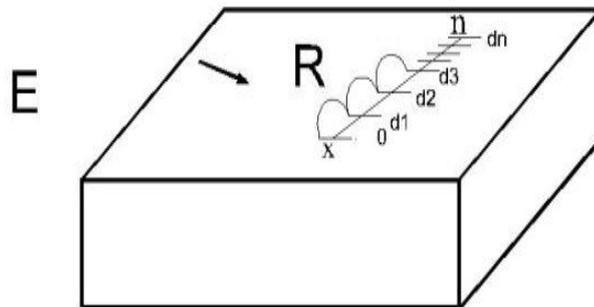
*“La velocidad de la onda no se determina directamente, sino que se calcula por el tiempo que tarda la pulsación en recorrer una distancia medida. El pulso ultrasónico se obtiene aplicando un cambio rápido de potencial proveniente de un impulsor de transmisor a un transductor que emite vibraciones en su frecuencia. El transductor está en contacto con el hormigón de manera que las vibraciones pasan a través de este y son recogidas por otro transductor que está en contacto con la cara opuesta al elemento a ser analizado. Los transductores generan una señal eléctrica que es alimentada a través de un amplificador a una placa de un tubo de rayos catódicos. Una segunda placa marca el tiempo a intervalos fijos. Así pues a partir de la medición del desplazamiento de la señal de pulsación con relación a la posición cuando los transductores están en contacto directo entre sí, el tiempo que tarda la pulsación en pasar a través del concreto puede medirse con una precisión de  $\pm 0,1$  microsegundo, con un período de transmisión de 30 a 45 microsegundos para un espesor de hormigón de 150 mm, la velocidad se determina con un margen de error de 0.5 %. Sin embargo, al incrementar la longitud de recorrido decrece la agudeza de la onda inicial, por lo que no se lograría mejorar la precisión” (Tecnología del Concreto de Neville).*



**Fig. 4. 18 Esquema del aparato de pulso ultrasónico**  
**Fuente: Tecnología del Concreto Neville**

La precisión de la velocidad depende de la precisión de la medida del espesor  $e$ , la medida directa del espesor real de una pared no es fácilmente realizable.

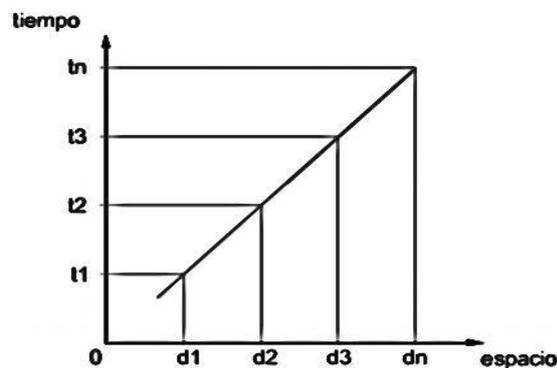
La segunda forma de realizar la muestra es colocando emisor y receptor sobre la misma superficie, estando fijo el emisor en un punto  $x$  cualquiera se desplaza el receptor sucesivamente a distancia  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ . (Figura 4.19)



**Fig. 4. 19 Representación de toma de muestra**

Fuente: Maintenance et réparation des ponts –Jean-Armand Calgaro et Roger Lacroix

Si el concreto es homogéneo entre los puntos  $x$  y  $n$  según la figura anterior, y si ninguna falla afecta el trayecto  $xn$  (vacíos, fisuras), se obtiene se obtiene el grafico tiempo – espacio representado en la figura 4.20



**Fig. 4. 20 Representación tiempo – espacio**

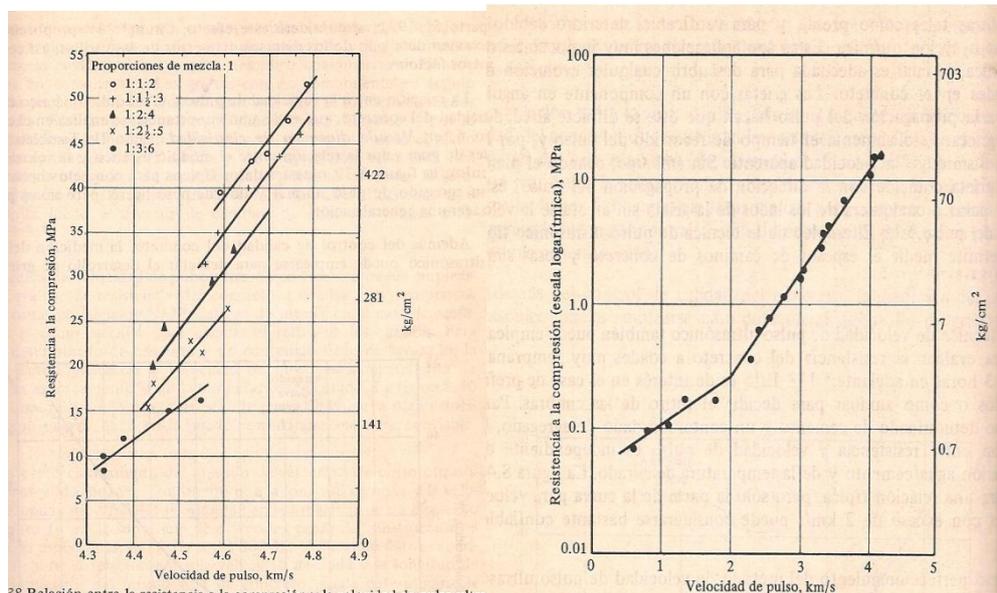
Fuente: Maintenance et réparation des ponts –Jean-Armand Calgaro et Roger Lacroix

La técnica de la velocidad de pulso ultrasónico se emplea como medio para el control de los hormigones, tanto la falta de compactación como los cambios en la relación agua/cemento se detectan con normalidad. En la tabla 4.5 se presenta la clasificación del hormigón en base la velocidad de pulso.

| Velocidad longitudinal del pulso km/s | Calidad del hormigón |
|---------------------------------------|----------------------|
| > 4.5                                 | Excelente            |
| 3.5 -4.5                              | Buena                |
| 3.5-4.5                               | Dudosa               |
| 2.0-3.0                               | Deficiente           |
| <2.0                                  | Muy deficiente       |

**Tabla 4. 5 Calidad del hormigón según la velocidad del pulso**  
Fuente: Tecnología del Concreto Neville

Para diferentes proporciones de mezclas tendría que obtenerse una relación diferente entre la resistencia y la velocidad de pulso, tal como se registra en varias tablas previamente determinadas como la indicada en el texto de Neville Figura 4.21



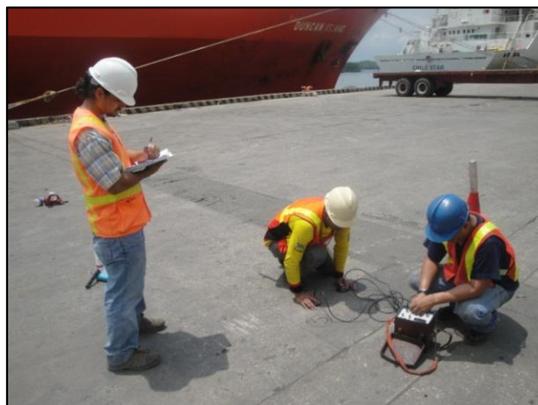
**Fig. 4. 21 Gráficos resistencia de compresión - velocidad de pulso**  
Fuente: Tecnología del Concreto Neville

Adicional a la evaluación de la resistencia del hormigón, la medición del pulso ultrasónico puede emplearse para detectar el desarrollo de grietas, y para verificar el deterioro debido a agentes químicos. Aplicaciones importantes para detectar la evolución de fallas en el concreto. Por decir las fisuras con un componente en ángulo recto a la propagación del pulso, hacen que este se difracte alrededor de la fisura, esto aumenta el tiempo de recorrido del pulso en consecuencia disminuye la velocidad aparente.

**Procedimiento propuesto para medición de resistencia y dimensionamiento de grietas con ultrasonido.-** El instrumento ultrasónico requiere una calibración previa en la barra de referencia, con dos transductores para verificar los valores de resistencia y velocidad de pulso. Posteriormente de conformidad a las condiciones de los elementos de hormigón a ser analizados, se deberá ingresar datos como tipo de concreto, valor de esclerómetro, distancia entre emisor y receptor y factor de corrección por humedad o cercanía de barras de acero entre otros. La velocidad de pulso resultante servirá como referencia para detectar zonas que presentan agrietamientos, cavidades o pérdida de resistencia del material.

Las superficies en el elemento examinado que presenten rugosidad en exceso o presencia de broma moluscos conchillas, que dificultan la lectura del dispositivo de ultrasonido, deberán ser pulidas dando un acabado uniforme para que la onda ultrasónica pueda propagarse en el elemento.

Para realizar la medición de resistencias con ultrasonido, las lecturas que se obtienen pueden ser similares o variar con respecto a las obtenidas con esclerómetro. Se deberán realizar mediciones en las zonas que se hayan obtenido con esclerómetro para detectar daños internos en losa, trabelesas, vigas, caballetes, pantalla, bitas, cornamusas (ver anexo ensayos no destructivos).



**Fig. 4. 22 Toma de datos en el muelle 4 con el ultrasonido**

De acuerdo al número de fisuras que se registren en la inspección visual se efectuaran mediciones de profundidad en forma aleatoria en un porcentaje el 20% de los agrietamientos existentes.

Las tomas de datos no deben realizarse sobre varillas de refuerzo, siendo necesario detectarlas previamente con ensayos equipo para la detección del armado. Se recomienda que los valores de resistencia dados por la prueba con ultrasonido sean correlacionados con los obtenidos con el martillo de rebote (esclerómetro).

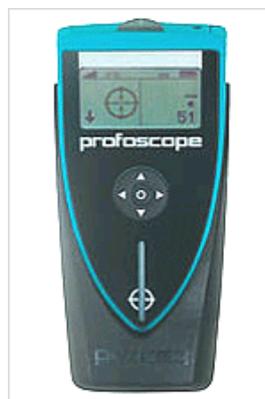
La prueba ultrasonido nos permite obtener también los parámetros de módulos elásticos y dinámicos para el análisis de fiabilidad de los muelles.

#### **4.2.1.2.3 Localizadores de barras y recubrimientos.**

Como parte del conjunto de inspecciones especiales a realizarse para una evaluación de la estructura de los muelles del puerto de Guayaquil, se requiere contar con la determinación y ubicación de las barras de acero del concreto armado, de todos los elementos componentes de un muelle. Como caso importante se tiene que para la extracción de núcleos en el hormigón, se debe determinar previamente la ubicación de las barras de acero.

La detección del acero de refuerzo de los elementos estructurales, la determinación del recubrimiento y el diámetro de las barras, es posible mediante equipos especiales que nos dan reportes sobre la posición de las barras y su distribución, existiendo elementos más sofisticados que proporcionan diámetro y recubrimiento de las varillas de acero.

Estos aparatos están formados por sondas y un módulo de control y lectura, siendo el fundamento de su funcionamiento, la medida de resistencia al flujo magnético generado por la sonda, que al estar más cerca de un elemento metálico, más disminuye su resistencia.



**Fig. 4. 23 Unidad de localización de barras**

El circuito magnético incorporado en una Unidad Exploradora. Consiste de dos bobinas alternas; esta pasa a través de una bobina y se mide la corriente inducida en la otra.

En la industria de la construcción los localizadores de barras de acero de refuerzo en las estructuras de Hormigón son primordiales en el proceso de mantenimiento, y en mayor grado en los procesos de reparación y reforzamiento de estructuras.

También para la detección del acero se cuenta con el método de rayos X, que son equipos de detección de armaduras, en el concreto, cuando el pacómetro no puede suministrar la información requerida. El más utilizado es la radiografía con rayos X o rayos gamma. El ensayo consiste en emitir radiaciones con una fuente desde un lado de la superficie del elemento a ser analizado y colocar una película fotográfica al otro lado. La energía recogida en la película es función de la densidad del medio que atraviesa, por lo que el sistema es útil para determinar la posición de armaduras, fisuras, cavidades y hasta variación en la compactación.

Para la realización de esta prueba la estructura debe ser accesible por ambos lados y la sección se limita a espesores de un metro, siendo importante señalar que este ensayo debe realizarse con personal calificado en el tema de radiación (Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares).

El Radar, es un ensayo cuyo método se basa en propagación de ondas electromagnéticas, que son técnicas análogas a los métodos ultrasónicos, utilizando energía electromagnética con frecuencias en un rango entre 20MHz y 2GHz. El método consiste en enviar cortos impulsos de energía electromagnética a través del elemento estructural analizado hasta encontrar discontinuidades entre materiales con diferentes propiedades dieléctricas, en estas discontinuidades se refleja parte de la energía incidente y en un receptor se recoge la energía reflejada permitiendo determinar el espesor del elemento auscultado o la profundidad de las discontinuidades.

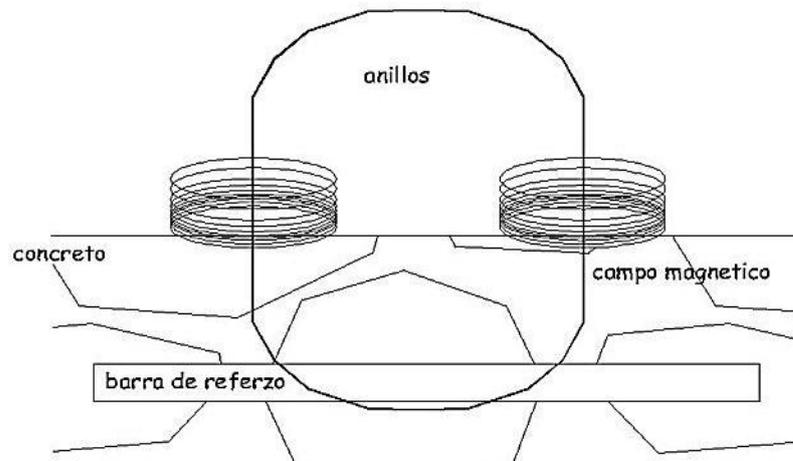


Fig. 4. 24 Esquema del profoscope

**Procedimiento propuesto para lectura de armaduras.-** El dispositivo deberá ser calibrado antes de la inspección, debe ajustarse también el valor mínimo de profundidad de la varilla, frecuencia de escaneo y factor de corrección. La detección de varillas de acero será de gran utilidad para una posterior inspección del estado de corrosión de las varillas con voltímetro y media celda de sulfato de cobre, por otra parte la medición del recubrimiento de concreto de las varillas nos permitirá determinar las zonas de armadura que propenden a la corrosión. En ciertas ocasiones será necesaria la adecuación de la superficie de prueba para obtener un acoplamiento uniforme del transductor por lo que en estos casos se recomienda pulir la superficie a ser auscultada.

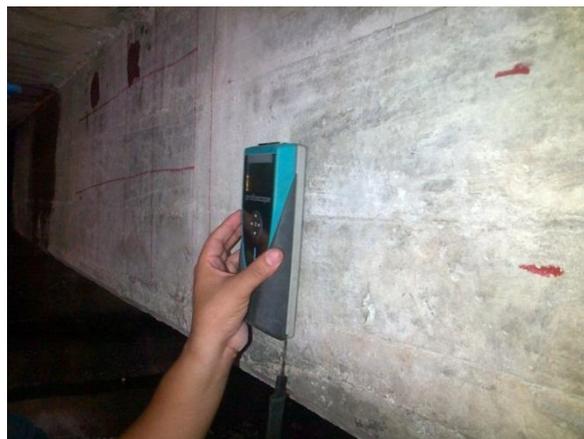
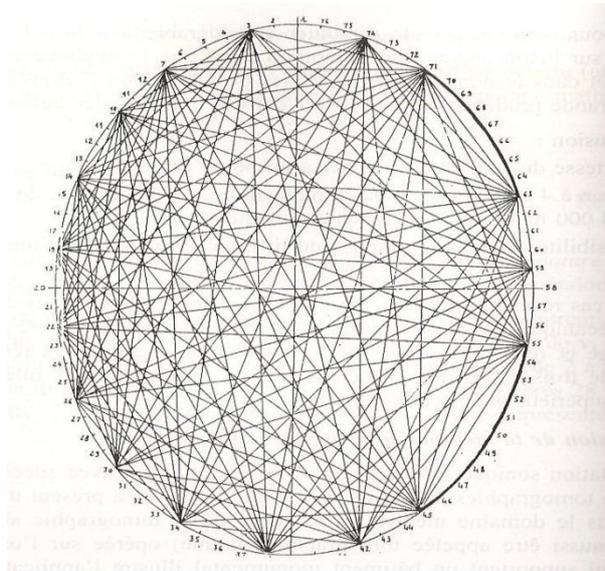


Fig. 4. 25 Profoscope insitu en una viga del muelle 4

#### 4.2.1.2.4 Tomografía sónica.

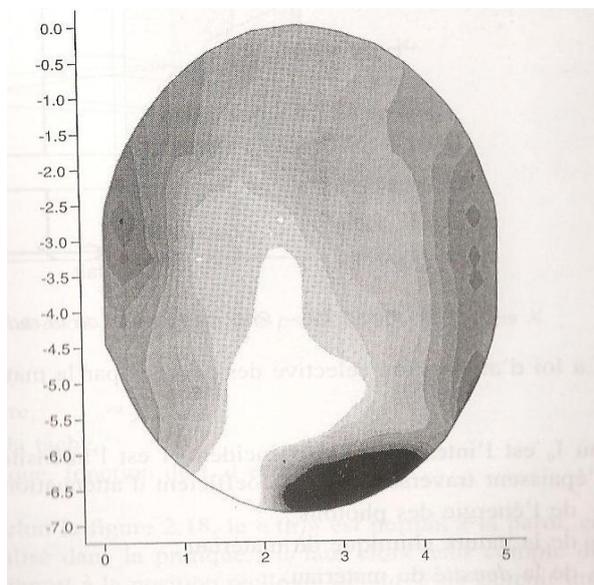
Los ensayos de tomografía en el hormigón son similares a las que se realiza corrientemente en el campo médico. Este método permite obtener una distribución de las características de pilotes. Para esto es necesario colocar el emisor sobre un punto de la superficie y desplazar el receptor en tantos puntos como sea necesario para barrer la periferia, midiendo cada vez el tiempo de propagación de la onda ultrasónica.



**Fig. 4. 26 Conjunto de rayos correspondientes a medidas de tiempo de propagación de ondas ultrasónicas**

**Fuente: Maintenance et réparation des ponts –Jean-Armand Calgaro et Roger Lacroix**

El conjunto de datos geométricos y de tiempo son introducidos en un programa informático, que emite resolución de elementos a dos dimensiones, proporcionando una tomografía materializada en una carta de iso-velocidades de propagación de ondas.



**Fig. 4. 27 Tomografía sísmica representando la distribución de velocidades de ondas al interior de una columna**

**Fuente: Maintenance et réparation des ponts –Jean-Armand Calgaro et Roger Lacroix**

La interpretación de estas cartas de iso-velocidades de propagación permite visualizar la variación relativa de las características de las estructuras de hormigón. La repetición de la operación sobre varias secciones a diferentes alturas permite obtener una representación volumétrica del elemento analizado.

#### **4.2.1.2.5 Análisis de corrosión del acero de refuerzo.**

Para este ensayo se emplea el voltímetro de alta impedancia y electrodo de referencia o media celda de sulfato de cobre  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  (CANIN Corrosión Análisis Instrument) para la medición de potenciales catódicos y detectar corrosión en varillas de acero de refuerzo embebidas en el concreto

La propuesta de la medición de campo del potencial consiste en medir los potenciales en la superficie del hormigón para lograr una imagen característica del estado de la corrosión de la superficie de acero dentro del hormigón. Se tiene un electrodo de referencia conectado mediante un voltímetro de alta impedancia (para el caso del sistema CANIN,  $R= 10 \text{ M}\Omega$ ) al refuerzo de acero y que se mueve en una cuadrícula sobre la superficie del hormigón.

El electrodo de referencia del sistema antes citado, es una media celda  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$ , mismo que consiste en una barra de cobre sumergida en una solución de sulfato de cobre que mantiene un potencial conocido y constante.

Las órdenes de magnitud típica (con fines meramente informativos) para el potencial de media celda de acero en hormigón medido frente al electrodo de referencia Cu/CuSO<sub>4</sub>, se encuentran en el intervalo siguiente:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Hormigón saturado de agua sin O <sub>2</sub> | De -1000 a - 9000 m V |
| Hormigón húmedo contaminado con cloruro      | De - 600 a - 400 m V  |
| Hormigón húmedo sin cloruro                  | De -200 a + 100 m V   |
| Hormigón húmedo carbonatado                  | De - 400 a + 100 m V  |
| Hormigón seco carbonatado                    | De 0 a + 200 m V      |
| Hormigón seco no carbonatado                 | De 0 a + 200 m V      |

**Tabla 4. 6** Magnitudes típicas de medida de media celda  
**Fuente: Manual de uso analizador de corrosión Canin de Proceq.**

Los Factores que influyen en la medición del potencial son:

**Humedad.-** tiene un gran efecto sobre el potencial medido y puede provocar más valores negativos.

**Temperatura.-** Para medir el potencial, debe existir contacto entre la sonda de prueba y los electrolitos en los sistemas de poros del hormigón. Por tanto no se recomienda por debajo del punto de congelación, ya que puede producir lecturas no correctas.

**Espesor del recubrimiento de hormigón.-** El potencial que se puede medir en la superficie se vuelve más positivo con un recubrimiento de hormigón mayor. Las variaciones en la cubierta de hormigón pueden causar desviaciones en las mediciones. Una recubrimiento de hormigón bajo puede producir potenciales más negativos que indicaran niveles altos de corrosión. Por lo que se recomienda realizar toma de datos de recubrimiento del acero con el equipo correspondiente junto con mediciones de celda.

**Contenido de oxígeno en el refuerzo.-** Cuando la concentración de oxígeno es baja y el valor del Ph sube en la superficie de acero, su potencial se vuelve más negativo. En ciertos casos de componentes de hormigón con un elevado nivel de saturación de agua, baja porosidad y/o recubrimiento de hormigón alto, por lo tanto poco oxígeno, el potencial de la superficie de acero puede ser muy negativo, incluso si no hay corrosión activa.

**Resistividad eléctrica del hormigón.-** cuando la resistividad eléctrica del hormigón es baja, el índice de corrosión aumenta. La baja resistividad eléctrica causa potenciales negativos que se pueden medir en la superficie, y los gradientes de potencial se vuelven más planos. Para este caso, la

cuadrícula de medición de más mediciones del potencial será más aproximada, ya que el riesgo de áreas anódicas sin detectar con gradientes planos es menor. Sin embargo, como se reduce la resolución entre las áreas corroídas y las pasivas, es posible que se sobrestime la superficie con corrosión activa.

La alta resistividad eléctrica produce potenciales más positivos que se pueden medir en la superficie, y los gradientes de potencial se vuelven más pronunciados. Para este caso, la cuadrícula de medición debe ser más fina, para que pueda localizar ánodos con gradientes muy pronunciados. Sin embargo es posible que se malinterpreten más potenciales como áreas pasivas cuando solo se considere el valor absoluto potencial.

**Procedimiento propuesto para el ensayo.-** La funcionalidad del equipo para análisis de corrosión debe verificarse previamente mediante la lectura en acero. En caso de que la lectura sea incorrecta. Cualquier valor menor de 8 k $\Omega$ m que se registre en el elemento de concreto a examinarse será indicativo de corrosión en la armadura de refuerzo. En ciertas ocasiones será necesaria la adecuación de la superficie de prueba mediante pulido de la zona a explorarse, para obtener una lectura correcta.

Deberán realizarse mediciones en vigas, trabe losas, vigas cabezales, pantallas, elementos de amarre, de conformidad lo indique el reporte de inspección visual, así como en la armadura de acero detectada con pacómetro previamente.



Fig. 4. 28 Analizador de corrosión CANIN en toma de muestra en el muelle 4

#### 4.2.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizan en base a muestras que se extraen de la estructura en análisis, como se menciona en la sección 4.2.1.1, se extraen núcleos según norma ASTM C42, para ensayos de resistencia a la compresión  $f'_c$ , o muestras más pequeñas para exámenes petrográficos;

también se extrae polvo para hacer ensayos químicos, como por ejemplo la prueba para contenido de cloruros, entre otras pruebas químicas que se detallaran a continuación.

#### **4.2.2.1 Ensayos mecánicos.**

Consiste en la ruptura de los núcleos extraídos de los elementos en análisis, los mismos que deben ser mínimo tres por sector investigado. Las muestras tomadas deben tener una relación de esbeltez (longitud/diámetro) superior a 1, siendo recomendable una esbeltez de 2.

Una vez que las muestras se encuentren en el laboratorio se procederá a cortar las bases de las probetas para hacerlas paralelas, para eso se utiliza una sierra de diamante o de un material abrasivo que no afecte al concreto por exceso de calor o por golpes. El procedimiento de corte se realizará de manera que las bases de las muestras sean lisas y perpendiculares al eje longitudinal con una desviación máxima de  $5^{\circ}$  y sección transversal constante.

El corazón o muestra debe sumergirse en agua, y romperán aplicando los mismos criterios establecidos para el caso de una probeta cilíndrica de hormigón. Se tendrá especial precaución en medir el diámetro y la altura de la probeta (espesor de refractado incluido) antes de la rotura con una precisión de un milímetro para poder calcular su esbeltez y aplicar el coeficiente corrector que le corresponda en caso de ser diferente a 2.

La resistencia de los núcleos extraídos es generalmente inferior a la de los cilindros que se usan para el control de calidad del hormigón durante su colocación, esto se debe en parte porque el curado en obra es por lo general inferior al curado de la probeta de hormigón (prueba de resistencia estándar). Independientemente que se tenga cuidado en la extracción de los núcleos, siempre existe riesgo de causar algún daño a la muestra extraída.

Importante destacar, que los corazones endurecidos o muestras extraídas mediante corte, tienen por lo general la resistencia más baja cerca de la capa superior de la estructura, ya sea esta un pilote, losa, vigas, etc. Cuando se aumenta la profundidad a partir de la capa superior la resistencia del corazón aumenta (Neville Tecnología del concreto).



**Fig. 4. 29 Ensayo de compresión al corazón endurecido  
Laboratorio Arnaldo Ruffulli**

Según la norma ASTM C-42/C 42 M-03, históricamente, se ha asumido que la resistencia del núcleo es generalmente 85 % de la correspondiente resistencia de cilindros curados estándar, pero esto no es aplicable a todas las situaciones. El criterio de aceptación para resistencia de núcleos es establecido por el técnico responsable de los ensayos, debiendo considerar que en el ACI 214. 4R se encuentra desarrollado dos métodos para determinar el  $f'_c$  equivalente de los núcleos extraídos de estructuras existentes.

**Contenido de cloruros.-** Este ensayo permite estimar el ingreso de corrosión de la armadura por presencia de cloruros en el hormigón que lo rodea, puede ser esta de forma puntual, o de perfil de cloruros, determinándose la concentración en función de la distancia a la superficie analizada.

Este ensayo se realiza mediante diferentes actividades, el procedimiento a utilizar para obtener el contenido de cloruros por masa de hormigón debe efectuarse según normas ASTM C1218.



**Fig. 4. 30 Potenciometrico y electrodo de ión, equipo para realizar el contenido de cloro en el hormigón**

**Fuente: Ensayos típicos en la determinación de la durabilidad del concreto. Universidad Nacional de Colombia**

**Ensayo de carbonatación.-** Permite determinar el avance de la carbonatación o de neutralización del hormigón a través de un ensayo de colorimetría, para lo cual se usa la fenolftaleína, que se aplica a una muestra extraída. La Fenolftaleína es un compuesto químico inorgánico que se obtiene por reacción del fenol y el anhídrido ftálico, en presencia de ácido sulfúrico.

Cuando se aplica la fenolftaleína a una muestra de concreto recién extraído o a una superficie recién expuesta, podremos determinar fácilmente que parte del hormigón no está carbonatada, ya que esta porción se colorará de un tono rosa-fucsia intenso, no así la parte carbonatada, que generalmente presenta el aspecto de concreto humedecido.



**Fig. 4. 31 Prueba de fenolftaleína en el muelle 4**

También se tiene otro ensayo que es la resistencia a la penetración del ión cloruro, el mismo que se realiza de conformidad a los procedimientos descritos en la norma ASTM C-1202.

**Prueba de sulfatos.-** Este tipo de ensayos se realiza cuando se observa porosidad en el hormigón, descascaramiento, evidencia de un ataque de sulfatos se debería verificar mediante análisis químicos y petrográficos.

Otros ensayos químicos, biológicos y físicos - químicos.

Los métodos de análisis químicos y físico-químicos, tienen la ventaja de que necesitan pequeñas muestras extraídas.

Estos estudios pueden requerir métodos costosos, el tipo de ensayo a efectuarse depende de lo que se busca, por lo tanto para una inspección es necesario definir previamente con precisión el objetivo buscado.

Los métodos permiten efectuar un análisis del hormigón expuesto, entre los que mencionaran como generalidad, aquellos exámenes de laboratorio que podrían utilizarse, para dar un diagnóstico de la calidad de la estructura:

**1.- Análisis químico elemental:** que permiten determinar los diferentes óxidos presentes en el hormigón, como el Óxido de Sílice  $\text{SiO}_2$ , Óxido de aluminio  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Óxido de calcio  $\text{CaO}$ , Óxido de Hierro  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  Óxido de Potasio,  $\text{Na}_2\text{O}$ . Estos ensayos sirven para ver la dosificación del cemento.

| Principales compuestos  | CP II-F (%) |
|-------------------------|-------------|
| $\text{SiO}_2$          | 19,88       |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 4,42        |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 2,73        |
| $\text{CaO}$            | 64,40       |
| $\text{MgO}$            | 2,01        |
| $\text{SO}_3$           | 2,80        |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 0,01        |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 0,71        |
| CaO Libre               | 0,92        |

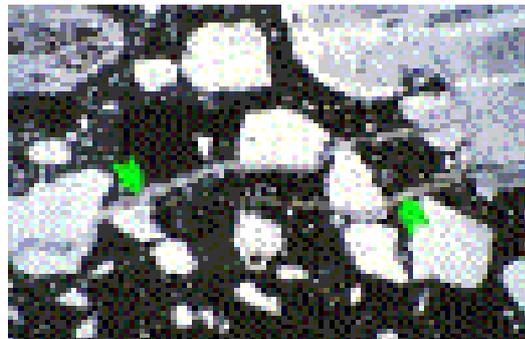
Fig. 4. 32 Principales elementos químicos del hormigón  
Fuente: Ataques al concreto, Enrique Rivas

**2.- Análisis térmico:** Que comprende el análisis térmico diferencial, y el análisis térmico gravimétrico, este último permite determinar en peso los elementos del hormigón, que se destruye a temperaturas determinadas, durante una subida de temperatura. (Caso de incendios).



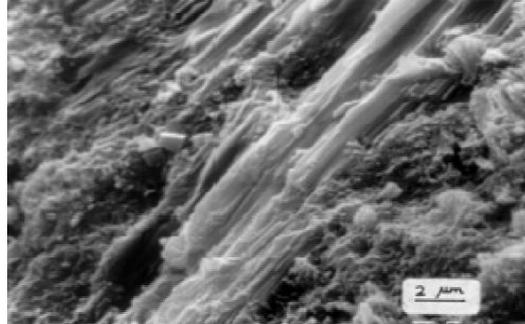
**Fig. 4. 33 Análisis térmico del hormigón**  
Fuente: Ensayos típicos en la determinación de la durabilidad del concreto.  
Universidad Nacional de Colombia

**3.- Análisis difractométrico:** Utilizan la difracción de rayos x, que se proyectan sobre una muestra de hormigón, reducida a polvo, para determinar los diferentes minerales contenidos en el hormigón (portlandita, yeso, carboaluminato, etc).



**Fig. 4. 34 Una sección delgada de concreto dañado por la reacción expansiva álcali - agregado**  
Fuente: [www.revistas.unal.edu.co](http://www.revistas.unal.edu.co)

**4.- Exámenes microscópicos electrónicos:** permiten determinar componentes del hormigón mal cristalizados.



**Fig. 4. 35 Imagen captada por el microscopio electrónico de la placa de portlandita**  
**Fuente: Durabilidad de hormigones en fuentes marinos**

**5.- Análisis Petrográfico:** Utiliza el microscopio electrónico y el microscopio óptico a fin de examinar la constitución mineralógica de los agregados, textura, grado de alteración.

Se puede resumir que estas pruebas de laboratorio son técnicas de ensayos físicos (porosidad y densidad) y determinaciones químicas (contenido de cemento, de sulfatos, etc.) que se suelen utilizar combinadas con análisis por difracción de Rayos X y análisis petrográficos, que se efectúan en muestras extraídas y permiten determinar las causas de posibles alteraciones, tales como: grados de hidratación, pérdida de resistencia, calidad inferior a la especificada, dosificación del concreto, presencia de reacciones álcali-árido, determinación de si el hormigón ha estado sujeto a ataques químicos como la degradación por ataque de sulfatos, entre otros.

La lista de ensayos citados no es integral, únicamente da una idea de los objetivos que se pueden alcanzar, siendo necesario precisar que para toda campaña de inspección, la definición de los parámetros a obtener, debe preceder de la elección de los métodos de exámenes de laboratorio a utilizarse.

Se debe indicar que los estudios sobre muestras extraídas, pueden no ser suficientes, para apreciar el estado de una estructura, por lo que los ensayos destructivos y no destructivos in situ son indispensables para correlacionar datos y la elaboración de informes finales.

### **4.2.3 Instrumentación.**

Posterior a la construcción de una estructura portuaria, e incluso después del reforzamiento o mantenimiento de una obra y conforme a la evaluación realizada, se recomienda que la entidad que administra los muelles o terminal portuaria, realice el monitoreo del comportamiento estructural de la infraestructura, tanto en la fase de construcción como de explotación.

Es de valiosa importancia disponer de medios que permitan a la administradora del puerto, conocer con exactitud el comportamiento de las estructuras construidas, reparadas o existentes, previendo situaciones no deseadas.

Esta instrumentación servirá como complemento a las inspecciones periódicas que se determinen para el correcto funcionamiento de los muelles. Mediante una adecuada instrumentación puede monitorearse el comportamiento de la infraestructura sobre la que se encuentran implantados los muelles, que servirá para diversos fines:

- Control del asentamiento de pilotes.
- Medir las acciones que influyen en el comportamiento en servicio.
- Controlar deformaciones de taludes.
- Movimientos de talud
- Caracterizar el hormigón tanto en los refuerzos como en las estructuras originales.
- Medir el comportamiento del muelle y deformaciones en los diferentes elementos estructurales.
- Fallas en la zona sumergida.
- Presencia de fisuras.
- Disminución de sección de acero de refuerzo.

Con un correcto diseño de instrumentación se podrá evaluar y estudiar vínculos de relación con patologías que se presenten en los muelles, y servirán posteriormente para una simulación y modelaje de la estructura, si se lo requiere.

Como recomendación básica para monitorear los elementos componentes de la infraestructura del puerto de Guayaquil, se estima que la instrumentación mínima a utilizar sea la siguiente:

Controles topográficos – batimétricos y de inspección submarina, de forma periódica a fin de determinar el comportamiento del talud de los muelles, el fondo y la forma de los pilotes, y la presencia de posibles fallas.

Acelerógrafo para el registro de movimientos del suelo ante la presencia de eventos sísmicos, o impactos provocados por los buques.

Inclinómetros para medir los movimientos del talud.

Extensómetros para el monitoreo de las deformaciones de losas, pilotes, juntas.

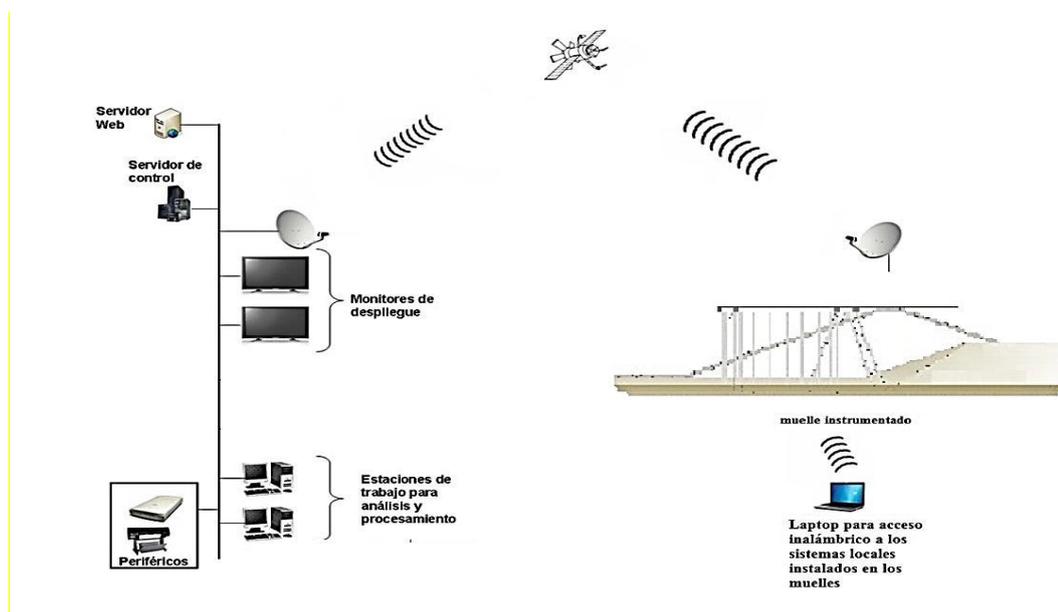
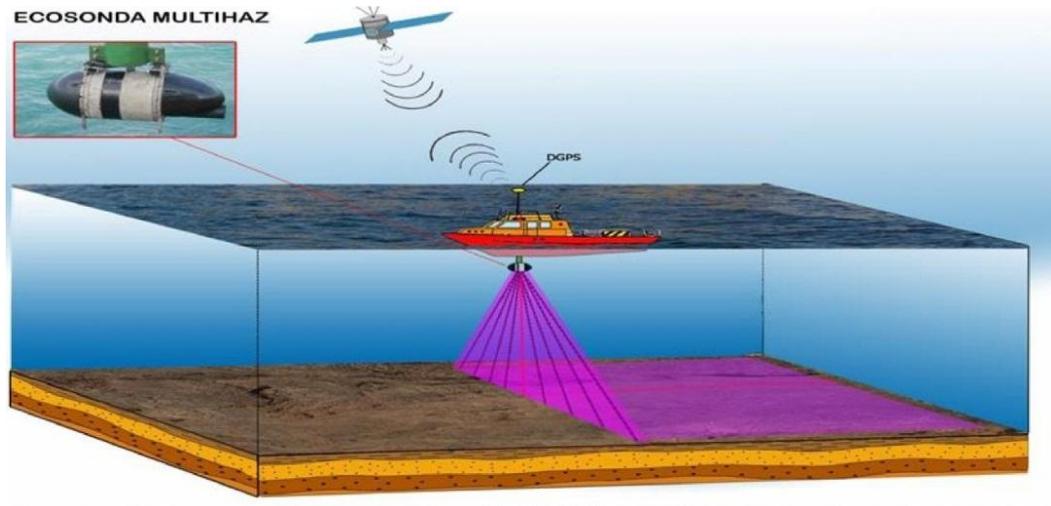


Fig. 4. 36 Esquema de control de instrumentación en un muelle

Entre los instrumentos mínimos que se plantean para el monitoreo e inspección periódica de la estructura se sugiere los siguientes:

#### **4.2.3.1 Ecosonda Multihaz.**

Este tipo de ecosondas permite obtener batimetrías de alta resolución, arrojando una cobertura total del fondo, La ecosonda consta de un haz de emisión que se abre desde  $90^\circ$  a  $180^\circ$ , y receptores separados cada  $0.5^\circ$  a  $1.5^\circ$  en número de 90 a 210. La ecosonda lleva asociada sensores adicionales como son: Sensor de Movimiento, Girocompás, Sonda de Velocidad del sonido, Mareógrafo y GPS (DGPS ó RTK).



**Fig. 4. 37 Imagen de ecosonda Multihaz**  
**Fuente: Seminario-Taller práctico: Inspección, diagnóstico y reparación de muelles.**

Este instrumento debe contar con equipos auxiliares de apoyo, que son imprescindibles para un monitoreo con Ecosonda Multihaz, entre estos se tiene: Compensadores de movimiento, Girocompás, Sonda de velocidad, Mareógrafo, Sistema de posicionamiento (RTK o DGPS).



**Fig. 4. 38 Equipos auxiliares de apoyo para la ecosonda multihaz**  
**Fuente: Seminario-Taller práctico: Inspección, diagnóstico y reparación de muelles.**

Entre los resultados que brindan son: imágenes de estudios batimétricos en 3D, control y posicionamiento de estructuras, plano de sondas, control de sedimentación o erosión del fondo, generación de perfiles.

#### **4.2.3.2 ROV'S.**

Existen varios tipos de ROV en el mercado, pero a fin de realizar el monitoreo de la zona sumergida de la infraestructura, se propone como parte de la instrumentación para el control permanente de los muelles del Puerto Marítimo de Guayaquil, la utilización de un ROV (vehículo operado de forma remota), denominado **Rov Micro 1.0**, cuyas características principales son:

- Robot submarino operado por control remoto con cámara de video
- **Palanca de mando** acompañado con un monitor que incluye un disco duro.
- Capacidad de inmersión: 50 metros.
- Iluminación para inspecciones nocturnas o en condiciones de poca luminosidad.
- Baterías con autonomía hasta 2-3 horas.
- Brújula incorporada para controlar en todo momento el robot.
- Peso 4,5 Kg.



**Fig. 4. 39 ROV 1.0 - Izquierda monitor y sonda - Derecha robot sumergido**  
**Fuente: Seminario-Taller práctico: Inspección, diagnóstico y reparación de muelles.**

#### **4.2.3.3 Inclinómetros.**

EL objetivo de la utilización de los inclinómetros, es medir los desplazamientos horizontales en profundidad. Se miden diferencias normales al eje del tubo mediante el paso de una sonda a través de este. La sonda contiene un transductor que permite medir la inclinación respecto a la vertical.

Los componentes de un inclinómetro son:

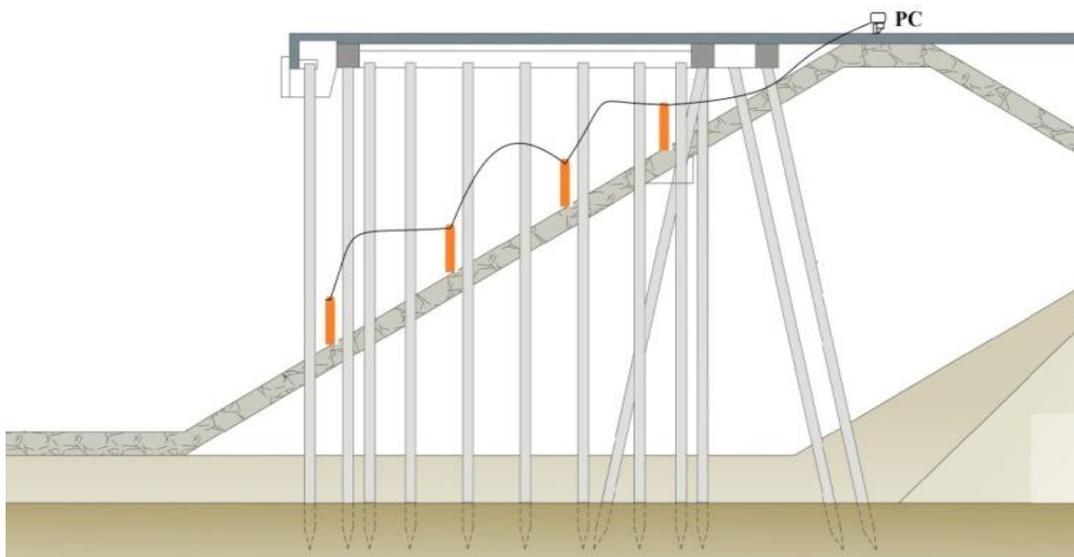
- Revestimiento guía instalado permanentemente para controlar la orientación de la sonda.
- Unidad de adquisición de datos portátil para indicar la inclinación de la sonda.
- Cable eléctrico.
- Sonda inclinométrica.

En la figura 4.40 se esquematiza un inclinómetro.



**Fig. 4. 40 Inclinómetro con sus componentes**

Mediante la introducción de la sonda deslizante en la tubería inclinométrica el sensor registra inclinaciones que a posterior se traducen en movimientos horizontales. Las lecturas se realizan en dos direcciones perpendiculares entre sí.



**Fig. 4. 41 Talud de muelle con instrumentos instalados**

#### **4.2.3.4 Extensómetros.**

Son dispositivos de medida, que se utiliza para la medición electrónica de diversas magnitudes, como puede ser presión, carga, torque, o deformación, de un elemento debido a la fuerza aplicada sobre este. Permite el control de deformaciones en grietas de elementos estructurales (vigas, pilotes, pantallas, muros, losas, trabelosas).

El principio de aplicación de este dispositivo es la fracción del cambio de longitud de un cuerpo o elemento, permite obtener los módulos de Young, y coeficiente de Poisson.

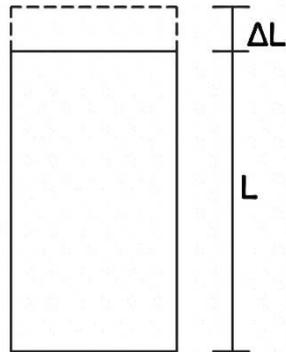


Fig. 4. 42 Deformación simple

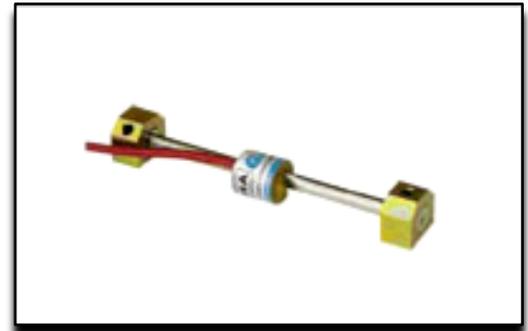


Fig. 4. 43 Extensómetro

#### 4.2.3.5 Acelerógrafo

Es un instrumento que registra la aceleración del suelo, posee sensores ortogonales y registran el movimiento del suelo en tres ejes. Este registro se lo denomina acelerograma, y determina la duración del movimiento sísmico en sitio y los valores de aceleración a los que ha sido sometida la estructura.

Este instrumento, es necesario para monitorear la seguridad y confiabilidad de la estructura, a partir de la lectura de los acelerogramas, que proporcionan información detallada sobre la forma en que la estructura responde ante sismos, siendo la forma más precisa para conocer su respuesta.

Entre las utilidades del acelerógrafo, está que permite calcular la respuesta del suelo de manera que se pueda planificar la construcción o reforzamiento de estructuras seguras. En el caso del presente estudio, servirá para monitorear los movimientos del suelo en muelles ante eventos sísmicos y la respuesta de dichos muelles, a fin de tomar decisiones para futuros mantenimientos o refuerzos.



**Fig. 4. 44 Equipo de acelerógrafo**

Se plantea que el sistema de instrumentación para el puerto de Guayaquil permita estimar valores de fuerzas y tensiones en las zonas donde se observe que se presente fisuras y grietas muy marcadas y de forma constante, además de llevar un registro de la actividad sísmica en el sitio, a fin de estudiar el mecanismo de ruptura de una falla. El estudio detallado de la instrumentación del puerto marítimo de Guayaquil no es parte de la investigación de la presente tesis.

Es importante la caracterización de los materiales a través de ensayos insitu o pruebas de laboratorio, los mismos que sumados a un correcto sistema de instrumentación, permitirán tener mayor cantidad de datos y parámetros, para hacer un correcto diagnóstico de las condiciones actuales de los muelles, y que servirán para realizar una modelación estructural, a fin de estimar la fiabilidad, y seguridad de la estructura con un mayor grado de certeza.

### **4.3 Procesos de evaluación de confiabilidad.**

Como parte de la metodología para el diagnóstico de los muelles, posterior a los trabajos de inspección realizados para la obtención de parámetros de calidad de los elementos estructurales, se debe realizar técnicas de simulación y modelación estructural con los software conocidos en el mercado, a fin de verificar la confiabilidad y el grado de vulnerabilidad de una estructura, para las posteriores recomendaciones de mantenimiento o reforzamiento de ser el caso.

Siendo las técnicas de modelación herramientas encaminadas a estudiar y validar las causas del comportamiento de las estructuras. Combinados con técnicas de instrumentación y experimentación como vía de calibración numérica, nos ayudan a determinar la fiabilidad, seguridad y grado de vulnerabilidad de estructuras.

Previo a determinar los procesos de confiabilidad, es necesario tener claro los conceptos de confiabilidad y vulnerabilidad, necesarios para el diagnóstico de las estructuras, en este caso los muelles del puerto de Guayaquil.

### **4.3.1 Definición de confiabilidad y vulnerabilidad.**

#### **Confiabilidad**

Se define como confiabilidad a la probabilidad de que un elemento o estructura desarrolle adecuadamente su función para una operación determinada en el entorno y en el tiempo para el que hayan sido diseñados.

Existen cuatro términos que abarcan el concepto de confiabilidad: Probabilidad, funcionamiento adecuado, entorno y tiempo.

**Probabilidad:** Es la unidad de medida de la confiabilidad, debido a que el resultado que se requiere es la cuantificación de la posibilidad de no fallar de una estructura. Además se requiere expresar la probabilidad de no fallar de la estructura en función de los elementos que lo conforman.

**Funcionamiento adecuado:** Los análisis de confiabilidad, se fundamentan en el correcto funcionamiento de una estructura, conforme al requerimiento establecido en los diseños, los mismos que deben considerar todas las sollicitaciones de carga. Para el caso de un muelle corresponde a soportar el peso de una grúa de pórtico, la operación de atraque de un buque (que incluye defensas y sistemas de amarre), la acumulación de la carga sobre el muelle, entre otros.

**Entorno:** Conjunto de circunstancias físicas que rodean al elemento o estructura, es decir, es el ambiente para el que fue diseñado. Para analizar la relación entre el entorno de funcionamiento y la confiabilidad de la estructura, se debe evaluar el sistema y sus componentes. Para este caso el sistema es el muelle y sus componentes son: vigas, losas, pilotes, defensas, bitas, cornamusas, pantallas, entre otros elementos, considerando de que las estructuras en operación, están sometidas a fuerzas (aplicación de energía a los elementos estructurales), siendo estas fuerzas las que inducen y desarrollan los diferentes procesos de deterioro, que posteriormente ocasionaran las fallas de estos elementos.

**Tiempo:** El tiempo va de la mano con la confiabilidad, ya que este es un parámetro que determinará el funcionamiento satisfactorio de una estructura.

**Confiabilidad estructural:** La confiabilidad está relacionada con la seguridad, que consiste en evitar que la estructura o los elementos componentes de esta, alcancen o sobrepasen un estado límite, en el que se considera que su comportamiento es admisible; considerándose como estado límite a la falla de un elemento o de la estructura en su totalidad.

A fin de tener una cuantificación de la seguridad, se usa el factor de seguridad, que es el resultado de la relación entre el valor calculado de la capacidad máxima de una estructura, y el valor del requerimiento real esperado al que va a ser sometido.

### **Vulnerabilidad**

Existen varios conceptos de vulnerabilidad, entre los que se pueden citar los siguientes:

“Susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre”.

"Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas".

“Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgos como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en un escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total”.

Este último concepto definido por la Undro y la Unesco está asociado a los siguientes términos:

- Amenaza, peligro o peligrosidad
- Riesgo específico
- Elementos en riesgo
- Riesgo total

### **Vulnerabilidad física y riesgo sísmico**

Vulnerabilidad física se define como la posibilidad a sufrir daños que tiene una estructura en el caso de ser sometida a la acción de un evento generador de riesgo (terremoto, tsunami, accidentes). Por lo general, cuando se habla de vulnerabilidad se refiere a estructuras, ya que éstas transmiten los efectos de la energía extraordinaria provocada por un evento riesgoso, a

todos los demás elementos, como son las personas usuarios de esta, y bienes materiales contenidos en la misma.

La vulnerabilidad de una edificación depende de las características de diseño, calidad de los materiales, edad, y del proceso constructivo.

El riesgo físico, está asociado directamente con la calidad de diseño de la estructura, mismo que debe considerar todas las sollicitaciones previstas para su uso incluido las condiciones sismo resistente.

Una evaluación de la vulnerabilidad comprende levantamiento de características geométricas de la estructura y obtención de la calidad de los materiales de acuerdo a los requisitos mínimos que establezcan las normativas técnicas y códigos actualizados nacionales e internacionales. Se considera aceptable la estructura cuando cumple dichos requerimientos.

En resumen, se podría decir que la vulnerabilidad de una estructura es un conjunto de parámetros capaz de predecir la tipología de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad de resistencia de una estructura, bajos condiciones probables de sismicidad, excedencia de carga, o cualquier evento generador de riesgo.

#### **4.3.2 Análisis de confiabilidad de muelles.**

Como se había señalado en los capítulos 1 y 2, existe una necesidad de reforzamiento de muelles, debido a la evolución del manejo de carga y en general del transporte de mercancía a través de la vía marítima, así como la actualización de códigos de diseños; situación que plantea la necesidad de evaluar la capacidad resistente de los muelles del Puerto de Guayaquil y determinar la carga máxima a la cual pueden ser explotados, así como el análisis de confiabilidad de los mismos, como parte del proceso de obtención de datos para el diagnóstico de estas estructuras, de determinarse la necesidad de realizarlo. Siendo el objetivo del análisis de confiabilidad estructural el determinar la probabilidad de fallas de estructuras tomando en cuenta las incertidumbres ligadas con las cargas y resistencias.

La confiabilidad de un Puerto es la capacidad para operar adecuadamente desde el punto de vista estructural, a lo largo de su vida útil y cumpliendo los requerimientos para lo que fue diseñado; por lo que la confiabilidad se estima a través de la probabilidad de falla de los elementos estructurales componentes de los muelles, siendo este el resultado de las combinación de las confiabilidades individuales de los diferentes elementos estructurales que forman parte de los mismos, para lo cual se utilizan dos factores: la carga

aplicada y la resistencia. Si la carga aplicada rebasa la capacidad de resistencia, la estructura fallara, por lo tanto la probabilidad de falla dependerá de ciertas condiciones y de los datos obtenidos en las inspecciones visuales o especiales.

El análisis de confiabilidad de un muelle está basado en la evaluación de capacidades y demandas en esta estructura, por lo que es necesario establecer metodologías que permitan emprender análisis de confiabilidad oportunos para alargar la vida útil de los muelles existentes, en los que se deberá:

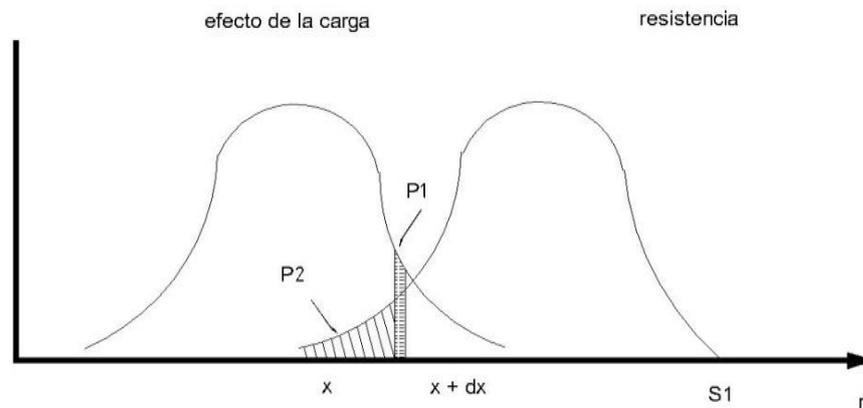
- a) Considerar la disminución de la incertidumbre estadística relativa a las propiedades que han sido determinadas mediante una inspección o una prueba de carga.
- b) Considerar que las cargas son conocidas y de forma detallada.
- c) Considerar la máxima probabilidad de fallo asociada a una estructura existente.

Siendo este análisis un método para calcular la probabilidad que tiene un muelle de exceder un estado límite de falla. El análisis de confiabilidad empieza con la formulación de una función de Estado límite que representará el desempeño de cada uno de los muelles, en términos de variables aleatorias básicas.

Entonces se establece que si de la inspección visual o especial se observan deficiencias estructurales en los elementos que conforman un muelle (vigas, pilotes, pantallas, traveses, etc.), se recomienda la evaluación de confiabilidad estructural de los elementos observados, que considera la distribución estadística de las propiedades estructurales, geotécnicas, químicas y mecánicas.

Estos análisis consideran lo siguiente:

- Variables determinísticas, que se relacionan con las características geométricas del muelle analizado,
- Las estadísticas internas que se relacionan con la resistencia de la estructura y
- Las variables estadísticas externas relacionadas con los cargas externas o demandas de cargas operacionales.



**Fig. 4. 45 Esquema para determinar la densidad d falla, en función de datos estadísticos descarga y resistencia**  
**Fuente: Instituto Mexicano del transporte**

Para el análisis de los elementos observados en las inspecciones, se deben hacer análisis estadísticos de los materiales, determinando variables conforme lo establezca el especialista estructural, mismas que deberán ser correlacionadas con los parámetros obtenidos en las pruebas de campo y ensayos de laboratorio: composición química, propiedades mecánicas, porosidad, entre otros.

Así mismo se deberán considerar las variables externas o demandas de los muelles como son: operación portuaria, atraque –desatraque de embarcaciones, sismos e impactos; realizando las diferentes combinaciones de estas cargas.

Se deberá considerar complementariamente el modelaje de la estructura del muelle o muelles en análisis, por un método de elemento finito y con los datos estadísticos de las cargas se obtendrán distribuciones de frecuencias de esfuerzo para los elementos estructurales en análisis, utilizando métodos computacionales de simulación estadística (Montecarlo).

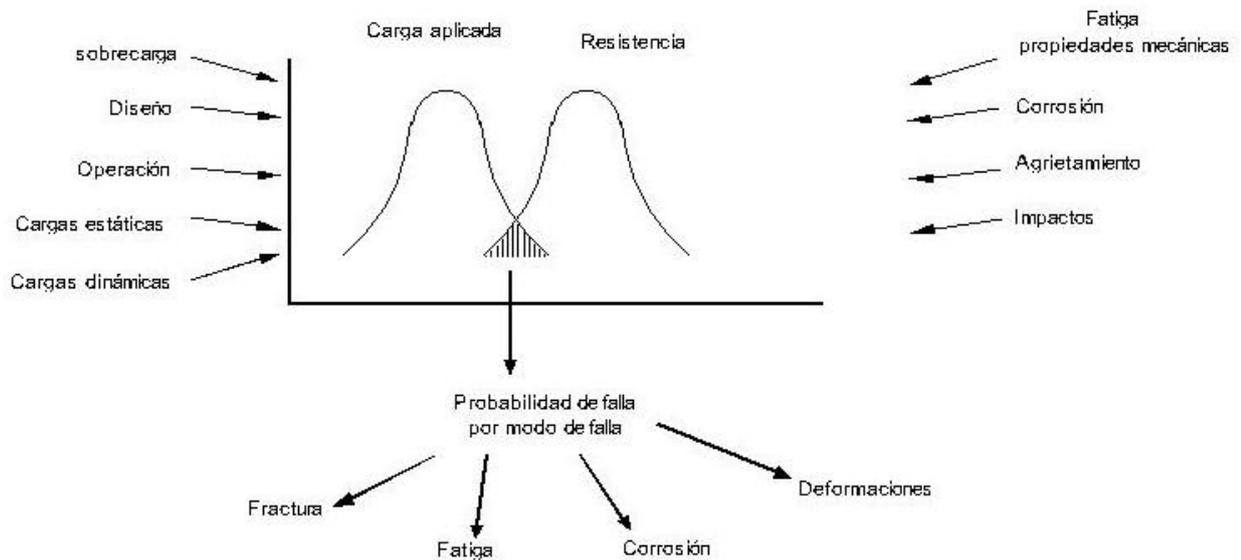
Este análisis mediante correlación de datos, modelación por elementos finitos y simulaciones estadísticas permite obtener el índice de confiabilidad y la probabilidad de falla, definidas por la siguiente expresión:

$$R = 1 - P_f$$

Siendo R la confiabilidad del muelle, y  $P_f$  la probabilidad de falla.

Para el análisis de falla de los elementos estructurales de un muelle es necesario definir ecuaciones probabilísticas que describen las cargas y las resistencias, las mismas que no forman parte del análisis de la presente tesis.

Si ambas funciones se grafican, la zona donde se encuentran ambas se identificara como zona de falla.



**Fig. 4. 46 Procedimiento esquemáticos para estimación de densidad de falla en función de datos estadísticos de carga y resistencia. Fuente: Instituto Mexicano del transporte**

Estos análisis de confiabilidad permiten tener criterios de seguridad de los muelles de servicio y explotación, conforme a valores recomendados en las normas técnicas o códigos actualizados de diseño, como:

- Fiabilidad frente a estados límites últimos
- Funcionalidad frente a estados límites de servicio
- Operatividad frente a estados límites de parada operativa

Siendo los estados límites estados del muelle en los que, este en su conjunto o en alguna de sus secciones o elementos, queda fuera de uso o servicio por incumplimiento de los requerimientos de seguridad, de servicio y de explotación, especificados en los diseños originales.

### **4.3.3 Descripción de modelos en 3D de los muelles.**

A través de la modelación mediante Elementos Finitos se puede establecer un modelo para estimar el nivel de servicio de un muelle en cuanto a su capacidad estructural. La modelación en 3D de cada componente estructural permitirá determinar la redistribución de cargas en un muelle en función de su configuración. Se modela además el fenómeno de la distribución de esfuerzos en la cimentación (interacción suelo - estructura), estableciendo recomendaciones prácticas para evaluar este fenómeno.

En los modelos debe incorporarse información de la geometría de la estructura en análisis, materiales y secciones de cada uno de los elementos. Se deben asignar cargas a las que estará sometida la estructura en análisis.

Deberán realizarse análisis estructural de los elementos estructurales que presenten observaciones, con sus posiciones reales, para esto se realizará lo siguiente:

Analizar la información topo-batimétrica, a fin de verificar geometrías y ubicación real de pilotes.

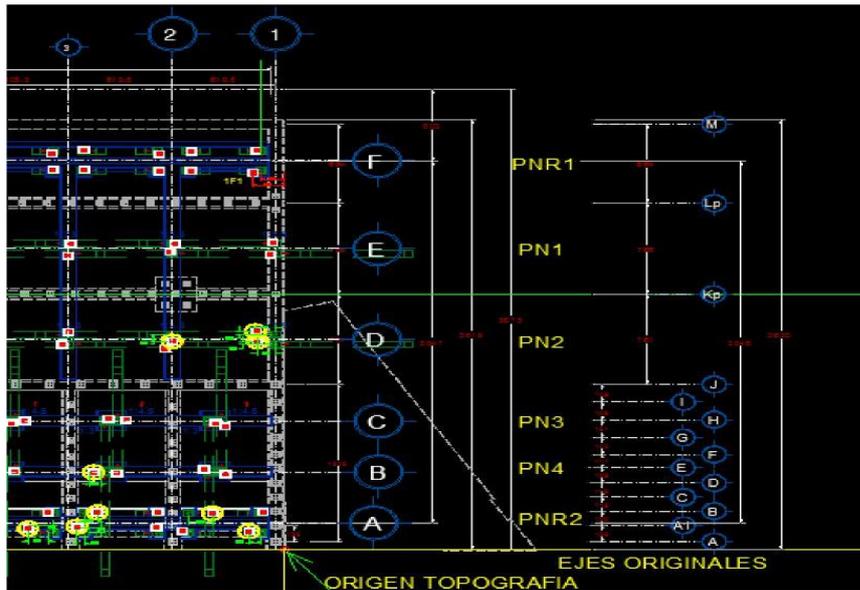


Fig. 4. 47 Ejemplo de coordenadas en una sección de muelle

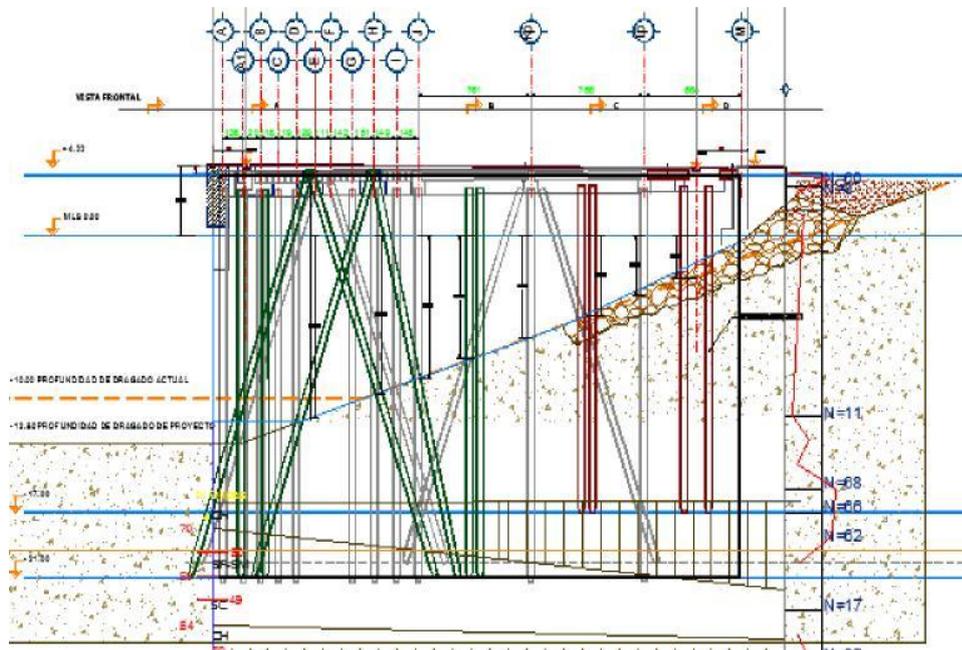
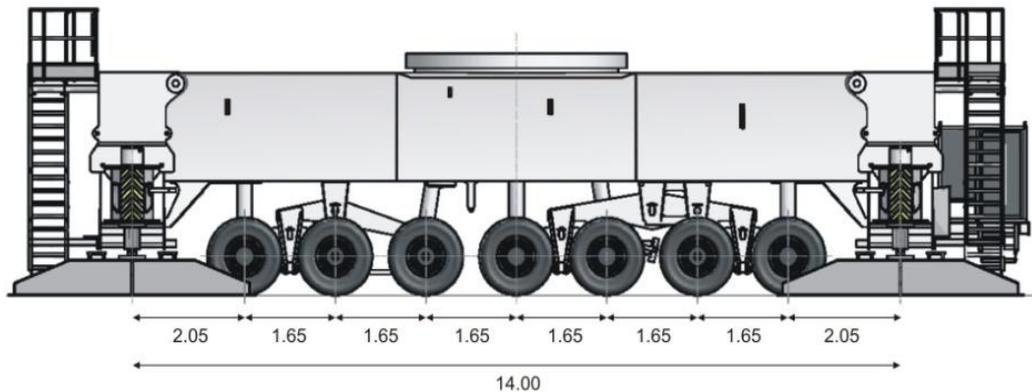


Fig. 4. 48 sección transversal del muelle

Se recomienda que la nomenclatura utilizada sea uniforme, relacionada con las inspecciones realizadas.

Análisis de los equipo técnicos que se utilizan o que van a ser utilizados en los muelles.



**Fig. 4. 49 Corte longitudinal de una grúa GHMK6407**  
**Fuente: APG**

Posteriormente realizar:

Modelación de las cargas actuantes sobre la losa, como: espaciamientos y acción de las cargas móviles (grúas pórticos, grúa móvil portacontenedores, Reach Stacker, camiones).

Modelación de las cargas actuantes a nivel de cada pilote como: espaciamientos y acción de las cargas móviles (grúas pórticos, grúa móvil portacontenedores, Reach Stacker, camiones).

Cálculo de la capacidad resistente de un pilote aislado: carga de rotura, carga de trabajo.

Cálculo de la capacidad resistente por métodos basados en la teoría de la plasticidad.

Modelación por Elementos Finitos de la capacidad de carga del pilote.

Chequeo estructural del pilote.

Interacción suelo- estructura.

Calculo de estabilidad de taludes (Método Bishop)

Cálculo de la capacidad resistente del pilote en grupo

Cálculo de la capacidad de carga del pilote bajo la acción de cargas horizontales

Cálculo de los asentamientos de la cimentación

Fuerzas en bitas –cornamusas (fuerzas perpendiculares y transversales)

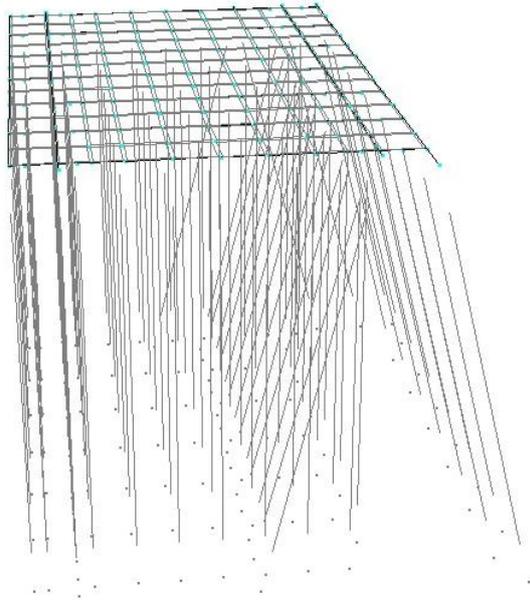


Fig. 4. 50 Modelo en 3D de losa y pilotes

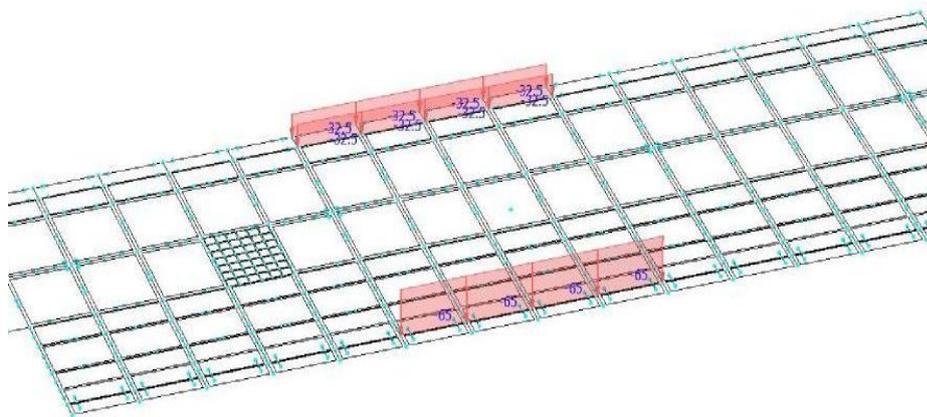


Fig. 4. 51 Imagen en 3D donde se grafica las cargas de una grúa pórtico de 65 ton/m en 20 cm de cada riel

La modelación permitirá ver efectos de cortante, concentración de esfuerzos en los elementos en análisis, con diferentes condiciones de carga y servirá para la evaluación de confiabilidad de la estructura en análisis.

Así también, estos modelos estimaran la variación de la capacidad de carga futura por efectos de desgaste, fatiga, deterioro, bajo diferentes condiciones de demanda.

#### **4.3.4 Descripción de estados de carga.**

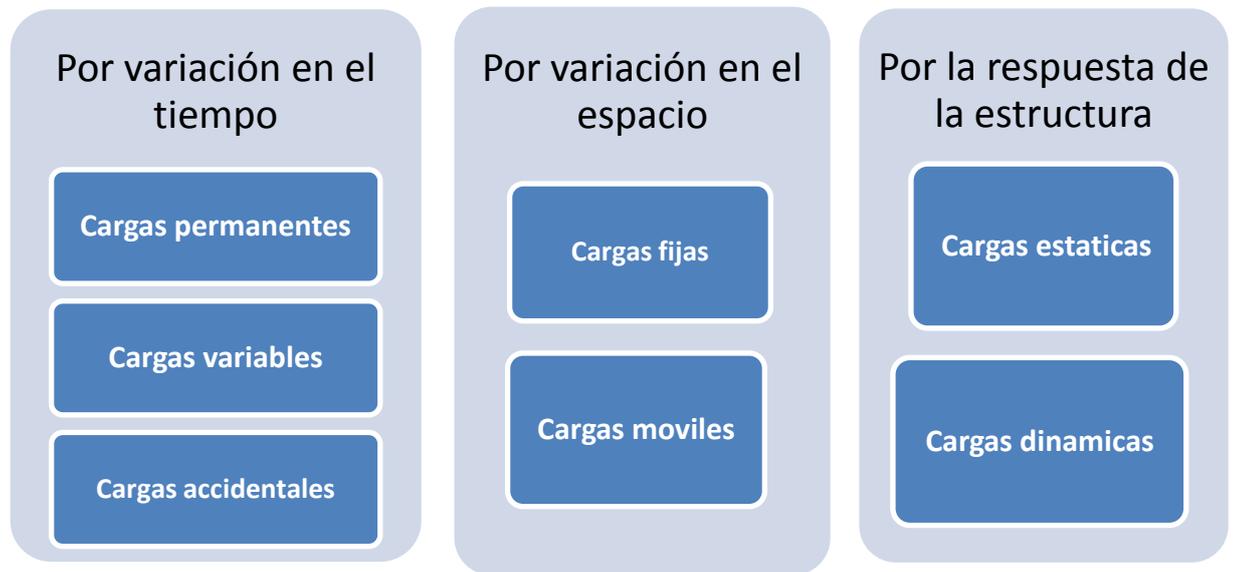
Los estados de carga son acciones producidas por agentes que pueden ejercer o producir en la estructura o sobre esta y su entorno efectos de importancia en la seguridad, confiabilidad, operatividad y funcionabilidad; pudiendo ser como cargas aplicadas, movimientos y desplazamientos impuestos.

Para el análisis de confiabilidad y capacidad de carga de un muelle, es necesario tener definidos los diferentes estados de carga, que actúan sobre esta estructura, por ejemplo:

- ✓ Los efectos que producen un barco hacia la instalación portuaria, donde se ejercen fuerzas de empuje cuando el buque está amarrado al muelle, producto de los agentes exteriores.
- ✓ La acción que se genera cuando se efectúa una maniobra de atraque o desatraque.
- ✓ Fuerzas producidas por las grúas pórtico, con carga o sin carga.
- ✓ Fuerzas producidas por las grúas móviles en diferentes posiciones, en donde se colocan para realizar las operaciones de carga y descarga.

Por lo que se hace necesario describir los diferentes estados de carga para su aplicación en las combinaciones para el análisis de la estructura.

Las normas ROM Españolas (Recomendaciones para Obras Marítimas), las clasifican como acciones que se producen por variación en el tiempo, variación en el espacio y por la respuesta de la estructura.



**Tabla 4. 7 Clasificación de tablas según Normas ROM 0.2**

Las normas ROM profundizan en los conceptos de cargas, establecidas por variación del tiempo.

**Cargas permanente.-** Son cargas gravitatorias que actúan en la estructura que se analiza, siendo constantes en posición y magnitud. Se dividen en

- Cargas por peso propio.
- Cargas muertas.

**Cargas por peso propio:** Se definen como las cargas que producen los pesos que corresponden a los diferentes elementos resistentes o estructurales de un muelle.

Los valores característicos se determinan de las dimensiones reales y pesos específicos que corresponden a los distintos elementos y sus materiales.

**Cargas muertas:** Se las define como las cargas producidas por el peso de todos los elementos no resistentes tratándose del sentido estructural, que están soportados por los elementos resistentes o incluidos en las estructuras de forma permanente, tales como: instalaciones fijas, rellenos, tuberías, adherencias marinas.

Los valores característicos de la carga muerta se deducen de las dimensiones reales y de los pesos específicos que corresponden a los elementos y materiales, así también de los pesos e instalaciones fijas que determinen los fabricantes o proveedores.

**Cargas variables.-** Son cargas externas al muelle, cuya magnitud y/o posición varía a lo largo del tiempo, de forma frecuente o continua y cuya variación no es despreciable en comparación a su valor medio, se dividen en:

- Cargas hidráulicas
- Cargas variables de uso o explotación
- Cargas medioambientales
- Cargas de deformación
- Cargas de construcción

**Cargas hidráulicas:** Son cargas asociadas a niveles de agua, fluidos, capas freáticas, pueden diferenciarse en: presiones hidrostáticas, presiones hidrodinámicas y presiones asociadas a gradientes hidráulicos. No se consideran como cargas hidráulicas a las acciones de oleajes y a las corrientes.

**Cargas variables de uso o explotación:** Son cargas asociadas a la operación y uso del muelle, las cuales pueden variar en posición y magnitud, durante la vida de la estructura analizada. **Se dividen en:**

- ✓ Sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento
- ✓ Sobrecargas de equipos, instalaciones de operación de la carga
- ✓ Sobrecargas de tráfico (camiones, vehículos livianos)
- ✓ Sobrecargas de operaciones de buques.

**Cargas medioambientales:** Son cargas debido a la acción sobre los muelles, o sobre elementos que actúan sobre estos, de fenómenos naturales, climáticos o medioambientales. Se dividen en:

- ✓ Corrientes
- ✓ Mareas
- ✓ Vientos
- ✓ Oleaje (Para el caso del Puerto de Guayaquil es casi despreciable)
- ✓ Temperaturas
- ✓ Hielo y nieve (no aplicable al Puerto de Guayaquil)
- ✓ Sismos
- ✓ Precipitaciones

**Cargas de deformación:** Son cargas producidas por deformaciones impuestas. Se dividen en:

- ✓ Pretensado
- ✓ Térmicas

- ✓ Geológica
- ✓ Movimientos impuestos

**Cargas de construcción:** Son cargas transitorias, y están relacionadas al proceso de construcción y puesta de un elemento resistente, sea esta una viga, defensa etc. Se dividen en:

- ✓ Cargas externas durante fabricación
- ✓ Cargas externas durante el transporte
- ✓ Cargas externas durante la instalación.

**Cargas accidentales.-** Son cargas imprevistas o anormales, que pueden presentarse como resultado de un accidentes, mal uso o condiciones de trabajo excepcionales.

Se consideran como acciones de carácter variable con poca probabilidad de actuación, pero de producirse su efecto, pueden afectar la seguridad de la estructura.

Se deben considerar para la evaluación de la estructura, las siguientes cargas accidentales:

- ✓ Pruebas de carga
- ✓ Empujes debido a inestabilidad de taludes
- ✓ Socavaciones o erosiones
- ✓ Explosión
- ✓ Fuego
- ✓ Impactos y sobrecargas de medios de transporte que operan en el muelle
- ✓ Colisiones y sobrecargas
- ✓ Impactos y sobrecargas debido a maniobras o situaciones operativas excepcionales, de un buque utilizado para el análisis.

Los valores representativos de las cargas se encuentran en las normas, códigos de diseño como la PIANC, ROM, y en los manuales de los equipos que se utilizan

#### **4.4 Algunos métodos estadísticos para evaluación de los muelles.**

Como complemento para la evaluación de una estructura, en este caso un muelle existente debe utilizarse procedimientos estadísticos, considerando que estos parten de la estadística, que es la ciencia que sirve para la toma de decisiones en presencia de incertidumbres.

Los métodos estadísticos sirven para obtener criterios de aceptabilidad o de rechazo de resultados de ensayos o pruebas a la estructura de los muelles. Trabajan sobre datos obtenidos, en forma de mediciones o conteos, a partir de una fuente de información, con el objetivo de llegar a conclusiones respecto a dicha fuente. El conjunto de observaciones tomada de una fuente con el objetivo de tener información de ella, se llama muestra. En conclusión los métodos estadísticos son aquellos que sirven para obtener conclusiones acerca de poblaciones a partir de muestras.

Para la toma de decisiones, se debe apoyar en los métodos estadísticos, mismos que existen de dos tipos:

- Estadística descriptiva.- que obtiene y compila datos
- Inferencia estadística.- para plantear hipótesis y obtener conclusiones

Para el caso particular del planteamiento de una guía de evaluación y diagnóstico de muelles, los métodos estadísticos servirán para determinar de una población de elementos componentes de los muelles, muestras representativas para realizar los ensayos físico-químicos, destructivos y no destructivos, según sea el caso que determine el especialista en la evaluación.

Por ejemplo para el caso de la valoración de las condiciones actuales del hormigón armado, de cualquier elemento de los muelles del Puerto de Guayaquil, sean estos, vigas, pilotes, trabelosas, losas y pantallas, se efectuaron pruebas destructivas y no destructivas, tales como extracción de núcleos (ensayos destructivos), esclerómetro y prueba ultrasonido (ensayos no destructivos).

### **Método para ensayos de extracción de núcleos.**

Las normas para el control de calidad establecen que la resistencia determinada como de diseño, no es equivalente a la que se obtenga del ensayo de rotura de los núcleos extraídos y establecen criterios para la aceptación o el rechazo.

En el hormigón existente, para el manejo de los datos de los ensayos de los núcleos, se deben aplicar los siguientes factores, para que se considere estructuralmente adecuado o aceptable:

- La media de cada tres núcleos consecutivos no debe ser inferior al 85% de la resistencia establecida como original (con la que fue construido).
- 
- Los núcleos ensayados no deben tener una resistencia por debajo

del 75% de la resistencia establecida como original (con la que fue construido).

Estos factores deben ser cumplidos de forma simultánea y obligatoria, para la aceptación.

Para la evaluación de las condiciones del muelle No. 4, se tomaron muestras en los siguientes elementos: Pantallas y losas. Como muestra de la población se determinó extraer núcleos de estos elementos, tres por cada zona a muestrear. Es decir en el muelle 4 se tomaron muestras en 6 pantallas, 3 núcleos por cada pantalla, y 18 núcleos en las losas.

A continuación se presenta un detalle de los núcleos extraídos en los elementos antes indicados, en el que se presenta un método para la aceptabilidad de los resultados en función de las normas. Se toma como referencia que el valor de la resistencia del hormigón de diseño que constan en los planos originales del muelle No.4, para la losa es de 280 kg/cm<sup>2</sup> y para pantallas es de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

| <b>ACEPTABILIDAD - PRUEBA DE EXTRACCIÓN NÚCLEOS</b> |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |                                 |  |   |   |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------|--|---|---|
| <b>LOSA</b>   |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |                                 |  |   |   |
| Resistencia obtenida a la compresión                | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | Resistencia obtenida a la compresión | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | Resistencia obtenida a la compresión | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | MEDIA  | 75% de la resistencia de diseño | Resistencia de diseño conforme a planos existentes | 85% de la resistencia de diseño conforme a planos | Aceptabilidad f'c media obtenida de ensayo? 85% de Resistencia diseño |
| 294,27  | Se acepta                            | 265,97                               | Se acepta                            | 254,65                               | Se acepta                            | 271,63 | 210                             | 280  | 238   | Hormigón aceptable  |
| 271,63  | Se acepta                            | 252,95                               | Se acepta                            | 232,02                               | Se acepta                            | 252,20 | 210                             | 280  | 238   | Hormigón aceptable  |
| 235,41  | Se acepta                            | 226,36                               | Se acepta                            | 249,25                               | Se acepta                            | 237,01 | 210                             | 280  | 238   | No aceptable  |
| 254,65  | Se acepta                            | 237,68                               | Se acepta                            | 260,31                               | Se acepta                            | 250,88 | 210                             | 280  | 238   | Hormigón aceptable  |
| 271,63  | Se acepta                            | 243,34                               | Se acepta                            | 266,10                               | Se acepta                            | 260,36 | 210                             | 280  | 238   | Hormigón aceptable  |
| 245,30  | Se acepta                            | 268,10                               | Se acepta                            | 255,26                               | Se acepta                            | 256,22 | 210                             | 280  | 238   | Hormigón aceptable  |
|   |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |                                 |  |   |   |

**Tabla 4. 8 Determinación de aceptabilidad de hormigón en resultados de ensayos**

| Obtención de desviación estandar y coeficiente de varianza - Para pruebas en Losa |           |        |
|---|-----------|--------|
| MENOR   | $X_i$     | 237,01 |
| MAYOR   | $X_n$     | 271,63 |
| MEDIA   | $\bar{X}$ | 254,72 |
| DESVIACION  | $S$       | 11,44  |
| VARIANZA  | $S^2$     | 130,97 |
| COEFICIENTE DE VARIANZA   | $V$       | 0,045  |

**Tabla 4. 9 Determinación de coeficiente de variación**

En las tablas 4.8 y 4.9, se establece el método para aceptabilidad de las muestras de hormigón tomadas en la losa, con la aplicación de las normas correspondientes para extracción de núcleos (Instituto Ecuatoriano del Concreto y Cemento). En este ejemplo se observa que la mayor resistencia de las muestras ensayadas es de 271,63 kg/cm<sup>2</sup> y la menor resistencia es de 237,01 kg/cm<sup>2</sup>, y el porcentaje de variación es del 4,5 %, es decir un porcentaje mínimo que permite estimar que el hormigón en este sector es homogéneo, sin embargo la media de resistencia obtenidas a la compresión obtenidas, es inferior a la indicada en los planos de diseño original, lo que nos indica que el hormigón en este elemento no es aceptable, y requiere su cambio inmediato.

Estos valores serán contrastados con las pruebas ultrasonido en el mismo sector.

Mientras que en las tablas 4.10 y 4.11, se establece el método para aceptabilidad de las muestras tomadas en pantallas, con la aplicación de las normas correspondientes para extracción de núcleos. En este ejemplo se observa que la mayor resistencia de las muestras ensayadas es de 391,67 kg/cm<sup>2</sup> y la menor resistencia es de 346,67 kg/cm<sup>2</sup>, y el porcentaje de variación es del 5%, es decir un porcentaje mínimo que permite estimar el hormigón en las muestras tomadas en estos elementos en el sector evaluado, es homogéneo y que el promedio de las resistencias a la compresión obtenidas, es superior a la indicada en los planos de diseño original. Esto se explica en base a que las Pantallas ubicadas en los muelles numerados del 2 al 6 fueron reconstruidas entre los años 2006 y 2007.

| PANTALLAS                            |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |                                 |  |   |  |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------|--|---|--|
| Resistencia obtenida a la compresión | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | Resistencia obtenida a la compresión | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | Resistencia obtenida a la compresión | Muestras mayores a 75% de f'c diseño | MEDIA  | 75% de la resistencia de diseño | Resistencia de diseño conforme a planos existentes | 85% de la resistencia de diseño conforme a planos | Acceptabilidad f'c media obtenida de ensayo $\geq$ 85% de Resistencia diseño |
| 365                                  | Se acepta                            | 385                                  | Se acepta                            | 375                                  | Se acepta                            | 375,00 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
| 345                                  | Se acepta                            | 390                                  | Se acepta                            | 410                                  | Se acepta                            | 381,67 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
| 375                                  | Se acepta                            | 400                                  | Se acepta                            | 400                                  | Se acepta                            | 391,67 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
| 390                                  | Se acepta                            | 365                                  | Se acepta                            | 285                                  | Se acepta                            | 346,67 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
| 378                                  | Se acepta                            | 355                                  | Se acepta                            | 320                                  | Se acepta                            | 351,00 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
| 385                                  | Se acepta                            | 345                                  | Se acepta                            | 315                                  | Se acepta                            | 348,33 | 262,5                           | 350  | 297,5   | Prueba aceptable   |
|                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |                                 |  |   |  |

**Tabla 4. 10 Determinación de aceptabilidad de resultados de ensayos**

| Obtención de desviación estandar y coeficiente de varianza - Para prueba en Pantallas |           |        |
|---|-----------|--------|
| MENOR   | $X_i$     | 346,67 |
| MAYOR   | $X_n$     | 391,67 |
| MEDIA   | $\bar{X}$ | 365,72 |
| DESVIACION  | S         | 19,47  |
| VARIANZA  | $S^2$     | 379,13 |
| COEFICIENTE DE VARIANZA   | V         | 0,05   |

**Tabla 4. 11 Determinación de coeficiente de variación**

Con este ejemplo se ha mostrado la utilización de métodos estadísticos para la valoración de la resistencia actual y de la homogeneidad en determinados sectores del muelle 4. Sin embargo para una evaluación integral de un muelle, se dependerá de otros ensayos para determinar otros parámetros que permitirán valorar de una mejor forma la capacidad de una estructura, entre estos se encuentran los métodos para la evaluación del proceso de confiabilidad de estructuras.

Otra aplicación de los métodos estadísticos, es para proyectar los intervalos para los períodos de inspección para el mantenimiento preventivo de los muelles, en función de probabilidades de falla, probabilidad de que el Buque de diseño sea excedido.

#### **4.5 Intervalo de Inspecciones de muelles.**

Existen varias formas para determinar los intervalos de inspección para el mantenimiento de los muelles, unos basados en las probabilidades de falla de los elementos estructurales, otro en base a histórico de daños, otros de conformidad al comportamiento que se observa, de arribo de buques a un muelle que excedan el DWT de diseño de esta estructura, entre otros.

Se ha considerado como propuesta para un plan de inspecciones en muelles, hacer una proyección de los tiempos en los que se debe revisar los componentes de los muelles, en función de la variable más importante que actúa sobre un puerto, es decir el DWT (tonelaje de peso puerto) del Buque de diseño; por lo que se plantea hacer una revisión estadística del arribo de buques en los muelles a fin de verificar el comportamiento del incremento por tonelaje de peso muerto con que llegan las embarcaciones, para de esta manera determinar los tiempos en que se deben realizar las inspecciones periódicas.

Se ha considerado para este análisis los muelles o posiciones de atraque designados como: 1, 1B, 1C, 2 y 3 con un buque con un DWT igual a 109.000 toneladas, tal como lo establece el diseño de reforzamiento de los muelles 2 y 3 del Puerto de Guayaquil ejecutado por la concesionaria (Fuente APG). Para el caso de los muelles 4, 5 y 6 debido a que no han sido reforzados, se tiene otra consideración, que es la inspección especial inmediata conforme a los métodos propuestos en la presente tesis, debido a que sus condiciones a la presente fecha según inspección visual son regulares y sus componentes estructurales en algunos casos presentan deficiencias (ver anexo inspección visual muelle No. 4).

El análisis consiste, en obtener muestras de buques arribados desde el 2009 hasta el 2012 en cada muelle, y en base a estos datos se obtuvieron las medias de arribo por DWT por año y por cada muelle.

A continuación se presenta los cálculos efectuados para el muelle No.1:

| DATOS OBTENIDOS DE BUQUES QUE ARRIBARON AL MUELLE No. 1 EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL |       |       |       |       |       |        |         |          |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|
| AÑOS  | 2009  |       | 2010  |       | 2011  |        | 2012    |          |
| TONELAJE DE PESO MUERTO DWT   | 2038  | 12848 | 5608  | 14140 | 9852  | 39295  | 15031   | 34457,01 |
|   | 5607  | 13725 | 5786  | 14160 | 10432 | 39418  | 17130   | 34457,01 |
|   | 5607  | 14140 | 5786  | 22323 | 12714 | 41646  | 17525   | 34677    |
|   | 5608  | 15154 | 9278  | 23853 | 14061 | 41748  | 21184   | 35534,6  |
|   | 5786  | 22133 | 9412  | 33434 | 17130 | 44060  | 21442   | 38530,9  |
|   | 5786  | 35630 | 9728  | 63359 | 17350 | 66910  | 30573   | 71438    |
|   | 5786  | 35630 | 10303 | 63428 | 17652 | 66910  | 30573   | 71438    |
|   | 6535  | 37274 | 10313 | 63428 | 29229 | 68209  | 33434   | 71438    |
|   | 7368  | 37274 | 10572 | 63581 | 33434 | 68599  | 33434   | 71588    |
|   | 8105  | 37274 | 10633 | 66910 | 33741 | 393403 | 33434   | 393403   |
|   | 8735  | 37274 | 11044 | 66910 | 34236 | 393403 | 33460   | 393403   |
|   | 9278  | 37274 | 11464 | 66910 | 34296 | 393403 | 33891   | 393403   |
|   | 10313 | 41800 | 12545 | 66910 | 34296 | 393403 | 34283   | 393403   |
|   | 12570 | 53124 | 14061 | 68578 | 37763 | 393403 | 34395,9 | 393403   |
|   | 12700 | 61468 | 14140 | 68578 | 39295 | 393403 | 34410   | 393403   |

**Tabla 4. 12 Muestra de Buques por DWT arribados en muelle No.1.  
Fuente APG.**

En la tabla 4.12, Se observan las muestras obtenidas de los buques registrados por su DWT, que atracaron en el muelle No. 1, desde el año 2009 hasta el 2012, registrándose 30 buques por cada año, a fin de realizar el análisis de la información.

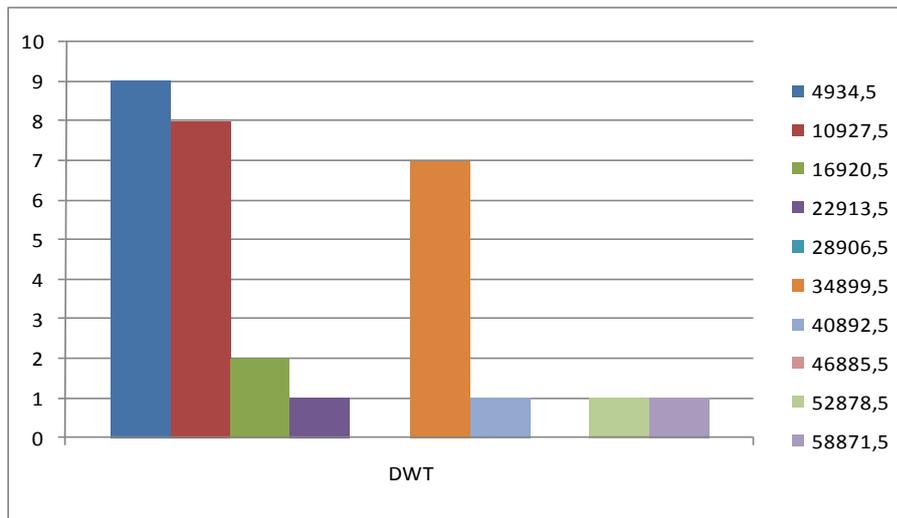
Con los datos registrados se procedió a calcular los parámetros estadísticos, como: valor menor, valor mayor, media, desviación estándar; a fin de poder obtener los histogramas de frecuencia, a objeto de visualizar por medio de gráficos el comportamiento de los buques arribados al muelle No.1, desde el año 2009 hasta el 2012.

| AÑOS/PARAMETROS ESTADÍSTICOS | 2009         | 2010         | 2011           | 2012           |
|------------------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| MENOR                        | 2038,00      | 5608,00      | 9852,00        | 15031,00       |
| MAYOR                        | 61468,00     | 68578,00     | 393403,00      | 393403,00      |
| MEDIA                        | 20128,13     | 30572,50     | 107089,80      | 108272,55      |
| DESVIACION                   | 16506,78     | 25981,09     | 146505,74      | 145795,69      |
| VARIANZA                     | 272473903,98 | 675017161,43 | 21463930756,30 | 21256384346,37 |

**Tabla 4. 13 Parámetros estadísticos obtenidos de buques arribados en muelle No. 1**

| CLASE 2009 |          | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|------------|----------|----------------|------------|
| 1938,00    | 7931,00  | 4934,5         | 9          |
| 7931,00    | 13924,00 | 10927,5        | 8          |
| 13924,00   | 19917,00 | 16920,5        | 2          |
| 19917,00   | 25910,00 | 22913,5        | 1          |
| 25910,00   | 31903,00 | 28906,5        | 0          |
| 31903,00   | 37896,00 | 34899,5        | 7          |
| 37896,00   | 43889,00 | 40892,5        | 1          |
| 43889,00   | 49882,00 | 46885,5        | 0          |
| 49882,00   | 55875,00 | 52878,5        | 1          |
| 55875,00   | 61868,00 | 58871,5        | 1          |

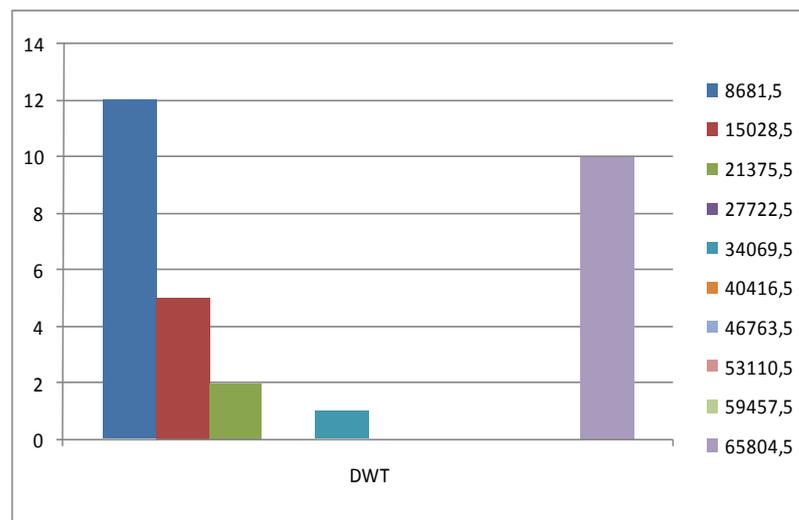
**Tabla 4. 14 Marca de clases para obtención de histograma de frecuencias año 2009**



**Fig. 4. 52 Histograma de frecuencias de buques año 2009**

| CLASE 2010 |          | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|------------|----------|----------------|------------|
| 5508,00    | 11855,00 | 8681,5         | 12         |
| 11855,00   | 18202,00 | 15028,5        | 5          |
| 18202,00   | 24549,00 | 21375,5        | 2          |
| 24549,00   | 30896,00 | 27722,5        | 0          |
| 30896,00   | 37243,00 | 34069,5        | 1          |
| 37243,00   | 43590,00 | 40416,5        | 0          |
| 43590,00   | 49937,00 | 46763,5        | 0          |
| 49937,00   | 56284,00 | 53110,5        | 0          |
| 56284,00   | 62631,00 | 59457,5        | 0          |
| 62631,00   | 68978,00 | 65804,5        | 10         |

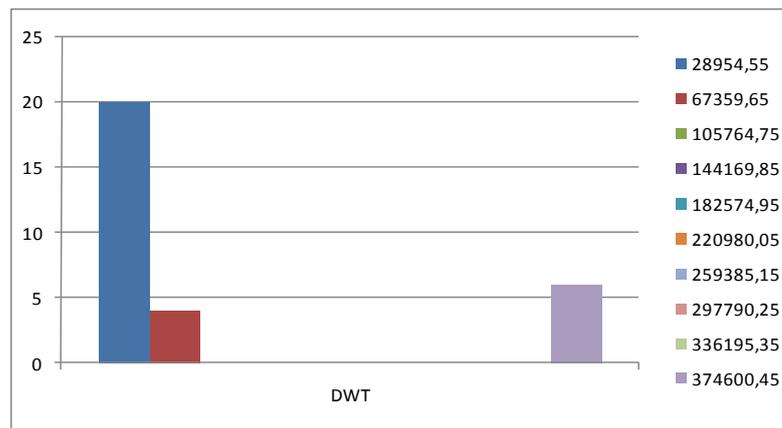
**Tabla 4. 15 Marca de clases para obtención de histograma de frecuencias año 2010**



**Fig. 4. 53 Histograma de frecuencias de buques año 2010**

| CLASE 2011 |           | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|------------|-----------|----------------|------------|
| 9752,00    | 48157,10  | 28954,55       | 20         |
| 48157,10   | 86562,20  | 67359,65       | 4          |
| 86562,20   | 124967,30 | 105764,75      | 0          |
| 124967,30  | 163372,40 | 144169,85      | 0          |
| 163372,40  | 201777,50 | 182574,95      | 0          |
| 201777,50  | 240182,60 | 220980,05      | 0          |
| 240182,60  | 278587,70 | 259385,15      | 0          |
| 278587,70  | 316992,80 | 297790,25      | 0          |
| 316992,80  | 355397,90 | 336195,35      | 0          |
| 355397,90  | 393803,00 | 374600,45      | 6          |

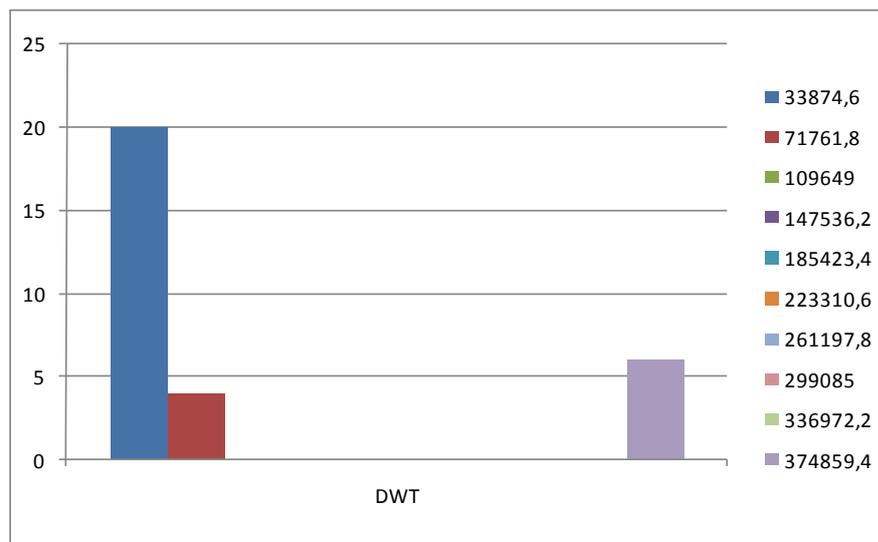
**Tabla 4. 16 Marca de clases para obtención de histograma de frecuencias año 2011**



**Fig. 4. 54 Histograma de frecuencias de buques año 2011**

| CLASE 2012 |           | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|------------|-----------|----------------|------------|
| 14931,00   | 52818,20  | 33874,6        | 20         |
| 52818,20   | 90705,40  | 71761,8        | 4          |
| 90705,40   | 128592,60 | 109649         | 0          |
| 128592,60  | 166479,80 | 147536,2       | 0          |
| 166479,80  | 204367,00 | 185423,4       | 0          |
| 204367,00  | 242254,20 | 223310,6       | 0          |
| 242254,20  | 280141,40 | 261197,8       | 0          |
| 280141,40  | 318028,60 | 299085         | 0          |
| 318028,60  | 355915,80 | 336972,2       | 0          |
| 355915,80  | 393803,00 | 374859,4       | 6          |

**Tabla 4. 17 Marca de clases para obtención de histograma de frecuencias año 2012**



**Fig. 4. 55 Histograma de frecuencias de buques año 2012**

Con los histogramas de frecuencia se observa el comportamiento de buques que han atracado en el muelle No.1 según su Tonelaje de peso muerto.

Una vez analizados los histogramas de frecuencia para el muelle No.1, se observa que el comportamiento de arribo de buque no es uniforme, así como que a partir del año 2011 atracan embarcaciones que exceden el DWT del Buque de diseño, por lo que se establecen que las inspecciones visuales para este muelle deben realizarse en períodos de 1 año.

Análogamente para el caso del muelle No. 1B se observa conforme a las muestras obtenidas de arribo de buques desde el año 2009 hasta el 2012, que es en el último año cuando se registran atraques de embarcaciones que exceden el DWT de diseño, por lo que a partir del 2013 deben realizarse inspecciones visuales en períodos de 1 año.

Para el caso de los muelles 2 y 3, los cuales fueron reforzados en el 2012, no se podría considerar el presente análisis para determinar el tiempo en que deben realizarse inspecciones, por lo que se recomienda analizar el comportamiento de arribo de buques con los datos estadísticos a partir del inicio de actividades de estos muelles una vez reforzados.

Así mismo debido a la condición actual en la que se encuentra los muelles 4, 5 y 6, se recomienda inspecciones especiales de forma inmediata (ver anexo de inspección visual en muelle No. 4).

En la tabla No 4.18 se presenta el resumen de intervalos de inspecciones para cada muelle, según análisis propuesto.

| <b>PERIODICIDAD DE INSPECCIONES</b> |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| MUELLE 1                            | cada año                   |
| MUELLE 4                            | Inspección especial 2013   |
| MUELLE 5                            | Inspección especial 2013   |
| MUELLE 6                            | Inspección especial 2013   |
| Muelle 1B                           | A partir del 2013 cada año |

**Tabla 4. 18 Resumen de plan de Inspecciones según análisis propuesto e inspecciones visual**

Es importante mencionar que este cuadro de inspecciones está condicionado a agentes externos como accidentes, y malas operaciones portuarias en los muelles que provocarían deterioros en la losa de rodadura o elementos estructurales.

En el anexo de análisis estadístico de arribo de naves se muestran los histogramas para cada muelle. Excepto los muelles 4, 5 y 6, los mismos que no han sido reforzados, y se recomienda su evaluación de forma integral.

#### **4.6 Seguridad en la inspección de los muelles.**

Como paso previo para la revisión de los muelles, se debe solicitar disponibilidad de la zona del muelle a ser auscultado, a fin de que la actividad sea realizada sin inconvenientes, y reduciendo al máximo los peligros que causa la operación portuaria.

Para realizar la inspección en los muelles, sea esta inspección visual, especial, o en general una inspección rutinaria o de monitoreo en los muelles, el profesional responsable del equipo técnico que realizará las actividades en mención, debe asegurarse de que este personal cuente con el equipo de seguridad necesario, debiendo considerarse que este variara conforme a los elementos estructurales a revisarse y del tipo de inspección a realizarse.

También deberá proporcionarse de mecanismos, unidades, módulos o secciones que permitan seguridad en las zonas de inspección.

##### **4.6.1 Seguridad del personal de inspección.**

Para el registro, monitoreo, revisión visual, el personal deberá contar con el equipo básico de seguridad obligatorio dentro de una instalación Portuaria, tal como lo determinan las normas nacionales e internacionales, como por ejemplo el código PBIP (Protección a los buques e Instalaciones Portuarias), que es la normativa de seguridad básica que rige en el Puerto de Guayaquil. Siendo el equipo mínimo de seguridad el siguiente:

- Calzado Protector (botas con punta de acero)
- Casco de seguridad
- Ropa adecuada con relación a las condiciones ambientales
- Guantes
- Chalecos reflectivos.
- Gafas



**Fig. 4. 56 Equipo de seguridad requerido para el ingreso a los muelles**

Si la inspección sea esta visual o especial, se la realiza debajo de la losa de los muelles, sea para evaluar pilotes, trabes, pantallas y vigas, el personal deberá contar además con el siguiente equipo:

- Chaleco Salvavidas
- Gafas
- Mascarillas.



**Fig. 4. 57 Equipo de seguridad requerido para la inspección debajo del muelle**

En el caso de que en la zona que se esté realizando la inspección se están realizando operaciones de embarque y desembarque de mercancía, es necesario el uso de **protección de oídos**.

Importante señalar, que en el caso de realizarse ensayos insitu para la comprobación de la calidad de los elementos estructurales, el uso de gafas y mascarillas es indispensable, ya que para realizar pruebas como esclerometría, ultrasonido, detección de armaduras, entre otras, será necesario pulir el área a examinarse, por ende el personal a cargo de las pruebas deberá protegerse los oídos y el sistema respiratorio.

#### **4.6.2 Sistemas de protección en inspecciones**

De Conformidad a las normativas de seguridad, establecidas en el Código de Trabajo Ecuatoriano, Reglamento General para la Construcción y Obras Públicas, y las normativas de seguridad interna de cada puerto, se debe garantizar la seguridad de las personas encargadas de la actividad de inspección de los elementos componente de los muelles, para esto no solamente debe dotarse al personal de equipo de protección, sino que además debe elaborarse sistemas de protección y planes para reducir riesgos en las actividades de evaluación.

#### **4.6.3 Señalización y demarcación de las zonas de inspección.**

Las áreas determinadas para realizar las evaluaciones sean estas visuales o especiales, deberán ser demarcadas, para esto podrán usarse conos y cintas reflectivas, se recomienda usar letreros que enuncien la actividad que se está realizando.

Especial énfasis debe darse a la coordinación con el departamento o unidad responsable de la seguridad en los muelles, a fin de que las operaciones portuarias no afecten a la concentración del personal técnico en la actividad de evaluación, considerando que las actividades que se realizan en los muelles (embarque y desembarque de mercancía) son de alto riesgo.



Deberá considerarse debido a la falta de iluminación en el interior de los muelles, reflectores.

En general se plantea un sistema de seguridad en la inspección de los muelles, que ayude a mejorar las condiciones de trabajo de evaluación, reduciendo el riesgo de accidentes, debido a que la actividad que se desarrolla en los puertos es considerablemente riesgosa, además de mejorar la productividad en la toma de datos, muy importante para obtener resultados confiables.

## **CAPITULO 5**

### **5 PROPUESTAS DE REPARACIÓN**

Una vez obtenidos los informes técnicos de las condiciones actuales de los muelles en base a las inspecciones, y las evaluaciones respectivas, se deben presentar los diseños de reparación, en función de las patologías o daños que se presenten en las estructuras, y en base a los diseños presentados por los especialistas en las respectivas áreas afectadas (estructurales, geotécnicas).

Previo a la decisión del tipo de rehabilitación de una estructura se debe hacer un diagnóstico y una evaluación estructural con su respectivo análisis, conforme a la metodología planteada en el desarrollo de la presente tesis o como lo establezca otros métodos propuestos por los especialistas. Cabe indicar que el objeto del presente documento no es el diseño de las reparaciones o reforzamientos, pero si, el enunciar y describir los tipos de acciones que se podrían realizar conforme a los presentes daños o necesidades que se presente en los muelles.

Existen métodos de mantenimiento, reparación y refuerzo de muelles, los mismos que están en función de la necesidad que se generan debido a la demanda, las patologías presentadas y de los daños producidos por deterioro o impactos y/o accidentes, y la aplicación de las evaluaciones y diagnóstico correspondiente de las estructuras. Por lo que en este capítulo se describirá las propuestas de acción con relación a las patologías y daños más frecuentes, en el Puerto de Guayaquil y de conformidad a las necesidades del Administrador del Puerto, que en este caso es la concesionaria.

#### **5.1. Reforzamiento de muelles.**

Existen varios tipos de trabajos que se plantean para los refuerzos de los muelles, que se originan conforme a las necesidades del administrador de un puerto (el cliente), conforme se ha determinado, en capítulos anteriores, existe actualmente la necesidad de reforzar las estructuras antiguas debido a la demanda y la evolución tecnológica de los equipos de manipulación de la mercancía.

Entre los tipos comunes de refuerzos tenemos los refuerzos que permitan arribos de buques, tipo post-panamax de acuerdo a la necesidad de

reforzamiento establecida por la proyección de crecimiento de la demanda, para lo cual lo necesario es realizar trabajos de refuerzo por:

- Aumento de cargas.
- Aumento de calado.

Obras que deben cumplir recomendaciones establecidas por los estudios de suelos, normas técnicas y diseños efectuados por los especialistas. Para esto se deberá:

- ✓ Tomar en cuenta el nivel futuro de dragado
- ✓ Evaluación del comportamiento estructural de los muelles.
- ✓ Diagnóstico de las condiciones actuales de la obra.
- ✓ Establecer procedimientos constructivos.
- ✓ Establecer normas de seguridad ambiental y laboral.

La Administradora del Puerto deberá seguir el siguiente procedimiento, una vez obtenido las evaluaciones y diagnóstico de las estructura de los muelles para el trabajo de refuerzos:

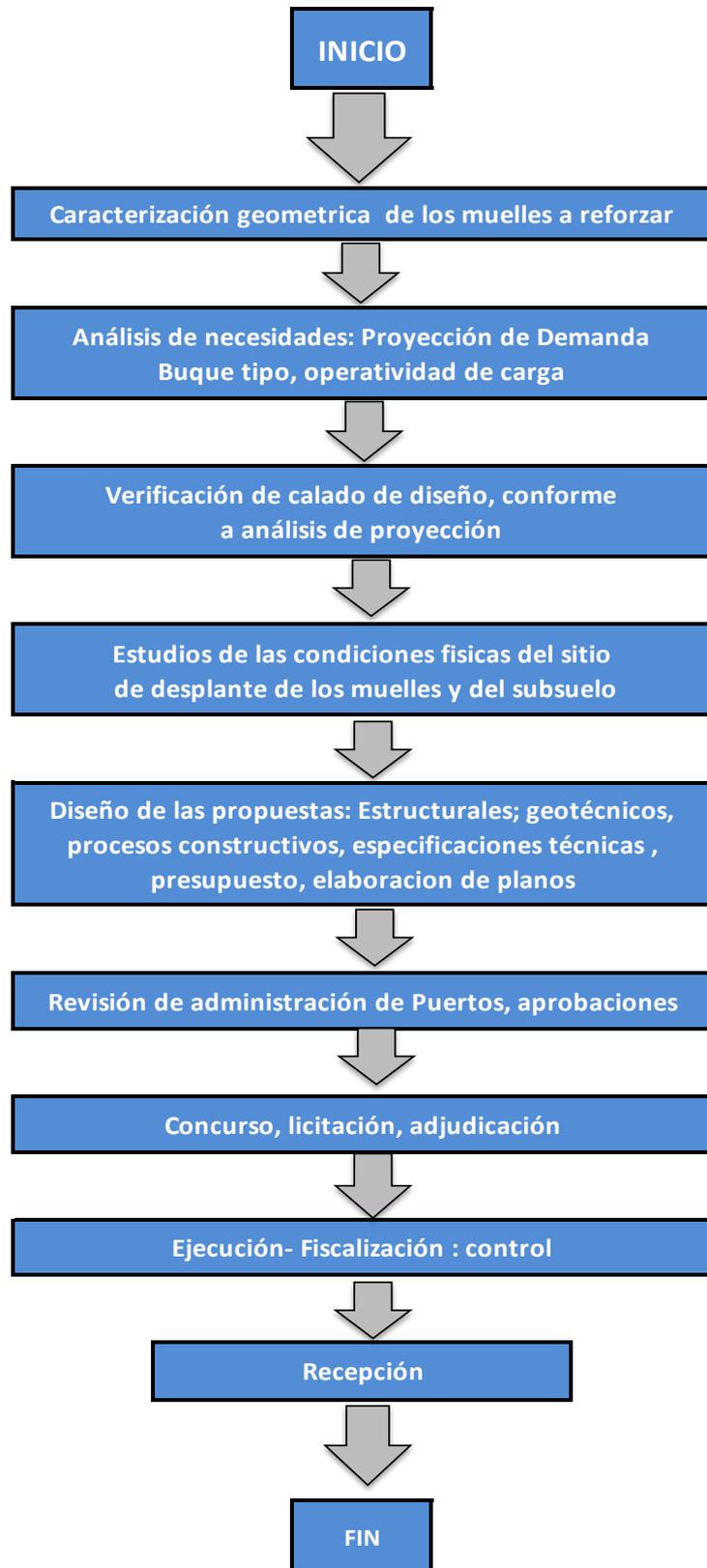


Fig. 5. 1 Procedimiento para la evaluación y diagnóstico para refuerzo de estructura

### **5.1.1 Refuerzo por aumento de cargas y demanda.**

Las consideraciones que debe tener el equipo de especialistas para este tipo de trabajos, son los datos de caracterización geométrica de la estructura, topo-batimetría actualizada, requerimientos de proyección de demanda de carga, equipos a utilizarse, así como el estudio de las condiciones físicas del sitio y del subsuelo.

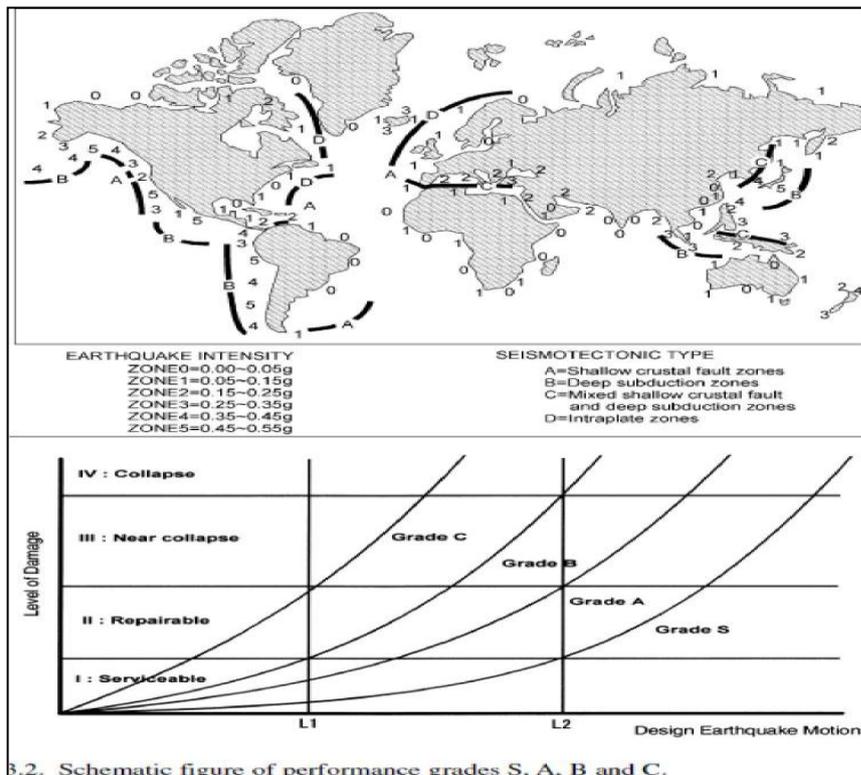
Los análisis de operatividad, proyección de demanda de carga, y equipos a utilizarse, deben ser efectuados como estudio previo al diseño.

Entre los estudios que deben efectuarse de las condiciones físicas del sector, (para este caso el Puerto de Guayaquil) están los siguientes: Oceanográficos- Corrientes – Mareas vientos - temperaturas - meteorológicos- precipitaciones.

Deberán considerarse el tema de sismicidad y diseños por desempeños.

Sismicidad.- Para el caso de sismicidad, debe considerarse para los diseños de reforzamiento de los muelles del puerto de Guayaquil o diseño de nuevas estructuras, los valores de la nueva Norma de la Construcción Ecuatoriana 2011, que a la presente fecha se encuentra en revisión. Siendo el coeficiente que se debe utilizar para Guayaquil de aceleración de la gravedad de 0,40g, debido a que Guayaquil es una zona de alta sismicidad.

Desempeño.- Deberán considerarse para el diseño por desempeño, a los muelles como estructuras de vital importancia, que deberán quedar operativas para la recuperación del desastre. Las recomendaciones sísmicas de la PIANC 2001 definen los grados de desempeño. En la figura 5.1 se observa el esquema de los grados de desempeño determinados por la PIANC 2001.



3.2. Schematic figure of performance grades S, A, B and C.

Fig. 5. 2 Esquema de los grados de desempeño según efectos sísmicos en muelles PIANC 2001

Los muelles deben considerarse según estas recomendaciones como de grado S a grado A, estableciéndose según las tablas que ante un sismo el nivel de daño sea controlado y que pueda operarse en el corto plazo.

Los estados de carga para los diseños están indicados en el capítulo 4.

### 5.1.2 Proceso Constructivo de Refuerzo de muelles propuesto para caso puerto de Guayaquil.

Previo a la descripción de un proceso constructivo debe inicialmente revisarse los planos, especificaciones técnicas y presupuesto de obra. Es decir debe realizarse conforme a diseños. Sin embargo para el caso de reforzamientos de muelles asentados sobre pilotes, como el del puerto de Guayaquil, se plantea el siguiente procedimiento, con la referencia de trabajos ejecutados en proyectos anteriores.

Se recomienda hincado de pilotes, con la utilización de una obra falsa que asegure que el proceso de hincado se efectúe correctamente, se debe utilizar un martillo de hincado de pilotes, cuyas características y energía de golpe para hincado será de acuerdo a las memorias de diseño estructural.

Deben construirse caballetes que estén sobre los pilotes. Los elementos que se encuentran en la zona determinada para la colocación de nuevos pilotes deberán ser retirados para facilitar el proceso de pilotaje. En la figura 5.3, se esquematiza el proceso de reforzamiento de muelles por sobrecarga y por efecto de incremento de demandas.

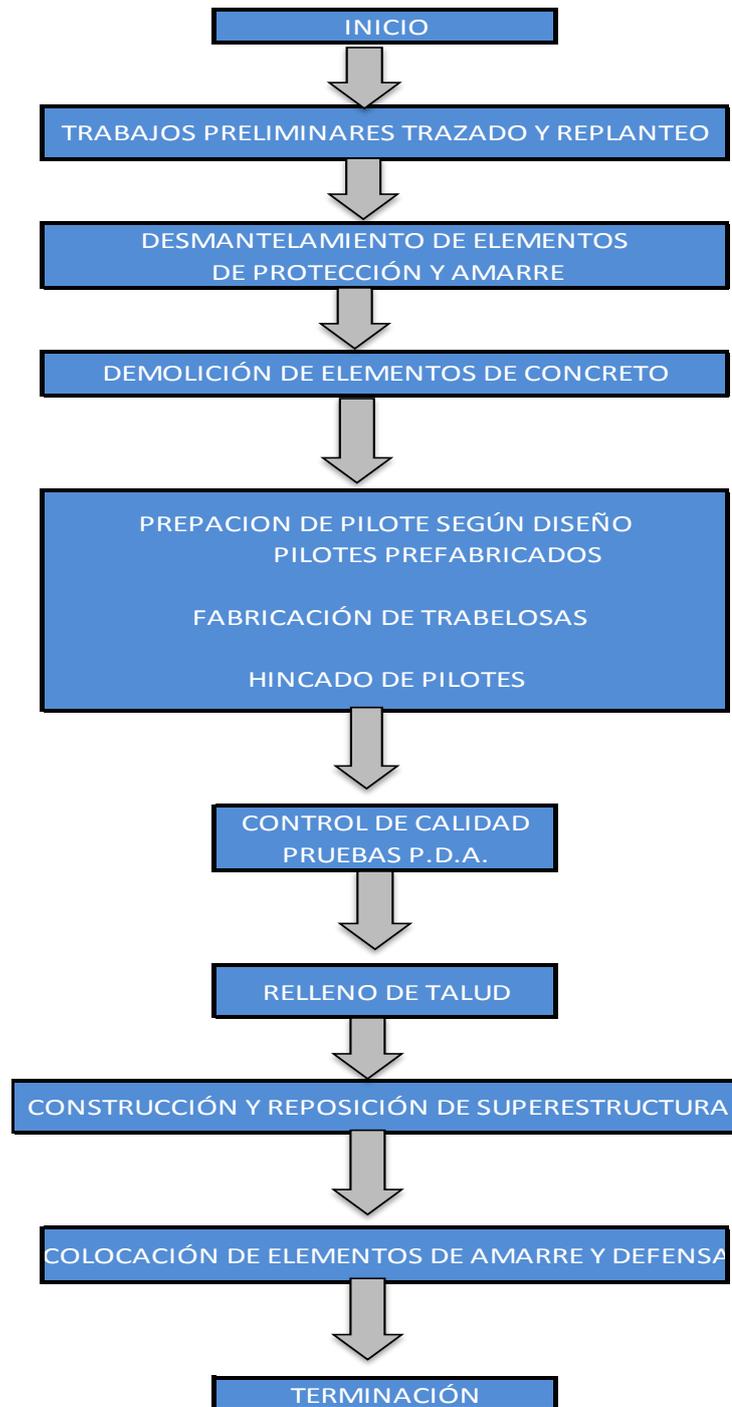


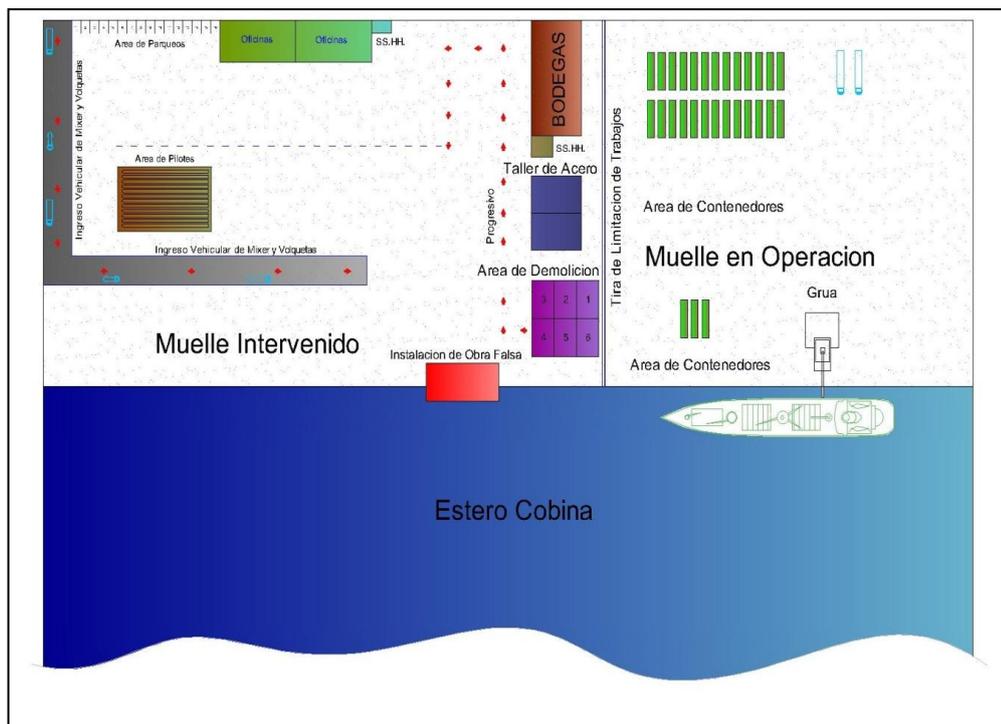
Fig. 5. 3 Proceso de reforzamiento de muelles

**Trazado y replanteo-trabajos preliminares.-** Para esta etapa deberán realizarse trabajos correspondientes de topografía y batimetría, a fin de verificar medidas indicadas en los planos, profundidad del fondo, así como el trazado y replanteo del proyecto.

Deberán definirse la ubicación de oficinas en obra de contratista y fiscalización, bodegas para almacén de materiales, herramientas y equipos menores. Deberán determinarse la señalización de áreas.

Deberá procurarse no interrumpir las operaciones de los muelles adyacentes no intervenidos, así como los patios y zonas de accesibilidad.

La contratista deberá presentar y tener en oficina un esquema de una planta de procesos, de la instalación de los trabajos, con trazado de rutas para el ingreso de vehículos, maquinarias, y área de apilamiento de elementos prefabricados, entre otros.



**Fig. 5. 4 Esquema de un diagrama de proceso para trabajos de reforzamiento de muelles**

La actividad de trazado y replanteo deberá realizarse durante cada una de las actividades del proceso de reforzamiento de muelles.

**Desmantelamiento de elementos de protección y amarre.-** Previo a cualquier actividad de demolición, en el muelle a ser intervenido, deberá realizarse el desmantelamiento de los elementos de amarre tales como bitas y cornamusas, además de los elementos de protección (defensas). Este trabajo debe ser cuidadoso a fin de recuperar la mayor cantidad de elementos y puedan ser reutilizables.

**Demolición de elementos de concreto (losa de rodadura, vigas, trabelosas).-** Debido a que se requiere realizar el refuerzo de la estructura de un muelle, es necesario demoler y retirar ciertos elementos de hormigón, para que se pueda realizar la operación de colocación de pilotes. Durante la ejecución de esta actividad debe evitarse que el material producido por la demolición no caiga al estuario, por lo que deberán colocarse plataformas provisionales debajo del muelle intervenido, para la recolección de escombros.



**Fig. 5. 5 trabajos de demolición de elementos de concreto de la superficie**

**Fabricación de pilotes conforme a diseños.-** Si el diseño de reforzamiento de muelles establece la utilización de pilotes prefabricados, paralelamente a las actividades de demolición de elementos de concreto, desmantelamientos, se deberá dar inicio a la fabricación de pilotes.

Para la construcción de los pilotes se deberán seguir las instrucciones respectivas indicadas tanto en los planos y en las especificaciones técnicas.

Para esta actividad se recomienda realizar los siguientes pasos:

1. Preparación de cama de hormigonado y encofrado
2. Elaboración de la armadura
3. Instalación de Chiflón
4. Colocación de puntal o regatón
5. Colocación de hormigón
6. Control de calidad
7. Manejo y almacenamiento temporal de pilotes
8. Transporte a sitio de obra y apilamientos



**Fig. 5. 6 Pasos 1 y 2: Encofrado para hormigonado y armado de estructura. Fuente APG**



**Fig. 5. 7 Pasos 3 y 4: Encofrado instalación de Chiflón- Colocación de puntal o regatón. Fuente APG**



**Fig. 5. 8 Pasos 5 y 6: Colocación de hormigón - Control de calidad. Fuente APG**

**Fabricación de trabelosas conforme a diseño.-** Así como la fabricación de los pilotes, se debe fabricar las trabelosas en taller. Para lo cual se deberá diseñar el plan de control de calidad, de estos elementos, revisar el proceso constructivo desde el armado del encofrado, el armado de acero y sus traslapes, conforme a planos y especificaciones técnicas.

Para esta actividad, se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Elaboración de cama de colado –encofrado
2. Preparación de la armadura con acero de refuerzo
3. Colocación de hormigón conforme a diseños
4. Control de calidad
5. Manejo y almacenamiento temporal



**Fig. 5. 9 Fotos de trabelosas armado y fundición**

**Hincado de Pilotes.-** Para el hincado de pilotes, como paso preliminar deberá contarse con una estructura falsa, construida de tal forma que sea fácil de colocar, que permita dirigir el hincado de pilotes. Esta estructura debe estar diseñada de tal forma que no permita desplazamientos horizontales fuera de los términos establecidos por las memorias de diseño.

El proceso de hincando deberá considerar el sistema de chifloneo, hasta el nivel determinado en los diseños, antes llegar a la profundidad de desplante de pilotes.



**Fig. 5. 10 Chifloneado**

Para el hincado hasta la cota de proyecto se deberá utilizar un martillo de hinca que por lo general consiste en una grúa. Unidas a las plumas de la grúa están las guías que son dos canales de acero unidos entre sí por medio de separadores en u y arriestradas por diagonales. Estos canales servirán de guía al martillo o masa que tienen unas aletas que permiten realizar el proceso de subir y bajar entre los canales de la guía.

Deberá llevarse controles durante el hincado de pilotes, como el registro del hincado de cada pilote, en donde se deberá anotar:

- Ubicación de pilote
- Codificación del pilote de acuerdo a su construcción en planta.
- Fecha y hora de inicio y termino de proceso de hincado.
- Número de golpes requeridos para hincar cada metro de pilote, por lo que este elemento deberá contener marcas para el conteo.

- Nivel a la que se llevó la punta del pilote durante el chifloneo y por percusión con el martillo recomendado en diseños.



**Fig. 5. 11 Proceso de pilotaje. Fuente APG**

Es importante realizar el control de la alineación de los pilotes, conforme a los planos y tolerancias establecidas por diseñador.

Posterior al hincado al hincado de los pilotes deberán realizarse las acciones respectivas para unir los pilotes con la estructura del muelle, siguiendo instrucciones de las memorias técnicas y planos, una de estas es el descabece de los pilotes. Para realizar el descabece se deberá utilizar una obra falsa, y se procederá con el demolición de la zona superior excedida, tomando las medidas de seguridad ambiental respectivas para evitar la contaminación del estuario, debido a los escombros que produce esta actividad.



**Fig. 5. 12 Estructura falsa para descabece de pilotes**

Este procedimiento se realizará con martillo eléctrico de rotura de hormigón, se debe evitar durante la ejecución, la presencia de fisuras y agrietamientos de los pilotes.

**Control de calidad, Pruebas PDA.-** Durante el proceso de hincado debe realizarse el respectivo control de calidad, que es el control de hinca a través de ensayos dinámicos de hincado y rehincado sobre los pilotes. Esta actividad se la realiza mediante las denominada “Pruebas de Carga Dinámica de Alta Deformación”.

Las pruebas de carga son importantes para asegurar la calidad, así como el desempeño adecuado de la cimentación. Estas pruebas su aplicación esta estandarizada por la ASTM D4945-2008 y AASHTO T 298-93.

Esta prueba produce la curva carga axial –asentamiento de pilote, con desglose de capacidad generada en punta y fuste, a partir de la velocidad y fuerza impuesta en la cabeza del pilote por el impacto de una masa de prueba que moviliza al pilote y el suelo de cimentación. Este método también identifica problemas de integridad en el pilote.

Entre los objetivos principales de estas pruebas están:

- Evaluar la integridad estructural de los pilotes ensayados
- Estimar la capacidad de carga ultima de los pilotes ensayados
- Evaluar el desempeño de los pilotes frente a acciones sísmicas.

Los equipos que se requieren para la ejecución de estas pruebas son los siguientes:

- Un sistema de cómputo y adquisición de datos PDA, con canales de adquisición de datos para acelerómetros y medidores de deformación unitaria, este equipo deberá estar debidamente calibrado.
- Dos acelerómetros piezo-resistivos y dos medidores de deformación unitaria.
- Un martillo PILECO 46-32
- Para análisis de resultados, programas informáticos como PDA-W y CAPWAP



**Fig. 5. 13 Registro de información sistema de cómputo**

La instrumentación de los pilotes consiste en colocar dos acelerómetros y dos medidores de deformación unitaria, en el pilote a ser ensayado, a una distancia mayor que 1,5 metros bajo la cabeza del pilote.



**Fig. 5. 14 En la que se muestra la instrumentación del pilote a ser ensayado**

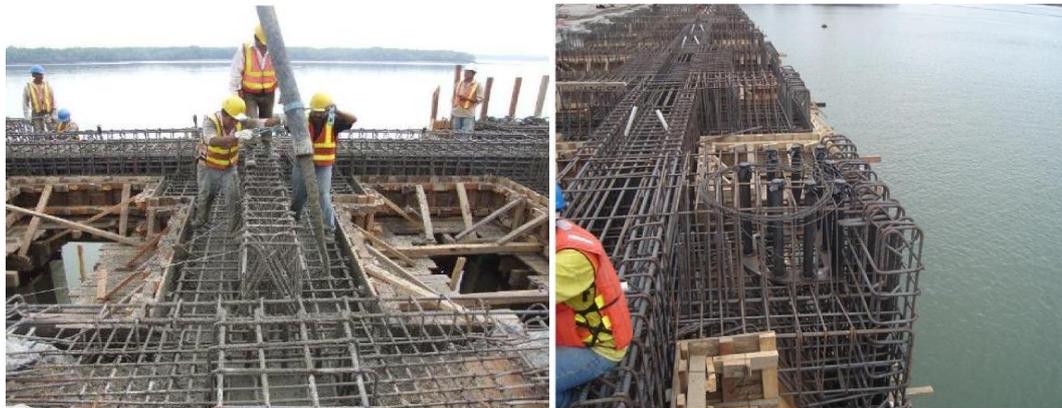
Luego de realizar las pruebas de campo, el registro de la información de los pilotes ensayados, deberá ser analizada con un programa apropiado

para el efecto, como por ejemplo el programa CAPWAP, en el que el sistema pilote-suelo es modelado matemáticamente, y las propiedades del suelo son ajustadas hasta que la respuesta simulada por el programa se ajuste a la medida durante el ensayo. El procedimiento señalado es conocido como “ajuste de señales” y el resultado es la curva “resistencia estática-asentamiento del pilote”, además de la distribución de resistencia en el suelo.

**Relleno en la parte posterior del muelle.-** Previo a la construcción de la parte superior conocida como superestructura de un muelle de características como la del puerto de Guayaquil (apoyada sobre pilotes), se deberá realizar la conformación del talud de protección, es decir el relleno en la parte posterior del muelle. Esto permitirá dar confinamiento a los pilotes hincados y los existentes, lo que servirá para tener una mayor resistencia a las fuerzas laterales, conforme a memorias geotécnicas-estructurales.

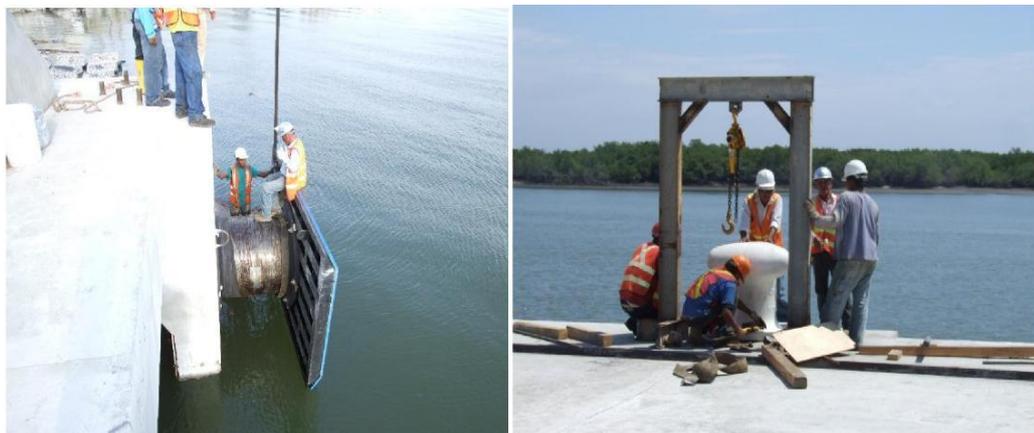
**Construcción y reposición de superestructura.-** Se deberá proceder con:

1. Colocación del encofrado conforme a planos, mismos que deberán contener el diseño del encofrado.
2. Armado del acero de refuerzo.
3. Dejarse en posición final los anclajes para elementos de amarre, defensas, piezas para desplazamiento de grúas, marcos de las tapas de registros, salidas para instalaciones hidráulicas, eléctricas, etc.
4. Hormigonado de caballetes, (se deberá diseñar los elementos que eviten la caída del hormigón al estuario). El concreto deberá adquirir la resistencia establecida en el proyecto para continuar con la colocación de los elementos prefabricados como trabelosas.
5. Colocación de trabelosas, Hormigonado de otros elementos según planos,
6. Fundición de pantallas frontales y de atraque
7. Fundición de caballetes faltantes.
8. Fundición de losa de rodadura



**Fig. 5. 15 Construcción de la superestructura. Fuente APG**

**Colocación de elementos de amarre y de defensas.-** Una vez concluida la construcción de la superestructura o la etapa de esta determinada en el proyecto, se deberá realizar los elementos de amarre (bitas cornamusas), y accesorios de protección (defensas), conforme a planos y especificaciones. La colocación de las bitas de amarre se realizará con los materiales, equipos y especificaciones indicadas.



**Fig. 5. 16 Colocación de bitas y defensas**

Es importante mencionar que como parte del proceso constructivo, se debe colocar en la etapa final otros accesorios como rieles para grúas de muelles y canaletas.

## **5.2 Reparación y mantenimiento**

Las reparaciones y mantenimientos de los muelles obedecen a la evaluación que se ha efectuado previamente, por lo general se aplican para la conservación de la estructura o para atender algún daño producto de un evento no previsto, como la operación de atraque de un buque, o la utilización por parte de los remolcadores como zona de acoderamiento en la parte donde se ubican las defensas, o las permanentes caídas de contenedores en la superficie, acciones que al no mantener los muelles, causan daños de tipo progresivo que demandan ser reparados unos de manera urgente u otros mediante un programa de mantenimiento periódico.

### **5.2.1 Protección de corrosión.**

El proceso de protección de las estructuras que son afectados por la corrosión, sobre todo en pilotes, debe darse periódicamente, según lo establezca las especificaciones técnicas de los materiales usados para este trabajo.

Actualmente existen productos que permiten la protección, mismos que deben cumplir las normativas determinadas por la NACE (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión) y la AASHTO.

Así también es importante indicar que existen varias publicaciones, como investigaciones sobre protección de estructuras contra corrosión, en las que se explican varios métodos basados en los sistemas de protección catódica.

Los que se propone, es una metodología de reparación y protección de corrosión de pilotes, losas, vigas, caballetes, trabes, como parte de un mantenimiento periódico de estos elementos.

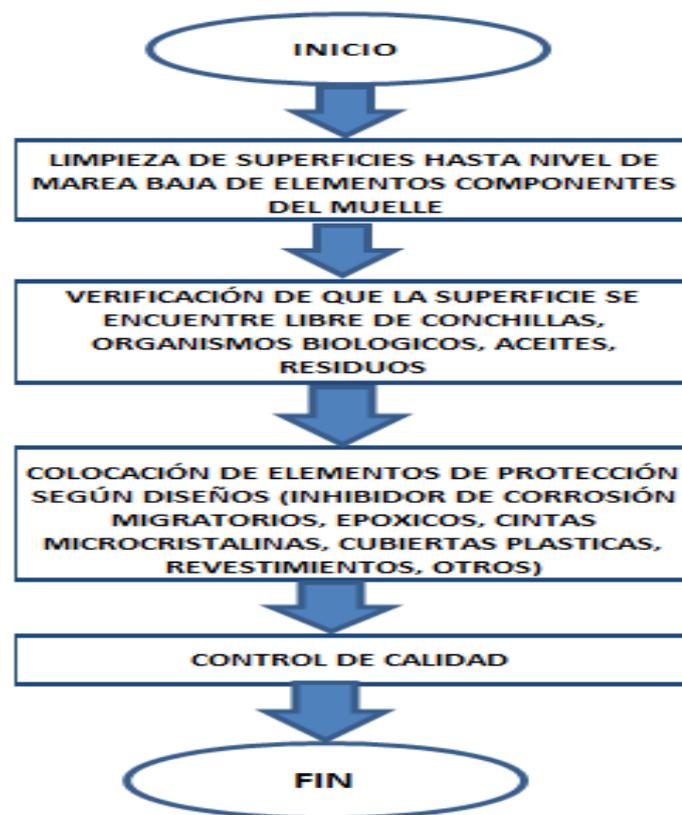
Debiendo realizarse:

- 1) Limpieza y reparación de toda la superficie del elemento a ser protegido, hasta el nivel de marea baja, por medios mecánicos abrasivos o manuales, a fin de dejar la superficie libre de grasas, organismos biológicos, aceites, polvo;
- 2) verificación de que la superficie se encuentre libre de conchillas, organismos biológicos, aceites, residuos;

3) colocación de elementos de protección según diseños y normas como: inhibidor de corrosión migratorios, epóxicos, cintas micro cristalinas, cubiertas plásticas, revestimientos, otros;

4) efectuar el respectivo control de calidad, sea por la fiscalización contratada o por el equipo técnico administradora del puerto.

En la figura No. 5.17, se presenta el esquema del proceso de protección de elementos.



**Fig. 5. 17 Procesos de protección contra corrosión de muelles**

Existen normativas como las establecidas por la NACE, en donde se determina una guía para diseños de protección catódica, acciones de mantenimiento y monitoreos. En la tabla 5.1 obtenida del boletín técnico “Corrosión en Pilotes” de la empresa CORROTEK (2003) se presenta comparaciones de revestimientos y materiales para el uso para protección de la corrosión en pilotes.



Fig. 5. 18 Fisura de trabajo de aplicación de protección contra la corrosión  
 Fuentes: 1) Pagina web compañía Inblasa – 2) [www.registrocdt.cl](http://www.registrocdt.cl)

| GRUPO DE REVESTIMIENTOS | ESPECIFICACION                            |  |                                   | VIDA ESTIMADA DEL REVESTIMIENTO     | FACTIBILIDAD PARA ESTRUCTURAS EXISTENTES |             |                   |
|-------------------------|---|--|-----------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|-------------------|
|                         | Sistema de Revestimiento                  | Espesor  | Preparación de Superficie         |                                     | Sobre el nivel del agua                  | Zona Splash | Zona de Inmersión |
| PINTURAS                | Pintura Inorgánica rica en Zinc +         | 40 $\mu$ +300 $\mu$                              | Arenado SSPC-SP-10                | 5~7 años sobre la línea             | •  | □           | X                 |
|                         | Coaltar Epoxy                             | 300 $\mu$  | Arenado SSPC-SP-10                | 3~5 años sobre la línea             | •  | □           | X                 |
|                         | Pintura Marina + Cubierta                 | 150 $\mu$ en total                               | Arenado SSPC-SP-10                | 2~3 años o más sobre                | •  | □           | X                 |
| ENCINTADO Y CUBIERTA    | Cinta Microcristalina + Cubierta Plástica | Primer 50 $\mu$<br>Cinta 2,540 $\mu$<br>Cubierta | Manual Mecánica Grado 3 SSPC-SP-2 | 15 años ó más en cualquier ambiente | •  | •           | •                 |

|                   |                                |       |                         |                        |   |   |   |
|-------------------|--------------------------------|-------|-------------------------|------------------------|---|---|---|
| LINING Y CUBIERTA | Revestimiento de contención de | 300 μ | Arenado SSPC-SP-10      | 10 años sobre la línea | ● | □ | X |
|                   | Living de Concreto             | 10 cm | Manual Mecánica Grado 2 | 10 años ó más          | ● | ○ | ○ |
|                   | Living de Concreto + Cubierta  | 6 cm  | Manual Mecánica Grado 2 | 10~15 años             | ● | ○ | ○ |

Notas: ● Bueno ○ Satisfactorio □ Difícil de Trabajar X Difícil

**Tabla 5. 1 Cuadro comparativo de materiales para revestimientos de protección contra corrosión. CORROTEK**

## 5.2.2 Reparaciones.

Con relación a las reparaciones se plantea una metodología para llevar a cabo la rehabilitación, que permita poner operativo el muelle, aclarando que no se pretende sustituir los procesos constructivos establecidos en los estudios y diseños de rehabilitación de muelles que planteen los especialistas.

Las reparaciones se las puede clasificar para los siguientes elementos componentes de los muelles, conforme a la evaluación efectuada:

1. Los que requieren reposición de acero, hormigón y protección
2. Los que requieren reposición de hormigón y protección

Entre las diferentes propuestas u opciones de reparación están las siguientes:

- ✓ Refuerzo estructural con fibra de carbono
- ✓ Encamisado de pilotes
- ✓ Encamisado de pilotes con sistemas de protección catódica.
- ✓ Retiro de hormigón en mal estado y reposición de hormigón con aditivos, inhibidor de corrosión.
- ✓ Aplicación de morteros expansivos autonivelantes.
- ✓ Utilización de hormigones proyectables.
- ✓ Protección catódica por corriente impresa.
- ✓ Otras.



**Fig. 5. 19 Foto de colocación de fibras de carbono.**

Las propuestas enunciadas son particulares para cada caso, y dependen de requerimientos conforme a las características y ubicación de la estructura, como por ejemplo: la disponibilidad de materiales, costos, desarrollo de resistencias, personal capacitado, que no se afecte la apariencia de los elementos, clima, cumplimientos de normas ambientales y de seguridad laboral, entre otras. Por lo que a continuación se describirá las propuestas de reparación conforme a la clasificación planteada, de acuerdo a las experiencias presentadas en el Puerto de Guayaquil.

#### **Elementos que requieren reposición de acero, hormigón y protección.-**

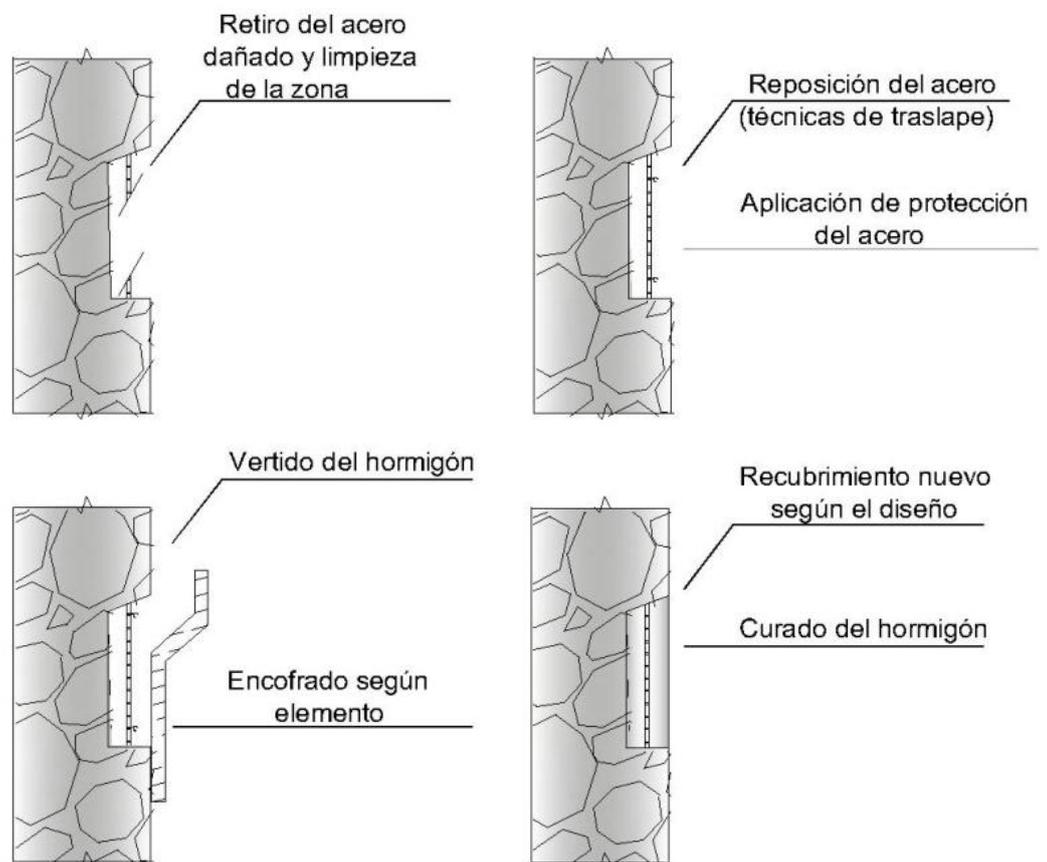
Para los elementos, se plantea el siguiente procedimiento:

Limpieza de la superficie afectada, por medios mecánicos, abrasivos o manuales, a fin de librar la zona a repararse de grasas, organismos biológicos, entre otros.

Retiro del elemento del hormigón afectado, hasta encontrar hormigón sano.

- Limpieza del acero de refuerzo expuesto, retirando el óxido en su totalidad, mediante chorro de arena, cepillos, o rasqueteadas.
- Reposición del acero de refuerzo, utilizando técnicas de traslape, según diseños y especificaciones.
- Aplicación de protector de la corrosión del acero.

- Colocación de encofrado, cuyas formas deben proveer el acceso del hormigón, además de facilitar la eliminación de burbujas de aire mediante tubos, válvulas o dispositivos de cierre, el proyecto debe contemplar un diseño de encofrado apropiado para cada elemento.
- Verificación del encofrado y empalmes de acero, de tal forma que se garantice el recubrimiento mínimo conforme a diseños.
- Colocación de hormigón de resistencia conforme a proyecto, que incluya aditivos para adherencia de hormigón existente-hormigón nuevo, inhibidor de corrosión.
- Curado conforme al proyecto.



**Fig. 5. 20 Propuesta de reparación de elemento acero y hormigón**

Para la reparación de pilotes y pantallas el procedimiento que se propone es el siguiente:

- Limpieza de la superficie afectada, por medios mecánicos, abrasivos o manuales, a fin de librar la zona a repararse de grasas, organismos biológicos, entre otros.
- Retiro del elemento del hormigón afectado, hasta encontrar hormigón sano.
- Limpieza del acero de refuerzo expuesto, retirando el óxido en su totalidad, mediante chorro de arena, cepillos, o rasqueteadas.
- Reposición del acero de refuerzo, utilizando conectores mecánicos tipo Hilti, bulbos de soldadura.
- Colocación de encamisado, cuyas formas deben proveer el acceso del hormigón, el proyecto debe contemplar un diseño de encofrado apropiado para cada elemento.
- Verificación del encofrado y empalmes de acero, de tal forma que se garantice el recubrimiento mínimo conforme a diseños.
- Colocación de hormigón de resistencia conforme a proyecto, que incluya aditivos para adherencia de hormigón existente-hormigón nuevo, inhibidor de corrosión.
- Curado conforme al proyecto.
- Posterior a la actividad realizar protección catódica.

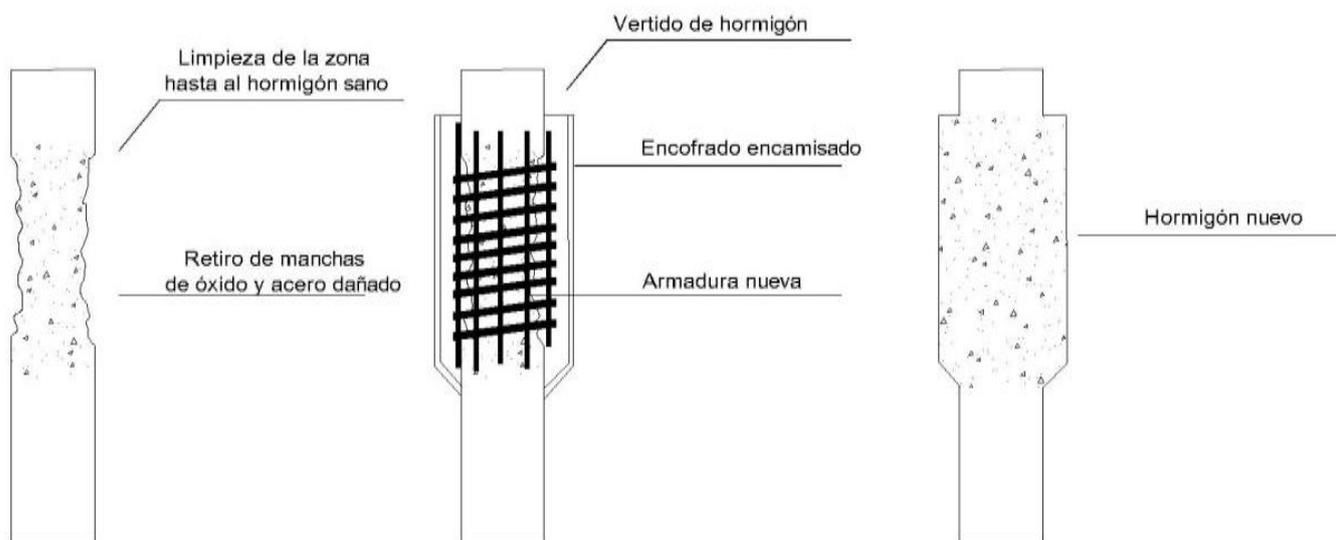
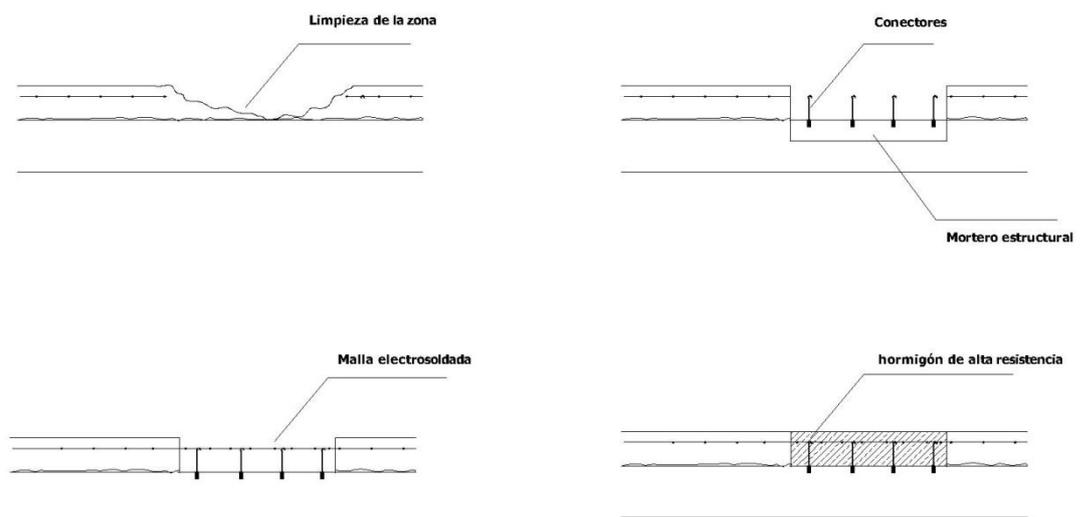


Fig. 5. 21 Reparación de pilote por encamisado

Para la reparación de losa de rodadura el procedimiento que se propone es el siguiente:

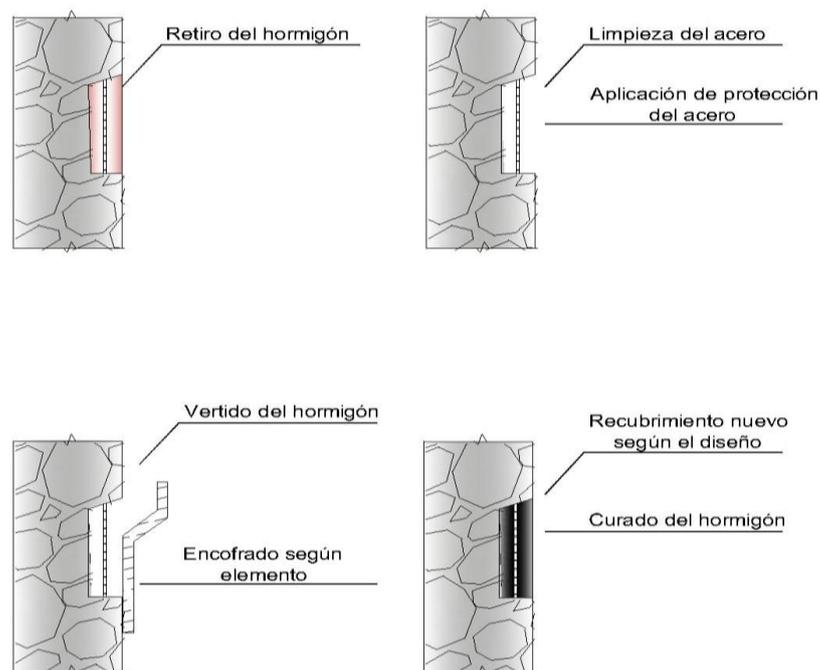
- Escarificar por medios mecánicos el espesor correspondiente hasta encontrar el acero de refuerzo, de acuerdo a los planos originales. Esta actividad deberá ser realizada con equipos como: fresadora, escarificadora, recuperadora o hidrodemoledora, que no ocasionen daños en el resto de la estructura.
- Colocar conectores de corte cuyas dimensiones deberán estar establecidas en los planos de diseño, los mismos que deberán ir anclados mediante un mortero estructural.
- En donde corresponda, deberá efectuarse juntas de construcción conforme se indica en los planos de diseño, con su respectivo encofrado; juntas que posteriormente se deberán rellenar con material elastomérico resistente a la abrasión y al derrame de carburantes.
- Colocar una malla electrosoldada o armadura de acuerdo a planos.
- Colocar hormigón de alta resistencia de acuerdo a diseños que incluya inhibidor de corrosión, microsílíce y fibras de polipropileno fibrilado.
- Se colocará un endurecedor superficial de cuarzo.
- Realizar el curado 217 respectivo
- Realizar la protección catódica respectiva.



**Fig. 5. 22 Reparación de losa de rodadura**

**Reparación de elementos que requieren reposición de hormigón y protección.-** Para este tipo de trabajos, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Limpiar la superficie a ser reparada, de forma intensiva e integral, utilizando medios mecánicos abrasivos, o de forma manual, dejando el área a trabajar libre de organismos biológicos, grasa, aceites, entre otras formas.
- Picar la zona determinada para la reparación, hasta encontrar hormigón sano, que esté libre de manchas de corrosión.
- Colocar en donde corresponda y según lo indique los planos de diseño, el encofrado respectivo.
- Colocar hormigón en el área afectada, según diseño, de preferencia que sea expansivo y autonivelante.
- Curar las superficies reparadas.
- Realizar la protección catódica respectiva.



**Fig. 5. 23 Reposición de hormigón y protección**

### **5.2.3 Sellado de fisuras**

Establecidas las causas de la fisuración de los elementos componentes de los muelles, establecidas por la evaluación correspondiente, se puede seleccionar los métodos de reparaciones adecuados, conforme a la clasificación determinada en los diagnósticos.

Para la reparación o sellado de fisuras, a partir del caso muelles del Puerto de Guayaquil se definió clasificar a las fisuras como superficiales, y profundas (ver detalle en capítulo 3), por lo que se va a describir el procedimiento de reparación de estas.

#### ***5.2.3.1 Sellado de fisuras superficiales.***

A fin de tratar fisuras superficiales, para cualquier elemento componente de los muelles, se deberá seguir el siguiente procedimiento

- Limpiar las zonas afectadas, utilizando medios mecánicos abrasivos, o manuales, dejando la superficie a reparar libre de polvo, organismos biológicos, aceites, y grasas. Para zonas humedecidas, utilizar aire caliente.
- Picar a lo largo de la fisura formando un canal de aproximadamente 2cm de profundidad, de tal manera que ésta desaparezca, se deberá utilizar un martillo especial.
- Raspar mecánicamente la superficie de hormigón, a fin de retirar cualquier tipo de extrañas partículas, y elementos contaminantes que puedan afectar la penetración y adherencia del mortero de reparación a utilizarse.
- Aplicar un aditivo adherente.
- Sellar el canal generado rellenándolo con un mortero de reparación estructural tixotrópico, además de incluir un inhibidor de corrosión. El mortero deberá ser colocado en capas sucesivas, considerando que la capa colocada predecesora deben fraguar con superficie rugosa, para que haya una adherencia correcta.
- Realizar acabado con llanas.

- Realizar actividad de curado, en base aditivos, siempre utilizando técnicas que eviten la reaparición de nuevas fisuras.

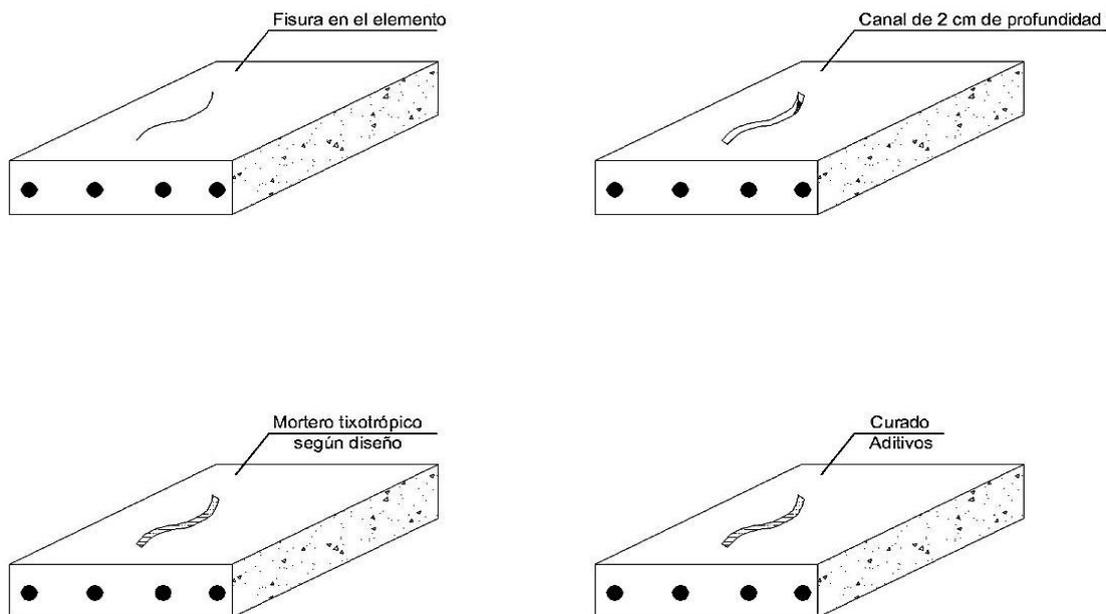


Fig. 5. 24 Propuesta de reparación fisura superficial

### 5.2.3.2 Sellado de fisuras profundas.

A fin de tratar este tipo de fisuras, para cualquier elemento componente de los muelles, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Limpiar las zonas afectadas, utilizando medios mecánicos abrasivos, o manuales, dejando la superficie a reparar libre de polvo, organismos biológicos, aceites, y grasas. Para zonas humedecidas, utilizar aire caliente.
- Colocar a lo largo de la fisura identificada boquillas plásticas para inyección, con una separación entre estas no mayor a 30cm; se deberá fijar las boquillas y sellar la fisura con un mortero de reparación.
- Inyectar a la fisura, utilizando una pistola de aire comprimido (la presión debe ser determinado por el diseñador) con cartuchos plásticos conteniendo resina

epóxica para inyección (baja densidad). La actividad de inyectado se efectuará de abajo hacia arriba hasta que la resina epóxica salga por la siguiente boquilla, procediendo a clausurarla y así sucesivamente hasta clausurar la última boquilla, garantizando que la fisura quede llena.

- Realizar acabado con llanas.
- Realizar actividad de curado, en base aditivos, siempre utilizando técnicas que eviten la reaparición de nuevas fisuras.

## Inyección a presión

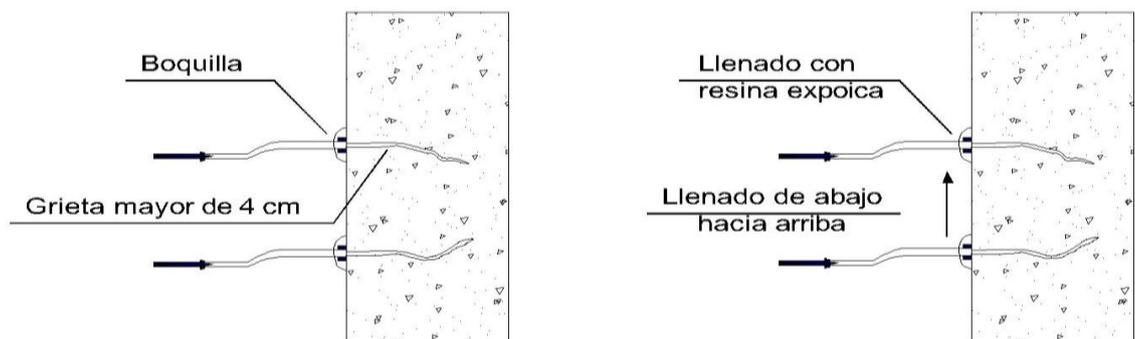


Fig. 5. 25 Propuesta de reparación fisura profunda

### 5.3 Matriz de diagnóstico-actividades de mantenimiento.

En esta sección, se plantea realizar una matriz que relacione los daños o patologías más habituales y las actividades de mantenimiento, de tal manera que se tenga una herramienta para un plan de mantenimiento preventivo-correctivo.

La matriz cuenta con cinco columnas que describen el daño y la reparación recomendada. A continuación se describe cada una de las columnas que conforman el documento propuesto:

**Columna 1: Estructura.** Esta columna se refiere al tipo de elemento al que se le hará el diagnóstico y mantenimiento respectivo.

**Columna 2: Daño.** Indica el nombre del daño encontrado en los elementos.

**Columna 3: Descripción.** Descripción del daño.

**Columna 4: Reparación.** Nombre de la actividad de mantenimiento de acuerdo con el daño detectado.

**Columna 5: Código.** Indica el código asignado en las fichas de inspección. En la tabla No. 5.2 se describe la “Matriz de diagnóstico-mantenimiento”.

| Sección                                   | Daño                         | Descripción  | Reparación propuesta  | Código de ficha de inspección de elemento |
|---|------------------------------|--|---|---|
| MUELLE 4<br>SECCIÓN 1                     | Fracturas                    | Daños severos en la estructura, requiere que se construya su parte superior, alta concentración de corrosión, disminución de sección de acero de más del 15% | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la superficie afectada</li> <li>• Retiro del elemento del hormigón afectado, hasta encontrar hormigón sano.</li> <li>• Limpieza del acero de refuerzo expuesto</li> <li>• Reposición del acero de refuerzo, utilizando conectores mecánicos tipo Hilti, bulbos de soldadura.</li> <li>• Colocación de encamisado, cuyas formas deben proveer el acceso del hormigón, el proyecto debe contemplar un diseño de encofrado apropiado para cada elemento.</li> <li>• Verificación del encofrado y empalmes de acero, de tal forma que se garantice el recubrimiento mínimo conforme a diseños.</li> <li>• Colocación de hormigón de resistencia conforme a proyecto, que incluya aditivos para adherencia de hormigón existente-hormigón nuevo, inhibidor de corrosión.</li> <li>• Curado</li> </ul> | P-67L-1                                   |
| LOSA ENTRE EJE<br>65-70 Y<br>ABSCISAS L-M | Fisuras superficiales        | Presencia de fisuras no mayores a 2 cm de profundidad y 2 mm de aberturas  | Sellado de fisuras superficiales aplicando metodología propuesta.   | L-65/70-LM                                |
|   | Desprendimiento profundo     | Presencia de acero o cercano a la presencia de acero > 4cm   | Elementos que requieren reposición de acero, hormigón y protección de corrosión   |   |
|   | Mapeo                        | Presencia de fisuras no mayores a 2 cm de profundidad y 2 mm de aberturas, agrupadas   | Sellado de fisuras superficiales aplicando metodología propuesta.   |   |
|   | Desgaste de capa de rodadura | Desagregación de agregados, deterioro de capa de rodadura, presencia de acero con pérdida de sección   | Elementos que requieren reposición de acero, hormigón y protección para losas (ver metodología propuesta para losas de rodadura)  |   |
| PANTALLA<br>MUELLE 4<br>SECCIÓN 4         | Desprendimiento profundo     | Presencia de acero o cercano a la presencia de acero > 4cm   | Elementos que requieren reposición de acero, hormigón y protección de corrosión   | PANT-83                                   |
|   | Desprendimiento superficial  | Desprendimiento de recubrimiento del hormigón < 4cm  | Elementos que requieren reposición de y protección de corrosión   |   |
|   |                              |  |   |   |

**Tabla 5. 2** Esquema de matriz de diagnóstico-mantenimiento

## CAPITULO 6

### 6 Conclusiones y Recomendaciones

De la presente tesis, en la que se presenta una propuesta de guía para evaluación y mantenimiento de muelles a partir del caso muelles del Puerto de Guayaquil, se establecen las siguientes conclusiones:

- Revisado los antecedentes históricos del Puerto Marítimo de Guayaquil, este se constituye en el puerto más importante del país, y por ende sus estructuras, especialmente sus muelles, deben responder a las exigencias operativas que demanda el mercado internacional.
- La evolución del transporte marítimo y en consecuencia del equipo de manipulación de la carga, adicionado al incremento de la demanda de mercancía en el puerto de Guayaquil, hacen necesario tener operativos los muelles, lo que conlleva a que se encuentren en buen estado de servicio y que todos sean reparados y reforzados para cumplir con las expectativas del comercio internacional.
- Los muelles son estructuras portuarias que se ven sometidas a varios agentes generadores de procesos de deterioros, tales como agentes físicos, climáticos, químicos, biológicos y mecánicos, los mismos que tienden a provocar fallas como corrosión, fractura de pilotes, fisuras, deslizamiento, entre otros.
- Las inspecciones, evaluaciones y diagnóstico de muelles deben ser realizadas por un grupo de especialistas multidisciplinarios, ya que los reportes técnicos deben abarcar varios aspectos, tales como: geotécnicos, estructurales, portuarios operativos, calidad de materiales y durabilidad del hormigón.
- Si bien es cierto que no existe una metodología estándar para inspecciones y evaluaciones de estructuras portuarias, ya que dependen del tipo de estructura y el buen criterio del especialista o grupo de especialistas; sí debe existir un método establecido para cada puerto, que permita realizar inspecciones periódicas, facilitando el diagnóstico para los mantenimientos rutinarios, para evitar grandes deterioros en los muelles.
- Dependiendo del estado de las estructuras, se puede seguir un método adecuado para las inspecciones de los muelles, para lo cual se plantea el presente trabajo de investigación.
- Previo a realizar un diagnóstico y tipo de reforzamiento o mantenimiento de muelles; y que este tenga resultados satisfactorios y de larga duración, debe realizarse un estudio completo sustentado con pruebas y ensayos, que determinen técnicamente las patologías y daños que afectan a la estructura.

- Los métodos estadísticos son una herramienta que complementan las evaluaciones de estructuras.
- El análisis de confiabilidad de estructuras portuarias, que combina modelación en 3D y métodos estadísticos, es un proceso que permite determinar probabilidades de fallas en los elementos estructurales y en la estructura en su conjunto, lo que ayudará a establecer períodos de inspección y evaluación de estructuras, de una forma más precisa y menor grado de incertidumbre.
- Las inspecciones a los muelles deben ser periódicas, y realizarse en función de la demanda de carga, ya que de este depende el arribo de buques de mayor tonelaje y en consecuencia mayor cantidad de carga, para lo cual se plantea hacer un análisis estadístico del comportamiento de arribo de embarcaciones para verificar si las naves que arriban a los muelles exceden al DWT del buque de diseño, el mismo que debe ser actualizado permanentemente. Cabe indicar que los períodos de inspección pueden variar debido a agentes externos como accidentes y malas operaciones portuarias que provocarían deterioros excesivos.
- Un mantenimiento preventivo basado en inspecciones periódicas puede ser más rentable que un mantenimiento correctivo, considerando que el ambiente portuario se ve afectado por varios factores agresivos.
- Los procesos de mantenimiento, reparación y reforzamiento de muelles deben seguir los pasos respectivos, tales como revisión de evaluación o diseño, aprobaciones, selección de proveedores con experiencia certificada, control de calidad, y recepción, a fin de que existan buenos resultados que garanticen muelles con alto grado de desempeño, y que permitan su pronto operatividad ante la presencia de eventos generadores de riesgos ejemplo sismos.

En función de las conclusiones se presentan las siguientes recomendaciones:

- Realizar para el caso de los muelles 1, 1A, 1B, 1C, 2 y 3 del Puerto de Guayaquil, inspecciones rutinarias de mantenimiento. Para el caso de los muelles 4, 5 y 6, realizar evaluaciones completas que incluyan estudios de suelos, pruebas y ensayos, dependiendo del uso que se les vaya a dar.
- La administradora de los muelles debe realizar sus inspecciones, evaluaciones y diagnóstico, en base a una metodología, misma que debe ser completa y obedeciendo procesos, que vayan desde una inspección visual para inspecciones rutinarias, hasta pruebas, ensayos e instrumentación para el caso de inspecciones especiales.
- Aplicar métodos estadísticos para las evaluaciones de los muelles, a fin de que se disminuyan los grados de incertidumbre en la interpretación de resultados, en pruebas de campo y laboratorio.

- Utilizar análisis de confiabilidad de estructuras, a fin de determinar probabilidades de fallas en los elementos estructurales y en la estructura en su conjunto, para de esta manera establecer períodos de inspección y evaluación de los muelles.
- Realizar inspecciones a los muelles de forma periódicas, para lo cual debe plantearse un método, el que puede ser en función de la demanda de carga.
- Previo a una intervención, ya sea esta de mantenimiento, reparación y/o reforzamiento de muelles, realizar los procedimientos correctos que permitan obtener un buen producto, en este caso la correcta servicialidad de los muelles; es decir, realizar la evaluación respectiva, los diseños de mantenimiento, reforzamiento y/o reparación, aprobaciones, selección de proveedores con experiencia certificada, control de calidad (para el caso de pilotes pruebas dinámicas), y recepción.

## 7 Bibliografía

1. **Acelerografo Ilustracion** [En línea]. - [www.munitacna.gob.pe/noticia-4846](http://www.munitacna.gob.pe/noticia-4846).
2. **ACI 214.4r** Norma [Informe].
3. **ASTM C 1212** Norma [Informe].
4. **ASTM C 1218** Norma [Informe].
5. **ASTM C 597** Norma [Informe].
6. **ASTM C 805** Norma [Informe].
7. **ASTM C42** Norma [Informe].
8. **ASTM C42/ 42 m03** Norma [Informe].
9. **Autoridad Portuaria de Guayaquil** Archivo del Departamento técnico.
10. **Autoridad Portuaria de Guayaquil** Bodas de oro del Puerto Marítimo de Guayaquil [Libro]. - Guayaquil : [s.n.], 2008.
11. **Calgaro Jean- Armand** Maintenance et réparation des ponts [Libro]. - [s.l.] : Prix Magasin, 1996.
12. **Caythwaite John W.** Design of marine facilitie for the berthing, mooring, and repair of vessels , second edition [Libro].
13. **CIP-OEA** X curso Iberoamericano de tecnología y operación ambiental de puerto [Conferencia]. - Santander : [s.n.], 2009.
14. **Contecon Guayaquil S.A.** [En línea]. - 2007. - 2013. - [www.cgsa.com.ec/galeria.aspx](http://www.cgsa.com.ec/galeria.aspx).
15. **Difractometro Ilustracion** [En línea]. - [www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/Palmira/materiales/pdf/cap6/amplia/conceptos-generales-agregados.pdf](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/Palmira/materiales/pdf/cap6/amplia/conceptos-generales-agregados.pdf).
16. **inclinometro Ilustracion** mesurex [En línea]. - [www.mesurex.com/descargas/ingenieria-civil-y-geotecnia-descargas/dis-500-pisa-m-litter-dipper/](http://www.mesurex.com/descargas/ingenieria-civil-y-geotecnia-descargas/dis-500-pisa-m-litter-dipper/).

17. **Inocar** [En línea]. - 2013. - Enero de 2013. - [www.inocar.mil.ec/mareas/mareas.php](http://www.inocar.mil.ec/mareas/mareas.php).
18. **Instituto mexicano del transporte** Determinacion del estado de corrosion y capacidad de carga del puerto de Guaymas [Sección del libro].
19. **Instituto mexicano del transporte** Evaluación por conformidad de un puente [Informe].
20. **Instituto mexicano del transporte** Metodología de inspección no destructiva aplicables a sistema de gestión de puentes [Libro]. - 2006.
21. **Instituto Nacional de vías** Manual de estabilidad de taludes [Libro]. - santafé de Bogotá : Escuela colombiana de Ingeniería, 1998. - 958-95941-2-3.
22. **Macdonel Martínez Guillermo [y otros]** Ingeniería marítima y portuaria [Libro]. - [s.l.] : Alfaomega, 2000. - 970-15-0258-2.
23. **Moragues Terrades Amparo** Durabilidad de hormigones en ambientes marinos: cálculos de vida útil en servicio de obras civiles. - [s.l.] : Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
24. **Neville A. M.** Tecnología del concreto [Sección del libro]. - [s.l.] : Limusa, 1989.
25. **Nicoleta Gonzales María** Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico marítimos [Informe]. - 2007.
26. **Propamsa** [En línea]. - [www.propamsa.es](http://www.propamsa.es).
27. **Riva López Enrique** Ataques al concreto [Libro]. - [s.l.] : ICG, 2010.
28. **ROM 0.2** Norma [Informe].
29. **Sánchez de Guzman Diego** Durabilidad y Patología del concreto [Libro]. - [s.l.] : Asocreto, 2002.
30. **Sánchez de Vallejo Luis I.** Ingeniería Geológica [Libro]. - Madrid : Pearson Educacion, 2002. - 84-205-3304-9.

# **ANEXO 1**

**Decreto de creación de A.P.G.**

# **DECRETO LEY DE CREACIÓN DE LA AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL**

(Decreto Ley de Emergencia No. 15)

Nota: Mediante Res. S/n (R.O. 45, 24X1960), el Congreso de la República aprobó este decreto ley de emergencia.

Camilo Ponce Enríquez

PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA,

Considerando:

Que el Puerto de Guayaquil carece de facilidades y edificaciones portuarias adecuadas para atender al Comercio Marítimo;

Que, por consiguiente, es indispensable la construcción de un Puerto Nuevo cerca de Guayaquil para propender, en mejor forma, al desarrollo económico del Ecuador;

Que en virtud de anteriores normas legales, se encargó la construcción del Puerto Nuevo al Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, el cual ha contratado los estudios económicos y de ingeniería necesarios y, en forma eficiente y adecuada ha llevado adelante la obra;

Que, sin embargo, supuesta lo magnitud y complejidad de lo misma y a circunstancia d que el Comité tiene que dedicar su labor a importantes aspectos de Vialidad, debe crearse una Nueva Entidad investida de los poderes y facultades del caso para que tome a su cargo las instalaciones y operaciones del actual Puerto de Guayaquil y la construcción y operación del Puerto Nuevo;

Que la construcción de un Nuevo Puerto cerca de Guayaquil tiene que atenderse con lo mayor urgencia, lo cual constituye un caso de emergencia económica;

Que el Consejo Nacional de Economía ha rendido el Informe que le corresponde de acuerdo con el Art. 80 de la Carta Política del Estado, según consta del Oficio N 17- P., de 1 del mes en curso,

Decreta:

Art. 1.- (Sustituido por el Art. 1 del DLE 1, R.O. 995, 17-XII-1959).- Créase, con domicilio en Guayaquil, la Autoridad Portuaria de Guayaquil, como Entidad Autónoma de Derecho Privado con finalidad pública, con personería jurídica, patrimonio y fondos propios y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones.

Art. 2.- La Autoridad Portuaria de Guayaquil tendrá, como fines específicos, el Planeamiento, la financiación, la ejecución, las operaciones, los servicios y las facilidades, tanto en el actual Puerto de Guayaquil, como en el Puerto Nuevo y de todas las obras portuarias que se construyeren dentro de su jurisdicción.

El dragado del río Guayas y de sus afluentes continuará a cargo del Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas. Por consiguiente, lo Autoridad no estará obligada a efectuar dicho dragado.

Art. 3.- Para el cumplimiento de sus fines y para el ejercicio de sus atribuciones, la Autoridad Portuaria de Guayaquil tendrá jurisdicción sobre la zona marítima y fluvial y sobre el área terrestre portuaria indicadas en el presente Artículo. La zona marítima y fluvial comprende todo el río Guayas, todo el Estero Salado, y el Canal de Unión que se construirá entre el Estero Salado y el río Guayas.

Los términos río Guayas y Estero Salado tienen, en esta Ley, los siguientes significados:

a) El Estero Salado significa todo el Estero Salado y todas sus ramificaciones, inclusive el Estero del Muerto, el Estero Santa Ana y el Estero Cobina.

b) El Río Guayas significa todo el Río Guayas con todas sus ramificaciones y las desembocaduras de otros Ríos, a partir de la confluencia entre los Ríos Babahoyo y Daule.

c) Tanto el río Guayas como el Estero Salado se entenderán limitados para los fines de jurisdicción señalados en esta Ley, por una línea recta imaginaria trazada sobre el mar, desde la población General Villamil (Playas hasta un punto 10 kms. más el Sur de Punta Salinas, en la isla Puná y, desde este punto, hasta otro 10 kms. al sur de Punta Arena, en la misma isla Puná y, desde este último punto, hasta la desembocadura del río Pagua en el Golfo

de Guayaquil.

A lo largo de todas las costas y de todas las islas que tocan las aguas, esta zona marítima y fluvial se extiende hasta 10 metros tierra adentro, medidos desde la línea de la más alta marea.

El área terrestre portuaria comprende todas las extensiones de terreno y edificaciones aledañas a la zona marítima y fluvial y será determinada y modificada, en el curso del tiempo, si es necesario conforme al literal e) del Art. 18.

Art. 4.- La Autoridad Portuaria para la obtención de sus fines, tendrá las siguientes atribuciones:

a) Usar y asignar el uso de los servicios y de las facilidades del actual puerto y los del nuevo Puerto de Guayaquil;

b) Coordinar y regular las operaciones marítimo-comerciales y el movimiento y almacenaje de carga y determinar los lugares y espacios en que ésta debe permanecer;

c) Disponer todo lo concerniente a los procedimientos administrativos y de control del servicio portuario, a los sistemas de trabajo y, en general, al mejor aprovechamiento conjunto de las facilidades portuarias y de navegación, lo mismo que a todos los servicios que se destinen a que puedan destinarse a estos fines;

d) Controlar y supervigilar, dentro de su jurisdicción, la navegación y proveer a las naves del servicio de prácticos y pilotos especializados;

e) Aplicar las leyes portuarias y dictar todos los reglamentos que considere adecuados para cumplir mejor con sus finalidades y atribuciones, los cuales entrarán en vigencia y no tendrán obligatoriedad general, sino después de aprobados por el Ministro del Tesoro;

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

f) Cobrar todas las tasas e impuestos que le corresponden conforme al presente Decreto;

g) Establecer y cobrar todas las tarifas relativas a los servicios que preste.

Art. 5.- Para la mejor consecución de sus fines, la Autoridad Portuaria de Guayaquil podrá extender sus obligaciones a otras actividades, de índole complementaria, que considerare convenientes para el mejor desarrollo de los servicios portuarios; podrá adquirir toda clase de bienes muebles e inmuebles, gravarlos o enajenarlos, efectuar construcciones, contraer empréstitos dentro y fuera del País, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes y, en general, efectuar todos los actos jurídicos que fueren necesarios o convenientes para los fines de su Institución.

Art. 6.- Ingresarán al patrimonio de la Autoridad Portuaria todos los bienes muebles que actualmente se encuentren bajo la administración de la Dependencia del Ministerio del Tesoro, denominada "Servicio de Muelles y Depósitos en Guayaquil", esto es todo su equipo terrestre y flotante, todo su equipo mecánico de manipuleo, herramientas, utensilios, etc.

Las cantidades que el "Servicio de Muelles y Depósitos en Guayaquil" estuviere adeudando a terceros por la adquisición de los bienes mencionados en el inciso anterior y que no se pagaren todavía a la fecha de entrega de esos bienes, por inventario, de acuerdo con este artículo, serán abonadas a dichos terceros por la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Los bienes inmuebles que tiene el "Servicio de Muelles y Depósitos en Guayaquil", como terrenos, bodegas, etc., serán concedidos gratuitamente en su uso y goce a la Autoridad Portuaria de Guayaquil, hasta que dicha Entidad resuelva que ya no los necesita.

La entrega de todos los bienes a que se refiere este Artículo y la determinación del pasivo mencionado, en el inciso 2) se harán, por inventario, el primero de Enero de 1959.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

Art. 7.- El "Servicio de Muelles y Depósitos en Guayaquil" quedará suprimido en la fecha en que se efectuare la entrega a que se refiere el artículo anterior.

El Personal de este "Servicio de Muelles y Depósitos en Guayaquil" podrá pasar a efectuar sus labores a órdenes de la Autoridad Portuaria.

La disposición puntualizada en el inciso anterior no obstará la facultad de la Autoridad Portuaria para efectuar ajustes en su organización y en la práctica de los servicios y para aumentar o disminuir el personal según sus necesidades.

Art. 8.- El Servicio de faros dentro de la zona señalada en el artículo 3o), estará también a cargo de la Autoridad Portuaria, pero esta Entidad podrá entrar en negociaciones con la Capitanía del Puerto, a fin de que, por el tiempo que la Autoridad Portuaria lo crea conveniente continúe con el servicio de faros ya establecido en el actual Puerto de Guayaquil, la mencionada Capitanía. Así mismo, el Servicio de practicaje marítimo dentro de la zona de jurisdicción mencionada en el artículo 3o) estará a cargo de la Autoridad Portuaria, la cual, si lo juzgare conveniente podrá entrar en negociación con las competentes Autoridades de la Marina de Guerra Nacional, para que el servicio de practicaje marítimo que, en el actual Puerto de Guayaquil, lo presta la Marina continúe bajo la dependencia de la misma.

En todo caso, el servicio de faros y de practicaje marítimo en el Puerto Nuevo de Guayaquil y en el Estero Salado estará a cargo exclusivamente de la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

La Autoridad Portuaria, podrá además, instalar y operar los servicios, equipos, aparatos e implementos de telecomunicaciones alámbricas e inalámbricas en especial de radio, y en general, de señales, necesarios para ponerse en contacto con las naves.

Art. 9.- Desde el 1o de Enero de 1959 las tasas portuarias y de almacenaje de mercaderías, - establecidas por el Decreto Ley de Emergencia No. 30, de 31 de diciembre de 1953, promulgado en el Registro Oficial No. 415, de 15 de Enero de 1954, con la aclaración puntualizada en el Decreto Ley de Emergencia No. 22, de 27 de junio de 1955, promulgado en el Registro Oficial No. 859, de 4 de junio de 1955, tasas portuaria y de almacenaje de mercaderías que tendrán que cobrarse por servicios de embarque y desembarque en la zona marítima y fluvial y en el área terrestre portuaria establecida en el Artículo 3o de este Decreto-, serán íntegramente percibidas y recaudadas por la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Las tasas que se establecen en el Artículo 11) del presente Decreto, serán también cobradas directamente por la Autoridad Portuaria de Guayaquil, a partir del primero de enero de 1959.

Art. 10.- Desde la fecha de vigencia del presente Decreto y para los fines en el mismo indicados, será entregado directamente a la Autoridad Portuaria de Guayaquil el porcentaje del 90 %, establecido por el Decreto-Ley de Emergencia No. 13, de 7 de marzo de 1955, promulgado en el Registro Oficial No. 765, de 14 de marzo de 1955, porcentaje que tiene que computarse sobre el 5.85% del 36.37% del total de las recaudaciones por derechos arancelarios que se efectuaren en todas las Aduanas y Oficinas Postales de la República, conforme a los Decretos-Leyes de Emergencia 22 y 23, de 11 de julio de 1953, promulgadas en el Registro Oficial No. 279, del 1o de Agosto de 1953, reformado el No. 23 por el Decreto-Ley de Emergencia No. 19 de 15 de junio de 1957, promulgado en el Registro Oficial No. 267, de 20 de julio de 1957.

El porcentaje restante del 10% a que se refiere el citado Decreto-Ley de Emergencia No. 13 de 7 de marzo de 1955, continuará siendo entregado al Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, para los fines en el mismo puntualizados.

Art. 11.- A partir de la fecha de vigencia del presente Decreto, a más de las tasas referidas en los artículos 9 y 10, se grava con una tasa adicional de treinta sucres, por tonelada de mil kilos, la carga de importación y con otra, de cinco sucres por tonelada de mil kilos la carga de exportación que se embarque o desembarque en cualquier punto comprendido en la zona de su jurisdicción mencionada en el artículo 3o), bien sea que se utilicen o no los servicios completos de muelles y aduanas. Exceptúense de estas tasas adicionales, la importación de trigo, la importación y exportación del Petróleo y sus derivados y la exportación de banano.

Estos gravámenes serán recaudados conjuntamente con las tasas actuales por la Colecturía de Aduana de Guayaquil, hasta que la Autoridad Portuaria comience a recaudarlas directamente, de conformidad con lo dispuesto en el Art. 9o del presente Decreto.

El producto de estas tasas adicionales será depositado por el Colector de la Aduana en una cuenta Especial en el Banco Central del Ecuador, bajo la denominación de "Tasas Adicionales para la construcción del Puerto Nuevo de Guayaquil", y será administrado por la Autoridad Portuaria e invertido exclusivamente en los fines establecidos en el presente Decreto.

Estas tasas adicionales estarán vigentes sólo hasta el 31 de diciembre de 1962.

Art. 12.- El Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, tan pronto como sea notificado para ello por la Autoridad Portuaria de Guayaquil, entregará a dicha Entidad, la totalidad de los fondos disponibles que ha recaudado para la construcción del Puerto Nuevo de Guayaquil, bien sea que se mantengan estos fondos actualmente en una Cuenta denominada "Construcción del Puerto Nuevo" en el Banco Central, Sucursal de Guayaquil, bien sea que se encuentren en otras Cuentas Bancarias, ya que lo fundamental es que todos los fondos disponibles que se hubieren recaudado pasen del poder del Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, al de la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

El Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, entregará, asimismo, a la Autoridad Portuaria, la suma de un millón doscientos cincuenta mil sucres, por semestre, a partir del 30 de junio de 1960, día en el cual entregará la primera, hasta completar las cantidades que habiendo sido recaudadas para la construcción del Nuevo Puerto de Guayaquil, se han invertido, previas las autorizaciones legales correspondientes, en la construcción de carreteras. En este sentido, se han de entender reformados todos los plazos establecidos por esas disposiciones legales para reintegrar esas cantidades por el Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, a la construcción del Puerto Nuevo de Guayaquil.

El Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas, tan pronto como sea notificado para ello por la Autoridad Portuaria, estará obligado a presentar la contabilidad y los documentos correspondientes o la inversión de dichas cantidades y las autorizaciones legales, en virtud de los cuales ha podido invertir dichos fondos en las mencionadas obras de vialidad.

Finalmente, todo el mobiliario, biblioteca, útiles, equipo mecánico de oficina, equipo técnico, equipo de transporte caminero y flotante, equipo de comunicaciones, enseres, herramientas y motores y, en general, todo lo que hubiere adquirido el Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas para la construcción del Puerto Nuevo entregará tan pronto como sea notificado para ello por la Autoridad Portuaria de Guayaquil, a esta Entidad, junto con el inventario correspondiente o, en su defecto, le abonará una suma equivalente a los bienes que no pudiere entregar, conforme a los precios constantes en el inventario, deducidos los costos de las depreciaciones correspondientes.

El Art. 12 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador (R.O. 34-S, 13-III-2000), establece que en todas las normas vigentes en las que se haga mención a valores en moneda nacional deberá entenderse que los montos correspondientes pueden ser cuantificados o pagados en su equivalente en dólares de los Estados Unidos de América a una relación fija e inalterable de veinticinco mil sucres por cada dólar.

Art. 13.- Declárase de utilidad pública los bienes inmuebles que fueren necesarios para que Autoridad Portuaria pueda cumplir con sus finalidades, los que serán señalados en cada caso por el Directorio de la Autoridad Portuaria a petición del Gerente General.

El Gerente General de la Autoridad Portuaria solicitará al Procurador General de la Nación que, por sí mismo o por medio del funcionario que éste delegare, obtuviere, las expropiaciones, acuerdo con las normas establecidas por la Constitución y por el Código de Procedimiento Civil.

Las expropiaciones necesarias para los caminos y vías de acceso que estén a cargo de la Autoridad Portuaria o que ésta necesitare construir o adquirir, se sujetarán al procedimiento establecido para la Ley de Caminos y sus reformas. En estos casos, la Autoridad Portuaria solicitará la expropiación al Director General de Obras públicas e iniciará el trámite correspondiente.

Nota:

El Procurador General de la Nación es actualmente el Procurador General del Estado.

Art. 14.- La Autoridad Portuaria reglamentará las características de todas las construcciones y todas las actividades dentro del área terrestre portuaria y dentro de la zona marítima y fluvial de modo que no se obste con ellas a las operaciones portuarias.

La Autoridad Portuaria podrá tomar todas las medidas necesarias e imponer multas hasta de cien mil sucres, de acuerdo con la gravedad de la falta para evitar que se contravengan sus disposiciones sobre las actividades que se contravengan dentro de su jurisdicción y podrá requerir la ayuda de cualquiera Autoridad Administrativa y, en especial, de la Policía.

La Autoridad Portuaria podrá organizar su propio cuerpo de vigilantes que se encargará de hacer respetar sus disposiciones en la zona marítima y fluvial y en el área terrestre portuaria.

Nota:

El Procurador General de la Nación es actualmente el Procurador General del Estado.

El Art. 12 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador (R.O. 34-S, 13-III-2000), establece que en todas las normas vigentes en las que se haga mención a valores en moneda nacional deberá entenderse que los montos correspondientes pueden ser cuantificados o pagados en su equivalente en dólares de los Estados Unidos de América a una relación fija e inalterable de veinticinco mil sucres por cada dólar.

Art. 15.- La Dirección Superior de la Autoridad Portuaria estará a cargo de un Directorio integrado por los siguientes Miembros:

a) Un Presidente nombrado para un período de cuatro años por el señor Presidente de la República;

b) Un Vocal de libre nombramiento y remoción del Ministro del Tesoro, Vocal que será al mismo tiempo, el Vicepresidente del Directorio;

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

c) Un Vocal de libre nombramiento y remoción del Ministro de Obras Públicas;

d) (Reformado por el Art. 1 del D.E. 753, R.O. 513, 3-VI-1965).- El Director de la Marina Mercante y del Litoral;

e) El Director Principal del Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas;

f) (Sustituido por el Art. 1 del D.E. 108, R.O. 419, 20-I-1965).- Tres Vocales que serán designados por la Cámara de Agricultura de la II Zona y por las Cámaras de Comercio y de Industrias de Guayaquil, conforme al Reglamento que dentro del plazo de 15 días a partir de la fecha de promulgación de este Decreto, será dictado por el Ministro de Finanzas.

Los Vocales señalados en los literales b) y c) tendrán sus respectivos suplentes, designados en la misma forma y por los mismos funcionarios que los nombraren.

Los Vocales señalados en el literal f) tendrán también sus respectivos Suplentes, designados para el mismo lapso que los principales y por las Cámaras indicadas;

En caso de falta o ausencia transitorias de uno de los Vocales señalados en el literal b) y en el literal c), les subrogará el respectivo Suplente.

En caso de falta definitiva de los Vocales señalados en los literales b) y c) los Ministros respectivos nombrarán nuevos Vocales Principales.

En caso de falta temporal o ausencia de uno de los Vocales señalados en el literal f), les subrogará el respectivo Suplente.

En caso de falta definitiva de uno de los Vocales señalados en el literal f), adquirirá el carácter de principal el respectivo Suplente y durará en sus funciones, hasta terminar el período para el cual fue elegido.

En caso de falta o ausencia temporales de los Vocales señalados en los literales d) y e), harán sus veces los funcionarios que les estuvieren subrogando.

En caso de falta o ausencia temporales del Presidente del Directorio hará sus veces el Vicepresidente.

En caso de falta definitiva del Presidente del Directorio, el Presidente de la República procederá a nombrar un nuevo Presidente del Directorio, para el período que faltare para completar el anterior. Entre tanto se efectuare el nombramiento, estará encargado de la Presidencia el Vicepresidente del Directorio. Si por cualquier circunstancia los Organismos o Funcionarios mencionados no designaren sus Vocales dentro de treinta días a contarse desde la fecha en que se les notificare para ello por el Ministerio del Tesoro, notificación ésta que deberá efectuarse treinta días antes de la terminación del período para el cual fueron designados los Vocales anteriores, bien entendido que el Gerente General deberá recordar al Ministro del Tesoro con sesenta días de anticipación para que efectúe esa notificación, los Vocales que faltaren podrán ser designados directamente por el Presidente de la República, para los correspondientes períodos.

El primer Directorio de la Autoridad Portuaria deberá estar integrado dentro de dos meses a contarse desde la fecha de expedición del Reglamento a que hace referencia el literal f) del presente Artículo. En

caso contrario el Presidente de la República tendrá la facultad indicada en el inciso anterior.

Los Ministros del Tesoro y de Obras Públicas podrán concurrir separada o conjuntamente a cualquiera de las Sesiones del Directorio, en cuyo caso tendrán voz y voto.

En este mismo supuesto, si el Ministro respectivo procede a votar, no podrá hacerlo, en la misma Sesión y sobre el mismo asunto, el Vocal designado por él.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

Art. 16.- (Sustituido por el Art. 2 del D.E. 108, R.O. 419, 20-I-1965).- Tendrá quórum el Directorio de la Autoridad Portuaria y, por lo tanto podrá sesionar con la concurrencia de, por lo menos, cinco de sus miembros".

Sus resoluciones serán tomadas por la simple mayoría Aritmética de los Vocales que asistiere a la respectiva sesión.

El Presidente del Directorio además del que le corresponde como Vocal, tendrá voto dirimente cuando se produzca empate en cualquier votación.

Art. 17.- El Presidente del Directorio de la Autoridad Portuaria presidirá las Sesiones de dicho Organismo y ordenará, con la oportunidad debida, su convocatoria, pero no tendrá funciones de carácter ejecutivo dentro de la Autoridad Portuaria ya que todas éstas están confiadas al Gerente General.

Art. 18.- El Directorio de la Autoridad Portuaria tendrá las siguientes facultades:

a) Aprobar los proyectos del mejoramiento y desarrollo de la Autoridad Portuaria, proyectos que serán sometidos a su consideración por el Gerente General;

b) Autorizar la celebración de los contratos y operaciones que fueron necesarios para el cumplimiento de los fines de la Autoridad Portuaria. En los Reglamentos, el Directorio fijará la cuantía máxima para los contratos y operaciones, en los cuales podrá intervenir el Gerente General sin

autorización previa.

c) Aprobar el Presupuesto que anualmente someterá a su consideración el Gerente General;

d) Aprobar anualmente las cuentas y los balances de la Autoridad Portuaria que le serán presentados por el Gerente General;

e) Determinar, con aprobación del Ministro del Tesoro el área terrestre portuaria y, cada vez que lo estimare necesario, modificar esa área con igual aprobación;

f) Nombrar o contratar, previa aprobación del Presidente de la República un Gerente General de la Autoridad Portuaria, hasta por un lapso máximo de cinco años, que podrá ser indefinidamente renovable.

g) Aprobar, a petición del Gerente General, la creación de los diferentes Departamentos de la Autoridad Portuaria;

h) Designar a los Jefes Departamentales de la Autoridad Portuaria, de entre las personas que serán sometidos a su consideración por el Gerente General;

i) Establecer y modificar, de acuerdo con el literal g) del Art. 4 previa aprobación del Ministerio de Tesoro, las correspondientes tarifas por los servicios y facilidades que prestare;

j) Aprobar los Reglamentos que fueren necesarios o convenientes para la buena marcha de la Autoridad Portuaria, los cuales deberán contener necesariamente normas relativas al funcionamiento de los servicios y facilidades, en general, al de los diversos Departamentos y al sistema de contabilidad al cual debe sujetarse la Autoridad Portuaria; estos Reglamentos no tendrán obligatoriedad general sino después de su aprobación por el Ministro del Tesoro;

k) Reunirse, ordinariamente, una vez, por mes y extraordinariamente, cuando el Presidente lo juzgare oportuno;

l) Presentar por medio de su Presidente, un informe anual de sus labores y de su estado financiero al Presidente de la República y al Ministro del Tesoro.

ll) Determinar cuáles funcionarios y empleados de la Autoridad Portuaria han de rendir cauciones para el desempeño de sus respectivos cargos, fijar la cuantía de las mismas y calificarlas, como medida previa a su recepción, en cada caso.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

Art. 19.- El Presidente y los Miembros del Directorio percibirán por cada Sesión, exclusivamente los honorarios que determinare el Ministro del Tesoro. Pero cuando tuvieren que realizar viajes dentro o fuera del País, para cumplir comisiones que les fueran encomendadas por la Autoridad Portuaria podrán percibir los viático y gastos de viaje necesarios que les fueren fijados por el Directorio.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministro de Finanzas.

Art. 20.- El Gerente General de la Autoridad Portuaria podrá ser nacional o extranjero y será nombrado o contratado por el Directorio, con aprobación del Presidente de la República.

La representación legal de la Autoridad Portuaria será ejercida, para comunicar el nombramiento o suscribir el contrato a que se refiere el inciso anterior, por el Presidente del Directorio o por quien le estuviere subrogando legalmente.

Art. 21.- El Gerente General de la Autoridad Portuaria será el Órgano Ejecutivo de dicha Entidad y tendrá su representación legal en todos los asuntos judiciales y extrajudiciales que tengan relación con la misma.

Son atribuciones del Gerente General:

a) Planificar los proyectos de mejoramiento y desarrollo de la Autoridad Portuaria y someterlos a la aprobación del Directorio;

b) Ejecutar los Acuerdos y Resoluciones del Directorio, celebrando todos los actos, contratos u operaciones que sean aprobados por el mismo y necesarios o convenientes para el cumplimiento de los fines de la Autoridad Portuaria. De acuerdo con el Art. 18 literal b) de este Decreto, podrá intervenir sin autorización individual, en cada caso, en los contratos y operaciones cuya cuantía no excediere de los límites establecidos en los respectivos Reglamentos;

c) Elaborar el proyecto de presupuesto anual de la Autoridad Portuaria y someterlo a la aprobación del Directorio;

d) Presentar al Directorio, en cada año, para su aprobación las cuentas y

los balances de la Autoridad Portuaria;

e) Responder ante el Directorio por la buena marcha de todos los Departamentos, servicios y facilidades de la Autoridad Portuaria;

f) Ejecutar los actos y adoptar las resoluciones y medidas que requiera el normal desenvolvimiento de las operaciones marítimo-comerciales, etc., del Puerto y el movimiento y almacenaje de carga y determinar los lugares y espacios en que ésta pudiere permanecer;

g) Solicitar al Directorio que apruebe la creación de los diferentes Departamentos de la Autoridad Portuaria que fueren necesarios o convenientes para su buena marcha;

h) Nombrar, contratar y remover o todo el personal de la Autoridad Portuaria, con excepción de los Jefes Departamentales que tienen que ser designados por el Directorio, de entre las personas sometidas a su consideración por el Gerente General;

i) Someter al Directorio los proyectos de tarifas relativas a los servicios que prestare para su aprobación;

j) Someter a la aprobación del Directorio los proyectos de Reglamentos que fueren necesarios o convenientes para la buena marcha y para el cumplimiento de los objetivos de la Autoridad Portuaria.

Art. 22.- El Gerente General deberá asistir con voz pero sin voto, a las Sesiones del Directorio.

En los Reglamentos se determinarán quiénes y en qué orden subrogarán al Gerente General en caso de ausencia o falta transitoria de éste.

En estos casos el respectivo subrogante tendrá, mientras estuviere reemplazando al Gerente General, todas las atribuciones y deberes que la ley confiere a éste.

Art. 23.- La Autoridad Portuaria de Guayaquil es una Entidad Autónoma y el Estado garantiza su Régimen Jurídico, estabilidad y bienes, sin perjuicio de lo establecido en el Art. 26 del presente Decreto. Por ningún motivo su presupuesto podrá ser centralizado o incluido en las leyes de presupuesto del Estado.

Art. 24.- Los fondos de la Autoridad Portuaria de Guayaquil serán invertidos exclusivamente en la consecución y mejoramiento de sus fines.

En los presupuestos anuales de la Autoridad Portuaria se harán constar necesariamente los egresos correspondientes a los gastos de construcción, mientras fueren necesarios, a los de operación, a los de mantenimiento de los equipos e instalaciones, al servicio de los empréstitos que se hubieren contratado o que se contrataren, a la ampliación de los servicios y, además, un fondo de depreciación de los equipos e instalaciones, todo ello de acuerdo con el Plan de Labores que se trazare la Entidad.

Cuando se terminaren las obras del Puerto Nuevo y exclusivamente en cuanto hubiere excedentes de fondos después de satisfacer los gastos y las reservas mencionadas en el inciso anterior, muy en especial el pago de los empréstitos, dicho excedente será repartido por igual, en dos cuentas que también constarán en los presupuestos anuales de la Autoridad Portuaria: la primera, relativa a las reservas económicas para capitalización que fuere a constituir la Autoridad Portuaria y, la segunda, relativa al aporte que fuere a efectuar a los Presupuestos Generales del Estado.

Art. 25.- Los Miembros del Directorio serán responsables personal y solidariamente, por todos los actos, resoluciones u omisiones de dicho Organismo que contravinieren las leyes o que se encaminaren hacia la realización de fines no asignados o la Autoridad Portuaria por el presente Decreto. Idéntica responsabilidad incumbe por sus actos u omisiones al Gerente General.

No habrá responsabilidad por parte de los Miembros del Directorio que se hubieren opuesto, con su voto, a los referidos actos, o resoluciones, o que hubieren tratado de evitar las omisiones a que se hace referencia en este Artículo.

Esta responsabilidad prescribe en cuatro años contados desde la fecha en que se realice el acto o resolución o haya tenido lugar la respectiva omisión.

Art. 26.- El Ministerio del Tesoro y la Contraloría General de la Nación podrán examinar y fiscalizar, en cualquier tiempo, las cuentas y los bienes de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, para cuyo objeto todos los funcionarios y empleados de este Organismo les facilitarán todos los documentos y datos necesarios que estuvieren bajo su custodia.

Para fines informativos exclusivamente, la Autoridad Portuaria enviará sendas copias de sus presupuestos anuales a la Junta de Planificación y Coordinación Económica y al Ministerio del Tesoro.

Notas:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

- La Contraloría General de la Nación es actualmente la Contraloría General del Estado.

- Las atribuciones de la Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, en última instancia, fueron absorbidas por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). Por disposición del Art. 279 de la Constitución de la República del Ecuador (R.O. 449, 20-X-2008).

- Las funciones, activos y pasivos de la Oficina de Planificación de la Presidencia de la República (ODEPLAN) y de la Secretaría de Diálogo Social y Planificación pasarán a formar parte de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), por lo que se deroga el D.E. 120 (R.O. 27, 16-IX-1998), mediante el Art. 7 del D.E. 1372 (R.O. 278, 20-II-2004).

Art. 27.- En atención a la importancia de los servicios que debe atender, la Autoridad Portuaria gozará de liberación de todo impuesto, tasa o contribución especial, sean éstos fiscales, municipales o de cualquier otra clase y estén establecidos o se establecieren, en lo futuro, por leyes generales o especiales.

Art. 28.- La Jurisdicción de la Autoridad Portuaria sobre la zona marítima y fluvial y sobre el área terrestre portuaria mencionadas en el Art. 3o) del presente Decreto, sólo se refiere a las finalidades y comprende las atribuciones expresadas en este Decreto. Por lo mismo, no interfiere para nada las funciones específicas que tienen que desarrollar en las zonas y área citada, otras Autoridades y Funcionarios del orden administrativo o judicial y los servicios a cargo de las Dependencias Administrativas del Ministerio del Tesoro, los de la Policía Marítima y las funciones específicas de la Marina de Guerra Nacional.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

Art. 29.- La Autoridad Portuaria no podrá exonerar a ninguna persona natural o jurídica, ni a ninguna Entidad, bien sea de Derecho Público o de Derecho Privado con finalidad social o pública, o de Derecho Privado

exclusivamente del pago de las tasas, o tarifas que tuviere que cobrar por sus servicios, ni efectuar una rebaja con respecto a las mismas.

Pero si antes de la fecha de vigencia del presente Decreto se hubiere estipulado con el Fisco que determinadas personas naturales o jurídicas han de gozar de exoneraciones o que, en su defecto, el Fisco ha de pagar los valores correspondientes, continuarán dichas personas gozando de las exoneraciones hasta que expiraren los plazos para los cuales fueron las mismas concertadas, sin que, por ningún motivo, pueda renovarse su concesión después de terminado el plazo del contrato respectivo.

Art. 30.- De la ejecución del presente Decreto Ley de Emergencia, que entrará en vigencia en toda la República desde la fecha de su promulgación se encargarán los señores Ministros de Estado en las Carteras de Gobierno, Obras Públicas, Defensa Nacional y Tesoro.

Nota:

El Ministro del Tesoro es actualmente el Ministerio de Finanzas.

Dado en el Palacio Nacional, en Quito, a 10 de Abril de 1958.

#### FUENTES DE LA PRESENTE EDICIÓN DE LA DECRETO LEY DE CREACIÓN DE LA AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL

1. Decreto Ley de Emergencia 15 (Registro Oficial 486, 12-IV-1958)
2. Decreto Ley de Emergencia 1 (Registro Oficial 995, 17-XII-1959)
3. Decreto Supremo 108 (Registro Oficial 419, 20-I-1965)

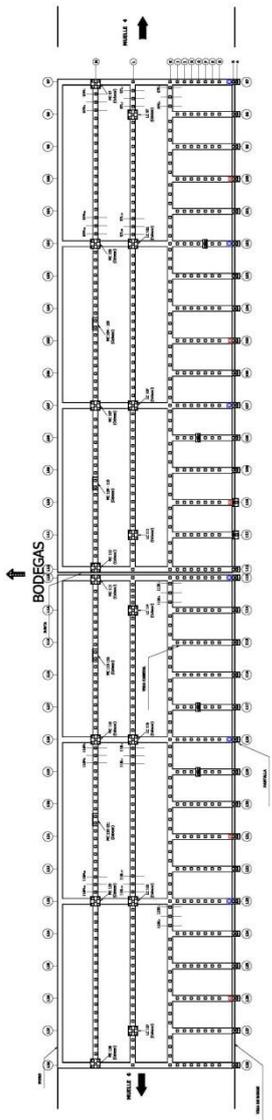
Decreto Supremo 753 (Registro Oficial 513, 3-VI-1965)

# **ANEXO 2**

**PLANOS DE LOS MUELLES**

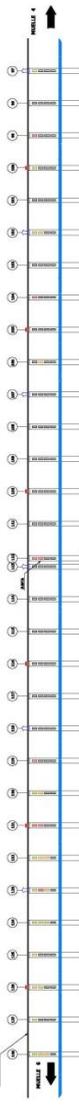






**PLANTA**  
**ESCALA 1:500**

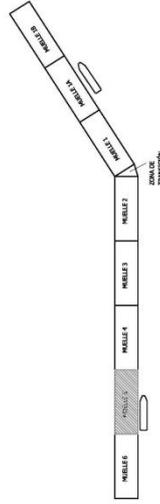
**VISTA FRONTAL DEL MUELLE 5**



**ELEVACIÓN FRONTAL**  
**ESCALA 1:500**

**SIMBOLOGÍA**

|  |          |
|--|----------|
|  | CONCRETO |
|  | ACERO    |
|  | DEFENSAS |
|  | PAREDES  |
|  | LOSAS    |
|  | VENTANAS |
|  | PUERTAS  |



**IMPLANTACIÓN DE LOS MUELLES 2,3,4,5,6. ZONA DE TRANSICIÓN Y MUELLES 1, 2A Y 1B SIN ESCALA**

**PROYECTO GENERAL DE CONTENEDORES**  
CONSEJO LOCAL

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE VIAL DE BUQUE Y ESTACION DE LOS MUELLES 2, 3, 4, 5 Y 6

PLANTA Y ALZAMIENTO ARQUITECTÓNICA

ESCALA: 1:500

ZONA: 02B

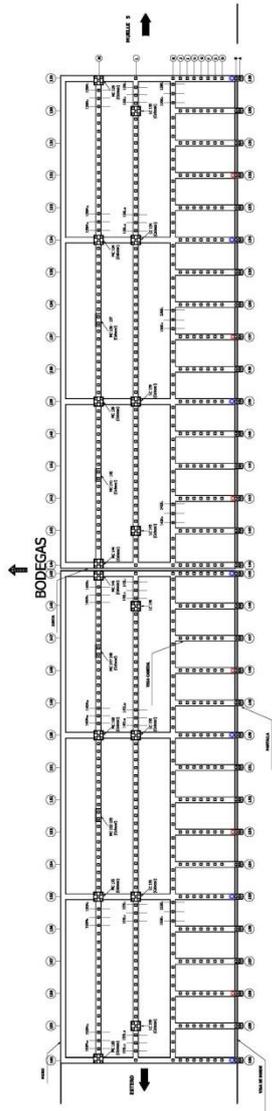
SEPTIEMBRE 2008

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO

PROYECTO

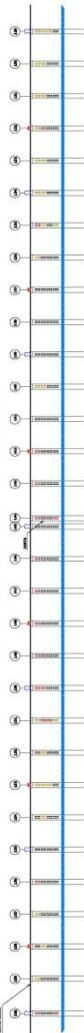


**NOTAS GENERALES**



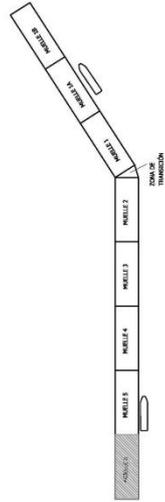
**PLANTA  
ESCALA 1:500**

**VISTA FRONTAL DEL MUELLE 6**



**ELEVACIÓN FRONTAL  
ESCALA 1:500**

| SIMBOLOGÍA |             |
|------------|-------------|
| [Symbol]   | ATA         |
| [Symbol]   | CONCRETO    |
| [Symbol]   | DEFLECTORES |
| [Symbol]   | ANILAS      |
| [Symbol]   | EN COBRE    |
| [Symbol]   | ACERADO     |
| [Symbol]   | PIEDRA      |

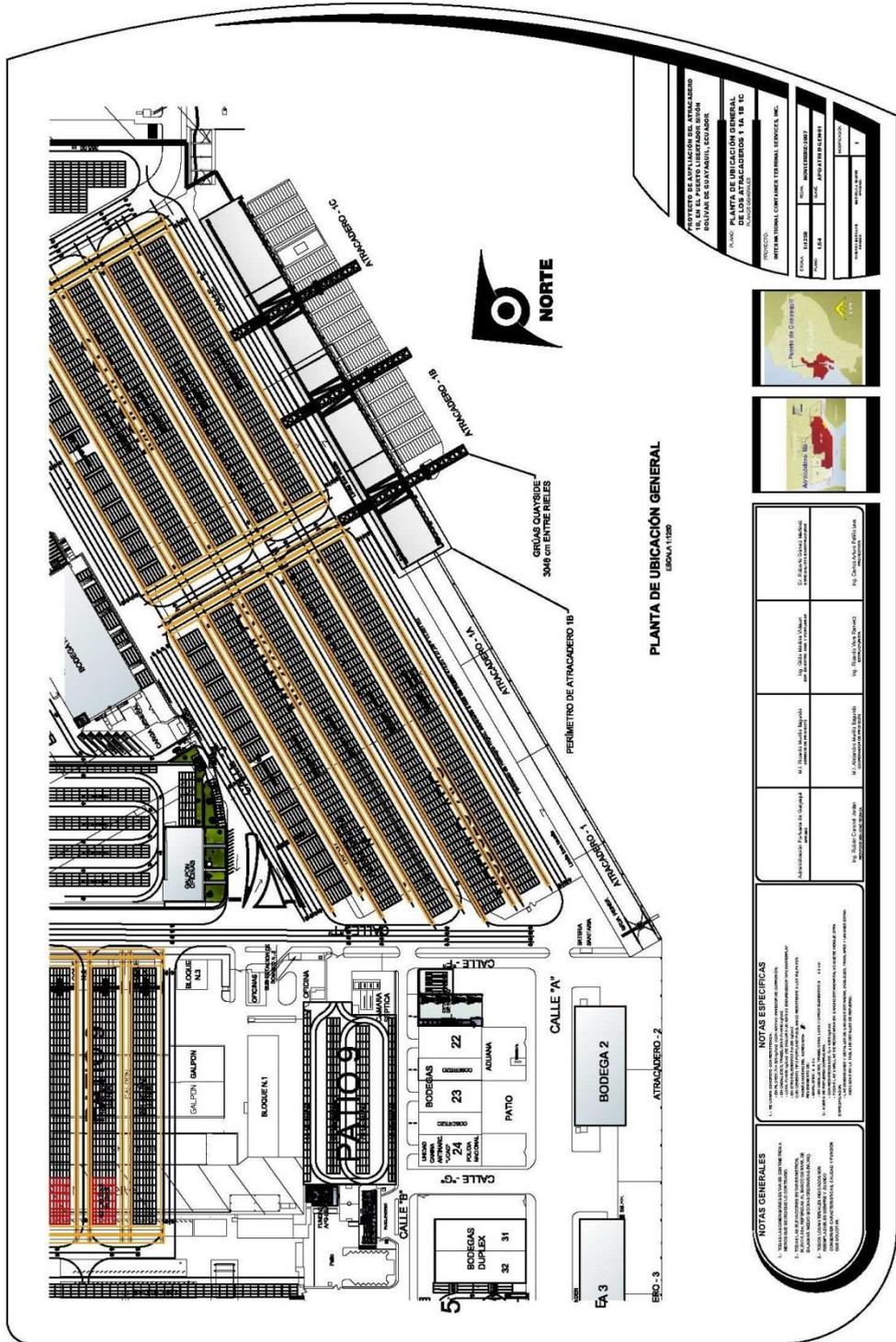


**IMPLANTACIÓN DE LOS MUELLES 2,3,4,5,6; ZONA DE TRANSICIÓN Y MUELLES 1, 1A Y 1B SIN ESCALA**

NOTAS GENERALES

|   |                          |
|---|--------------------------|
| <b>PROYECTO GENERAL DE CONSTRUCCIÓN</b>   |                          |
| PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE OBRA Y EQUIPAMIENTO DE LOS MUELLES 1, 1A Y 1B |                          |
| PLANTA Y ELEVACION ARQUITECTÓNICA   |                          |
| FECHA: 2008   | ESCALA: DEFLECTORES 0/00 |
| AUTOR: IB   | ELABORADO: IB            |
| DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y DESARROLLO   |                          |





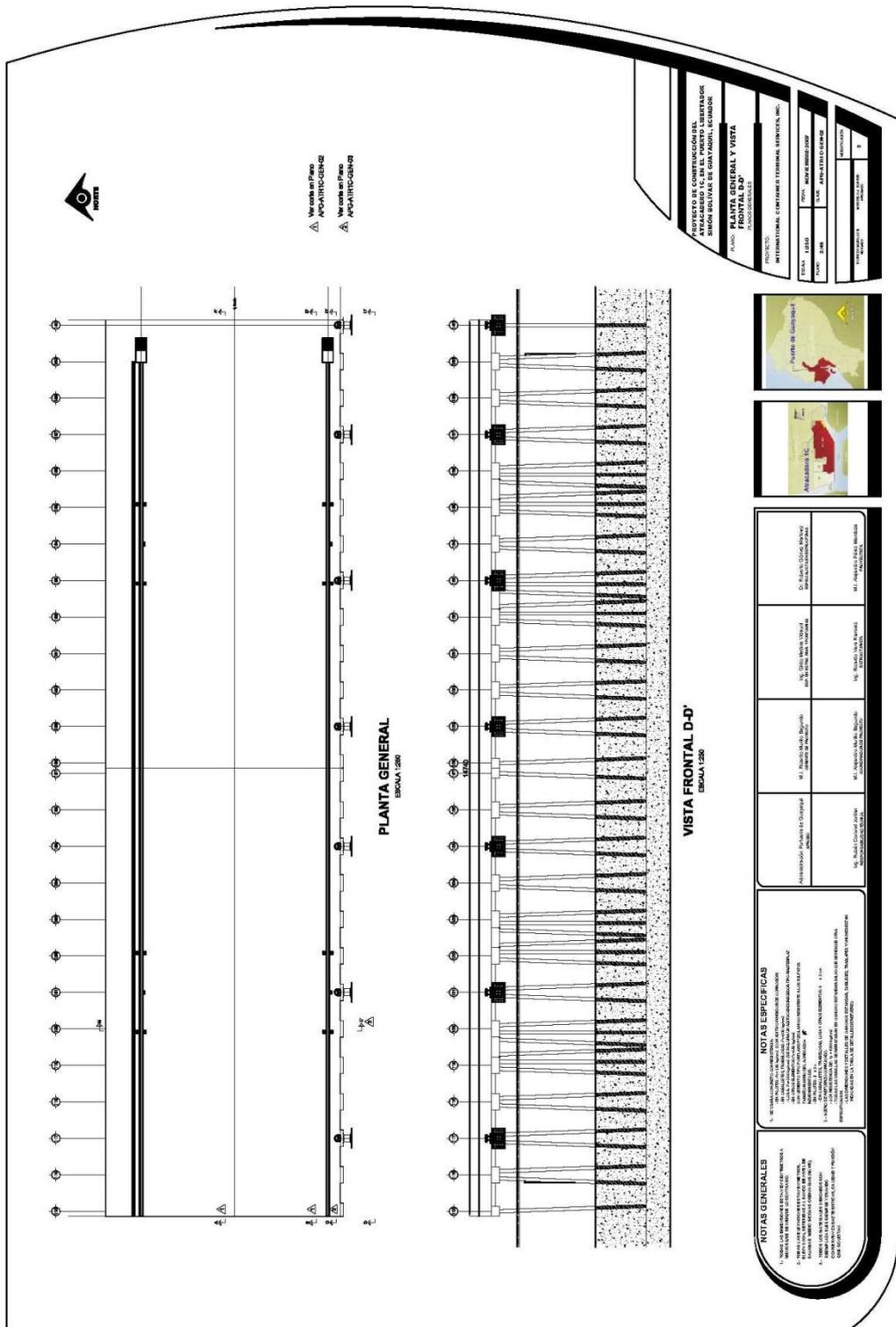
PLANTA DE UBICACIÓN GENERAL  
ESCALA 1:1000

|  |  |
|--|--|
| PROYECTO: PLAN DE DESARROLLO URBANO DEL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2 |  |
| PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L.   | PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L. |
| PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L.   | PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L. |
| PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L.   | PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L. |
| PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L.   | PROYECTANTE: INSTITUTO COMPARTES URBANAS, S.R.L. |



|  |  |
|--|--|
| <b>NOTAS GENERALES</b>   | <b>NOTAS ESPECÍFICAS</b>   |
| <p>1. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>2. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>3. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>4. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>5. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> | <p>1. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>2. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>3. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>4. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> <p>5. SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL SECTOR 18 DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, ENTRE RIELES DE LOS ATACADEROS 1 Y 18 Y C/ ATACADERO 2.</p> |





▲ Ver codo en Plano  
 ▲ ANPATRICIONAR  
 ▲ Ver codo en Plano  
 ▲ ANPATRICIONAR



**PLANTA GENERAL**  
ESCALA 1:200

**VISTA FRONTAL D-J'**  
ESCALA 1:200

SERVICIO DE CONSULTORIA EN  
 ARQUITECTURA Y DISEÑO DE INTERIORES  
 SINGO INGENIERIA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

PROYECTO:  
 RECONSTRUCCION DE LA PLANTA GENERAL Y VISTA

|              |   |
|--------------|---|
| PROYECTO:    | RECONSTRUCCION DE LA PLANTA GENERAL Y VISTA |
| CLIENTE:     | INSTITUCION EDUCATIVA "SINGO"               |
| FECHA:       | 2024  |
| PROYECTISTA: | ING. JUAN CARLOS SINGO                      |
| PROYECTISTA: | ING. JUAN CARLOS SINGO                      |
| PROYECTISTA: | ING. JUAN CARLOS SINGO                      |



|  |  |
|--|--|
| NOTAS ESPECIFICAS<br>1. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>2. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>3. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>4. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>5. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE... | NOTAS GENERALES<br>1. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>2. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>3. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>4. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>5. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE... |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| NOTAS ESPECIFICAS<br>1. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>2. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>3. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>4. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>5. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE... | NOTAS GENERALES<br>1. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>2. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>3. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>4. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE...<br>5. SE DEBE CONSIDERAR LA CANTIDAD DE... |
|--|--|

# **ANEXO 3**

**MODELO DE FICHAS PARA INSPECCIÓN**

| <b>CODIFICACION DE FICHAS</b> |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| <b>CODIGO</b>                 | <b>ELEMENTO</b> |
| FICHA I.V. 1                  | LOSA            |
| FICHA I.V. 2                  | BITA            |
| FICHA I.V. 3                  | CORNAMUSA       |
| FICHA I.V. 4                  | BORDE DE MUELLE |
| FICHA I.V. 5                  | TRABELOSA       |
| FICHA I.V. 6                  | CABALLETE       |
| FICHA I.V. 7                  | CABEZAL         |
| FICHA I.V. 8                  | PILOTE          |
| FICHA I.V. 9                  | PANTALLA        |

# FICHA I.V. 1

L ( ejes x ) / ( abscisas) 001

|           |                           |                        |            |
|-----------|---------------------------|------------------------|------------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: |                        | Fecha:     |
| Sección:  | Geometría del elemento:   |                        | Inspector: |
| Ejes:     | Material:                 | Equipos implementados: |            |
| Abscisas: |                           |                        |            |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              |            |
|                    | FISURA PROFUNDA                 |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        |            |
|                    | MAPEO                           |            |
|                    | IMPACTOS                        |            |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA |            |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            |            |
|                    | POROSIDAD                       |            |
|                    | DESCARAMIENTO                   |            |
| DAÑO DE JUNTA      |                                 |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                                 |            |

|                |
|----------------|
| TOTAL DE DAÑOS |
|----------------|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                        |  |
|-----------------------------|--|------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | MAPEO                  |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS               |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | DESGASTE DE LA CAPA DE |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |  |
|                             |  | POROSIDAD              |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO          |  |
|                             |  | DAÑO DE JUNTA          |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN     |  |



# FICHA I.V. 2

B ( ejes x ) 001

|           |                           |                |
|-----------|---------------------------|----------------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: | Fecha:         |
| Sección:  | Geometría del elemento:   | Inspector:     |
| Ejes:     | Material:                 | Equipos        |
| Abscisas: |                           | Implementados: |

| ELEMENTO | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|----------|-----------------------------|------------|
|          | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|          | FISURA PROFUNDA             |            |
|          | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|          | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|          | CORROSIÓN                   |            |
|          | IMPACTOS                    |            |
|          | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|          | POROSIDAD                   |            |
|          | DESCARAMIENTO               |            |
|          | PERDIDA DE SECCIÓN          |            |

|                |
|----------------|
| TOTAL DE DAÑOS |
|----------------|

| SIMBOLOGÍA                  |                      |                    |  |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          | CORROSIÓN            | POROSIDAD          |  |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS             | DESCARAMIENTO      |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | EXPOSICIÓN DEL ACERO | PERDIDA DE SECCIÓN |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |                      |                    |  |

# FICHA I.V. 2

B (ejes x ) 002

|           |                            |  |                |
|-----------|----------------------------|--|----------------|
| Muelle:   | Ubicación Geoestacionaria: |  | Fecha:         |
| Sección:  | Geometría del elemento:    |  | Inspector:     |
| Ejes:     | Material:                  |  | Equipos        |
| Abscisas: |                            |  | implementados: |

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| <b>GRÁFICA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|                |                      |
|                | <b>OBSERVACIONES</b> |
|                |                      |

# FICHA I.V. 3

C ( ejes x ) 001

# FICHA I.V. 3

C ( ejes x ) 002

|   |  |  |
|---|--|--|
| Muelle:<br>Sección:<br>Ejes:<br>Abscisas: | Ubicación Geostacionaria:<br>Geometría del elemento: | Fecha:<br>Inspector:<br>Equipos implementados: |
|   | Material:  |  |

| GRÁFICA | DESCRIPCIÓN   |
|---------|---------------|
|         |               |
|         | OBSERVACIONES |

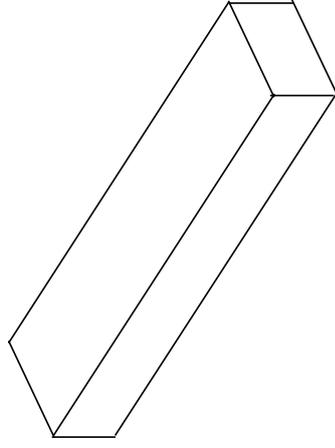
PROFUNDO



# FICHA I.V. 4

BM (ejes x) 001

|          |                            |  |                        |
|----------|----------------------------|--|------------------------|
| Muelle:  | Ubicación Geoestacionaria: |  | Fecha:                 |
| Sección: | Geometría del elemento:    |  | Inspector:             |
| Ejes:    | Material:                  |  | Equipos implementados: |
| Abcisas: |                            |  |                        |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|---|-----------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|   | FISURA PROFUNDA             |            |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|   | CORROSIÓN                   |            |
|   | IMPACTOS                    |            |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|   | POROSIDAD                   |            |
|   | DESCARAMIENTO               |            |
|   | PERDIDA DE SECCIÓN          |            |

|                |
|----------------|
| TOTAL DE DAÑOS |
|----------------|

| SIMBOLOGÍA                  |   |                      |   |
|-----------------------------|---|----------------------|---|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |                      |   |
|                             |   | POROSIDAD            |    |
|                             |   | DESCARAMIENTO        |    |
|                             |   | PERDIDA DE SECCIÓN   |    |

# FICHA I.V. 4

BM (ejes x) 002

|   |  |  |
|---|--|--|
| Muelle:<br>Sección:<br>Ejes:<br>Abscisas: | Ubicación Geoestacionaria:<br>Geometría del elemento:<br>Material: | Fecha:<br>Inspector:<br>Equipos implementados: |
|---|--|--|

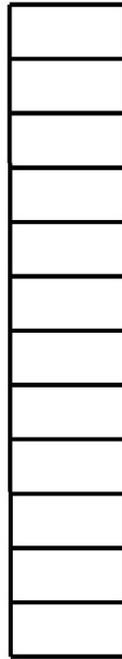
| GRÁFICA | DESCRIPCIÓN   |
|---------|---------------|
|         |               |
|         | OBSERVACIONES |

# FICHA I.V. 5

TL ( ejes x ) / ( abscisas ) 001

|           |                            |                        |            |
|-----------|----------------------------|------------------------|------------|
| Muelle:   | Ubicación Geoestacionaria: |                        | Fecha:     |
| Sección:  | Geometría del elemento:    |                        | Inspector: |
| Ejes:     | Material:                  | Equipos implementados: |            |
| Abscisas: |                            |                        |            |

| ELEMENTO | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|----------|-----------------------------|------------|
|          | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|          | FISURA PROFUNDA             |            |
|          | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|          | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|          | CORROSIÓN                   |            |
|          | IMPACTOS                    |            |
|          | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|          | POROSIDAD                   |            |
|          | DESCARAMIENTO               |            |
|          | PERDIDA DE SECCIÓN          |            |



|                |
|----------------|
| TOTAL DE DAÑOS |
|----------------|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 5

TL (ejes x) / ( abscisas) 002

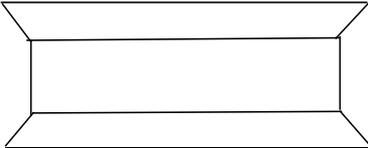
|   |   |   |
|---|---|---|
| Muelle:<br>Sección:<br>Ejes:<br>Abscisas: | Ubicación Geoestacionaria:<br>Geometría del elemento: | Material:<br>Fecha:<br>Inspector:<br>Equipos implementados: |
|---|---|---|

| GRÁFICA | DESCRIPCIÓN   |
|---------|---------------|
|         | OBSERVACIONES |

# FICHA I.V. 6

CB ( ejes x ) / ( abscisas ) 001

|           |                            |                        |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| Muelle:   | Ubicación Geoestacionaria: | Fecha:                 |
| Sección:  | Geometría del elemento:    | Inspector:             |
| Ejes:     | Material:                  | Equipos implementados: |
| Abscisas: |                            |                        |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|---|-----------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|   | FISURA PROFUNDA             |            |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|   | CORROSIÓN                   |            |
|   | IMPACTOS                    |            |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|   | POROSIDAD                   |            |
|   | DESCARAMIENTO               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN  |                             |            |

|                |  |
|----------------|--|
| TOTAL DE DAÑOS |  |
|----------------|--|

| SIMBOLOGÍA                  |   |                      |   |
|-----------------------------|---|----------------------|---|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |
|                             |   | POROSIDAD            |    |
|                             |   | DESCARAMIENTO        |    |

# FICHA I.V. 6

CB (ejes x ) / ( abscisas) 002

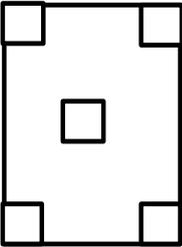
|   |  |  |
|---|--|--|
| Muelle:<br>Sección:<br>Ejes:<br>Abscisas: | Ubicación Geostacionaria:<br>Geometría del elemento:   Material: | Fecha:<br>Inspector:<br>Equipos implementados: |
|---|--|--|

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| <b>GRÁFICA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|                |                      |
|                | <b>OBSERVACIONES</b> |
|                |                      |

# FICHA I.V. 7

CZ ( ejes x ) / ( abscisas) 001

|           |                           |                        |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: | Fecha:                 |
| Sección:  | Geometría del elemento:   | Inspector:             |
| Ejes:     | Material:                 | Equipos implementados: |
| Abscisas: |                           |                        |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|---|-----------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|   | FISURA PROFUNDA             |            |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|   | CORROSIÓN                   |            |
|   | IMPACTOS                    |            |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|   | POROSIDAD                   |            |
|   | DESCARAMIENTO               |            |
|   | PERDIDA DE SECCIÓN          |            |

TOTAL DE DAÑOS

| SIMBOLOGÍA                  |   |                      |   |
|-----------------------------|---|----------------------|---|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |                      |   |
|                             |   | POROSIDAD            |    |
|                             |   | DESCARAMIENTO        |    |
|                             |   | PERDIDA DE SECCIÓN   |    |

# FICHA I.V. 7

(ejes x) / (abscisas) 002

|           |                           |           |                        |       |
|-----------|---------------------------|-----------|------------------------|-------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: |           | Fecha:                 | _____ |
| Sección:  |                           |           | Inspector:             | _____ |
| Ejes:     | Geometría del elemento:   | Material: | Equipos implementados: | _____ |
| Abscisas: |                           |           |                        | _____ |

| GRÁFICA | DESCRIPCIÓN          |
|---------|----------------------|
|         |                      |
|         | <b>OBSERVACIONES</b> |

# FICHA I.V. 8

P ( ejes x ) / ( abscisas) 001

|           |                           |                        |            |
|-----------|---------------------------|------------------------|------------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: |                        | Fecha:     |
| Sección:  | Geometría del elemento:   |                        | Inspector: |
| Ejes:     | Material:                 | Equipos implementados: |            |
| Abscisas: |                           |                        |            |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |
|                    | CORROSIÓN                   |            |
|                    | BIODETERIORO                |            |
|                    | IMPACTOS                    |            |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |
|                    | POROSIDAD                   |            |
|                    | DESCARAMIENTO               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             |            |

|                |
|----------------|
| TOTAL DE DAÑOS |
|----------------|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 8

P ( ejes x ) / ( abscisas ) 002

|           |                            |  |                |
|-----------|----------------------------|--|----------------|
| Muelle:   | Ubicación Geoestacionaria: |  | Fecha:         |
| Sección:  | Geometría del elemento:    |  | Inspector:     |
| Ejes:     | Material:                  |  | Equipos        |
| Abscisas: |                            |  | implementados: |

| GRÁFICA | DESCRIPCIÓN   |
|---------|---------------|
|         |               |
|         | OBSERVACIONES |

# FICHA I.V. 9

PANT EJE X 001

|           |                           |                        |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| Muelle:   | Ubicación Geostacionaria: | Fecha:                 |
| Sección:  | Geometría del elemento:   | Inspector:             |
| Ejes:     | Material:                 | Equipos implementados: |
| Abscisas: |                           |                        |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            |            |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            |            |
|                    | CORROSIÓN                   |            |            |
|                    | BIODETERIORO                |            |            |
|                    | IMPACTOS                    |            |            |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            |            |
|                    | POROSIDAD                   |            |            |
|                    | DESCARAMIENTO               |            |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             |            |            |

TOTAL DE DAÑOS

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |



# **ANEXO 4**

**TABLA DE MAREAS**

- » Inicio
- » Institución
- » Boletines
- » Productos
- » Publicaciones
- » Informativo

Productos » Tabla de mareas

## Tabla de Mareas



| GUAYAQUIL - RÍO         |               |
|-------------------------|---------------|
| 28/01/2013<br>Lunes     |               |
| Hora hh:mm              | Altura Metros |
| 02:48                   | 0.50 B        |
| 08:09                   | 4.17 P        |
| 15:01                   | 0.35 B        |
| 20:35                   | 4.33 P        |
| 29/01/2013<br>Martes    |               |
| Hora hh:mm              | Altura Metros |
| 03:26                   | 0.48 B        |
| 08:45                   | 4.22 P        |
| 15:39                   | 0.37 B        |
| 21:08                   | 4.39 P        |
| 30/01/2013<br>Miércoles |               |
| Hora hh:mm              | Altura Metros |
| 04:04                   | 0.48 B        |
| 09:20                   | 4.23 P        |
| 16:16                   | 0.39 B        |
| 21:40                   | 4.42 P        |

Webmail

¿QUÉ HACER EN CASO DE TSUNAMI?



Qué son los TSUNAMIS



Tabla de Mareas



Calendario de agujajes y fase lunar



Plan Cartográfico Nacional



Imágenes TSM - GOES



Calendario Solar



Catálogo de Moluscos Marinos

Precipitación mensual por estaciones



Buque de Investigación ORION



TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR  
GUAYAQUIL (RÍO GUAYAS) 2013

| ENERO |      |      |     |      |      | FEBRERO |      |      |     |      |      | MARZO |      |      |     |      |      |
|-------|------|------|-----|------|------|---------|------|------|-----|------|------|-------|------|------|-----|------|------|
| DÍA   | HORA | ALT. | DÍA | HORA | ALT. | DÍA     | HORA | ALT. | DÍA | HORA | ALT. | DÍA   | HORA | ALT. | DÍA | HORA | ALT. |
|       | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |         | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |       | H.M. | MTS. |     | H.M. | MTS. |
| 1     | 0423 | 0.5  | 16  | 0513 | 0.4  | 1       | 0520 | 0.5  | 16  | 0558 | 0.5  | 1     | 0422 | 0.4  | 16  | 0451 | 0.4  |
| MA    | 0942 | 3.9  | MI  | 1033 | 4.1  | VI      | 1032 | 4.2  | SA  | 1132 | 4.1  | VI    | 0936 | 4.5  | SA  | 1021 | 4.3  |
|       | 1635 | 0.4  |     | 1726 | 0.4  |         | 1730 | 0.5  |     | 1807 | 0.7  |       | 1635 | 0.4  |     | 1700 | 0.6  |
|       | 2207 | 4.1  |     | 2255 | 4.4  |         | 2250 | 4.4  |     | 2346 | 4.1  |       | 2151 | 4.6  |     | 2230 | 4.3  |
| 2     | 0500 | 0.6  | 17  | 0554 | 0.4  | 2       | 0600 | 0.5  | 17  | 0635 | 0.6  | 2     | 0503 | 0.4  | 17  | 0522 | 0.5  |
| MI    | 1016 | 3.9  | JU  | 1118 | 4.0  | SA      | 1117 | 4.1  | DO  | 1221 | 3.9  | SA    | 1017 | 4.4  | DO  | 1100 | 4.1  |
|       | 1710 | 0.4  |     | 1805 | 0.5  |         | 1810 | 0.5  |     | 1845 | 0.8  |       | 1714 | 0.5  |     | 1731 | 0.7  |
|       | 2240 | 4.1  |     | 2338 | 4.3  |         | 2336 | 4.3  |     | 2346 | 4.1  |       | 2231 | 4.5  |     | 2311 | 4.1  |
| 3     | 0537 | 0.6  | 18  | 0636 | 0.5  | 3       | 0643 | 0.5  | 18  | 0035 | 3.9  | 3     | 0544 | 0.4  | 18  | 0553 | 0.6  |
| JU    | 1054 | 3.8  | VI  | 1207 | 3.9  | DO      | 1213 | 4.0  | LU  | 0714 | 0.7  | DO    | 1103 | 4.3  | LU  | 1145 | 3.9  |
|       | 1746 | 0.5  |     | 1847 | 0.6  |         | 1855 | 0.7  |     | 1314 | 3.6  |       | 1756 | 0.6  |     | 1804 | 0.8  |
|       | 2318 | 4.1  |     |      |      |         |      |      |     | 1929 | 1.0  |       | 2318 | 4.3  |     | 2357 | 3.9  |
| 4     | 0617 | 0.6  | 19  | 0025 | 4.1  | 4       | 0032 | 4.1  | 19  | 0130 | 3.6  | 4     | 0628 | 0.5  | 19  | 0626 | 0.7  |
| VI    | 1141 | 3.8  | SA  | 0722 | 0.6  | LU      | 0734 | 0.6  | MA  | 0804 | 0.9  | LU    | 1158 | 4.1  | MA  | 1234 | 3.7  |
|       | 1826 | 0.5  |     | 1301 | 3.7  |         | 1318 | 3.8  |     | 1414 | 3.5  |       | 1843 | 0.7  |     | 1844 | 0.9  |
|       |      |      |     | 1934 | 0.8  |         | 1951 | 0.8  |     | 2028 | 1.2  |       |      |      |     |      |      |
| 5     | 0004 | 4.1  | 20  | 0117 | 3.8  | 5       | 0139 | 3.9  | 20  | 0231 | 3.5  | 5     | 0015 | 4.1  | 20  | 0049 | 3.7  |
| SA    | 0701 | 0.6  | DO  | 0815 | 0.7  | MA      | 0840 | 0.7  | MI  | 0912 | 1.0  | MA    | 0719 | 0.6  | MI  | 0708 | 0.8  |
|       | 1238 | 3.7  |     | 1401 | 3.6  |         | 1429 | 3.8  |     | 1517 | 3.5  |       | 1301 | 3.9  |     | 1329 | 3.6  |
|       | 1912 | 0.6  |     | 2032 | 1.0  |         | 2106 | 1.0  |     | 2151 | 1.2  |       | 1939 | 0.9  |     | 1933 | 1.1  |
| 6     | 0100 | 4.0  | 21  | 0216 | 3.6  | 6       | 0252 | 3.8  | 21  | 0335 | 3.5  | 6     | 0122 | 3.9  | 21  | 0147 | 3.5  |
| DO    | 0755 | 0.6  | LU  | 0918 | 0.8  | MI      | 1000 | 0.7  | JU  | 1028 | 0.9  | MI    | 0823 | 0.7  | JU  | 0801 | 0.9  |
|       | 1343 | 3.7  |     | 1507 | 3.5  |         | 1543 | 3.7  |     | 1621 | 3.6  |       | 1411 | 3.8  |     | 1427 | 3.6  |
|       | 2010 | 0.8  |     | 2143 | 1.1  |         | 2237 | 1.1  |     | 2308 | 1.1  |       | 2056 | 1.1  |     | 2037 | 1.2  |
| 7     | 0204 | 3.9  | 22  | 0320 | 3.5  | 7       | 0408 | 3.7  | 22  | 0435 | 3.6  | 7     | 0237 | 3.7  | 22  | 0249 | 3.5  |
| LU    | 0903 | 0.6  | MA  | 1025 | 0.8  | JU      | 1117 | 0.7  | VI  | 1130 | 0.8  | JU    | 0941 | 0.8  | VI  | 0910 | 1.0  |
|       | 1452 | 3.7  |     | 1616 | 3.5  |         | 1658 | 3.8  |     | 1717 | 3.8  |       | 1525 | 3.8  |     | 1527 | 3.6  |
|       | 2126 | 0.9  |     | 2254 | 1.0  |         | 2355 | 0.9  |     |      |      |       | 2224 | 1.1  |     | 2204 | 1.1  |
| 8     | 0314 | 3.9  | 23  | 0424 | 3.5  | 8       | 0521 | 3.8  | 23  | 0006 | 0.9  | 8     | 0355 | 3.7  | 23  | 0350 | 3.6  |
| MA    | 1024 | 0.6  | MI  | 1124 | 0.7  | VI      | 1224 | 0.5  | SA  | 0529 | 3.8  | VI    | 1057 | 0.8  | SA  | 1030 | 0.9  |
|       | 1603 | 3.7  |     | 1719 | 3.6  |         | 1807 | 4.0  |     | 1222 | 0.7  |       | 1641 | 3.9  |     | 1625 | 3.8  |
|       | 2253 | 0.9  |     | 2354 | 0.9  |         |      |      |     | 1806 | 4.0  |       | 2339 | 0.9  |     | 2319 | 1.0  |
| 9     | 0424 | 3.8  | 24  | 0521 | 3.6  | 9       | 0100 | 0.7  | 24  | 0055 | 0.7  | 9     | 0509 | 3.8  | 24  | 0447 | 3.9  |
| MI    | 1138 | 0.5  | JU  | 1215 | 0.6  | SA      | 0626 | 4.0  | DO  | 0617 | 4.0  | SA    | 1203 | 0.6  | DO  | 1135 | 0.8  |
|       | 1714 | 3.8  |     | 1809 | 3.8  |         | 1322 | 0.4  |     | 1309 | 0.6  |       | 1749 | 4.1  |     | 1718 | 4.1  |
|       |      |      |     |      |      |         | 1904 | 4.2  |     | 1848 | 4.2  |       |      |      |     |      |      |
| 10    | 0009 | 0.8  | 25  | 0043 | 0.8  | 10      | 0154 | 0.6  | 25  | 0139 | 0.6  | 10    | 0041 | 0.7  | 25  | 0016 | 0.8  |
| JU    | 0533 | 3.9  | VI  | 0609 | 3.8  | DO      | 0722 | 4.1  | LU  | 0700 | 4.3  | DO    | 0613 | 4.0  | LU  | 0538 | 4.1  |
|       | 1242 | 0.4  |     | 1301 | 0.5  |         | 1413 | 0.3  |     | 1353 | 0.5  |       | 1301 | 0.5  |     | 1230 | 0.7  |
|       | 1821 | 4.0  |     | 1850 | 3.9  |         | 1952 | 4.4  |     | 1926 | 4.4  |       | 1844 | 4.3  |     | 1805 | 4.3  |
| 11    | 0114 | 0.7  | 26  | 0128 | 0.6  | 11      | 0243 | 0.4  | 26  | 0221 | 0.5  | 11    | 0133 | 0.5  | 26  | 0106 | 0.6  |
| VI    | 0637 | 3.9  | SA  | 0652 | 3.9  | LU      | 0809 | 4.3  | MA  | 0741 | 4.4  | LU    | 0706 | 4.2  | MA  | 0626 | 4.3  |
|       | 1340 | 0.3  |     | 1343 | 0.4  |         | 1500 | 0.3  |     | 1435 | 0.4  |       | 1351 | 0.4  |     | 1320 | 0.5  |
|       | 1920 | 4.1  |     | 1926 | 4.1  |         | 2033 | 4.5  |     | 2003 | 4.6  |       | 1930 | 4.5  |     | 1849 | 4.5  |
| 12    | 0211 | 0.6  | 27  | 0209 | 0.6  | 12      | 0326 | 0.4  | 27  | 0302 | 0.4  | 12    | 0220 | 0.3  | 27  | 0152 | 0.4  |
| SA    | 0733 | 4.0  | DO  | 0731 | 4.1  | MA      | 0851 | 4.3  | MI  | 0820 | 4.5  | MA    | 0751 | 4.4  | MI  | 0712 | 4.5  |
|       | 1433 | 0.2  |     | 1423 | 0.4  |         | 1542 | 0.3  |     | 1516 | 0.4  |       | 1436 | 0.3  |     | 1406 | 0.4  |
|       | 2010 | 4.3  |     | 2001 | 4.2  |         | 2111 | 4.6  |     | 2039 | 4.6  |       | 2010 | 4.6  |     | 1931 | 4.7  |
| 13    | 0301 | 0.5  | 28  | 0248 | 0.5  | 13      | 0407 | 0.3  | 28  | 0342 | 0.4  | 13    | 0302 | 0.3  | 28  | 0236 | 0.3  |
| DO    | 0823 | 4.1  | LU  | 0809 | 4.2  | MI      | 0930 | 4.4  | JU  | 0858 | 4.5  | MI    | 0831 | 4.5  | JU  | 0755 | 4.6  |
|       | 1520 | 0.2  |     | 1501 | 0.4  |         | 1621 | 0.3  |     | 1555 | 0.4  |       | 1517 | 0.3  |     | 1451 | 0.4  |
|       | 2054 | 4.4  |     | 2035 | 4.3  |         | 2147 | 4.6  |     | 2115 | 4.7  |       | 2045 | 4.6  |     | 2012 | 4.8  |
| 14    | 0348 | 0.4  | 29  | 0326 | 0.5  | 14      | 0446 | 0.4  |     |      |      | 14    | 0341 | 0.3  | 29  | 0319 | 0.3  |
| LU    | 0908 | 4.1  | MA  | 0845 | 4.2  | JU      | 1008 | 4.3  |     |      |      | JU    | 0908 | 4.5  | VI  | 0838 | 4.6  |
|       | 1604 | 0.2  |     | 1539 | 0.4  |         | 1657 | 0.4  |     |      |      |       | 1554 | 0.4  |     | 1534 | 0.4  |
|       | 2135 | 4.4  |     | 2108 | 4.4  |         | 2224 | 4.5  |     |      |      |       | 2119 | 4.6  |     | 2052 | 4.7  |
| 15    | 0431 | 0.4  | 30  | 0404 | 0.5  | 15      | 0523 | 0.4  |     |      |      | 15    | 0417 | 0.3  | 30  | 0402 | 0.3  |
| MA    | 0950 | 4.1  | MI  | 0920 | 4.2  | VI      | 1049 | 4.2  |     |      |      | VI    | 0944 | 4.4  | SA  | 0920 | 4.6  |
|       | 1646 | 0.3  |     | 1616 | 0.4  |         | 1732 | 0.5  |     |      |      |       | 1629 | 0.5  |     | 1617 | 0.4  |
|       | 2214 | 4.4  |     | 2140 | 4.4  |         | 2303 | 4.4  |     |      |      |       | 2154 | 4.5  |     | 2133 | 4.6  |
|       |      |      | 31  | 0442 | 0.5  |         |      |      |     |      |      |       |      |      | 31  | 0445 | 0.3  |
|       |      |      | JU  | 0954 | 4.2  |         |      |      |     |      |      |       |      |      | DO  | 1005 | 4.5  |
|       |      |      |     | 1652 | 0.4  |         |      |      |     |      |      |       |      |      |     | 1700 | 0.5  |
|       |      |      |     | 2213 | 4.4  |         |      |      |     |      |      |       |      |      |     | 2217 | 4.5  |

HORA DE ZONA + 5

# **ANEXO 5**

**INSPECCION VISUAL (CASO PRÁCTICO MUELLE #4)**

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / L - M 001

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b> 4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>                         | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b> 1      | N 9747814,4191 E 621433,6134                             | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 65 - 70   | <b>Geometría del elemento:</b> Material: Hormigón armado | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> L - M | 31,47m X 6,52m   | Linterna, Flexómetro, GPS,  |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | 1          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | 2          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 1          |
|                    | MAPEO                           | 1          |
|                    | IMPACTOS                        | -          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | 1          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCARAMIENTO                   | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> | 6 |
|-----------------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | MAPEO                  |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS               |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | DESGASTE DE LA CAPA DE |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |
| POROSIDAD                   | DESCARAMIENTO          |
| DAÑO DE JUNTA               | PERDIDA DE SECCIÓN     |

**FICHA I.V. I****L 65 - 70 / L - M 003**

|                           |  |  |   |
|---------------------------|--|--|---|
| <b>Muelle:</b><br>4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747814,4191 E 621433,6134 |  | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013                     |
| <b>Sección:</b><br>1      | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,47m X 6,52m                 |  | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco                    |
| <b>Ejes:</b><br>65 -70    | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                              |  | <b>Equipos</b><br>Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M |  |  | <b>Implementados:</b><br>Linterna, Flexómetro, GPS,       |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL TIENE UNA EXTENSION DE 12cm DE ANCHO X 27cm DE LARGO CON UNA PROFUNDIDAD DE 2,7cm</p> <p>FISURA SUPERFICIAL TIENE UNA ESPESOR DE 1,4mm Y UNA EXTENSION DE 37cm.</p> |
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>         | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / L - M 004

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747814,4191 E 621433,6134 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b><br>1      | <b>Geometria del elemento:</b><br>31,47m X 6,52m                 | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b><br>65 -70    | <b>Materia:</b><br>Hormigón armado                               | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla<br>Linterna, Flexometro, GPS, |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M |  |  |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>DESgaste DE LA CAPA DE RODADURA</p>  <p>DESprendimiento SUPERfICIAL</p> | <p>DESgASTE DE LA CAPA DE RODADURA ES DE UNA REPARACION ANTERIOR CON UNA EXTENSION DE 1,24m X 1,47m, PRESENCIA DE AGREGADOS A SIMPLE VISTA.</p> <p>DESprendimiento SUPERfICIAL TIENE UNA EXTENSION DE 1,32m X 0,58m, CON UNA MAXIMA PROFUNDIDAD DE 3,6cm</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>  |  |
| <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |  |

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / I - J 002

|                  |        |                                  |                       |   |
|------------------|--------|----------------------------------|-----------------------|---|
| <b>Muelle:</b>   | 4      | <b>Ubicación Geostacionaria:</b> | <b>Fecha:</b>         | 29 de Enero del 2013                    |
| <b>Sección:</b>  | 1      | N 9747808,4739 E 621429,9682     | <b>Inspector:</b>     | Guillermo Pacheco                       |
| <b>Ejes:</b>     | 65 -70 | <b>Geometria del elemento:</b>   | <b>Equipos</b>        | Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> | I - J  | 31,47m X 6,52m                   | <b>implementados:</b> | Linterna, Flexometro, GPS,              |
|                  |        | <b>Material:</b>                 |                       |   |
|                  |        | Hormigón armado                  |                       |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA ES DE UNA REPARACION ANTERIOR CON UNA EXTENSION DE 1,24m X 1,47m, PRESENCIA DE AGREGADOS A SIMPLE VISTA.</p> <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL TIENE UNA EXTENSION DE 1,32m X 0,58m, CON UNA MAXIMA PROFUNDIDAD DE 3,6cm</p> |
| OBSERVACIONES   |  |
| <p>REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |  |

**FICHA I.V. I**

L.65 - 70 / L - M 002

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b> 4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>                         | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b> 1      | N 9747814,4191 E 621433,6134                             | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 65 - 70   | <b>Geometría del elemento:</b> Material: Hormigón armado | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> L - M | 31,47m X 6,52m   | Linterna, Flexómetro, GPS,  |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CUBRE UNA EXTENSION DE 25 cm DE ANCHO X 83 DE LARGO, TIENE MAS DE 4 cm DE PROFUNDIDAD.</p> |
|  <p>MAPEO</p>                   | <p>MAPEO SE COMPONE DE FISURAS DE 1,1mm DE ESPESOR EN UNA EXTENSION DE 45cm X 92,4cm</p>                               |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |
| SE REQUIERE INSPECCIÓN ESPECIAL EN EL DESPRENDIMIENTO PROFUNDO  |  |

# FICHA I.V. 1

L 65 - 70 / I - J 001

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| <b>Muelle:</b> 4   | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>            | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b> 1  | N 9747808,4739 E 621429,9682                | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 65-70 | <b>Geometría del elemento:</b>              | <b>Equipos implementados:</b>   |
| I - J              | 31,47m X 6,52m<br>Material: Hormigón armado | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 1          |
|                    | MAPEO                           | -          |
|                    | IMPACTOS                        | -          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCARAMIENTO                   | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> | 1 |
|-----------------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| MAPEO                       |  |
| IMPACTOS                    |  |
| DESGASTE DE LA CAPA DE      |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCARAMIENTO               |  |
| DAÑO DE JUNTA               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 5

TL 65 - 66 / J - K 001

|                        |  |               |   |
|------------------------|--|---------------|---|
| <b>Muelle:</b> 4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>                         |               | <b>Fecha:</b> 6 de Febrero del 2013                                   |
| <b>Sección:</b> 1      | N 9747802,5452   | E 621425,7761 | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 65 - 66   | <b>Geometría del elemento:</b> Material: Hormigón armado |               | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> J - K | 31,47m X 2,32m   |               | Linterna, Flexómetro, GPS,  |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|---|-----------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|   | FISURA PROFUNDA             | -          |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | 1          |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | -          |
|   | CORROSIÓN                   | -          |
|   | IMPACTOS                    | -          |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|   | POROSIDAD                   | -          |
|   | DESCARAMIENTO               | -          |
|   | PERDIDA DE SECCIÓN          | -          |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> | 1 |
|-----------------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |   |                      |   |
|-----------------------------|---|----------------------|---|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |                      |   |
|                             |   | POROSIDAD            |    |
|                             |   | DESCARAMIENTO        |    |
|                             |   | PERDIDA DE SECCIÓN   |    |

|                          |
|--------------------------|
| Geometría de la sección: |
| Material:                |

# FICHA I.V. 5

TL 65 - 66 / J - K 002

|           |         |                              |                |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 6 de Febrero del 2013                   |
| Sección:  | 1       | N 9747802,5452 E 621425,7761 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 65 - 66 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| Abscisas: | J - K   | 31,47m X 2,32m               | implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p data-bbox="995 1375 1023 1682">DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p data-bbox="671 551 756 1155">DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL CUBRE UNA EXTENSION DE 35 cm DE ANCHO X 1,43 DE LARGO, TIENE 2,56cm DE PROFUNDIDAD.</p> |
| OBSERVACIONES   | <p data-bbox="1182 685 1209 1025">NO REQUIERE INSPECCIÓN ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. 9

PANT - 66 001

|          |    |  |                        |   |
|----------|----|--|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                  | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013  |
| Sección: | 1  | N 9747796,2936 E 621414,8974               | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 66 | Geometría del elemento:<br>1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | 3          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | -          |
|                    | CORROSIÓN                   | -          |
|                    | BIODETERIORO                | -          |
|                    | IMPACTOS                    | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|                    | POROSIDAD                   | -          |
|                    | DESCARAMIENTO               | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                           |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 3 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 9

PANT - 66 002

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b> 4  | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>               | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013   |
| <b>Sección:</b> 1 | N 9747796,2936 E 621414,8974                   | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco  |
| <b>Ejes:</b> 66   | <b>Geometria del elemento:</b> 1m X 1m X 5,50m | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla Linterna, Flexómetro, GPS, |
|                   | <b>Material:</b> Hormigon armado               |  |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTOS SUPERFICIALES</p> | <p>DESPRENDIMIENTOS SUPERFICIALES TIENEN UNA DIMENSIONES DE 14,3 X 35,8cm; 15,34 X 48,3cm Y 14,42 X 29,3cm CON PROFUNDIDADES DE 2,7cm 3,4cm Y 2,1cm RESPECTIVAMENTE.</p> |
| OBSERVACIONES  |  |
| NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL   |  |

# FICHA I.V. 9

PANT - 68 \_002

|            |  |   |
|------------|--|---|
| Muelle: 4  | Ubicación Geostacionaria: N 9747803,5936 E 621404,8724 | Fecha: 29 de Enero del 2013   |
| Sección: 1 | Geometría del elemento: 1m X 1m X 5,50m                | Inspector: Guillermo Pacheco  |
| Ejes: 68   | Material: Hormigon armado                              | Equipos implementados: Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla Linterna, Flexómetro, GPS, |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p>                    | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL TIENEN UNA DIMENSION DE 34,3 X 35,8cm CON UNA PROFUNDIDAD DE 2,7cm.</p> <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EXISTE UNA EXPOSICION DEL ACERO CON UNA DIMENSION DE 1,2 X 1,43 m CON PROFUNDIDAD DE 5,1cm.</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EXPOSICION DEL ACERO</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |

# FICHA I.V. 9

PANT 74 001

|            |  |  |
|------------|--|--|
| Muelle: 4  | Ubicación Geostacionaria: N 9747816,4482 E 621383,9343 | Fecha: 29 de Enero del 2013  |
| Sección: 2 | Geometría del elemento: 1m X 1m X 5,50m                | Inspector: Guillermo Pacheco   |
| Ejes: 72   | Material: Hormigón armado                              | Equipos implementados: Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla<br>Linterna, Flexometro, GPS, |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            | 1          |
|                    | CORROSIÓN                   |            | 1          |
|                    | BIODETERIORO                |            | -          |
|                    | IMPACTOS                    |            | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            | 1          |
|                    | POROSIDAD                   |            | -          |
|                    | DESCARAMIENTO               |            | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             | -          |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 3 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 1

L 70 - 75 / L - M 002

|           |         |                              |                |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 2       | N 9747832,1317 E 621409,3438 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 70 - 75 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   | 31,47m X 6,32m               | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|           |         | Material:                    |                |   |
|           |         | Hormigón armado              |                |   |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|   | <p>FISURA SUPERFICIAL TIENE UN ESPESOR DE 0,18cm CON UNA LONGITUD DE 1,23m</p>            |
|  | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO TIENE UN DIAMETRO DE 17,3cm CON UNA PROFUNDIDAD DE 4,1cm.</p> |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |
| SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL   |   |

# FICHA I.V. 1

L 70 - 75 / L - M 001

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| Muelle: 4       | Ubicación Geostacionaria: N 9747832,1317 E 621409,3438 | Fecha: 29 de Enero del 2013                                    |
| Sección: 2      | Geometría del elemento: 31,47m X 6,32m                 | Inspector: Guillermo Pacheco                                   |
| Ejes: 70 - 75   | Material: Hormigón armado                              | Equipos implementados: Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: L - M |  | Linterna, Flexómetro, GPS,                                     |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | 2          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | 1          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 2          |
|                    | MAPEO                           | -          |
|                    | IMPACTOS                        | -          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCARAMIENTO                   | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 5 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                        |  |
|-----------------------------|--|------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | MAPEO                  |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS               |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | DESGASTE DE LA CAPA DE |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |  |

# FICHA I.V. 1

L 70 - 75 / L - M 004

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4        | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747832, 1317 E 621409, 3438 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b><br>70 - 75 | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,47m X 6,32m                   | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco   |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M  | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                                | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL TIENE UN EXTENSION DE 1,78 x 1,12 m CON UNA PROFUNDIDAD DE 3,8cm. HUMEDAD EN EL INTERIOR DEL DESPRENDIMIENTO</p> |
| OBSERVACIONES  |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 1

L 70 - 75 / L - M 003

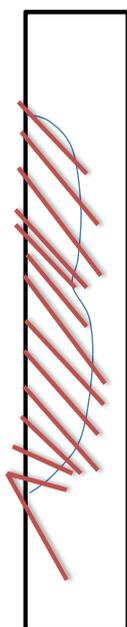
|                  |         |                                  |                       |   |
|------------------|---------|----------------------------------|-----------------------|---|
| <b>Muelle:</b>   | 4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b> | 29 de Enero del 2013  |   |
| <b>Sección:</b>  | 2       | N 9747832,1317 E 621409,3438     | <b>Inspector:</b>     | Guillermo Pacheco                       |
| <b>Ejes:</b>     | 70 - 75 | <b>Geometría del elemento:</b>   | <b>Equipos</b>        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> | L - M   | 31,47m X 6,32m                   | <b>Implementados:</b> | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|                  |         | <b>Material:</b>                 |                       |   |
|                  |         | Hormigón armado                  |                       |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO TIENE UN DIAMETRO DE 1,34cm CON UNA PROFUNDIDAD DE 4,8cm.</p> |
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>      | <p>FISURA SUPERFICIAL CON UN ESPESOR DE 0,12cm Y UNA LONGITUD DE 2,1m.</p>                |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>   |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |   |

# FICHA I.V. 4

BM 72 - 73 / A 001

|           |       |                           |                              |                        |   |
|-----------|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:   | 4     | Ubicación Geostacionaria: | N 9747816,4474 E 621387,0104 | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 2     | Geometría del elemento:   | 0,15m X 0,30m X 30,48m       | Inspector:             | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 72-73 | Material:                 | Hormigon armado              | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| Abscisas: | A     |                           |                              |                        | Linterna, Flexometro, GPS,              |

| ELEMENTO  | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|---|-----------------------------|------------|
|  | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|   | FISURA PROFUNDA             | -          |
|   | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
|   | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | 1          |
|   | CORROSIÓN                   | -          |
|   | IMPACTOS                    | -          |
|   | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|   | POROSIDAD                   | -          |
|   | DESCARAMIENTO               | -          |
|   | PERDIDA DE SECCIÓN          | -          |

TOTAL DE DAÑOS  
1

| SIMBOLOGÍA                  |   |                      |   |
|-----------------------------|---|----------------------|---|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |                      |   |
|                             |   | POROSIDAD            |    |
|                             |   | DESCARAMIENTO        |    |
|                             |   | PERDIDA DE SECCIÓN   |    |

Geometría de la sección:  
  
Material:

# FICHA I.V. 4

BM 72 - 73 / A 002

|                  |        |                                  |                       |   |
|------------------|--------|----------------------------------|-----------------------|---|
| <b>Muelle:</b>   | 4      | <b>Ubicación Geostacionaria:</b> | <b>Fecha:</b>         | 29 de Enero del 2013                    |
| <b>Sección:</b>  | 2      | N 9747816,4474 E 621387,0104     | <b>Inspector:</b>     | Guillermo Pacheco                       |
| <b>Ejes:</b>     | 72 -73 | <b>Geometría del elemento:</b>   | <b>Equipos</b>        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> | A      | 0,15m X 0,30m X 30,48m           | <b>Implementados:</b> | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|                  |        | <b>Material:</b>                 |                       |   |
|                  |        | Hormigon armado                  |                       |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO POR IMPACTO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO TIENE UNA DIMENSION DE 1,72m CON UNA PROFUNDIDAD DE 6,31cm. PRODUCTO DE IMPACTO DE UN CONTAINER</p> |
| OBSERVACIONES   |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |   |

# FICHA I.V. 9

PANT 74 001

|          |    |  |                        |   |
|----------|----|--|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                  | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013  |
| Sección: | 2  | N 9747816,4482 E 621383,9343               | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 72 | Geometría del elemento:<br>1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            | 1          |
|                    | CORROSIÓN                   |            | 1          |
|                    | BIODETERIORO                |            | -          |
|                    | IMPACTOS                    |            | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            | 1          |
|                    | POROSIDAD                   |            | -          |
|                    | DESCARAMIENTO               |            | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             | -          |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 3 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCARAMIENTO        |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 9

PANT. 74 001

|          |    |                              |                        |  |
|----------|----|------------------------------|------------------------|--|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013   |
| Sección: | 2  | N 9747816,4482 E 621383,9343 | Inspector:             | Guillermo Pacheco  |
| Ejes:    | 72 | Geometría del elemento:      | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla Linterna, Flexómetro, GPS, |
|          |    | Material:                    |                        |  |
|          |    | Hormigon armado              |                        |  |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO<br/>EXPOSICION DEL ACERO<br/>CORROSION</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON PRESENCIA DEL ACERO Y CORROSION DEL ACERO TIENE UNA DIMENSION DE 2,72m X 4,24m CON UNA PROFUNDIDAD DE 6,31cm.</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>  |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 1

L 75 - 80 / L - M 0001

|           |         |                              |                      |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geoestacionaria:   | 29 de Enero del 2013 |   |
| Sección:  | 3       | N 9747849,4784 E 621384,2369 | Inspector:           | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 75 - 80 | Geometría del elemento:      | Material:            | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   | 31,47m X 6,82m               | Hormigón armado      | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| ELEMENTO | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|----------|---------------------------------|------------|
|          | FISURA SUPERFICIAL              | 2          |
|          | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|          | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | -          |
|          | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 1          |
|          | MAPEO                           | 1          |
|          | IMPACTOS                        | -          |
|          | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | 1          |
|          | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|          | POROSIDAD                       | -          |
|          | DESCASCARAMIENTO                | -          |
|          | DAÑO DE JUNTA                   | 1          |
|          | PERDIDA DE SECCIÓN              | -          |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 6 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | MAPEO                  |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS               |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | DESGASTE DE LA CAPA DE |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |
|                             | POROSIDAD              |
|                             | DESCASCARAMIENTO       |
|                             | DAÑO DE JUNTA          |
|                             | PERDIDA DE SECCIÓN     |

# FICHA I.V. 1

L 75 - 80 / L - M 0002

|                 |                                   |   |
|-----------------|-----------------------------------|---|
| Muelle: 4       | Ubicación Geostacionaria:         | Fecha: 29 de Enero del 2013               |
| Sección: 3      | N 9747849,4784 E 621384,2369      | Inspector: Guillermo Pacheco              |
| Ejes: 75 - 80   | Geometría del elemento: Material: | Equipos                                   |
| Abscisas: L - M | 31,47m X 6,82m                    | Horrigón armado                           |
|                 |                                   | implementados: Linterna, Flexometro, GPS, |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>  <p>DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA</p> | <p>FISURA SUPERFICIAL TIENE UN ESPESOR DE 0,2cm CON UNA LONGITUD DE 1,48m</p> <p>DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA TIENE UNA AREA DE 1,76 X 2,47m , PRESENCIA DE AGREGADOS A SIMPLE VISTA.</p> |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |
| NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL  |  |

# FICHA I.V. 1

L 75 - 80 / L - M 0003

|           |         |                              |                |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 3       | N 9747849,4784 E 621384,2369 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 75 - 80 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   | 31,47m X 6,82m               | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>MAPEO</p>               | <p>MAPEO CON FISURAS DE 0,13 A 0,18cm DE ESPESOR EN UNA AREA DE 1,23 X 1,67m.</p> |
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p> | <p>FISURA SUPERFICIAL CON ESPESOR DE 0,14cm CON UNA LONGITUD DE 1,65m.</p>        |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>  |   |
| <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 1

L 75 - 80 / L - M 0004

|           |         |                              |                |  |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|--|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                   |
| Sección:  | 3       | N 9747849,4784 E 621384,2369 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                      |
| Ejes:     | 75 - 80 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisuometro, Regla |
| Abscisas: | L - M   | 31,47m X 6,82m               | Implementados: | Linterna, Flexometro, GPS,             |
|           |         | Material:                    |                |  |
|           |         | Hormigón armado              |                |  |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>DAÑO DE JUNTA</p>                | <p>DAÑO EN LA JUNTA DE LAS LOSAS</p> <p>DEPRENDIMIENTO SUPERFICIAL TIENE DE DIMENSION 0,93 X 1,23m CON UNA PROFUNDIDAD DE 2,5cm</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL EL DAÑO DE JUNTA</p>  |

# FICHA I.V. 8

P 77 - 78 / L 001

|           |         |                              |                      |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | 29 de Enero del 2013 |   |
| Sección:  | 3       | N 9747850,8392 E 621368,5399 | Inspector:           | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 77 - 78 | Geometría del elemento:      | Material:            | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L       | 0,45m X0,45m                 | Hormigon armado      | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | -          |
|                    | CORROSIÓN                   | -          |
|                    | BIODETERIORO                | -          |
|                    | IMPACTOS                    | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|                    | POROSIDAD                   | 2          |
|                    | DESCASRAMIENTO              | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                           |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 2 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | CORROSIÓN            |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS             |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | EXPOSICIÓN DEL ACERO |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | BIODETERIORO         |
|                             | POROSIDAD            |
|                             | DESCASARAMIENTO      |
|                             | PERDIDA DE SECCIÓN   |

# FICHA I.V. 8

P 77 - 78 / L 002

|           |         |                              |                |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 3       | N 9747850,8392 E 621368,5399 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 77 - 78 | Geometria del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| Abscisas: | L       | 0,45m X0,45m                 | Implementados: | Linterna, Flexometro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  | <p>POROSIDAD EN EL PILOTE EN DOS PILOTES DIFERENTES</p> |
| OBSERVACIONES  |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 8

P. 79 - 80 / L. 001

|                      |  |   |
|----------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b> 4     | <b>Ubicación Geostacionaria:</b>                         | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b> 3    | N 9747860,8928 E 621365,9985                             | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 79 - 80 | <b>Geometría del elemento:</b> Material: Hormigón armado | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> M   | 0,45m X 0,45m  | Linterna, Flexómetro, GPS,  |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             | 1          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | -          |
|                    | CORROSIÓN                   | -          |
|                    | BIODETERIORO                | -          |
|                    | IMPACTOS                    | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|                    | POROSIDAD                   | -          |
|                    | DESCASCAMIENTO              | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                           |            |

|                       |
|-----------------------|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> |
| 1                     |

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCASCAMIENTO       |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

# FICHA I.V. 8

P 79 - 80 / L 002

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4     | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747860,8928 E 621365,9985 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b><br>3    | <b>Geometría del elemento:</b><br>0,45m X0,45m                   | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b><br>79 - 80 | <b>Material:</b><br>Hormigon armado                              | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla<br>Linterna, Flexometro, GPS, |
| <b>Abscisas:</b><br>M   |  |  |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>FISURA PROFUNDA</p> | <p>FISURA PROFUNDA DE 0,34cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 0,45m.</p> |
| OBSERVACIONES  | <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>                              |

# FICHA I.V. 9

PANT 79\_001

|          |    |   |                        |   |
|----------|----|---|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:               | 29 de Enero del 2013   |   |
| Sección: | 3  | N 9747841,4075 E 621348,2160            | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 79 | Geometría del elemento: 1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            | 1          |
|                    | CORROSIÓN                   |            | 1          |
|                    | BIODETERIORO                |            | -          |
|                    | IMPACTOS                    |            | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            | 1          |
|                    | POROSIDAD                   |            | -          |
|                    | DESCARAMIENTO               |            | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             | -          |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 3 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| CORROSIÓN                   |  |
| IMPACTOS                    |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| BIODETERIORO                |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCARAMIENTO               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 9

PANT 79 002

|          |    |  |                        |   |
|----------|----|--|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                  | 29 de Enero del 2013   |   |
| Sección: | 3  | N 9747841,4075 E 62.1348,2160              | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 79 | Geometría del elemento:<br>1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |
|          |    | Material:                                  | Hormigon armado        |   |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO<br/>EXPOSICION DEL ACERO<br/>CORROSION</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON PRESENCIA DEL ACERO Y<br/>CORROSION DEL ACERO TIENE UNA DIMENSION DE 3,72m X<br/>4,24m CON UNA PROFUNDIDAD DE 6,21cm.</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>  |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 1

L 81 - 86 / L - M 0001

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| Muelle: 4       | Ubicación Geostacionaria:                         | Fecha: 29 de Enero del 2013                      |
| Sección: 4      | N 9747868,2053 E 621357,7565                      | Inspector: Guillermo Pacheco                     |
| Ejes: 81 - 86   | Geometría del elemento: Material: Hormigón armado | Equipos: Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: L - M | 31,47m X 6,82m                                    | Implementados: Linterna, Flexómetro, GPS,        |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | 3          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | 1          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | -          |
|                    | MAPEO                           | 1          |
|                    | IMPACTOS                        | 1          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | -          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCARAMIENTO                   | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                       |
|-----------------------|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> |
| 6                     |

| SIMBOLOGÍA                  |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | MAPEO                  |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS               |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | DESGASTE DE LA CAPA DE |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | EXPOSICIÓN DEL ACERO   |
| POROSIDAD                   | DESCARAMIENTO          |
| DAÑO DE JUNTA               | PERDIDA DE SECCIÓN     |

|                          |
|--------------------------|
| Geometría de la sección: |
| Material:                |

# FICHA I.V. 1

L 81 - 86 / L - M 0003

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b><br>4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747868,2053 E 621357,7565 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013                                   |
| <b>Sección:</b><br>4      | <b>Geometria del elemento:</b><br>31,47m X 6,82m                 | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco                                  |
| <b>Ejes:</b><br>81 - 86   | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                              | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisuometro, Regla |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M |  | <b>Equipos implementados:</b><br>Linterna, Flexometro, GPS,             |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>  | <p>LAS FISURAS SUPERFICIALES TIENE DE ESPESOR DE 0,12cm A 0,19cm CON LOGITUDES DE 1,34m Y 3,41m, RESPECTIVAMENTE.</p> |
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. I

L 81 - 86 / L - M 0002

|           |         |                              |                |   |
|-----------|---------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 4       | N 9747868,2053 E 621357,7565 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 81 - 86 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   | 31,47m X 6,82m               | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|           |         |                              |                |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p> | <p>FISURA SUPERFICIAL DE 0,15cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 2,12m.</p> <p>IMPACTOS DEBIDO A LA CAIDA DE CONTAINERS</p> |
|  <p>IMPACTO</p>           | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. 1

L 81 - 86 / L - M 0004

|                                  |  |  |
|----------------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4              | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747868,2053 E 621357,7565 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b><br>4             | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,47m X 6,82m                 | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b><br>81 - 86<br>L - M | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                              | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

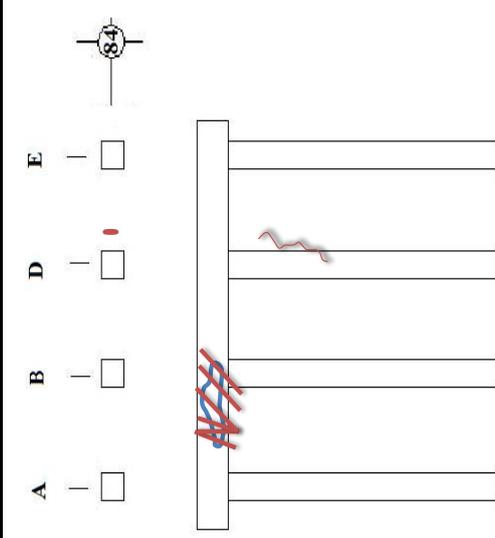
| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>MAPEO</p>                        | <p>MAPEO CON FISURAS DE 0,15 A 0,19cm DE ESPESOR UNA UNA EXTENSION DE 1,23 X 1,45m .</p> <p>DEPRENDIMIENTO SUPERFICIAL DE UNA DIMENSION DE 0,78 X 1,27m CON UNA PROFUNDIDAD DE 2,8cm.</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. 8

P 84 / A - E 001

|           |       |                              |   |
|-----------|-------|------------------------------|---|
| Muelle:   | 4     | Ubicación Geostacionaria:    | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 4     | N 9747861,1817 E 621329,9035 | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 84    | Geometría del elemento:      | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | A - E | 0,45m X0,45m                 | Linterna, Flexómetro, GPS,              |
|           |       | Material:                    | Implementados:                          |
|           |       | Hormigon armado              |   |

| ELEMENTO |                          | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|----------|--------------------------|-----------------------------|------------|
| A        | <input type="checkbox"/> | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
| B        | <input type="checkbox"/> | FISURA PROFUNDA             | 1          |
| D        | <input type="checkbox"/> | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
| E        | <input type="checkbox"/> | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | 1          |
|          |                          | CORROSIÓN                   | -          |
|          |                          | IMPACTOS                    | -          |
|          |                          | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|          |                          | POROSIDAD                   | -          |
|          |                          | DESCARAMIENTO               | -          |
|          |                          | PERDIDA DE SECCIÓN          | -          |



|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 2 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| CORROSIÓN                   |  |
| IMPACTOS                    |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCARAMIENTO               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Geometría de la sección: |  |
| Material:                |  |

# FICHA I.V. 8

P 84 / A - E 002

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b> 4       | <b>Ubicación Geoestacionaria:</b>                        | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b> 4      | N 9747861,1817 E 621329,9035                             | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b> 84        | <b>Geometría del elemento:</b> Material: Hormigon armado | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |
| <b>Abscisas:</b> A - E | 0,45m X 0,45m  |   |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
| <p>FISURA PROFUNDA</p>  | <p>FISURA PROFUNDA DE 0,3cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 1,12m.</p> <p>DESprendimiento Profundo a lo largo de la viga</p> |
| GRÁFICA   | OBSERVACIONES   |
| <p>DESprendimiento Profundo</p>   | <p>SI REQUIEREN DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |

# FICHA I.V. 9

PANT 83 001

|          |    |  |                        |   |
|----------|----|--|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                  | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013  |
| Sección: | 4  | N 9747853,9218 E 621332,1105               | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 83 | Geometría del elemento:<br>1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            | 1          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            | 1          |
|                    | CORROSIÓN                   |            | -          |
|                    | BIODETERIORO                |            | -          |
|                    | IMPACTOS                    |            | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            | -          |
|                    | POROSIDAD                   |            | -          |
|                    | DESCARAMIENTO               |            | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             | -          |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 2 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| CORROSIÓN                   |  |
| IMPACTOS                    |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| BIODETERIORO                |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCARAMIENTO               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 9

PANT 83 002

|          |    |  |                        |  |
|----------|----|--|------------------------|--|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                  | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013   |
| Sección: | 4  | N 9747853,9218 E 621332,1105               | Inspector:             | Guillermo Pacheco  |
| Ejes:    | 83 | Geometría del elemento:<br>1m X 1m X 5,50m | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisuometro, Regla<br>Linterna, Flexometro, GPS, |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p>  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL EN LA CARA OESTE DE LA PANTALLA CON UN DIMENSION DE 2,13 X 1,1m, CON UNA PROFUNDIDAD DE 3,2cm.</p> <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EN LA CARA ESTE DE LA PANTALLA CON UNA DIMENSION DE 1,24 X 1,12m CON UNA PROFUNDIDAD DE 4,2cm</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>   |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |   |

# FICHA I.V. 9

PANT 85\_001

|          |    |   |                        |  |
|----------|----|---|------------------------|--|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria:                         | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013   |
| Sección: | 4  | N 9747860,9306 E 621322,1829                      | Inspector:             | Guillermo Pacheco  |
| Ejes:    | 85 | Geometría del elemento: Material: Hormigon armado | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          | -          |            |
|                    | FISURA PROFUNDA             | -          |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | 2          |            |
|                    | CORROSIÓN                   | -          |            |
|                    | BIODETERIORO                | -          |            |
|                    | IMPACTOS                    | -          |            |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |            |
|                    | POROSIDAD                   | -          |            |
|                    | DESCARAMIENTO               | -          |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                           |            |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 2 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |              |                      |                    |
|-----------------------------|--------------|----------------------|--------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | CORROSIÓN    | IMPACTOS             | POROSIDAD          |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS     | EXPOSICIÓN DEL ACERO | DESCARAMIENTO      |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | BIODETERIORO |                      | PERDIDA DE SECCIÓN |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |              |                      |                    |

# FICHA I. V. 9

PANT 85 002

|                 |    |   |                               |   |
|-----------------|----|---|-------------------------------|---|
| <b>Muelle:</b>  | 4  | <b>Ubicación Geoestacionaria:</b>                 | <b>Fecha:</b>                 | 29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b> | 4  | N 9747860,9306 E 621322,1829                      | <b>Inspector:</b>             | Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b>    | 85 | <b>Geometría del elemento:</b><br>1m X 1m X 5,50m | <b>Equipos implementados:</b> | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EXPOSICION DEL ACERO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON EXPOSICION DEL ACERO EN LA CARA OESTE DE LA PANTALLA CON UN DIMENSION DE 3,23 X 2,71m, CON UNA PROFUNDIDAD DE 7,2cm.</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>                     | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO SIN LA PRESENCIA DDEL ACERO EN LA CARA ESTE DE LA PANTALLA CON UN DIAMETRO DE 2,42m CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,2cm</p>         |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |  |

# FICHA I.V. 1

L. 86 - 91 / L - M 0001

|          |         |                           |                              |                        |   |
|----------|---------|---------------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:  | 4       | Ubicación Geostacionaria: | N 9747886,0379 E 621331,6248 | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección: | 5       | Geometría del elemento:   | 31,47m X 6,82m               | Inspector:             | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:    | 86 - 91 | Material:                 | Hormigón armado              | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Absidas: | L - M   |                           |                              |                        | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| ELEMENTO |                                 | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|----------|---------------------------------|------------|------------|
|          | FISURA SUPERFICIAL              |            | 3          |
|          | FISURA PROFUNDA                 |            | 1          |
|          | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     |            | 1          |
|          | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        |            | 3          |
|          | MAPEO                           |            | -          |
|          | IMPACTOS                        |            | 1          |
|          | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA |            | 2          |
|          | EXPOSICIÓN DEL ACERO            |            | 1          |
|          | POROSIDAD                       |            | -          |
|          | DESCARAMIENTO                   |            | -          |
|          | DAÑO DE JUNTA                   |            | -          |
|          | PERDIDA DE SECCIÓN              |            | -          |

|                |    |
|----------------|----|
| TOTAL DE DAÑOS | 12 |
|----------------|----|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| MAPEO                       |  |
| IMPACTOS                    |  |
| DESGASTE DE LA CAPA DE      |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCARAMIENTO               |  |
| DAÑO DE JUNTA               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 1

L 86 - 91 / L - M 0002

|           |         |                           |                              |                |   |
|-----------|---------|---------------------------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria: | N 9747886,0379 E 621331,6248 | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 5       | Geometría del elemento:   | 31,47m X 6,82m               | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 86 - 91 | Material:                 | Hormigón armado              | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   |                           |                              | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>      | <p>FISURA SUPERFICIAL DE 0,16cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 4,12m</p> <p>DESGASTE DE PAVIMENTO CON UNA AREA DE 3,47 X 4,78m CON PRESENCIA DEL AGREGADO A SIMPLE VISTA.</p> |
|  <p>DESGASTE DEL PAVIMENTO</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. 1

L 86 - 91 / L - M 0003

|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| <b>Muelle:</b> 4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b> N 9747886,0379 E 621331,6248 | <b>Fecha:</b> 29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b> 5      | <b>Geometría del elemento:</b> 31,47m X 6,82m                 | <b>Inspector:</b> Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b> 86 - 91   | <b>Material:</b> Hormigón armado                              | <b>Equipos implementados:</b> Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| <b>Abscisas:</b> L - M |   | Linterna, Flexómetro, GPS,  |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>FISURA PROFUNDA</p>  <p>IMPACTOS</p> | <p>FISURA PROFUNDA DE 0,36cm DE ESPESOR Y CON LONGITUDES DE 2,23m Y 3,11m.</p> <p>IMPACTOS DEBIDO A LA CAIDA DE CONTAINERS</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p>   |  |
| <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |  |

# FICHA I.V. 1

L 86 - 91 / L - M 0005

|           |         |                           |                              |                        |   |
|-----------|---------|---------------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria: | N 9747886,0379 E 621331,6248 | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 5       | Geometría del elemento:   | 31,47m X 6,82m               | Inspector:             | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 86 - 91 | Material:                 | Hormigón armado              | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   |                           |                              |                        | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>        | <p>FISURA SUPERFICIAL DE 0,12cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 4,81m.</p>  |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO SIN LA PRESENCIA DEL ACERO CON UN DIAMETRO DE 0,42m CON UNA PROFUNDIDAD DE 4,6cm</p> |
| OBSERVACIONES  | <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>   |

# FICHA I.V. 1

L 86 - 91 / L - M 0006

|           |         |                              |   |
|-----------|---------|------------------------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:    | 29 de Enero del 2013  |
| Sección:  | 5       | N 9747886,0379 E 621331,6248 | Inspector:  |
| Ejes:     | 86 - 91 | Geometría del elemento:      | Guillermo Pacheco   |
| Abscisas: | L - M   | Materia: Hormigón armado     | Equipos implementados:  |
|           |         |                              | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>                       | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO SIN EXPOSICION DEL ACERO CON UN DIMENSION DE 5,23 X 2,74m, CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,2cm.</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EXPOSICION DEL ACERO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON LA PRESENCIA DEL ACERO CON UN DIAMETRO DE 0,52m CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,9cm</p>         |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |  |

# FICHA I.V. 1

L 91 - 96 / L - M 0001

|           |         |                           |                              |                        |   |
|-----------|---------|---------------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria: | N 9747903,5202 E 621306,3022 | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 6       | Geometría del elemento:   | 31,56 m X 6,64 m             | Inspector:             | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 91 - 96 | Material:                 | Hormigón armado              | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   |                           |                              |                        | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                      | # DE DAÑOS |
|--------------------|---------------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL              | 1          |
|                    | FISURA PROFUNDA                 | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL     | 2          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO        | 6          |
|                    | MAPEO                           | -          |
|                    | IMPACTOS                        | -          |
|                    | DESGASTE DE LA CAPA DE RODADURA | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO            | 1          |
|                    | POROSIDAD                       | -          |
|                    | DESCASCARAMIENTO                | -          |
| DAÑO DE JUNTA      | -                               |            |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                               |            |

|                |    |
|----------------|----|
| TOTAL DE DAÑOS | 10 |
|----------------|----|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| MAPEO                       |  |
| IMPACTOS                    |  |
| DESGASTE DE LA CAPA DE      |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCASCARAMIENTO            |  |
| DAÑO DE JUNTA               |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 9

PANT 83\_001

|          |    |                           |                                    |                        |   |
|----------|----|---------------------------|------------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:  | 4  | Ubicación Geostacionaria: | N 9747871,2086 E 621306,3624       | Fecha:                 | 29 de Enero del 2013  |
| Sección: | 4  | Geometría del elemento:   | 1m X 1m X 5,50m<br>Hormigón armado | Inspector:             | Guillermo Pacheco   |
| Ejes:    | 88 |                           |                                    | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla<br>Linterna, Flexómetro, GPS, |

| ELEMENTO   | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--|-----------------------------|------------|
| <p>CARA SUR</p> <p>CARA ESTE</p> <p>CARA NORTE</p> <p>CARA OESTE</p> | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|  | FISURA PROFUNDA             | -          |
|  | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
|  | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | 1          |
|  | CORROSIÓN                   | 1          |
|  | BIODETERIORO                | 1          |
|  | IMPACTOS                    | -          |
|  | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | 1          |
|  | POROSIDAD                   | -          |
|  | DESCARAMIENTO               | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN   | -                           |            |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>TOTAL DE DAÑOS</b> | 4 |
|-----------------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |
|-----------------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  |
| FISURA PROFUNDA             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  |
| CORROSIÓN                   |  |
| IMPACTOS                    |  |
| EXPOSICIÓN DEL ACERO        |  |
| BIODETERIORO                |  |
| POROSIDAD                   |  |
| DESCASCARAMIENTO            |  |
| PERDIDA DE SECCIÓN          |  |

# FICHA I.V. 1

L 91 - 96 / L - M 0002

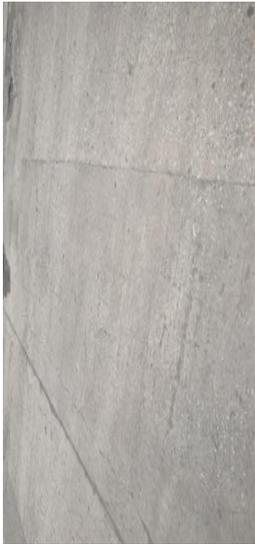
|           |         |                           |                              |                |   |
|-----------|---------|---------------------------|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria: | N 9747903,5202 E 621306,3022 | Fecha:         | 29 de Enero del 2013                    |
| Sección:  | 6       | Geometría del elemento:   | 31,56 m X 6,64 m             | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 91 - 96 | Material:                 | Hormigón armado              | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | L - M   |                           |                              | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL CON UN DIMENSION DE 1,57 X 1,1m CON UNA PROFUNDIDAD DE 3,4cm.</p>                         |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>   | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON UN RADIO DE 3,56m CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,3cm, PRESENCIA DE HUMEDAD EN EL INTERIOR.</p> |
| <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL<br/>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>                     |  |

# FICHA I.V. 1

L 91 - 96 / L - M 0004

|                                  |  |  |
|----------------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4              | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747903,5202 E 621306,3022 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013  |
| <b>Sección:</b><br>6             | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,56 m X 6,64 m               | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco   |
| <b>Ejes:</b><br>91 - 96<br>L - M | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                              | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla<br>Linterna, Flexometro, GPS, |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON UNA DIMENSION DE 2,38 X 0,94m CON UNA PROFUNDIDAD DE 4,4cm.</p> <p>FISURA SUPERFICIAL DE 0,11cm CON UNA LONGITUD DE 5,2m</p> |
|  <p>FISURA SUPERFICIAL</p>      | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL<br/>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>   |

# FICHA I.V. 1

L 91 - 96 / L - M 0005

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| <b>Muelle:</b><br>4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747903,5202 E 621306,3022 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013                                   |
| <b>Sección:</b><br>6      | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,56 m X 6,64 m               | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco                                  |
| <b>Ejes:</b><br>91 - 96   | <b>Material:</b><br>Hormigón armado                              | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisuometro, Regla |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M |  | Linterna, Flexometro, GPS,  |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p>                       | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO SIN LA PRESENCIA DEL ACERO CON UN DIAMETRO DE 3,78m CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,4cm, PRESENCIA DE HUMEDAD EN EL INTERIOR.</p> <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO CON LA PRESENCIA DEL ACERO CON UNA DIMENSIONES DE 2,31 X 1,37m CON UNA PROFUNDIDAD DE 5,4cm, PRESENCIA DE HUMEDAD EN EL INTERIOR.</p> |
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO EXPOSICION DEL ACERO</p> | <p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SI REQUIEREN DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |

# FICHA I.V. 1

L-91 - 96 / L - M 0006

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| <b>Muelle:</b><br>4       | <b>Ubicación Geostacionaria:</b><br>N 9747903,5202 E 621306,3022 | <b>Fecha:</b><br>29 de Enero del 2013                                    |
| <b>Sección:</b><br>6      | <b>Geometría del elemento:</b><br>31,56 m X 6,64 m               | <b>Inspector:</b><br>Guillermo Pacheco                                   |
| <b>Ejes:</b><br>91 - 96   | <b>Materia:</b><br>Hormigón armado                               | <b>Equipos implementados:</b><br>Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| <b>Abscisas:</b><br>L - M |  | Linterna, Flexometro, GPS,   |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL</p> | <p>DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL DE DIMENSIONES 0,87 X 0,43m CON UN PROFUNDIDAD DE 2,4cm.</p> |
| OBSERVACIONES  |   |
| <p>NO REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 8

P. 92 - 93 / M - 001

|               |   |  |
|---------------|---|--|
| Muelle: 4     | Ubicación Geostacionaria: N 9747908,8592 E 61297,6990 | Fecha: 6 de Febrero del 2013                                   |
| Sección: 6    | Geometría del elemento: 0,45 m X 0,45 m               | Inspector: Guillermo Pacheco                                   |
| Ejes: 92 - 93 | Material: Hormion armado                              | Equipos implementados: Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: M   |   | Linterna, Flexómetro, GPS,                                     |

| ELEMENTO           | PATOLOGÍAS                  | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             | 1          |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | -          |
|                    | CORROSIÓN                   | -          |
|                    | BIODETERIORO                | -          |
|                    | IMPACTOS                    | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        | -          |
|                    | POROSIDAD                   | -          |
|                    | DESCASCAMIENTO              | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN | -                           |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 1 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| FISURA SUPERFICIAL          | CORROSIÓN            |
| FISURA PROFUNDA             | IMPACTOS             |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL | EXPOSICIÓN DEL ACERO |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    | BIODETERIORO         |
|                             | POROSIDAD            |
|                             | DESCASCAMIENTO       |
|                             | PERDIDA DE SECCIÓN   |

## FICHA I.V. 8

P 92 - 93 / M 002

|           |         |                             |                |   |
|-----------|---------|-----------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4       | Ubicación Geostacionaria:   | Fecha:         | 6 de Febrero del 2013                   |
| Sección:  | 6       | N 9747908,8592 E 61297,6990 | Inspector:     | Guillermo Pacheco                       |
| Ejes:     | 92 - 93 | Geometría del elemento:     | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | M       | 0,45 m X 0,45 m             | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA  | DESCRIPCIÓN   |
|--|---|
|  <p>FISURA PROFUNDA</p> | <p>FISURA PROFUNDA DE 0,4cm DE ESPESOR CON UNA LONGITUD DE 2,3m A LO LARGO DEL PILOTE</p> |
| OBSERVACIONES  |   |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>  |   |

# FICHA I.V. 8

P 95 / D 001

|           |    |                           |                              |                        |   |
|-----------|----|---------------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Muelle:   | 4  | Ubicación Geostacionaria: | N 9747848,3471 E 621272,3819 | Fecha:                 | 6 de Febrero del 2013                   |
| Sección:  | 6  | Geometría del elemento:   | 0,45 m X 0,45 m              | Inspector:             | Ing. Guillermo Pacheco                  |
| Ejes:     | 95 | Material:                 | Hormión armado               | Equipos implementados: | Equipo de seguridad, Fisurometro, Regla |
| Abscisas: | D  |                           |                              |                        | Linterna, Flexometro, GPS,              |

| ELEMENTO           |                             | PATOLOGÍAS | # DE DAÑOS |
|--------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                    | FISURA SUPERFICIAL          |            | -          |
|                    | FISURA PROFUNDA             |            |            |
|                    | DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |            | -          |
|                    | DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |            | 1          |
|                    | CORROSIÓN                   |            | -          |
|                    | BIODETERIORO                |            | -          |
|                    | IMPACTOS                    |            | -          |
|                    | EXPOSICIÓN DEL ACERO        |            | -          |
|                    | POROSIDAD                   |            | -          |
|                    | DESCASCARAMIENTO            |            | -          |
| PERDIDA DE SECCIÓN |                             | -          |            |

|                |   |
|----------------|---|
| TOTAL DE DAÑOS | 1 |
|----------------|---|

| SIMBOLOGÍA                  |  |                      |  |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| FISURA SUPERFICIAL          |  | CORROSIÓN            |  |
| FISURA PROFUNDA             |  | IMPACTOS             |  |
| DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL |  | EXPOSICIÓN DEL ACERO |  |
| DESPRENDIMIENTO PROFUNDO    |  | BIODETERIORO         |  |
|                             |  | POROSIDAD            |  |
|                             |  | DESCASCARAMIENTO     |  |
|                             |  | PERDIDA DE SECCIÓN   |  |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Geometría del pilote:                |  |
| Indicar las distancias entre pilotes |  |

# FICHA I.V. 8

P 95 / D 002

|           |    |                              |                |   |
|-----------|----|------------------------------|----------------|---|
| Muelle:   | 4  | Ubicación Geostacionaria:    | Fecha:         | 6 de Febrero del 2013                   |
| Sección:  | 6  | N 9747848,3471 E 621272,3819 | Inspector:     | Ing. Guillermo Pacheco                  |
| Ejes:     | 95 | Geometría del elemento:      | Equipos        | Equipo de seguridad, Fisurómetro, Regla |
| Abscisas: | D  | 0,45 m X 0,45 m              | Implementados: | Linterna, Flexómetro, GPS,              |

| GRÁFICA   | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
|  <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO</p> | <p>DESPRENDIMIENTO PROFUNDO SIN LA PRESENCIA DEL ACERO DE DIMENSIONES 2,34 X 1,47m CON UNA PROFUNDIDAD DE 7,3cm.</p> |
| OBSERVACIONES   |  |
| <p>SI REQUIERE DE INSPECCION ESPECIAL</p>   |  |

# **ANEXO 6**

**INSPECCION ESPECIAL (CASO PRACTICO MUELLE #4)**

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzoa Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013

| Elemento N° | Tipo de Elemento | Eje principal | Entre Ejes | Distancia m. | TIEMPO ULTRAFÓNICO |       |       | Tiempo Ultrafónico (µs) | Velocidad Ultrafónica (Km/s) | Módulo Elástico Dinámico kg/CM2 | Resistencia Probable $f_c = (E/15000)$ kg/cm2 | TOMA DE ESCLEROMETRÍA |    |    | Prueba Esclerométrica. Número de Rebote | Posición del Esclerómetro. | Resistencia Probable $f_c = \text{kg/cm}^2$ | Observaciones (Reacción a la fenolftaleína) |  |  |  |  |
|-------------|------------------|---------------|------------|--------------|--------------------|-------|-------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|---|-----------------------|----|----|---|----------------------------|---|---|--|--|--|--|
|             |                  |               |            |              | 89,20              | 89,60 | 89,90 |                         |                              |                                 |   | 33                    | 35 | 33 |   |                            |   |   |  |  |  |  |
| 1           | LOSA             | 100 - 101     | L - K      | 0,30         |                    |       |       | 89,6                    | 3,35                         | 235938                          | 247   | 33                    | 35 | 33 | 34                                      | V                          | 257,6                                       | LEVE  |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
| 2           | LOSA             | 100 - 101     | F - G      | 0,30         |                    |       |       | 87,7                    | 3,42                         | 240868                          | 258   | 36                    | 33 | 35 | 34                                      | V                          | 264,0                                       | LEVE  |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
| 3           | LOSA             | 100 - 101     | A - B      | 0,30         |                    |       |       | 90,8                    | 3,31                         | 232818                          | 241   | 35                    | 33 | 35 | 34                                      | V                          | 264,0                                       | LEVE  |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
| 4           | LOSA             | 102 - 103     | L - M      | 0,30         |                    |       |       | 88,6                    | 3,39                         | 238512                          | 253   | 38                    | 34 | 37 | 37                                      | V                          | 272,0                                       | LEVE  |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
| 5           | LOSA             | 102 - 103     | L - M      | 0,30         |                    |       |       | 91,6                    | 3,28                         | 230784                          | 237   | 32                    | 34 | 37 | 34                                      | V                          | 252,0                                       | NO REACCIONO                                |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                              |                                 |   |                       |    |    |   |                            |   |   |  |  |  |  |

Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013

| Elemento Nº | Tipo de Elemento | Eje principal | Entre Ejes | Distancia m. | TIEMPO ULTRONICO |       | Tiempo Ultrasonido (µs) | Velocidad Ultrasonica (Kms) | Módulo Elástico Dinámico kg/CM2 | Resistencia Probable f'c=(E/75000) kg/cm2 | TOMA DE ESCLEROMETRIA |       | Prueba Esclerométrica Número de Rebote | Posición del Esclerómetro. | Resistencia Probable f'c = kg/cm2 | Observaciones (Reacción a la fenolftaleína) |
|-------------|------------------|---------------|------------|--------------|------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|-----------------------|-------|--|----------------------------|-----------------------------------|---|
|             |                  |               |            |              | 94.80            | 95.30 |                         |                             |                                 |   | 95.10                 | 95.10 |  |                            |                                   |   |
| 6           | LOSA             | 102 - 103     | L - M      | 0,30         |                  |       | 95,1                    | 3,16                        | 222288                          | 220                                       | 32                    | 34    | 32                                     | V                          | 237,6                             | NO REACCIONO                                |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 33                    | 35    | 34                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 31                    | 35    | 34                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 35                    | 33    | 31                                     |                            |                                   |   |
| 7           | LOSA             | 89 - 91       | L - M      | 0,30         | 84,80            | 85,10 | 84,9                    | 3,53                        | 248809                          | 275                                       | 47                    | 47    | 48                                     | V                          | 448,0                             | POSITIVA                                    |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 45                    | 53    | 51                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 51                    | 47    | 48                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 45                    | 48    | 44                                     |                            |                                   |   |
| 8           | LOSA             | 89 - 91       | L - M      | 0,30         | 93,40            | 93,70 | 93,8                    | 3,20                        | 225289                          | 226                                       | 46                    | 45    | 46                                     | V                          | 408,0                             | LEVE  |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 45                    | 47    | 49                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 48                    | 55    | 51                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 52                    | 52    | 51                                     |                            |                                   |   |
| 9           | LOSA             | 89 - 91       | L - M      | 0,30         | 87,20            | 87,90 | 87,6                    | 3,43                        | 241326                          | 259                                       | 38                    | 45    | 58                                     | V                          | 432,0                             | NO REACCIONO                                |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 47                    | 41    | 52                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 43                    | 45    | 48                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 45                    | 49    | 47                                     |                            |                                   |   |
| 10          | LOSA             | 89 - 91       | L - M      | 0,30         | 90,10            | 89,60 | 89,7                    | 3,34                        | 235587                          | 247                                       | 51                    | 47    | 44                                     | V                          | 432,0                             | NO REACCIONO                                |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 40                    | 46    | 47                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 51                    | 44    | 48                                     |                            |                                   |   |
|             |                  |               |            |              |                  |       |                         |                             |                                 |   | 48                    | 49    | 53                                     |                            |                                   |   |

Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805  
**Fecha:** Febrero del 2013

| Elemento<br>Nº | Tipo de<br>Elemento | Eje principal | Entre Ejes | Distancia<br>m. | TIEMPO ULTRONICO |       |       | Tiempo<br>Ultrasonido<br>(µs) | Velocidad<br>Ultrasonica<br>(Kms) | Módulo<br>Elástico<br>Dinámico<br>kg/CM2 | Resistencia<br>Probable<br>$f_c = (E/15000)$<br>kg/cm2 | TOMA DE<br>ESCLEROMETRIA |    | Prueba<br>Esclerométrica.<br>Número de<br>Rebote | Pecisión<br>del<br>Esclerómetro. | Resistencia<br>Probable<br>$f_c = \text{kg/cm}^2$ | Observaciones<br>(Reacción a la<br>fenóflataína) |
|----------------|---------------------|---------------|------------|-----------------|------------------|-------|-------|-------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------|----|--|----------------------------------|---|--|
|                |                     |               |            |                 | 91,70            | 92,30 | 91,30 |                               |                                   |  |  | 41                       | 44 |  |                                  |   |  |
| 11             | LOSA                | 89 - 91       | L - M      | 0,30            | 91,70            | 92,30 | 91,30 | 92,0                          | 3,26                              | 229781                                   | 235  | 47                       | 44 | 46   | 47                               | 432,0   | LEVE   |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 47                       | 57 | 48   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 49                       | 47 | 52   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 43                       | 49 | 43   |                                  |   |  |
| 12             | TRABE<br>LOSA       | 70 - 71       | M - N      | 0,30            | 86,10            | 85,90 | 86,00 | 86,0                          | 3,49                              | 245723                                   | 268  | 50                       | 49 | 54   | 54                               | 432,0   | POSITIVA   |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 54                       | 57 | 54   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 57                       | 51 | 56   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 54                       | 55 | 59   |                                  |   |  |
| 13             | TRABE<br>LOSA       | 70 - 71       | M - N      | 0,30            | 84,90            | 85,10 | 85,30 | 85,1                          | 3,53                              | 248321                                   | 274  | 60                       | 60 | 56   | 58                               | 584,0   | POSITIVA   |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 60                       | 56 | 52   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 58                       | 61 | 57   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 60                       | 58 | 60   |                                  |   |  |
| 14             | TRABE<br>LOSA       | 70 - 71       | M - N      | 0,30            | 85,20            | 85,70 | 84,90 | 85,3                          | 3,52                              | 247836                                   | 273  | 53                       | 59 | 57   | 57                               | 576,0   | POSITIVA   |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 58                       | 59 | 61   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 59                       | 52 | 59   |                                  |   |  |
|                |                     |               |            |                 |                  |       |       |                               |                                   |  |  | 54                       | 59 | 59   |                                  |   |  |

Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzoia Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSA

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013

| Elemento Nº | Tipo de Elemento | Eje principal | Entre Ejes | Distancia m. | TIEMPO ULTRASONICO |       |       | Tiempo Ultrasonico (µs) | Velocidad Ultrasonica (Kms) | Módulo Elástico Dinámico (kg/CM2) | Resistencia Probable $f_c = (E/15000)$ kg/cm2 | TOMA DE ESCLEROMETRIA |    |    | Prueba Esclerométrica. Número de Rebote | Posición del Esclerómetro. | Resistencia Probable $f_c = \text{kg/cm}^2$ | Observaciones (Reacción a la fenolftaleína) |
|-------------|------------------|---------------|------------|--------------|--------------------|-------|-------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|----|----|---|----------------------------|---|---|
|             |                  |               |            |              | 84.80              | 84.50 | 84.60 |                         |                             |                                   |   | 54                    | 52 | 59 |   |                            |   |   |
| 15          | VIGA             | 70            | M - O      | 0.30         |                    |       |       | 84,6                    | 3,54                        | 248691                            | 277   |                       |    | 53 | H                                       | 476,0                      | POSITIVA                                    |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
| 16          | PANATALLA        | 70            |            | 0.30         | 76.10              | 75.90 | 75.60 | 75,9                    | 3,95                        | 278543                            | 345   |                       |    | 54 | H                                       | 488,0                      | LEVE  |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
| 17          | PILOTE           | 71            | E - F      | 0.30         | 85.30              | 85.10 | 85.50 | 85,3                    | 3,52                        | 247739                            | 273   |                       |    | 51 | H                                       | 448,0                      | LEVE  |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |
|             |                  |               |            |              |                    |       |       |                         |                             |                                   |   |                       |    |    |   |                            |   |   |

Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo



## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUA'YAGUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013



Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUJELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013



## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013



Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzoza Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

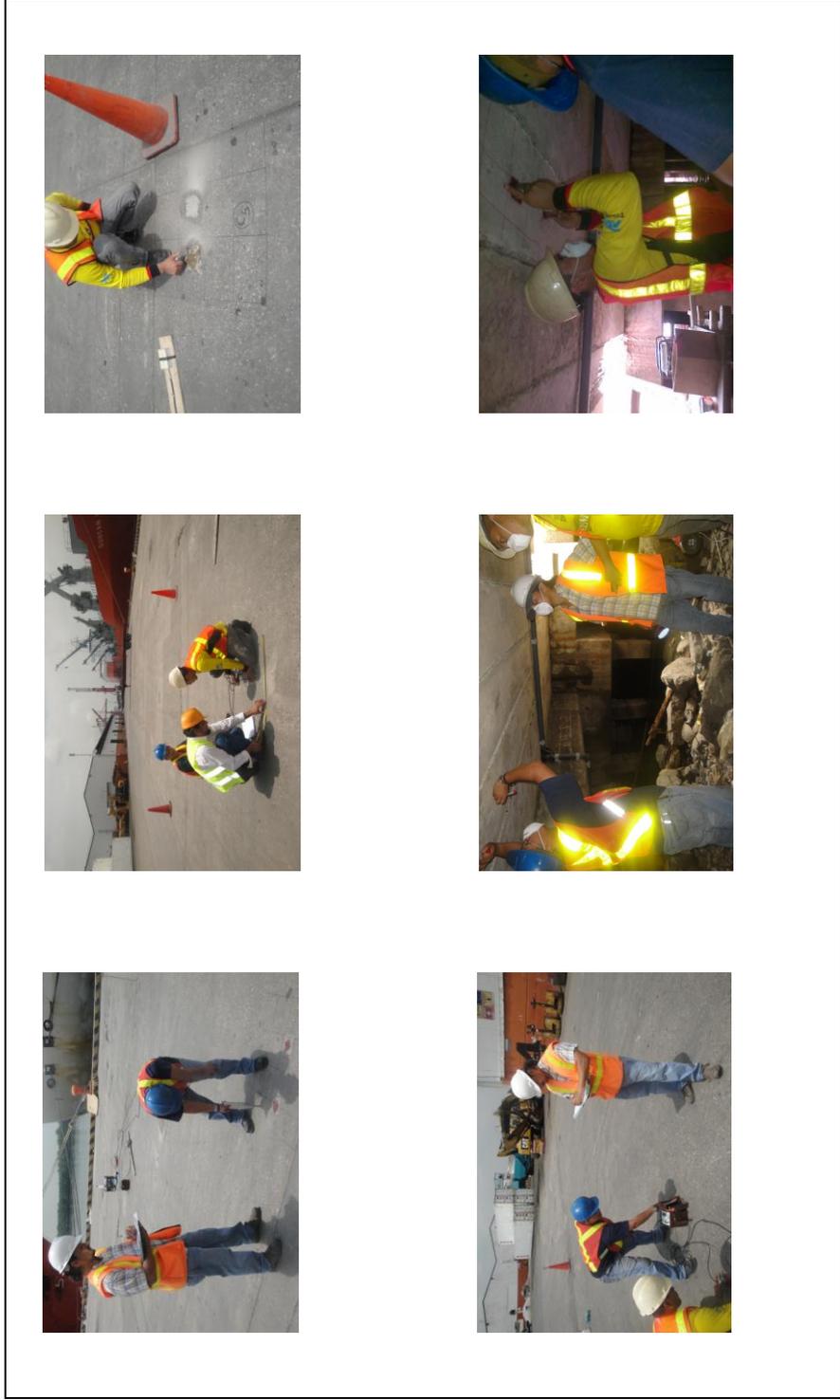
**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013



Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

## Vicente De Paúl León Toledo

Ing. Civil - Magister en Geotecnia - Consultor CIN - 1-6527  
Garzoa Mz. 135 V. 16 - Tel. 2640828- 098-282897

### Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

**Proyecto:** PRUEBA DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN EL PUERTO DE GUAYAQUIL

**Elementos a Prueba:** COLUMNAS - VIGAS - LOSAS

**Método:** Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

**SECTOR:** MUELLE 4

**Normas utilizadas:** ASTM. C - 597 y ASTM. C - 805

**Fecha:** Febrero del 2013



# **ANEXO 7**

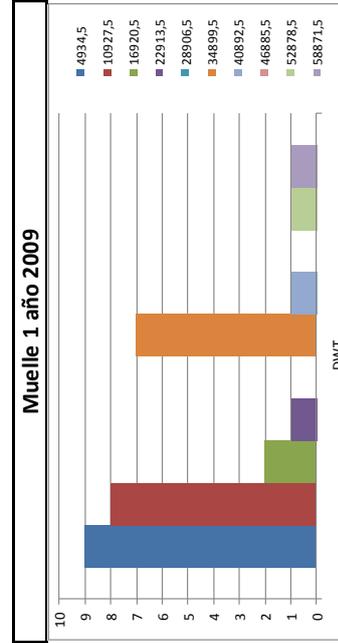
**HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE ARRIBO DE BUQUES**

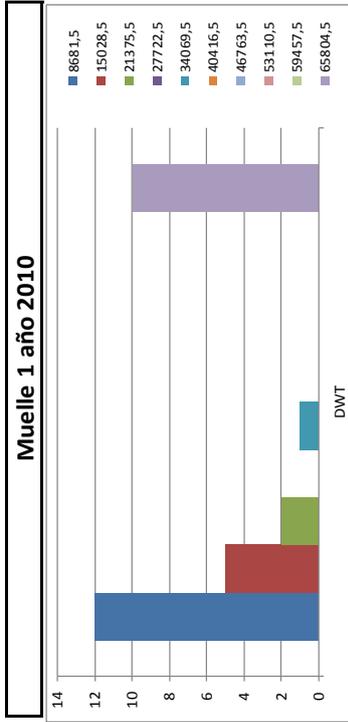
## HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, MUELLE 1

| Años                        | 2009   | 2010  | 2011   | 2012   |  |  |  |
|-----------------------------|--|---|--|--|--|--|--|
| TONELAJE DE PESO MUERTO DWT | 2038<br>5607<br>5607<br>5608<br>5786<br>5786<br>5786<br>6535<br>7368<br>8105<br>8735<br>9278<br>10313<br>12700 | 12848<br>13725<br>14140<br>15154<br>22133<br>33434<br>63359<br>10303<br>10313<br>10572<br>10633<br>11044<br>11464<br>12545<br>14140 | 5608<br>5786<br>9278<br>9412<br>9728<br>10303<br>10313<br>10572<br>10633<br>11044<br>11464<br>12545<br>14140 | 14140<br>14160<br>22323<br>23853<br>33434<br>63359<br>10303<br>10313<br>10572<br>10633<br>11044<br>11464<br>12545<br>14140 | 39295<br>39418<br>41646<br>41748<br>44060<br>66910<br>66910<br>68209<br>68599<br>393403<br>393403<br>34236<br>34296<br>393403<br>39295 | 15031<br>17130<br>17525<br>21184<br>21442<br>30573<br>30573<br>33434<br>33434<br>33460<br>33891<br>34283<br>34395,9<br>34410 | 34457,01<br>34457,01<br>34677<br>35534,6<br>38530,9<br>71438<br>71438<br>71588<br>393403<br>393403<br>108272,55<br>145795,69<br>21256384346,37 |

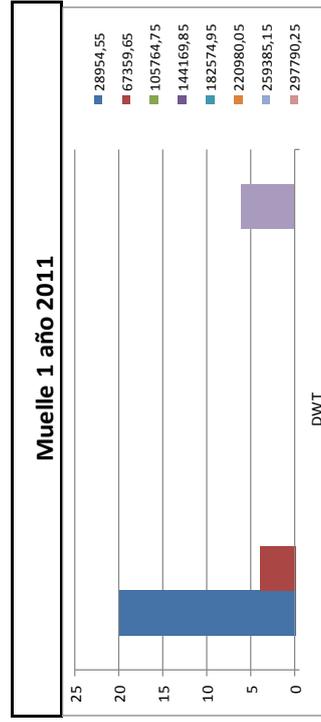
|            |              |              |                |                |
|------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| MENOR      | 2038,00      | 5608,00      | 9852,00        | 15031,00       |
| MAYOR      | 61468,00     | 68578,00     | 393403,00      | 393403,00      |
| MEDIA      | 20128,13     | 30572,50     | 107089,80      | 108272,55      |
| DESVIACION | 16506,78     | 25981,09     | 146505,74      | 145795,69      |
| VARIANZA   | 272473903,98 | 675017161,43 | 21463930756,30 | 21256384346,37 |

| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 1938,00  | 7931,00        | 9          |
| 7931,00  | 13924,00       | 8          |
| 13924,00 | 19917,00       | 2          |
| 19917,00 | 25910,00       | 1          |
| 25910,00 | 31903,00       | 0          |
| 31903,00 | 37896,00       | 7          |
| 37896,00 | 43889,00       | 1          |
| 43889,00 | 49882,00       | 0          |
| 49882,00 | 55875,00       | 1          |
| 55875,00 | 61868,00       | 1          |



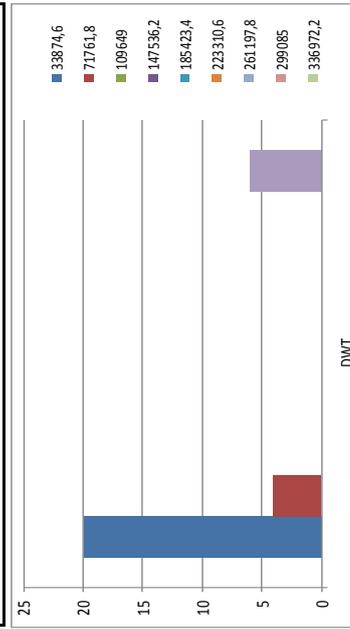


| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 5508,00  | 11855,00       | 12         |
| 11855,00 | 18202,00       | 5          |
| 18202,00 | 24549,00       | 2          |
| 24549,00 | 30896,00       | 0          |
| 30896,00 | 37243,00       | 1          |
| 37243,00 | 43590,00       | 0          |
| 43590,00 | 49937,00       | 0          |
| 49937,00 | 56284,00       | 0          |
| 56284,00 | 62631,00       | 0          |
| 62631,00 | 68978,00       | 10         |



| CLASE     | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|-----------|----------------|------------|
| 9752,00   | 48157,10       | 20         |
| 48157,10  | 86562,20       | 4          |
| 86562,20  | 124967,30      | 0          |
| 124967,30 | 163372,40      | 0          |
| 163372,40 | 201777,50      | 0          |
| 201777,50 | 240182,60      | 0          |
| 240182,60 | 278587,70      | 0          |
| 278587,70 | 316992,80      | 0          |
| 316992,80 | 355397,90      | 0          |
| 355397,90 | 393803,00      | 6          |

### Muelle 1 año 2012



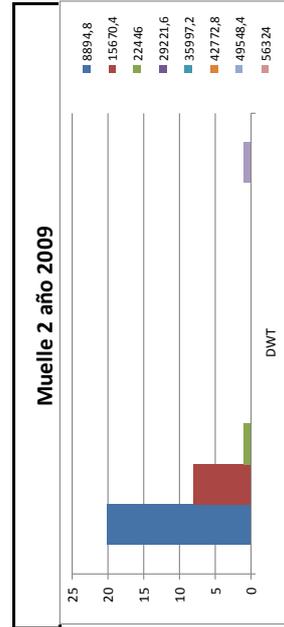
| CLASE     | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|-----------|----------------|------------|
| 14931,00  | 52818,20       | 20         |
| 52818,20  | 90705,40       | 4          |
| 90705,40  | 128592,60      | 0          |
| 128592,60 | 166479,80      | 0          |
| 166479,80 | 204367,00      | 0          |
| 204367,00 | 242254,20      | 0          |
| 242254,20 | 280141,40      | 0          |
| 280141,40 | 318028,60      | 0          |
| 318028,60 | 355915,80      | 0          |
| 355915,80 | 393803,00      | 6          |

## HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, MUELLE 2

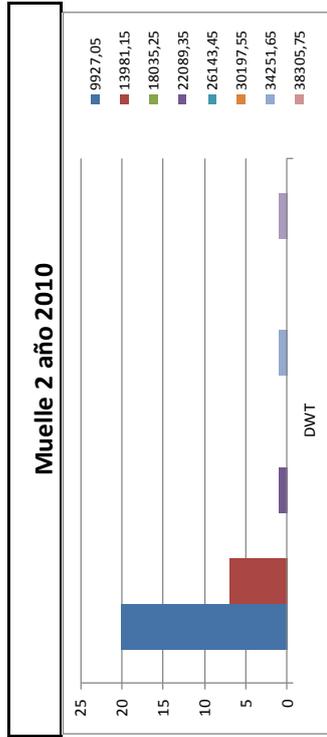
| AÑOS | 2009                        |      |       | 2010 |       |      | 2011  |      |       | 2012 |       |      |       |      |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |         |      |         |      |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |         |      |       |       |       |       |       |       |         |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-----------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---------|------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | TONELAJE DE PESO MUERTO DWT | 5607 | 10303 | 8000 | 10602 | 5608 | 18054 | 9852 | 24133 | 5786 | 10598 | 8752 | 10649 | 9534 | 18218 | 10340 | 24230 | 6066 | 11093 | 8895 | 10649 | 10097 | 18464 | 10695 | 30573 | 7190 | 11150 | 9566 | 11093 | 10114 | 19762 | 10695 | 33891 | 7685 | 11966 | 9566 | 11464 | 10285 | 20120 | 10695 | 34220,8 | 8000 | 12519,5 | 9609 | 12308 | 10303 | 21040 | 12570 | 34317 | 8044 | 12714 | 9639 | 12890 | 10318 | 22800 | 12890 | 35297 | 8053 | 12974 | 9852 | 13949 | 10334 | 26320 | 14140 | 37867 | 9339 | 14061 | 9861 | 14140 | 10613 | 28470 | 14140 | 37977 | 9639 | 14140 | 10252 | 14160 | 12890 | 30573 | 14140 | 41424,5 | 9683 | 14140 | 10285 | 14913 | 12913 | 30573 | 17400 | 41424,5 | 9687 | 14140 | 10285 | 14933 | 13805 | 32155 | 20630 | 42078 | 10303 | 14160 | 10303 | 21005 | 14061 | 33813 | 20630 | 42224 | 10303 | 19762 | 10464 | 33434 | 15571 | 34038 | 20630 | 43161 | 10303 | 72863 | 10572 | 48041 | 17250 | 42025 | 21133 |

|            |              |             |             |              |
|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| MENOR      | 5607,00      | 8000,00     | 5608,00     | 9852,00      |
| MAYOR      | 72863,00     | 48041,00    | 42025,00    | 43177,00     |
| MEDIA      | 12742,38     | 13337,70    | 19004,03    | 25552,49     |
| DESVIACION | 11765,65     | 8111,82     | 9326,09     | 12241,04     |
| VARIANZA   | 138430531,44 | 65801596,84 | 86975916,45 | 149843106,19 |

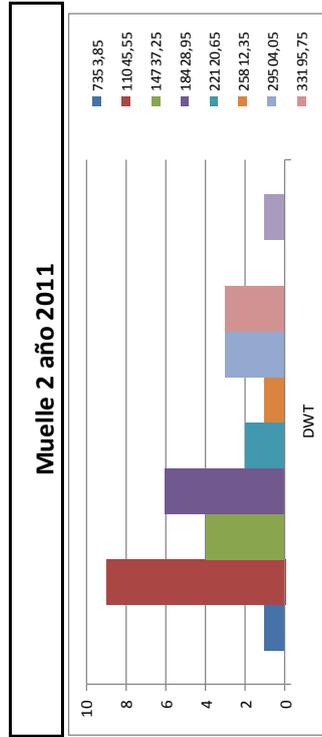
| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 5507,00  | 12282,60       | 8894,8     |
| 12282,60 | 19058,20       | 15670,4    |
| 19058,20 | 25833,80       | 22446      |
| 25833,80 | 32609,40       | 29221,6    |
| 32609,40 | 39385,00       | 35997,2    |
| 39385,00 | 46160,60       | 42772,8    |
| 46160,60 | 52936,20       | 49548,4    |
| 52936,20 | 59711,80       | 56324      |
| 59711,80 | 66487,40       | 63099,6    |
| 66487,40 | 73263,00       | 69875,2    |
|          |                | 1          |



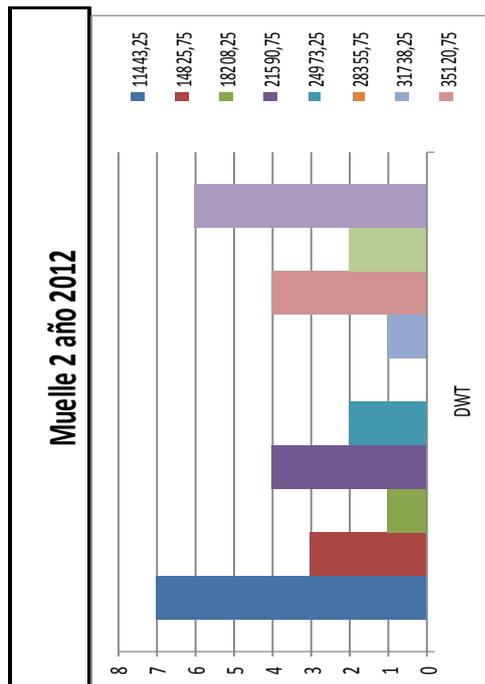
| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 7900,00  | 11954,10       | 20         |
| 11954,10 | 16008,20       | 7          |
| 16008,20 | 20062,30       | 0          |
| 20062,30 | 24116,40       | 1          |
| 24116,40 | 28170,50       | 0          |
| 28170,50 | 32224,60       | 0          |
| 32224,60 | 36278,70       | 1          |
| 36278,70 | 40332,80       | 0          |
| 40332,80 | 44386,90       | 0          |
| 44386,90 | 48441,00       | 1          |



| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 5508,00  | 9199,70        | 1          |
| 9199,70  | 12891,40       | 9          |
| 12891,40 | 16583,10       | 4          |
| 16583,10 | 20274,80       | 6          |
| 20274,80 | 23966,50       | 2          |
| 23966,50 | 27658,20       | 1          |
| 27658,20 | 31349,90       | 3          |
| 31349,90 | 35041,60       | 3          |
| 35041,60 | 38733,30       | 0          |
| 38733,30 | 42425,00       | 1          |



| CLASE    | MARCA DE CLASE |          | Frecuencia |
|----------|----------------|----------|------------|
|          | CLASE          | CLASE    |            |
| 9752,00  | 13134,50       | 11443,25 | 7          |
| 13134,50 | 16517,00       | 14825,75 | 3          |
| 16517,00 | 19899,50       | 18208,25 | 1          |
| 19899,50 | 23282,00       | 21590,75 | 4          |
| 23282,00 | 26664,50       | 24973,25 | 2          |
| 26664,50 | 30047,00       | 28355,75 | 0          |
| 30047,00 | 33429,50       | 31738,25 | 1          |
| 33429,50 | 36812,00       | 35120,75 | 4          |
| 36812,00 | 40194,50       | 38503,25 | 2          |
| 40194,50 | 43577,00       | 41885,75 | 6          |



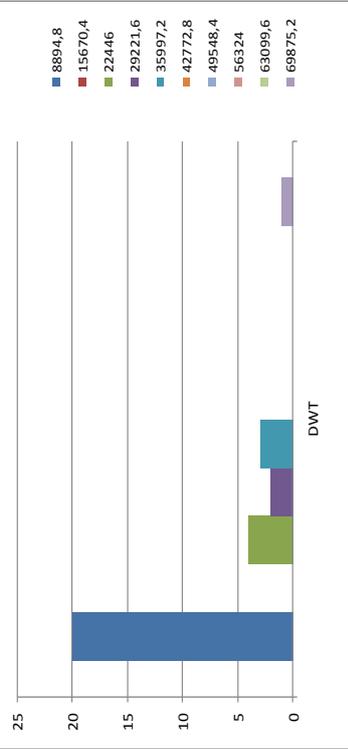
### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, MUELLE 3

| AÑOS                        | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|
| TONELAJE DE PESO MUERTO DWT | 5607<br>6535<br>7242<br>8549<br>8549<br>8803<br>8803<br>9278<br>9412<br>9534<br>9566<br>10114<br>10285<br>10572 | 7337<br>7368<br>7673<br>7787<br>7957<br>8043<br>8075<br>9499<br>9566<br>9639<br>9746<br>10252<br>10438<br>10572 | 10572<br>10593<br>10633<br>11000<br>11093<br>11093<br>11779<br>18758<br>21276<br>21449<br>22300<br>22133<br>22800<br>23278<br>28835<br>29663<br>34038 | 8000<br>9852<br>10285<br>10285<br>10303<br>10303<br>21547<br>8000<br>8000<br>10313<br>10564<br>23319<br>10695<br>12300<br>13949<br>14061<br>14061 | 1119,79<br>4744<br>4744<br>4744<br>4744<br>702<br>8000<br>8000<br>9728<br>9728<br>10114<br>10318<br>10432<br>11633<br>11788 |

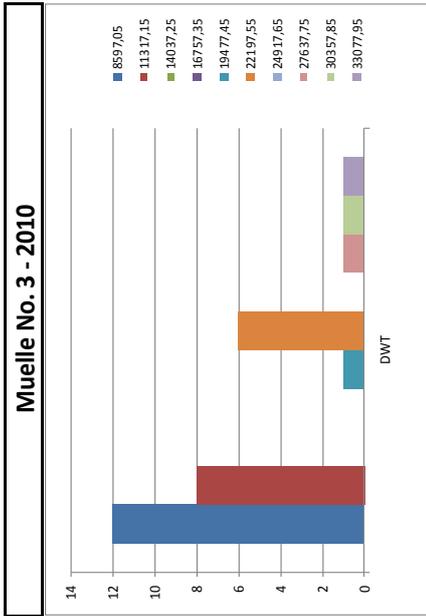
|            |              |             |              |              |
|------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| MENOR      | 5607,00      | 7337,00     | 8000,00      | 1119,79      |
| MAYOR      | 72863,00     | 34038,00    | 49856,00     | 55550,00     |
| MEDIA      | 16975,57     | 14400,27    | 17667,20     | 17232,60     |
| DESVIACION | 13950,90     | 7735,98     | 10372,80     | 13543,84     |
| VARIANZA   | 194627537,63 | 59845392,34 | 107595058,03 | 183435487,68 |

| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 5507,00  | 12282,60       | 8894,8     |
| 12282,60 | 19058,20       | 15670,4    |
| 19058,20 | 25833,80       | 22446      |
| 25833,80 | 32609,40       | 29221,6    |
| 32609,40 | 39385,00       | 35997,2    |
| 39385,00 | 46160,60       | 42772,8    |
| 46160,60 | 52936,20       | 49548,4    |
| 52936,20 | 59711,80       | 56324      |
| 59711,80 | 66487,40       | 63099,6    |
| 66487,40 | 73263,00       | 69875,2    |

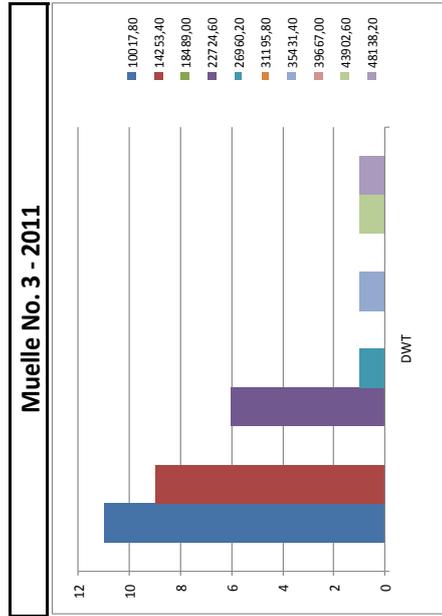
Muelle No. 3 - 2009

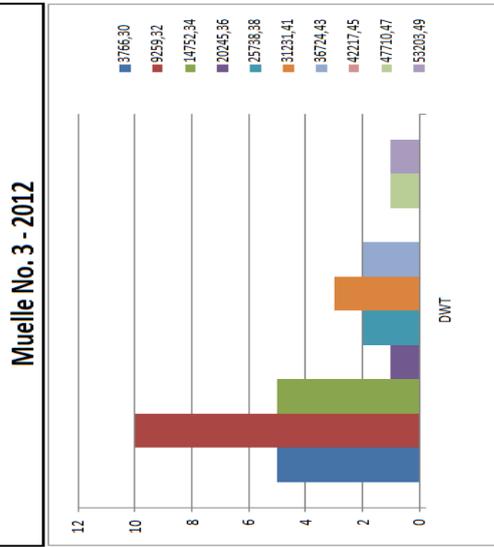


| CLASE    |          | MARCA DE CLASE |  | Frecuencia |
|----------|----------|----------------|--|------------|
| 7237,00  | 9957,10  | 8597,05        |  | 12         |
| 9957,10  | 12677,20 | 11317,15       |  | 8          |
| 12677,20 | 15397,30 | 14037,25       |  | 0          |
| 15397,30 | 18117,40 | 16757,35       |  | 0          |
| 18117,40 | 20837,50 | 19477,45       |  | 1          |
| 20837,50 | 23557,60 | 22197,55       |  | 6          |
| 23557,60 | 26277,70 | 24917,65       |  | 0          |
| 26277,70 | 28997,80 | 27637,75       |  | 1          |
| 28997,80 | 31717,90 | 30357,85       |  | 1          |
| 31717,90 | 34438,00 | 33077,95       |  | 1          |



| CLASE    |          | MARCA DE CLASE |  | Frecuencia |
|----------|----------|----------------|--|------------|
| 7900,00  | 12135,60 | 10017,80       |  | 11         |
| 12135,60 | 16371,20 | 14253,40       |  | 9          |
| 16371,20 | 20606,80 | 18489,00       |  | 0          |
| 20606,80 | 24842,40 | 22724,60       |  | 6          |
| 24842,40 | 29078,00 | 26960,20       |  | 1          |
| 29078,00 | 33313,60 | 31195,80       |  | 0          |
| 33313,60 | 37549,20 | 35431,40       |  | 1          |
| 37549,20 | 41784,80 | 39667,00       |  | 0          |
| 41784,80 | 46020,40 | 43902,60       |  | 1          |
| 46020,40 | 50256,00 | 48138,20       |  | 1          |



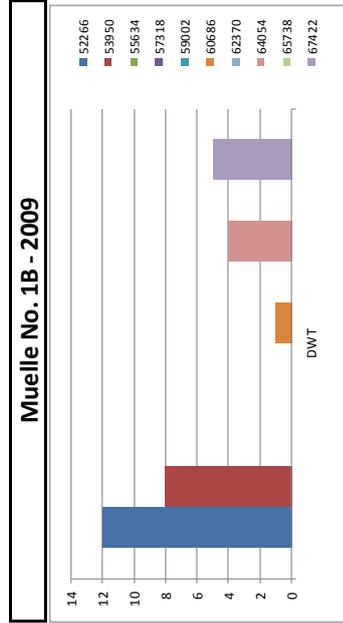


| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 1019,79  | 6512,81        | 5          |
| 6512,81  | 12005,83       | 10         |
| 12005,83 | 17498,85       | 5          |
| 17498,85 | 22991,87       | 1          |
| 22991,87 | 28484,90       | 2          |
| 28484,90 | 33977,92       | 3          |
| 33977,92 | 39470,94       | 2          |
| 39470,94 | 44963,96       | 0          |
| 44963,96 | 50456,98       | 1          |
| 50456,98 | 55950,00       | 1          |

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, MUELLE 1B

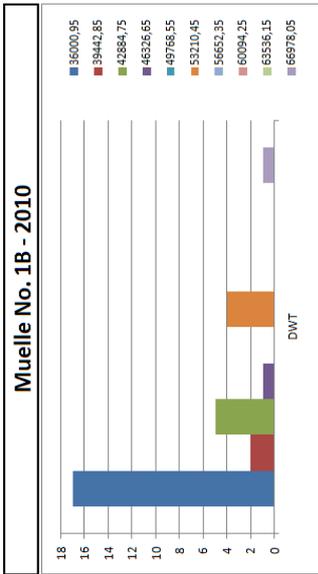
| AÑOS                        |  | 2009  |       |         | 2010  |       |       | 2011    |          |       | 2012  |         |       |       |       |         |          |
|-----------------------------|--|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|----------|
| TONELAJE DE PESO MUERTO DWT |  | 51524 | 53520 | 34380   | 37274 | 41844 | 44060 | 43132,8 | 50300    | 51524 | 53520 | 34380   | 37274 | 41844 | 44060 | 43132,8 | 50300    |
|                             |  | 51524 | 53520 | 34380   | 37274 | 41844 | 44060 | 43132,8 | 50300    | 51524 | 53520 | 34380   | 37274 | 41844 | 44060 | 43132,8 | 50300    |
|                             |  | 51524 | 54020 | 34641,7 | 38634 | 41844 | 44060 | 43161   | 50353    | 51524 | 54020 | 34641,7 | 38634 | 41844 | 44060 | 43161   | 50353    |
|                             |  | 51524 | 54020 | 34641,7 | 39276 | 41844 | 44541 | 43161   | 50574    | 51524 | 54020 | 34641,7 | 41646 | 42078 | 44541 | 43169   | 50574    |
|                             |  | 51668 | 54020 | 34641,7 | 41748 | 42078 | 44541 | 43177   | 51693    | 51668 | 54020 | 34641,7 | 41748 | 42078 | 44541 | 43177   | 51693    |
|                             |  | 51668 | 61468 | 34641,7 | 41844 | 42078 | 44541 | 43205   | 52216    | 51668 | 61468 | 34641,7 | 41844 | 42078 | 44541 | 43205   | 52216    |
|                             |  | 52785 | 63581 | 34717   | 42212 | 44060 | 44541 | 44060   | 53151,6  | 52785 | 63581 | 34717   | 42212 | 44060 | 44541 | 44060   | 53151,6  |
|                             |  | 53093 | 63581 | 34717   | 43161 | 44541 | 44541 | 44060   | 57500    | 53093 | 63581 | 34717   | 43161 | 44541 | 44541 | 44060   | 57500    |
|                             |  | 53093 | 63581 | 34717   | 45455 | 44541 | 44146 | 44146   | 63359    | 53093 | 63581 | 34717   | 45455 | 44541 | 44146 | 44146   | 63359    |
|                             |  | 53093 | 67679 | 35630   | 51524 | 42212 | 44541 | 50299,9 | 63638,09 | 53093 | 67679 | 35630   | 51524 | 42212 | 44541 | 50299,9 | 63638,09 |
|                             |  | 53093 | 68080 | 35630   | 51668 | 42224 | 44541 | 50299,9 | 63359    | 53093 | 68080 | 35630   | 51668 | 42224 | 44541 | 50299,9 | 63359    |
|                             |  | 53124 | 68164 | 35630   | 53124 | 43161 | 45470 | 50300   | 393403   | 53124 | 68164 | 35630   | 53124 | 43161 | 45470 | 50300   | 393403   |
|                             |  | 53124 | 68164 | 35630   | 54020 | 44060 | 46745 | 50300   | 393403   | 53124 | 68164 | 35630   | 54020 | 44060 | 46745 | 50300   | 393403   |
|                             |  | 53124 | 68164 | 37274   | 68599 | 44060 | 50764 | 50300   | 393403   | 53124 | 68164 | 37274   | 68599 | 44060 | 50764 | 50300   | 393403   |

|            |             |             |            |               |
|------------|-------------|-------------|------------|---------------|
| MENOR      | 51524,00    | 34380,00    | 41844,00   | 43132,80      |
| MAYOR      | 68164,00    | 68599,00    | 50764,00   | 393403,00     |
| MEDIA      | 57020,63    | 40445,75    | 43729,23   | 95107,60      |
| DESVIACION | 6383,99     | 8083,66     | 1882,05    | 119125,20     |
| VARIANZA   | 40755316,31 | 65345536,30 | 3542128,32 | 14190812877,9 |

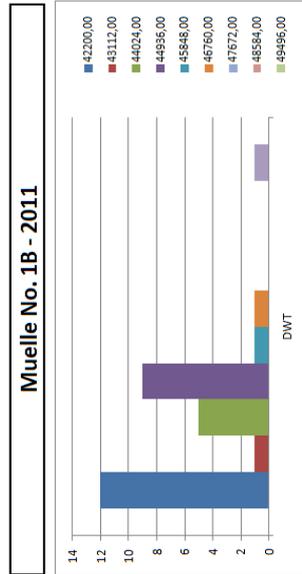


| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 51424,00 | 52266          | 12         |
| 53108,00 | 53950          | 8          |
| 54792,00 | 55634          | 0          |
| 56476,00 | 57318          | 0          |
| 58160,00 | 59002          | 0          |
| 59844,00 | 60686          | 1          |
| 61528,00 | 62370          | 0          |
| 63212,00 | 64054          | 4          |
| 64896,00 | 65738          | 0          |
| 66580,00 | 67422          | 5          |

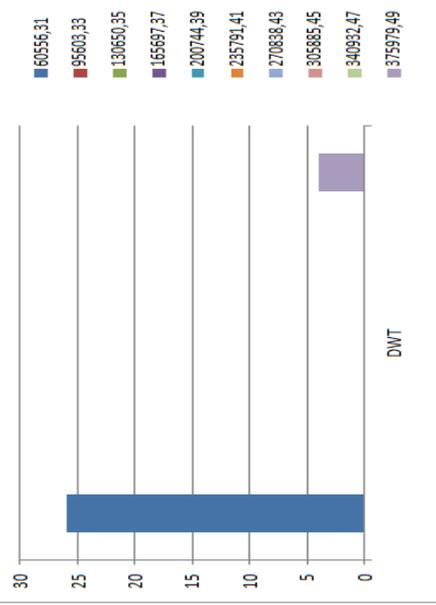
| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 34280,00 | 37721,90       | 17         |
| 37721,90 | 41163,80       | 2          |
| 41163,80 | 44605,70       | 5          |
| 44605,70 | 48047,60       | 1          |
| 48047,60 | 51489,50       | 0          |
| 51489,50 | 54931,40       | 4          |
| 54931,40 | 58373,30       | 0          |
| 58373,30 | 61815,20       | 0          |
| 61815,20 | 65257,10       | 0          |
| 65257,10 | 68699,00       | 1          |



| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 41744,00 | 42656,00       | 12         |
| 42656,00 | 43568,00       | 1          |
| 43568,00 | 44480,00       | 5          |
| 44480,00 | 45392,00       | 9          |
| 45392,00 | 46304,00       | 1          |
| 46304,00 | 47216,00       | 1          |
| 47216,00 | 48128,00       | 0          |
| 48128,00 | 49040,00       | 0          |
| 49040,00 | 49952,00       | 0          |
| 49952,00 | 50864,00       | 1          |



### Muelle No. 1B - 2012



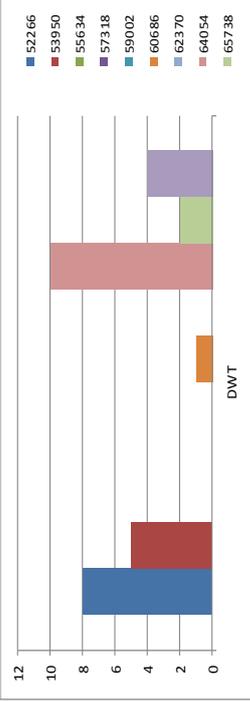
| CLASE     | MARCA DE  |           | Frecuencia |
|-----------|-----------|-----------|------------|
|           | CLASE     | CLASE     |            |
| 43032,80  | 78079,82  | 60556,31  | 26         |
| 78079,82  | 113126,84 | 95603,33  | 0          |
| 113126,84 | 148173,86 | 130650,35 | 0          |
| 148173,86 | 183220,88 | 165697,37 | 0          |
| 183220,88 | 218267,90 | 200744,39 | 0          |
| 218267,90 | 253314,92 | 235791,41 | 0          |
| 253314,92 | 288361,94 | 270838,43 | 0          |
| 288361,94 | 323408,96 | 305885,45 | 0          |
| 323408,96 | 358455,98 | 340932,47 | 0          |
| 358455,98 | 393503,00 | 375979,49 | 4          |

## HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, MUELLE 1C

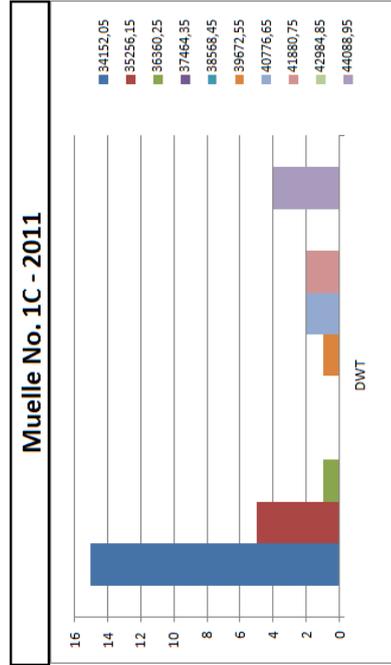
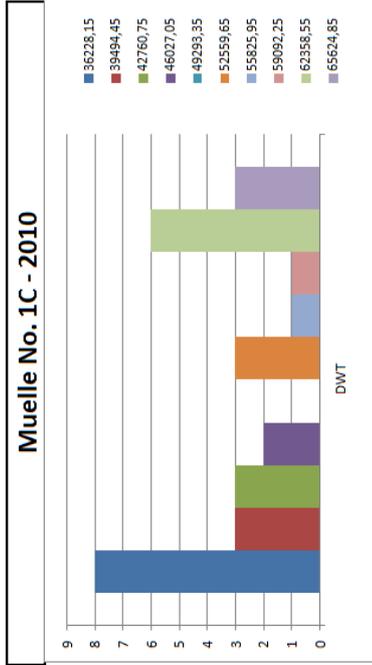
| AÑOS                        | 2009  |       |       | 2010  |         |         | 2011  |         |  | 2012 |  |  |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|--|------|--|--|
|                             | 51524 | 63359 | 34695 | 45470 | 33700   | 35097   | 20630 | 28566   |  |      |  |  |
| TONELAJE DE PESO MUERTO DWT | 51524 | 63359 | 34695 | 45470 | 33700   | 35097   | 20630 | 28566   |  |      |  |  |
|                             | 51524 | 63359 | 34695 | 51524 | 33700   | 35097   | 20630 | 30573   |  |      |  |  |
|                             | 51524 | 63428 | 34717 | 53520 | 33741   | 35297   | 20630 | 30573   |  |      |  |  |
|                             | 51524 | 63428 | 35071 | 54020 | 33750   | 35471   | 20630 | 33741   |  |      |  |  |
|                             | 51668 | 63428 | 35630 | 54672 | 33813   | 35630   | 20630 | 33813   |  |      |  |  |
|                             | 51668 | 63581 | 35768 | 59286 | 33853   | 35980   | 21184 | 34677   |  |      |  |  |
|                             | 51668 | 63581 | 37274 | 63359 | 33891   | 40099,7 | 21184 | 38530,9 |  |      |  |  |
|                             | 52248 | 63581 | 37274 | 63359 | 33891   | 40301   | 21184 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 53124 | 63581 | 38616 | 63428 | 34236   | 41028   | 21423 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 53124 | 65600 | 38616 | 63581 | 34283   | 41424,5 | 21423 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 53520 | 66501 | 39295 | 63638 | 34283   | 41646   | 21442 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 53520 | 67679 | 41748 | 63638 | 34296   | 44060   | 21442 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 54020 | 67679 | 41800 | 65600 | 34296   | 44060   | 21442 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 60640 | 68164 | 41844 | 66478 | 34300,6 | 44080   | 23890 | 41424,5 |  |      |  |  |
|                             | 63359 | 68164 | 45455 | 67158 | 34410   | 44541   | 23890 | 49116   |  |      |  |  |

|            |             |             |             |             |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MENOR      | 51524       | 34695       | 33700       | 20630       |
| MAXIMO     | 68164       | 67158       | 44541       | 49116       |
| MEDIA      | 59325,6     | 49040,97    | 36808,53    | 29707,18    |
| DESVIACION | 6438,17     | 12161,26    | 3860,71     | 9314,51     |
| VARIANZA   | 41450030,52 | 147896283,1 | 14905086,78 | 86760117,83 |

**Muelle No. 1C - 2009**



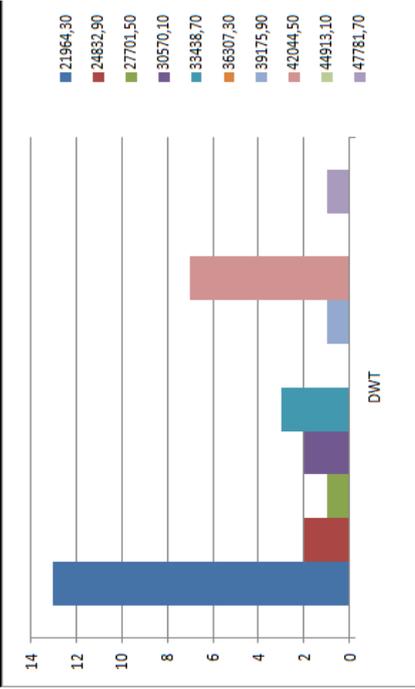
| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 51424,00 | 52266          | 8          |
| 53108,00 | 53950          | 5          |
| 54792,00 | 55634          | 0          |
| 56476,00 | 57318          | 0          |
| 58160,00 | 59002          | 0          |
| 59844,00 | 60686          | 1          |
| 61528,00 | 62370          | 0          |
| 63212,00 | 64054          | 10         |
| 64896,00 | 65738          | 2          |
| 66580,00 | 67422          | 4          |



| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 34595,00 | 37861,30       | 8          |
| 37861,30 | 41127,60       | 3          |
| 41127,60 | 44393,90       | 3          |
| 44393,90 | 47660,20       | 2          |
| 47660,20 | 50926,50       | 0          |
| 50926,50 | 54192,80       | 3          |
| 54192,80 | 57459,10       | 1          |
| 57459,10 | 60725,40       | 1          |
| 60725,40 | 63991,70       | 6          |
| 63991,70 | 67258,00       | 3          |

| CLASE    | MARCA DE CLASE | Frecuencia |
|----------|----------------|------------|
| 33600,00 | 34704,10       | 15         |
| 34704,10 | 35808,20       | 5          |
| 35808,20 | 36912,30       | 1          |
| 36912,30 | 38016,40       | 0          |
| 38016,40 | 39120,50       | 0          |
| 39120,50 | 40224,60       | 1          |
| 40224,60 | 41328,70       | 2          |
| 41328,70 | 42432,80       | 2          |
| 42432,80 | 43536,90       | 0          |
| 43536,90 | 44641,00       | 4          |

### Muelle No. 1C - 2012



| CLASE    | MARCA DE CLASE |          | Frecuencia |
|----------|----------------|----------|------------|
|          | CLASE          | CLASE    |            |
| 20530,00 | 23398,60       | 21964,30 | 13         |
| 23398,60 | 26267,20       | 24832,90 | 2          |
| 26267,20 | 29135,80       | 27701,50 | 1          |
| 29135,80 | 32004,40       | 30570,10 | 2          |
| 32004,40 | 34873,00       | 33438,70 | 3          |
| 34873,00 | 37741,60       | 36307,30 | 0          |
| 37741,60 | 40610,20       | 39175,90 | 1          |
| 40610,20 | 43478,80       | 42044,50 | 7          |
| 43478,80 | 46347,40       | 44913,10 | 0          |
| 46347,40 | 49216,00       | 47781,70 | 1          |

# **ANEXO 8**

**FACTORES APLICADAS A CARGAS DE IMPACTO**

|   |      |
|---|------|
| Para soportes de elevadores   | 100% |
| Para traves y conexiones de grúas viajeras con cabina               | 25%  |
| Para traves y conexiones de grúas con operador colgante             | 10%  |
| Para soportes de maquinaria ligera Impulsada por motores eléctricos | 20%  |
| Para soportes de maquinaria reciprocante                            | 100% |
| Para tirantes que soportan pisos y balcones                         | 33%  |

Tabla que contiene factores aplicables a cargas de impacto según AISC.