

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN, REFORZAMIENTO, AMPLIACIÓN Y  
EXPEDIENTE TÉCNICO DEL MUELLE N°1 CON PILOTES DE  
ACERO EN EL PUERTO DE SALAVERRY**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**RICHAR BENJAMÍN LÓPEZ TAYPE**

**Lima- Perú**

**2011**

## INFORME DE SUFICIENCIA

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
1.1 UBICACIÓN	7
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	8
1.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO	9
1.3.1 Descripción del Proyecto	9
1.3.2 Análisis del Proyecto	11
<b>CAPITULO II: ESPECIFICACIONES, CARGAS Y MÉTODO DE DISEÑO</b>	<b>14</b>
2.1 ESPECIFICACIONES Y CÓDIGOS DE DISEÑO	14
2.2 CARGAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	14
2.2.1 Parámetros de Diseño	14
2.2.2 Cargas de Diseño	21
2.3 ESTUDIO DEL MÉTODO DE DISEÑO	26
2.3.1 Criterios de Reforzamiento y Diseño	26
2.3.2 Combinaciones de Carga	27
<b>CAPITULO III: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL</b>	<b>30</b>
3.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL MUELLE N°1	30
3.1.1 Geometría Transversal y Secciones de Elementos	31
3.1.2 Modelo 2D del Muelle N° 1 Existente	31
3.1.3 Análisis Estructural del Modelo 2D	33
3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL MUELLE N°1 AMPLIADO	35
3.2.1 Geometría Transversal y Secciones de Elementos	36
3.2.2 Modelo 3D de la Ampliación Nueva del Muelle	36
3.2.3 Análisis Estructural del Modelo 3D	39
<b>CAPITULO IV: DISEÑO Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>41</b>

4.1	REFORZAMIENTO DEL MUELLE N°1	41
4.1.1	Verificación por Flexo-Compresión	41
4.1.2	Verificación por Corte	43
4.2	DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL MUELLE N°1	44
4.2.1	Diseño de Pilotes de Acero	44
4.2.2	Diseño de Vigas Transversales (120x120)	51
4.2.3	Diseño de Vigas Carril Longitudinal (120x120)	53
4.2.4	Diseño de Vigas Longitudinales (60x80)	55
	<b>CAPITULO V: ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO</b>	<b>57</b>
5.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	57
5.1.1	Nombre del Proyecto	57
5.1.2	Antecedentes	57
5.1.3	Objetivo	57
5.1.4	Descripción del Proyecto	57
5.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	58
5.2.1	Generalidades	58
5.2.2	Obras Preliminares	58
5.2.3	Obras Provisionales	59
5.2.4	Inspección Detallada de Daños en Pilotes	61
5.2.5	Construcción de la Ampliación Nueva del Muelle N° 1	62
5.3	METRADOS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA AMPLIACION DEL MUELLE N° 1	66
5.4	PRESUPUESTO DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA AMPLIACION DEL MUELLE N° 1	67
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>

## RESUMEN

El terminal portuario de Salaverry (TPS) forma parte del "Plan Nacional de Desarrollo Portuario (PNDP)". El PNDP es un documento técnico normativo elaborado por la Autoridad Portuaria Nacional (APN).

El objetivo de la PNDP es: "Convertir el TPS en un muelle de embarque y desembarque de contenedores de exportación e importación" y del estudio de pre-factibilidad realizado a nivel de perfil del TPS se encontró que es viable convertir el puerto de Salaverry en un terminal de contenedores.

Actualmente el TPS no cuenta con la infraestructura adecuada para recibir naves portacontenedores tipo Panamax, solo cuenta con dos muelles (muelle N° 1 y muelle N°2) para el atraque de naves de tamaño menor que transportan todo tipo de carga general.

Para lograr el objetivo de un muelle de embarque y desembarque contenedores se aprovecho la infraestructura del muelle N° 1, de 225 m de largo por 25 m de ancho. Como la estructura del muelle tiene décadas de operación y funcionamiento se realizo una evaluación y reforzamiento de su estructura existente de pilotes y vigas de concreto armado. Y para que el muelle sea capaz de recibir naves Panamax se amplió y diseño con una estructura nueva de pilotes de acero (ASTM A572 Grado 2) y vigas de concreto de armado ( $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ). Con el reforzamiento y ampliación se tiene el muelle N° 1 ampliado con un área total de 340 m de largo por 53 m de ancho.

En el proceso de evaluación de la parte existente y diseño de la parte nueva se tomo varios tipos de cargas que van actuar durante la vida útil del muelle. Entra las cargas más importantes utilizadas en el diseño se tiene, la carga de impacto por nave, la carga móvil por grúa pórtico, la carga vehicular por los terminal truck, la carga de sismo, etc.

En la ampliación del muelle se utilizo 432 pilotes acero de 42" de diámetro y 24 m de longitud cada uno, vigas de concreto de 120 cm x 120 cm y una losa de concreto de 30 cm de espesor. El costo aproximado del reforzamiento y diseño del muelle N° 1 asciende a S/. 24 000 000 de nuevos soles.

Con el muelle N° 1 ampliado el TPS cumple su propósito de convertirse en un terminal de contenedores capaz de brindar todas las facilidades y comodidades para el embarque y desembarque de contendores de exportación e importación.

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.01 Rango de Mareas	15
Tabla N° 2.02 Características de la Nave Panamax	17
Tabla N° 2.03 Características de la Grúa Pórtico ZPMC	18
Tabla N° 2.04 Coeficiente de Sitio	19
Tabla N° 2.05 Factores de Modificación de Respuesta	20
Tabla N° 2.06 Presiones Básicas en una velocidad de 100 km/h	22
Tabla N° 2.07 Fuerzas de Tracción de las Naves	23
Tabla N° 3.01 Cuadro de Combinaciones del Pilote P1 (75x75)	34
Tabla N° 3.02 Cuadro de Combinaciones del Pilote P2 (65 x 65)	35
Tabla N° 4.01 Cuadro de Combinaciones de P1	41
Tabla N° 4.02 Cuadro de Combinaciones de P2	42
Tabla N° 4.03 Cuadro de Combinaciones de PA-2	48
Tabla N° 4.04 Diseño por Flexión de Viga Transversal 120 x 120	51
Tabla N° 4.05 Diseño por Corte de Viga Transversal 120 x 120	52
Tabla N° 4.06 Verificación de Deflexiones en Viga Transversal	53
Tabla N° 4.07 Diseño por Flexión de Viga Carril 120 x 120	54
Tabla N° 4.08 Diseño por Corte de Viga Carril 120 x 120	54
Tabla N° 4.09 Verificación de Deflexiones en Viga Carril	55
Tabla N° 4.10 Diseño por Flexión de Viga Longitudinal 60 x 80	55
Tabla N° 4.11 Diseño por Corte de Viga Longitudinal 60 x 80	56
Tabla N° 4.12 Verificación de Deflexiones en Viga Longitudinal	56
Tabla N° 5.01 Planilla de Metrado de las Principales Actividades durante la Construcción de la Nueva Ampliación	66
Tabla N° 5.02 Presupuesto Total de la Construcción de la Ampliación Nueva del Muelle N° 1	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01 Ubicación Regional	7
Figura N° 1.02 Vista Panorámica del Puerto de Salaverry	8
Figura N° 1.03 Plano del Puerto de Salaverry	10
Figura N° 1.04 Esquema de Ampliación del Muelle N° 1	11
Figura N° 2.01 Nave Panamax	17
Figura N° 2.02 Grúa Pórtico ZPMC Tipo Panamax	18
Figura N° 2.03 Camión de Diseño HS25 = HS20 + 25%	24
Figura N° 2.04 Distribución de cargas en el Lado Mar	25
Figura N° 2.05 Distribución de cargas en el Lado Tierra	25
Figura N° 2.06 Grafico Aceleración Espectral vs Periodo	26
Figura N° 3.01 Geometría de la Sección Transversal del Muelle Existente	31
Figura N° 3.02 Distribución de Cargas del HS25 en el Muelle	32
Figura N° 3.03 Modelo 2D del Muelle Existente	33
Figura N° 3.04 Desplazamiento por Sismo en X con Pilotes Inclınados	34
Figura N° 3.05 Geometría de la Sección Transversal del Muelle Ampliado	36
Figura N° 3.06 Sección del Pilote PA-1	37
Figura N° 3.07 Modificador de Propiedades	38
Figura N° 3.08 Modelo 3D de la Ampliación Nueva	38
Figura N° 3.09 Deformación Transversal por Sismo X	39
Figura N° 4.01 Secciones Armadas de P1 y P2	41
Figura N° 4.02 Diagrama de Interacción del Pilote P1	42
Figura N° 4.03 Diagrama de Interacción del Pilote P2	43
Figura N° 4.04 Secciones de Pilotes PA-1 y PA-2	44
Figura N° 4.05 Factores de Longitud Efectiva	46
Figura N° 4.06 Diagrama de Interacción $\emptyset M_{nx}-\emptyset P_n$	48
Figura N° 4.07 Diagrama de Interacción $\emptyset M_{ny}-\emptyset P_n$	49
Figura N° 4.08 Modificación de Inercia de la sección Viga	53
Figura N° 4.06 Secciones de Armaduras de Vigas	56

## INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo principal proporcionar al terminal portuario de Salaverry un muelle con la infraestructura necesaria para el atraque de naves Panamax y, para la operación y funcionamiento de equipos especiales de movilización de contenedores; logrando con esto, el objetivo final de convertir el TPS en un terminal portuario de embarque y desembarque de contenedores de exportación e importación.

Aprovechando la estructura existente y tomando en cuenta ciertas características favorables para su decisión, se escogió el muelle N° 1 como el más adecuado para ampliar su estructura y convertirlo en un muelle para el transporte de contenedores.

El desarrollo del informe está dividido en cinco capítulos que muestran el proceso de evaluación, análisis, reforzamiento, diseño y elaboración del expediente técnico del muelle N° 1 ampliado.

En el Capítulo I, se muestra en forma detallada la descripción del proyecto, indicando su ubicación a nivel regional, los objetivos a alcanzar y describiendo los elementos estructurales de la parte nueva ampliada y la actual existente.

En el Capítulo II, se describe las especificaciones o normas utilizadas en el diseño y reforzamiento, las cargas que van actuar durante la vida útil de la estructura y finalmente se muestra las combinaciones de diseño para los elementos de concreto armado y acero estructural.

En el Capítulo III, muestra el procedimiento de evaluación de la parte existente con el desarrollo de un modelo 2D y el análisis de la nueva ampliación con el desarrollo de un modelo 3D.

En el Capítulo IV, se presenta el reforzamiento de aquellos elementos de la parte existente que luego de la evaluación estructural indiquen que necesitan ser reforzados; y también se muestra el diseño de los elementos de la parte nueva con las fuerzas de diseño obtenidas del análisis estructural.

En el Capítulo V, se elabora el expediente técnico del muelle N° 1 ampliado, con las principales partidas de construcción y con el presupuesto estimado de la construcción final del muelle.

Y finalmente se presenta las principales conclusiones y recomendaciones del presente informe.

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

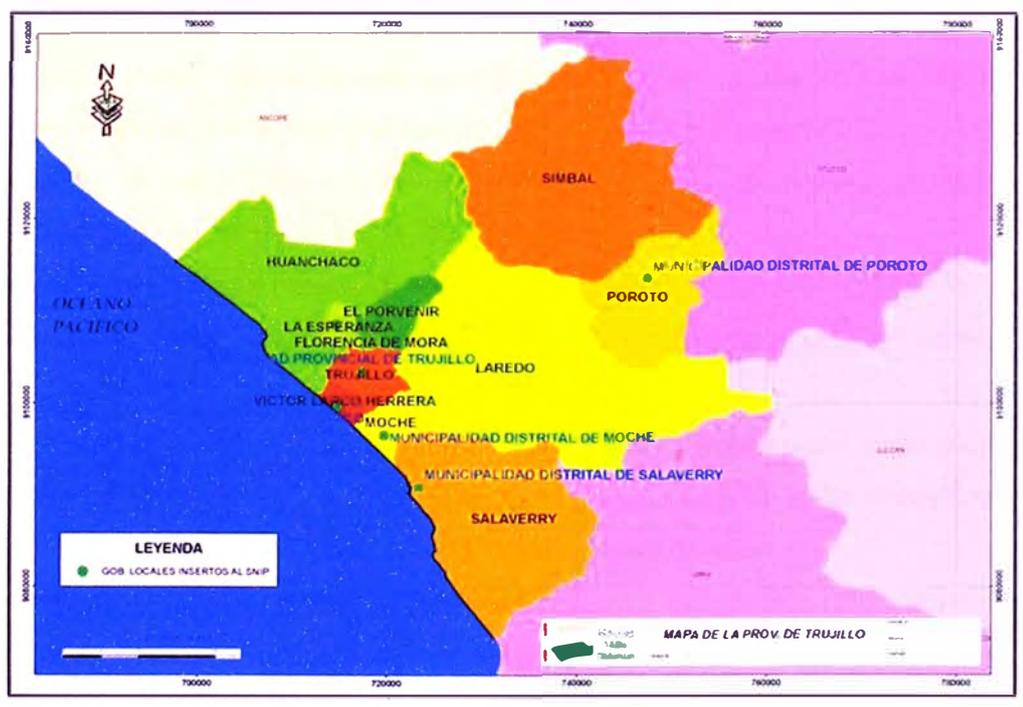
#### 1.1 UBICACIÓN

El terminal portuario de Salaverry tiene la siguiente ubicación a nivel nacional:

- Región: La Libertad
- Provincia: Trujillo
- Distrito: Salaverry
- Longitud: 78° 59' 52" Oeste
- Altitud: 8° 13' 27" Sur

El ámbito de influencia comprende los departamentos de La Libertad, Lambayeque, Ancash, Cajamarca y Lima. Ver figura N° 1.01.

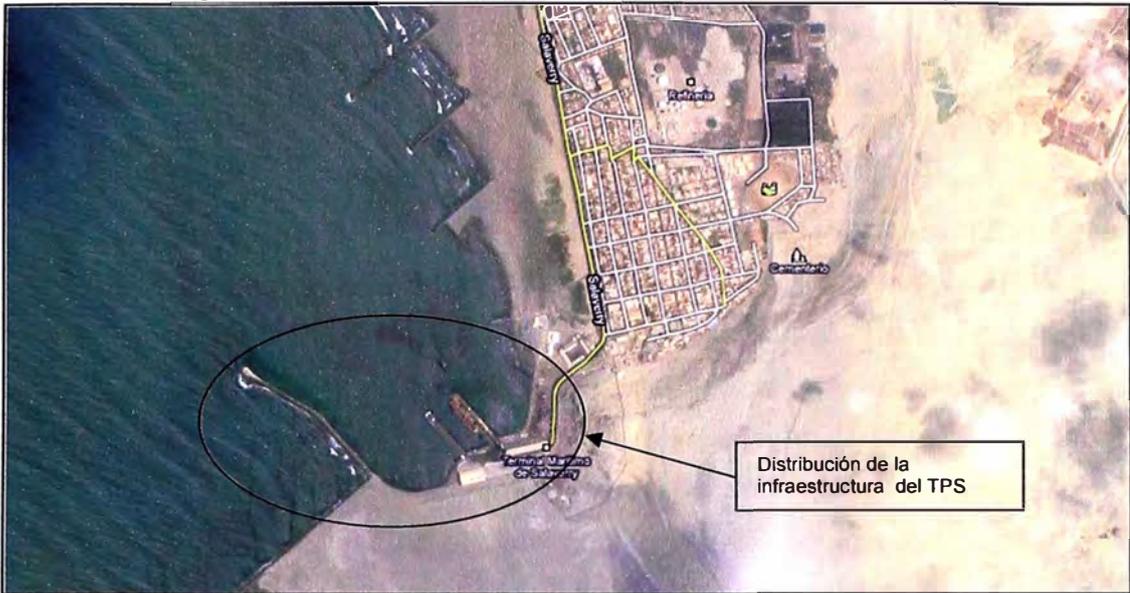
Figura N° 1.01 Ubicación Regional



Fuente: <http://www.regionlalibertad.gob.pe>

El muelle N° 1 se encuentra ubicado en la parte sur del puerto de Salaverry, es el muelle más cercano al rompeolas, solo están separados por 300 m (ver figura N° 1.02). El rompeolas ofrece al muelle N° 1 un abrigo contra los fuertes vientos y corrientes, brindando al muelle aguas tranquilas la mayor parte del año.

Figura N° 1.02 Vista Panorámica del Puerto de Salaverry



Fuente: Google Maps

## 1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Los objetivos del presente informe son:

- Ampliar y dar capacidad estructural adecuada al muelle N° 1 existente para convertirlo en un muelle para el atraque de naves Panamax, y también en un muelle de operación de diversos equipos para el manejo contenedores (grúas pórtico, terminal truck, etc.)
- Evaluar estructuralmente la zona existente del muelle N° 1 con las nuevas cargas que van actuar debido a su nueva función de muelle de embarque y desembarque de contenedores.
- Reforzar si es necesario el muelle existente N° 1 si después de la evaluación estructural se indica que los elementos estructurales más importantes del muelle, no cumplirán adecuadamente su nueva función.
- Analizar estructuralmente la ampliación nueva del muelle N° 1 con todas las cargas que van actuar durante el funcionamiento y operación del muelle (cargas muertas, vivas, vehiculares, de temperatura, de viento, de acoderamiento, de sismo, etc.). Para estimar todos los esfuerzos de diseño en los elementos estructurales, es necesario realizar un modelo 3D de la ampliación nueva del muelle
- Diseñar los principales elementos estructurales de la ampliación nueva del muelle N° 1 (pilotes, vigas transversales, vigas carril, vigas longitudinales, losa del tablero, etc.)

- Elaborar un expediente técnico básico del muelle N° 1 reforzado y ampliado.

### 1.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

#### 1.3.1 Descripción del Proyecto

El terminal portuario de Salaverry (TPS) forma parte del “Plan Nacional de Desarrollo Portuario” y tiene como objetivo a largo plazo: “Convertir la TPS en un muelle de embarque y desembarque de contenedores de exportación e importación”. Para lograr ese objetivo el puerto de Salaverry debe ser capaz de brindar todas las facilidades y comodidades para el arribo y atraque de naves Panamax (naves portacontenedores) y tener la infraestructura adecuada para la operación y funcionamiento de equipos que movilizarán los contenedores desde la llegada y partida de las naves a los patios de almacenamiento del puerto.

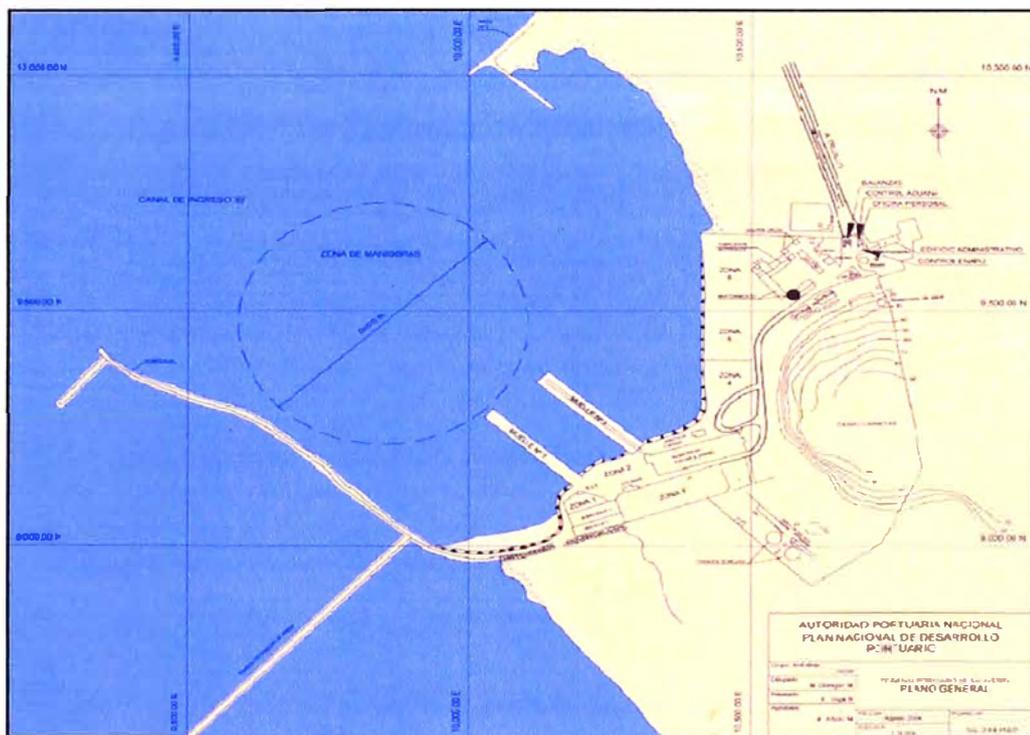
Del estudio realizado y documentado en el informe: “Perfil del Embarque y Desembarque de Contenedores en el Terminal Portuario de Salaverry”, se menciona y se concluye que el muelle adecuado para convertirlo en un muelle de arribo de naves Panamax y de operación de equipos de contenedores, es el muelle N° 1. A continuación se mencionan algunas características que motivaron dicha selección:

- En el puerto de Salaverry existen solo dos muelles que sirven de amarraderos para la llegada de naves que transportan carga general, ambos muelles a nivel estructural son parecidos (fueron diseñados y construidos con las mismas cargas de diseño), solo varían en sus dimensiones en planta, el muelle N° 1 tiene 225 m de largo por 25 m de ancho y el muelle N° 2 tiene 230 m de largo por 30 m de ancho.
- Tomando en cuenta que al puerto van a llegar naves portacontenedores cada semana y durante todo el año, es necesario e importante brindar a dichas naves todas las facilidades para su llegada y partida. En el puerto de Salaverry existen un rompeolas que ofrece una protección contra las fuertes corrientes brindando así aguas tranquilas durante la mayor parte del año. Tomando en cuenta lo anterior se escoge el muelle N° 1 por estar más cerca al rompeolas que ofrece tranquilidad de agua para el arribo de las naves, el rompeolas está separado del muelle N° 1 solo por 300 m aproximadamente.
- Actualmente en el muelle N° 2 opera una faja transportadora de minerales y de azúcar, este muelle ya tiene una función determinada de operación ya

que sirve de amarradero para la llegada de naves que transportan carga no empaquetada. Por lo tanto el único muelle disponible para el arribo de naves portacontenedores es el muelle N° 1.

- De acuerdo a la distribución de áreas del puerto de Salaverry, se observa que el muelle adecuado para la operación de contenedores en el puerto es el muelle N° 1 (ver figura N° 1.03), ya que está ubicado muy cerca al patio de almacenamiento, esta cercanía favorece la fácil movilidad y rapidez de los contenedores en el puerto.

Figura N° 1.03 Plano del Puerto de Salaverry



Fuente: Enapu S.A.

El muelle N° 1 es el adecuado como amarradero para el arribo de naves portacontenedores, pero tiene un área en planta, no adecuada ni suficiente. Por lo tanto se decide ampliarlo lo suficiente para recibir las naves Panamax.

La longitud de la ampliación nueva del muelle será de: eslora de la nave (275 m) mas dos veces la manga de la nave (2x32 m), dando un total de 340 m de longitud.

El ancho de la ampliación nueva será en función de la grúa pórtico que va operar en el muelle, ancho de la grúa pórtico (25m) más 1.5 m a cada lado, dando un total de de 28 m de ancho.

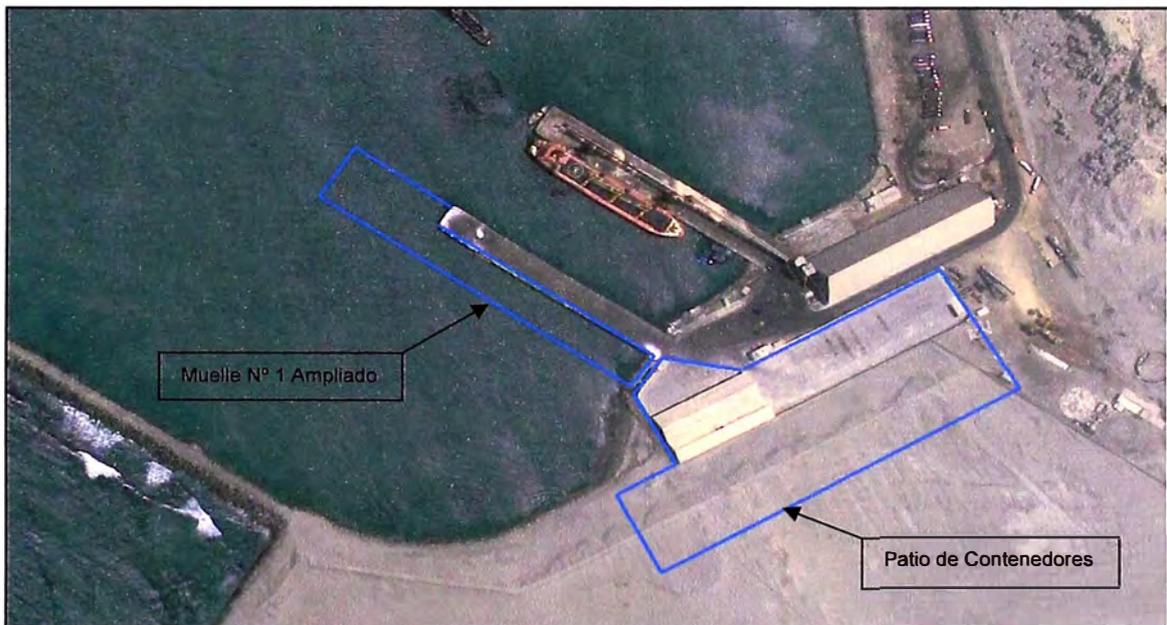
El ancho del muelle existente (25 m) se utilizará como patio de maniobras para los terminal truck que movilizarán los contenedores en el muelle.

La longitud del muelle existente (225 m) será ampliada para llegar a los 340 m requeridos, dicha ampliación será de 115 m.

Por lo tanto las dimensiones finales del muelle N° 1 ampliado son: 340 m de longitud por 53 m de ancho (ver figura N° 1.04).

La estructura nueva ampliada estará formada por pilotes de acero con vigas y losa de concreto.

Figura N° 1.04 Esquema de Ampliación del Muelle N° 1



Fuente: Google Maps

### 1.3.2 Análisis del Proyecto

El proyecto comprende dos partes de estudio, el muelle existente y el muelle de la ampliación nueva; cada una se define, se evalúa y se analiza de forma independiente a lo largo del informe. A continuación se menciona las características generales de cada una:

#### a. Muelle Existente N° 1

El actual muelle existente es una estructura de concreto armado, formada por pilotes, vigas transversales, vigas longitudinales y losa de tablero.

Los pilotes y las vigas forman un sistema de pórticos en ambas direcciones que resisten las fuerzas actuantes y controlan los desplazamientos laterales. El pórtico transversal, de 25 m de ancho, está formado por 6 pilotes ubicados cada 5 m y dicho pórtico está espaciado en la dirección longitudinal cada 5 m.

- Los pilotes son de concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y de sección transversal cuadrada. Los pilotes interiores del pórtico transversal son de sección 65 cm x 65 cm (\*), y son del tipo P1 y los pilotes exteriores son de sección 75 cm x 75 cm (\*), y son del tipo P2. Todos los pilotes tienen una cuantía aproximada de 3% de acero longitudinal. Existen también pilotes inclinados de 65 cm x 65 cm cuya función es la de controlar las deformaciones en la dirección transversal, la presencia de estos pilotes no es tan significativa en comparación con los pilotes verticales.
- Las vigas transversales y longitudinales son de concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y son de sección transversal rectangular 80 cm x 120 cm (\*) y tienen una cuantía aproximada de 1.0 % de acero longitudinal.
- La losa del tablero es de concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , tiene un espesor de 30 cm (\*) y su refuerzo está determinado por su cuantía mínima.

(\*) Las dimensiones de los elementos del muelle son obtenidas de la visita al puerto de Salaverry el 30-10-2010.

#### b. Ampliación nueva del Muelle N° 1

El muelle ampliado es una estructura conformada por pilotes de acero con vigas y losa de concreto.

Los pilotes forman con las vigas un sistema de pórticos en ambas direcciones que resisten las cargas actuantes, verticales y horizontales, y controlan los desplazamientos laterales debido a fuerzas horizontales. El pórtico transversal, de 28 m de ancho, está formado por 6 pilotes verticales ubicados cada 5 m y dicho pórtico está espaciado cada 6.5 m en la dirección longitudinal.

- Los pilotes son de acero ASTM A252 Grado 2, son aceros de alta resistencia a la corrosión. Son de sección circular hueca de 106.7 cm de diámetro por 2.0 cm de espesor, son del tipo PA-1. En su extremo los PA-1 están tapados

en forma de punta para un adecuado hincado del pilote. Para tener una conexión adecuada entre los pilotes de acero con las vigas de concreto, se requiere rellenar los pilotes de sección hueca con concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  para así poder tener una unión monolítico entre pilote y viga. Aquellos pilotes con relleno de concreto son del tipo PA-2 y tienen una longitud aproximada de 5 m medidos desde el Nivel +3.00 (el nivel de la losa del tablero) hacia el Nivel -2.00.

- Los pilotes extremos están ubicados y centrados con los ejes de la grúa pórtico
- Las vigas son de concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ . Las vigas transversales y las vigas carril son de sección 120 cm x 120 cm, el ancho de 120 cm es para garantizar una adecuada conexión entre pilote y viga. Las vigas carril son aquellas que están ubicadas y centradas con los ejes de la grúa pórtico, estas vigas tomarán directamente el tren de cargas móviles producidos por la grúa pórtico. El resto de las vigas longitudinales están ubicadas y centradas con los ejes de los pilotes interiores y son de sección 60 cm x 80 cm.
- La losa del tablero es de concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y tendrá un espesor de 30 cm. La losa del tablero sirve de apoyo para el tránsito de los terminal truck que movilizarán contenedores.

Las naves Panamax tienen un calado de 12.5 m, por lo tanto por requisitos de diseño el muelle debe tener una profundidad de 15 m. Todos los pilotes tienen una longitud de empotramiento de 6 m en suelo marino y considerando que el nivel del suelo marino es casi constante, y que el nivel de la losa de tablero es +3.00, los pilotes del muelle N°1 ampliado tendrán como mínimo una longitud de 24 m.

Para no tener problemas de asentamiento los pilotes estarán enterrados a 6m de profundidad donde se encuentra el estrato rocoso (\*); y se comportarán como pilotes de punta y de fricción, trabajando principalmente como pilotes de punta.

(\*) Nivel aproximado de estrato rocoso según información brindada por el puerto de Salaverry.

## CAPITULO II

### ESPECIFICACIONES, CARGAS Y MÉTODO DE DISEÑO

#### 2.1 ESPECIFICACIONES Y CÓDIGOS DE DISEÑO

La estructura existente y nueva del muelle N° 1 será verificada, reforzada y diseñada siguiendo las disposiciones y criterios de diseño de los códigos y normas que apliquen, y son las siguientes:

- American Association of State Highway and Transportation Officials, "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", 4th Edition, EEUU, 2007.
- American Concrete Institute, "ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete", EEUU, 2008.
- American Institute of Steel Construction, "Manual of Steel Construction: Load & Resistance Factor Design", 3rd Edition, EEUU, 1999.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, "Manual de Diseño de Puentes", Lima-Perú, 2003.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma Técnica de Edificación E.30 Diseño Sismorresistente", Lima-Perú, 2003.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma Técnica de Edificación E.20 Cargas", Lima-Perú, 2003.

En conjunto, estos códigos y normas incluyen consideraciones detalladas para carga muerta, viva, vehicular, de temperatura, de viento, de sismo, etc. Además, incluyen métodos aceptados de análisis y diseño, factores de carga y coeficientes de seguridad para cada uno de los diferentes estados de carga, elementos estructurales y materiales.

#### 2.2 CARGAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

##### 2.2.1 Parámetros de Diseño

###### a. Batimetría

Las curvas batimétricas finales del suelo marino estarán en concordancia con los niveles del levantamiento topográfico o batimetría realizados en el TPS [8].

**b. Rango de Mareas**

Las mareas se presentan como cambios periódicos del nivel del mar, causados por la fuerza de atracción de los cuerpos celestes sobre la tierra [4].

De acuerdo con los datos estadísticos registrados en el puerto de Salaverry se presenta el siguiente rango de mareas de la tabla N° 2.01 [8].

Tabla N° 2.01 Rango de Mareas

MAREA	NIVEL (cm)
EHW	100
MHWS	80
MHW	68
MSL	52
MLW	24
MLWS	0
ELW	-25

Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN)-2007

Donde

EHW	Nivel de marea alta extrema.
MHWS	Nivel medio de pleamares de sicigias ordinarias.
MHW	Nivel Medio de las altas mareas.
MSL	Nivel medio del mar.
MLW	Nivel medio de las bajas mareas.
MLWS	Nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias.
ELW	Nivel de marea baja extrema.

**c. Olas y Corrientes**

El puerto de Salaverry cuenta actualmente con un rompeolas de 700 m de longitud, ubicada en la zona sur, que sirve de abrigo al puerto y brindando aguas tranquilas al muelle N° 1 [8].

En la etapa de análisis y diseño del muelle las fuerzas de las corrientes y de las olas no serán consideradas por ser poco significantes.

d. Viento

En el puerto de Salaverry, según datos meteorológicos (\*), actúa una velocidad de viento predominante:

6.1 Nudos = 11.3 km/h (En Noviembre)

4.2 Nudos = 7.8 km/h (En Marzo)

Asimismo la Norma Técnica E.020-Cargas, en el capítulo 3.7.3, indica que la velocidad de diseño del viento hasta 10m de altura será la velocidad según la zona de ubicación de la estructura en el mapa eólico, pero dicho valor no será menor de 75 km/h.

Del mapa eólico del Perú (ver Anexo C) y dado que la infraestructura del puerto se ubica a menos de 10 m, se observa que en el puerto de Salaverry actúa una velocidad de viento aproximada de 65 km/h.

De lo anterior, se considera que la velocidad de diseño del viento actuando en el muelle N° 1 será de 75 km/h.

e. Temperatura del Ambiente

Por datos meteorológicos en el puerto de Salaverry el rango de temperatura ambiente será 14 °C a 30 °C (\*).

f. Tipo de Nave

El puerto de Salaverry debe estar preparado para recibir naves Panamax de 3ra generación, que son barco de contenedores capaces de transportar 3500 TEU's (ver figura N° 2.01). El muelle N° 1 a reforzar y ampliar deberá considerar las dimensiones y peso de carga de este tipo de naves, con la finalidad del que muelle, una vez listo y preparado, brinde todas las facilidades y comodidades para el atraque de las naves Panamax. Las características de las naves Panamax se muestran en la Tabla 2.02

(\*). Información por Enapu S.A. - <http://www.enapu.com.pe>

Figura N° 2.01 Nave Panamax



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Panamax>

Tabla N° 2.02 Características de la Nave Panamax

Parámetro	Nave Panamax 3ra Generación
Eslora	275 m
Manga	32 m
Calado	12.5 m
Tonelaje de Peso Muerto (DWT)	50000
Tonelaje de Registro Bruto (GRT)	44000
Velocidad de acoderamiento	0,15 m/s - 0,20 m/s

Fuente: Elaboración Propia

#### g. Grúa Pórtico

El puerto de Salaverry atenderá naves Panamax de 3ra generación que transportan entre 3000 a 4000 contenedores TEU's [9], por lo tanto necesita de equipos especiales que movilicen la carga contenerizada de la nave al muelle y viceversa. Entre los equipos especiales, y el más importante de todos, se encuentran las grúas pórtico, que son estructuras metálicas que operan en un muelle o amarradero en la zona del lado mar, su función principal es descargar y cargar contenedores; para cumplir dicha función las grúas pórtico se desplazan en el muelle a lo largo de toda la nave y con un brazo metálico que se extiende

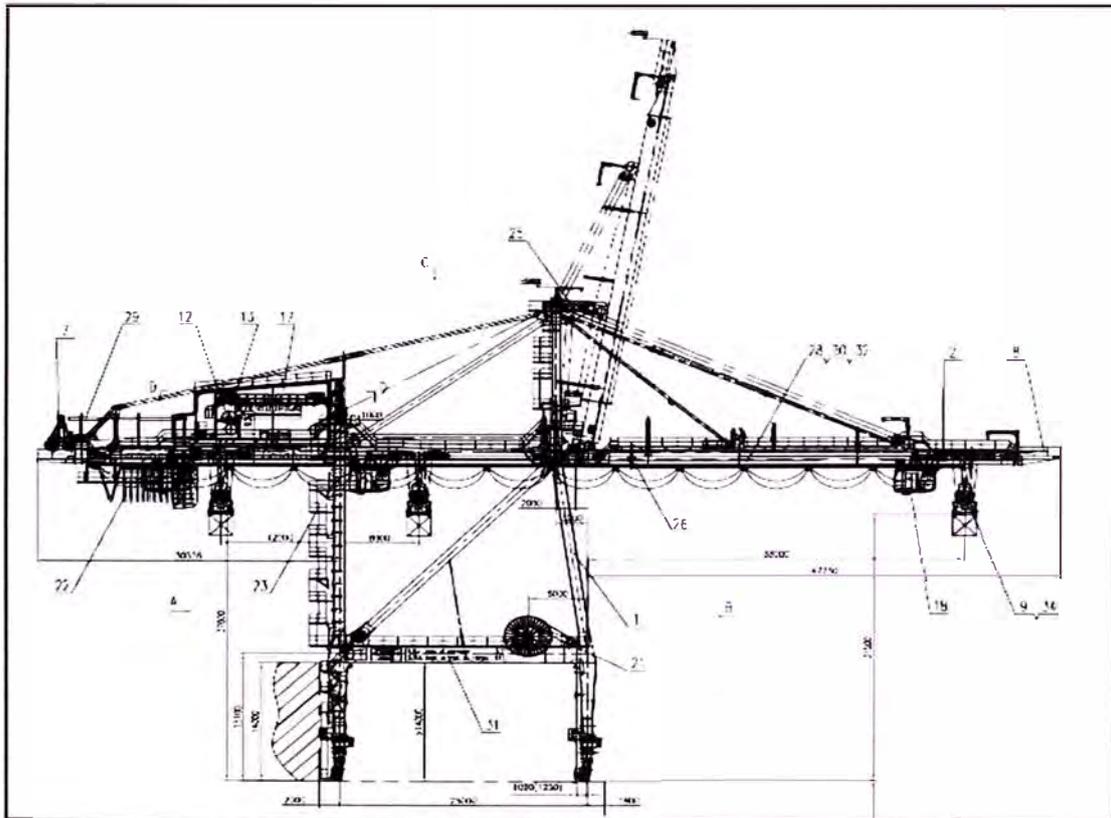
en toda la manga de dicha nave. La tabla N° 2.03 muestra las características de la grúa pórtico ZPMC.

Tabla N° 2.03 Características de la Grúa Pórtico ZPMC

Parámetro	Grúa Pórtico ZPMC
Peso Total	1300 ton
Altura Total	41,2 m
Ancho Total	27,6 m
Longitud de Brazo	47,7 m
Distancia entre Carriles	25 m
Número de Apoyos	4
Numero de Ruedas por Apoyo	10
Carga de Operación por Rueda - Lado Mar	35 ton
Carga de Operación por Rueda - Lado Tierra	30 ton

Fuente: Grúa Pórtico ZPMC del puerto Callao

Figura N° 2.02 Grúa Pórtico ZPMC Tipo Panamax



Fuente: Grúa Pórtico ZPMC del puerto Callao

#### h. Parámetros Sísmicos

Los parámetros sísmicos están en función de las condiciones del sitio del puerto Salaverry, a continuación se mencionan cada uno de ellos:

- Coeficiente de Aceleración (A); se determina usando el mapa de iso-aceleraciones con un 10% de nivel de excedencia para 50 años de vida útil, equivalente a un periodo de recurrencia de aproximadamente 475 años [5]. Usando el mapa de iso-aceleraciones (ver Anexos C) se obtiene un valor de  $A=0.45$
- Condiciones Locales (S); se determina según el estudio geotécnico del sitio y clasificando en diferentes tipos de suelo, como se muestra en la Tabla 2.04

Tabla N° 2.04 Coeficiente de Sitio

Coeficiente de sitio	Tipo de Perfil de Suelo			
	I	II	III	IV
S	1.0	1.2	1.5	2.0

Fuente: Manual de Diseño de Puentes [5]

En sitios en donde las propiedades del suelo no son conocidas en detalle suficiente para determinar el tipo de perfil de suelo, deberá ser usado el coeficiente de sitio para suelos tipo II, es decir  $S=1.2$  [5].

- Categoría de la Estructura (I); para establecer los procedimientos mínimos de análisis, así como para determinar los coeficientes de modificación de la respuesta, la estructura del muelle se clasifica en la categoría de importancia: Esencial. El muelle como estructura esencial deberá quedar en condiciones operativas después de la ocurrencia del sismo de diseño [5].
- Factor de Modificación de Respuesta (R); se determina en función del tipo de subestructura y el tipo de categoría según la importancia de la estructura [5]. En el caso del muelle nuevo ampliado se tiene pilotes verticales de acero, y como la estructura está en la categoría de esencial, se obtiene de la Tabla 2.05 un valor de  $R=3.5$ .



Ambas estructuras (existente y nueva) estarán separadas por una junta sísmica, cuyo valor depende de la capacidad de desplazamiento de las estructuras durante una acción sísmica.

### 2.2.2 Cargas de Diseño

#### a. Cargas Muertas (DC y DW)

La carga muerta consiste en el peso de toda la estructura, de concreto y acero, y el peso del pavimento asfáltico. Los siguientes pesos unitarios se consideraron para el diseño:

- Elementos de Acero Estructural (pilotes)  $DC = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Elementos de Concreto Armado (vigas y losa)  $DC = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Estructura de Asfalto (pavimento)  $DW1 = 2200 \text{ kg/m}^3$
- Rieles de la Grúa Pórtico  $DW2 = 300 \text{ kg/ml}$

#### a. Cargas Vivas (LS)

En la ampliación nueva, el muelle será diseñado para una carga viva:  $LS = 1000 \text{ kg/m}^2$ . Esta carga es debido a la operación continua que ocurre en toda el área del muelle ampliado.

El muelle existente será evaluado con una carga viva:  $LS = 500 \text{ kg/m}^2$ . Esta carga toma en cuenta la nueva operación que tendrá el muelle existente, como patio de maniobras.

También existirán otras cargas vivas del tipo vehicular que actúan en el muelle, ver el Capítulo 2.2.1

#### b. Cargas Térmicas (TU)

Las cargas térmicas actuantes en la estructura del muelle se consideran en los siguientes casos:

Para elementos de concreto armado [5]; se presenta una temperatura mínima de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  y una máxima de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , la temperatura ambiente promedio se considera de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Carga actuante:  $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para elementos de acero (pilotes) [5]; se presenta una temperatura mínima de  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  y una máxima de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , la temperatura ambiente promedio se considera de  $27.5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Carga actuante:  $\Delta T = 22.5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## c. Cargas de Viento (WS)

Las cargas de viento se consideran como presiones horizontales sobre la estructura y se determinan con la siguiente expresión:

$$P = P_B \cdot \left(\frac{V_z}{100}\right)^2 \quad [5]$$

Donde

$P$  (kN/m<sup>2</sup>) = Presión de viento

$V_z$  (km/h) = Velocidad de diseño del viento a la altura del nivel de la plataforma.

Según el Capítulo 2.2.1 se considera una velocidad de diseño de 75 km/h.

$P_B$  (kN/m<sup>2</sup>) = Presión básica correspondiente a una velocidad de 100 km/h.

Según la Tabla 2.06 se considera lo siguiente:

- Presión básica por barlovento:  $P_B = 1.5 \text{ kN/m}^2 = 150 \text{ kg/m}^2$
- Presión básica por sotavento:  $P_B = 0.75 \text{ kN/m}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$

Tabla N° 2.06 Presiones Básicas en una velocidad de 100 km/h

Componente Estructural	Presión por Barlovento (kN/m <sup>2</sup> )	Presión por Sotavento (kN/m <sup>2</sup> )
Armaduras, Columnas y Arcos	1.5	0.75
Vigas	1.5	NA
Superficies de pisos largos	1.2	NA

Fuente: Manual de Puentes [5]

De lo anterior se obtiene:

- Presión de viento en el Barlovento:  $WS_{Hb} = 0.85 \text{ kN/m}^2 = 85 \text{ kg/m}^2$
- Presión de viento en el Sotavento:  $WS_{Hs} = 0.42 \text{ kN/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$

Adicionalmente, se consideran presiones verticales sobre la estructura como una fuerza vertical hacia arriba uniformemente distribuida y equivalente a:

$$WS_V = 100 \text{ kg/m}^2 \quad [5].$$

## d. Cargas de Acoderamiento o de Atraque (CV)

Las cargas de acoderamiento son cargas de impacto debido al atraque de la nave en el muelle, serán consideradas de acuerdo a las características del tipo de nave que se muestra en el Capítulo 2.2.1.

El cálculo de la carga de impacto de la nave sobre el muelle se calcula con la siguiente expresión:

$$P_S = 1.2 \times 10^5 \cdot V \cdot \sqrt{DWT} \quad [1]$$

Donde

$P_S$  (N) = Fuerza de impacto estática equivalente de la nave

$DWT$  (ton) = Tonelaje de peso de muerto (en toneladas) de la nave. De acuerdo al Capítulo 2.2.1 la nave de diseño será un Panamax de 3ra generación, con un  $DWT = 50000$  ton.

$V$  (m/s) = Velocidad de impacto de la nave. De acuerdo al Capítulo 2.2.1 la nave de diseño será un Panamax de 3ra generación, con una velocidad de acoderamiento de 0.20 m/s.

Por lo tanto, la fuerza de impacto total debido al atraque de la nave Panamax en el muelle N° 1 será:

$$CV = 5366.6 \text{ kN} = 540 \text{ ton}$$

#### e. Cargas de Amarre (CM)

Las cargas de amarre son cargas que actúan en los amarraderos del muelle debido a las naves que se encuentran acoderadas y sujetas por medio de bolardos o cornamusas. Estas cargas están en función del tonelaje bruto (GT) o tonelaje de registro bruto (GRT) de la nave de diseño. De acuerdo con las características de la nave que se muestra en el Capítulo 2.2.1 se tiene:

GRT = 44000 ton

En la Tabla 2.07 se presentan las fuerzas de amarre en función del GT de la nave.

Tabla N° 2.07 Fuerzas de Tracción de las Naves

Gross tonnage (GT) of vessel (tons)	Tractive force acting on a mooring post (kN)	Tractive force acting on a bollard (kN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1.000$	250	250
$1.000 < GT \leq 2.000$	350	250
$2.000 < GT \leq 3.000$	350	350
$3.000 < GT \leq 5.000$	500	350
$5.000 < GT \leq 10.000$	700	500
$10.000 < GT \leq 20.000$	1.000	700
$20.000 < GT \leq 50.000$	1.500	1.000

Fuente: OCDI 1999

Por lo tanto se obtiene:  $CM = 1500 \text{ kN} = 150 \text{ ton}$

Además, se consideró un momento actuante de  $CM = 150 \text{ ton-m}$ , debido a la excentricidad de 1 m entre el bolardo y la línea de centro de la losa del muelle. Por lo tanto las cargas de amarre son fuerzas y momentos, actuando en los extremos y perpendicular al borde del muelle.

f. Cargas de Móviles (LL)

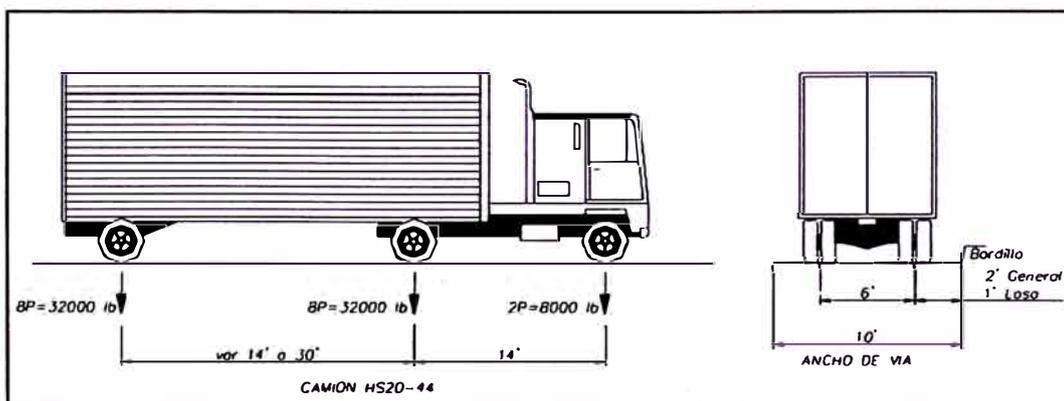
- Cargas Vehiculares

En el puerto de Salaverry durante la operación de la grúa pórtico que moviliza contenedores de embarque y desembarque, transitaran camiones que transportaran dichos contenedores. Estos camiones, llamados terminal truck, recorren a lo largo de toda la plataforma del muelle en 4 carriles (dos de ida y dos de regreso) ubicados en la zona interior de la grúa pórtico.

Los terminal truck que movilizaran los contenedores, son cargas móviles que actúan en la plataforma nueva del muelle N° 1 ampliado.

Para el análisis y diseño se tomara un camión de diseño especificado por la AASHTO. Debido a las características de los terminal truck se tomara el camión HS-25 = H20 +25% como camión de diseño (ver figura N° 2.03).

Figura N° 2.03 Camión de Diseño HS25 = HS20 + 25%



Fuente: Especificaciones AASHTO Estándar

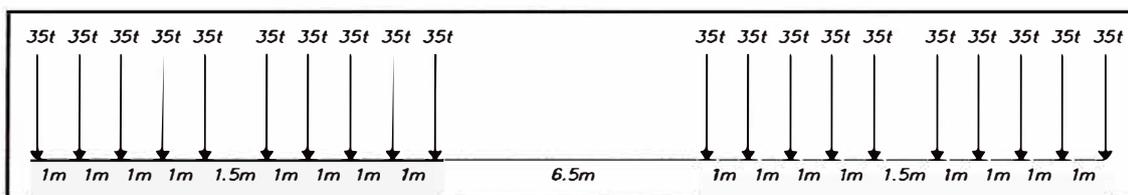
Para tener en cuenta los efectos dinámicos y de impacto de la carga vehicular HS25 se incrementa el valor de la carga móvil en un 33% [5].

- Cargas Grúa Pórtico

Durante su operación, las grúas pórtico se movilizaran mediante ruedas, 10 ruedas por eje de grúa (ver Anexos D), que se apoyan y generan un tren de cargas puntuales móviles, que actúan en rieles metálicos ubicados en vigas carriles de la plataforma nueva de la ampliación del muelle N° 1.

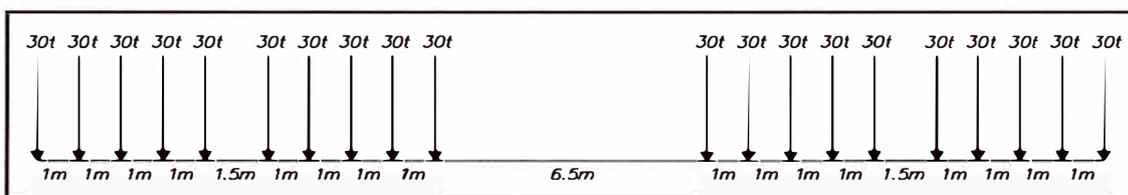
De las características de la grúa pórtico mostrado en el Capítulo 2.2.1 se muestra en las figuras N° 2.04 y N° 2.05 las siguientes distribuciones de cargas.

Figura N° 2.04 Distribución de cargas en el Lado Mar



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 2.05 Distribución de cargas en el Lado Tierra



Fuente: Elaboración Propia

Para tener en cuenta los efectos dinámicos y de impacto de la carga grúa pórtico se incrementa el valor de la carga móvil en un 20%.

g. Cargas de Sísmicas (EQ)

Las cargas sísmicas serán evaluadas en función de la aceleración de respuesta espectral definido por el *Manual de Diseño de Puentes o AASHTO 2007*, y utilizando los parámetros sísmicos descritos en el Capítulo 2.2.1.

El coeficiente de respuesta sísmica elástica;  $C_{sn}$  para el “n-ésimo” modo de vibración, deberá tomarse como:

$$C_{sn} = 1.2 \cdot \frac{A \cdot S}{T_n^{2/3}} \leq 2.5 \cdot A \quad [5]$$

Donde

$T_n$  (seg) = Periodo de vibración del “n-ésimo” modo.

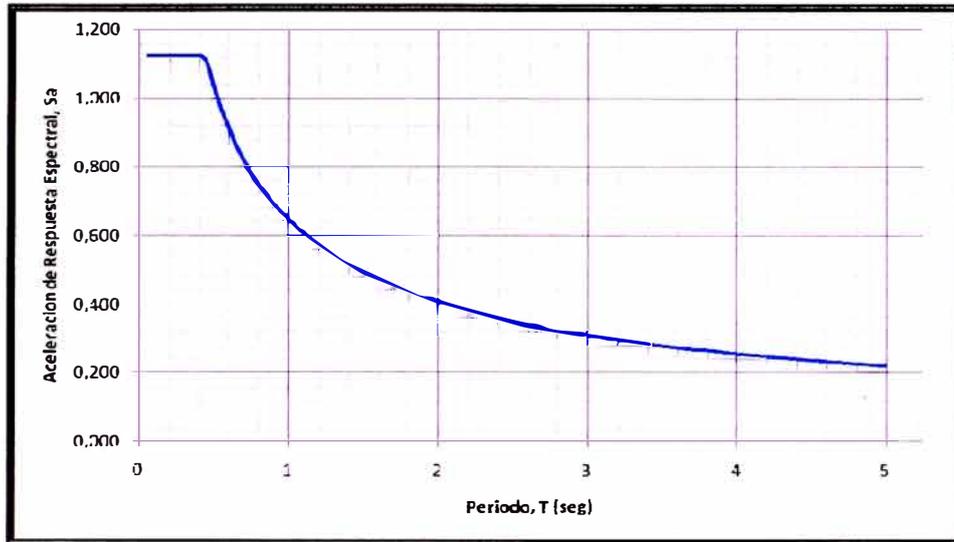
$A$  = Coeficiente de aceleración especificada en el Capítulo 2.2.1.

$S$  = Coeficiente de sitio especificado en el Capítulo 2.2.1.

De los parámetros sísmicos, se obtiene la siguiente grafica mostrada en la figura N° 2.06.

La masa sísmica de diseño será:  $1.0DC + 1.0DW + 0.5LS$

Figura N° 2.06 Gráfico Aceleración Espectral vs Periodo



Fuente: Elaboración Propia

El MTC y AASHTO, menciona que las cargas sísmicas horizontales actúan en las dos direcciones ortogonales. Además indica que para obtener los efectos sísmicos máximos en cada elemento estructural, tendrán que ser estimadas como la suma de los valores absolutos obtenidos para el 100% de la fuerza sísmica en una dirección y 30% de la fuerza sísmica en la dirección perpendicular.

Las fuerzas de diseño sísmico se determinaran dividiendo las fuerzas resultantes de un análisis elástico por el factor de modificación de respuesta  $R$ , especificado en el Capítulo 2.2.1.

## 2.3 ESTUDIO DEL MÉTODO DE DISEÑO

### 2.3.1 Criterios de Reforzamiento y Diseño

La estructura del muelle N° 1 (existente y nueva) está constituido por varios elementos estructurales de materiales diferentes y de funciones distintas, a continuación se mencionan según el tipo de material:

*Elementos de Concreto Armado*; están conformados por las vigas transversales, vigas longitudinales y losa o tablero de la estructura del muelle N° 1 existente y nueva. También lo conforman todos los pilotes del actual muelle existente.

Todos los elementos estructurales de concreto armado serán evaluados, reforzados y diseñados con los requerimientos mínimos que se menciona en el código ACI-318M-08 según sea su requerimiento a flexión, carga axial, cortante y torsión.

*Elementos de Acero Estructural*; está conformado por todos los pilotes de la estructura nueva ampliada del muelle N° 1.

Todos los elementos estructurales de acero serán diseñados con los requerimientos que se menciona en el AISC-LRFD.

El reforzamiento de la estructura existente y el diseño de la nueva ampliación estarán basados en el método LRFD.

- El método de Factor de Diseño de Carga y Resistencia (LRFD) se basa en los conceptos de estados límites de resistencia y de servicio [2].

Los estados límite de resistencia, se basan en la seguridad o capacidad de resistencia de las estructuras bajo cargas de diseño últimas.

Los estados límite de servicio, se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio.

### 2.3.2 Combinaciones de Carga

- En elementos de Concreto Armado se consideran para el reforzamiento y el diseño las combinaciones de AASHTO LRFD 2007 [1] (ver Anexo E).

Resistencia II: Combinación de carga relacionada a cargas especiales de diseño propuestas por el propietario (cargas grúa).

$$1.25DC + 1.50DW + 1.35(LL + LS) + 0.50TU$$

$$1.25DC + 1.50DW + 1.35(LL + LS) + 1.20TU$$

$$0.90DC + 0.65DW + 1.35(LL + LS) + 0.50TU$$

$$0.90DC + 0.65DW + 1.35(LL + LS) + 1.20TU$$

Resistencia V: Combinación de carga relacionada a velocidades moderadas de viento.

$$1.25DC + 1.50DW + 1.35(LL + LS) + 0.50TU + 0.40WS$$

$$1.25DC + 1.50DW + 1.35(LL + LS) + 1.20TU + 0.40WS$$

$$0.90DC + 0.65DW + 1.35(LL + LS) + 0.50TU + 0.40WS$$

$$0.90DC + 0.65DW + 1.35(LL + LS) + 1.20TU + 0.40WS$$

Evento Extremo I: Combinación de carga relacionada al sismo.

$$1.25DC + 1.50DW + 0.50(LL + LS) + 1.00EQx + 0.30EQy$$

$$1.25DC + 1.50DW + 0.50(LL + LS) + 0.30EQx + 1.00EQy$$

$$0.90DC + 0.65DW + 0.50(LL + LS) + 1.00EQx + 0.30EQy$$

$$0.90DC + 0.65DW + 0.50(LL + LS) + 0.30EQx + 1.00EQy$$

Evento Extremo II: Combinación de carga relacionada al impacto de buques o naves.

$$1.25DC + 1.50DW + 0.50(LL + LS) + 1.00(CV + CM)$$

$$0.90DC + 0.65DW + 0.50(LL + LS) + 1.00(CV + CM)$$

Asimismo AASHTO menciona multiplicar cada combinación de carga por un factor de sobre-resistencia  $n_i$ .

$$n_i = n_D \cdot n_R \cdot n_I \quad [1]$$

Donde

$n_D$  = Factor de ductilidad = 1.00 (para diseños y detalles convencionales)

$n_R$  = Factor de redundancia = 1.00 (para niveles convencionales de redundancia)

$n_I$  = Factor de Importancia Operacional = 1.05 (para muelles esenciales o críticos)

De lo anterior de tiene:  $n_i = 1.05$

- En elementos de Acero Estructural se consideran para el diseño las combinaciones del AISC LRFD 1999 [3].

Combinación 1:  $1.4DC + 1.4DW$

Combinación 2:  $1.2D + 1.2DW + 1.6LS + 1.6LL + 1.2TU + 0.5CM + 0.5CV$

Combinación 3:  $1.2D + 1.2DW + 0.5LS + 0.5LL + 1.2TU + 1.6CM + 1.6CV$

Combinación 4:  $1.2D + 1.2DW + 1.6LS + 1.6LL + 0.8Wsh + 0.8Wsv$

Combinación 5:  $1.2D + 1.2DW + 1.6LS + 1.6LL - 0.8Wsh + 0.8Wsv$

Combinación 6:  $1.2D + 1.2DW + 1.6CM + 1.6CV + 0.8Wsh + 0.8Wsv$

Combinación 7:  $1.2D + 1.2DW + 1.6CM + 1.6CV - 0.8Wsh + 0.8Wsv$

Combinación 8:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL + 1.6Wsh + 1.6Wsv$

Combinación 9:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL - 1.6Wsh + 1.6Wsv$

Combinación 10:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL + 1.0EQx$

Combinación 11:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL + 1.0EQy$

Combinación 12:  $0.9D + 0.9DW + 1.6Wsh + 1.6Wsv$

Combinación 13:  $0.9D + 0.9DW - 1.6Wsh + 1.6Wsv$

Combinación 14:  $0.9D + 0.9DW + 1.0EQx$

Combinación 15:  $0.9D + 0.9DW + 1.0EQy$

## CAPITULO III

### EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

La evaluación estructural del muelle N°1 ampliado estará conformado por las siguientes partes:

- La parte actualmente existente se analizará con las nuevas cargas impuestas debido a que el muelle tendrá una nueva función como área de maniobras para el tránsito de los terminal truck que transportan contenedores. La parte existente se verá en el Capítulo 3.1.
- La parte nueva ampliada se analizará con las cargas que van actuar debido a su función de muelle para el atraque de naves Panamax, de soporte para el movimiento de la grúa pórtico y de área de maniobras para el tránsito de los terminal truck que transportan contenedores. La parte nueva se verá en el Capítulo 3.2

La parte existente y nueva estarán separadas por medio de una junta sísmica. Dicha junta depende de los desplazamientos independientes de cada estructura por la acción de una fuerza lateral: fuerza de sismo, fuerza de viento, fuerza impacto de nave, etc.

#### 3.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL MUELLE N°1

El muelle N° 1 existente tiene dimensiones de 225 m de largo por 25 m de ancho, y está totalmente construido con pilotes, vigas transversales, vigas longitudinales y losa de tablero de concreto armado  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .

En la actualidad el muelle N° 1 se utiliza como amarradero de naves de carga general, en donde se descargan y se embarcan todo tipo de carga para la importación y exportación.

Dado que el muelle está aun en operación y funcionamiento se asume que el muelle resistirá satisfactoriamente su nueva función destinada de área de maniobras para los camiones terminal truck, que transportan contenedores de embarque y desembarque, por lo tanto se asume que los principales elementos estructurales no fallaran por resistencia y servicio.

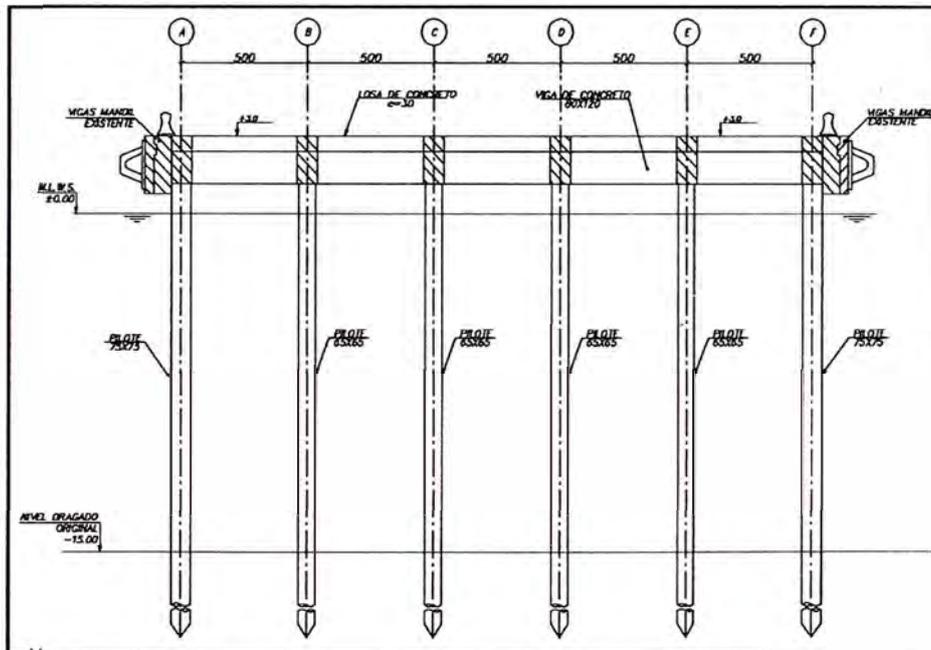
Pero dada la importancia de los pilotes de concreto armado existentes que soportan y sirven de apoyo a todo el muelle, es primordial y necesario verificar su resistencia debido a las nuevas cargas que van actuar.

Para la evaluación estructural de los pilotes de concreto armado se plantea realizar un modelo plano 2D del muelle N°1 existente con todos sus elementos de concreto existentes y cargado con las nuevas cargas a la que estará sometida durante el funcionamiento del muelle.

### 3.1.1 Geometría Transversal y Secciones de Elementos

La geometría del muelle existente y los tipos de elementos estructurales fueron descritos en el Capítulo 1.3.2 y mostrados en la figura N° 3.01

Figura N° 3.01 Geometría de la Sección Transversal del Muelle Existente



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2 Modelo 2D del Muelle N° 1 Existente

Se realizó un modelo 2D de la sección transversal del muelle con el objetivo de encontrar los mayores esfuerzos actuantes en los elementos estructurales, dicho modelo está formado por pilotes y vigas como elementos tipo frame. También se definieron el tipo de material, concreto armado de  $350\text{kg/cm}^2$ , y las dimensiones de las secciones de vigas y de pilotes (ver Anexo F).

Dado que todos los pilotes están enterrados en el suelo con una longitud de empotramiento de 6m, se asignó un sistema de resortes en las dos direcciones

ortogonales del elemento para tomar en cuenta la interacción suelo-estructura. El valor de dicho resorte está en función del coeficiente de balasto del estudio geotécnico, ver Capítulo 2.2.1.

Como nuestro análisis se resume a un modelo plano 2D, tomando como sección transversal un pórtico interior central del muelle, a dicho modelo se le asigna restricciones a sus nudos que se encuentran en el nivel de losa, con el fin de tener solo deformaciones en las dos direcciones del modelo plano. Se asume que la losa y las vigas que unen cada pórtico son rígidas que las deformaciones fuera del plano son insignificantes.

El valor de las cargas actuantes en el modelo 2D del muelle existente están en función del ancho tributario de cada pórtico. A continuación son las siguientes:

#### Cargas Muertas:

$$\text{Peso de Losa } DC_1 = 2.4 \times 0.3 \times 5 = 3.6 \text{ ton/m}$$

$$\text{Peso de Vigas } DC_2 = 0.25 \times 3.6 = 0.9 \text{ ton/m}$$

$$\text{Peso de Pavimento } DW = 2.2 \times 0.05 \times 5 = 0.55 \text{ ton/m}$$

#### Cargas Vivas:

$$\text{Sobrecarga de Operación } LS = 0.5 \times 5 = 2.5 \text{ ton/m}$$

#### Cargas de Viento:

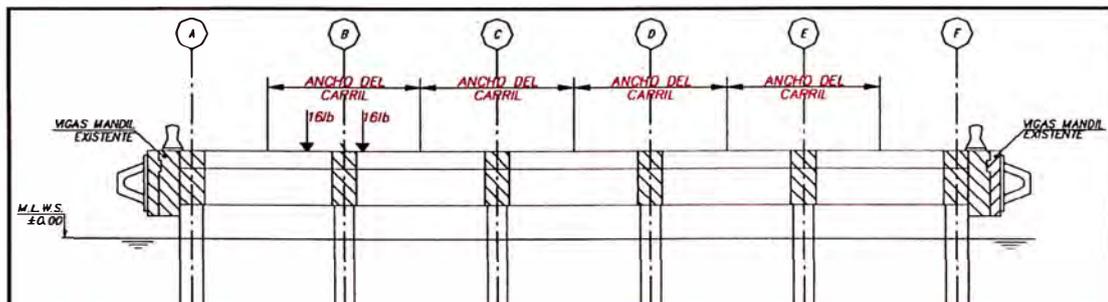
$$\text{Viento Vertical } WS_v = 0.1 \times 5 = 0.5 \text{ ton/m}$$

$$\text{Viento Horizontal } WS_h = 0.085 \times 1.2 \times 5 = 0.51 \text{ ton}$$

#### Carga Vehicular:

De acuerdo con el Capítulo 2.2.2, para tomar en cuenta las cargas móviles de los terminal truck se utilizó como camión de diseño, el HS25. En la figura N° 3.02 el HS25 está representado por la sección transversal del camión actuando entre los ejes B y C (ver anexo F).

Figura N° 3.02 Distribución de Cargas del HS25 en el Muelle



Fuente: Elaboración Propia

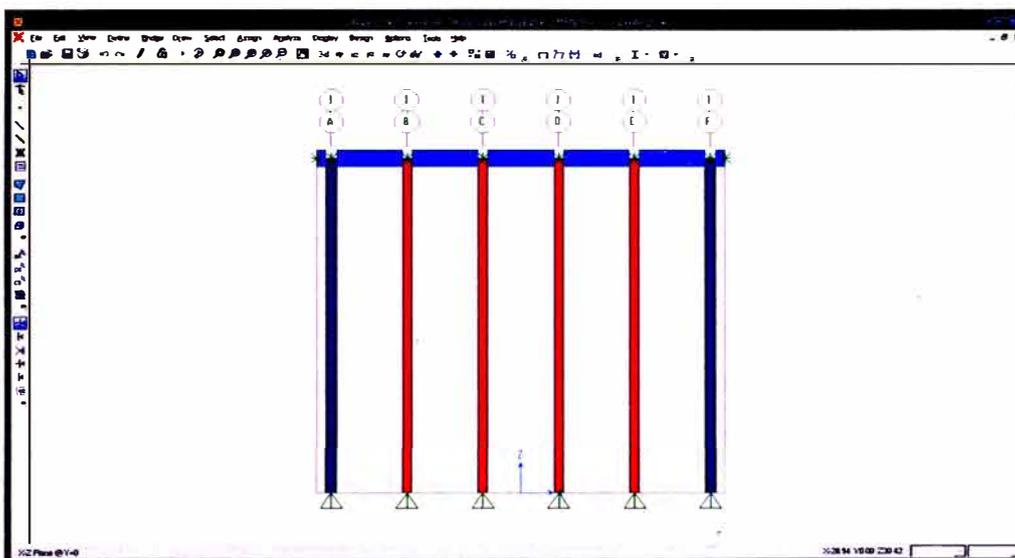
### Carga Sísmica:

Las cargas sísmicas actuantes están en función de los parámetros sísmicos descritos el capítulo 2.2.1.

El factor de reducción considerando para este caso de muelle existente será el valor de  $R=2.0$ , ver Tabla 2.05.

En la figura N° 3.03 se muestra el modelo 2D del muelle existente con sus principales elementos estructurales (pilotes y vigas de concreto).

Figura N° 3.03 Modelo 2D del Muelle Existente



Fuente: SAP2000 V14.1

### 3.1.3 Análisis Estructural del Modelo 2D

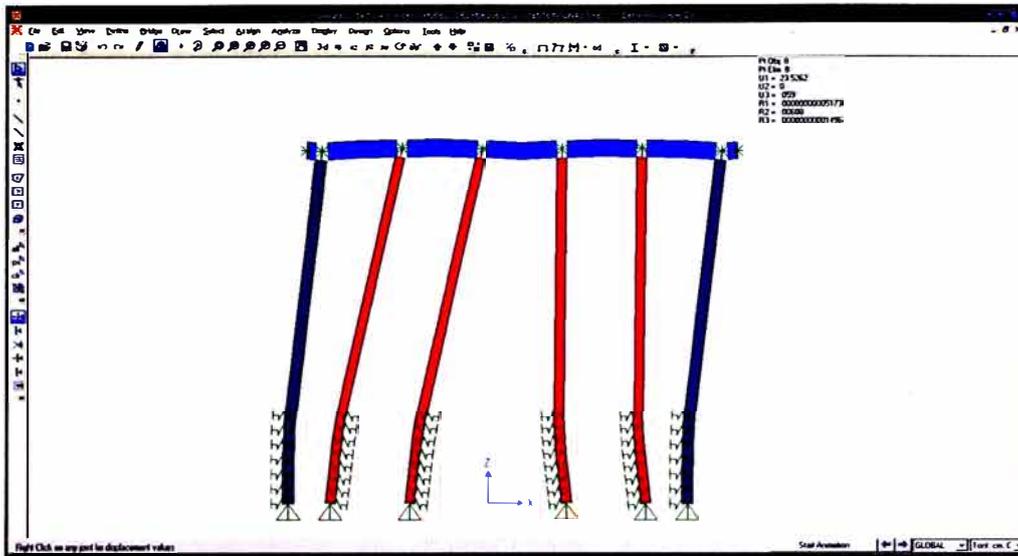
#### a. Capacidad de Desplazamiento

El muelle existente tiene unos pilotes inclinados en la dirección transversal, la función de aquellos pilotes es controlar la deformación en esa dirección, debido a la acción de las fuerzas laterales (fuerzas sísmicas, fuerzas de impacto, fuerzas de viento, etc.). Para estimar la deformación del muelle tomando en cuenta los pilotes inclinados se hizo un modelo con las mismas características del modelo inicial (modelo con pilotes verticales).

Se asumió que todos los pilotes inclinados tienen una dimensión de 65 cm x 65 cm.

De la Figura 3.04 se observa que la deformación por sismo en la dirección X con la presencia de pilotes inclinados es de 23.50 cm.

Figura N° 3.04 Desplazamiento por Sismo en X con Pilotes Inclínados



Fuente: SAP2000 V14.1

b. Fuerzas de Diseño

Del modelo 2D se obtiene los máximos esfuerzos de compresión, flexión y corte de los pilotes más cargados. Las tablas N° 3.01 y 3.02 muestran las cargas de diseño en el pilote P1 y P2 más cargado.

Tabla N° 3.01 Cuadro de Combinaciones del Pilote P1 (75x75)

OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
REST-II-A	Combination	Max	-32.85	-0.37	0.00	0.00	0.00	6.26
REST-II-A	Combination	Min	-45.45	-0.51	0.00	0.00	0.00	4.33
REST-II-B	Combination	Max	-33.49	-0.63	0.00	0.00	0.00	8.78
REST-II-B	Combination	Min	-46.09	-0.77	0.00	0.00	0.00	6.84
REST-II-C	Combination	Max	-22.54	-0.31	0.00	0.00	0.00	5.47
REST-II-C	Combination	Min	-35.14	-0.45	0.00	0.00	0.00	3.54
REST-II-D	Combination	Max	-23.18	-0.57	0.00	0.00	0.00	7.98
REST-II-D	Combination	Min	-35.78	-0.71	0.00	0.00	0.00	6.05
REST-V-A	Combination	Max	-32.02	-0.32	0.00	0.00	0.00	5.74
REST-V-A	Combination	Min	-44.62	-0.46	0.00	0.00	0.00	3.80
REST-V-B	Combination	Max	-32.66	-0.58	0.00	0.00	0.00	8.25
REST-V-B	Combination	Min	-45.26	-0.71	0.00	0.00	0.00	6.32
REST-V-C	Combination	Max	-21.71	-0.26	0.00	0.00	0.00	4.95
REST-V-C	Combination	Min	-34.31	-0.40	0.00	0.00	0.00	3.01
REST-V-D	Combination	Max	-22.35	-0.52	0.00	0.00	0.00	7.46
REST-V-D	Combination	Min	-34.95	-0.65	0.00	0.00	0.00	5.52
EXT-I-A	Combination	Max	9.87	15.70	0.15	0.00	0.65	159.75
EXT-I-A	Combination	Min	-81.16	-16.14	-0.15	0.00	-0.65	-153.90
EXT-I-B	Combination	Max	-20.36	4.58	0.49	0.00	2.16	50.23
EXT-I-B	Combination	Min	-50.94	-5.01	-0.49	0.00	-2.16	-44.37
EXT-I-C	Combination	Max	20.18	15.76	0.15	0.00	0.65	158.96
EXT-I-C	Combination	Min	-70.85	-16.08	-0.15	0.00	-0.65	-154.69
EXT-I-D	Combination	Max	-10.05	4.64	0.49	0.00	2.16	49.44
EXT-I-D	Combination	Min	-40.62	-4.95	-0.49	0.00	-2.16	-45.16
EXT-II-A	Combination	Max	-33.31	-0.19	0.00	0.00	0.00	3.29
EXT-II-A	Combination	Min	-37.98	-0.24	0.00	0.00	0.00	2.57
EXT-II-B	Combination	Max	-23.00	-0.13	0.00	0.00	0.00	2.50
EXT-II-B	Combination	Min	-27.67	-0.18	0.00	0.00	0.00	1.78

Fuente: SAP2000 V14.1

Tabla N° 3.02 Cuadro de Combinaciones del Pilote P2 (65 x 65)

OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
REST-II-A	Combination	Max	-48.61	-0.03	0.00	0.00	0.00	1.68
REST-II-A	Combination	Min	-71.95	-0.14	0.00	0.00	0.00	0.26
REST-II-B	Combination	Max	-48.15	-0.13	0.00	0.00	0.00	2.64
REST-II-B	Combination	Min	-71.48	-0.24	0.00	0.00	0.00	1.22
REST-II-C	Combination	Max	-33.40	-0.03	0.00	0.00	0.00	1.60
REST-II-C	Combination	Min	-56.73	-0.14	0.00	0.00	0.00	0.17
REST-II-D	Combination	Max	-32.93	-0.13	0.00	0.00	0.00	2.56
REST-II-D	Combination	Min	-56.27	-0.24	0.00	0.00	0.00	1.13
REST-V-A	Combination	Max	-47.62	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38
REST-V-A	Combination	Min	-70.96	-0.11	0.00	0.00	0.00	-0.04
REST-V-B	Combination	Max	-47.16	-0.10	0.00	0.00	0.00	2.34
REST-V-B	Combination	Min	-70.49	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.92
REST-V-C	Combination	Max	-32.41	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
REST-V-C	Combination	Min	-55.74	-0.11	0.00	0.00	0.00	-0.13
REST-V-D	Combination	Max	-31.94	-0.09	0.00	0.00	0.00	2.26
REST-V-D	Combination	Min	-55.27	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.83
EXT-I-A	Combination	Max	-28.98	10.05	0.05	0.00	0.35	99.51
EXT-I-A	Combination	Min	-78.74	-10.09	-0.05	0.00	-0.35	-98.96
EXT-I-B	Combination	Max	-43.37	3.01	0.17	0.00	1.15	30.23
EXT-I-B	Combination	Min	-64.35	-3.06	-0.17	0.00	-1.15	-29.68
EXT-I-C	Combination	Max	-13.77	10.06	0.05	0.00	0.35	99.43
EXT-I-C	Combination	Min	-63.53	-10.08	-0.05	0.00	-0.35	-99.04
EXT-I-D	Combination	Max	-28.16	3.02	0.17	0.00	1.15	30.15
EXT-I-D	Combination	Min	-49.14	-3.05	-0.17	0.00	-1.15	-29.76
EXT-II-A	Combination	Max	-49.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
EXT-II-A	Combination	Min	-58.18	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.01
EXT-II-B	Combination	Max	-34.33	0.01	0.00	0.00	0.00	0.46
EXT-II-B	Combination	Min	-42.97	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.07

Fuente: SAP2000 V14.1

Ver secciones de los pilotes P1 y P2 en la figura N° 4.01 del Capítulo 4.

La capacidad de resistencia de los pilotes existentes bajo las nuevas cargas impuestas se verá en el Capítulo 4.

### 3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL MUELLE N°1 AMPLIADO

El muelle N° 1 ampliado está formado por dos partes:

La parte mayor de 340m de largo por 28 m de ancho ubicado a lado del actual muelle existente, y la parte menor de 115m de largo por 25 m de ancho ubicado en la parte adelante del actual muelle existente.

Se analiza la parte mayor por ser la más crítica debido a que en ella ocurren las mayores fuerzas de diseño.

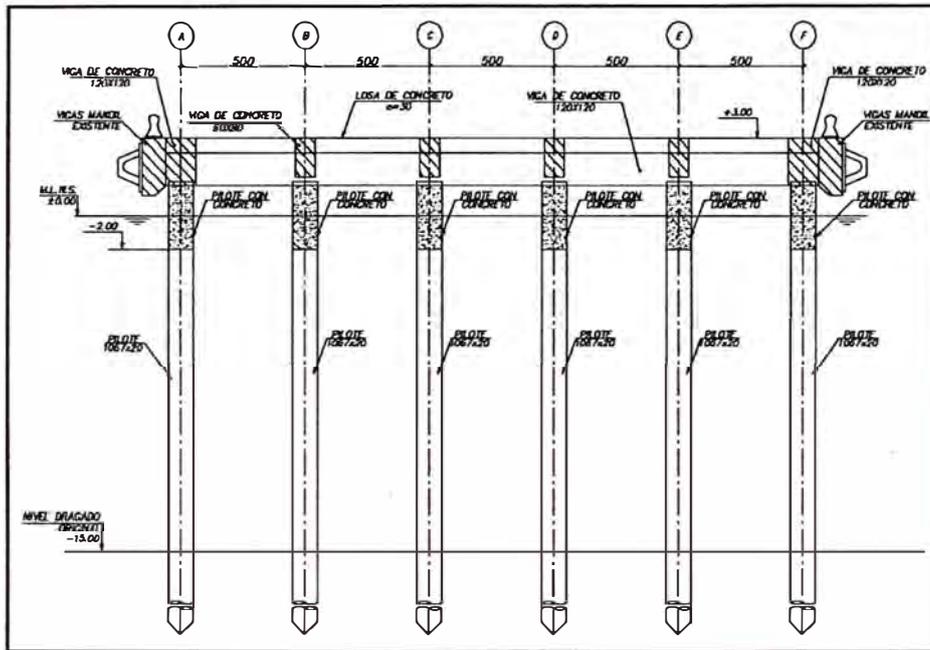
La parte mayor del muelle ampliado tiene 340 m x 28 m, dichas dimensiones son las requeridas para cumplir satisfactoriamente su función de muelle para atraque de naves Panamax que llegan al puerto de Salaverry. Además en esta ampliación nueva se movilizará una gura pórtico y también transitarán los terminal truck.

Todas y cada una de las cargas impuestas en esta ampliación nueva del muelle han sido descritas en el Capítulo 2.

### 3.2.1 Geometría Transversal y Secciones de Elementos

La geometría de la ampliación nueva del muelle, y los tipos de elementos estructurales, así como las dimensiones de las secciones de dichos elementos vistas en el Capítulo 1.3.2 se observan en la figura N° 3.05.

Figura N° 3.05 Geometría de la Sección Transversal del Muelle Ampliado



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2 Modelo 3D de la Ampliación Nueva del Muelle

Esta parte del muelle N° 1 ampliado será la más crítica, porque en ella recae directamente varias cargas de equipos (grúa pórtico y terminal truck) y cargas de impacto de las naves que atracan (ver anexo G). Por lo tanto es importante tomar en cuenta todas las cargas actuantes y analizarlas en un modelo 3D para obtener esfuerzos de diseño más realistas.

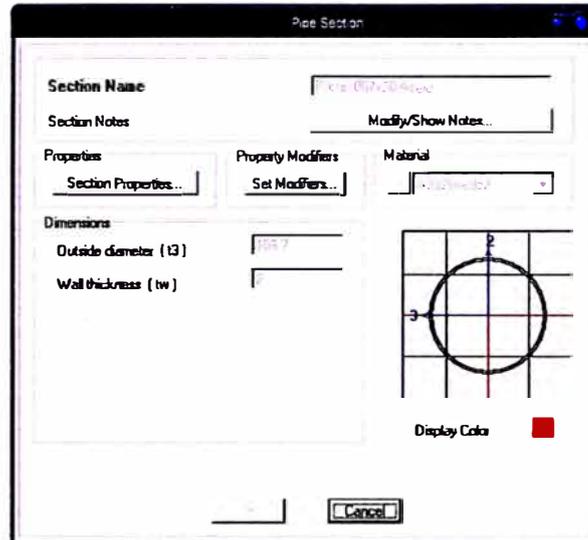
El modelo 3D está formado por un conjunto de pilotes y vigas definidas como elementos tipo frame, la losa del tablero está definida como elemento tipo Shell (ver anexo G).

De acuerdo a la longitud de empotramiento de 6 m y tomando en cuenta el coeficiente de balasto del estudio geotécnico se modeló los resortes que simulan la interacción del suelo con la estructura.

a. Definición de la Sección PA-1

La sección del pilote de acero es hueca de 106.7 cm de diámetro por 2.0 cm de espesor. Ver figura N° 3.06.

Figura N° 3.06 Sección del Pilote PA-1



Fuente: SAP2000 V14.1

b. Definición de la Sección PA-2

Para tomar en cuenta la sección compuesta del pilote se definió una sección PA-2 de 106.7 cm x 2.0 cm con sus propiedades de inercia y masa equivalentes. En la figura N° 3.07 se observa las propiedades de la sección modificada.

$$\text{Modificador de Masa: } m_{\text{mod}} = \frac{A_s \cdot \gamma_s + A_c \cdot \gamma_c}{A_s \cdot \gamma_s}$$

Donde:

$$A_s = \frac{[106.7^2 - (106.7 - 2 \times 2)^2] \pi}{4} = 657.85 \text{ cm}^2$$

$$A_c = \frac{(106.7 - 2 \times 2)^2 \cdot \pi}{4} = 8283.82 \text{ cm}^2$$

$$\text{Por lo tanto: } m_{\text{mod}} = \frac{657.85 \times 7850 + 8283.82 \times 2500}{657.85 \times 7850} = 5.01$$

$$\text{Modificador de Inercia: } I_{\text{mod}} = \frac{I_s \cdot E_s + \beta \cdot I_c \cdot E_c}{I_s \cdot E_s}$$

Donde:

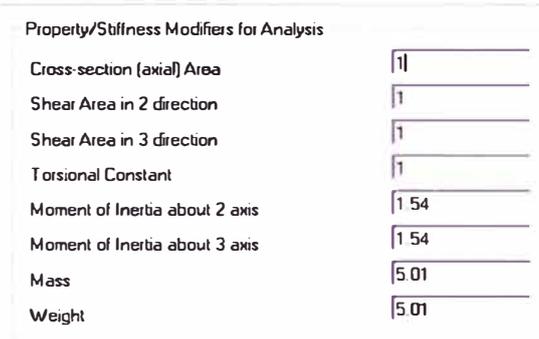
$$I_c = \frac{(106.7 - 2 \times 2)^4 \cdot \pi}{64} = 5460742.19 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{[106.7^4 - (106.7 - 2x2)^4] \pi}{64} = 901754.61 \text{ cm}^4$$

$$\beta = \frac{E_s \cdot I_s + 0.25 E_c \cdot I_c}{E_s \cdot I_s + E_c \cdot I_c} = 0.66$$

Por lo tanto:  $I_{\text{mod}} = \frac{901754.61 \times 205000 + 0.66 \times 5460742.19 \times 27800}{901754.61 \times 205000} = 1.54$

Figura N° 3.07 Modificador de Propiedades

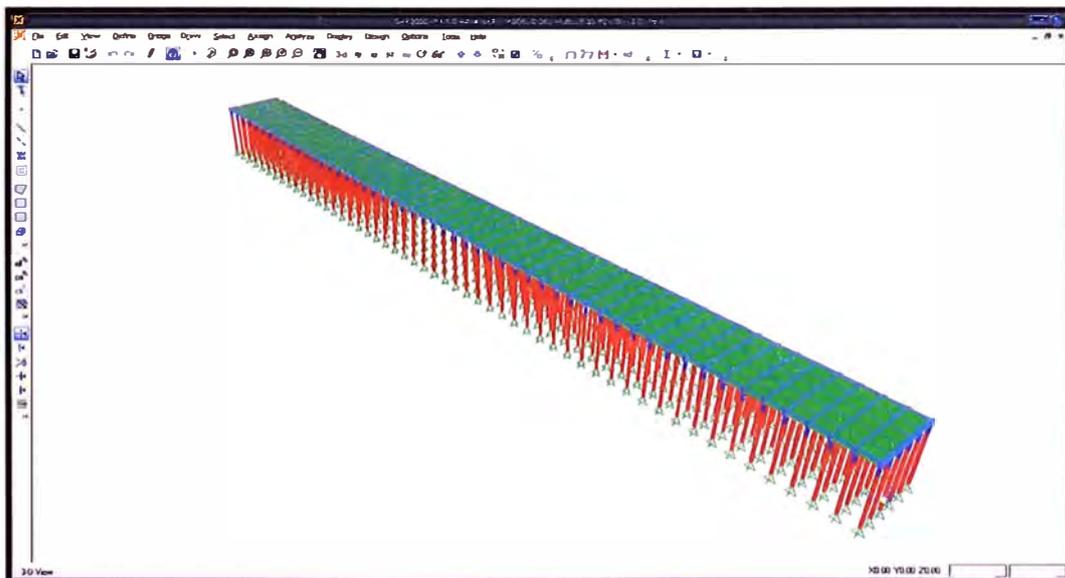


Fuente: SAP2000 V14.1

Ver secciones de los pilotes PA-1 y PA-2 en la figura N° 4.04 del Capítulo 4.

A continuación se muestra en la figura N° 3.08 el modelo 3D de la ampliación nueva del muelle

Figura N° 3.08 Modelo 3D de la Ampliación Nueva



Fuente: SAP2000 V14.1

### 3.2.3 Análisis Estructural del Modelo 3D

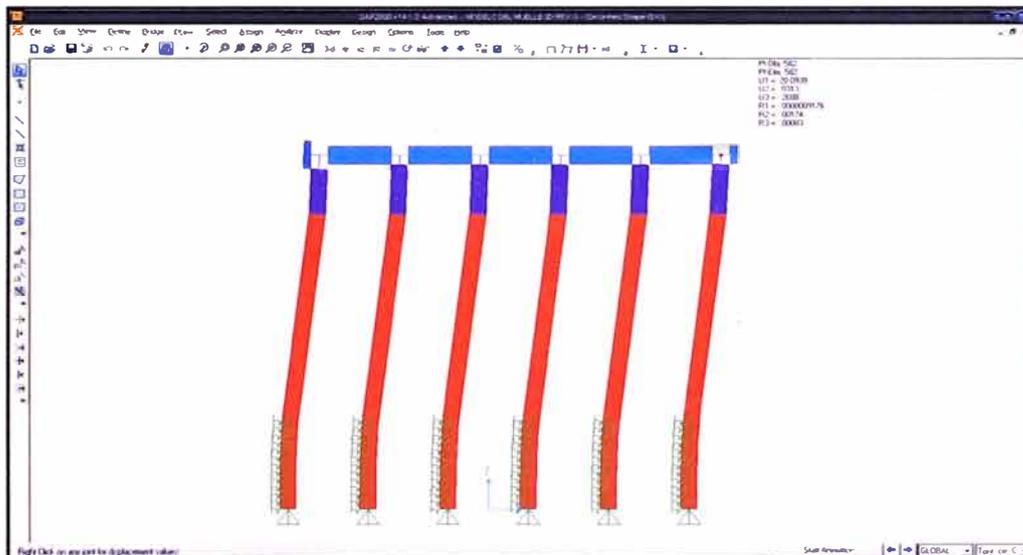
#### a. Capacidad de Desplazamiento

El muelle ampliado tendrá deformaciones debido a fuerzas laterales en ambas direcciones. En el sentido transversal se presenta las mayores deformaciones laterales por ser menos rígido que la dirección longitudinal.

Es importante tener la deformación transversal del muelle ampliado para luego determinar la junta sismica necesaria entre la estructura nueva y existente.

De todas las fuerzas laterales que actúan en el muelle ampliado (sismo, acoderamiento y viento), las fuerzas de sismo son las que producen mayores deformaciones (ver figura N° 3.09).

Figura N° 3.09 Deformación Transversal por Sismo X



Fuente: SAP2000 V14.1

De la Figura 3.09 se tiene una deformación por sismo de 20.1 cm.

De las deformaciones transversales calculadas en ambas estructuras se tiene:

Deformación de la estructura existente:  $\Delta_x = 23.50$  cm

Deformación de la estructura nueva ampliada:  $\Delta_x = 20.10$  cm

Por lo tanto ambas estructuras estarán separadas por una junta sismica no menor de 50 cm.

### b. Fuerzas de Diseño

Del modelo 3D se obtienen los máximos esfuerzos de compresión, flexión y corte de los elementos estructurales más cargados.

- Pilotes de Acero (PA-1)

La combinación crítica por compresión y flexión es:

Combinación 10:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL + 1.0EQx$

$P_u = 313.3 \text{ ton}$

$M_{ux} = 158.5 \text{ ton-m}$ ,  $M_{uy} = 21.0 \text{ ton-m}$

$V_{ux} = 14.1 \text{ ton}$ ,  $V_{uy} = 1.56 \text{ ton}$

- Pilotes de Acero con Relleno de Concreto (PA-2)

La combinación crítica es:

Combinación 10:  $1.2D + 1.2DW + 1.0LS + 1.0LL + 1.0EQx$

$P_u = 323.1 \text{ ton}$

$M_{ux} = 114.2 \text{ ton-m}$ ,  $M_{uy} = 16.1 \text{ ton-m}$

$V_{ux} = 15.5 \text{ ton}$ ,  $V_{uy} = 1.56 \text{ ton}$

### Vigas de Concreto Transversal

De la envolvente de todas las combinaciones se tiene:

$M_U^+ = 140 \text{ ton-m}$ ,  $M_U^- = 137 \text{ ton-m}$ ,  $V_u = 58.5 \text{ ton}$

### Vigas Carril Longitudinal

De la envolvente de todas las combinaciones se tiene:

$M_U^+ = 83.6 \text{ ton-m}$ ,  $M_U^- = 207.7 \text{ ton-m}$ ,  $V_u = 172.2 \text{ ton}$

### Vigas Longitudinales

De la envolvente de todas las combinaciones se tiene:

$M_U^+ = 65.8 \text{ ton-m}$ ,  $M_U^- = 78.6 \text{ ton-m}$ ,  $V_u = 55.6 \text{ ton}$

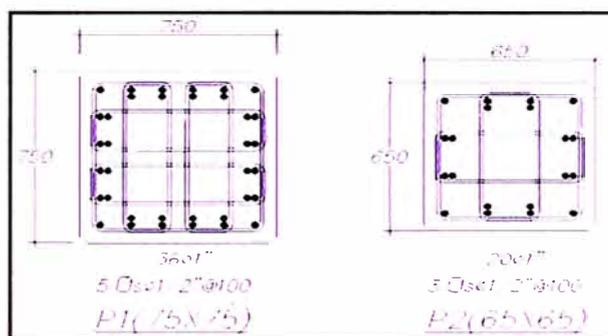
## CAPITULO IV

### DISEÑO Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

#### 4.1 REFORZAMIENTO DEL MUELLE N°1

En el Capítulo 3 se determinaron las mayores cargas de diseño actuantes en los pilotes de concreto armado (tipos P1 y P2). En la figura N° 4.01 se tiene P1 y P2.

Figura N° 4.01 Secciones Armadas de Pilotes P1 y P2



Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.1 Verificación por Flexo-Compresión

Todos los pilotes están sujetos a carga axial y flexión en sus dos direcciones, por lo tanto la verificación consistirá en graficar el diagrama de interacción Pn-Mn de cada sección y controlar que las combinaciones de las fuerzas de diseño estén dentro de dicho diagrama.

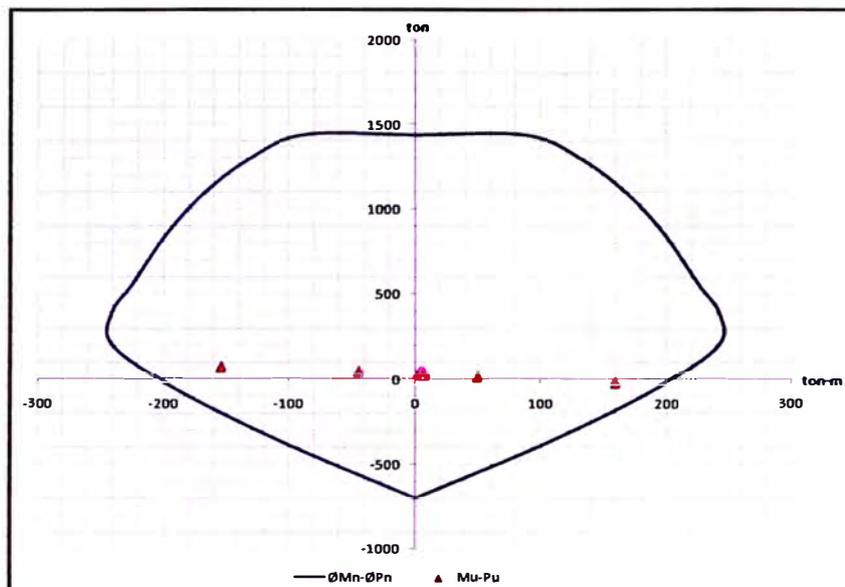
##### a. Verificación del Pilote P1, con mayor carga axial y momento flexionante

Tabla N° 4.01 Cuadro de Combinaciones de P1

Comb	Pu Tonf	Mu Tonf-m	Comb	Pu Tonf	Mu Tonf-m
REST-II-A	32.85	6.26	REST-V-D	22.35	7.46
REST-II-A	45.45	4.33	REST-V-D	34.95	5.52
REST-II-B	33.49	8.78	EXT-I-A	-9.87	159.75
REST-II-B	46.09	6.84	EXT-I-A	81.16	-153.90
REST-II-C	22.54	5.47	EXT-I-B	20.36	50.23
REST-II-C	35.14	3.54	EXT-I-B	50.94	-44.37
REST-II-D	23.18	7.98	EXT-I-C	-20.18	158.96
REST-II-D	35.78	6.05	EXT-I-C	70.85	-154.69
REST-V-A	32.02	5.74	EXT-I-D	10.05	49.44
REST-V-A	44.62	3.80	EXT-I-D	40.62	-45.16
REST-V-B	32.66	8.25	EXT-II-A	33.31	3.29
REST-V-B	45.26	6.32	EXT-II-A	37.98	2.57
REST-V-C	21.71	4.95	EXT-II-B	23.00	2.50
REST-V-C	34.31	3.01	EXT-II-B	27.67	1.78

Fuente: SAP2000 V14.1

Figura N° 4.02 Diagrama de Interacción del Pilote P1



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 4.02, se observa que el pilote P1 cumple satisfactoriamente su resistencia por flexo-compresión al estar sujeto con las combinaciones de diseño de la Tabla 4.01

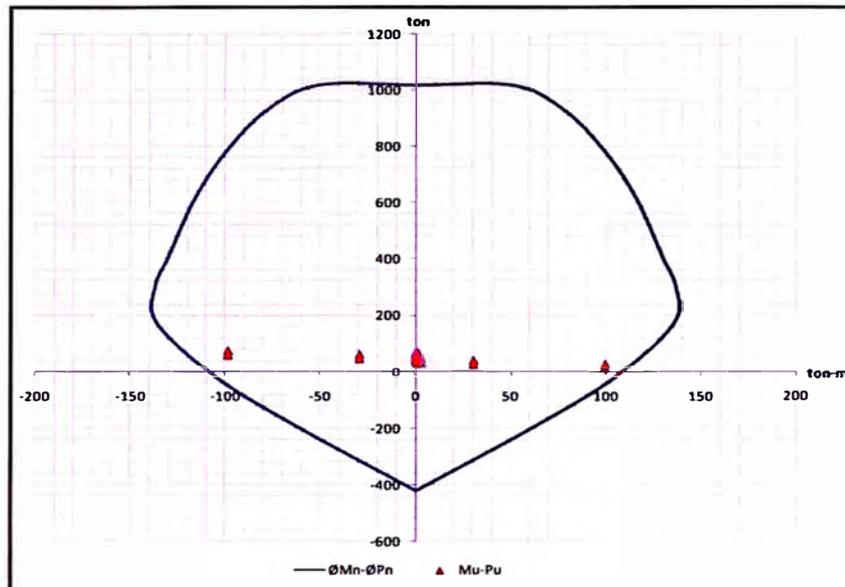
b. Verificación del Pilote P2, con mayor carga axial y momento flexionante

Tabla N° 4.02 Cuadro de Combinaciones de P2

Comb	Pu Tonf	Mu Tonf-m	Comb	Pu Tonf	Mu Tonf-m
REST-II-A	48.61	1.68	REST-V-D	31.94	2.26
REST-II-A	71.95	0.26	REST-V-D	55.27	0.83
REST-II-B	48.15	2.64	EXT-I-A	28.98	99.51
REST-II-B	71.48	1.22	EXT-I-A	78.74	-98.96
REST-II-C	33.40	1.60	EXT-I-B	43.37	30.23
REST-II-C	56.73	0.17	EXT-I-B	64.35	-29.68
REST-II-D	32.93	2.56	EXT-I-C	13.77	99.43
REST-II-D	56.27	1.13	EXT-I-C	63.53	-99.04
REST-V-A	47.62	1.38	EXT-I-D	28.16	30.15
REST-V-A	70.96	-0.04	EXT-I-D	49.14	-29.76
REST-V-B	47.16	2.34	EXT-II-A	49.54	0.54
REST-V-B	70.49	0.92	EXT-II-A	58.18	0.01
REST-V-C	32.41	1.30	EXT-II-B	34.33	0.46
REST-V-C	55.74	-0.13	EXT-II-B	42.97	-0.07

Fuente: SAP2000 V14.1

Figura N° 4.03 Diagrama de Interacción del Pilote P2



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 4.03, se observa que el pilote P2 cumple satisfactoriamente su resistencia por flexo-compresión al estar sujeto con las combinaciones de diseño de la Tabla 4.02.

#### 4.1.2 Verificación por Corte

Del análisis estructural, ver Capítulo 3, se tiene:

a. Para el pilote P1:  $V_u = 16.20$  ton,  $P_u = 81.2$  ton

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \quad [1]$$

Donde

$$\phi = \text{Factor de resistencia por corte} = 0.9 \quad [1]$$

$$\text{Si } P_u < 0.1 \cdot F'_c \cdot A_g \rightarrow V_c = 0 \quad [1]$$

$$P_u = 81.20 \text{ ton} < 0.1 \cdot F'_c \cdot A_g = 0.1 \cdot 0.35 \cdot 75 \cdot 75 = 197 \text{ ton, Por lo tanto: } V_c = 0$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v}{s} = \frac{7.62 \cdot 4.2 \cdot (75 \cdot 0.9)}{10} = 215 \text{ ton} \quad [1]$$

$$A_v = 6 \text{ Estribos de } \phi \frac{1}{2}'' = 7.62 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_v = \text{Peralte efectivo} = 0.9 \cdot 75 = 67.5 \text{ cm}$$

$$s = \text{Espaciamiento de estribos} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Por lo tanto se tiene: } \phi V_n = 0.9 \cdot 215 = 193.5 \text{ ton} > V_u = 16.20 \text{ ton OK}$$

b. Para el pilote P2:  $V_u = 10.10$  ton,  $P_u = 78.74$  ton

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \quad [1]$$

Donde

$$\text{Si } P_u = < 0.1 \cdot F'_c \cdot A_g \rightarrow V_c = 0 \quad [1]$$

$$P_u = 78.74 \text{ ton} < 0.1 \cdot F'_c \cdot A_g = 0.1 \cdot 0.35 \cdot 65 \cdot 65 = 147 \text{ ton, Por lo tanto: } V_c = 0$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v}{s} = \frac{5.08 \cdot 4.2 \cdot (65 \cdot 0.9)}{10} = 124.8 \text{ ton} \quad [1]$$

$$A_v = 4 \text{ Estribos de } \phi \frac{1}{2}'' = 5.08 \text{ cm}^2$$

$$d_v = \text{Peralte efectivo} = 0.9 \cdot 65 = 58.5 \text{ cm}$$

Por lo tanto se tiene:  $\phi V_n = 0.9 \cdot 125 = 112.5 \text{ ton} > V_u = 10.10 \text{ ton OK}$

De la evaluación de los pilotes P1 y P2 se concluye que ambos no necesitan ser reforzados ni por corte ni por flexo-compresión.

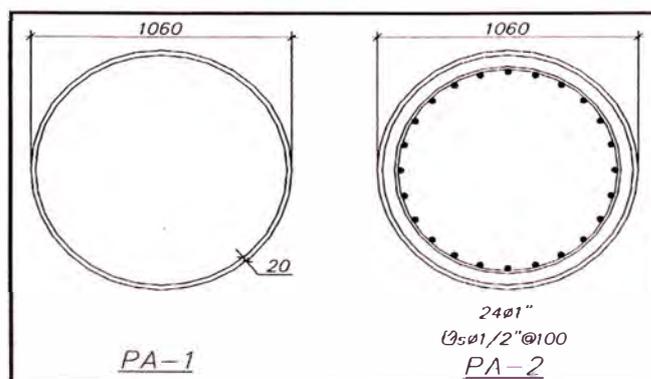
En el anexo H se muestra el diseño en SAP2000 verificando que los pilotes resisten satisfactoriamente su capacidad por flexo-compresión.

## 4.2 DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL MUELLE N°1

### 4.2.1 Diseño de Pilotes de Acero

Los pilotes de acero son del tipo ASTM 252 Grado 2:  $F_y = 2460 \text{ kg/cm}^2$  (35 ksi) y  $F_u = 4218 \text{ kg/cm}^2$  (60ksi), son aceros resistentes a la corrosión. En la figura N° 4.04 se muestra las secciones de pilotes del muelle ampliado.

Figura N° 4.04 Secciones de Pilotes PA-1 y PA-2



Fuente: Elaboración Propia

## a. Pilotes de Acero sin Relleno de Concreto (PA-1)

En el Capitulo 3.2.3 se obtuvieron las fuerzas de diseño de la combinación mas critica:

$$P_u = 313.3 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 158.5 \text{ ton-m}, M_{uy} = 21.0 \text{ ton-m}$$

$$V_{ux} = 14.1 \text{ ton}, V_{uy} = 1.56 \text{ ton}$$

Propiedades del Pilote: PA-1 1067 x 20 mm

$$\text{Área de la Sección: } A_p = (D \cdot t - t^2) \cdot \pi = 657.85 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momento de Inercia: } I = \pi \cdot [D^4 - (D - 2 \cdot t)^4] / 64 = 901754.605 \text{ cm}^4$$

$$\text{Radio de Giro: } r = \sqrt{I/A_p} = 37.024 \text{ cm}$$

$$\text{Modulo Plástico: } Z = [D^3 - (D - 2 \cdot t)^3] / 6 = 21926.847 \text{ cm}^3$$

- Resistencia Nominal a la Flexión ( $\phi M_n$ )

Dado que la sección del pilote es una sección circular, la resistencia nominal está controlada por su capacidad del pandeo local de la sección.

El AISC indica que una sección puede ser compacta o no compacta según:

$$\text{Sección Compacta} \quad \lambda < \lambda_p = 0.0714 \cdot E/F_y \quad [3]$$

$$\text{Sección No Compacta} \quad \lambda_p < \lambda < \lambda_r = 0.309 \cdot E/F_y \quad [3]$$

$$\text{Donde: } \lambda = D/t = 1067/20 = 53.35 < \lambda_p = 0.0714 \cdot 29000/35 = 59.16$$

La sección del pilote PA-1 es una sección compacta por lo tanto su resistencia nominal a la flexión es su capacidad de momento plástico.

$$\phi M_n = 0.9 \cdot Z \cdot F_y = 0.9 \cdot 21926.847 \cdot 2.461 = 485.66 \text{ ton-m}$$

$$\text{Por lo tanto: } M_u / \phi M_n = 158.5 / 485.6 = 0.33 < 1 \rightarrow \text{La PA-1 esta OK}$$

- Resistencia Nominal a la Compresión ( $\phi P_n$ )

La resistencia nominal a la compresión axial del pilote PA-1 depende de su relación de esbeltez, determinado por:

$$K \cdot L/r = \max \left[ (K \cdot L/r)_x; (K \cdot L/r)_y \right]$$

Donde

$K$  = Factor de longitud efectiva. De acuerdo a las condiciones de apoyo en los extremos del pilote PA-1 se tiene de la Figura 4.05 el valor de:  $K_x = K_y = 2.1$

$L$  (cm) = Longitud del pilote, cuyo valor es:  $L_x = L_y = 2400$  cm

$r$  (cm) = Radio de giro de la sección transversal del pilote:  $r_x = r_y = 37.024$  cm

Por lo tanto tenemos:  $K \cdot L/r = 2.1 \cdot 2400/37.024 = 136.1$

Figura N° 4.05 Factores de Longitud Efectiva

FACTORES DE LONGITUD EFECTIVA, K						
La geometría de la columna deformada por pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor teórico de K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor de K de diseño cuando la estructura se aproxima a las condiciones ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Referencia de las condiciones de vínculo de los extremos						
		Rotación impedida, traslación impedida				
		Rotación libre, traslación impedida				
		Rotación impedida, traslación libre				
		Rotación libre, traslación libre				

Fuente: AASHTO [1]

La resistencia nominal a la compresión del pilote se determina como sigue:

$$\phi P_n = \phi \cdot A_g \cdot F_{cr} \quad [3]$$

Donde

$$\phi = \text{Factor de reducción por compresión} = 0.85 \quad [3]$$

$$A_g = \text{Área de la sección transversal del pilote: } 657.85 \text{ cm}^2$$

$F_{cr}$  = Esfuerzo crítico de pandeo, cuyo valor depende de la siguiente expresión:

$$F_{cr} \begin{cases} (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y, & \lambda_c \leq 1.5 \\ \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] \cdot F_y, & \lambda_c > 1.5 \end{cases} \quad [3]$$

$F_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero del pilote ASTM A252 Grado 2 = 35 ksi

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{136.1}{\pi} \sqrt{\frac{35}{29000}} = 1.51 \quad [3]$$

Por lo tanto:  $F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{1.51^2} \right] \cdot 35 = 13.46$  ksi, es decir: 0.95 ton/cm<sup>2</sup>

La resistencia nominal a la compresión de la sección PA-1 es:

$$\phi \cdot P_n = 0.85 \cdot 657.85 \cdot 0.95 = 531 \text{ ton}$$

Por lo tanto:  $P_u/\phi P_n = 313/531 = 0.59 < 1.0 \rightarrow$  La PA-1 esta OK

- Resistencia a la Flexo-Compresión

El diseño por flexo-compresión, considera las siguientes ecuaciones:

$$\text{Si } P_u/\phi P_n = 313/531 = 0.59 > 0.2 \quad [3]$$

$$\text{Se debe cumplir: } \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{M_{UX}}{\phi \cdot M_n} + \frac{M_{UY}}{\phi \cdot M_n} \right) \leq 1.0 \quad [3]$$

$$\text{Verificando: } \frac{313}{531} + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{158.5}{485.6} + \frac{21.0}{485.6} \right) = 0.92 \leq 1.0$$

Por lo tanto la sección PA-1 resiste adecuadamente los esfuerzos de compresión y flexión. Ver diseño del PA-1 en SAP2000 en el anexo I.

- Resistencia al Corte

El diseño por corte está definido por la siguiente ecuación:

$$\phi V_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2} \quad [3]$$

Donde

$$\phi = \text{Factor de reducción nominal por corte} = 0.90 \quad [3]$$

$$A_g = \text{Área de la sección transversal del pilote} = 657.85 \text{ cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{0.78 \cdot E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0.6 F_y \quad [3]$$

$$\text{Reemplazando: } \frac{0.78 \cdot 29000}{(1067/20)^{1.5}} = 58 \text{ ksi} \leq 0.6 \cdot 35 = 21 \text{ ksi}$$

Se toma el valor:  $F_{cr} = 21 \text{ ksi}$ , es decir:  $1.476 \text{ ton/cm}^2$

Reemplazando:

$$\phi V_n = 0.9 \cdot 1.476 \cdot \frac{657.85}{2} = 437 \text{ ton}$$

Por lo tanto:  $\phi V_n = 437 \text{ ton} > V_u = 14.00 \text{ ton} \rightarrow$  La sección PA-1 esta OK

b. Pilotes de Acero con Relleno de Concreto (PA-2)

Los pilotes PA-2 son de sección compuesta, formados por el fuste metálico del PA-1 y por un relleno de concreto de  $F_c=350 \text{ kg/cm}^2$ , que está en todo su interior.

De las cargas obtenidas del modelo 3D, se observa que los mayores esfuerzos de diseño se presentan en la unión pilote-viga y debido a que el fuste metálico del pilote PA-2 no tiene suficiente longitud de desarrollo en el nudo, el diseño se enfocará en la resistencia de la sección de concreto interior del PA-2.

- Diseño por Flexo-Compresión

El relleno interior de concreto del PA-2 se comporta como una columna circular por lo tanto se verificará su resistencia a flexo-compresión.

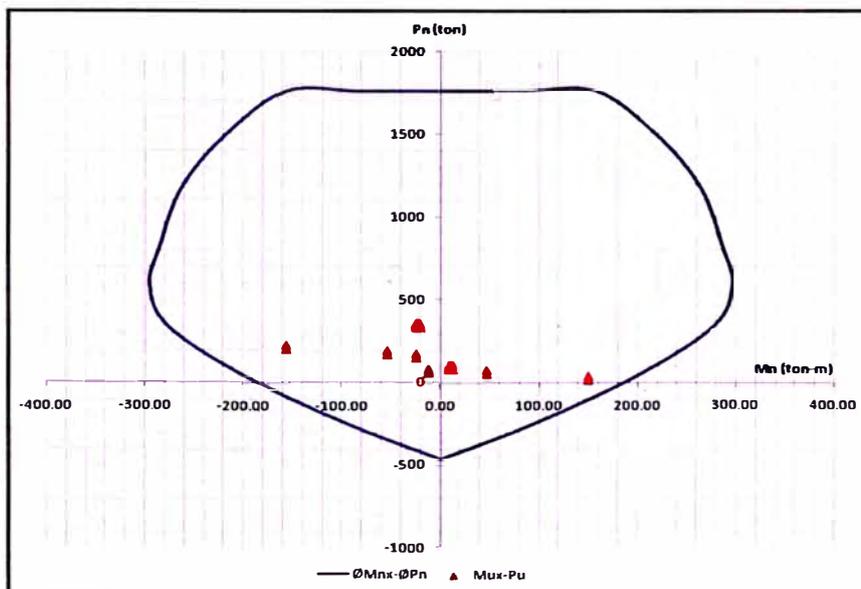
A continuación se muestra el diagrama de interacción de la PA-2 con 24 Ø 1".

Tabla N° 4.03 Cuadro de Combinaciones de PA-2

Comb	P	M2	M3	Comb	P	M2	M3
	Tonf	Tonf-m	Tonf-m		Tonf	Tonf-m	Tonf-m
REST-II-A	104.69	29.43	9.29	REST-V-D	80.50	29.42	12.12
REST-II-A	361.38	-29.43	-24.05	REST-V-D	337.19	-29.43	-21.22
REST-II-B	105.29	29.42	12.64	EXT-I-A	41.97	58.48	149.24
REST-II-B	361.97	-29.43	-20.70	EXT-I-A	228.30	-58.48	-156.65
REST-II-C	80.97	29.43	9.34	EXT-I-B	73.82	168.69	46.52
REST-II-C	337.65	-29.43	-24.00	EXT-I-B	196.46	-168.69	-53.94
REST-II-D	81.57	29.42	12.70	EXT-I-C	18.25	58.48	149.30
REST-II-D	338.25	-29.43	-20.64	EXT-I-C	204.58	-58.48	-156.59
REST-V-A	103.63	29.43	8.71	EXT-I-D	50.09	168.69	46.58
REST-V-A	360.31	-29.43	-24.63	EXT-I-D	172.73	-168.69	-53.88
REST-V-B	104.23	29.42	12.07	EXT-II-A	83.06	10.90	-12.15
REST-V-B	360.91	-29.43	-21.27	EXT-II-A	178.13	-10.90	-24.50
REST-V-C	79.91	29.43	8.77	EXT-II-B	59.34	10.90	-12.09
REST-V-C	336.59	-29.43	-24.57	EXT-II-B	154.40	-10.90	-24.44

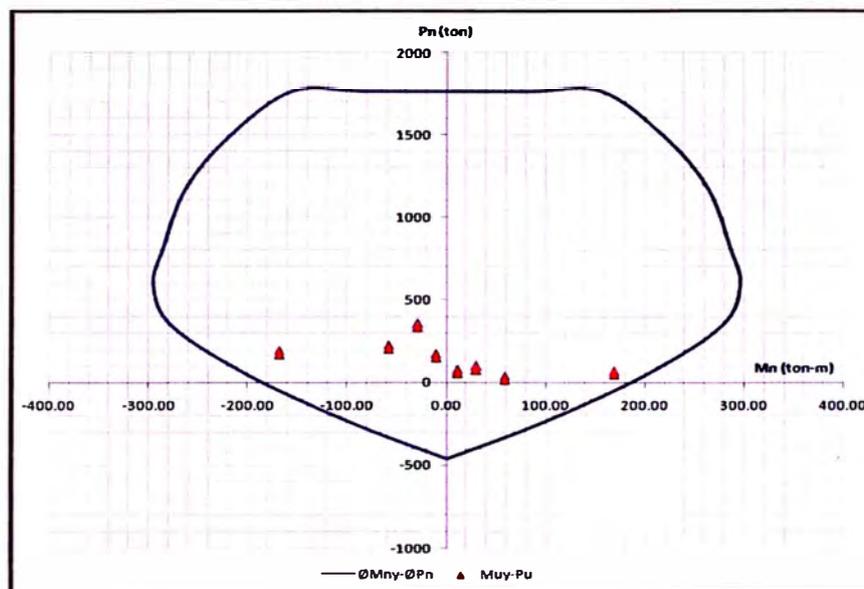
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura N° 4.06 Diagrama de Interacción ØMnx-ØPn



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 4.07 Diagrama de Interacción  $\phi M_{ny}-\phi P_n$



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 4.06 y 4.07, se observa que el pilote PA-2 cumple satisfactoriamente su resistencia por flexo-compresión en ambas direcciones al estar sujeto con las combinaciones de diseño de la Tabla 4.03

- Diseño por Corte

La resistencia por corte del pilote PA-2 se efectuó con el mayor esfuerzo cortante de todos los pilotes durante un evento sísmico.

La combinación:

$$0.90DC + 0.65DW + 1.00EL + 0.50(LL + LS) + 0.30EQ_x + 1.00EQ_y$$

Produce el mayor corte:  $V_u = 15 \text{ ton}$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_t + V_p) \quad [1]$$

Donde

$$\phi = \text{Factor de resistencia por corte} = 0.9 \quad [1]$$

$V_c = 0$ , por tener poca carga axial se considera que el aporte del concreto es nulo.

$$V_t = \frac{\pi}{2} \cdot A_{sp} \cdot f_{yh} \cdot (D_p - c_{ex} - c_o) \cdot (\cot \alpha_t) / s \quad [1]$$

$A_{sp}$  = Área de la sección transversal de la espiral de  $\phi 1/2''$ :  $1.27 \text{ cm}^2$

$F_{yh}$  = Esfuerzo de fluencia de la espiral:  $4200 \text{ kg/cm}^2$

$D_p$  = Diámetro de la sección de concreto interior: 102.7 cm

$c_{ex}$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al eje neutro del esfuerzo de flexión de la sección: 50 cm

$c_o$  = Recubrimiento de concreto: 5 cm

$\alpha_s$  = Ángulo entre la grieta crítica y el eje del pilote: 35° (asumido)

$s$  = Espaciamiento de la espiral: 10 cm

$$V_t = \frac{\pi}{2} \cdot 1.27 \cdot 4200 \cdot (102.7 - 50 - 5) \cdot (\cot 35^\circ) / 10 = 57.1 \text{ ton}$$

$V_p$  = Contribución del esfuerzo cortante de la carga axial, se considera despreciable

Por lo tanto tenemos:  $\phi \cdot V_n = 0.85 \cdot (57.1 + 0 + 0) = 48.5 \text{ ton} > V_u = 15 \text{ ton}$

- Longitud de Desarrollo de la Conexión

El anclaje de las varillas de acero del relleno de concreto del pilote PA-2, se debe hacer con ganchos y se debe considerar los refuerzos en espiral para transmitir los esfuerzos de las varillas del pilote al concreto por fricción cortante.

La longitud mínima de desarrollo en el concreto es:

$$l_{emin} = 0.79 \cdot d_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \quad [1]$$

Donde

$d_b$  (in) = Diámetro de las varillas longitudinales = 1"

$f_y$  (ksi) = Esfuerzo de fluencia del acero = 60 ksi

$f_c$  (ksi) = Resistencia a la compresión del concreto = 5 ksi

Por lo tanto:  $l_{min} = 0.79 \cdot 1 \cdot \frac{60}{\sqrt{5}} = 21.2 \text{ in} = 54 \text{ cm}$

La longitud de hincado considerada será de 80 cm.

Considerando que la losa de la plataforma proporciona el confinamiento suficiente para el anclaje, un ratio volumétrico transversal mínimo es proporcionado de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$\rho_{s,min} = \frac{0.11 \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad [1]$$

Por lo tanto:  $\rho_{min} = 0.11 \cdot \frac{\sqrt{5}}{60} = 0.0041$

Verificando:  $\rho_s = 4 \cdot \frac{A_{sp}}{D' \cdot s} = 4 \cdot \frac{1.27}{92.7 \cdot 10} = 0.0055$

Por lo tanto se verifica que la armadura en la zona de la conexión es la adecuada. Ver planos estructurales en anexo A.

#### 4.2.2 Diseño de Vigas Transversales (120x120)

Las vigas transversales forman pórticos resistentes con los pilotes de acero. Del Capítulo 3.2.3 se tienen las envolventes de todas las combinaciones de diseño y son las siguientes:

$M_U^+ = 140 \text{ ton-m}$ ,  $M_U^- = 137 \text{ ton-m}$ ,  $V_u = 58.5 \text{ ton}$

- Diseño por Flexión

El acero mínimo por flexión:  $A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{F'_c}}{F_y} \cdot b \cdot d$  [2]

Donde

$b \text{ (cm)} = \text{Ancho de viga} = 120 \text{ cm}$

$d \text{ (cm)} = \text{Peralte Efectivo de viga} = 120 - 7.5 = 112.5 \text{ cm}$

Reemplazando:  $A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{350}}{4200} \cdot 120 \cdot 112.5 = 48.1 \text{ cm}^2$

A continuación en la tabla N° 4.04 se presenta el diseño por flexión de las vigas transversales con un acero de  $A_s = 50.7 \text{ cm}^2$  ( 10Ø1")

Tabla N° 4.04 Diseño por Flexión de Viga Transversal 120 x 120

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN EN VIGA TRANSVERSAL TÍPICA											
ID	b	h	d'	d	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	A <sub>s</sub>	Φf	ΦM <sub>n</sub>	M <sub>u</sub>	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	-	t-m	t-m	-
M+	120	120	7.5	112.5	350	4200	50.7	0.9	209.9	140.0	0.67
M-	120	120	7.5	112.5	350	4200	50.7	0.9	-209.9	-137.0	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Donde

$b \text{ (cm)} = \text{Ancho de viga} = 120 \text{ cm}$

$h \text{ (cm)} = \text{Peralte de viga} = 120 \text{ cm}$

$d' \text{ (cm)} = \text{Recubrimiento de viga} = 7.5 \text{ cm}$  [2]

$d \text{ (cm)} = \text{Peralte Efectivo de viga} = 120 - 7.5 = 112.5 \text{ cm}$

$A_S$  (cm<sup>2</sup>) = Área total de varillas longitudinales =  $10\emptyset 1'' = 50.7$  cm<sup>2</sup>

$\emptyset$  = Factor de reducción por flexión = 0.9 [2]

$$\emptyset \cdot M_n = \emptyset \cdot A_S \cdot F_y \cdot \left( d - \frac{A_S \cdot F_y}{0.85 \cdot F_c \cdot b} \cdot \frac{1}{2} \right)$$

De la Tabla 4.04, se observa  $D/C = 0.67 < 1.0$  OK

Se cumple:  $A_S > A_{smin}$  OK

- Diseño por Corte

El máximo cortante de Diseño es:  $V_u = 58.5$  ton

A continuación en la tabla N° 4.05 se presenta el diseño de la viga transversal por corte, con un acero de  $A_v = 2.54$  cm<sup>2</sup> (1Estribo  $\emptyset 1/2''$ )

Tabla N° 4.05 Diseño por Corte de Viga Transversal 120 x 120

VERIFICACIÓN POR CORTE EN VIGA TRANSVERSAL TÍPICA														
ID	b	h	d'	d	$f_c$	$f_y$	$A_v$	s	$\emptyset_c$	$\emptyset V_c$	$\emptyset V_s$	$\emptyset V_n$	$V_u$	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	-	t	t	t	t	-
V	120	120	7.5	112.5	350	4200	2.5	15	0.85	113.8	68.0	181.8	58.5	0.32

Fuente: Elaboración Propia

Donde

$A_v$  (cm<sup>2</sup>) = Área de acero de estribo = 2 Estribos  $\emptyset 1/2'' = 2.54$  cm<sup>2</sup>

s (cm) = Espaciamiento de estribos = 15 cm

$\emptyset$  = Factor de reducción por corte = 0.85 [2]

$$\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot 0.53 \cdot \sqrt{F'_c} \cdot b \cdot d$$
 [2]

$$\emptyset V_s = \emptyset \cdot A_v \cdot d \cdot F_y / s$$
 [2]

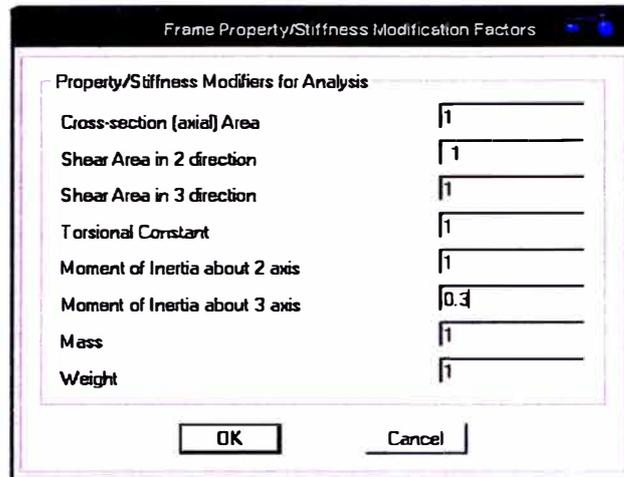
De la Tabla 4.05, se observa  $D/C = 0.32 < 1.0$  OK

- Verificación de Deflexiones en Viga Transversal

La verificación de las deflexiones en todas las vigas de concreto se realiza con las inercias agrietadas ( $I_{cr}$ ). Una estimación aproximada de la inercia agrietada es asumir que es el 30% de la inercia bruta ( $I_g$ ).

En la figura N° 4.08 se observa que la sección de la viga se modifica su inercia bruta en 0.30 para obtener una inercia agrietada de la sección.

Figura N° 4.08 Modificación de Inercia de la sección Viga



Fuente: SAP2000 V14.1

A continuación en la tabla N° 4.06 se controla la deflexión de la viga de concreto

Tabla N° 4.06 Verificación de Deflexiones en Viga Transversal

VERIFICACIÓN DE DEFLEXIONES EN VIGA TRANSVERSAL TÍPICA									
ID	b	h	L	f <sub>c</sub>	Δ <sub>DC+DW</sub>	Δ <sub>LL</sub>	Δ <sub>TOTAL</sub>	Δ <sub>ADM</sub>	VERIF.
	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	cm	-
Δ	120	120	500.0	350	0.004	0.005	0.01	1.04	OK

Fuente: Elaboración Propia

Donde

Δ<sub>DC+DW</sub> (cm) = Deformación por carga muerta y carga de pavimento = 0.004 cm

Δ<sub>LL</sub> (cm) = Deformación solo por carga viva = 0.005 cm

Δ<sub>ADM</sub> < L/480 = 1.04 cm [2]

De la Tabla 4.06 se observa Δ<sub>TOTAL</sub> = 0.01 < Δ<sub>ADM</sub> OK

Ver sección armada de viga en figura N° 4.09.

#### 4.2.3 Diseño de Vigas Carril Longitudinal (120x120)

Las vigas carril son aquellas que toman directamente las cargas móviles de la grúa pórtico. Del Capítulo 3.2.3 se tienen las envolventes de todas las combinaciones de diseño y son las siguientes:

M<sub>U</sub><sup>+</sup> = 83.6 ton-m, M<sub>U</sub><sup>-</sup> = 207.7 ton-m, Vu = 172.2 ton

- Diseño por Flexión

El acero mínimo por flexión:  $A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{F'_c}}{F_y} \cdot b \cdot d$  [2]

Reemplazando:  $A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{350}}{4200} \cdot 120 \cdot 112.5 = 48.1 \text{ cm}^2$

A continuación en la tabla N° 4.07 se presenta el diseño por flexión de las vigas carril con un acero de  $A_s^+ = 50.7 \text{ cm}^2$  ( 10Ø1") y  $A_s^- = 60.8 \text{ cm}^2$  ( 12Ø1")

Tabla N° 4.07 Diseño por Flexión de Viga Carril 120 x 120

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN EN VIGA CARRIL TÍPICA											
ID	b	h	d'	d	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	A <sub>s</sub>	Φ <sub>f</sub>	Φ <sub>Mn</sub>	M <sub>u</sub>	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	-	t-m	t-m	-
M+	120	120	7.5	112.5	350	4200	50.7	0.9	209.9	83.6	0.40
M-	120	120	7.5	112.5	350	4200	60.8	0.9	-250.5	-207.7	0.83

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.07, se observa  $D/C = 0.83 < 1.0$  OK

Se cumple:  $(A_s^+, A_s^-) > A_{smin}$  OK

- Diseño por Corte

El máximo cortante de Diseño es:  $V_u = 172.2$  ton

A continuación en la tabla N° 4.08 se presenta el diseño de la viga transversal por corte, con un acero de  $A_v = 2.54 \text{ cm}^2$  (1Estribo Ø1/2")

Tabla N° 4.08 Diseño por Corte de Viga Carril 120 x 120

VERIFICACIÓN POR CORTE EN VIGA CARRIL TÍPICA														
ID	b	h	d'	d	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	A <sub>v</sub>	s	Φ <sub>c</sub>	Φ <sub>Vc</sub>	Φ <sub>Vs</sub>	Φ <sub>Vn</sub>	V <sub>u</sub>	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	-	t	t	t	t	-
V	120	120	7.5	112.5	350	4200	2.5	10	0.85	113.8	102.0	215.8	172.2	0.80

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.08, se observa  $D/C = 0.80 < 1.0$  OK

- Verificación de Deflexiones en Viga Carril

En la definición de la sección de viga se modifica su inercia bruta en 0.30 para obtener una inercia agrietada de la sección. Ver figura 4.08.

A continuación en la tabla N° 4.09 se controla la deflexión de la viga de concreto

Tabla N° 4.09 Verificación de Deflexiones en Viga Carril

VERIFICACIÓN DE DEFLEXIONES EN VIGA CARRIL TÍPICA									
ID	b	h	L	f <sub>c</sub>	Δ <sub>DC+DW</sub>	Δ <sub>LL</sub>	Δ <sub>TOTAL</sub>	Δ <sub>ADM</sub>	VERIF.
	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	cm	-
Δ	120	120	650.0	350	0.021	0.02	0.04	1.35	OK

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.09 se observa  $\Delta_{TOTAL} = 0.04 < \Delta_{ADM}$  OK

Ver sección armada de viga en figura N° 4.09.

#### 4.2.4 Diseño de Vigas Longitudinales (60x80)

Las vigas longitudinales son aquellas que forman pórticos con los pilotes de acero. Del Capítulo 3.2.3 se tienen las envolventes de todas las combinaciones de diseño y son las siguientes:

$$M_U^+ = 65.8 \text{ ton-m}, M_U^- = 78.6 \text{ ton-m}, V_u = 55.6 \text{ ton}$$

- Diseño por Flexión

$$\text{El acero mínimo por flexión: } A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{F_c'}}{F_y} \cdot b \cdot d \quad [2]$$

$$\text{Reemplazando: } A_{smin} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{350}}{4200} \cdot 60 \cdot 72.5 = 15.5 \text{ cm}^2$$

A continuación en la tabla N° 4.10 se presenta el diseño por flexión de las vigas longitudinales con un acero de  $A_S^+ = 30.4 \text{ cm}^2$  (6Ø1") y  $A_S^- = 40.6 \text{ cm}^2$  (8Ø1")

Tabla N° 4.10 Diseño por Flexión de Viga Longitudinal 60 x 80

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN EN VIGA LONGITUDINAL TÍPICA											
ID	b	h	d'	d	f <sub>c</sub>	f <sub>y</sub>	A <sub>s</sub>	Φf	ΦM <sub>n</sub>	M <sub>u</sub>	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	-	t-m	t-m	-
M+	60	80	7.5	72.5	350	4200	30.4	0.9	79.3	65.8	0.83
M-	60	80	7.5	72.5	350	4200	40.6	0.9	-103.8	-78.6	0.76

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.10, se observa  $D/C = 0.83 < 1.0$  OK

Se cumple:  $(A_S^+, A_S^-) > A_{smin}$  OK

- Diseño por Corte

El máximo cortante de Diseño es:  $V_u = 55.6 \text{ ton}$

A continuación en la tabla N° 4.11 se presenta el diseño de la viga longitudinal por corte, con un acero de  $A_v = 2.54 \text{ cm}^2$  (1Estribo  $\varnothing 1/2''$ )

Tabla N° 4.11 Diseño por Corte de Viga Longitudinal 60 x 80

VERIFICACIÓN POR CORTE EN VIGA LONGITUDINAL TÍPICA														
ID	b	h	d'	d	$f_c$	$f_y$	$A_v$	s	$\Phi_c$	$\Phi_{Vc}$	$\Phi_{Vs}$	$\Phi_{Vn}$	$V_u$	D/C
	cm	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	-	t	t	t	t	-
V	60	80	7.5	72.5	350	4200	2.5	15	0.85	36.7	43.8	80.5	55.6	0.69

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.11, se observa  $D/C = 0.69 < 1.0$  OK

- Verificación de Deflexiones en Viga Carril

En la definición de la sección de viga se modifica su inercia bruta en 0.30 para obtener una inercia agrietada de la sección. Ver figura 4.08

A continuación en la tabla N° 4.12 se controla la deflexión de la viga de concreto

Tabla N° 4.12 Verificación de Deflexiones en Viga Longitudinal

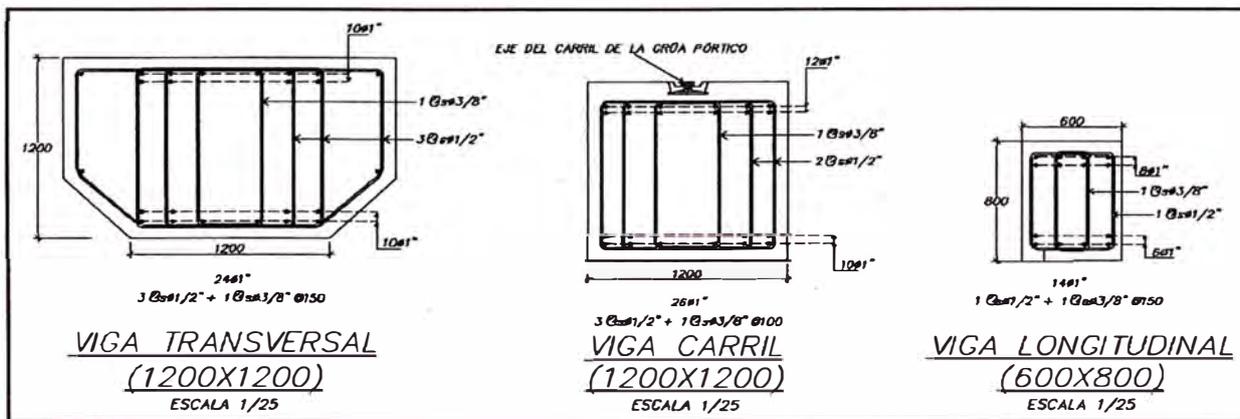
VERIFICACIÓN DE DEFLEXIONES EN VIGA LONGITUDINAL TÍPICA									
ID	b	h	L	$f_c$	$\Delta_{DC+DW}$	$\Delta_{LL}$	$\Delta_{TOTAL}$	$\Delta_{ADM}$	VERIF.
	cm	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	cm	-
$\Delta$	60	80	650.0	350	0.035	0.083	0.12	1.35	OK

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 4.12 se observa  $\Delta_{TOTAL} = 0.083 < \Delta_{ADM}$  OK

Ver sección armada de viga en figura N° 4.09

Figura N° 4.09 Secciones de Armaduras de Vigas



Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO V**

### **ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO**

#### **5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA**

##### **5.1.1 Nombre del Proyecto**

**“Evaluación, Reforzamiento, Ampliación y Expediente Técnico del Muelle N° 1  
con Pilotes de Acero en el Puerto de Salaverry”**

##### **5.1.2 Antecedentes**

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo Portuario se planea convertir al puerto de Salaverry en un terminal portuario de embarque y desembarque de contenedores.

##### **5.1.3 Objetivo**

El objetivo principal del proyecto consiste en contar con un muelle con la infraestructura adecuada para las distintas operaciones de embarque y desembarque de contenedores. Por tal razón se ha considerado necesario realizar la ejecución de ampliar la infraestructura actual del muelle N° 1, esta ejecución involucra el reforzamiento de la parte existente y el diseño de la parte nueva.

##### **5.1.4 Descripción del Proyecto**

El proyecto está conformado por dos partes:

La evaluación y reforzamiento del actual muelle existente N° 1

El análisis y diseño de la ampliación nueva del muelle N° 1

El proyecto final es un muelle ampliado, con estructura nueva y existente, de 340 m de largo por 53 m de ancho, con capacidad estructural suficiente para el atraque de naves portacontenedores y operaciones de embarque y desembarque de contenedores (funcionamiento de grúas pórtico y terminal truck).

## 5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 5.2.1 Generalidades

#### a. Consideraciones Generales

Estas especificaciones técnicas tienen como finalidad ofrecer una descripción de los trabajos a ejecutar conjuntamente con los materiales a utilizar.

#### b. Normas Técnicas Adoptarse en la Construcción

La construcción de la obra, se efectuará de conformidad con las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Normas Técnicas Nacionales NTN, producidas por INDECOPI
- Normas Peruanas de Concreto
- Normas A.C.I (American Concrete Institute)
- Normas A.S. T .M. (American Society for testing and Materials)
- Manual of Steel Construction (AISC)
- Otras equivalentes aprobadas por la Entidad Licitante.

Se entiende que tanto los Reglamentos y Normas son las que están en vigencia, y/o son de la última edición.

#### c. Materiales

La calidad de los materiales, su modo de utilización y las condiciones de ejecución de los diversos ensayos son en conformidad con la última edición de las normas siguientes:

- Normas A.S.T.M. (American Society for testing and Materials)
- Normas AASHTO (American Association of State Highway and transportation Officials)
- ACI (American Concrete Institute)
- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones)
- Otras normas oficiales cuyas características pueden ser consideradas como equivalentes o similares a las precedentes.

### 5.2.2 Obras Preliminares

#### a. Movilización y Desmovilización

- Descripción

El Contratista dentro de esta partida, deberá considerar todo el trabajo de suministrar, transportar y administrar su organización constructiva completa al lugar de la obra, incluyendo personal, equipo mecánico, materiales y todo lo

necesario para el proceso constructivo, de manera de lograr el cumplimiento del cronograma de avance.

- Medición

La unidad de medición de esta partida será por (und).

b. Limpieza Durante la Obra

- Descripción

El Contratista cuidará de mantener la obra y las áreas fuera de ésta libre de desmonte y material que puedan causar molestias a la operación de los equipos manipuladores de contenedores y otros que transitan por el muelle.

- Medición

La unidad de medición de esta partida será por mes.

c. Trazos y Replanteos

- Descripción

La ejecución de estos trabajos deberá realizarse exclusivamente con equipos topográficos, garantizando de esta manera que los niveles sean los indicados en el Proyecto.

- Medición

La unidad de medición de esta partida será el mes.

### 5.2.3 Obras Provisionales

a. Oficinas para el Contratista

- Descripción

Esta partida corresponde a los trabajos que deberá hacer el Contratista para instalar una oficina de un área mínima de 40 m<sup>2</sup>, con la finalidad de facilitar comodidad y eficiencia al personal profesional y técnico que estará vinculado directamente con la obra.

- Medición

Este trabajo será pagado por mes de suministro, previa evaluación que realice y apruebe la Supervisión.

b. Oficinas para el Supervisor

- Descripción

Esta partida corresponde a los trabajos que deberá hacer el Contratista para instalar una oficina destinada a la Supervisión sobre un área mínima de 20 m<sup>2</sup> con la finalidad de facilitar comodidad y eficiencia al personal profesional y técnico que estará vinculado directamente con la obra.

- **Medición**

Este trabajo será pagado por mes de suministro, previa evaluación que realice y apruebe la Supervisión.

**c. Almacenes y Depósitos**

- **Descripción**

Esta partida corresponde a los trabajos que deberá hacer el Contratista para instalar los almacenes y depósitos sobre un área mínima de 150 m<sup>2</sup>, con la finalidad de almacenar los materiales y equipos menores que serán utilizados durante la ejecución de la obra.

- **Medición**

Este trabajo será pagado por m<sup>2</sup>, previa evaluación que realice y apruebe la Supervisión.

**d. Cerco Perimetral de Obra**

- **Descripción**

El cerco estará conformado, paneles prefabricados de madera, metálicos, planchas de fibra o combinación de estos materiales. Este cerco limitará la zona de trabajo del Contratista con la zona de tráfico de las operaciones portuarias del muelle.

- **Medición**

La unidad de medición de esta partida será el metro lineal (m).

**e. Señalización y Seguridad en Obra**

- **Descripción**

El Contratista colocará señalizaciones de seguridad diurna y nocturna que advierta al personal y/o vehículos que llegan a transitar por la zona.

- **Medición**

La unidad de medición de esta partida será por mes (m)

#### 5.2.4 Inspección Detallada de Daños en Pilotes

##### a. Limpieza de Superficies

- Limpieza de Superficies en pilotes de concreto sobre y bajo agua

El Contratista efectuará la limpieza de la superficie de todos los pilotes del muelle N° 1. La Inspección detallada deberá efectuarse lo más pronto posible para impedir que el medio ambiente marino contamine la superficie de los pilotes. No se permitirá la inspección de los elementos que no presenten sus superficies completamente limpias.

- Medición

La unidad de medición de estas partidas es la siguiente:

- Limpieza de superficies en pilotes de concreto sobre agua (Und)
- Limpieza de superficies en pilotes de concreto bajo agua (Und)

##### b. Inspección de Daños

- Inspección de daños de pilotes de concreto sobre y bajo agua

El Contratista delimitará, medirá y marcará en el sitio, todas las áreas que necesitan reparación indicando el tipo de ésta. También deberá presentar un informe escrito de la Inspección, debidamente detallado y sustentado de los daños encontrados, conteniendo los dibujos necesarios, donde se indique la ubicación, tipo y dimensiones de cada uno de los defectos a ser reparados, así como la reparación efectuada.

- Medición

La unidad de medición de estas partidas es la siguiente:

- Limpieza de superficies en pilotes de concreto sobre agua (Und)
- Limpieza de superficies en pilotes de concreto bajo agua (Und)

##### c. Plataforma de Trabajo bajo el muelle

- Descripción

El Contratista deberá proveer una plataforma de trabajo para recorrer por debajo del tablero del Muelle y en forma segura de modo que se puedan llevar a cabo todos los trabajos indicados en el proyecto y para que el Supervisor de Obra pueda hacer las inspecciones necesarias.

- Medición

Este trabajo será medido por unidad (und).

## 5.2.5 Construcción de la Ampliación Nueva del Muelle N° 1

### a. Pilotaje

Esta partida se refiere a la recepción, control, fabricación, protección, manipuleo e hincas de pilotes tubulares de acero recubiertos con forro de polietileno.

#### i. Pilotes de Acero D=106.7 cm por E=2.0 cm

- Materiales, Normas y Pruebas

Los pilotes de acero serán de tubo de acero estructural, ASTM A252, grado 2, sin costura o con costura longitudinal del diámetro exterior y espesor de paredes mostrados en los planos, de espesor que vendrá colocado de fábrica dejando 15 cm libres en cada extremo.

- Medición

La unidad de medida será la (und).

#### ii. Habilitación de Pilotes

- Largo, Lista de Pilotes, Soldadura y Protección de Emplames

Se procederá a la fabricación de los pilotes tomando en cuenta las longitudes de empotramiento, número total de pilotes requeridos, la soldadura deberá desarrollar la capacidad total de la sección y los empalmes serán revestidos con partes tubulares con masilla epóxica.

- Medición

La unidad de medida será la (und).

#### iii. Transporte y Manipuleo de Pilotes

- Manipuleo, Transporte y Almacenaje

Los pilotes serán izados, transportados, colocados en sitio, hincados, mediante equipos y métodos que deberán ser definidos por el Contratista.

- Medición

La unidad de medida será la (ton).

#### iv. Hincas de Pilotes

- Hincados de Pilotes

Los pilotes serán hincados en las ubicaciones indicadas en los planos y en concordancia con el programa aprobado.

El proceso de hincas continuará hasta lograr el rechazo que determine la carga de servicio indicada en los planos en función del martillo que se use, la fórmula dinámica correspondiente al martillo que se use y a la prueba de carga efectuada, aprobada por la Supervisión. Cada uno de los pilotes deberá ser hincado sin interrupción desde el primer golpe del martillo hasta obtener un

rechazo aprobado y alcanzar la profundidad mínima especificada, cualquier cosa contraria a este requisito será permitida únicamente por causas imprevistas y previa autorización de la Supervisión.

v. Prueba de Carga

- Prueba de Carga Axial, Servicio y Control

Antes del hincado general de los pilotes el Contratista debe llevar a cabo una prueba de carga axial, en conformidad con lo especificado en la norma ASTM D-1143 2 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA RELACIÓN CARGA – ASENTAMIENTO DE PILOTES INDIVIDUALES BAJA CARGA VERTICAL AXIAL”. La carga se obtendrá mediante peso aplicado a un pilote de 20” de diámetro exterior y 5/8” de pared, y mediante una gata hidráulica calibrada, colocada entre la cabeza del pilote y la carga. La carga total será de 350 toneladas y se aplicará en incrementos según especifica la norma mencionada. Las pruebas se realizarán sobre pilotes de los muelles ubicados por el Contratista en su posición definitiva.

- Medición

La unidad de medida será la (und).

vi. Protección de Pilotes

- Descripción

Consiste en la aplicación de una masilla epóxica del tipo Colmadur o similar aprobado, en la superficie exterior del pilote comprendida desde el fondo de viga por encima y 2.0 m por debajo del MLWS.

- Medición

La unidad de medida será la (und).

b. Obras de Concreto Armado

Esta partida se refiere al concreto, usando como material estructural, norma su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y evaluación mediante pruebas de resistencia. El Contratista se ceñirá estrictamente a la norma ACI 301 y en las normas pertinentes indicadas en el 5.2.1

i. Concreto

- Producción de Concreto

La dosificación, mezclado de componentes, transporte y colocación, se ceñirán a la norma ACI-304. Cuando el concreto se coloque con bomba o faja transportadora, aplicarán adicionalmente las normas ACI-304.2R o ACI-304.4R

Cuando el concreto provisto a la obra sea premezclado aplicará adicionalmente la norma ASTM C94.

- Dosificación del Concreto

Previamente a la producción de concreto para la fabricación o construcción de elementos definitivos, el Contratista someterá a la aprobación de la Supervisión, la dosificación de cada clase de concreto. Para tal efecto deberá presentar la información siguiente:

- ✓ Calidad de cementos
- ✓ Granulometría de los agregados
- ✓ Proporciones de la mezcla
- ✓ Resultado de pruebas de testigos

La mezcla de cada clase de concreto deberá ser avalada por lo menos por seis testigos probados a la misma edad, obtenidos de mezclas de pruebas con los materiales que se propone usar.

- Transporte y Colocación

El Contratista someterá a la aprobación de la Supervisión los métodos y medios que propone usar para el transporte y colocación del concreto. El concreto a ser usado en la obra, en ningún caso tendrá más de 30 minutos entre su preparación y colocación.

- Compactación

La compactación del concreto se ceñirá a la norma ACI-309.

El tipo de vibrador a utilizarse para los diferentes llenados y clases de concreto por compactar, será sometido a la aprobación de la Supervisión, quien podrá exigir vibradores de diámetro y características específicas y condicionar o limitar el ritmo de colocación del concreto en función del equipo con que cuente el Contratista.

- Curado

En general el concreto será curado por vía húmeda. El curado deberá iniciarse tan pronto como sea posible sin dañar la superficie y prolongarse ininterrumpidamente por un mínimo de siete días.

ii. Acero  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Toda la armadura deberá ser cortada a la medida y fabricada estrictamente como se indica en los detalles y dimensiones mostrados en los planos del proyecto.

La tolerancia de fabricación en cualquier dimensión será  $\pm 1 \text{ cm}$ .

Antes de su instalación el acero se limpiará, quitándole las escamas de laminado, escamas de óxido y cualquier sustancia extraña.

En las obras marinas, en todos los casos en que el refuerzo haya sido contaminado con agua salada, se efectuará una limpieza cuidadosa con agua limpia inmediatamente antes de llenar el concreto. La oxidación superficial es aceptable no requiriendo limpieza.

- **Enderezamiento y Doblado**

Las barras no deberán enderezarse no volverse a doblar en forma tal que el material sea dañado.

No se usarán las barras con ondulaciones o dobleces no mostrados en los planos, o las que tengan fisura o roturas.

- **Colocación**

La fabricación y colocación de armadura será realizada en estricto acuerdo con los planos y en concordancia con las normas ACI-301 y ACI-318, las que especifican además tolerancias.

Ella se asegurará contra cualquier desplazamiento, por medio de amarres de alambre ubicados en las intersecciones o mediante barras de refuerzo auxiliares.

El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de espaciadores de concreto tipo anillo u otra forma que presente un área mínima de contacto con el encofrado.

- **Empalmes**

Los empalmes críticos y los empalmes de elementos no estructurales se muestran en los planos.

Para otros empalmes usar las condiciones indicadas en Empalmes de Armadura del plano de especificaciones.

### 5.3 METRADOS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA AMPLIACIÓN DEL MUELLE N° 1

En la tabla 5.01 se muestra el metrado de obras preliminares, obras provisionales, inspección de daños de pilotes y construcción de la nueva ampliación. Ver precios unitarios de cada partida en el anexo J.

Tabla N° 5.01 Planilla de Metrado de las Principales Actividades durante la Construcción de la Nueva Ampliación

Descripción	Un	Generales	Ampliación Nueva del Muelle N° 1								
			cant	largo	ancho	alto	parcial	# Pilotes	# vigas	Area de Losa	Total
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>											
Movilización y desmovilización	und	1									1
Limpieza durante la obra	mes	12									12
Trazos y replanteos	mes	12									12
											0
<b>OBRAS PROVISIONALES</b>											
Oficina para el contratista	mes	12									12
Oficina para el supervisor	mes	12									12
Almacenes y depósitos	m2	150									150
Cerco perimetral de obra	m	150									150
Señalización y seguridad de obra	mes	12									12
											0
<b>INSPECCION DETALLADA DE DAÑOS</b>											
Limpieza de superficies											0
Limpieza de pilotes de concreto bajo y sobre agua	und		276								276
<b>Inspección de Daños</b>											
Inspección de Daños de pilotes de concreto sobre y bajo agua	und		276								276
Plataforma de trabajo bajo muelle	und	2									2
											0
<b>CONSTRUCCION DE LA AMPLIACION NUEVA</b>											
<b>PILOTAJE</b>											
Pilote de acero de d=106.7cm; e=2.0cm	und		1						432		432
Habilitación de pilotes de acero	und		1						432		432
Transporte y manipuleo de pilotes	und		1	4.21					432		1818.72
Hinca de pilotes	und		1						432		432
Pruebas de carga	und		3						1		3
Protección de pilotes	und		1						432		432
											0
<b>CONCRETO EN UN PILOTE de 106.7cm e=2.0cm h=5mt</b>											
Concreto f'c=350kg/cm2 area de pilote A= 0.828m2	m3		1		0.828	4.55	3.77		432		1627.5
Acero Longitudinal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		32		5.07	460	585.8		432		253054.4
Acero Transversal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		46		1.27	303.8	139.3		432		60179.3
											0.0
<b>CONCRETO EN LOSA de 1mx1m</b>											
Concreto f'c=350kg/cm2 con cemento tipo V	m3		1	1	1	0.3	0.3			12395	3718.5
Acero Longitudinal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		2		5.4	100	8.48			12395	105071.4
Acero Transversal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg										0.0
											0.0
<b>CONCRETO EN UNA VIGA TRANSVERSAL</b>											
Concreto f'c=350kg/cm2 con cemento tipo V	m3		1	5	1.2	1.2	7.2			360	2592.0
Acero Longitudinal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		20		5.07	500	397.94			360	143259.9
Acero Transversal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		27		1.27	420	113.04			360	40634.3
											0.0
<b>CONCRETO EN UNA VIGA CARRIL</b>											
Concreto f'c=350kg/cm2 con cemento tipo V	m3		1	6.5	1.2	1.2	9.36			104.6	979.1
Acero Longitudinal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		22		5.07	650	569.06			104.6	59523.7
Acero Transversal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		56		1.27	420	234.45			104.6	24523.8
											0.0
<b>CONCRETO EN UNA VIGA LONGITUDINAL</b>											
Concreto f'c=350kg/cm2 con cemento tipo V	m3		1	6.5	0.6	0.8	3.12			315.4	984.0
Acero Longitudinal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		14		5.07	650	362.13			315.4	114215.6
Acero Transversal de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg		37		1.27	220	81.14			315.4	25592.0

## 5.4 PRESUPUESTO DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA AMPLIACION DEL MUELLE N°1

En la tabla 5.02 se muestra el presupuesto estimado para la construcción de la ampliación nueva del muelle N° 1.

Tabla N° 5.02 Presupuesto Total de la Construcción de la Ampliación Nueva del Muelle N° 1

Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Parcial (S/.)
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					<b>132.760.19</b>
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	und	1.00	18.178.43	18.178.43	
LIMPIEZA DURANTE LA OBRA	mes	12.00	2.788.94	33.467.28	
TRAZOS Y REPLANTEOS	mes	12.00	6.759.54	81.114.48	
<b>OBRAS PROVISIONIALES</b>					<b>54.695.70</b>
OFICINA PARA EL CONTRATISTA	mes	12.00	87.71	1.052.52	
OFICINAS PARA SUPERVISOR	mes	12.00	87.99	1.055.88	
ALMACENES Y DEPOSITOS	m2	150.00	113.79	17.068.50	
CERCO PERIMETRAL DE OBRA	m	150.00	68.64	10.296.00	
SEÑALIZACION Y SEGURIDAD DE OBRA	mes	12.00	2.101.90	25.222.80	
<b>INSPECCION DETALLADA DE DAÑOS EN PILOTES</b>					<b>-46.310.24</b>
LIMPIEZA DE SUPERFICIES				34.519.32	
LIMPIEZA DE SUPERFICIES EN PILOTES DE CONCRETO SOBRE AGUA	und	276.00	125.07	34.519.32	
INSPECCION DE DAÑOS				11.790.92	
INSPECCION DE DAÑOS DE PILOTES DE ACERO SOBRE AGUA	und	276.00	20.87	5.760.12	
PLATAFORMA DE TRABAJO BAJO EL MUELLE	und	2.00	3.015.40	6.030.80	
<b>CONSTRUCCION DE LA AMPLIACION NUEVA</b>					<b>18.042.901.57</b>
PILOTAJE				10.666.859.63	
PILOTES DE ACERO DE D=106.7 cm E =2.0cm	und	432.00	18.000.00	7.776.000.00	
HABILITACION DE PILOTES DE ACERO	und	432.00	155.76	67.288.32	
TRANSPORTE Y MANIPULEO DE PILOTES	und	1.818.72	471.44	857.417.36	
MANEJO DE PILOTES	und	432.00	4.335.49	1.872.931.68	
PRUEBAS DE CARGA	und	3.00	7.635.21	22.905.63	
PROTECCION DE PILOTES	und	432.00	162.77	70.316.64	
CONCRETO EN PILOTES D= 106.7 cm E = 2.0 cm				1.753.767.71	
CONCRETO F'C=350 Kg/cm2 CON CEMENTO TIPO V	m3	1.627.50	485.18	789.630.45	
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2. GRADO 60	kg	253.054.40	3.81	964.137.26	
CONCRETO EN LOSA				2.204.463.66	
CONCRETO F'C=350 Kg/cm2 CON CEMENTO TIPO V	m3	3.718.50	485.18	1.804.141.83	
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2. GRADO 60	kg	105.071.40	3.81	400.322.03	
CONCRETO EN VIGAS TRANSVERSAL				1.803.406.78	
CONCRETO F'C=350 Kg/cm2 CON CEMENTO TIPO V	m3	2.592.00	485.18	1.257.586.56	
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2. GRADO 60	kg	143.259.90	3.81	545.820.22	
CONCRETO EN VIGA CARRIL				701.625.04	
CONCRETO F'C=350 Kg/cm2 CON CEMENTO TIPO V	m3	979.10	435.18	475.039.74	
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2. GRADO 60	kg	59.523.70	3.81	226.785.30	
CONCRETO EN VIGA LONGITUDINAL				912.576.56	
CONCRETO F'C=350 Kg/cm2 CON CEMENTO TIPO V	m3	984.00	485.18	477.417.12	
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2. GRADO 60	kg	114.215.60	3.81	435.161.44	

<b>SUB TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>18.276.667.70</b>
<b>UTILIDAD</b>	<b>10%</b>	<b>1.827.666.77</b>
<b>TOTAL SIN IGV</b>	<b>S/.</b>	<b>20.104.334.48</b>
<b>IMPUESTO IGV</b>	<b>19%</b>	<b>3.819.823.55</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>S/.</b>	<b>23.924.158.03</b>

## CONCLUSIONES

- La evaluación estructural de los pilotes existentes de concreto armado (como los principales elementos del actual muelle N° 1) determinó que cumplen de manera satisfactoria su capacidad de resistencia a flexo-compresión y corte, por lo tanto no necesitan ser reforzados.
- La ampliación del muelle N° 1 genera una estructura irregular en forma de L, se propuso para el proceso de análisis dividirlo en dos estructuras regulares independientes de forma rectangular para así predecir mejor su comportamiento durante un evento sísmico.
- La junta sísmica de las estructuras existente y nueva del muelle N° 1 no debe ser menor de 50 cm.
- De todas las cargas laterales que van actuar en el muelle N° 1 (cargas de impacto por nave, cargas de viento y cargas de sismo) se concluyó que las cargas de sismo son las que más deformación generan en las estructuras.
- Los pilotes de la nueva ampliación tiene acero ASTM A252 Grado 2, este acero se utilizó por ser muy resistente a la corrosión marina. Sus características son similares con el ASTM A36.
- Todos los elementos de concreto armado de la nueva ampliación tienen concreto  $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  Tipo V, este tipo de concreto es resistente a los ambientes marinos.
- El presupuesto total aproximado de la construcción de la muelle N° 1 ampliado es de S/. 24 000 000 nuevos soles.
- Es necesario dragar la zona del muelle N° 1 (donde atracaran las naves Panamax) y el área de maniobras del puerto, para así poder llegar a la cota de operación del muelle y permitir el fácil ingreso de naves Panamax.
- Con el muelle N° 1 una vez terminado se contará con dos amarraderos listos para recibir naves. En el amarradero de la parte nueva se podrá recibir las naves Panamax que transportan contenedores y en el amarradero de la parte existente se podrá recibir naves con carga general empaquetada.

## RECOMENDACIONES

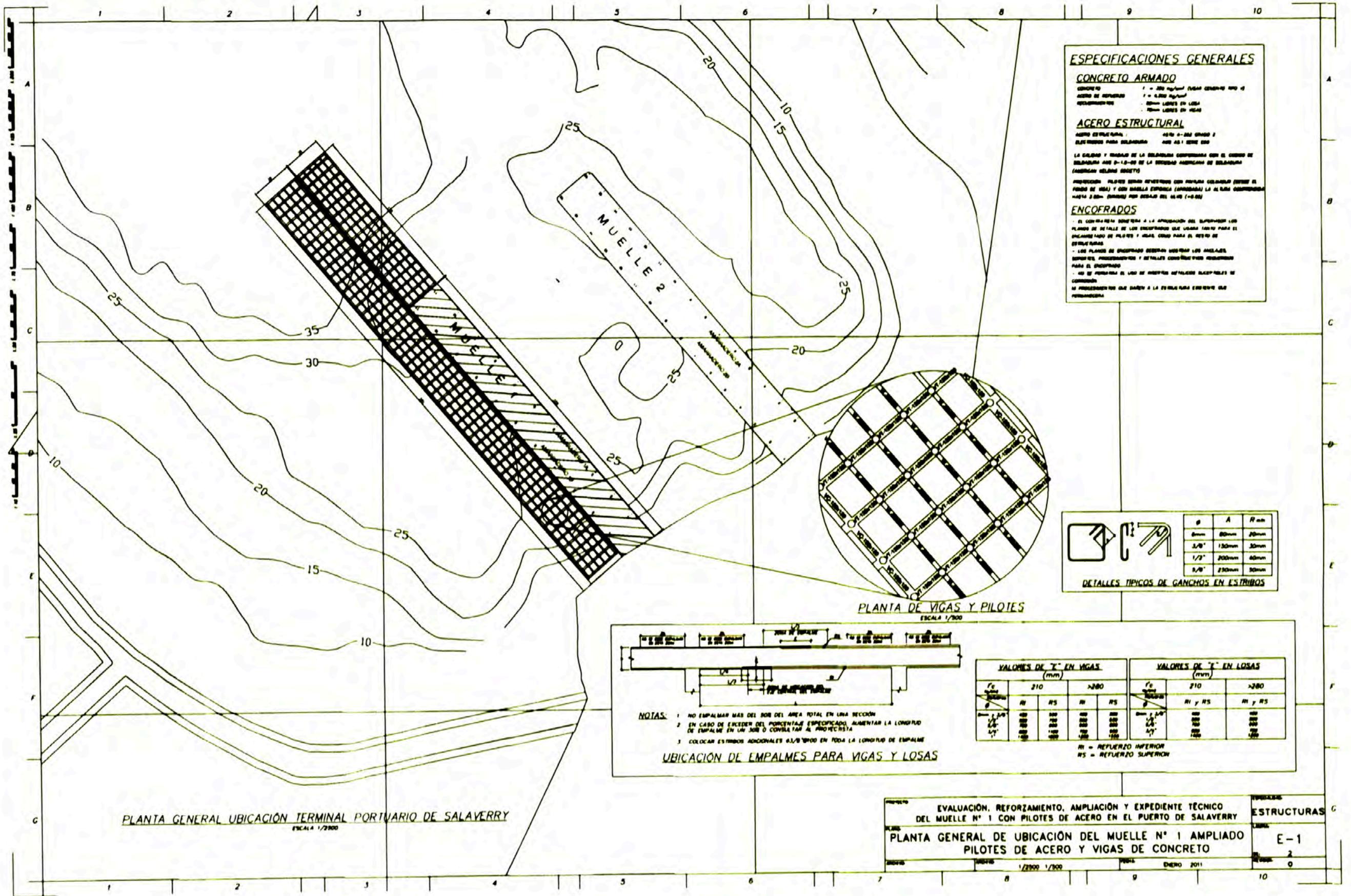
- A pesar que la estructura existente del muelle N° 1 no es necesario reforzarla, se recomienda antes de la construcción de la ampliación nueva realizar trabajos de inspección de daños (es posible que algunos pilotes no tomados en cuenta hayan sufrido fuertes daños durante su vida útil) y de limpieza de los pilotes de concreto.
- A pesar que los nuevos pilotes de la ampliación tienen un acero resistente a la corrosión se recomienda aplicar cierta protección anticorrosiva, como una masilla epóxica o similar, en toda su superficie para prolongar su vida útil.
- Se recomienda realizar el dragado en el área donde se ubica la parte nueva del muelle N° 1 antes de iniciar su construcción. En caso de dragar el área en mención después de terminada la construcción se perdería el empotramiento de los pilotes de acero.
- Se recomienda colocar las defensas del muelle (son aquellas estructuras que reciben el impacto de las naves), en los ejes de los pórticos pilote-viga de la estructura para que puedan tomar íntegramente toda la fuerza de impacto.
- Los ejes de la grúa pórtico que va operar en la ampliación nueva deben coincidir con los ejes de la viga carril y de los pilotes que sirven de apoyo a estas vigas, para tener cargas directas de gravedad y no cargas de torsión extrañas.
- Con el muelle N° 1 finalmente ampliado se recomienda usar la parte existente inicial del muelle como patio de maniobras para los terminal truck que movilizan contenedores.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials, "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", 5ta Edition, EEUU, 2007
- [2] American Concrete Institute, "ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete", EEUU, 2008
- [3] American Institute of Steel Construction, "Manual of Steel Construction: Load & Resistance Factor Design", 3rd Edition, EEUU, 1999.
- [4] Fuentes Ortiz, Cesar, "Ingeniería Portuaria", 1ra Edición, Perú, 2001.
- [5] Ministerio de Transporte y Comunicaciones – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, "Manual de Diseño de Puentes", Lima-Perú, 2003.
- [6] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma Técnica de Edificación E.30 Diseño Sismorresistente", Lima-Perú, 2003.
- [7] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma Técnica de Edificación E.20 Cargas", Lima-Perú, 2003.
- [8] H&O Ingenieros, "Levantamiento Batimétrico para el Control de Dragado y Profundidades, Proyección Áreas a Dragar. Determinación de Profundidad Operativa para Entrada y Salida de Embarcaciones", Lima-Perú, 2007.
- [9] Grupo N°4, "Perfil del Embarque y Desembarque de Contenedores en el Terminal Portuario de Salaverry", Lima-Perú, 2010.

## ANEXOS

ANEXO A: Planos Estructurales del Muelle N° 1 Ampliado	72
ANEXO B: Distribución General del Muelle N° 1 Ampliado [9]	74
ANEXO C: Mapa Eólico y Mapa de Iso-aceleraciones del Perú	75
ANEXO D: Fotos de Grúa Pórtico de Muelle	77
ANEXO E: Cuadro de Combinaciones de Carga y Factores de Carga	79
ANEXO F: Modelo 2D del Muelle Existente	80
ANEXO G: Modelo 3D de la Ampliación Nueva	83
ANEXO H: Diseño en SAP2000 del muelle existente	90
ANEXO I: Diseño en SAP2000 del muelle ampliado	91
ANEXO J: Partidas del Metrado del muelle N° 1 ampliado	92



**ESPECIFICACIONES GENERALES**

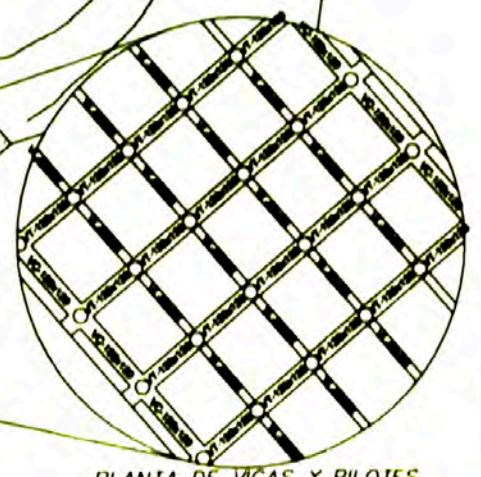
**CONCRETO ARMADO**  
 CONCRETO :  $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  (SEGUN NORMA 100) Y  
 ACERO DE REFUERZO :  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 RECOMENDACIONES : 20mm LARGOS EN LOSA  
 25mm LARGOS EN VIGA

**ACERO ESTRUCTURAL**  
 ACERO ESTRUCTURAL : ASTM A-500 GRADO I  
 ELECTRODOS PARA SOLDADURA : A505 AS 1 SERIE 600

LA CALIDAD Y TIPO DE LA SOLDADURA CONFORMARÁ CON EL CÓDIGO DE SOLDADURA AWS D-1.1-02 DE LA ENTIDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY)

PROHIBICIÓN: PILDORAS DEBEN EVITARSE CON PUNTA CILÍNDRICA (DENTRÓ DE FONDO DE VIGA) Y CON MANEJA ESPECIAL (CORRODAS) LA ALTEZA COMPRENSIVA HASTA 2 CM- (CORRODAS POR RESALDO DEL VIGAS (+0.00))

**ENCOFRADOS**  
 - EL CONCRETISTA DEBERÁ A LA APROBACIÓN DEL SUPERVISOR LOS PLANOS DE DETALLE DE LOS ENCOFRADOS QUE USARÁ PARA EL ENLACE Y UNO DE PLANTAS Y SEAL COMO PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS.  
 - LOS PLANOS DE ENCOFRADO DEBERÁN MOSTRAR LOS ANILAJES, BARRAS DE PROTECCIÓN Y DETALLES CONSTRUCTIVOS REQUERIDOS PARA EL ENCOFRADO.  
 - NO SE PERMITIRÁ EL USO DE MUEBLES METÁLICOS SIN PLANOS DE CORROSIÓN.  
 - EL PROYECTISTA QUE DISEÑA LA FUNDACIÓN DEBERÁ DAR LAS DIMENSIONES.



**DETALLES TÍPICOS DE GANCHOS EN ESTRIBOS**

	$\phi$	A	R min
	8mm	80mm	20mm
	3/8"	150mm	50mm
	1/2"	200mm	60mm
	5/8"	250mm	80mm

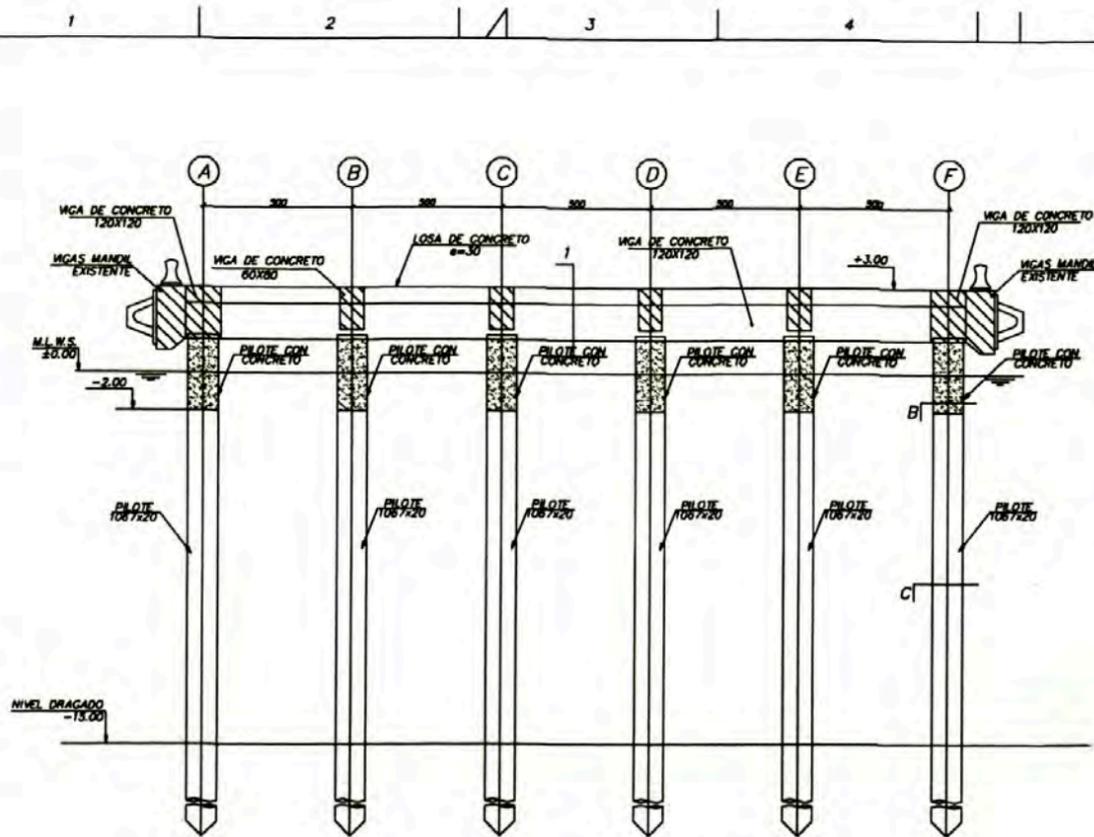


$f_c$ según norma	VALORES DE "x" EN VIGAS (mm)		VALORES DE "x" EN LOSAS (mm)	
	210	>280	210	>280
210	RI	RS	RI y RS	RI y RS
280	100	100	100	100
350	100	100	100	100
420	100	100	100	100
490	100	100	100	100
560	100	100	100	100

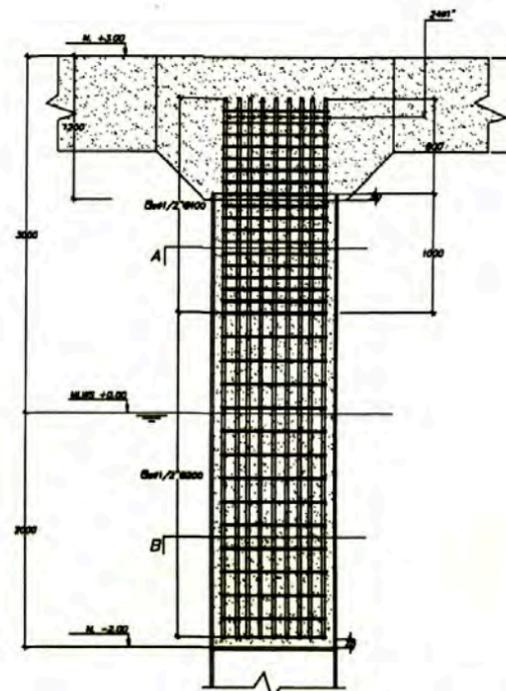
RI = REFUERZO INFERIOR  
 RS = REFUERZO SUPERIOR

PLANTA GENERAL UBICACIÓN TERMINAL PORTUARIO DE SALAVERRY  
 ESCALA 1/2000

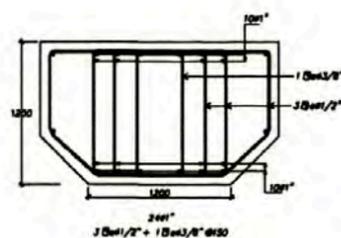
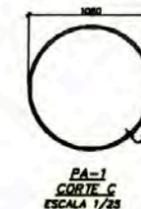
PROYECTO	EVALUACIÓN, REFORZAMIENTO, AMPLIACIÓN Y EXPEDIENTE TÉCNICO DEL MUELLE N° 1 CON PILOTES DE ACERO EN EL PUERTO DE SALAVERRY		TIPO DE OBRA	ESTRUCTURAS
PLANO	PLANTA GENERAL DE UBICACIÓN DEL MUELLE N° 1 AMPLIADO PILOTES DE ACERO Y VIGAS DE CONCRETO		LIBRO	E-1
ESCALA	1/2000	1/300	FECHA	ENERO 2011
HOJA			TOTAL	0



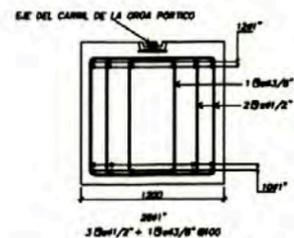
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL MUELLE N° 1 AMPLIADO  
ESCALA 1/100



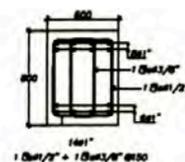
CORTE 1-1  
DETALLA DE UNIÓN DE PILOTE DE ACERO  
CON VIGA TRANSVERSAL DEL TABLERO  
ESCALA 1/25



CORTE 1-1  
VIGA TRANSVERSAL (1200X1200)  
ESCALA 1/25



VIGA CARRIL (1200X1200)  
ESCALA 1/25



VIGA LONGITUDINAL (600X800)  
ESCALA 1/25

PROYECTO:	EVALUACIÓN, REFORZAMIENTO, AMPLIACIÓN Y EXPEDIENTE TÉCNICO DEL MUELLE N° 1 CON PILOTES DE ACERO EN EL PUERTO DE SALAVERRY	ESPECIALIDAD:	ESTRUCTURAS
PLANO:	ELEVACION DE SECCION TRANSVERSAL DEL MUELLE AMPLIADO SECCIONES DE VIGAS DE CONCRETO DEL TABLERO	LÁMINA:	E-2
ARCHIVO:	1/100 1/25	FECHA:	ENERO 2011
		REVISOR:	0



DISENO Y EJECUTA

**GRUPO 4 S.A.**

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mejoramiento del Servicio de Atraque y Manipulación de Contenedores destinados a la Exportación e Importación en el Puerto de Salaverry, Distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad

Titulo

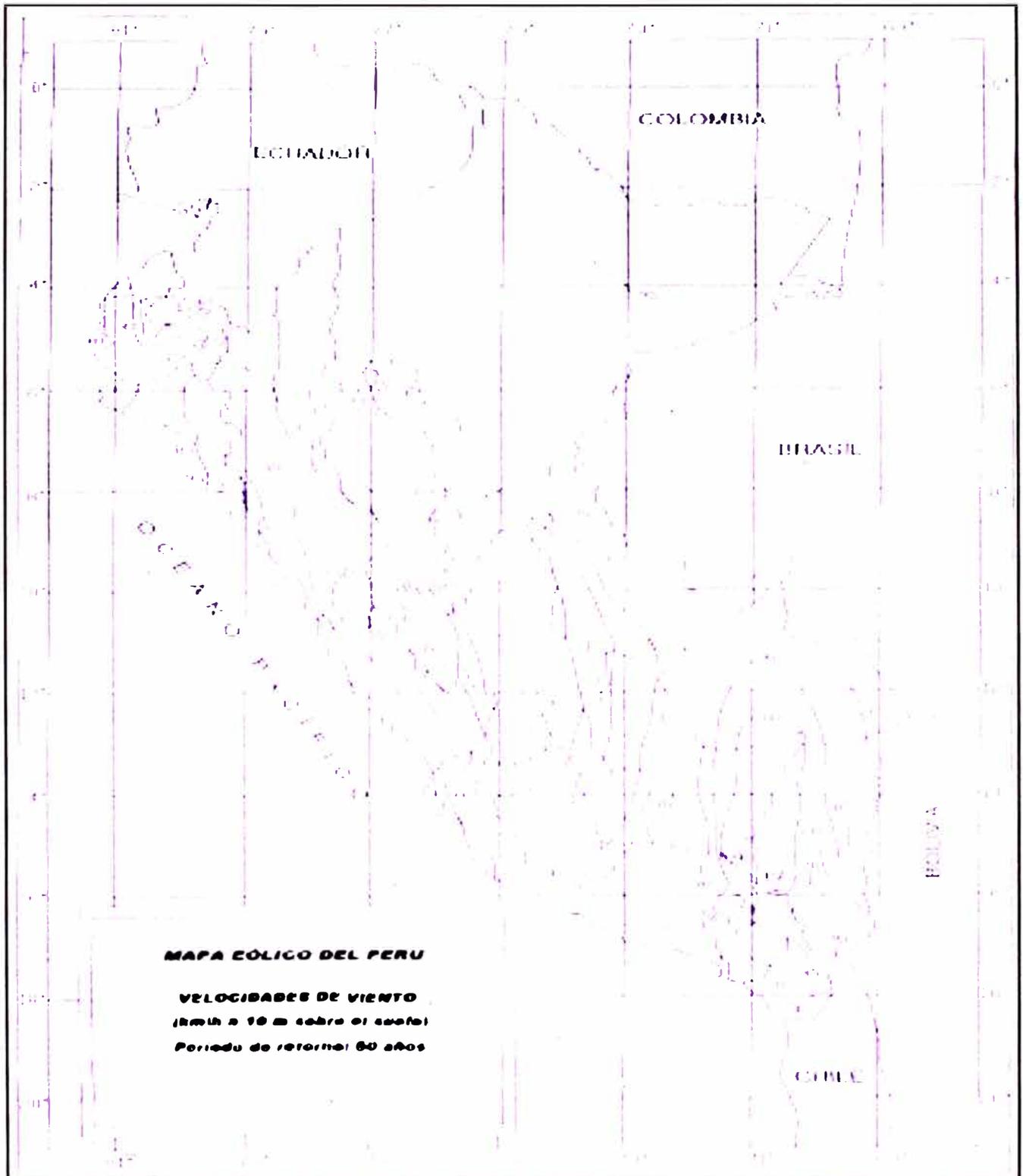
Planta Arquitectura - Alternativa I

Diseño:	G4	Aprobó:	LD	File:	alternativa.dwg	04/12/2010
Dibujó:	JC	Escala:	INDICADA	N° Plano:		
Revisó:	LD	Fecha:	2010		A-01	LD



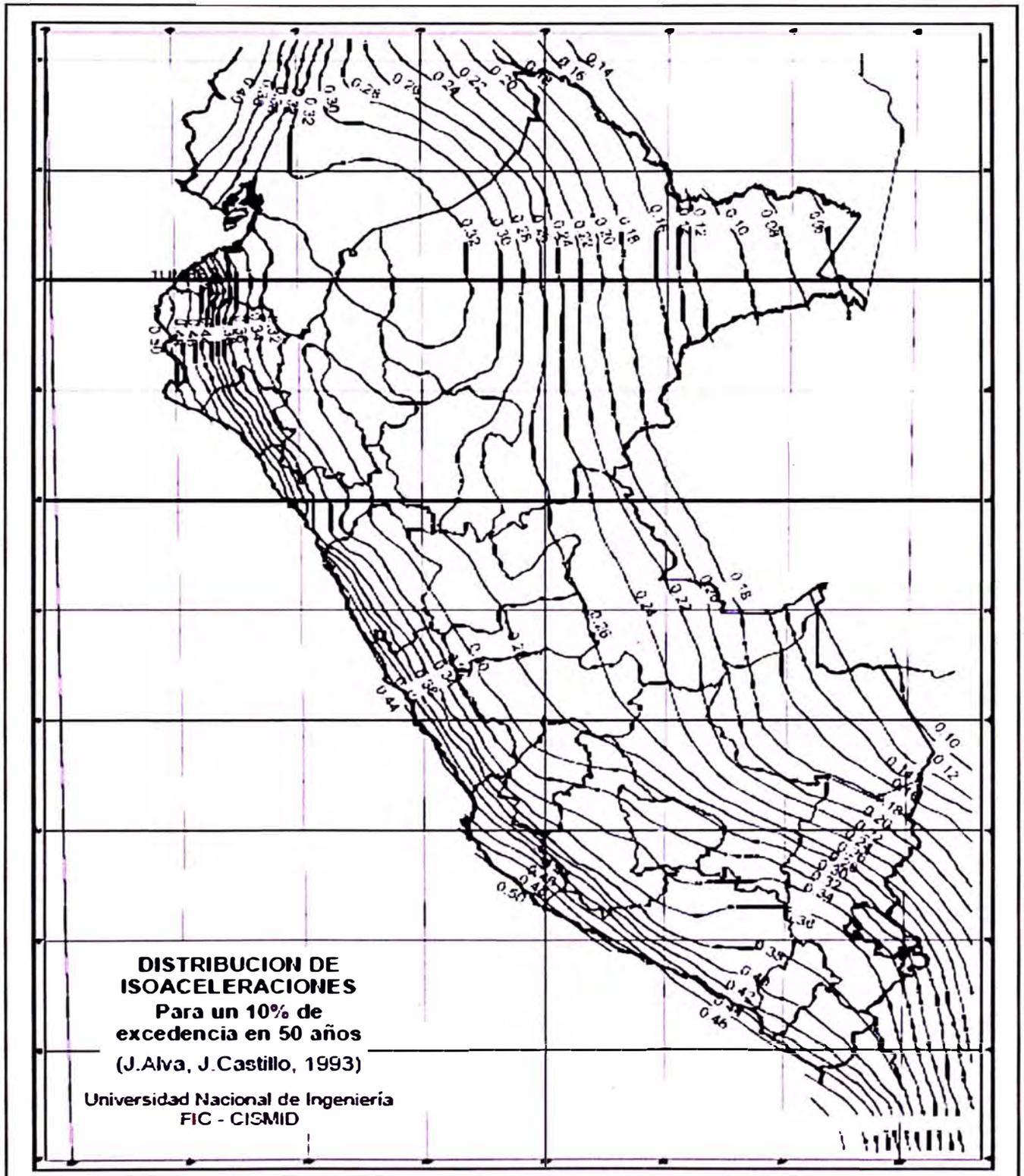
ANEXO C

Figura C.1 Mapa Eólico del Perú



Fuente: Norma Técnica Peruana E020 - Cargas

Figura C.2 Mapa de Iso-aceleraciones del Perú



Fuente: Manual de Diseño de Puentes

ANEXO D

Figura D.1 Grúa Pórtico en Operación



Fuente: Foto en Muelle 5 del Callao

Figura D.2 Grúa Pórtico en Operación



Fuente: Foto en Muelle 5 del Callao

Figura D.3 Grúa Pórtico en Plataforma de Muelle



Fuente: Foto en Muelle 5 del Callao

Figura D.3 Distribución de Ruedas de Apoyo de Grúa Pórtico



Fuente: Foto en Muelle 5 del Callao

ANEXO E

Figura E.1 Combinaciones de Carga y Factores de Carga – AASHTO 2010

Load Combination Limit State	DC DW EM EJ EY EJ	LL IM CA BC PE CN	W1	WS	WL	FR	TL CR SM	TG	SE	Use One of These at a Time			
										PQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	1.0	1.75	1.00			1.00	0.50/1.20	1.0	1.0				
STRENGTH II	1.0	1.75	1.00			1.00	0.50/1.20	1.0	1.0				
STRENGTH III	1.0		1.00	1.40		1.00	0.50/1.20	1.0	1.0				
STRENGTH IV	1.0		1.00			1.00	0.50/1.20						
STRENGTH V	1.0	1.75	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	1.0	1.0				
EXTREME EVENT I	1.0	1.0	1.00			1.00				1.00			
EXTREME EVENT II	1.0	0.50	1.00			1.00					1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.70	1.0	1.00	1.00/1.20	1.0	1.0				
SERVICE II	1.00	1.50	1.00			1.00	1.00/1.20						
SERVICE III	1.00	0.80	1.00			1.00	1.00/1.20	1.0	1.0				
SERVICE IV	1.00		1.00	0.70		1.00	1.00/1.20		1.0				
FATIGUE II, III & IV ONLY		0.75											

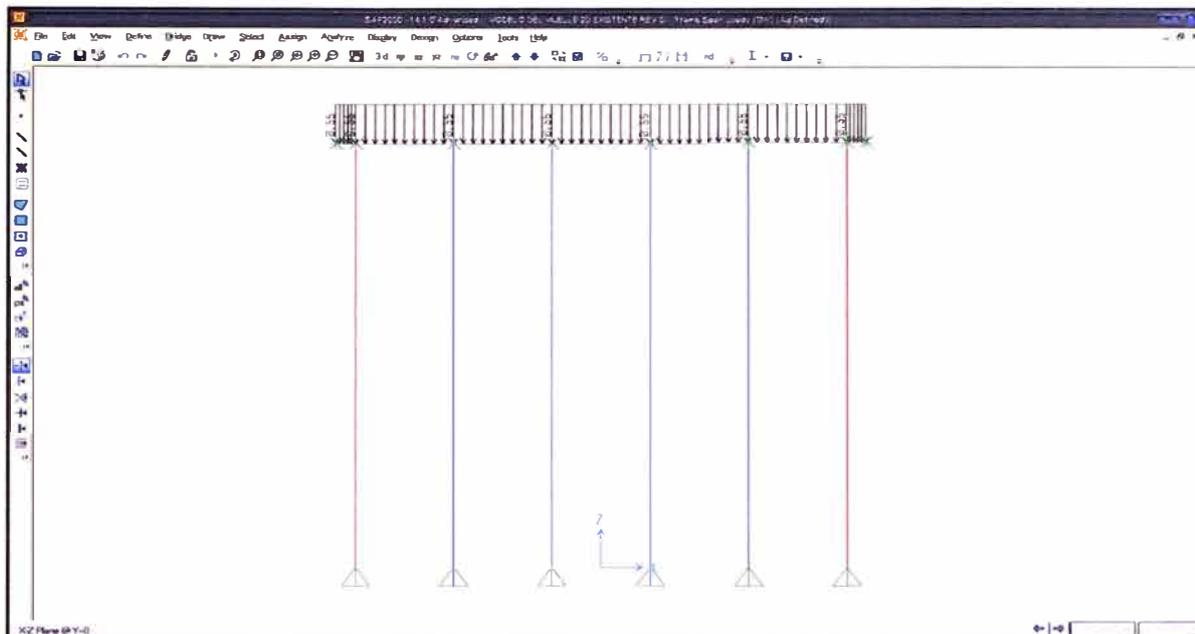
Table 3.4.1-2 Load Factors for Permanent Loads.

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Components and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, $\alpha$ Terzaghi Method	1.4	0.25
	Piles, $\lambda$ Method	1.05	0.10
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EJ: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At Rest		1.35	0.90
• AFP for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked in Friction Stresses		1.00	1.00
EJ: Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts		1.95	0.90
• Flexible Metal Box Culverts		1.50	0.90
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

Fuente: AASHTO 2010

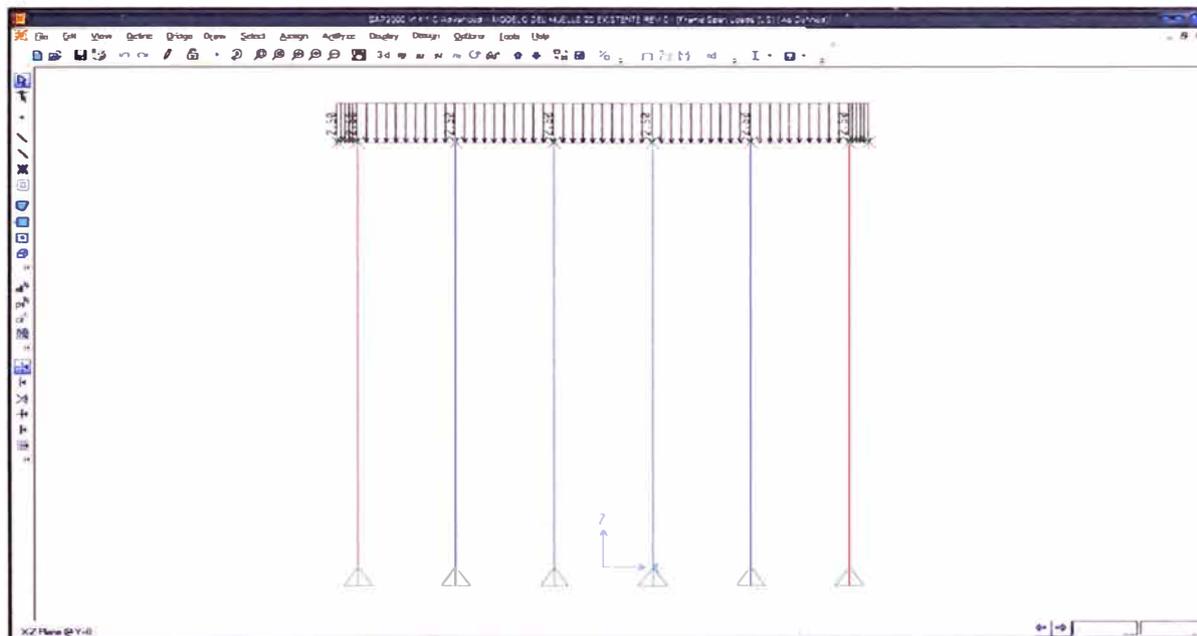


Figura F.3 Carga Distribuida DW = 0.55 ton/m



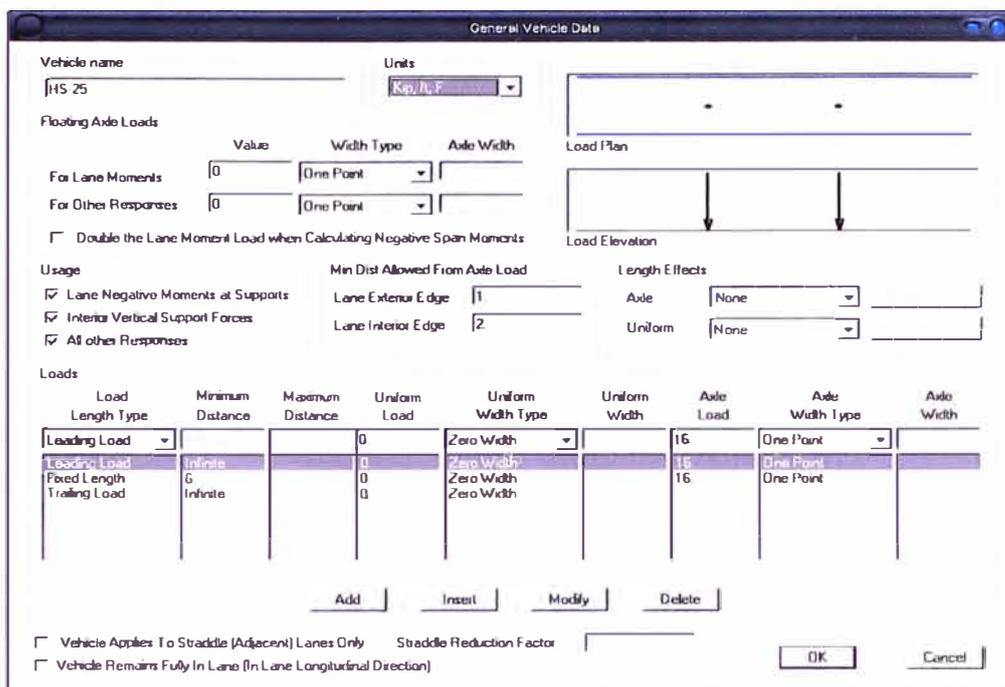
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura F.4 Carga Distribuida LS = 2.5 ton/m



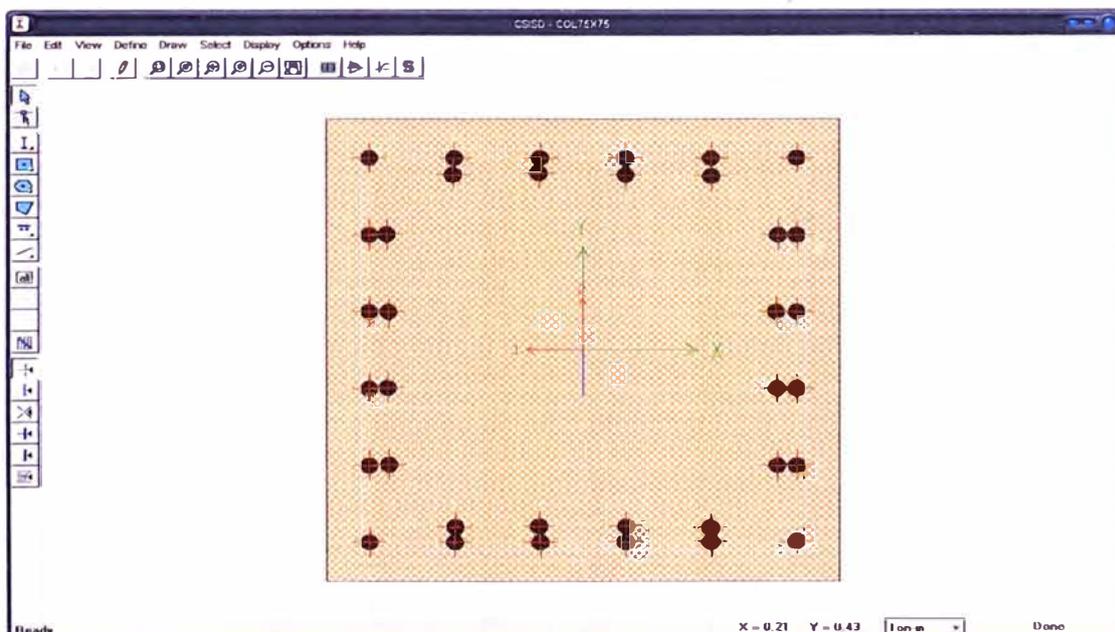
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura F.5 Definición del Camión de Diseño HS25



Fuente: SAP2000 V14.1

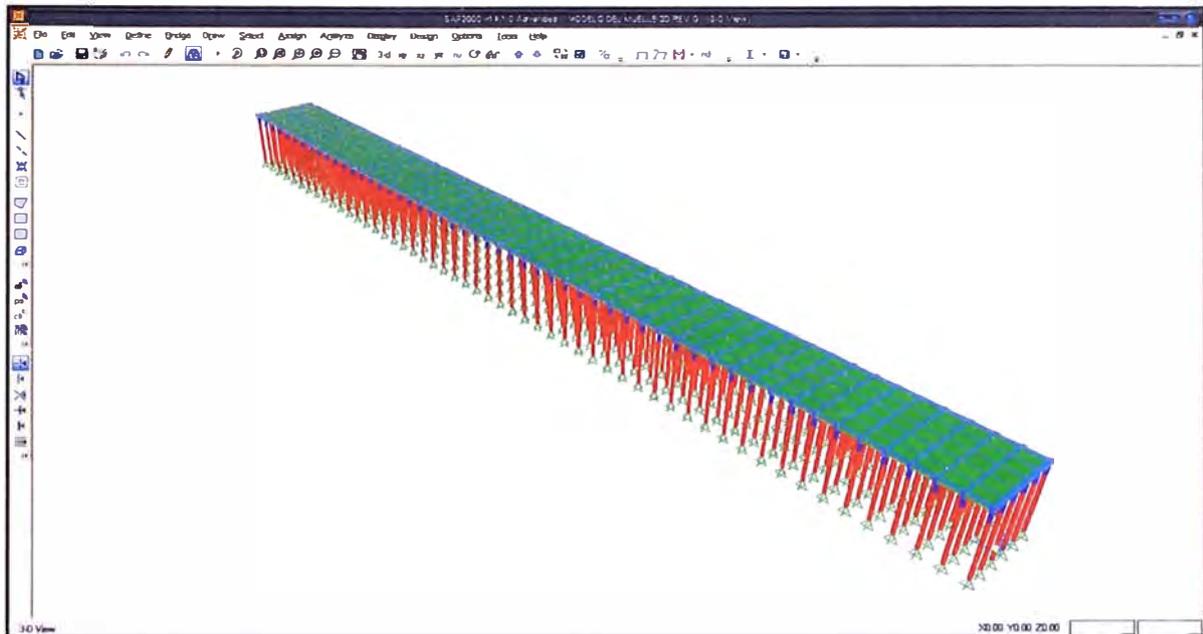
Figura F.6 Definición del Pilote P1 75x75



Fuente: SAP2000 V14.1

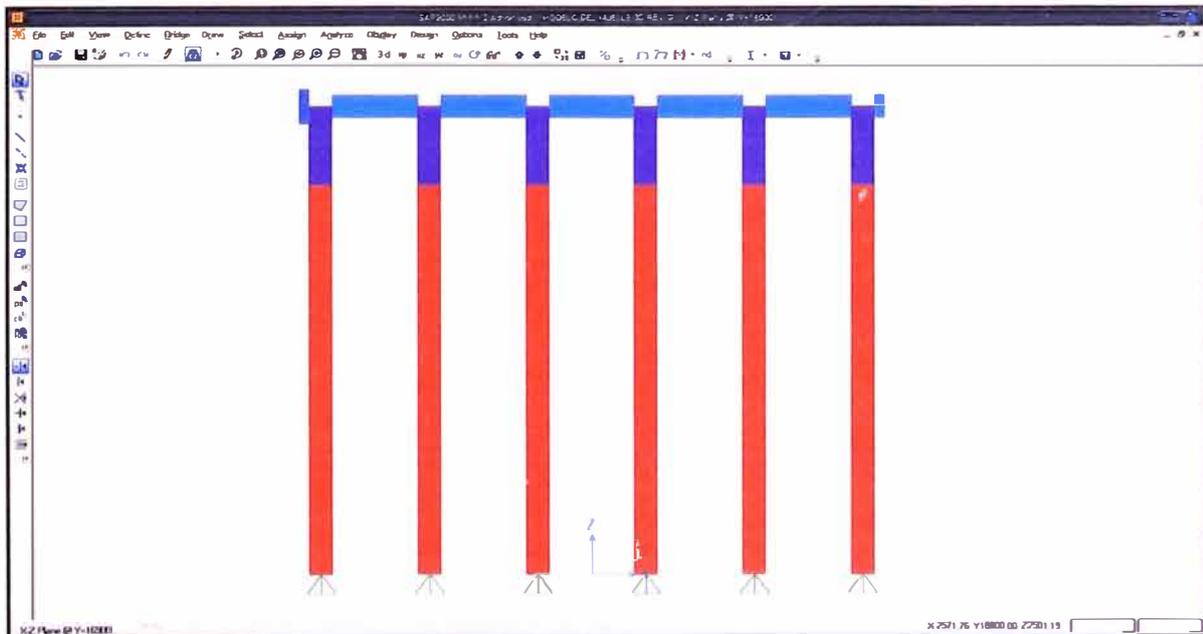
ANEXO G

Figura G.1 Modelo 3D del Muelle Ampliado



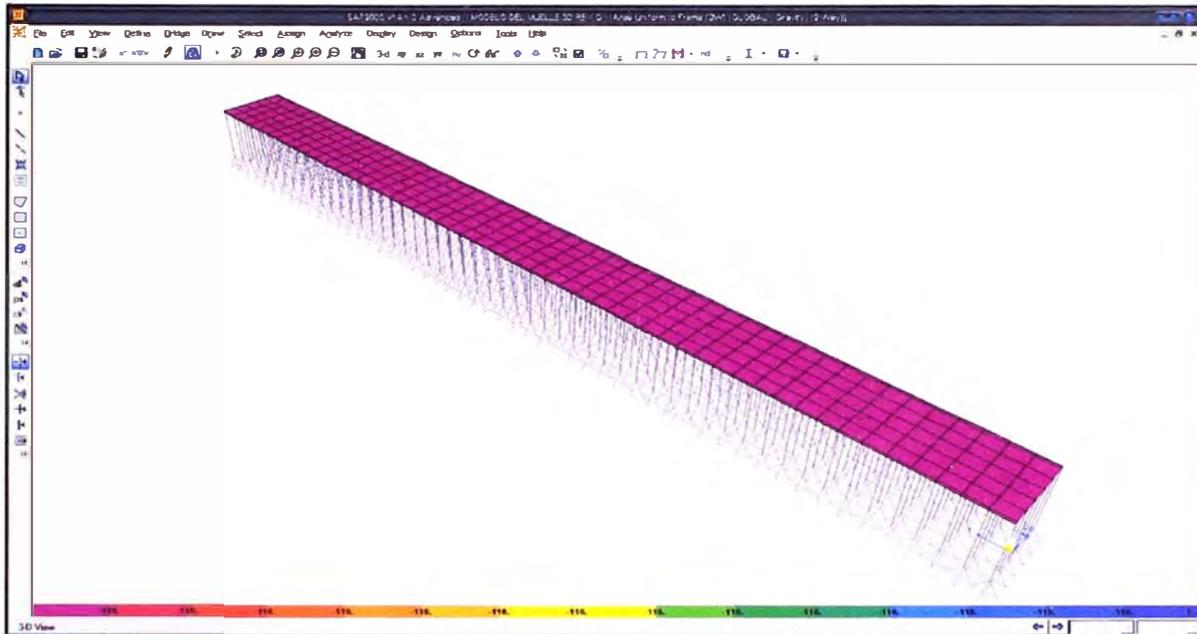
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.2 Elevación de la Sección Transversal del Muelle Ampliado



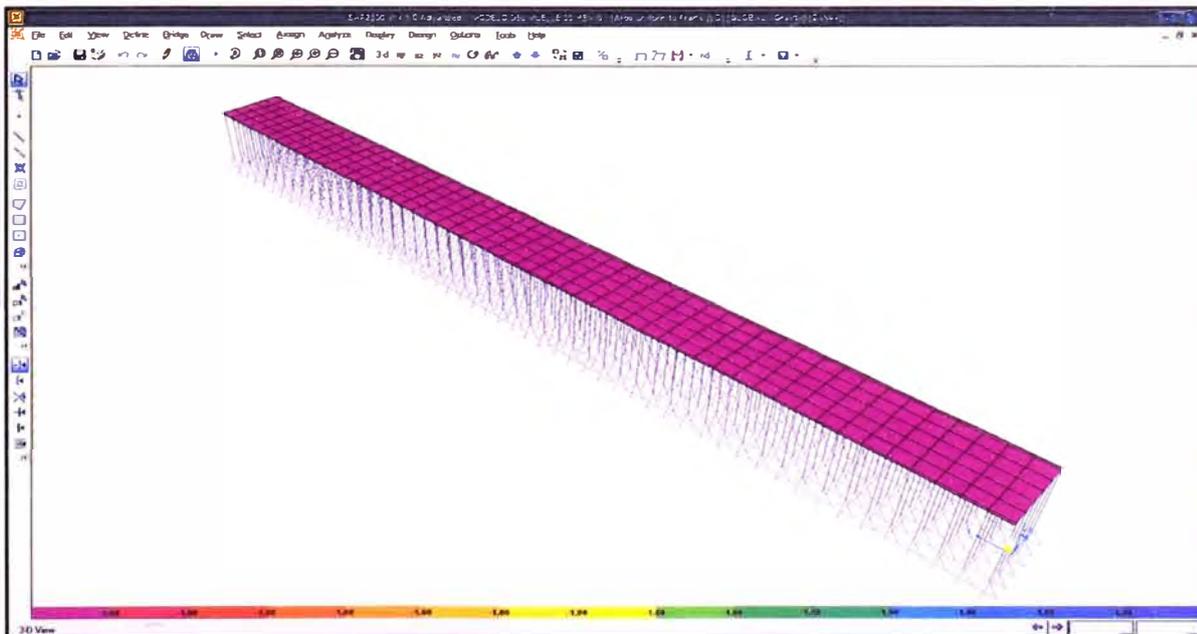
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.3 Carga Distribuida DW = 0.11 ton/m<sup>2</sup>



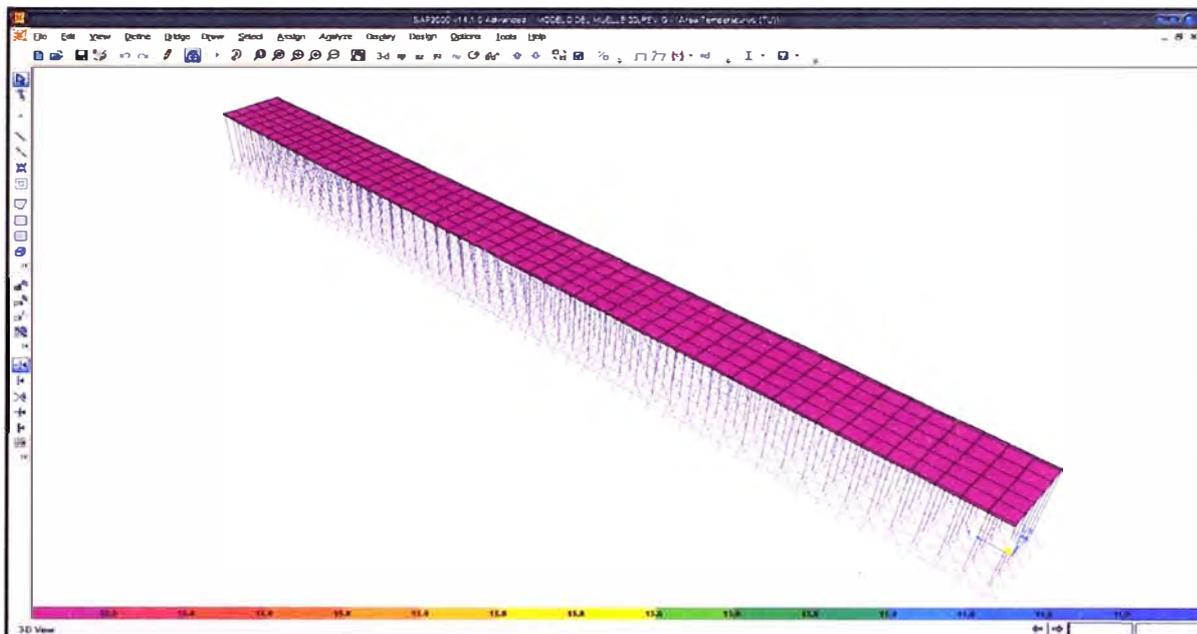
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.4 Carga Distribuida LS = 1.0 ton/m<sup>2</sup>



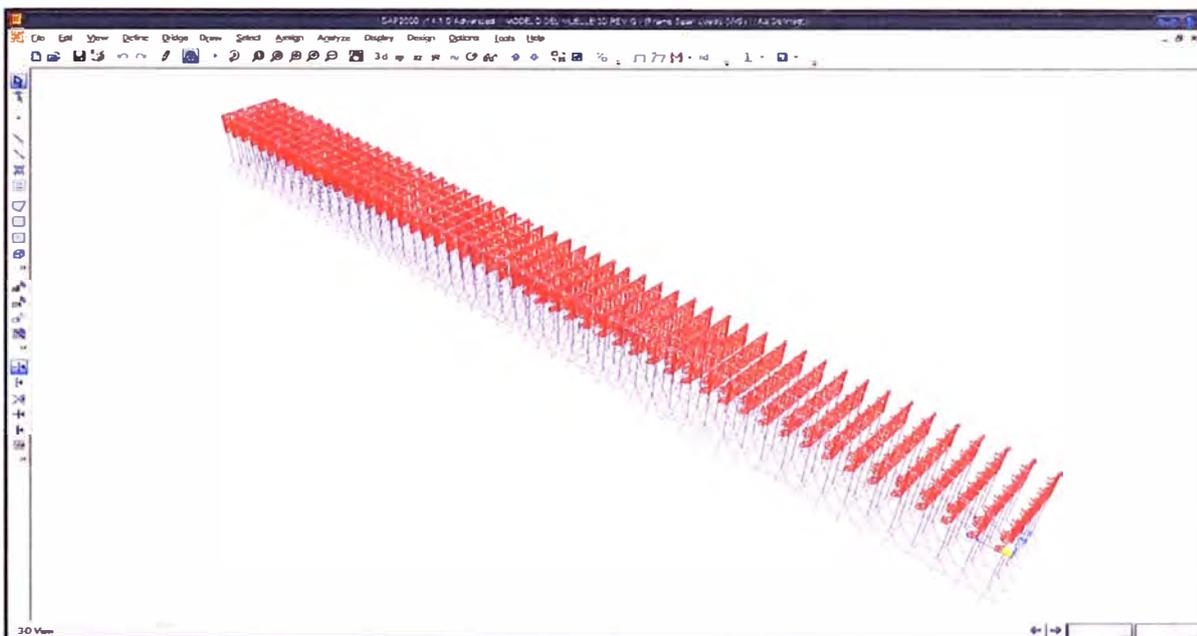
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.5 Carga Por Temperatura  $\Delta T = 15\text{ C}$



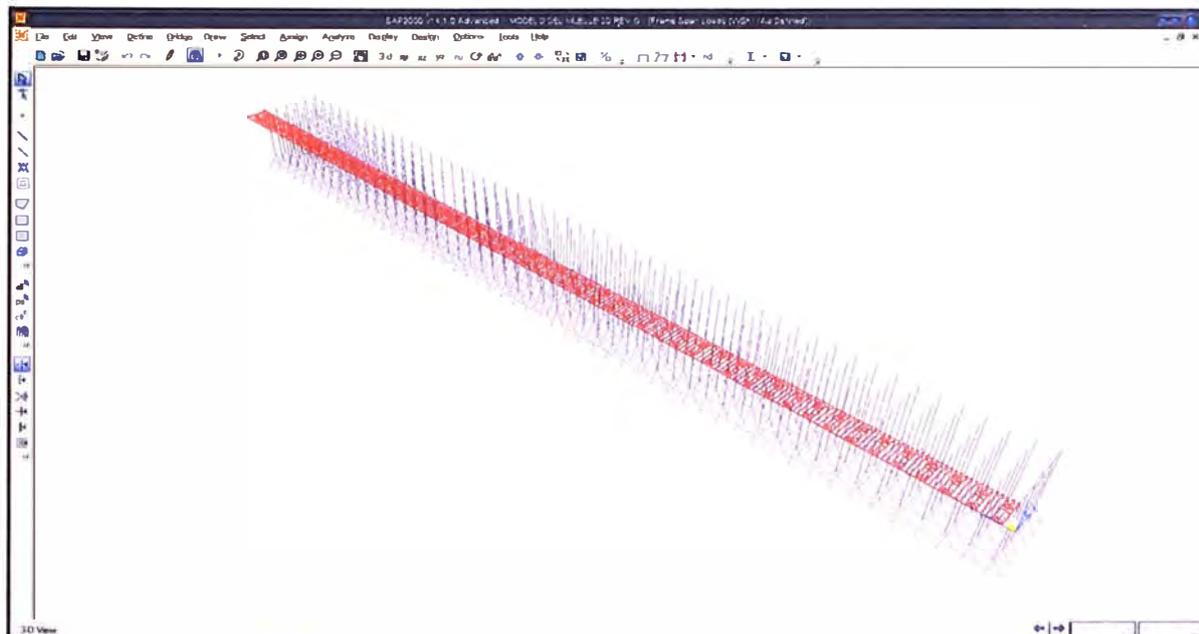
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.6 Carga Distribuida Vertical por Viento  $W_{Sv} = 0.65\text{ ton/m}$



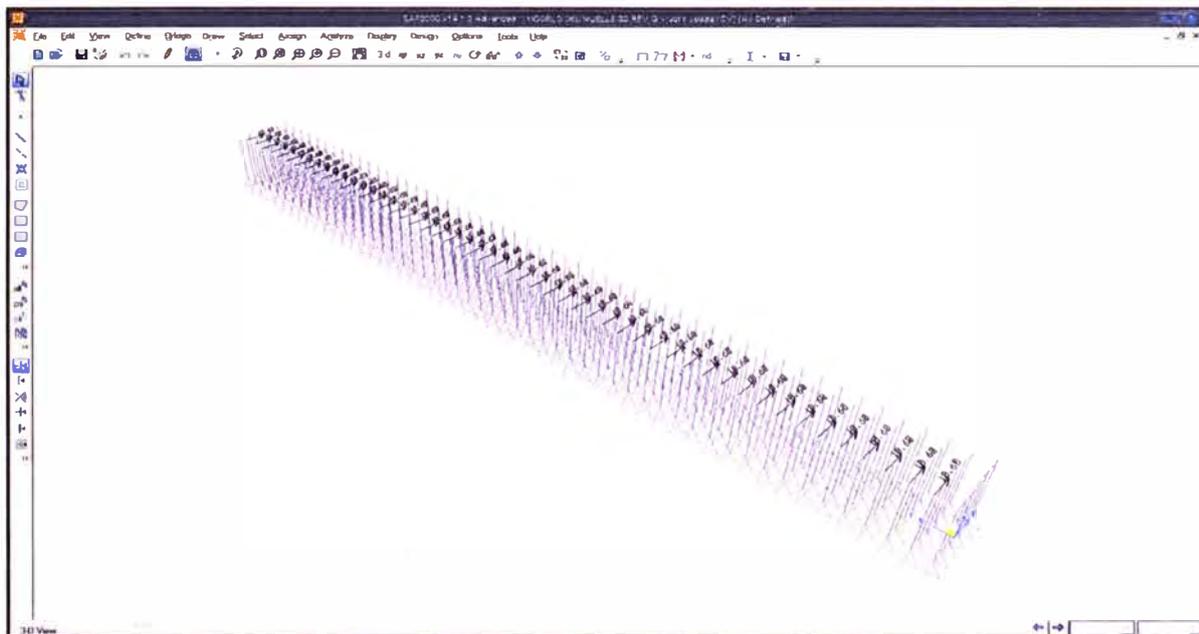
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.7 Carga Distribuida Horizontal por Viento  $WS_v = 0.10 \text{ ton/m}$



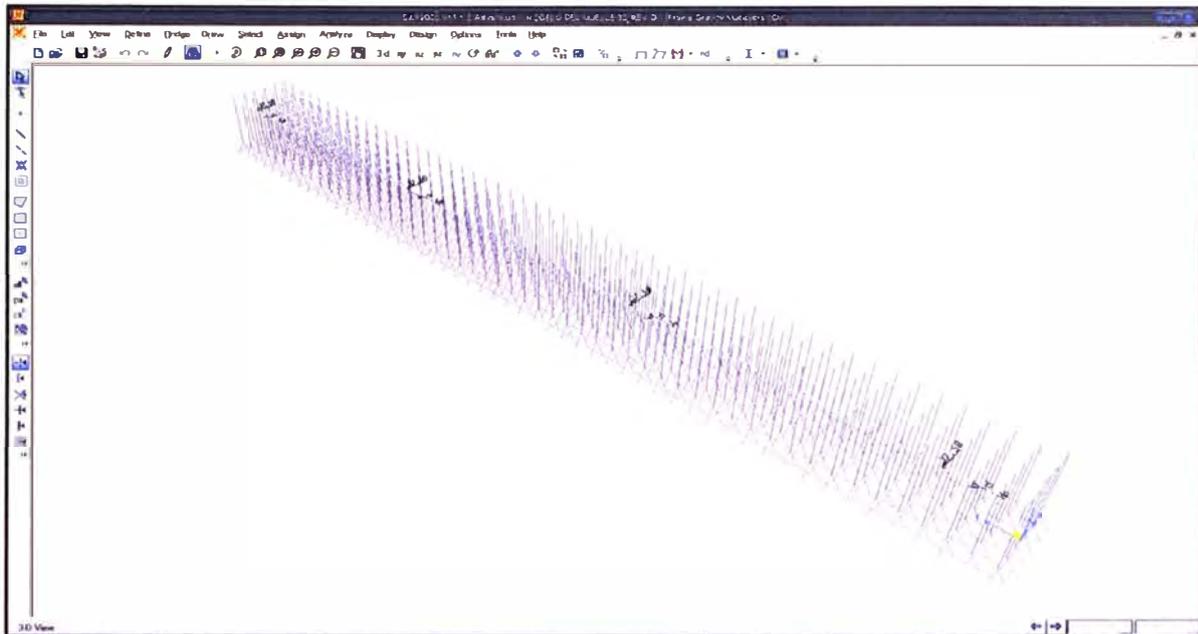
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.8 Carga de Acoderamiento  $CV = 10.60 \text{ ton}$



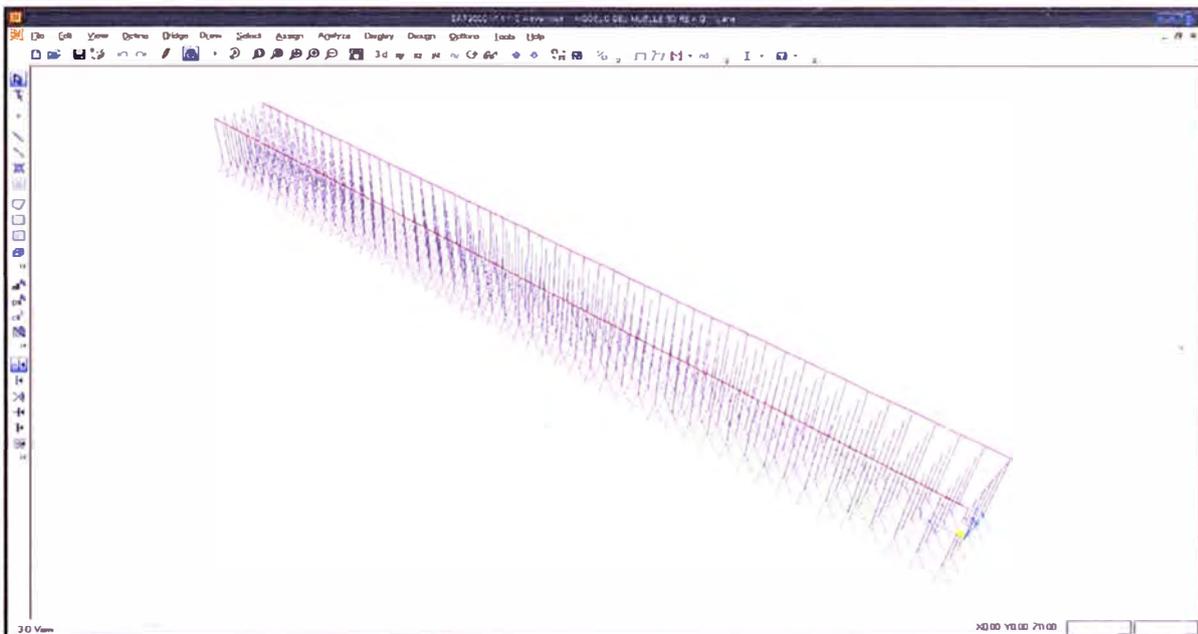
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.9 Carga de Amarre CM = 37.50 ton y CM = 37.50 ton-m



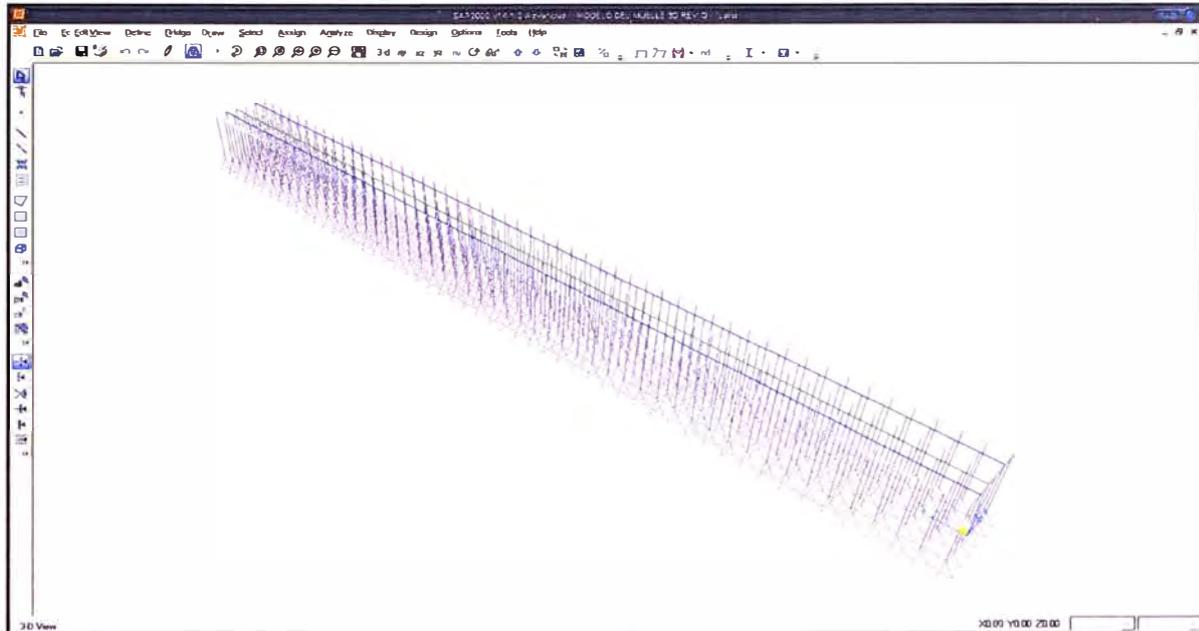
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.10 Distribución de vias Lane de la Grúa Pórtico



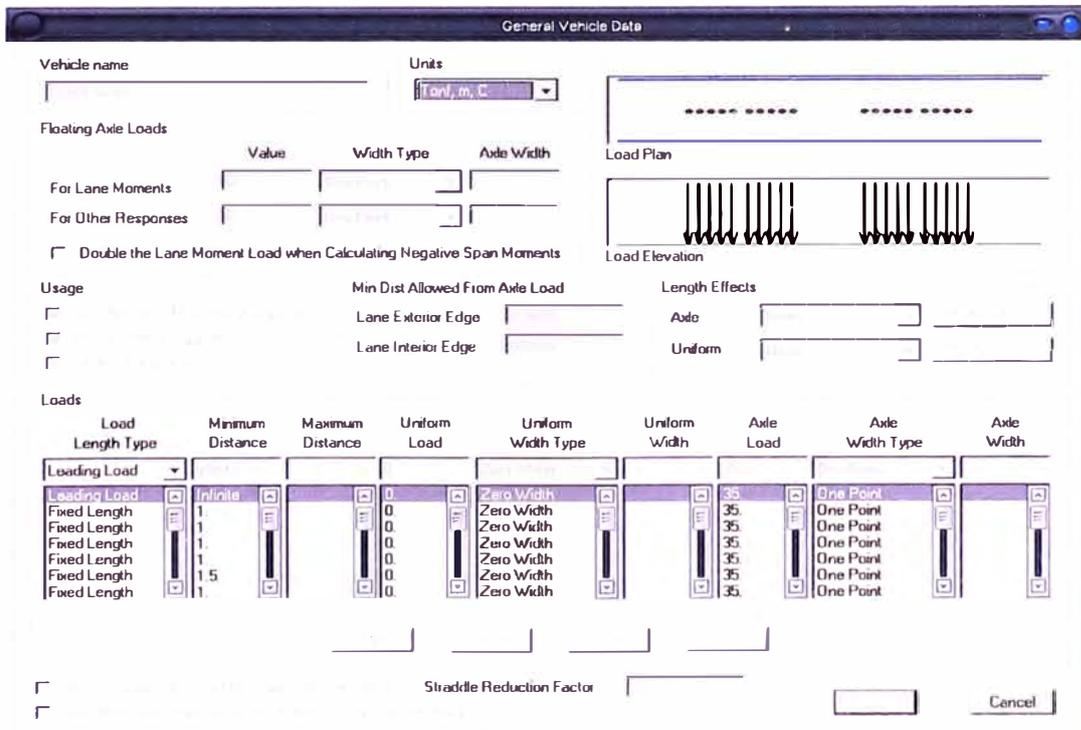
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.11 Distribución de vías Lane de los Terminal Truck



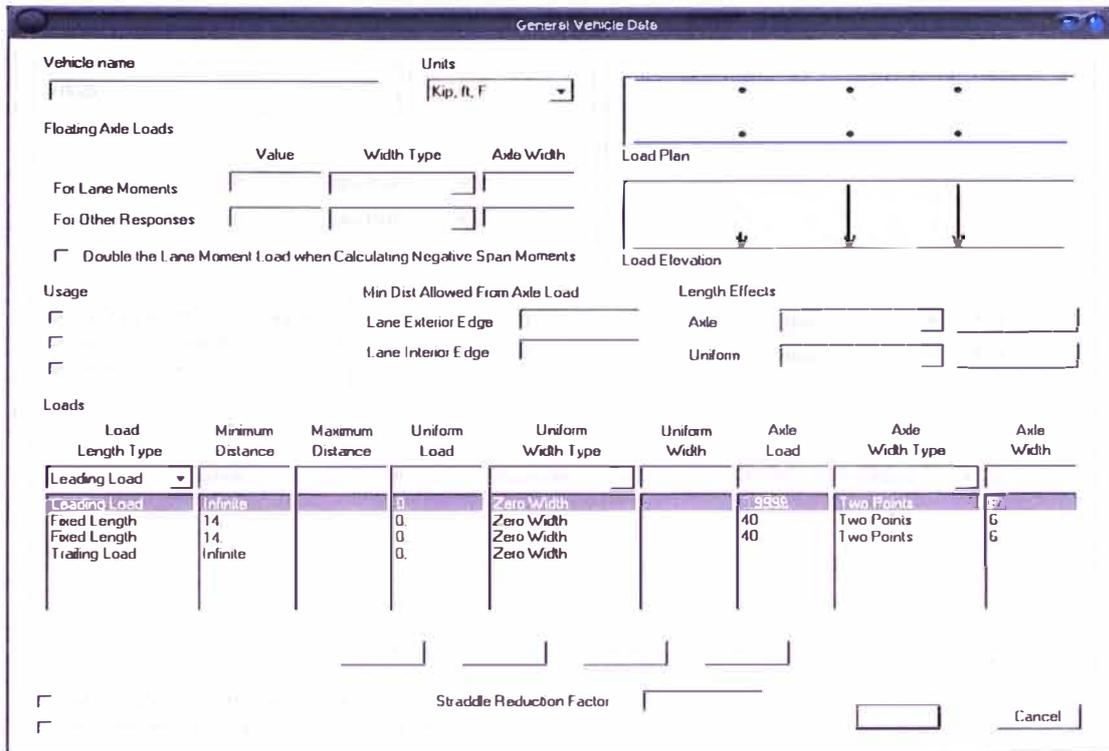
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.12 Definición del Tren de Cargas Móviles de la Grúa



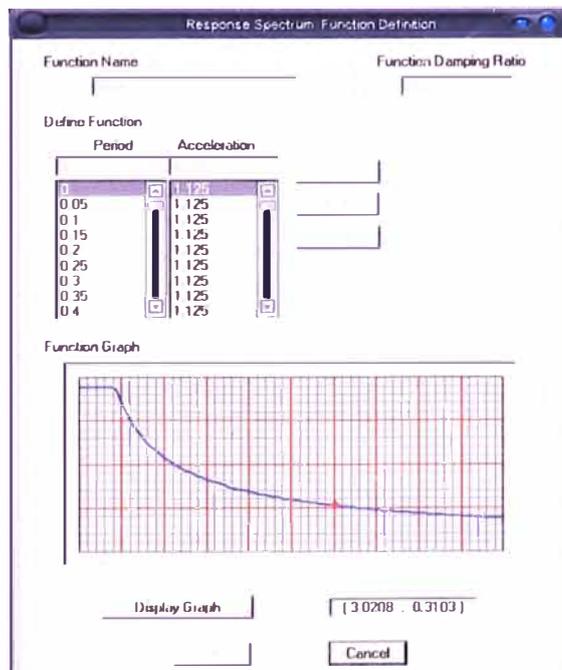
Fuente: SAP2000 V14.1

Figura G.13 Definición del HS-25 = HS-20-44 + 25%



Fuente: SAP2000 V14.1

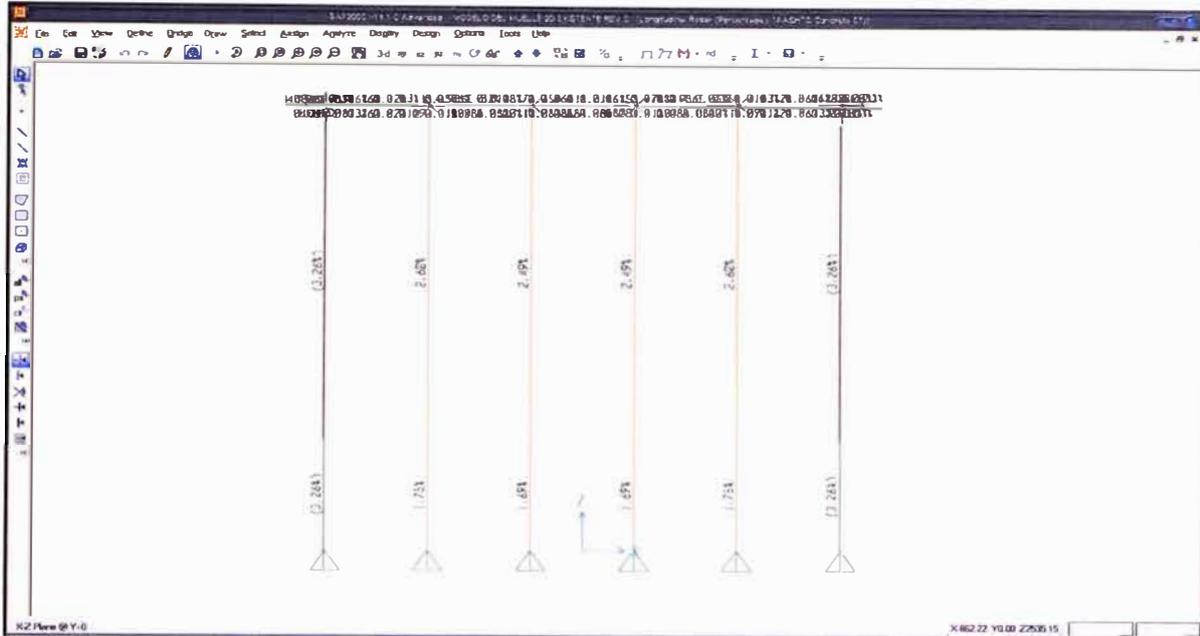
Figura G.14 Definición del Espectro Sísmico de Diseño



Fuente: SAP2000 V14.1

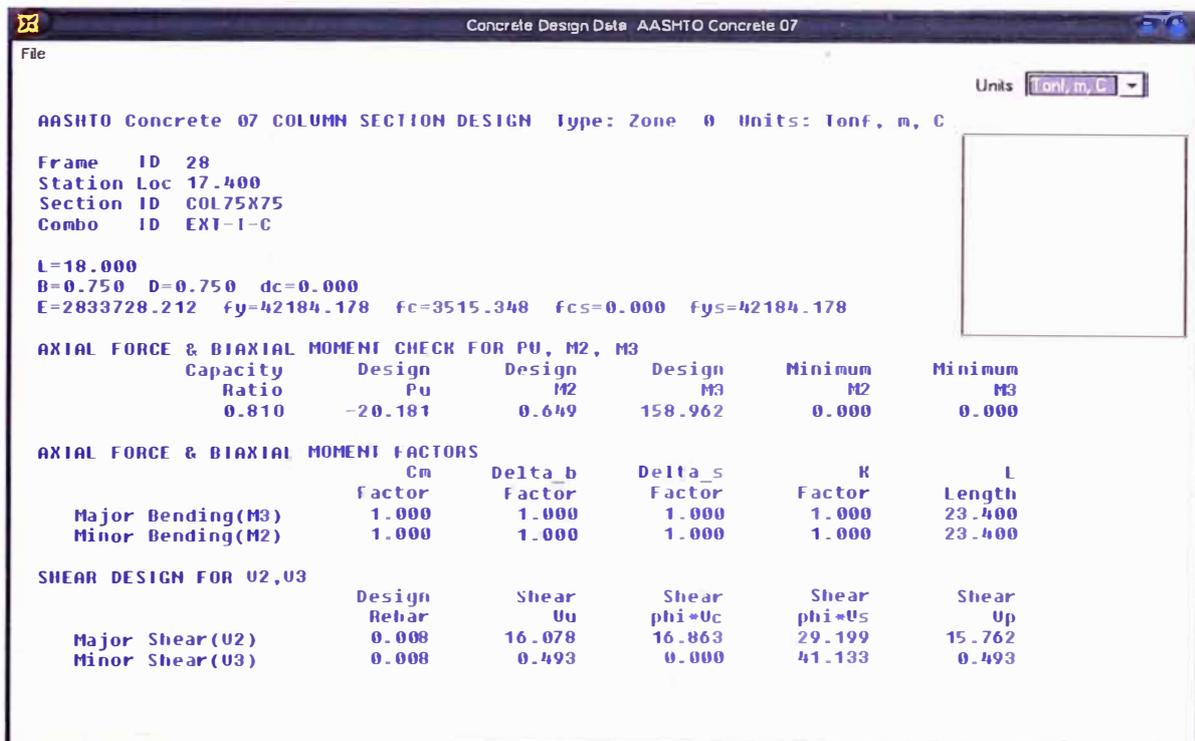
ANEXO H

Figura H.1 Verificación de Diseño de Pilotes de Concreto



Fuente: SAP2000 V14.1

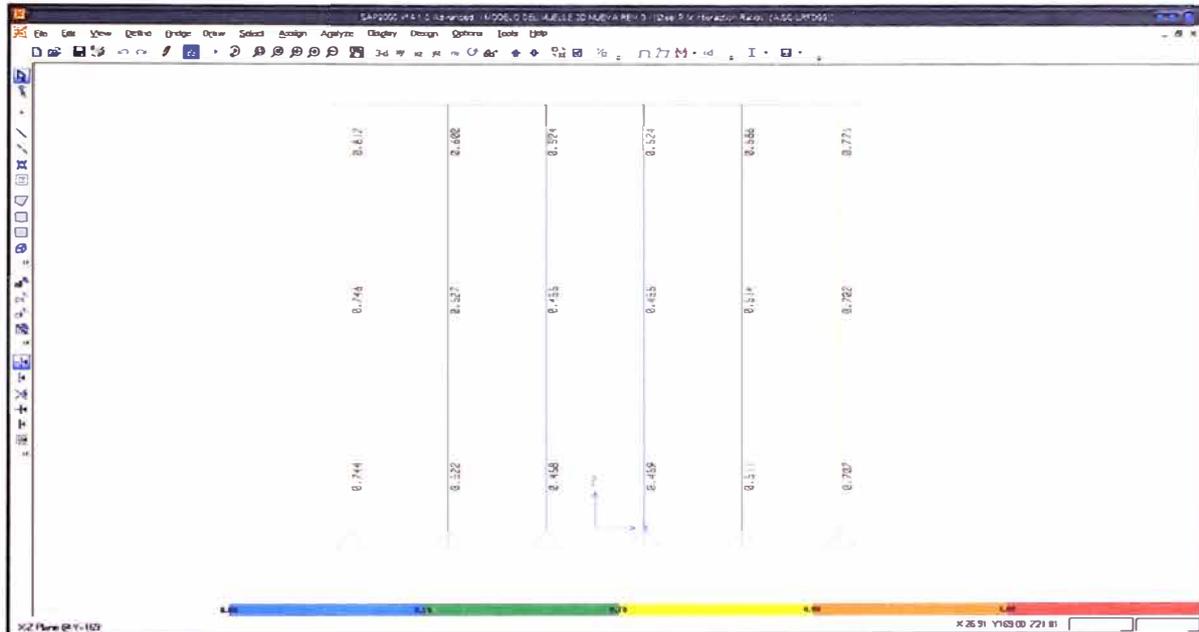
Figura H.2 Verificación de Diseño del Pilote 75x75



Fuente: SAP2000 V14.1

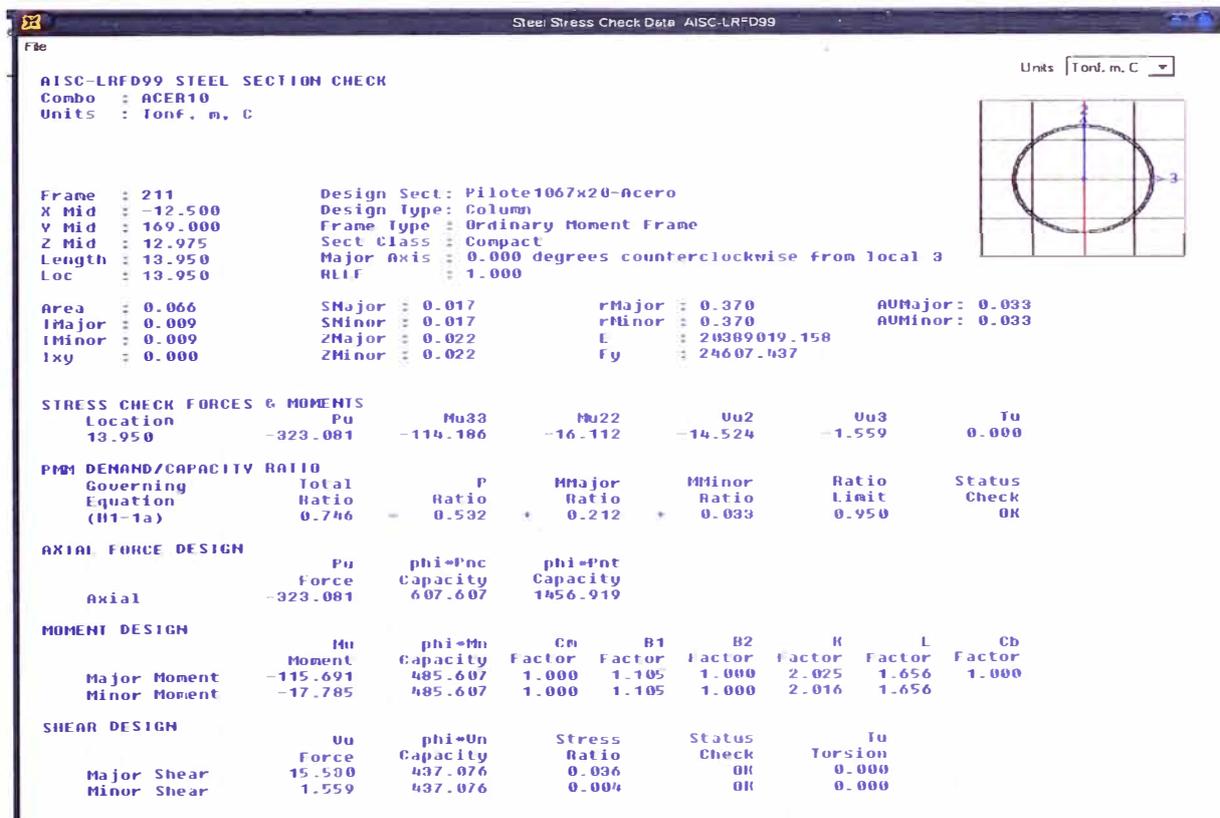
ANEXO I

Figura I.1 Diseño de los Pilotes de Acero



Fuente: SAP2000 V14.1

Figura I.2 Diseño del Pilote de Acero PA-1



Fuente: SAP2000 V14.1

ANEXO J

Figura J.1 Partida Movilización y Desmovilización

Partida	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION						
Rendimiento	UND/DIA	1.0000	EQ 1.0000	Costo unitario directo por : UND		<b>18.178.43</b>	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1 0000	8 0000	16 34	130 72	
0147010003	OFICIAL	hh	3 0000	24 0000	12 06	289 44	
0147010004	PEON	hh	8 0000	64 0000	10 89	696 96	
						<b>1.117.12</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		10 0000	1 117 12	111 71	
0348130082	CAMION DE 10 TON	hm	5 0000	40 0000	223 74	8 949 80	
0348040091	CARGADORES (MOVILIZ Y DESMOVILIZ)	hm	2 0000	16 0000	125 00	2 000 00	
0349610063	GRUAS (MOVILIZ Y DESMOVILIZ)	hm	2 0000	16 0000	375 00	6 000 00	
						<b>17.061.31</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.2 Partida Limpieza durante la Obra

Partida	LIMPIEZA DURANTE LA OBRA						
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ 1.0000	Costo unitario directo por mes		<b>2.788.94</b>	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1 2500	10 0000	16 34	163 40	
0147010003	OFICIAL	hh	2 0000	16 0000	12 06	192 96	
0147010004	PEON	hh	10 0000	80 0000	10 89	871 20	
						<b>1.227.56</b>	
<b>Materiales</b>							
0230530013	ESCOBAS, CARRETILLAS (VARIOS)	est		1 0000	500 00	500 00	
						<b>500.00</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	1 227 56	61 38	
0348040021	CAMION VOLQUETE 4x2 120-140 HP 4 M3	hm	0 2500	2 0000	375 00	750 00	
0348040091	CARGADORES (MOVILIZ Y DESMOVILIZ)	hm	0 2500	2 0000	125 00	250 00	
						<b>1.061.38</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.3 Partida Trazos y Replanteos

Partida	TRAZOS Y REPLANTEOS						
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ 1.0000	Costo unitario directo por mes		<b>6.759.54</b>	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000032	TOPOGRAFO	hh	10 0000	80 0000	16 34	1 307 20	
0147010001	CAPATAZ	hh	2 0000	16 0000	16 34	261 44	
0147010004	PEON	hh	15 0000	120 0000	10 89	1 306 80	
						<b>2.876.44</b>	
<b>Materiales</b>							
0230550011	TEODOLITO	hm		160 0000	12 03	1 924 80	
0243510062	ESTACAS, CORDELES, MARCADORES, ETC	est		1 0000	32 50	32 50	
						<b>1.967.30</b>	
<b>Equipos</b>							
0337020047	JALONES	hm	30 0000	240 0000	0 84	225 60	
0337540017	MIRAS	hm	15 0000	120 0000	1 23	147 60	
0348880021	NIVEL	hm	20 0000	160 0000	0 71	1 553 60	
						<b>1.926.80</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.4 Partida Oficina para el Contratista

Partida	02.01 OFICINA PARA EL CONTRATISTA						
Rendimiento	mes/DIA	40.0000	EQ 40.0000	Costo unitario directo por : mes			87.71
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0 1000	0 0200	16 34	0 33	
0147010002	OPERARIO	hh	1 0000	0 2000	13 62	2 72	
0147010003	OFICIAL	hh	2 0000	0 4000	12 06	4 82	
0147010004	PEON	hh	2 0000	0 4000	10 89	4 36	
							<b>12.23</b>
<b>Materiales</b>							
0202170003	CLAVOS ( PROMEDIO)	kg		0 2000	2 72	0 54	
0212990001	INSTALACIONES ELECTRICAS (ESTIMADO)	est		0 3000	32 50	9 75	
0226510015	CERRADURA DE SOBREPONER 02 VUEL T AS	pza		0 0500	58 50	2 93	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		5 0000	4 20	21 00	
0244030021	TRIPLAY DE 4"x8"x 4 mm	pln		1 0000	21 15	21 15	
0279010094	VIDRIO, PESTILLOS, PINTURA, ETC	est		1 0000	19 50	19 50	
							<b>74.87</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	12 23	0 61	
							<b>0.61</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.5 Partida Oficinas para el Supervisor

Partida	02.02 OFICINAS PARA SUPERVISOR						
Rendimiento	mes/DIA	40.0000	EQ 40.0000	Costo unitario directo por : mes			87.99
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0 1000	0 0200	16 34	0 33	
0147010002	OPERARIO	hh	1 0000	0 2000	13 62	2 72	
0147010003	OFICIAL	hh	2 0000	0 4000	12 06	4 82	
0147010004	PEON	hh	2 0000	0 4000	10 89	4 36	
							<b>12.23</b>
<b>Materiales</b>							
0202170003	CLAVOS ( PROMEDIO)	kg		0 3000	2 72	0 82	
0212990001	INSTALACIONES ELECTRICAS (ESTIMADO)	est		0 3000	32 50	9 75	
0226510015	CERRADURA DE SOBREPONER 02 VUEL T AS	pza		0 0500	58 50	2 93	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		5 0000	4 20	21 00	
0244030021	TRIPLAY DE 4"x8"x 4 mm	pln		1 0000	21 15	21 15	
0279010094	VIDRIO, PESTILLOS, PINTURA, ETC	est		1 0000	19 50	19 50	
							<b>75.15</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	12 23	0 61	
							<b>0.61</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.6 Partida Almacenes y Depósitos

Partida	02.03 ALMACENES Y DEPOSITOS						
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ 40.0000	Costo unitario directo por : m2			113.79
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0 1000	0 0200	16 34	0 33	
0147010002	OPERARIO	hh	1 0000	0 2000	13 62	2 72	
0147010003	OFICIAL	hh	2 0000	0 4000	12 06	4 82	
0147010004	PEON	hh	2 0000	0 4000	10 89	4 36	
							<b>12.23</b>
<b>Materiales</b>							
0202170003	CLAVOS ( PROMEDIO)	kg		0 3000	2 72	0 82	
0212990001	INSTALACIONES ELECTRICAS (ESTIMADO)	est		0 0600	32 50	1 95	
0226510015	CERRADURA DE SOBREPONER 02 VUEL T AS	pza		0 0500	58 50	2 93	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		13 0000	4 20	54 60	
0244030021	TRIPLAY DE 4"x8"x 4 mm	pln		1 0000	21 15	21 15	
0279010094	VIDRIO, PESTILLOS, PINTURA, ETC	est		1 0000	19 50	19 50	
							<b>100.95</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	12 23	0 61	
							<b>0.61</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.7 Partida Cerco Perimetral de Obra

Partida		CERCO PERIMETRAL DE OBRA					
Rendimiento	m/DIA	120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m		68.64	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	16.34	0.11	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	13.62	0.91	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0667	12.06	0.80	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1333	10.89	1.45	
<b>3.27</b>							
<b>Materiales</b>							
0202040048	ALAMBRE NEGRO N° 12	kg		2.0000	3.25	6.50	
0202170003	CLAVOS ( PROMEDIO)	kg		2.0000	2.72	5.44	
0230180012	CONCRETO DE FIJACIÓN DE POSTES F' C = 245 KG/CM2	m3		0.0326	300.00	9.78	
0243510063	PALOS DE D= 2" (LARGUEROS)	m		1.5000	3.90	5.85	
0243510064	PALOS DE EUCALIPTO L= 2.30 M (POSTES)	pa		1.0000	9.00	9.00	
0244030029	TRIPLAY DE 4'x8'x 9 mm	pln		0.8000	35.80	28.64	
<b>65.21</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.27	0.16	
<b>0.16</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.8 Partida Señalización y Seguridad de Obra

Partida		SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DE OBRA					
Rendimiento	mes/DIA	0.0900	EQ. 0.0900	Costo unitario directo por : mes		2.101.90	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	8.8889	16.34	145.24	
0147010004	PEON	hh	1.0000	88.8889	10.89	968.00	
<b>1.113.24</b>							
<b>Materiales</b>							
0202170003	CLAVOS ( PROMEDIO)	kg		0.1550	2.72	0.42	
0230480034	CINTA PARA SEÑALIZACIÓN DE PELIGRO	m		150.0000	0.33	49.50	
0230700085	CIRCULINA DE 12 EQUIPADA	und		3.0000	130.00	390.00	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		5.1000	4.20	21.42	
0254450089	PINTURA PARA TRAFICO	gln		4.0000	104.00	416.00	
<b>877.34</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		10.0000	1.113.24	111.32	
<b>111.32</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.9 Partida Limpieza de Superficies en Pilotes de Concreto sobre Agua

Partida		LIMPIEZA DE SUPERFICIES EN PILOTES DE CONCRETO SOBRE AGUA					
Rendimiento	und/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : und		125.07	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	16.34	1.31	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	13.62	10.90	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	12.06	9.65	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.8000	10.89	8.71	
<b>30.57</b>							
<b>Materiales</b>							
0205010003	ARENA DE RIO	m3		0.1000	25.31	2.53	
<b>2.53</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	30.57	1.53	
0348010002	COMPRESORA NEUMATICA 250.330 PCM. 87 HP	hm	1.0000	0.8000	73.55	58.84	
0348010093	PISTOLA Y MANGUERAS	hm	0.4500	0.3600	10.00	3.60	
0348010024	BOTE CON REMOS	hm	1.0000	0.8000	35.00	28.00	
<b>91.97</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.10 Partida Inspección de Daños en Pilotes de Concreto sobre Agua

Partida	03.02 INSPECCIÓN DE DAÑOS EN PILOTES DE CONCRETO SOBRE AGUA					
Rendimiento	und/DIA	40.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : und	20.87	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.2000	16.34	3.27
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	13.62	2.72
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.4000	10.89	4.36
<b>10.35</b>						
<b>Equipos</b>						
0311010070	REFLECTOR ACUATICO	hm	1.0000	0.2000	15.00	3.00
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.35	0.52
0349100024	BOTE CON REMOS	hm	1.0000	0.2000	35.00	7.00
<b>10.52</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.11 Partida Plataforma de Trabajo Bajo el Muelle

Partida	03.03 PLATAFORMA DE TRABAJO BAJO EL MUELLE					
Rendimiento	und/DIA	0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : und	3.015.40	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	1.6000	16.34	26.14
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	16.0000	13.62	217.92
0147010004	PEON	hh	2.0000	32.0000	10.89	348.48
<b>592.54</b>						
<b>Materiales</b>						
0202460091	PERNO C/TUERCA GALVANIZADA	jgo		48.0000	9.75	468.00
0229500091	SOLDADURA	kg		1.0000	12.35	12.35
0230220011	TECKNOPORT 3' X 2.40 X 1.20 M	pln		10.0000	44.00	440.00
0239020044	CILINDROS	und		6.0000	65.00	390.00
0244010039	MADERA PINO	p2		105.6000	9.10	960.96
0254060000	PINTURA ANTICORROSIVA	gln		0.8600	45.50	39.13
0254430001	AGUARRAS	gln		0.2000	15.85	3.17
<b>2.313.61</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		10.0000	592.54	59.25
0348210004	SOLDADORA	hm	0.5000	8.0000	6.25	50.00
<b>109.25</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.12 Partida Pilotes de Acero D=1067mm con E=20mm

Partida	04.01 PILOTES DE ACERO D = 1067 MM E = 20 MM					
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und	18.000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Materiales</b>						
0252870015	PILOTE REVESTIDO D = 1067 MM Y E = 20 MM	m		20.0000	900.00	18.000.00
<b>18.000.00</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.13 Habilitación de Pilotes de Acero

Parada		04.02 HABILITACIÓN DE PILOTES DE ACERO					
Rendimiento	und/DIA	21.0000	EO. 21.0000	Costo unitario directo por : und		155.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
014700029	SOLDADOR.	hh	1.0000	0.3810	13.04	4.97	
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0381	16.34	0.62	
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.7619	13.62	10.38	
0147010004	FEON	hh	3.0000	1.1429	10.89	12.45	
						<b>28.42</b>	
<b>Materiales</b>							
0205560003	FRUEBAS DE SOLDADURA	und		0.0500	35.00	1.75	
0229500091	SOLDADURA	kg		0.7500	12.35	9.26	
0230250000	MASILLA EPOXICA	grn		0.5500	163.15	106.05	
0257000005	FLANCHA DE ACERO	kg		1.7700	3.51	6.21	
						<b>123.27</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	28.42	1.42	
0348210004	SOLDADORA	hm	1.0000	0.3810	6.25	2.38	
0348210053	ESMERIL MANUAL	hm	1.0000	0.3810	0.70	0.27	
						<b>4.07</b>	

Figura J.14 Transporte y Manipuleo de Pilotes

Parada		04.03 TRANSPORTE Y MANIPULEO DE PILOTES					
Rendimiento	ton/DIA	9.0000	EO. 9.0000	Costo unitario directo por : ton		471.44	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2500	0.2222	16.34	3.63	
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.7778	13.62	24.21	
0147010004	FEON	hh	3.0000	2.6667	10.89	29.04	
						<b>56.88</b>	
<b>Materiales</b>							
0230020097	CABLE DE ACERO DE 11/2"	m		0.0400	13.65	0.55	
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		1.0000	4.20	4.20	
						<b>4.75</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	56.88	2.84	
0348040015	CAMION PLATAFORMA 6x4 300 HP 19 TON.	hm	1.0000	0.8889	210.69	187.28	
0349610064	GRUA 155 HP 35 TN	hm	1.0000	0.8889	247.15	219.69	
						<b>409.81</b>	

Figura J.15 Partida Hinca de Pilotes

Partida	04.04 HINCA DE PILOTES DE ACERO						
Rendimiento	und/DIA	2.0000	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		4.335.49	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.4000	16.34	6.54
0147010002	OPERARIO		hh	4.0000	16.0000	13.62	217.92
0147010004	FEON		hh	4.0000	16.0000	10.89	174.24
0147030034	BUZO		hh	0.2500	1.0000	35.00	35.00
0147030056	AUXILIAR DE BUZO		hh	0.2500	1.0000	15.00	15.00
<b>448.70</b>							
<b>Materiales</b>							
0229610002	PROTECCIÓN QUÍMICA EN PILOTE		und		1.0000	130.65	130.65
0230020097	CABLE DE ACERO DE 11/2"		m		0.3000	13.65	4.10
0243010003	MADERA TORNILLO		p2		5.0000	4.20	21.00
<b>155.75</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	448.70	22.44
0348010085	BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO		hm	0.2500	1.0000	10.00	10.00
0348600002	TIRFOR DE 5 TON.		hm	2.0000	8.0000	12.50	100.00
0349020092	MARTILLO DELMAG		hm	1.0000	4.0000	160.00	640.00
0349610060	GUÍA DE HINCADO		hm	1.0000	4.0000	41.25	165.00
0349610061	PLANTILLA DE HINCADO		hm	1.0000	4.0000	15.00	60.00
0349610064	GRUA 155 HP 35 TN		hm	1.0000	4.0000	247.15	988.60
0349610066	BARCAZA DE APOYO		hm	1.0000	4.0000	250.00	1.000.00
0349610067	REMOLCADOR		hm	1.0000	4.0000	180.00	720.00
0349900051	EQUIPO DE BUCEO SUBMARINO		hm	0.2500	1.0000	25.00	25.00
<b>3.731.04</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.16 Partida Prueba de Carga

Partida	04.05 PRUEBAS DE CARGA						
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und		7.635.21	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.8000	16.34	13.07
0147010002	OPERARIO		hh	4.0000	32.0000	13.62	435.84
0147010004	FEON		hh	4.0000	32.0000	10.89	348.48
<b>797.39</b>							
<b>Materiales</b>							
0202970042	ELEMENTOS DE FIJACIÓN Y APOYO TEMPORAL (ACER HE				2.0000	375.00	750.00
0230020097	CABLE DE ACERO DE 11/2"		m		10.0000	13.65	136.50
0243010003	MADERA TORNILLO		p2		5.0000	4.20	21.00
0257000005	PLANCHA DE ACERO		kg		75.0000	3.51	263.25
<b>1.170.75</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	797.39	39.87
0348600002	TIRFOR DE 5 TON.		hm	2.0000	16.0000	12.50	200.00
0348830003	GATA HIDRAULICA DE 400 TN INCLUYE MANOMETRO:		hm	1.0000	8.0000	375.00	3.000.00
0349610061	PLANTILLA DE HINCADO		hm	1.0000	8.0000	15.00	120.00
0349610064	GRUA 155 HP 35 TN		hm	1.0000	8.0000	247.15	1.977.20
0349610068	GUÍA DE HINCADO		hm	1.0000	8.0000	41.25	330.00
<b>5.667.07</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.17 Partida Protección de Pilotes

Partida	04.06 PROTECCIÓN DE PILOTES					
Rendimiento	und/DIA	3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : und		162.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.5333	16.34	8.71
0147010002	OFERARIO	hh	1.0000	2.6667	13.62	36.32
0147030056	AUXILIAR DE BUZO	hh	1.0000	2.6667	15.00	40.00
<b>85.03</b>						
<b>Materiales</b>						
0205010003	ARENA DE RIO	m3		0.6005	25.31	15.20
0229610003	PROTECCIÓN TPO COLMADUR.	gln		0.1500	120.00	18.00
<b>33.20</b>						
<b>Equipos</b>						
0311010070	REFLECTOR ACUATICO	hm	0.1000	0.2667	15.00	4.00
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	85.03	4.25
0349010092	COMPRESORA 250 330 P.C.M. 87 HP	hm	0.1000	0.2667	73.55	19.62
0349010093	PISTOLA Y MANGUERAS	hm	0.1000	0.2667	10.00	2.67
0349100023	BOTE EQUIPADO PARA BUCEO	hm	0.1500	0.4000	35.00	14.00
<b>44.54</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.18 Partida Concreto Fc = 350 kg/cm2

Partida	04.07 CONCRETO F'c=350 KG/CM2 CON CEMENTO TIPO V					
Rendimiento	m3/DIA	36.0000	EQ. 36.0000	Costo unitario directo por : m3		485.18
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0222	16.34	0.36
0147010002	OFERARIO	hh	2.0000	0.4444	13.62	6.05
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.4444	12.06	5.36
0147010004	PEON	hh	5.0000	1.1111	10.89	12.10
<b>23.87</b>						
<b>Materiales</b>						
0221990024	CONCRETO FRE-MEZCLADO 350 KG/CM2	m3		1.0300	345.00	355.35
0230860082	ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN	L		5.0000	12.00	60.00
<b>415.35</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	23.87	1.19
0349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50'	hm	2.0000	0.4444	6.34	2.82
0349150017	GRUPO ELECTROGENO 75 KW	hm	0.4000	0.0889	21.95	1.95
0349510094	BOMBA DE CONCRETO	m3		1.0000	40.00	40.00
<b>45.96</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Figura J.19 Partida Acero de Refuerzo  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Partida	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$ , GRADO 60					
Pendimiento	kg/DIA	350.0000	EO. 350.0000	Costo unitario directo por : kg	3.81	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.34	0.04
0147010002	OFERARIO	hh	1.0000	0.0229	13.62	0.31
0147010004	FEON	hh	1.0000	0.0229	10.89	0.25
<b>0.60</b>						
<b>Materiales</b>						
0202040009	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0800	2.72	0.22
0203000032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO	kg		1.0500	2.72	2.86
<b>3.08</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.60	0.03
0348950009	CIZALLA MANUAL	hm	0.5000	0.0114	8.75	0.10
<b>0.13</b>						

Fuente: Elaboración Propia