

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**CIMENTACION CON PILOTES EN MUELLE
NAUTICO DEL CLUB REGATAS LIMA – SEDE
CHORRILLOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

ELVIS STIB TORRES AYALA

Lima- Perú

2014

	Pág.
RESUMEN	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	7
INTRODUCCION	10
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	11
1.1 USO DE PILOTES	11
1.2 CLASIFICACIÓN DE PILOTES	11
1.3 CONSIDERACIONES GEOTECNICAS	12
1.3.1 Capacidad de Soporte en Pilotes Hincados	12
1.3.2 Fórmulas Dinámicas	29
1.3.3 Pilotes sometidos a sollicitaciones Especiales	31
1.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PILOTES	36
1.4.1 Columnas de Concreto Armado sometidos a Flexión Biaxial	36
1.5 FUERZAS DE EMPUJE LATERAL	44
1.5.1 Fuerzas Generadas por el Viento	44
1.5.2 Fuerzas Generadas por las Corrientes	45
1.5.3 Fuerzas Generadas por las Olas	45
CAPÍTULO II. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	47
2.1 INVESTIGACIONES EFECTUADAS	47
2.1.1 Investigaciones y Ensayos de Campo	47
2.1.2 Condiciones Geotécnicas del Área	47
2.2 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	50
2.2.1 Tipo y Profundidad de los Cimientos	50
2.2.2 Calculo de la Capacidad Portante	51
2.3 CONSIDERACIONES PARA LA DEFINICIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	53
2.4 FORMULAS DINAMICAS	53
CAPÍTULO III. DISEÑO DE PILOTES DE CONCRETO ARMADO	55

3.1	MODELAMIENTO DEL MUELLE	55
3.2	DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LOS PILOTES	55
3.3	METRADO DE CARGAS	59
3.4	PREDIMENSIONAMIENTO DEL PILOTE	61
3.5	PARAMETROS Y FUERZA DE SISMO (E)	61
3.6	FUERZAS DE EMPUJE LATERAL	63
3.6.1	Fuerza del Viento	63
3.6.2	Fuerza de la Corriente	63
3.6.3	Fuerza de las Olas	63
3.7	EVALUACION PRELIMINAR CON LA FUERZA DE SISMO	64
3.8	NUCLEOS DE CONCRETO	66
3.9	DISEÑO DE PILOTES INCLINADOS	69
3.10	DISEÑO DE PILOTES VERTICALES	73
3.11	CHEQUEO DEL IZAJE	79
3.12	VERIFICACION DE DEFORMACIONES	81
	CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
4.1	CONCLUSIONES	82
4.2	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia muestra las metodologías para el diseño de pilotes de concreto armado, así como los procedimientos para el cálculo teórico de la capacidad portante del suelo.

Estas metodologías y procedimientos se utilizaron como parte de la memoria de cálculo del proyecto realizado para el Club Regatas Lima – Sede Chorrillos, en el diseño del Muelle Náutico.

El contenido del presente Informe de Suficiencia, se basa en una recopilación de temas y métodos elaborados por diferentes autores en diferentes ámbitos de la Ing. Civil.

En la primera parte de este trabajo muestra los criterios teóricos a considerar en lo correspondiente al ámbito geotécnico y estructural. También se enfocan ciertos temas para condiciones especiales en el diseño de Pilotes. En lo referente al aspecto geotécnico, se muestran diversos procedimientos según lo propuesto por diversos autores, los cuales son aplicados en suelos granulares y/o cohesivos. Luego, se da un enfoque del método utilizado para el diseño de Columnas a flexo compresión biaxial, ya que estos elementos representan en forma más adecuada, el comportamiento de los pilotes hincados con fines de construcción de muelles. En la segunda parte, se muestra el desarrollo del aspecto geotécnico del proyecto mencionado, en donde lo más resaltante es la capacidad portante teórica que el suelo posee. Se hace un resumen de los diversos ensayos realizados y su aplicación.

En el Capítulo Tres, se muestra a manera de detalle todo el procedimiento para el diseño de los pilotes de concreto armado. Para ello se consideran los procedimientos indicados en el capítulo uno, no dejando de lado el aspecto sísmico.

En los anexos adjuntos al presente Informe de Suficiencia, se presentan los planos correspondientes al proyecto, así como los detalles correspondientes a los resultados obtenidos.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Factor de capacidad de carga de Berezantzev, N_q	14
Figura 1.2 Variación de los valores máximos de N_c^* y N_q^* con el ángulo de fricción del suelo ϕ	15
Figura 1.3 Factores de capacidad de apoyo de Janbu	18
Figura 1.4 Variación de N_q^* con L/D	19
Figura 1.5 Compactación de arena cercana a pilotes hincados	20
Figura 1.6 Resistencia por fricción unitaria para pilotes en arena	21
Figura 1.7 Variación de K con L/D	23
Figura 1.8 Factores de adhesión para los pilotes hundidos en arcilla	25
Figura 1.9 Variación de λ con la longitud de empotramiento de un pilote	26
Figura 1.10 Aplicación del método λ en el suelo estratificado	27
Figura 1.11 Variación de α con la cohesión no drenada de una arcilla	28
Figura 1.12 Casos de Rozamiento Negativo	32
Figura 1.13 Empujes horizontales producidos por cargas superficiales	35
Figura 1.14 Condiciones de apoyo para el cálculo de esfuerzos en los pilotes	35
Figura 1.15 Excentricidad de la carga axial respecto a los ejes X e Y	37
Figura 1.16 Superficie de interacción de una columna sometida a flexión biaxial	37
Figura 1.17 Esfuerzos y deformaciones en una sección de una columna sometida a flexión biaxial	38
Figura 1.18 Superficie de Falla	39
Figura 1.19 Superficie de Falla Recíproca	39
Figura 1.20 Principio del Método de Bresler	40
Figura 1.21 Principio del método del contorno de carga	42
Figura 1.22 Contorno de Carga	42
Figura 1.23 Grafica para la determinación del parámetro β	43
Figura 3.01 Modelo Tridimensional del Muelle	55
Figura 3.02 Sección Transversal del Muelle Proyectado	57
Figura 3.03 Distribución General de las Estructuras del Muelle	58
Figura 3.04 Distribución de Pilotes en la Zona V	59
Figura 3.05 Núcleo de Concreto en la Zona V	66

Figura 3.06 Distribución de Pilotes en la Zona III	73
Figura 3.07 Distribución de Pilotes en la Zona IV	77

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Valores de K_s y δ	13
Tabla 1.2 Valores de I_r	17
Tabla 1.3 Valores de K	22
Tabla 2.1 Propiedades Físico – Mecánicas de los Suelos	49
Tabla 2.2 Parámetros Geotécnicos para el Diseño	50
Tabla 3.1 Longitudes de los Pilotes por Zonas	56

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- Q_u : Capacidad de Carga Ultima en el pilote
- Q_p : Capacidad de Carga en la punta del pilote
- Q_f : Capacidad de Carga por fricción lateral del pilote
- A_b : Área de la Punta.
- p_d : Presión efectiva de sobrecarga a nivel de la base del Pilote.
- N_q^* : Factor de capacidad de carga de Berzantsev
- K_s : Coeficiente de presión del suelo
- A_s : Superficie del pilote enterrado
- δ : Angulo de fricción suelo – pilote
- ϕ : Angulo de fricción del suelo
- σ_0 : Esfuerzo normal medio del terreno al nivel de la punta del pilote.
- K_0 : Coeficiente de presión de tierra en reposo
- N_c^*, N_σ^* : Factores de capacidad de carga
- c : Cohesión
- I_{rr} : Índice de rigidez reducida para el suelo,
- I_r : Índice de rigidez
- E_s : Modulo de elasticidad del suelo
- μ_s : Relación de Poisson del suelo
- G_s : Modulo de cortante del suelo
- : Deformación unitaria promedio en la zona plástica debajo de la punta del pilote
- q' : Esfuerzo vertical efectivo en la punta del pilote
- : Factor de capacidad de carga.
- K : Coeficiente efectivo de tierra.
- σ'_v : Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración
- C_r : Compacidad relativa (%)
- \bar{N}_{cor} : Valor corregido promedio de la resistencia de la penetración estándar
- $\bar{\sigma}'_v$: Presión de sobrecarga efectiva promedio.
- p : Perímetro de la sección del pilote
- C_b : Fuerza cortante no alterada en la base
- A_b : Área de la punta
- α : Factor de adhesión
- A_s : Área de la superficie del cuerpo del pilote

C_u	: Resistencia cortante media no drenada
ϕ_R	: Angulo de fricción drenada de la arcilla remoldeada
OCR	: Tasa de pre consolidación
E	: Energía por golpes en metros – Tonelada
P_m	: Peso del Martillo
s	: Rechazo
W_r	: Peso del Martillo
W_p	: Peso del Pilote
s	: rechazo
e	: Coeficiente de restitución de impacto
E	: Energía por golpes en metros – Tonelada
P_m y P_p	: Pesos del mazo y del pilote respectivamente.
η	: Coeficiente de rendimiento del martinete
e	: Coeficiente de restitución de impacto.
$\delta_{es}, \delta_{ep}, \delta_{et}$: Deformaciones elásticas del sombrerete del pilote y del terreno
Q_{adm}	: Carga última previsible en el pilote
E	: Energía por golpe correspondiente al martillo usado
R	: Peso del pistón del martillo
c	: Factor de elasticidad del pilote y suelo
L	: Longitud del pilote a hincar
S	: Penetración promedio por golpe
Q	: Peso del pilote a hincar
K'	: Coeficiente de presión de tierra
σ'_v	: Esfuerzo vertical efectivo a cualquier profundidad
$\gamma_f z$: Peso específico efectivo del relleno
H_f	: Altura del relleno
K	: Factor de forma
B_r	: Área proyectada en la sección transversal del pilote
V_c	: Velocidad de la corriente
P_i	: Carga Axial nominal aproximada bajo excentricidades e_x y e_y .
P_{nx}	: Carga Axial nominal bajo excentricidad e_y en una sola dirección.
P_{ny}	: Carga Axial nominal bajo excentricidad e_x en una sola dirección.
P_0	: Carga Axial nominal bajo excentricidad nula.
M_{nx}	: Momento resistente nominal en la dirección X.

- M_{nox} : Momento resistente nominal en la dirección X sin excentricidad en la otra dirección.
- M_{ny} : Momento resistente nominal en la dirección Y.
- M_{noy} : Momento resistente nominal en la dirección Y sin excentricidad en la otra dirección.
- α : Exponente que depende de la geometría de la sección transversal, del porcentaje, distribución y resistencia del acero y de la resistencia del concreto
- F_v : Fuerza del Viento
- ρ_a : Densidad del Aire
- C_a : Coeficiente de resistencia del aire
- V : Velocidad del Viento
- A : Área expuesta o superficie que tendrá impacto directo contra el viento
- F_c : Fuerza de la Corriente
- ρ_m : Densidad del agua salada
- C_a : Coeficiente de Arrastre del aire
- V : Velocidad de la Corriente
- A : Área expuesta o superficie que tendrá impacto directo contra el viento
- F_o : Fuerza Generada por las Olas
- F_{wd} : Fuerza de deriva
- F_d : Fuerza de arrastre

INTRODUCCION

Como parte de la mejora y ampliación del Muelle Náutico que forma parte de las instalaciones del Club Regatas Lima – Sede Chorrillos, se encargó el desarrollo del Expediente Técnico a Nivel de Detalle a la Empresa CEFOISA Ingenieros con el fin de contar con toda la información necesaria para su construcción.

El proyecto consta de dos etapas bien diferenciadas; la demolición de un muelle náutico existente, el cual se encuentra en mal estado estructural y, la construcción de un nuevo muelle en concreto armado.

El nuevo muelle proyectado consta de una estructura superior basado en vigas longitudinales, vigas transversales y losas de concreto armado, las cuales están soportados sobre pilotes de concreto tanto verticales e inclinados.

Es precisamente este el tema del presente Informe de Suficiencia, en el cual abordamos los conceptos básicos para el diseño de elementos esbeltos en concreto armado, ya que los pilotes de concreto cumplen esta definición.

Los criterios utilizados para el análisis y diseño, corresponden a los de una columna esbelta. Es así que toda la metodología empleada corresponde a criterios desarrollados para este tipo de elementos estructurales, claro que también se han considerados algunos criterios adicionales, los cuales serán mencionados durante el desarrollo del presente informe.

Es importante indicar que en el caso de los pilotes inclinados, estos están configurados para construirse conjuntamente con elementos masivos (núcleos de concreto) los cuales sirven para incrementar la resistencia lateral de todo el conjunto.

Toda la estructura del muelle proyectado, se ha dividido en sectores que corresponden a diferentes profundidades y diferentes usos. Por lo que a lo largo del presente informe, se hará hincapié en este hecho, teniéndose para ello los esquemas y planos para su mejor entendimiento.

CAPÍTULO I MARCO TEORICO

1.1 USO DE PILOTES

Las cimentaciones por pilotaje se utilizan cuando sucede alguna de las siguientes condiciones:

- El estrato o estratos superiores del suelo son altamente compresibles y demasiado débiles para soportar la carga transmitida por la superestructura.
- Se quieren reducir o limitar los asentos del edificio.
- Existe peligro inminente de licuación de suelos, es decir, presencia de arenas sueltas y nivel freático alto.
- Presencia de suelos colapsables.
- La permeabilidad u otras condiciones del terreno impiden la ejecución de cimentaciones superficiales.
- Las cargas son muy fuertes y concentradas.
- Hay presencia de suelos expansivos, las cimentaciones con pilotes se consideran como una alternativa cuando éstos se extienden más allá de la zona activa de expansión y contracción.
- Las cimentaciones de algunas estructuras están sometidas a fuerzas de levantamiento.
- Hay presencia de fuerzas horizontales, las cimentaciones con pilotes resisten por flexión mientras soportan aún la carga vertical transmitida por la súper estructura.
- Se quiere evitar los daños que puede sufrir una futura excavación a la cimentación de una edificación adyacente; en este caso el pilote lleva la carga de la cimentación debajo del nivel de excavación esperado.
- Se desea proteger estructuras marinas como muelles, atracaderos contra impactos de barcos u objetos flotantes.

1.2 CLASIFICACIÓN DE PILOTES

1.2.1 Según el material

- a. Pilotes de acero
- b. Pilotes de concreto

- c. Pilotes de madera
- d. Pilotes compuestos

1.2.2 Según el sistema de construcción

Según el sistema de construcción, los pilotes pueden ser:

- a. Pilotes hincados
- b. Pilotes hincados y vaciados in situ
- c. Pilotes de gato
- d. Pilotes perforados y vaciados in situ
- e. Pilotes mixtos
- f. Cajones de cimentación (Caissons)

1.3 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

Se debe tener mucho cuidado al momento de considerar los parámetros geotécnicos para el cálculo de las cimentaciones. La incertidumbre para la elección de los mismos obliga a conocer detalladamente el comportamiento de los suelos a fin de elegir correctamente dichos parámetros.

En este capítulo se detallan las formulas y correlaciones para el cálculo de la eficiencia en grupo y la capacidad última de pilotes tanto hincados como perforados.

1.3.1 Capacidad de soporte en pilotes hincados

A. Pilotes hincados sobre suelos no cohesivos

- Método basado en la prueba de penetración estándar

La base del método “estático” o de mecánica de suelos para calcular la capacidad de carga final de un pilote es que, la capacidad de carga final es igual a la suma de la resistencia última de la base del pilote y la fricción superficial final a lo largo del cuerpo del pilote enterrado. Esto se expresa con la ecuación:

$$Q_u = Q_p + Q_f \quad (1.3 - 1)$$

Donde:

Q_p : Capacidad de Carga en la punta del pilote

Q_f : Capacidad de Carga por fricción lateral del pilote

Al conocer el ángulo de resistencia al cortante del suelo a nivel de la base, se puede calcular Q_b con la ayuda de la ecuación general de

Terzaghi, omitiendo el término $0.4\gamma BN_y$, dado que el diámetro del pilote es pequeño en relación con su profundidad.

Entonces la resistencia neta unitaria en la punta será:

$$Q_p = A_b p_d N_q^* \quad (1.3 - 2)$$

Donde:

A_b : Área de la Punta.

p_d : Presión efectiva de sobrecarga a nivel de la base del Pilote.

N_q^* : Factor de capacidad de carga de Berzantsev (en función de ϕ).

La fricción total última superficial del pilote se obtiene con la expresión general:

$$Q_s = \bar{K}_s p_d A_s \tan \delta \quad (1.3 - 3)$$

Donde:

K_s : Coeficiente de presión del suelo

A_s : Superficie del pilote enterrado

δ : Angulo de fricción suelo – pilote

Tabla 1.1 Valores de K_s y δ

Material del Pilote	δ	Valores de K_s	
		Densidad relativamente baja	Densidad relativamente alta
Acero	20°	0.5	1
Concreto	$\frac{3}{4} \phi$	1.0	2
Madera	$\frac{2}{3} \phi$	1.5	4

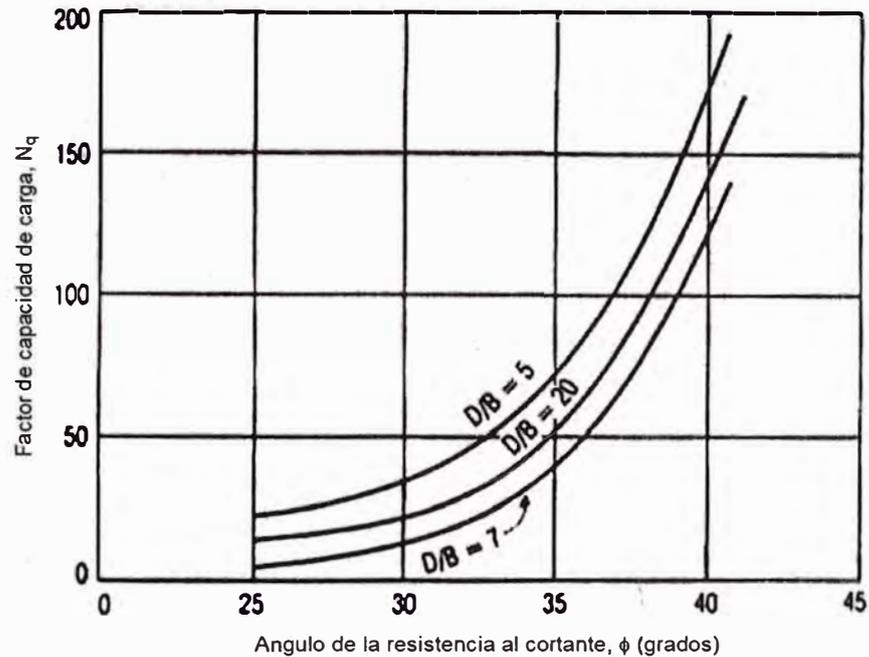


Figura 1.1 Factor de capacidad de carga de Berezantzev, N_q

- Método de Meyerhof

La capacidad de carga por punta de un pilote en arena según Meyerhof toma como referencia la ecuación de Terzaghi, asumiendo la forma simplificada siguiente:

$$Q_p = A_p Q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.3 - 4)$$

Sin embargo Q_p no debe exceder el valor límite $A_p q_1$, o sea:

$$Q_p = A_p q' N_q^* \leq A_p q_1 \quad (1.3 - 5)$$

La resistencia de punta límite es:

$$q_1 \left(\frac{KN}{m^2} \right) = 50 N_q^* \tan \phi \quad (1.3 - 6)$$

Donde:

ϕ : Angulo de fricción del suelo en el estrato de apoyo.

Con base en observaciones de campo, Meyerhof (1976) sugirió también que la resistencia de punta última Q_p en un suelo granular homogéneo se obtenga de los resultados de ensayos de penetración estándar como:

$$Q_p \left(\text{KN}/\text{m}^2 \right) = 40N_{cor} L/D \leq 400N_{cor} \quad (1.3 - 7)$$

Donde:

N_{cor} : Valor de penetración estándar corregido promedio cerca de la punta del pilote (aproximadamente) 10D arriba y 4D debajo de la punta del pilote)

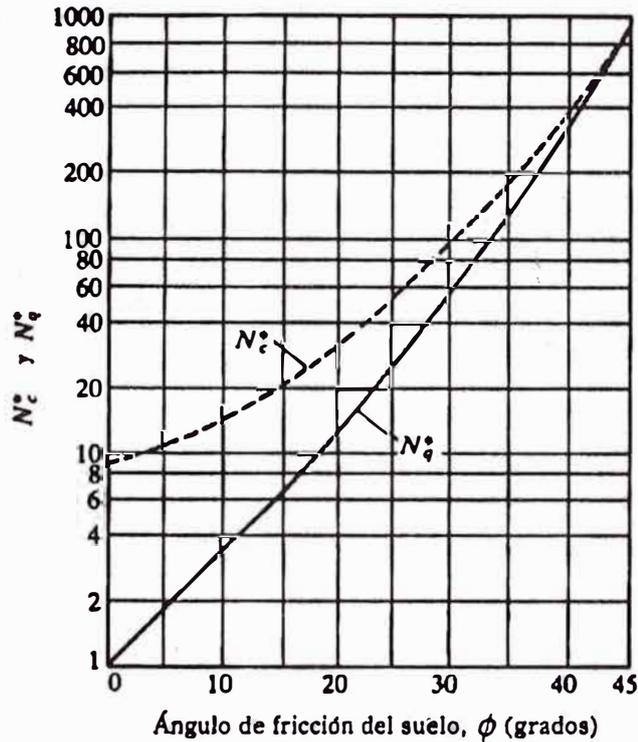


Figura 1.2 Variación de los valores máximos de N_c^* y N_q^* con el ángulo de fricción del suelo ϕ (según Meyerhof, 1976)

- Método de Vesic

Vesic (1977) propuso un método para estimar la capacidad de carga de punta de un pilote con base en la teoría de expansión de cavidades. De acuerdo con esta, basada en parámetros de esfuerzo efectivo,

$$Q_p = A_p (cN_c^* + \sigma_0 N_q^*) \quad (1.3 - 8)$$

Donde:

σ_0 : Esfuerzo normal medio del terreno al nivel de la punta del pilote.

$$\sigma_0 = \left(\frac{1+2K_0}{3} \right) q' \quad (1.3 - 9)$$

Donde:

K_0 : Coeficiente de presión de tierra en reposo = $1 - \text{sen}\phi$

N_c^* , N_σ^* : Factores de capacidad de carga

c : Cohesión

La ecuación anterior, es una modificación de la ecuación de Terzaghi con:

$$N_c^* = \frac{3N_q^*}{1+2K_0} \quad (1.3 - 10)$$

También,

$$N_c^* = (N_q^* - 1) \cot\phi \quad (1.3 - 11)$$

De acuerdo con la teoría de Vesic,

$$N_\sigma^* = f(I_{rr}) \quad (1.3 - 12)$$

Donde:

I_{rr} : Índice de rigidez reducida para el suelo,

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1+I_r\Delta} \quad (1.3 - 13)$$

Donde:

I_r : Índice de rigidez

E_s : Modulo de elasticidad del suelo

μ_s : Relación de Poisson del suelo

G_s : Modulo de cortante del suelo

Δ : Deformación unitaria promedio en la zona plástica debajo de la punta del pilote

Para condiciones sin cambio de volumen (arena densa o arcilla saturada), $\Delta = 0$, por lo que.

$$I_{rr} = I_r \quad (1.3 - 14)$$

$$N_\sigma^* = \frac{4}{3} [\ln(I_{rr}) + 1] + \frac{\pi}{2} + 1 \quad (1.3 - 15)$$

Los valores de I_r se obtienen mediante pruebas de laboratorio de consolidación y triaxiales correspondientes a los niveles apropiados de esfuerzo. Sin embargo, para uso preliminar se recomiendan los siguientes valores:

Tabla 1.2 Valores de I_r

Tipo de Suelo	I_r
Arena	70 – 150
Limos y arcillas (condición drenada)	50 – 100
Arcillas (condición no drenada)	100 – 200

- Método de Jambu

Jambu (1976) propuso calcular Q_p con la expresión:

$$Q_p = A_p (cN_c^* + qN_q^*) \quad (1.3 - 16)$$

Vemos que la ecuación anterior tiene la misma forma que la ecuación de Terzaghi. Los factores de capacidad de carga N_c^* , N_q^* se calculan suponiendo una superficie de falla en el suelo en la punta del pilote similar a la mostrada en la Figura 1.3. Las relaciones de capacidad de carga son entonces:

$$N_q^* = \left(\tan\phi + \sqrt{(1 + \tan^2\phi)^2 (e^{2\eta'/\tan\phi})} \right) \quad (1.3 - 17)$$

El ángulo η' se define en la Figura 1.3

$$N_c^* = (N_q^* - 1) \cot\phi \quad (1.3 - 18)$$

La Figura 1.3 muestra la variación de N_c^* , N_q^* con η' y ϕ . El ángulo η' varía aproximadamente 70° en arcillas blandas y 105° aproximadamente en suelos arenosos densos.

Independientemente del procedimiento teórico usado para calcular Q_p , su magnitud plena no se obtiene sino hasta que el pilote ha penetrado

por lo menos entre 10% y 25% de su ancho. Esta profundidad es crítica en el caso de la arena.

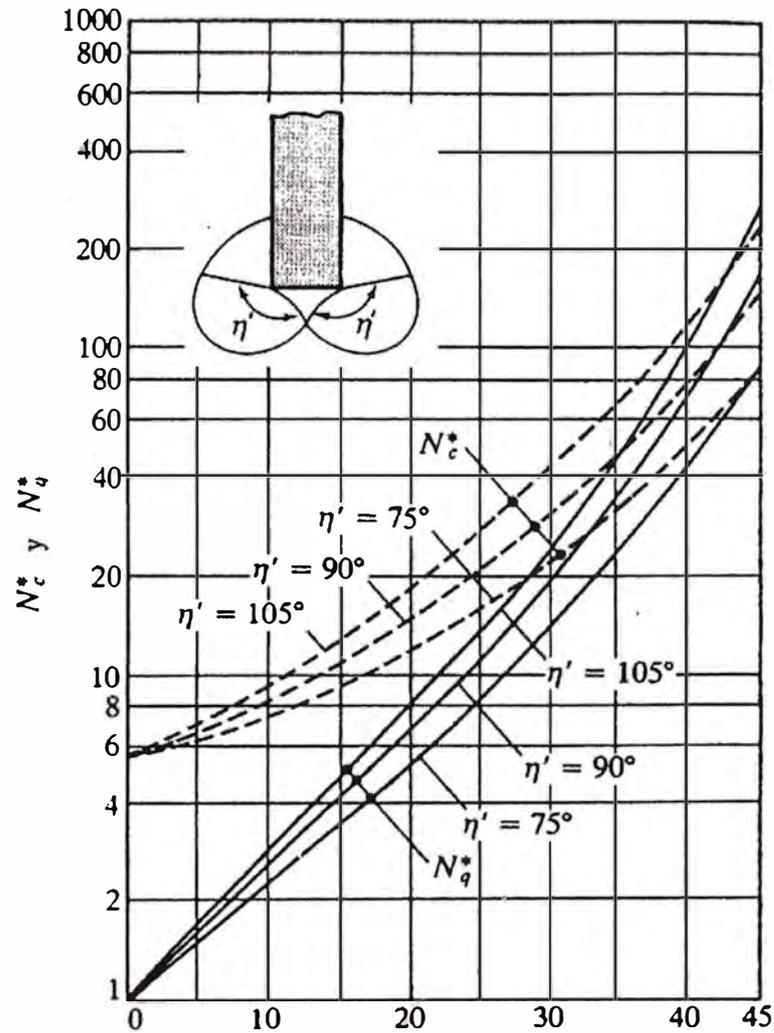


Figura 1.3 Factores de capacidad de apoyo de Janbu

- Método de Coyle y Castello

Coyle y Castello (1981) analizaron 24 pruebas de carga a gran escala en campo de pilotes hincados en arena. Con esos resultados sugirieron que en arena,

$$Q_p = q' N_q^* A_p \quad (1.3 - 19)$$

Donde:

q' : Esfuerzo vertical efectivo en la punta del pilote

N_q^* : Factor de capacidad de carga.

La Figura 1.4 muestra la variación de N_q^* con L/D y el ángulo de fricción del suelo ϕ .

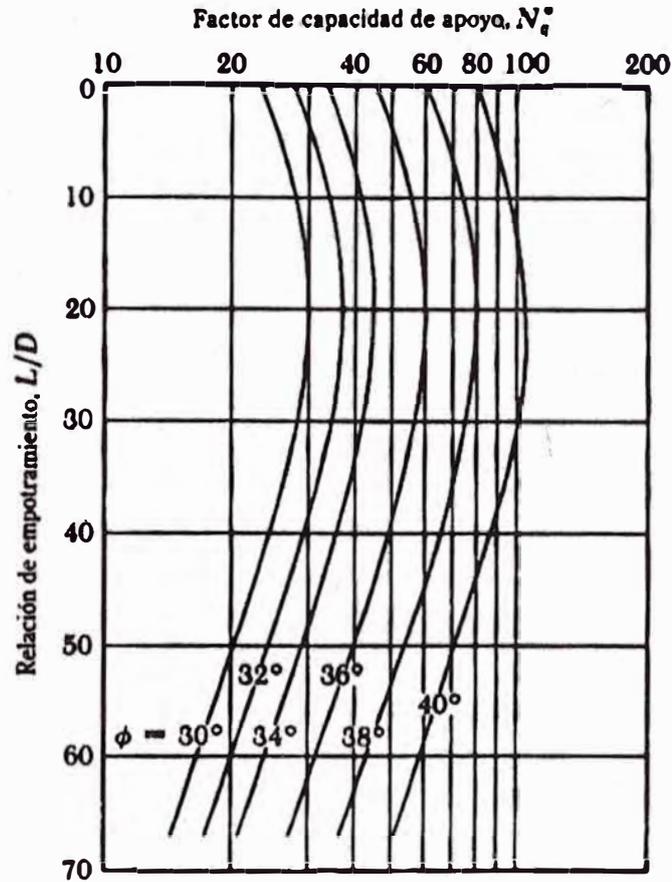


Figura 1.4 Variación de N_q^* con L/D (Según Coyle y Castello, 1981)

La resistencia lateral se expresa como:

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad (1.3 - 20)$$

La resistencia unitaria por fricción, f , es difícil de estimar. Al calcular f deben tenerse en cuenta varios factores importantes, como son:

- a. La naturaleza de la instalación del pilote. Para los hincados en arena, la vibración causada durante el hincado del pilote ayuda a densificar el suelo a su alrededor. La Figura 1.5 muestra los contornos del ángulo de fricción del suelo ϕ alrededor de un pilote hincado (Meyerhof, 1961). Note que en este caso el ángulo de fricción del suelo original fue de

32°. La zona de densificación de la arena que rodea al pilote es aproximadamente 2.5 veces el diámetro del pilote.

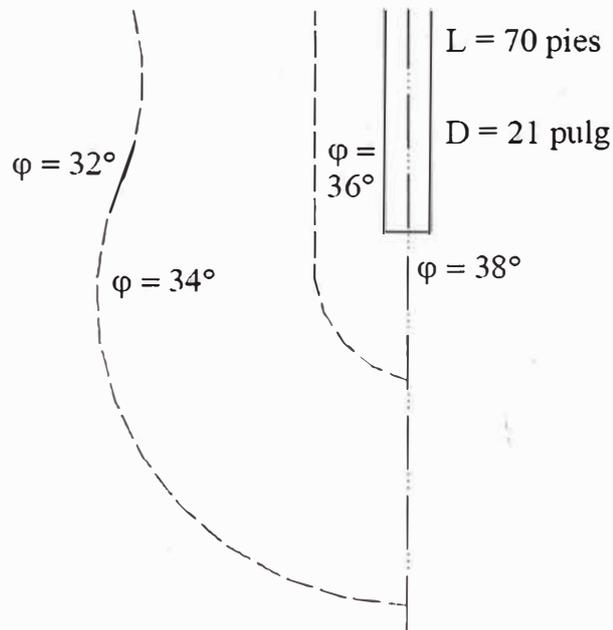


Figura 1.5 Compactación de arena cercana a pilotes hincados
(Según Meyerhof, 1961)

- b. Se ha observado que la naturaleza de la variación de f en campo es aproximadamente como muestra la Figura 1.6. La fricción unitaria superficial crece con la profundidad más o menos linealmente hasta una profundidad de L' y permanece luego constante. La magnitud de la profundidad crítica L' es de entre 15 y 20 diámetros del pilote. Una estimación conservadora sería.

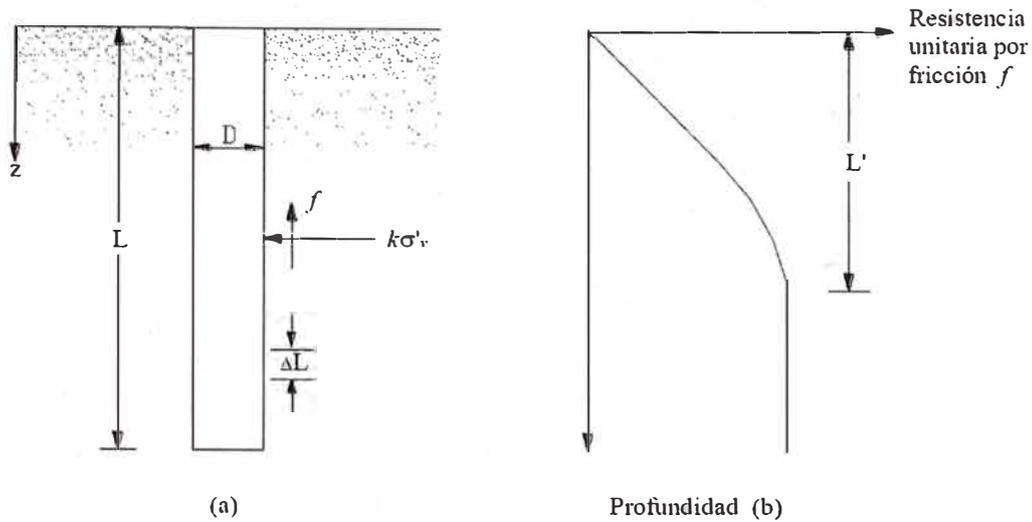


Figura 1.6 Resistencia por fricción unitaria para pilotes en arena

- c. A profundidades similares, la fricción unitaria superficial en arena suelta es mayor para un pilote de alto desplazamiento que para un pilote de bajo desplazamiento.
- d. Profundidades similares, los pilotes perforados o hincados parcialmente con chorro de agua a gran presión, tendrán una fricción unitaria superficial menor que en el caso de pilotes hincados.

Considerando los factores anteriores, se da una relación aproximada para f como sigue (Figura. 1.6)

Para $z = 0$ a L'

$$f = K\sigma'_v \tan\delta \quad (1.3 - 21)$$

Para $z = L'$ a L

$$f = f_{z=L'} \quad (1.3 - 22)$$

Donde:

K : Coeficiente efectivo de tierra.

σ'_v : Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración

δ : Angulo de fricción entre suelo y pilote

En realidad, la magnitud de K varía con la profundidad. Es aproximadamente igual al coeficiente, K_p , de presión pasiva de Rankine en la parte superior del pilote y menor que el coeficiente, K_0 , de la presión en reposo a una profundidad mayor. Con base en los resultados disponibles actualmente, los siguientes valores promedio de K son recomendados para usarse en la ecuación anterior.

Tabla 1.3 Valores de K

Tipo de Pilote	K
Perforado	$\approx K_0 = 1 - \text{Sen} \phi$
Hincado, de bajo desplazamiento	$\approx K_0 = 1 - \text{Sen} \phi$ a $1.4K_0 = 1.4(1 - \text{Sen} \phi)$
Hincado, de alto desplazamiento	$\approx K_0 = 1 - \text{Sen} \phi$ a $1.8K_0 = 1.4(1 - \text{Sen} \phi)$

Los valores de δ dados por varios investigadores parecen estar en el rango de 0.5ϕ a 0.8ϕ . Se requiere buen juicio al escoger el valor de δ .

Para pilotes hincados de gran desplazamiento, Bhusan (1982) recomendó.

$$K \tan \delta = 0.18 + 0.0065 C_r \quad (1.3 - 23)$$

$$K = 0.5 + 0.008 C_r \quad (1.3 - 24)$$

Donde:

C_r : Compacidad relativa (%)

Meyerhof (1979) también indicó que la resistencia por fricción unitaria promedio, f_{promedio} , para pilotes hincados de gran desplazamiento se obtiene con los valores de la resistencia a la penetración estándar corregida promedio como:

$$f_{\text{prom}} (KN/m^2) = 2 \bar{N}_{\text{cor}} \quad (1.3 - 25)$$

Donde:

\bar{N}_{cor} : Valor corregido promedio de la resistencia de la penetración estándar

Para pilotes de desplazamiento pequeño:

$$f_{prom}(KN/m^2) = \bar{N}_{cor} \quad (1.3 - 26)$$

Entonces:

$$Q_s = pL f_{prom} \quad (1.3 - 27)$$

Coyle y Castello (1981), propuso que:

$$Q_s = (K \bar{\sigma}'_v \tan \delta) pL \quad (1.3 - 28)$$

Donde:

$\bar{\sigma}'_v$: Presion de sobrecarga efectiva promedio.

δ : Angulo de fricción entre el suelo y el pilote ($\approx 0.80\phi$)

p : Perímetro de la sección del pilote.

El coeficiente K de presión lateral de tierra, que fue determinado por observaciones de campo, se muestra en la Figura 1.7.

$$Q_s = K \bar{\sigma}'_v \tan(0.80\phi) pL \quad (1.3 - 29)$$

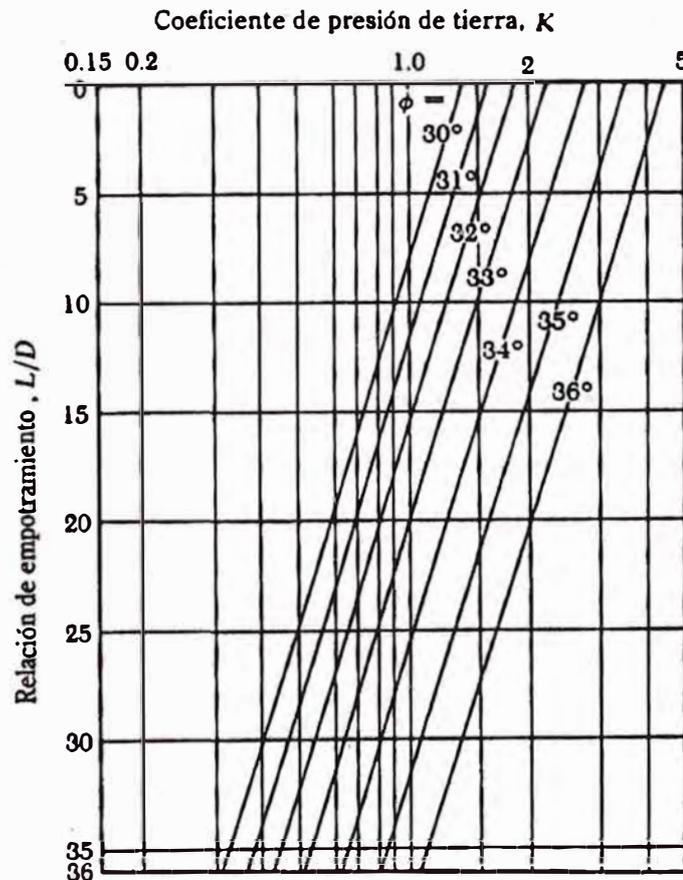


Figura 1.7 Variación de K con L/D (Según Coyle y Castello, 1981)

B. Pilotes hincados sobre suelos cohesivos.

La capacidad de carga de pilotes hundidos en materiales cohesivos tales como limos y arcillas se obtiene por la suma de la fricción superficial, entre la superficie del pilote y el suelo. La fricción superficial no necesariamente es igual a la cohesión del suelo, ya que el hundido de un pilote a un suelo cohesivo puede alterar las características físicas de este hasta una extensión importante. La fricción superficial también depende del material y de la forma del pilote.

Cálculo de la capacidad última de soporte.

La capacidad de soporte de los pilotes hundidos en arcillas y limos arcillosos es igual a la suma de la resistencia última de carga en la punta, con la fricción superficial de la parte del pilote en contacto con el suelo. La resistencia última se obtiene con la ecuación:

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1.3 - 30)$$

La capacidad por punta se obtiene con la ecuación:

$$Q_b = N_c C_b A_b \quad (1.3 - 31)$$

Donde:

C_b : Fuerza cortante no alterada en la base

A_b : Área de la punta

N_c : Factor de suelo

El factor de capacidad de carga N_c se puede considerar igual a 9 siempre y cuando el pilote sea hundido al menos cinco veces el diámetro dentro del estrato de carga.

La capacidad por fricción se obtiene con la ecuación:

$$Q_s = \alpha C_u A_s \quad (1.3 - 32)$$

Donde:

α : Factor de adhesión (véase la Figura 1.8)

A_s : Área de la superficie del cuerpo del pilote

C_u : promedio de la fuerza cortante no alterada de la arcilla adyacente al cuerpo del pilote

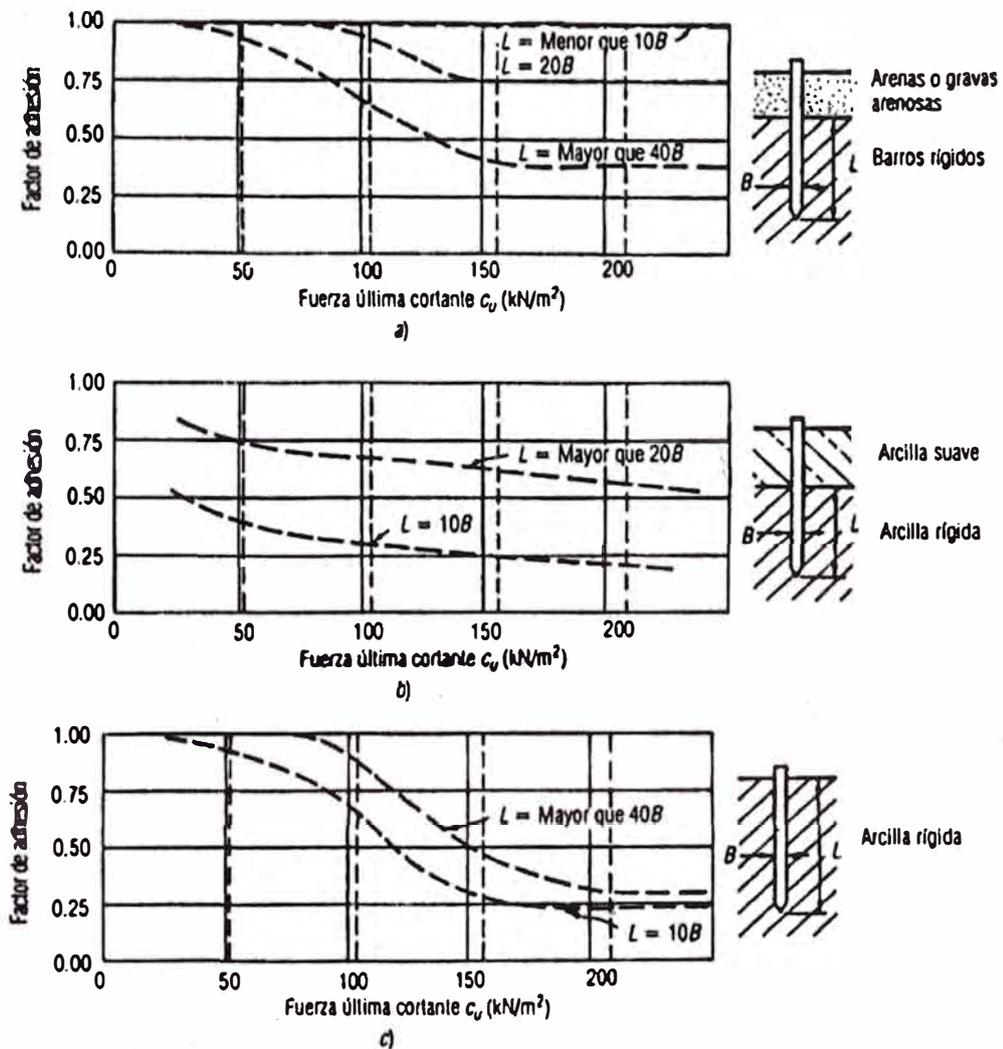


Figura 1.8 Factores de adhesión para los pilotes hundidos en arcilla.

- a) Caso 1: Pilotes hundidos a través de las arenas sobre gravas arenosas.
- b) Caso 2: Pilotes hundidos a través de una capa superior de arcilla débil.
- c) Caso 3: Pilotes sin una capa superior diferente.

- Método λ

Éste fue propuesto por Vijayverjiya y Focht (1972). Se basa en la hipótesis de que el desplazamiento del suelo causado por el hincado del pilote conduce a una presión lateral pasiva a cualquier profundidad y que la resistencia unitaria superficial promedio es:

$$f_{prom} = \lambda(\bar{\sigma}'_v - 2C_u) \quad (1.3 - 33)$$

Donde:

$\bar{\sigma}'_v$: Esfuerzo vertical efectivo medio para toda la longitud de empotramiento

C_u : Resistencia cortante media no drenada ($\phi = 0$)

El valor de λ cambia con la profundidad de penetración del pilote (Figura 1.9). La resistencia total por fricción entonces se calcula como:

$$Q_s = pL f_{prom} \quad (1.3 - 34)$$

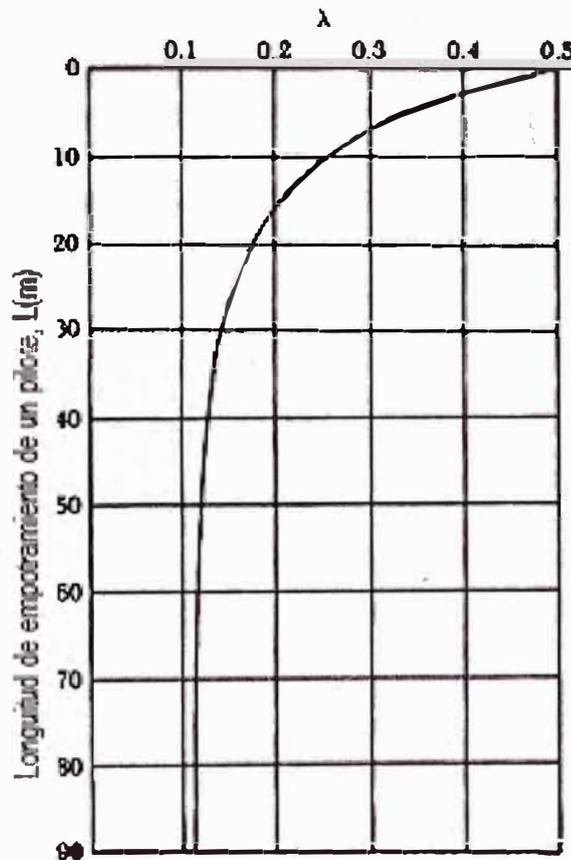


Figura 1.9 Variación de λ con la longitud de empotramiento de un pilote. (Según McClelland, 1974)

Debe tenerse cuidado al obtener los valores de $\bar{\sigma}'_v$ y C_u en suelos estratificados. La Figura 1.10 ayuda a explicar esto. De acuerdo con la Figura 1.10 (b), el valor medio de C_u

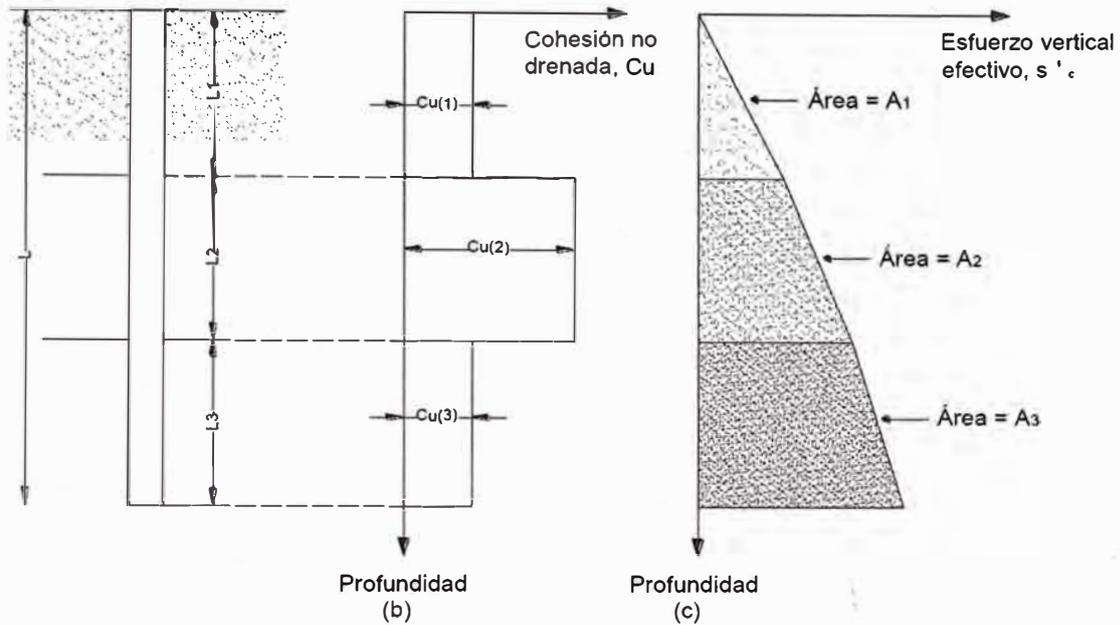


Figura 1.10 Aplicación del método λ en el suelo estratificado

- Método α

De acuerdo con éste, la resistencia unitaria superficial en suelos arcillosos se representa por la ecuación

$$f = \alpha C_u \quad (1.3 - 35)$$

Donde α = factor empírico de adhesión.

La variación aproximada del valor de α se muestra en la Figura 1.11. Se ve que para arcillas normalmente consolidadas con $C_u \leq 50 \text{ KN/m}^2$, $\alpha = 1$. Entonces

$$Q_s = \sum f p \Delta L = \sum \alpha \Delta L p C_u \quad (1.3 - 36)$$

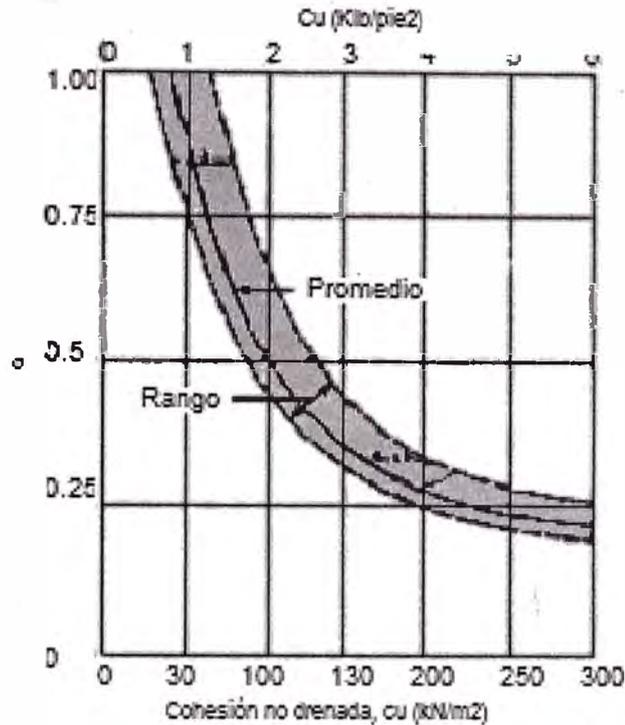


Figura 1.11 Variación de α con la cohesión no drenada de una arcilla

- Método β

Cuando los pilotes se hincan en arcillas saturadas, la presión de poros en el suelo alrededor de los pilotes aumenta; este exceso de presión de poros en las arcillas normalmente consolidadas es de 4 a 6 veces C_u . Sin embargo, en aproximadamente un mes, esta presión se disipa gradualmente. Por consiguiente, la resistencia unitaria por fricción en el pilote se determina con base en los parámetros de esfuerzo efectivo de la arcilla en estado remoldeado ($c=0$). Entonces a cualquier profundidad.

$$f = \beta \sigma'_v \quad (1.3 - 37)$$

Donde:

σ'_v : Esfuerzo vertical efectivo

β : $K \tan \phi_R$

ϕ_R : Angulo de fricción drenada de la arcilla remoldeada

K : Coeficiente de presión de la tierra.

Conservadoramente, la magnitud de K es el coeficiente de la presión de la tierra en reposo.

Para arcillas sobre consolidadas,

$$K = 1 - \text{Sen}\phi_R \quad (1.3 - 38)$$

Y para arcillas pre consolidadas

$$K = 1 - \text{Sen}\phi_R \sqrt{OCR} \quad (1.3 - 39)$$

Donde:

OCR : Tasa de pre consolidación

Combinando las ecuaciones anteriores tenemos para arcillas normalmente consolidadas:

$$f = (1 - \text{Sen}\phi_R) \text{Tan}\phi_R \sigma'_v \quad (1.3 - 40)$$

Y para arcillas pre consolidadas

$$f = (1 - \text{Sen}\phi_R) \text{Tan}\phi_R \sigma'_v \sqrt{OCR} \quad (1.3 - 41)$$

Con el valor de f ya determinado, la resistencia total por fricción se evalúa como:

$$Q_s = \sum fp\Delta L \quad (1.3 - 42)$$

1.3.2 Fórmulas Dinámicas

Desde la aparición en 1893 de la fórmula del "Engineering News", han sido muy numerosos los intentos de relacionar la energía de caída de una masa sobre la cabeza de un pilote con el asiento experimentado por éste y, en definitiva, con la carga de hundimiento.

En general éstas fórmulas empíricas adolecen de una gran imprecisión derivada de la dificultad de conocer la energía realmente aplicada en el impacto, su variación con el tiempo y la dispersión introducida por los asientos mecánicos respecto a los valores nominales. Todo ello ha llevado a adoptar coeficientes de seguridad muy altos, del orden de $FS = 6$ y a utilizar cada vez con más prevención este método de diseño.

En la actualidad se tiende a emplear los registros de hinca únicamente como un método de control para detectar cambios en la naturaleza del terreno, la eventual rotura del pilote, o la llegada al sub estrato firme de apoyo.

A título informativo se presentarán algunas de las fórmulas más usadas:

a. Engineering News

$$Q_{adm} = \frac{16.7E}{s+a} \text{ (ton)} \quad (1.3 - 43)$$

Donde:

E : Energía por golpes en metros – Tonelada = $P_m H$

P_m : Peso del Martillo

s : Rechazo medio en cm/golpe para los últimos 15 golpes ($s \leq 0.12$ cm)

a : Constante, 2.54 en el caso de martinets de caída libre y 0.254 en el de martinets de doble efecto

b. Engineering News Corregida

$$Q_{adm} = \frac{0.0025E(W_r + e^2 W_p)}{(s+0.1)(W_r + W_p)} \text{ (ton)} \quad (1.3 - 44)$$

Donde:

W_r : Peso del Martillo

W_p : Peso del Pilote

s : rechazo medio en cm/golpe para los últimos 15 golpes ($s \leq 0.12$ cm)

e : Coeficiente de restitución de impacto. Es función del tipo de sombrerete colocado sobre la cabeza del pilote. $e \approx 0.25$ a 0.50

E : Energía por golpes en metros – Tonelada = $W_r H$

c. Formula de Hilley (1930)

Da la carga límite del pilote, a la cual hay que aplicarle $FS \geq 3$.

$$Q_{adm} = \frac{\eta P_m H}{s + \frac{1}{2}(\delta_{es} + \delta_{ep} + \delta_{et})} \times \frac{P_m + e^2 P_p}{P_m + P_p} \quad (1.3 - 45)$$

Donde:

P_m y P_p : Son los pesos del mazo y del pilote respectivamente.

η : Coeficiente de rendimiento del martinete ≈ 0.8 a 1.0

e : Coeficiente de restitución de impacto. Es función del tipo de sombrerete colocado sobre la cabeza del pilote. $e \approx 0.25$ a 0.5

$\delta_{es} + \delta_{ep} + \delta_{et}$: Son las deformaciones elásticas del sombrerete del pilote y del terreno.

Se puede tomar

$$0.50(\delta_{es} + \delta_{ep} + \delta_{et}) = 0.5\delta = 1.5 \frac{Q_{adm}}{A} (L/E + 0.000254) \quad (1.3 - 46)$$

Siendo L la longitud del pilote en centímetros, A su área (cm²) y E el módulo de elasticidad del material del pilote en Kp/cm². La expresión queda implícita en Q_{adm} debiendo despejarse el valor correspondiente.

d. Fórmula Delmag

La fórmula hincada a emplearse para martillos Delmag será:

$$Q_{adm} = \frac{ER}{(cL+S)(R+Q)} \quad (1.3 - 47)$$

En donde:

Q_{adm} : Carga última previsible en el pilote, igual a dos veces la carga de trabajo previsto en los planos en ton.

E : Energía por golpe correspondiente al martillo usado en Kg-m.

R : Peso del pistón del martillo en Kg.

c : Factor de elasticidad del pilote y suelo, 0.3 para pilotes de acero y concreto.

L : Longitud del pilote a hincar en m.

S : Penetración promedio por golpe permanente durante los 10 últimos golpes. En mm.

Q : Peso del pilote a hincar en Kg.

1.3.3 Pilotes sometidos a solicitaciones Especiales

A. Rozamiento Negativo

La fricción superficial negativa es una fuerza de arrastre hacia abajo ejercida sobre el pilote por el suelo que lo rodea, lo cual ocurre bajo las siguientes condiciones:

- Si un relleno de suelo arcilloso se coloca sobre un estrato de suelo granular en el que se hinca un pilote, el relleno se consolidará gradualmente; esto ejercerá una fuerza de arrastre hacia abajo sobre el pilote durante el periodo de consolidación (Figura 1.12a).
- Si un relleno de suelo granular se coloca sobre un estrato de arcilla blanda, como se muestra en la (Figura 1.12b), inducirá el proceso de consolidación en el estrato de arcilla y ejercerá entonces una fuerza de arrastre hacia abajo sobre el pilote.
- El descenso del nivel freático incrementará el esfuerzo vertical efectivo sobre el suelo a cualquier profundidad, lo que inducirá asentamientos por consolidación en la arcilla. Si un pilote se localiza en el estrato de arcilla, quedará sometido a una fuerza de arrastre hacia abajo.

En algunos casos, la fuerza de arrastre hacia abajo es excesiva y ocasionará falla de la cimentación. Esta sección subraya dos métodos tentativos para el cálculo de la fricción superficial negativa.

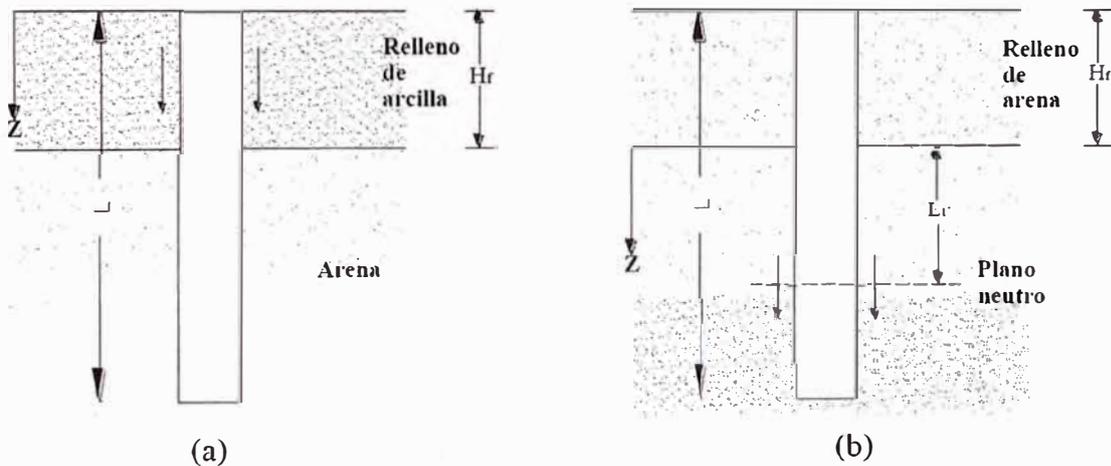


Figura 1.12 Casos de Rozamiento Negativo

- a. Relleno de arcilla sobre suelo granular (Figura 1.12a)

El esfuerzo superficial negativo (hacia abajo) sobre el pilote es:

$$f_n = K' \sigma'_v \tan \delta \quad (1.3 - 48)$$

Donde:

K' : Coeficiente de presión de tierra = $K_0 = 1 - \text{Sen}\phi$

σ'_v : Esfuerzo vertical efectivo a cualquier profundidad $z = \gamma_f z$

$\gamma_f z$: Peso específico efectivo del relleno

δ : Angulo de fricción suelo – pilote $\approx 0.5 - 0.7 \phi$

Por consiguiente, la fuerza de arrastre total hacia abajo, Q_n , sobre un pilote es:

$$Q_n = \int_0^H (pK'\gamma'_f \text{Tan}\delta) z dz = \frac{pK'\gamma'_f H_f^2 \text{Tan}\delta}{2} \quad (1.3 - 49)$$

Donde:

H_f : Altura del relleno

Si el relleno está arriba del nivel freático, el peso específico efectivo, γ'_f , debe ser reemplazado por el peso específico húmedo.

b. Relleno de suelo granular sobre arcilla (Figura 1.12b)

En este caso, la evidencia indica que el esfuerzo de fricción negativo sobre el pilote existe de $z = 0$ a $z = L_1$, y se denomina profundidad neutra. La profundidad neutra se explica cómo (Bowles, 1982)

$$L_1 = \frac{L - H_f}{L_1} \left[\frac{L - H_f}{2} + \frac{\gamma'_f H_f}{\gamma'} \right] - \frac{2\gamma'_f H_f}{\gamma'} \quad (1.3 - 50)$$

Donde:

γ'_f y γ' : Pesos específicos efectivos del relleno y del estrato de arcilla subyacente respectivamente.

Para pilotes de punta, la profundidad neutra se supone localizada en la punta del pilote (es decir, $L_1 = L - H_f$).

Una vez determinado el valor de L_1 , la fuerza de arrastre hacia abajo se obtiene de la siguiente manera.

$$f_n = K'\sigma'_v \text{Tan}\delta \quad (1.3 - 51)$$

Donde:

$K' = K_0 = 1 - \text{Sen}\phi$

$\sigma'_v = \gamma'_f H_f + \gamma'_z$

$$\delta = 0.5 - 0.7\phi$$

La fricción superficial unitaria negativa a cualquier profundidad desde $z = 0$ a $z = L_1$ es

$$Q_n = \int_0^{L_1} p f_n dz = \int_0^{L_1} p K' (\gamma'_f H_f + \gamma'_z) \text{Tan} \delta dz = (p K' \gamma'_f H_f \text{Tan} \delta) L_1 + \frac{L_1^2 p K' \gamma'_z \text{Tan} \delta}{2} \quad (1.3 - 52)$$

B. Empujes laterales transmitidos a través del terreno

Si en las proximidades de un pilote se aplica una sobrecarga (por ejemplo se construye un edificio con cimentación superficial) y en el terreno existen capas blandas, éstas pueden actuar como un fluido viscoso y transmitir empujes horizontales a los pilotes.

Por el contrario, éstos fenómenos no suele darse en terrenos granulares o cuando la presión transmitida a las capas blandas cohesivas es inferior a $1.5q_u$.

En el caso general los empujes valdrán:

$$P_h = P_v - 2C_u = P_v - q_u \quad (1.3 - 53)$$

Siendo P_v la presión vertical en la parte superior del estrato blando (normalmente se adopta un reparto a 30° de las presiones en superficie, ver Figura 1.13)

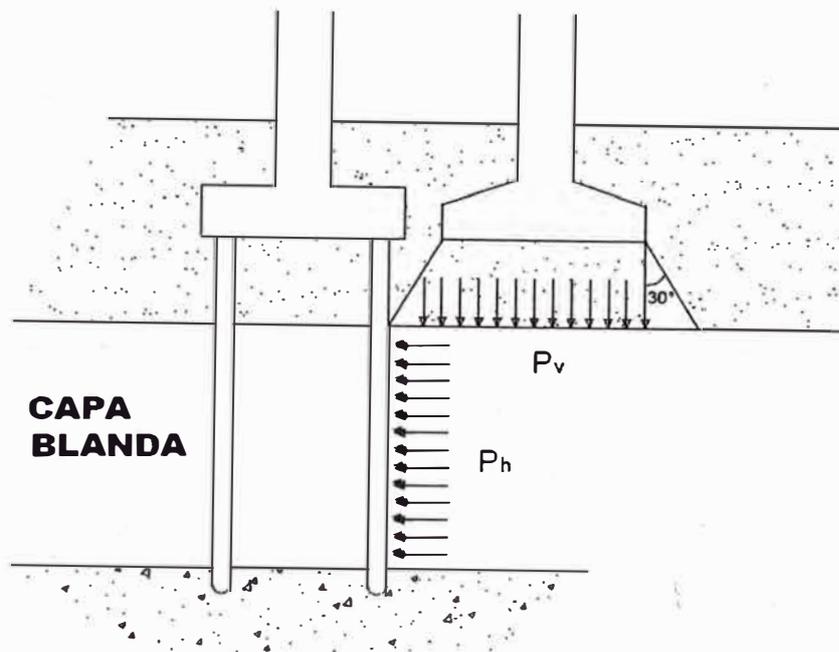


Figura 1.13 Empujes horizontales producidos por cargas superficiales

Sobre cada pilote actuará una carga por unidad de longitud igual al menor valor de los siguientes:

$$P_{hr} = P_h \cdot s$$

$$P_{hr} = P_h \cdot 3D$$

$$P_{hr} = P_h \cdot H$$

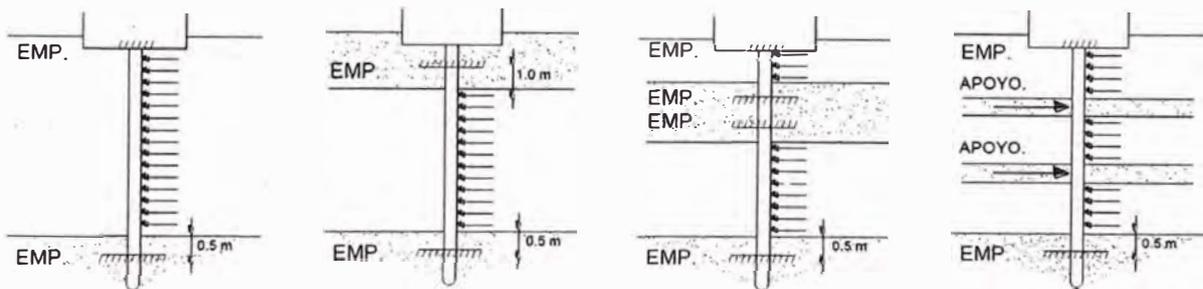


Figura 1.14 Condiciones de apoyo para el cálculo de esfuerzos en los pilotes

- Empotramiento en el encepado.
- Empotramiento a 0.50 m en la capa resistente inferior (penetración mínima 8 diámetros).

- Empotramiento a 1 m en capas resistentes situadas por encima de la capa blanda si su espesor es superior a 8 diámetros; si no, se considerará una articulación.

C. Fuerzas de corriente de agua

Es necesario considerar las fuerzas de corriente de agua que actúan sobre los pilotes en el lecho de un río, sobre todo cuando los pilotes estarán sometidos a socavación en las épocas de crecida, así mismo, se debe considerar esta situación en el caso de pilotes que sirven de soporte a estructuras portuarias, instaladas en el mar.

$$F_c = K B_r V_c^2 \quad (1.3 - 54)$$

Donde:

K : Factor de forma

Pilotes circulares K = 1.0

Pilotes rectangulares K = 1.4

B_r : Área proyectada en la sección transversal del pilote

V_c : Velocidad de la corriente.

1.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PILOTES

Los pilotes de concreto armado, son diseñados siguiendo la metodología del diseño de columnas establecidos por el ACI.

En este caso, debido a la simultaneidad de solicitaciones a la que está sometido el pilote, se revisara la teoría de diseño de columnas de concreto armado sometidas a flexión biaxial.

1.4.1 Columnas de Concreto Armado Sometidas a Flexión Biaxial

Las columnas sometidas a flexión biaxial se ubican, generalmente, en las esquinas de las edificaciones. Su carga axial tiene excentricidad respecto al eje X y al eje Y como se muestra en la Figura 1.15. La falla de estos elementos es función de tres variables: carga axial, momento en la dirección X y momento en la dirección Y, por lo que el diagrama de interacción deja de ser una curva para transformarse en una superficie como la mostrada en la Figura 1.16. La intersección de dicha superficie con el plano $P_n - M_{nx}$ corresponde al diagrama de interacción de una columna sometida a flexión uniaxial en la dirección X y

la intersección con el plano $P_n - M_{ny}$ corresponde al diagrama de interacción con flexión sólo alrededor de Y.

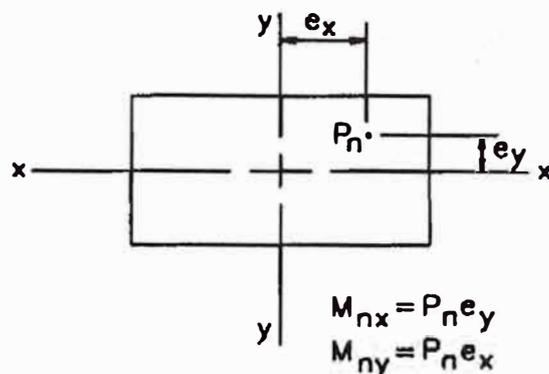


Figura 1.15 Excentricidad de la carga axial respecto a los ejes X e Y

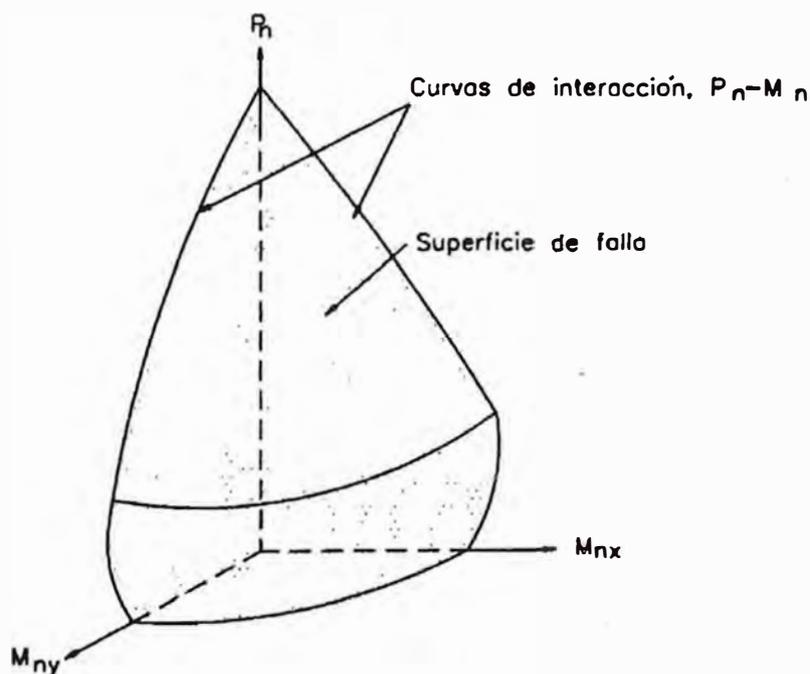


Figura 1.16 Superficie de interacción de una columna sometida a flexión biaxial

Es posible determinar una serie de puntos y establecer la forma de la superficie de interacción. Para ello, se asume un eje neutro con una inclinación a respecto al eje centroidal y una distribución de deformaciones en la sección como se muestra en la Figura 1.17. Con las deformaciones asumidas, se calculan los esfuerzos en el concreto y el acero, las fuerzas en ellos y

finalmente por equilibrio se determinan la carga axial y el momento resistente, en X y en Y, de la sección. Este procedimiento se repite considerando otra distribución de deformaciones y otra inclinación del eje neutro respecto al eje centroidal. Como se puede apreciar, este proceso es laborioso y no es práctico.

Para simplificar el diseño se han propuesto dos métodos a través de los cuales se puede estimar la capacidad resistente de una sección determinada sometida a flexión biaxial sin necesidad de conocer la superficie de interacción de la columna. El primero se denomina método de la carga recíproca o de Bresler, en honor a quien lo propuso: Boris Bresler y el segundo es el método del contorno de carga, desarrollado por Parme, Nieves y Gouwens.

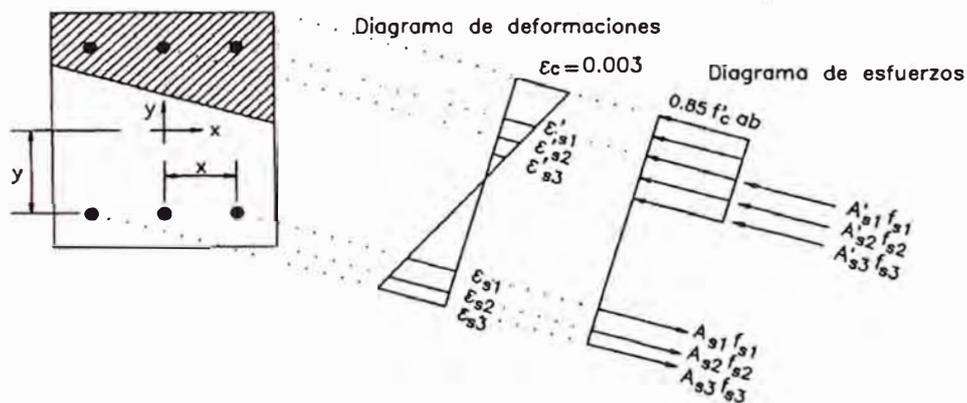


Figura 1.17 Esfuerzos y deformaciones en una sección de una columna sometida a flexión biaxial

A. Método de Bresler o de la carga Recíproca

La superficie de falla representada por el diagrama de interacción sobre los ejes P_n , M_{nx} y M_{ny} puede representarse de modo equivalente sobre un sistema cuyos ejes sean P_n , e_x y e_y como se muestra en la Figura 1.18 o sobre un sistema con ejes $1/P_n$, e_x y e_y como el presentado en la Figura 1.19. En el último caso, la superficie se denomina superficie de falla recíproca.

Un punto real sobre la superficie de falla recíproca: $(1/P_{n1}, e_{xA}, e_{xB})$ puede ser aproximado a otro $(1/P_i, e_{xA}, e_{xB})$ sobre el plano S'_3 , el cual contiene los puntos A, B y C (Figura 1.20). El punto A representa la carga axial

nominal de la columna cuando $e_x = e_{xA}$, y $e_y = 0$. Similarmente, el punto B representa la carga axial nominal bajo la condición que $e_x = 0$ y $e_y = e_{yB}$. El punto C representa la carga axial nominal de la columna con excentricidad nula en las dos direcciones

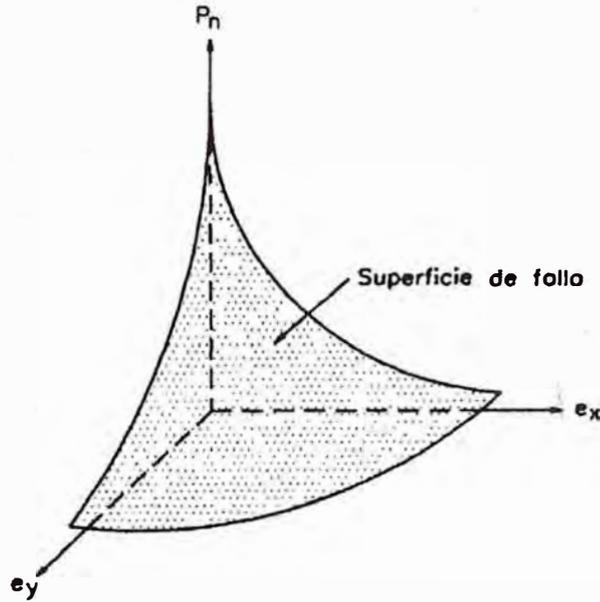


Figura 1.18 Superficie de Falla

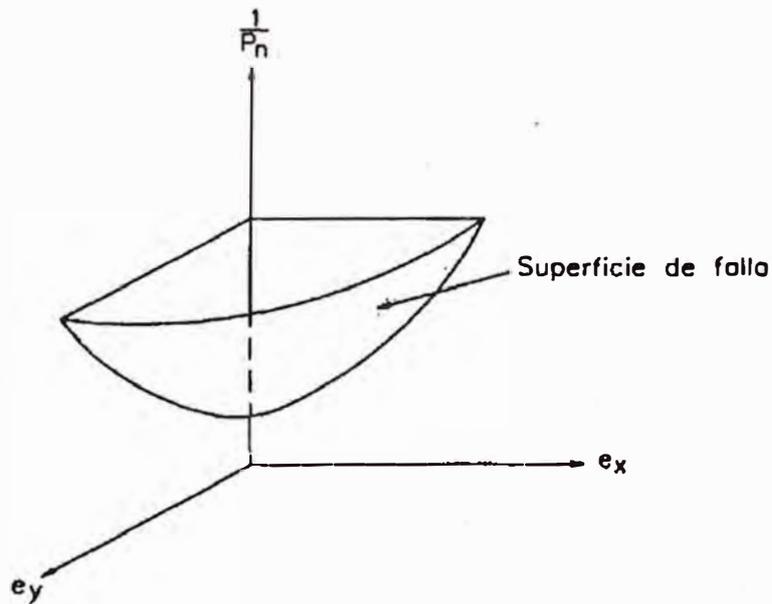


Figura 1.19 Superficie de Falla Recíproca

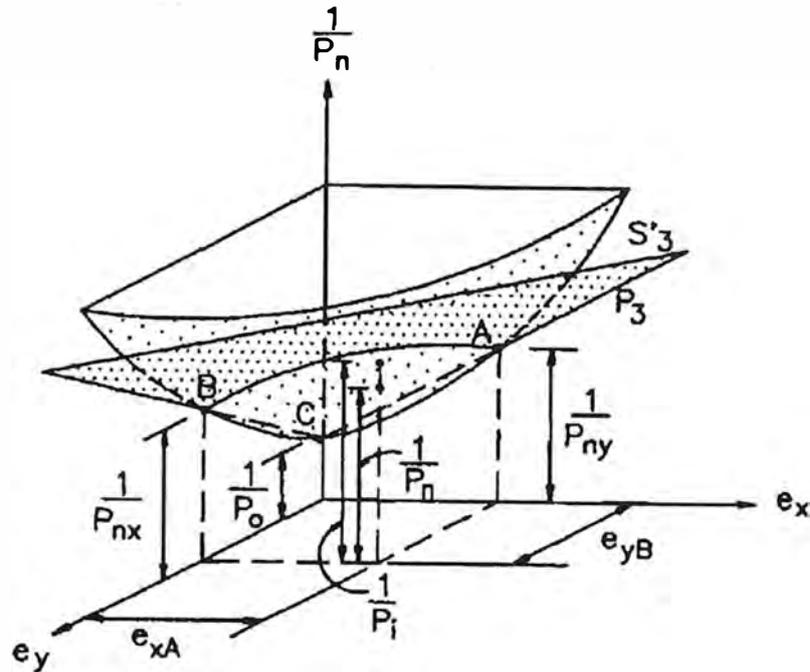


Figura 1.20 Principio del Método de Bresler

La ecuación de S'_3 está dada por

$$\frac{1}{P_i} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_0} \quad (1.4 - 1)$$

Donde:

- P_i : Carga Axial nominal aproximada bajo excentricidades e_x y e_y .
- P_{nx} : Carga Axial nominal bajo excentricidad e_y en una sola dirección.
- P_{ny} : Carga Axial nominal bajo excentricidad e_x en una sola dirección.
- P_0 : Carga Axial nominal bajo excentricidad nula.

La expresión anterior, permite estimar con precisión suficiente la resistencia de la columna sometida a flexión biaxial. Esta relación se puede transformar, para cargas últimas, en:

$$\frac{1}{\phi P_i} = \frac{1}{\phi P_{nx}} + \frac{1}{\phi P_{ny}} - \frac{1}{\phi P_0} \quad (1.4 - 2)$$

Para el diseño, P_{nx} y P_{ny} se determinan de los diagramas de interacción para flexión en un sentido y P_0 se determina a través de la expresión siguiente.

$$P_n = A_{st}F_y + 0.85(A_g - A_{st})f'_c \quad (1.4 - 3)$$

B. Método del Contorno de Carga

El método del contorno de carga basa el desarrollo de sus fórmulas en la superficie de interacción presentada en la Figura 1.21, específicamente en la curva generada por la intersección de dicha superficie con un plano paralelo al $M_{nx} - M_{ny}$ a una distancia P_n . Esta curva está definida por la siguiente expresión.

$$\left(\frac{M_{nx}}{M_{nox}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{ny}}{M_{noy}}\right)^\alpha = 1 \quad (1.4 - 4)$$

Donde:

M_{nx} : Momento resistente nominal en la dirección X.

M_{nox} : Momento resistente nominal en la dirección X sin excentricidad en la otra dirección.

M_{ny} : Momento resistente nominal en la dirección Y.

M_{noy} : Momento resistente nominal en la dirección Y sin excentricidad en la otra dirección.

α : Exponente que depende de la geometría de la sección transversal, del porcentaje, distribución y resistencia del acero y de la resistencia del concreto; es igual a

$$\alpha = \frac{\text{Log}0.5}{\text{Log}\beta} \quad (1.4 - 5)$$

De definida anteriormente, tenemos

$$\left(\frac{\phi M_{nx}}{\phi M_{nox}}\right)^\alpha + \left(\frac{\phi M_{ny}}{\phi M_{noy}}\right)^\alpha = 1 \quad (1.4 - 6)$$

$$\left(\frac{M_{ux}}{M_{ox}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{uy}}{M_{oy}}\right)^\alpha = 1 \quad (1.4 - 7)$$

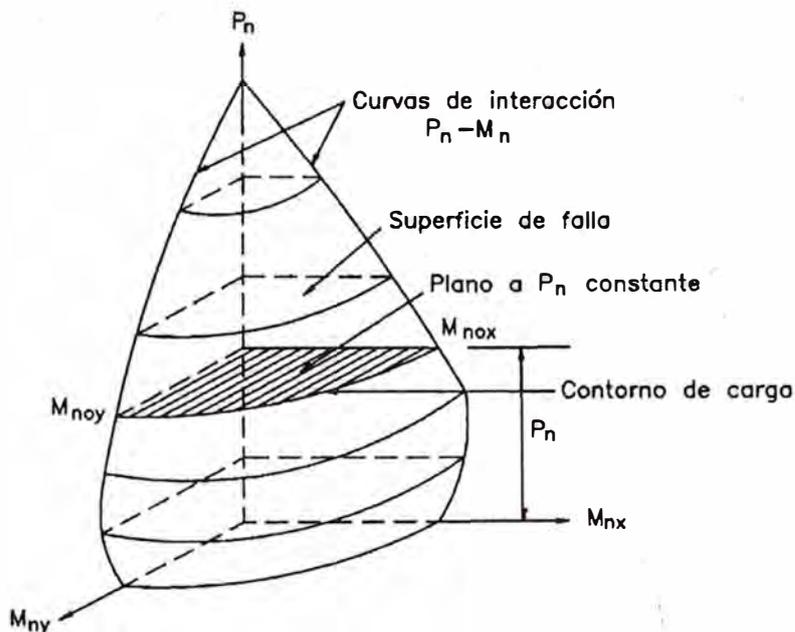


Figura 1.21 Principio del método del contorno de carga

En la Figura 1.22 se muestra la curva adimensional M_{ux}/M_{ox} versus M_{uy}/M_{oy} definida por la relación descrita anterior.

En este grafico se define el punto A, tal que

$$\frac{M_{ux}}{M_{uy}} = \frac{M_{ox}}{M_{oy}} = \beta \tag{1.4 - 8}$$

Entonces,

$$M_{ux} = \beta M_{ox} \tag{1.4 - 9}$$

$$M_{uy} = \beta M_{oy} \tag{1.4 - 10}$$

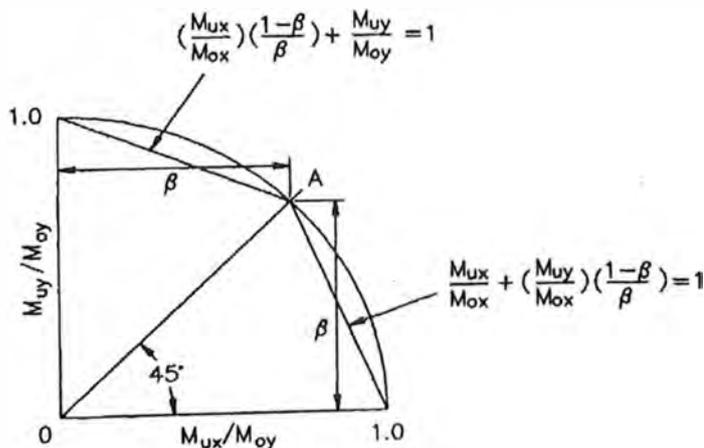


Figura 1.22 Contorno de Carga

El parámetro β representa la fracción de la capacidad resistente de la columna sometida a flexión en la dirección X que puede ser soportada simultáneamente a una fracción similar de la capacidad resistente a la flexión en la dirección Y. Su valor oscila entre 0.55 y 0.90 pero se le suele tomar igual a 0.65 para iniciar el diseño. En la Figura 1.23 se muestra una gráfica que permite determinar el valor de β a partir de los momentos actuantes y los momentos resistentes de la columna en las dos direcciones.

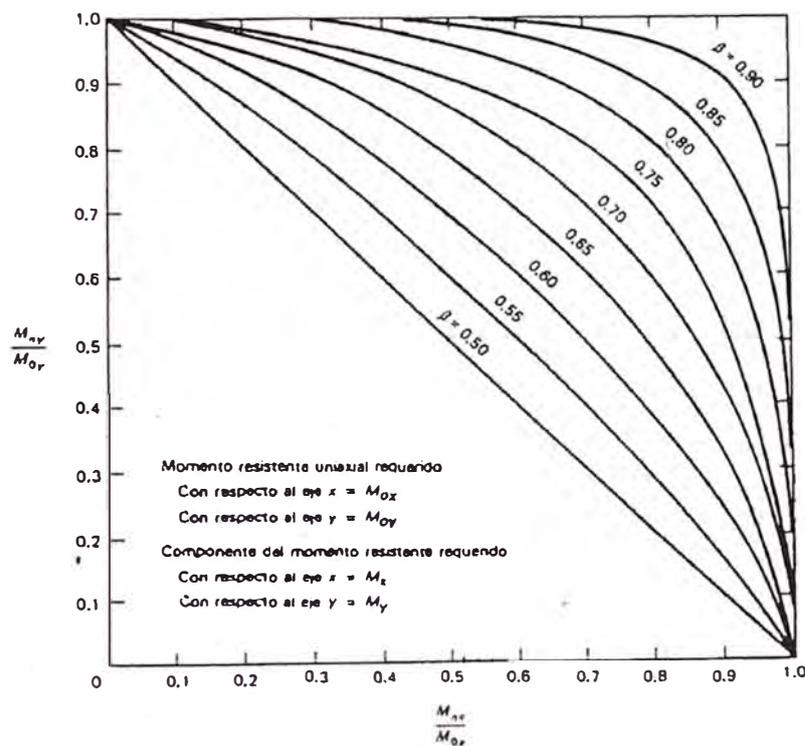


Figura 1.23 Grafica para la determinación del parámetro β

La curva presentada en la Figura 1.22 se puede aproximar a dos líneas rectas definidas por:

- Si $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} > \frac{M_{oy}}{M_{ox}}$

$$M_{oy} = M_{uy} + M_{ux} \left(\frac{M_{oy}}{M_{ox}} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \quad (1.4 - 11)$$

- Si $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} \leq \frac{M_{oy}}{M_{ox}}$

$$M_{ox} = M_{ux} + M_{uy} \left(\frac{M_{ox}}{M_{oy}} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \quad (1.4 - 12)$$

Para secciones rectangulares con refuerzo uniformemente distribuido en las cuatro caras, las expresiones anteriores se pueden aproximar a

- Si $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} > \frac{M_{oy}}{M_{ox}}$ o $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} > \frac{b}{h}$

$$M_{oy} \approx M_{uy} + M_{ux} \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \quad (1.4 - 13)$$

- Si $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} \leq \frac{M_{oy}}{M_{ox}}$ o $\frac{M_{uy}}{M_{ux}} \leq \frac{b}{h}$

$$M_{ox} \approx M_{ux} + M_{uy} \left(\frac{h}{b} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \quad (1.4 - 14)$$

Donde b y h son las dimensiones de la sección rectangular en la dirección X e Y respectivamente. Estas dos últimas expresiones son las más utilizadas en el diseño.

1.5 FUERZAS DE EMPUJE LATERAL

1.5.1 Fuerzas Generadas por el Viento

En estructuras expuestas a la acción del viento, interesa conocer la máxima velocidad del viento probable a ocurrir durante la vida útil de la misma. Una vez conocida ésta, se calcula el área expuesta perpendicular al flujo del Muelle, obra muerta del pontón y su superestructura, obteniendo finalmente la fuerza en Kilogramos.

La Fuerza que genera un líquido, en este caso el viento, se calcula con la siguiente expresión (Mecánica de Fluidos, Víctor L. Streeter. Pág. 332):

$$F_v = \frac{1}{2} \rho_a C_a V^2 A \quad (1.5 - 1)$$

Donde:

F_v : Fuerza del Viento (Kg).

ρ_a : Densidad del Aire ($\rho_a = 0.125 \text{ Kg Seg}^2 / \text{m}^4$).

C_a : Coeficiente de resistencia, ($C_a = 1.20$)

V : Velocidad del Viento (m/seg)

A : Área expuesta o superficie que tendrá impacto directo contra el viento (m^2)

1.5.2 Fuerzas Generadas por las Corrientes

En el diseño y cálculo de las fuerzas generadas por corrientes sobre los elementos sumergidos se pretende considerar factores como, la corriente de marea de sicigia, la corriente producida por el viento y corrientes influidas por factores atmosféricos. Esta fuerza, corresponde a la resistencia a la corriente de la obra viva del muelle. Al igual que el viento, es una fuerza proporcional a la superficie expuesta y al cuadrado de la velocidad de la corriente.

La fórmula que nos permite resolver el sistema se describe a partir de la siguiente expresión matemática:

$$F_c = \frac{1}{2} \rho_m C_a V^2 A \quad (1.5 - 2)$$

Donde:

F_c : Fuerza de la Corriente (Kg).

ρ_m : Densidad del agua salada ($\rho_m = 104 \text{ Kg Seg}^2 / m^4$).

C_a : Coeficiente de Arrastre, ($C_a = 1.20$)

V : Velocidad de la Corriente (m/seg)

A : Área expuesta o superficie que tendrá impacto directo contra el viento (m^2)

1.5.3 Fuerzas Generadas por las Olas

En el diseño y cálculo de las fuerzas generadas por olas, se consideran la Formulación de Morison (Arrastre e Inercia) más la Fuerza de Deriva.

Previo a determinar dichas Fuerzas, se debe obtener una Altura de Ola Significativa, por métodos teóricos, o bien por Estudios previos en dicho sector.

La Fuerza de Deriva ("wave drift force"), es la que las olas imponen sobre una estructura flotante dependiendo en gran parte del espectro del oleaje del mar en cuestión.

De la formulación de Morison sólo se considera el Arrastre (Drag) por tener su eje de acción en el plano horizontal.

$$F_o = F_{wd} + F_d \quad (1.5 - 3)$$

Donde:

F_o : Fuerza Generada por las Olas, (Kg).

F_{wd} : Fuerza de deriva, (Kg).

F_d : Fuerza de arrastre, (Kg).

La fuerza de Deriva, se calcula por la siguiente expresión.

$$F_{wd} = \frac{1}{16} \rho_m g L H_s^2 \quad (1.5 - 4)$$

Donde:

F_{wd} : Fuerza de Deriva (Kg).

ρ_m : Densidad del agua salada ($\rho_m = 104 \text{ Kg Seg}^2 / \text{m}^4$).

g : Aceleración de la Gravedad, ($g = 9.81 \text{ m/seg}^2$)

L : Longitud del elemento de la Estructura, (m)

H_s : Altura de Ola significativa, (m)

La fuerza de Arrastre, se calcula por la siguiente expresión.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_m C_d A V^2 \quad (1.5 - 5)$$

Donde:

F_d : Fuerza de Deriva (Kg).

ρ_m : Densidad del agua salada ($\rho_m = 104 \text{ Kg Seg}^2 / \text{m}^4$).

C_d : Coeficiente de Arrastre, ($C_d = 1.20$)

A : Área proyectada del miembro por metro de longitud, (m^2)

V : Velocidad Relativa del agua normal a la superficie, (m/seg)

CAPÍTULO II

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

2.1 INVESTIGACIONES EFECTUADAS

2.1.1 Investigaciones y Ensayos de Campo

Las investigaciones y ensayos geotécnicos de campo han comprendido lo siguiente:

- Perforaciones Rotativas Diamantinas con diámetro HQ con toma de muestras alteradas para ensayos de mecánica de suelos (ASTM – D - 420)
- Auscultación con Cono Peck (CP) en las perforaciones.

Los ensayos de laboratorio que se han realizado, han incluido los siguientes aspectos principales:

- Análisis Granulométrico (ASTM-D-422)
- Límites de Consistencia (Límites de Atterberg) (ASTM-D4318)
- Contenido de Humedad (ASTM-D-2216)
- Peso Específico de Sólidos (ASTM-D-854)
- Clasificación SUCS de Suelos (ASTM-D-2487)
- Clasificación AASHTO (ASTM-D-3282)

2.1.2 Condiciones Geotécnicas del Área

La ejecución de las investigación geotécnicas han demostrado la presencia de suelos cuaternarios con potencia mayor de 15.0 m. Estos depósitos están constituidos por suelos arenosos y gravo – arenosos que se encuentran cubriendo depresiones del relieve actual.

A. Tipos de Suelos

Dentro de los depósitos cuaternarios se pueden diferenciar los siguientes tipos de suelos:

Arena mal gradada (SP)

Arena mal gradada de color beige claro, granulométricamente se compone de arena de grano fino a medio; se presenta muy limitada y localizada de

0.0 - 0.30 m, solamente se ha detectado en el sondaje S - 1. La clasificación SUCS corresponde a un material SP.

Grava Arenosa mal gradada (SP)

Se presenta, por debajo del horizonte arenoso de 0.30 hasta más de los 15.0 m en toda el área, y se caracteriza como grava arenosa de color grisáceo claro, mal gradada, medianamente densa, saturada, con grava redondeada de grano grueso, en matriz arenosa de grano medio a fino.

Granulométricamente se compone de grava gruesa (58%), grava fina (11%), arena de grano grueso (5 %), arena de grano medio (13%), arena de grano fino (10%) y material fino (limo + arcilla 3%). La clasificación SUCS corresponde a un material GP.

Las investigaciones realizadas han demostrado el predominio de los suelos tipo grava arenosa (GP); que presenta regularidad en cuanto a la extensión.

B. Nivel Freático

El nivel freático en la zona se presenta prácticamente al nivel del terreno, siendo el mar el nivel de base de las aguas subterráneas.

C. Propiedades Físico – Mecánicas de los Suelos

La evaluación de los resultados de las investigaciones y ensayos demuestra que en la zona de estudio se presentan suelos de posible origen fluvial – marino que se clasifican como grava arenosa mal gradada (GP) con potencia de más de 15.0 m. y de manera localizada suelos arenosos.

Las Propiedades Físico – Mecánicas por tipos de suelos, se presentan en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Propiedades Físico – Mecánicas de los Suelos

GRAVA - ARENOSA MAL GRADUADA (GP)

SONDAJE		MUESTRA			ENSAYOS DE LABORATORIO										SUSC	SPT N
TIPO	CODIGO	CODIGO	PROF. (mts)	TIPO	GRANULOMETRIA						LIMITES DE ATTERBERG			W (%)		
					GRAVA		ARENA			LIMO+AR C. (%)	LL	LP	IP			
					Gruesa	Fina	Gruesa (%)	Media (%)	Fina (%)							
PERFORACIONES ROTATIVAS	P - 1	M - 1	4.0 - 4.20	Alterada	57.85	11.25	5.07	12.63	9.96	3.24	-.-	-.-	-.-	3.92	GP	> 50
		M - 2	6.80 - 7.0	Alterada	57.80	11.25	5.12	12.58	9.97	3.28	-.-	-.-	-.-	3.94	GP	> 50
		M - 3	12.80 - 13.0	Alterada	57.70	11.34	5.06	12.64	10.00	3.26	-.-	-.-	-.-	3.94	GP	> 50
	P - 2	M - 1	5.80 - 6.0	Alterada	57.65	11.39	5.00	12.72	9.97	3.27	-.-	-.-	-.-	3.92	GP	> 50
		M - 2	8.80 - 9.0	Alterada	57.64	11.41	4.98	12.72	9.95	3.30	-.-	-.-	-.-	3.90	GP	> 50
		M - 3	12.0 - 12.20	Alterada	57.65	11.39	5.00	12.70	9.91	3.35	-.-	-.-	-.-	3.92	GP	> 50
VALOR MAXIMO					57.85	11.41	5.12	12.72	10.00	3.35				3.94		
VALOR MINIMO					57.64	11.25	5.0	12.58	9.91	3.24				3.90		
PROMEDIO					57.72	11.34	5.04	12.67	9.96	3.28	-.-	-.-	-.-	3.92	GP	> 50

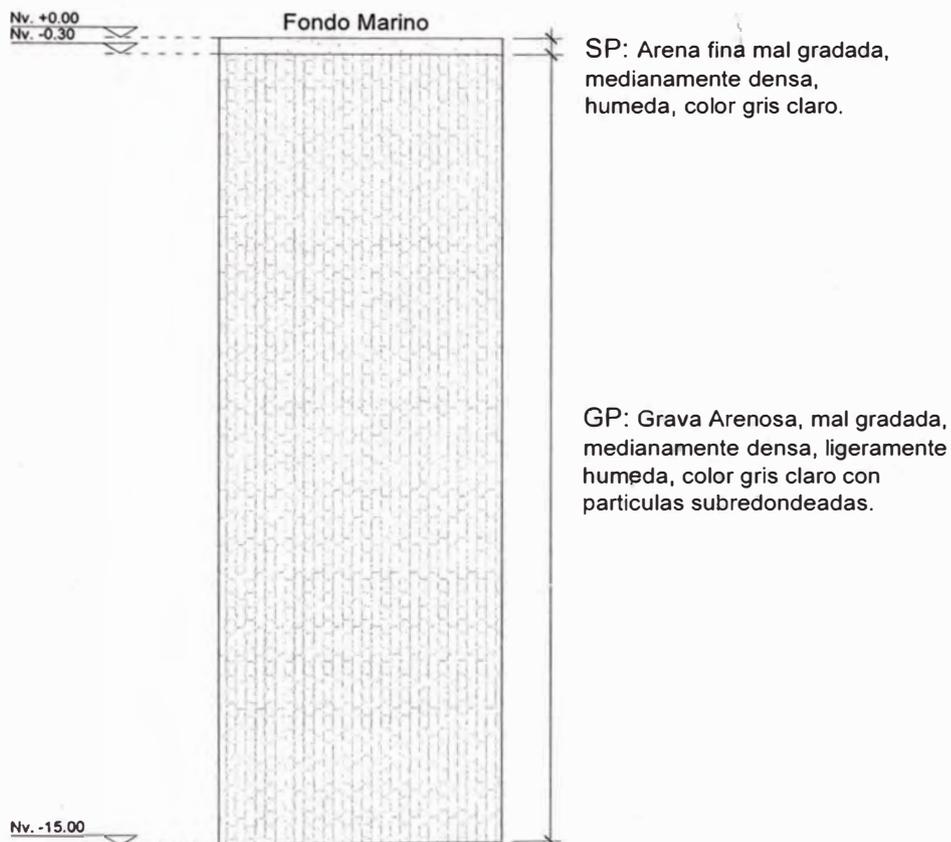
D. Parámetros Geotécnicos Propuestos

Los parámetros geotécnicos para el diseño de la cimentación, se han evaluado basándose en el análisis de los resultados de los ensayos, características geotécnicas de los suelos, tablas y experiencias de proyectos anteriores. Considerando que prácticamente se presenta un solo tipo de suelo dentro del área investigada, los parámetros geotécnicos para diseño se ha recomendado para el tipo de Grava arenosa mal gradada, con buenas condiciones para la cimentación de estructuras, considerando la profundidad de suelos y el estado de compacidad. Los parámetros geotécnicos de suelos recomendados para el diseño de cimentaciones se presentan en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Parámetros Geotécnicos para el Diseño

Item	Tipo de Suelo	SUCS	Parámetros Geotécnicos			
			Densidad γ (Ton/m ³)	Angulo de Fricción ϕ (°)	Cohesión c (Ton/m ³)	Módulo de Elasticidad E (Ton/m ²)
1	Grava Arenosa Mal Gradada	GP	2	32	0	5,000

E. Perfil Estratigráfico del Suelo



2.2 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

2.2.1 Tipo y Profundidad de los Cimientos

De acuerdo a la descripción del perfil estratigráfico, los cimientos se apoyaran sobre pilotes de concreto armado hincados de sección 40 x 40 cm hasta una profundidad de 2.50 m medido con respecto al nivel de fondo marino, el cual se apoyara sobre suelo gravoso en estado compacto.

2.2.2 Calculo de la Capacidad Portante

A la profundidad antes mencionada, los pilotes de concreto armado se apoyaran sobre suelos gravosos, cuyos parámetros de resistencia están dados principalmente por el ángulo de fricción interna (ϕ) y cohesión (c), la cual depende del número de golpes del ensayo de penetración estándar. La capacidad de carga de un pilote aislado está dado por medio de la siguiente relación.

$$Q_{dy} = Q_p + Q_f$$

$$Q_{dy} = q_d A_p + \sum p \times \Delta L \times f$$

Donde:

- Q_{dy} : Capacidad de Carga del Pilote aislado
- Q_p : Capacidad de Carga en la Punta
- Q_f : Capacidad de Carga por Fricción lateral
- q_d : Capacidad de Carga unitaria del suelo a la profundidad de la punta del pilote
- A_p : Área de la Punta del Pilote
- p : Perímetro de la sección del pilote
- f : Resistencia unitaria por fricción a cualquier profundidad z
- ΔL : Longitud incremental del pilote sobre la cual p y f son constantes

$$f = K_s \times \bar{\sigma}_v \times \text{Tan} \delta$$

Donde:

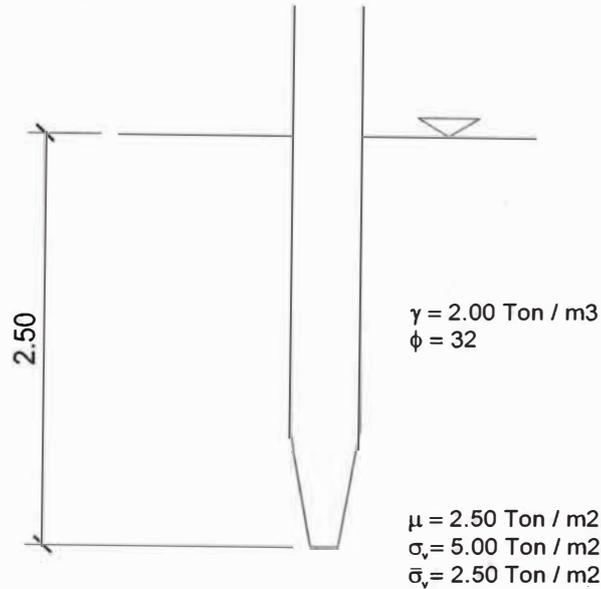
- $K_s = 1.00$
- $\bar{\sigma}_v$: Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración
- δ : Angulo de Fricción suelo – concreto = $0.75\phi = 24^\circ$

Finalmente, la capacidad portante admisible se obtiene de la menor de las siguientes relaciones.

$$Q_{adm} = \frac{Q_p + Q_f}{2.50}$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_f}{1.50} + \frac{Q_p}{3.00}$$

De los datos dados, tenemos el siguiente esquema



Calculo de la Capacidad por Fricción

$$Q_f = \sum p \times \Delta L \times f$$

$$Q_f = \sum p \times \Delta L \times K \times \bar{\sigma}_v \times \text{Tan} \delta$$

$$Q_f = 1.60 \times 2.50 \times 1 \times 2.50 \times \text{Tan} 24$$

Luego,

$$Q_f = 4.45 \text{ Ton}$$

Calculo de la Capacidad por Punta

$$Q_p = q_d A_p$$

$$A_p = 0.40 \times 0.40 = 0.16 \text{ m}^2$$

$$\text{Para } \phi = 32^\circ \quad N^*_q = 72$$

$$Q_p = N^*_q \times \sigma'_v \times A_p$$

$$Q_p = 72 \times 2.50 \times 0.16 = 28.80 \text{ Ton}$$

Luego,

$$Q_p = 28.80 \text{ Ton}$$

Aplicando los criterios de seguridad:

$$Q_{adm} = \frac{28.80 + 4.45}{2.50} = 13.30 \text{ Ton}$$

$$Q_{adm} = \frac{4.45}{1.50} + \frac{28.80}{3.00} = 12.57 \text{ Ton}$$

Finalmente, la capacidad de Carga del Suelo es

$$Q_{adm} = 12.57 \text{ Ton}$$

2.3 CONSIDERACIONES PARA LA DEFINICIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En vista de que los elementos portantes, en este caso los pilotes; estarán sumergidos en agua marina la cual es un elemento agresivo para el concreto, se tomara en cuenta lo indicado en el Capítulo 4 de la norma E.060 Concreto Armado.

En la Tabla 4.2 Requisitos para Condiciones Especiales de Exposición de la Norma E.060, indica que para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen, se deberá utilizar una resistencia mínima en el concreto de 35 MPa ($f_c = 356 \text{ Kg/cm}^2$) y una relación agua cemento máxima de 0.40. Además como la acción corrosiva es severa, se recomienda la utilización de Cemento Tipo V en la elaboración del concreto.

2.4 FORMULAS DINAMICAS

El equipo utilizado en el proyecto para el hincado de los pilotes, ha sido el martillo Delmac de 12 Ton de peso, el cual tiene un martillo de 2.2 Ton de carga útil de impacto. Considerando el resultado de la capacidad portante del Suelo obtenido anteriormente, podemos emplear la formula indicada en el la expresión (1.3 – 47). Con esta expresión, y con los datos que se dan a continuación, procederemos a calcular el rechazo teórico en el proceso de hincado.

Datos a considerar en el cálculo:

Interacción Suelo - Pilote, q_{adm}	=	12.57 Ton
Factor de Seguridad, FS	=	4.00
Peso del Martillo, R	=	2200.00 Kg
Longitud del Pilote, L	=	12.00 m

Peso del Pilote,	Q	=	4608.00 Kg
Energía por Golpe,	E	=	5500.00 Kg - m
Factor de Elasticidad del Suelo, c	=	0.35	
Eficiencia del Martillo, %	=	85%	

Además, tenemos que de la interacción Suelo - Pilote:

$$w_{adm} = \frac{W}{FS} = 12.57 \text{ Ton}$$

Formula de Delmag, (1.3 – 47):

$$W = \frac{ER}{(s + cL)(R + Q)}$$

Despejando s:

$$s = \frac{ER}{w_{adm} \cdot FS(R + Q)} - cL$$

Luego, considerando la eficiencia del martillo:

Rechazo, **s = 31.15 mm**

Rechazo por cada 10 cm de penetración, **s = 3.2 golpes**

El resultado anterior, indica que para que el pilote pueda penetrar 10 cm, se necesitan entre 3 a 4 golpes.

Procedemos ahora a calcular la máxima carga que actúa sobre el pilote, en el caso de que no exista penetración, reemplazando en la fórmula de Delmac s=0, tenemos.

$$W = 359.70 \text{ Ton}$$

La carga crítica de pandeo viene dado por

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(L)^2}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 15000\sqrt{350} = 280624.30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_c = 729.46 \text{ Ton}$$

Como vemos, la carga crítica de pandeo es mayor a la carga crítica en el caso de no producirse penetración (s = 0)

CAPÍTULO III

DISEÑO DE PILOTES DE CONCRETO ARMADO

3.1 MODELAMIENTO DEL MUELLE

En la Figura 3.01, se muestra el modelamiento efectuado con fines de verificación de toda la estructura del muelle. Este modelo se elaboró en el programa SAP 2000 y en él se consideraron todas las combinaciones de carga recomendadas, así como las cargas de sismo correspondientes.

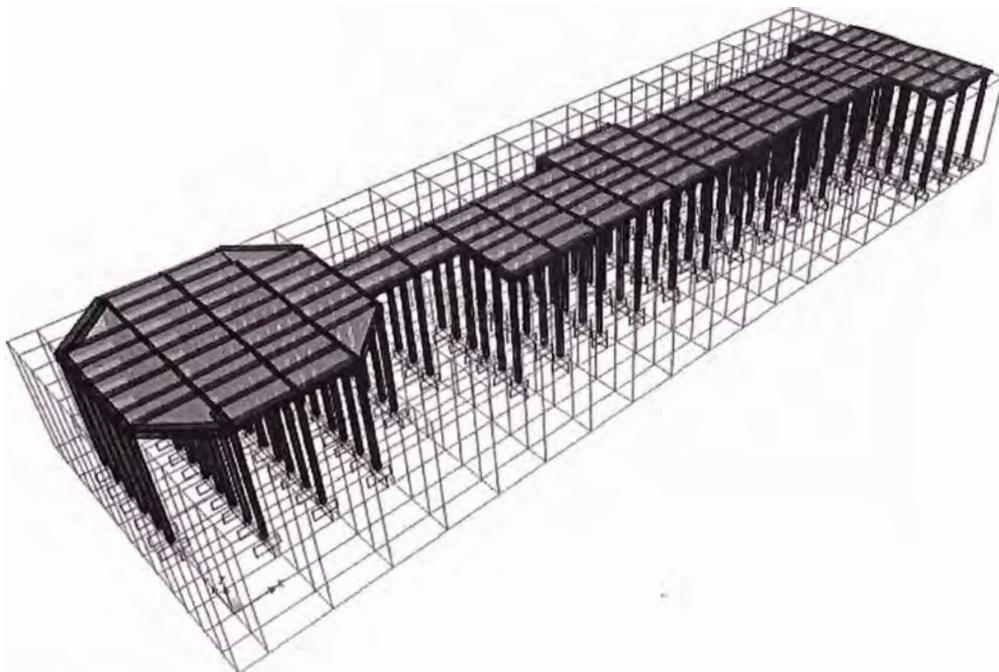


Figura 3.01 Modelo Tridimensional del Muelle

Un resumen de los resultados del análisis del modelo presentado, se muestran en Anexo 02, el cual ha servido de referencia para el diseño de los cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura principal del muelle, como son los pilotes, vigas transversales y vigas longitudinales.

3.2 DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LOS PILOTES

En el Plano E1 del Anexo 01, se pueden apreciar los diferentes tipos de Pilotes que conforman la Estructura del muelle Propuesto. Del Plano A1, la cota

superior de la estructura principal corresponde al nivel +4.70, de los detalles iniciales considerados para el dimensionamiento de las vigas transversales y longitudinales, vemos que los pilotes solo llegan al nivel +4.10, es con este valor que vamos a realizar el análisis estructural de los pilotes de Concreto Armado planteados P-1, P-3 y P-4.

A continuación se muestra la Tabla 3.1 con las longitudes máximas y mínimas de los pilotes planteados en cada una de las zonas en las que se ha dividido la plataforma principal, según lo mostrado en el Plano E0. Estas han sido obtenidas tomando en cuenta el estudio Topográfico y Batimétrico del Proyecto.

Tabla 3.1 Longitudes de los Pilotes por Zonas

Zona	# de Pilotes	Área (m ²)	Cota Mínima en el Fondo (m)	Cota Máxima en el Fondo (m)	Cota Superior del Pilote (m)	L _s (m)	Long Libre del Pilote (m)
III	17	254.4	-2.3		4.10	0.50	6.90
				-0.7	4.10	0.50	5.30
IV	52	751.9	-3.20		4.10	0.50	7.80
				-1.30	4.10	0.50	5.90
V	20	400	-3.60		4.10	0.50	8.20
				-3.00	4.10	0.50	7.60

Del cuadro anterior vemos que las longitudes libres máximas en cada una de las zonas son

Zona III 6.90 m, Tomaremos como longitud libre para el diseño 7.00 m

Zona IV 7.80 m, Tomaremos como longitud libre para el diseño 8.00 m

Zona V 8.20 m, Tomaremos como longitud libre para el diseño 8.50 m

En la Figura 3.02 se muestra una sección transversal con lo indicado anteriormente.

Figura 3.02 Sección Transversal del Muelle Projectado

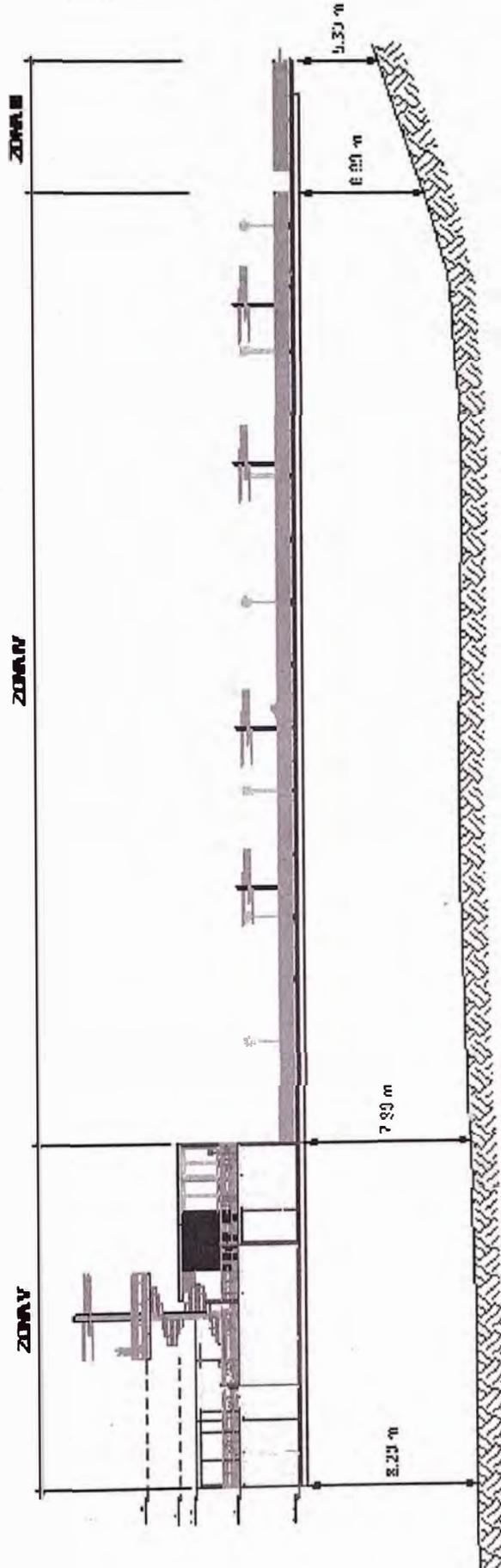
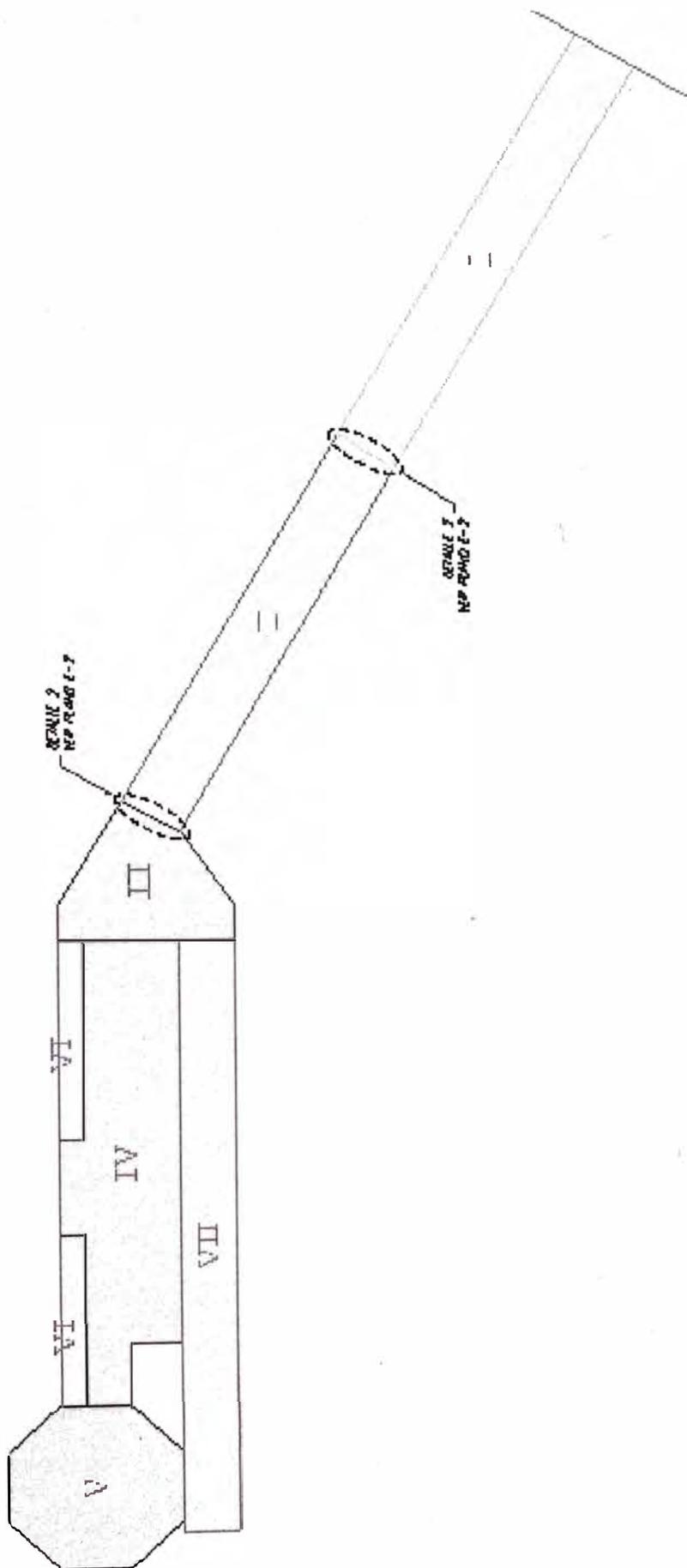


Figura 3.03 Distribución General de las Estructuras del Muelle



Comenzaremos el diseño de los Pilotes en la zona más crítica, que corresponde la Zona V.

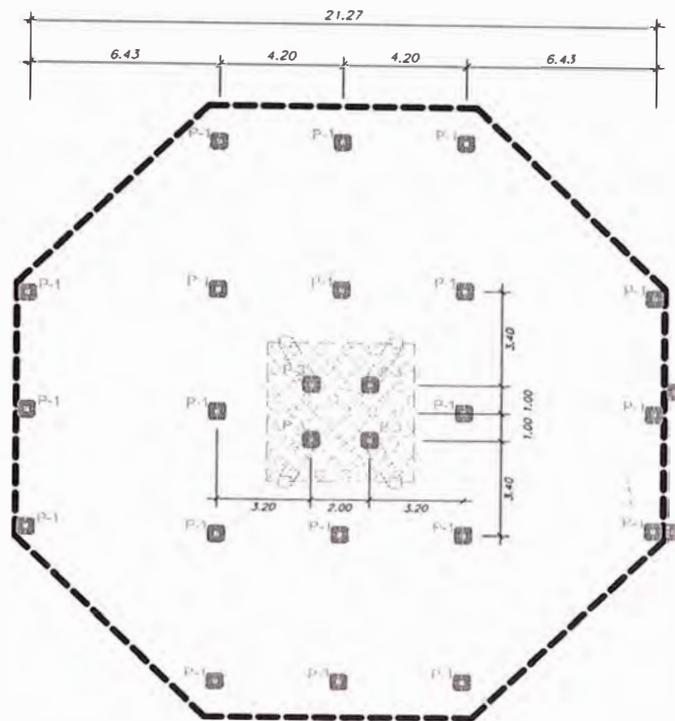


Figura 3.04 Distribución de Pilotes en la Zona V

Vemos de la Figura 3.04, que el peso de la estructura de toda esta zona estará distribuido entre los 20 pilotes verticales P – 1 y 4 pilotes inclinados P – 3.

3.3 METRADO DE CARGAS

Metrado de Carga de la Zona V

Peso Muerto

Peso de todas las Vigas Transversales

Concreto $29.27 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 70248 \text{ Kg}$

Peso de todas las Vigas Longitudinales

Concreto $94.59 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 227016 \text{ Kg}$

Peso de todas las Losas

Concreto $3.10 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 7440 \text{ Kg}$

Peso Muerto = $70248 + 227016 + 7440$

Peso Muerto = 304704 Kg

Peso Muerto = 304.7 Ton

Peso Muerto = 304.7 / 20 = 15.24 Ton (para 01 pilote)

Sobrecarga

Para toda la estructura se considerara una sobrecarga de 500 Kg/m², además el área de toda la plataforma principal en la zona V es de 400 m²

Sobrecarga = 500 Kg/m² x 400 m² = 200000 Kg

Sobrecarga = 200 Ton

Sobrecarga = 200 / 20 = 10 Ton (para 01 pilote)

Peso de la Grúa

En la condición más desfavorable, se considerara una grúa de 35 Ton, la que transmite hacia el pilote el peso de una de sus llantas traseras, cuyo eje toma los 4/5 del peso total de la grúa.

Peso del Eje Trasero = 35 x 4 / 5 = 28 Ton

Peso de una Llanta trasera = 28 / 2 = 14 Ton

Peso de una Llanta trasera = 14 Ton (para 01 pilote)

Carga Última para 01 Pilote

Caso 1:

$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ sobrecarga}$

$P_u = 1.40 \times 15.24 + 1.70 \times 10 = 38.34 \text{ Ton}$

$P_u = 38.34 \text{ Ton}$

Caso 2:

$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ grúa}$

$P_u = 1.40 \times 15.24 + 1.70 \times 14 = 45.14 \text{ Ton}$

$P_u = 45.14 \text{ Ton}$

De ambos caso tomamos el más desfavorable para el diseño del pilote.

$P_u = 45.14 \text{ Ton.}$

3.4 PREDIMENSIONAMIENTO DEL PILOTE

Determinamos la sección del Pilote con la siguiente expresión

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.55(f'_c + F_y \rho_t)}$$

Para todos los pilotes consideraremos

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.01 \text{ (cuantía mínima)}$$

$$\rho_{\max} = 0.06 \text{ (cuantía máxima)}$$

Luego,

$$A_g \geq \frac{45.14 \times 1000}{0.55(350 + 4200 \times 0.01)}$$

$$A_g \geq 209.40 \text{ cm}^2$$

Para fines prácticos, tomaremos una sección cuadrada de **40 x 40 cm**, entonces

$$A_g = 1600 \text{ cm}^2$$

3.5 PARAMETROS Y FUERZA DE SISMO (E)

Los parámetros de sismo que se utilizaran son los siguientes.

Factor de Zona

$$Z = 0.40$$

Factor de Suelo (del estudio de suelos)

$$S = 1.20$$

Factor de Uso

$$U = 1.50$$

Coefficiente de Reducción

$R = 3$ (según lo indicado en la Norma Chilena NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales)

Coefficiente de Amplificación

$$C = 2.50$$

Finalmente,

$$E = \frac{ZUCS}{R} P$$

$$E = \frac{0.40 \times 1.50 \times 2.50 \times 1.20}{3} P = 0.60 P$$

Para el análisis de la carga sísmica, tenemos 02 casos:

CASO 1:

Peso actuante = Carga Muerta + 25% Sobrecarga

$$\text{Peso actuante} = 304.7 + 0.25 \times 200 = 354.70 \text{ Ton}$$

Del plano E1, vemos que esta carga lateral de sismo va a estar distribuida entre los 20 Pilotes Verticales $P - 1$ que se conforman la Zona V, entonces la carga sísmica que soportara 01 Pilote vertical es

$$\text{Peso actuante} = 354.70 / 20 = 17.74 \text{ Ton (para un pilote vertical)}$$

CASO 2:

Peso actuante = Carga Muerta + 10% Peso Grúa

$$\text{Peso actuante} = 304.70 + 0.10 \times 35 = 308.20 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso actuante} = 308.2 / 20 = 15.41 \text{ Ton (para un pilote vertical)}$$

Por lo tanto,

$$\text{Peso actuante} = 17.74 \text{ ton}$$

$$\mathbf{P = 17.74 \text{ Ton}}$$

Luego,

$$E = 0.60 \times 17.74$$

$$\mathbf{E = 10.64 \text{ Ton (para 01 pilote vertical)}}$$

3.6 FUERZAS DE EMPUJE LATERAL

3.6.1 Fuerza del Viento

Debido a la ubicación del muelle, se considera que la velocidad de viento en la zona es de 80 Km/Hr (22.22 m/seg). Además, la estructura que estará sometida a la acción del viento corresponde a un restaurant de 02 niveles en la cabecera del muelle.

Por lo tanto tenemos los siguientes datos.

$$V_{\text{viento}} = 85 \text{ Km/hr (20.83 m/seg)}$$

$$\text{Área} = \text{Ancho} \times \text{Altura} = 22 \times 6 = 132 \text{ m}^2$$

$$F_v = \frac{1}{2} \rho_a C_a V^2 A = \frac{1}{2} \times 0.125 \times 1.20 \times 22.22^2 \times 132 = 4.89 \text{ Ton}$$

Esta fuerza será resistida por los 20 Pilotes, por lo que a cada pilote le corresponde una fuerza de

$$F_v = 0.24 \text{ Ton}$$

3.6.2 Fuerza de la Corriente

Para el cálculo que la corriente, consideramos que la velocidad del movimiento de la masa de agua es de aproximadamente 20 Km/hr (5.55 m/seg). Este valor de velocidad de desplazamiento de la masa de agua, corresponde a un oleaje de intensidad severa.

El área de impacto sobre el pilote corresponde a una longitud de 5 m por un ancho de 0.40 m. Luego,

$$F_c = \frac{1}{2} \rho_m C_a V^2 A = \frac{1}{2} \times 104 \times 1.20 \times 5.55^2 \times 5 \times 0.40 = 3.86 \text{ Ton}$$

$$F_c = 3.86 \text{ Ton}$$

3.6.3 Fuerza de las Olas

En este caso consideramos que la altura de las olas en la zona donde se ubica el muelle es de 1.20 m

$$F_{wd} = \frac{1}{16} \rho_m g L H_s^2 = \frac{1}{16} \times 104 \times 9.81 \times 5 \times 1.20^2 = 0.78 \text{ Ton}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_m C_d A V^2 = \frac{1}{2} \times 104 \times 1.20 \times 0.40 \times 5 \times 5.55^2 = 3.86 \text{ Ton}$$

Luego,

$$F_o = 0.78 + 3.86 = 4.64 \text{ Ton}$$

$$F_o = 4.64 \text{ Ton}$$

Finalmente, en el caso de que se produzcan estos fenómenos, tendremos que la fuerza de la corriente se puede presentar en forma simultánea con la del viento, y la del oleaje con la del viento; por lo que la fuerza de empuje lateral sería una de esas combinaciones.

$$F_{\text{lateral}} = 0.24 + 3.86 = 4.10 \text{ Ton}$$

$$F_{\text{lateral}} = 0.24 + 4.64 = 4.88 \text{ Ton}$$

Por lo que,

$$F_{\text{lateral}} = 4.88 \text{ Ton (para 01 pilote)}$$

3.7 EVALUACION PRELIMINAR CON LA FUERZA DE SISMO

Del análisis previo, hemos visto que la fuerza de sismo es la fuerza horizontal que gobierna el diseño del pilote, por tratarse de una fuerza de mayor magnitud.

Analizamos el pilote en forma "preliminar" como un elemento en voladizo y determinar si este tiene la resistencia adecuada para poder tolerar el momento en la base debido a la fuerza de sismo.

Para determinar el acero que se requiere para este tipo de sección utilizaremos la siguiente expresión.

$$A_s = \frac{M_u}{F_y J d}$$

Longitud del Pilote (Zona V)

$$\text{Longitud del Pilote} \quad L = 8.50 \text{ m}$$

Momento en el empotramiento del Pilote

$$M_u = EL = 10.64 \times 8.50 = 45.22 \text{ Ton - m}$$

$$M_u = 90.44 \text{ Ton - m}$$

Como la sección del pilote es 40 x 40 cm, tenemos

Recubrimiento $r = 7 \text{ cm}$

Diámetro del estribo = $3/8" = 0.95 \text{ cm}$

$\frac{1}{2}$ Diámetro del refuerzo principal = $2.54 / 2 = 1.27 \text{ cm}$

Peralte Efectivo $d = 40 - 7 - 0.95 - 1.27 = 30.78 \text{ cm}$

$d = 30.78 \text{ cm}$

Módulo de elasticidad del Concreto y del Acero

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 15000\sqrt{350} = 280624.30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = 2.10 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.10 \times 10^6}{280624.30} = 7.48$$

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 350 = 157.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R = \frac{1}{1 + \frac{F_y}{\eta f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{4200}{7.48 \times 157.5}} = 0.2191$$

$$j = 1 - \frac{R}{3} = 1 - \frac{0.2191}{3} = 0.92698$$

$$A_s = \frac{90.44 \times 1000 \times 100}{4200 \times 0.92698 \times 30.78} = 37.73 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 75.46 \text{ cm}^2$$

Tomamos varillas de 1" (Área = 5.07 cm²), tenemos entonces 15 varillas de 1" en la fibra inferior.

Como el sismo actúa en ambas direcciones, tendremos que colocar el mismo refuerzo en las demás caras, por lo que tendríamos 60 varillas de 1" en toda la sección del pilote, esto nos daría una cuantía de la sección de

$$\rho = \frac{60 * 5.07}{40 * 40} = 0.190125$$

Esta cuantía sería mayor al máximo establecido por el ACI que indica que la cuantía máxima es de $\rho_{\max} = 0.06$

Por lo que será necesario utilizar núcleos de concreto apoyados sobre pilotes inclinados que ayudaran a incrementar la resistencia lateral del sistema.

Se plantea que los pilotes que soporten a estos núcleos de concreto serán inclinados con una pendiente 1 : 4 (H:V)

3.8 NUCLEOS DE CONCRETO

En el Plano E1 se indican las dimensiones y ubicación de los núcleos de concreto propuestos para el presente proyecto. Para la Zona V, tenemos al Núcleo Tipo 1, el cual esta soportado por 04 pilotes inclinados

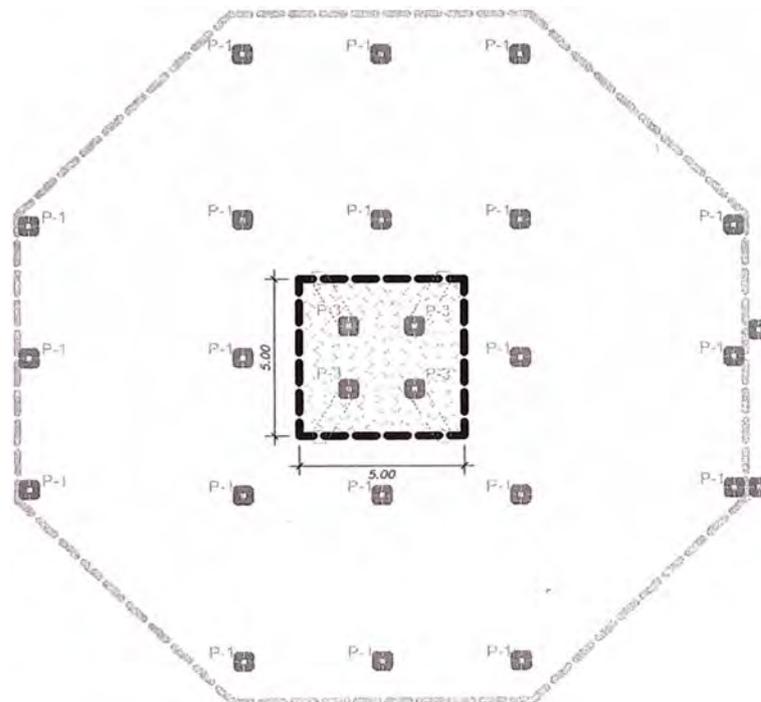


Figura 3.05 Núcleo de Concreto en la Zona V

Largo = 5.00 m

Ancho = 5.00 m

Altura = 1.00 m

Peso del Núcleo = $5.00 \times 5.00 \times 1.00 \times 2.40 = 60.00$ Ton

Sobrecarga sobre el núcleo = $5 \times 5 \times 0.50 = 12.5$ Ton

Peso de la Grúa sobre el núcleo = 35 Ton

Peso Muerto que soporta 01 Pilote = $60.00 / 4 = 15.00$ Ton

Peso Vivo que soporta 01 Pilote = $12.50 / 4 = 3.13$ Ton

Peso de la Grúa que soporta 01 Pilote = $35 / 4 = 8.75$ Ton

Haremos el análisis en el caso de que la fuerza sísmica es soportada por los pilotes inclinados.

CASO 1:

Peso actuante = Carga Muerta + 25% Sobrecarga

Peso actuante = $15 + 0.25 \times 3.13 = 15.78$ Ton

CASO 2:

Peso actuante = Carga Muerta + 10% Grúa

Peso actuante = $15 + 0.10 \times 8.75 = 15.88$ Ton

Por lo tanto,

$P = 15.88 + 15.24 = 31.12$ Ton (peso sobre 01 pilote inclinado proveniente del núcleo y la estructura)

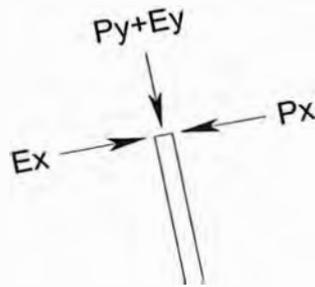
Se tenía que la fuerza sísmica es

$E = 10.64$ Ton

Esquema para un pilote inclinado.



Descomponiendo fuerzas actuantes.



Resultante en el eje X

$$R_x = 10.64 * \frac{4}{\sqrt{17}} - 31.12 * \frac{1}{\sqrt{17}}$$

$$R_x = 2.77 \text{ Ton}$$

Resultante en el eje Y

$$R_y = 10.64 * \frac{1}{\sqrt{17}} + 31.12 * \frac{4}{\sqrt{17}}$$

$$R_y = 32.77 \text{ Ton}$$

Con la resultante en el eje X, vemos que el máximo momento que se produce en la base de un pilote inclinado es

$$M_u = RL = 2.77 \times 8.50 = 23.55 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 23.55 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Luego,

$$A_s = \frac{23.55 \times 1000 \times 100}{4200 \times 0.92698 \times 30.78} = 19.65 \text{ cm}^2$$

Si tomamos varillas de 1" (área = 5.07 cm²) tendríamos 4 varillas en una cara, para toda la sección tendríamos 16 varillas de 1"

$$A_s = 16 * 5.07 = 81.12 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{81.12}{40 * 40} = 0.0507$$

Este valor de cuantía está dentro de los límites establecidos por el ACI

$$\rho_{min} = 0.01 < \rho < \rho_{max} = 0.06$$

Con todos estos resultados previos, podemos concluir que la opción de colocar núcleos de concreto apoyados sobre pilotes inclinados es adecuada porque se ve que estos ayudan a incrementar la resistencia lateral de la estructura, ya que estos toman con mayor eficiencia los esfuerzos laterales de sismo. Tomando en cuenta los resultados previos, se diseñaran los Pilotes P – 1, P – 3 y P – 4.

3.9 DISEÑO DE PILOTES INCLINADOS

a. Diseño a Flexo Compresión Biaxial (Zona V)

Teniendo los valores previamente calculados, se procederá al diseño del Pilote P – 3, para lo cual aplicaremos el método de contorno de carga que consiste en estimar un momento equivalente que pretende tomar en cuenta el efecto de los momentos en las dos direcciones. Además tenemos los siguientes datos.

Sección Transversal $h = b = 45 \text{ cm}$

Recubrimiento = $7 + 0.95 + 1.27 = 9.22 \text{ cm}$ (se considera un refuerzo principal de 1")

La carga Última de diseño para el pilote inclinado es

Caso 1

Carga Última para 01 Pilote Inclinado

$$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ sobrecarga}$$

$$P_u = 1.40 \times 15.00 + 1.70 \times (5 \times 5 \times 0.50 / 4) = 26.31 \text{ Ton}$$

$$P_u = 26.31 \text{ Ton}$$

Caso 2

Carga Última para 01 Pilote Inclinado

$$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ grúa}$$

$$P_u = 1.40 \times 15.00 + 1.70 \times (28 / 4) = 32.90 \text{ Ton}$$

$$P_u = 32.90 \text{ Ton}$$

Además tenemos que

$$\beta = \frac{M_{uy}}{M_{ux}}$$

En nuestro caso tenemos que el momento último que produce el sismo en un pilote inclinado es

$M_u = 23.55 \text{ Ton} - m$, luego

$$M_u = M_{u_x} = 23.55 \text{ Ton} - m$$

Normalmente se suele tomar el valor de $\beta = 0.65$, entonces en este caso tenemos.

$$M_{u_y} = 23.55 * 0.65 = 15.31 \text{ Ton} - m$$

$$M_{u_y} = 15.31 \text{ Ton} - m$$

Por lo que

$$\frac{M_{u_y}}{M_{u_x}} = \frac{15.31}{23.55} = 0.65$$

$$\frac{b}{h} = \frac{40}{40} = 1$$

Como

$$\frac{M_{u_y}}{M_{u_x}} = 0.65 \leq \frac{b}{h} = 1$$

Entonces

$$M_{0_x} = M_{u_x} + M_{u_y} \left(\frac{h}{b} \right) \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right)$$

$$M_{0_y} = M_{0_x} = 23.55 + 15.31 \left(\frac{40}{40} \right) \left(\frac{1 - 0.65}{0.65} \right) = 31.79 \text{ Ton} - m$$

$$K_n = \frac{P_u}{bh f'_c \beta} = \frac{32.90 * 1000}{45 * 45 * 350 * 0.65} = 0.07$$

$$R_n = \frac{M_{0_x}}{bh^2 f'_c \beta} = \frac{31.79 * 1000 * 100}{45 * 45^2 * 350 * 0.65} = 0.153$$

$$\gamma = \frac{45 - 9.22 * 2}{45} = 0.59 \approx 0.60$$

Con estos datos vamos al siguiente diagrama de interacción

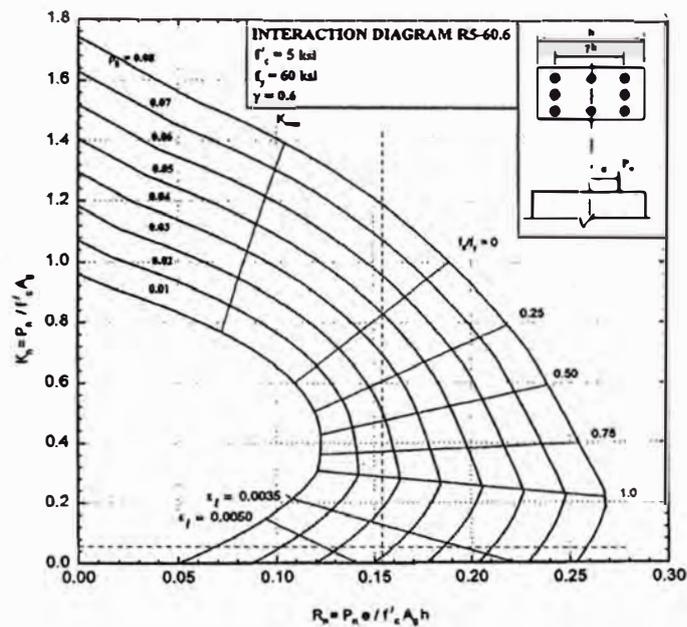


Diagrama C.9. Columna Rectangular, Refuerzo 4 caras, $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ACI # R5-60.6

Del diagrama anterior, tenemos

$$\rho = 0.038$$

Con esta cuantía tenemos el siguiente acero.

$$A_s = 0.038 * 45 * 45 = 76.95 \text{ cm}^2$$

Tomamos varillas de 1" (Área = 5.07 cm²), entonces

$$A_s = 16 * 5.07 = 81.12 \text{ cm}^2$$

Verificamos ahora la resistencia a flexión del pilote calculado

$$\frac{M_{u_x}}{M_{0_x}} = \frac{23.55}{31.79} = 0.741$$

$$\frac{M_{u_y}}{M_{0_y}} = \frac{15.31}{31.79} = 0.481$$

Con estos valores vamos al siguiente gráfico y determinamos β

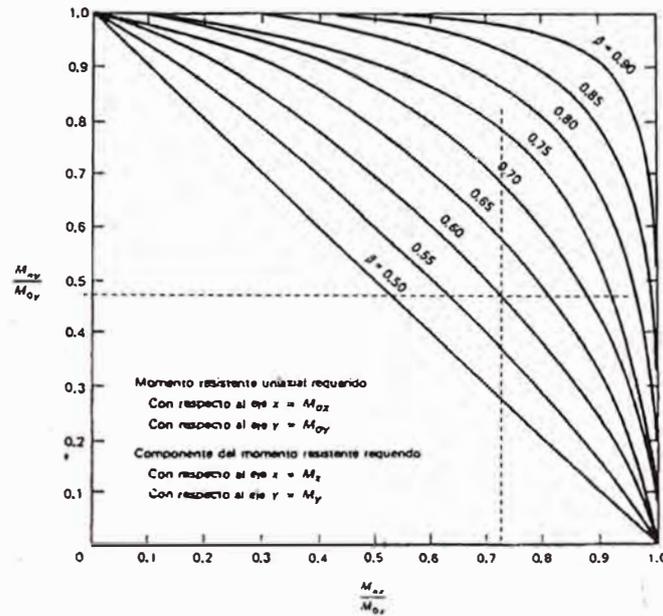


Figura 10.32. Gráfica para la determinación del parámetro β . (Ref. 27)

Del grafico $\beta = 0.612$

$$\frac{\text{Log}(0.5)}{\text{Log}(\beta)} = 1.412$$

$$\left(\frac{M_{ux}}{M_{0x}}\right)^{1.412} + \left(\frac{M_{uy}}{M_{0y}}\right)^{1.412} = 0.741^{1.412} + 0.481^{1.412} \approx 1 \quad \text{OK!!}$$

Por lo tanto la sección asumida es la correcta y las varillas de refuerzo son 16 varillas de 1"

b. Verificación de Esfuerzo de Corte en el Pilote Inclinado (Zona V)

Tenemos que el esfuerzo cortante que se produce en la base del pilote P – 3 es de 10.64 Ton. Por lo que este sería el cortante máximo que se produce en la sección del pilote.

$$V_u = 10.64 \text{ Ton}$$

El cortante máximo viene dado por

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bd$$

Luego

$$V_c = 0.53\sqrt{350} \times 45 \times 35.78$$

$$V_c = 15.96 \text{ Ton}$$

Vemos que la sección de concreto tiene una resistencia al cortante mayor al que es producida por el esfuerzo de sismo. **OK!!**

3.10 DISEÑO DE PILOTES VERTICALES

a. Diseño a Flexo Compresión Biaxial (ZONA III)

Analizamos el pilote P – 4 de la Zona III como un elemento en voladizo y determinar si el este tiene la resistencia adecuada para poder tolerar el momento en la base debido a la fuerza de sismo. Vemos que en esta zona no se plantea el uso de núcleos de concreto como en las demás zonas.

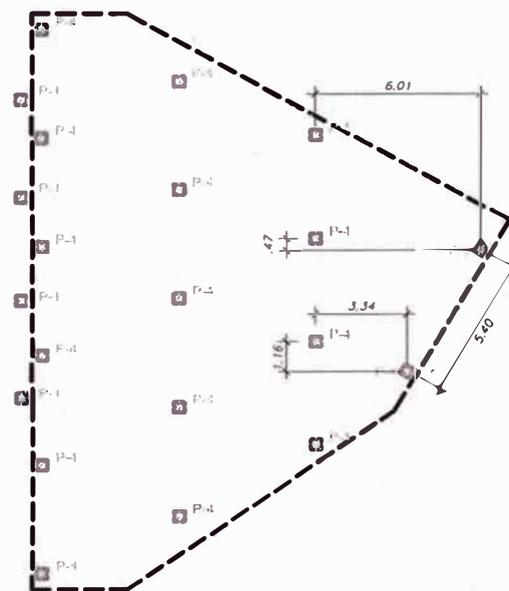


Figura 3.06 Distribución de Pilotes en la Zona III

Para el análisis de la carga sísmica, tenemos 02 casos:

CASO 1:

Peso actuante = Carga Muerta + 25% Sobrecarga

$$\text{Peso actuante} = 128.65 + 0.25 \times 127.20 = 160.45 \text{ Ton}$$

De la Figura 3.06, vemos que esta carga lateral de sismo va a estar distribuida entre los 17 Pilotes Verticales que se está planteando, entonces la carga sísmica que soportara 01 Pilote vertical es

Peso actuante = $160.45 / 17 = 9.44$ Ton (para un pilote vertical)

CASO 2:

Peso actuante = Carga Muerta + 10% Peso Grúa

Peso actuante = $128.65 + 0.10 \times 35 = 132.15$ Ton

Peso actuante = $132.15 / 17 = 7.77$ Ton (para un pilote vertical)

Por lo tanto,

Peso actuante = 9.44 ton

$$P = 9.44 \text{ Ton}$$

Luego,

$$E = 0.30 \times 9.44$$

$$E = 2.83 \text{ Ton (para 01 pilote vertical)}$$

Para determinar el acero que se requiere para este tipo de sección utilizaremos la siguiente expresión.

$$A_s = \frac{M_u}{F_y j d}$$

Longitud del Pilote

$$\text{Longitud del Pilote} \quad L = 7.50 \text{ m}$$

Momento en el empotramiento del Pilote

$$M_u = EL = 2.83 \times 7.00 = 19.81 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 19.81 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Como la sección del pilote es 40 x 40 cm, tenemos

Recubrimiento $r = 7$ cm

Diámetro del estribo = $3/8" = 0.95 \text{ cm}$

$1/2$ Diámetro del refuerzo principal = $2.54 / 2 = 1.27 \text{ cm}$

Peralte Efectivo $d = 40 - 7 - 0.95 - 1.27 = 30.78 \text{ cm}$

$d = 30.78 \text{ cm}$

Módulo de elasticidad del Concreto y del Acero

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 15000\sqrt{350} = 280624.30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = 2.10 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.10 \times 10^6}{280624.30} = 7.48$$

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 350 = 157.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R = \frac{1}{1 + \frac{F_y}{\eta f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{4200}{7.48 \times 157.5}} = 0.2191$$

$$j = 1 - \frac{R}{3} = 1 - \frac{0.2191}{3} = 0.92698$$

$$A_s = \frac{19.81 \times 1000 \times 100}{4200 \times 0.92698 \times 30.78} = 16.53 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 16.53 \text{ cm}^2$$

Tomamos varillas de 1" (Área = 5.07 cm²), tenemos entonces 3 varillas de 1" en la fibra inferior.

Como el sismo actúa en ambas direcciones, tendremos que colocar el mismo refuerzo en las demás caras, por lo que tendríamos 8 varillas de 1" en toda la sección del pilote, esto nos daría una cuantía de la sección de

$$\rho = \frac{8 * 5.07}{40 * 40} = 0.016$$

Este valor de cuantía está dentro de los límites establecidos por el ACI

$$\rho_{min} = 0.01 < \rho < \rho_{max} = 0.06$$

Por lo que en esta Zona III queda sustentado que no es necesario el uso de los núcleos de concreto con pilotes inclinados, el refuerzo a utilizar en este pilote cuadrado de 40 x 40 es de **8 varillas de 1"**.

b. Verificación de Corte en el Pilote P – 4 (ZONA III)

Tenemos que el esfuerzo cortante que se produce en la base del pilote P – 3 es de 2.83 Ton. Por lo que este sería el cortante máximo que se produce en la sección del pilote.

$$V_u = 2.83 \text{ Ton}$$

El cortante máximo viene dado por

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bd$$

Luego

$$V_c = 0.53\sqrt{350}x40x30.78$$

$$V_c = 12207.83 \text{ Kg}$$

$$V_c = 12.21 \text{ Ton}$$

Vemos que la sección de concreto tiene una resistencia al cortante mayor al que es producida por el esfuerzo de sismo.

c. Diseño de Pilote Vertical P – 1 (Zona V)

Como se mencionó, los pilotes inclinados están diseñados para tomar toda la carga lateral de sismo. Por lo que los pilotes verticales se verificaran solo para soportar la carga axial.

Tomaremos un pilote vertical con la misma sección que un pilote inclinado

Se debe cumplir que

$$P_u = 41.58 \text{ Ton} \leq \phi P_n$$

Donde

$$\phi P_n = \phi 0.85 [0.85 f'_c (A_g - A_s) + F_y A_s]$$

Si tomamos la cuantía mínima, $\rho_{\min} = 0.01$, entonces el área de acero $A_s = 16 \text{ cm}^2$

$$\phi P_n = 0.85 * 0.85 [0.85 * 350(1600 - 16) + 4200 * 16]$$

$$\phi P_n = 389.02 \text{ Ton}$$

Vemos que con la cuantía mínima, la sección del pilote vertical resiste la carga última. Según lo indicado por el ACI, se debe tomar como refuerzo mínimo el correspondiente a la cuantía mínima, por lo que, tomaremos como refuerzo principal de los pilotes verticales 8 varillas de 3/4" con lo que se consigue la cuantía mínima.

d. Diseño de Pilote Vertical P – 1 (Zona IV)

Tomaremos pilotes verticales con la misma sección que el pilote P – 1 de la zona V. En la Figura 3.07 se muestra la distribución de los pilotes verticales P – 1 e inclinados P – 3 en esta Zona IV. Los núcleos de concreto se indican en color gris.

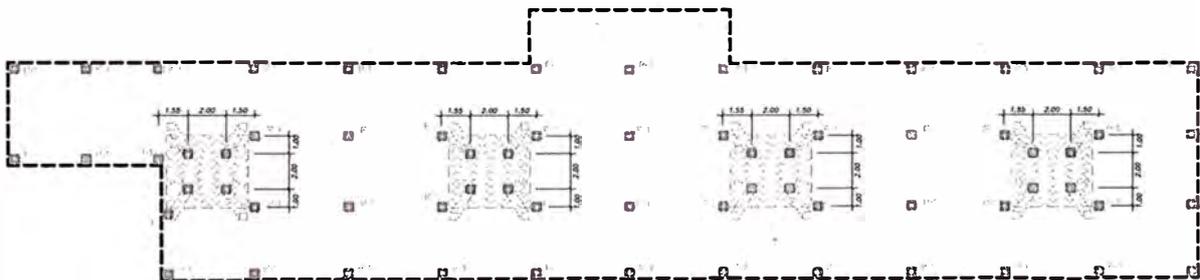


Figura 3.07 Distribución de Pilotes en la Zona IV

Vemos de la Figura 3.07, que todo el peso de la estructura en esta Zona IV será distribuida entre 52 pilotes verticales P – 1 y 16 Pilotes Inclinados P – 3.

Metrado de Carga de la Zona IV

Peso Muerto

Peso de todas las Vigas Transversales

Concreto 55.02 m³ x 2400 Kg/m³ = 132048 Kg

Peso de todas las Vigas Longitudinales

Concreto 177.81 m³ x 2400 Kg/m³ = 426744 Kg

Peso de todas las Losas

Concreto $5.82 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 13968 \text{ Kg}$

Peso Muerto = $132048 + 426744 + 13968$

Peso Muerto = 572760 Kg

Peso Muerto = 572.76 Ton

Peso Muerto = $572.76 / 52 = 11.01 \text{ Ton}$ (para 01 pilote)

Sobrecarga

Para toda la estructura se considerara una sobrecarga de 500 Kg/m^2 , además el área de toda la plataforma principal es de 751.88 m^2

Sobrecarga = $500 \text{ Kg/m}^2 \times 751.88 \text{ m}^2 = 375940 \text{ Kg}$

Sobrecarga = 375.94 Ton

Sobrecarga = $375.94 / 52 = 7.23 \text{ Ton}$ (para 01 pilote)

Peso de la Grúa

En la condición más desfavorable, se considerara una grúa de 35 Ton , la que transmite hacia el pilote el peso de una de sus llantas traseras, cuyo eje toma los $4/5$ del peso total de la grúa.

Peso del Eje Trasero = $35 \times 4 / 5 = 28 \text{ Ton}$

Peso de una Llanta trasera = $28 / 2 = 14 \text{ Ton}$

Peso de una Llanta trasera = 14 Ton (para 01 pilote)

Carga Última para 01 Pilote

Caso 1:

$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ sobrecarga}$

$P_u = 1.40 \times 11.01 + 1.70 \times 7.23 = 27.71 \text{ Ton}$

$P_u = 27.71 \text{ Ton}$

Caso 2:

$P_u = 1.40 \text{ carga muerta} + 1.70 \text{ grúa}$

$P_u = 1.40 \times 11.01 + 1.70 \times 14 = 39.21 \text{ Ton}$

$P_u = 39.21 \text{ Ton}$

De ambos caso tomamos el más desfavorable para el diseño del pilote.

$$P_u = 39.21 \text{ Ton.}$$

Se debe cumplir que

$$P_u = 39.21 \text{ Ton} \leq \phi P_n$$

Donde

$$\phi P_n = \phi 0.85 [0.85 f'_c (A_g - A_s) + F_y A_s]$$

Si tomamos la cuantía mínima, $\rho_{\min} = 0.01$, entonces el área de acero $A_s = 16 \text{ cm}^2$

$$\phi P_n = 0.85 * 0.85 [0.85 * 350(1600 - 16) + 4200 * 16]$$

$$\phi P_n = 389.02 \text{ Ton}$$

Vemos que con la cuantía mínima, la sección del pilote vertical resiste la carga última. Según lo indicado por el ACI, se debe tomar como refuerzo mínimo el correspondiente a la cuantía mínima, por lo que, tomaremos como refuerzo principal de los pilotes verticales 8 varillas de $\frac{3}{4}$ " con lo que se consigue la cuantía mínima.

3.11 CHEQUEO DEL IZAJE

Para verificar el izaje, tomaremos como resistencia mínima del concreto el valor de $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, debido a que se los pilotes se izaran antes de que el concreto alcance su resistencia de diseño $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$.

Usando el método elástico para el cálculo del momento resistente, se tiene:

$$E_s = 2.10 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} = 15000 \sqrt{210} = 217370.65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.10 \times 10^6}{217370.65} = 9.66$$

$$f_c = 0.45 f'_c = 0.45 \times 210 = 94.50 \text{ Kg/cm}^2$$

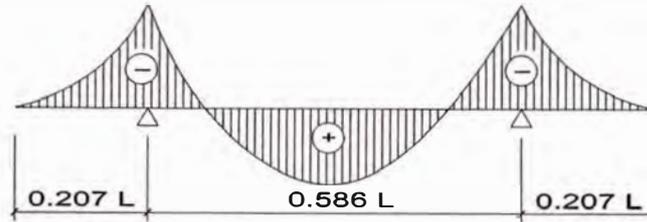
$$R = \frac{1}{1 + \frac{F_y}{\eta f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{4200}{9.66 \times 94.5}} = 0.1785$$

$$j = 1 - \frac{R}{3} = 1 - \frac{0.1785}{3} = 0.94$$

$$k = (1/2) \cdot f_c \cdot R \cdot j = 7.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_r = kbd^2 = 7.93 \cdot 0.4 \cdot 32^2 = 3248.13 \text{ kg-m}$$

Considerando izaje por 2 puntos:



$$w = 0.4 \cdot 0.4 \cdot 2400 = 384 \text{ kg/m}$$

$$R_1 = R_2 = w \cdot L/2 = 384 \cdot 13/2 = 2496 \text{ kg}$$

$$M_{\text{máx}} = 0.0212 \cdot w \cdot L^2 = 0.0212 \cdot 384 \cdot 10.5^2 = 897.52 \text{ kg-m}$$

$$M_r > M_{\text{máx}} \quad \text{OK}$$

Chequeo de la armadura:

$$A_s = \frac{M_a}{f_y \cdot j \cdot d} = \frac{897.52 \cdot 100}{2200 \cdot 0.8837 \cdot 32} = 1.44 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 1.44 \text{ cm}^2$$

$$\text{Para: } 2 \varphi 5/8'' = 3.96 \text{ cm}^2 > A_s \quad \text{OK}$$

Cálculo del área de acero para el gancho del pilote:

$$F_b = 0.6 \cdot f_y = 0.6 \cdot 2200 = 1320 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = R/F_b = 2496/1320 = 1.8909 \text{ cm}^2$$

Entonces empleamos ganchos de $\varphi 1/2''$

Cabe notar que, estando la armadura principal del pilote conformada en su mayoría por varillas de acero de $\varphi 3/4''$, la retacería de ésta puede emplearse para formar los ganchos.

Finalmente, el pilote se izará por 2 puntos, empleando ganchos de $\varphi 3/4''$.

3.12 VERIFICACION DE DEFORMACIONES

Del modelo definido en el ítem 3.01, se procederá a la verificación de los máximos desplazamientos laterales. Para ello se tomara en cuenta lo recomendado por la Norma Chilena NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales, la cual menciona en el Capítulo 6.3 Deformaciones Sísmicas Máximas, menciona que la máxima deformación que se debe producir por el sismo, es:

$$d_{max} = 0.015h$$

Donde, "h" es la altura de los pilotes.

En el análisis presentado en el presente informe, vemos que los pilotes que presentaran la máxima deformación son los que se ubican en la Zona V, los cuales presentan una longitud de 8.50 (h = 8.50 m). Aplicando la expresión anterior, tenemos que la deformación máxima tolerable es:

$$d_{max} = 0.015 \times 8.50 = 0.1275 \text{ m} = 12.75 \text{ cm}$$

En el Anexo 02, se da la Tabla 26. Desplazamiento de Nudos, se han resaltado los nudos que corresponden a la Zona V, y se pueden ver los desplazamientos generados por las cargas aplicadas.

Se aprecia que los mayores desplazamientos se dan por la aplicación de la Carga Sísmica, tanto en la dirección X como en Y. De todos los resultados, vemos que el desplazamiento generado por la aplicación de la fuerza sísmica está en el orden de 0.0345. Con este valor, procedemos a calcular el desplazamiento real esperado en el pilote.

$$\delta_{pilote} = 0.0345 \times R = 0.0345 \times 3 = 0.1035 \text{ m} = 10.35 \text{ cm}$$

Este resultado obtenido, que sirve como límite superior para los desplazamientos horizontales máximos; vemos que el desplazamiento obtenido en el modelo, resulta menor a lo recomendado por la Norma NCh 2369, por lo que concluye que la estructura planteada para la construcción del muelle es la adecuada.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- a. De los cálculos mostrados en el presente informe, se aprecian que los pilotes de concreto planteados para la construcción del muelle náutico del Club Regatas Lima – Sede Chorrillos, corresponden a elementos esbeltos y que reúnen las condiciones estructurales adecuadas para el soporte de toda la estructura.
- b. El procedimiento y las metodologías empleadas, sirven guía para el diseño de este tipo de estructuras.
- c. En cuanto a las características geotécnicas del suelo de fundación; este corresponde a un estrato de grava mal gradada, con alta presencia de cantos rodados, el cual estaba compacto y presentaba resistencia en el proceso de hincado de los pilotes.
- d. Se pudo apreciar en el proceso constructivo, que los pilotes que se extrajeron de la zona donde se viene construyendo el muelle náutico, no alcanzaron la debida penetración adecuada, por lo será recomendable realizar un estudio más detallado acerca de cómo lograr una buena penetración en el suelo por parte de los pilotes hincados, sin que esto afecte la calidad del concreto en el pilote o la calidad estructural de los mismos.
- e. En cuanto al método empleado para el diseño estructural de los pilotes, se utilizó un método en el que se considera la flexión biaxial de los elementos, debido a que las fuerzas de oleaje, corrientes y viento, generan empujes laterales en diversas direcciones y en forma simultánea. La teoría clásica de diseño de columnas no toma en consideración este efecto.
- f. En todos los casos mostrados, se tomó en cuenta como parámetros sísmicos, aquel que corresponde a la zona donde estará ubicado el muelle ($Z = 0.40$, $U = 1.50$, $S = 1.20$, $C = 2.50$, $R = 3$). El efecto de un tsunami, correspondería a replantear el diseño en toda su integridad, por lo que

- cálculos y consideraciones más refinadas y específicas, serian imprescindibles en su desarrollo.
- g. Es muy importante indicar que en la norma técnica peruana, hace excepción a estructuras marinas como la que estamos considerando. Para el presente informe, se tomó como referencia ciertos parámetros de la Norma NCh 2369, que se aplica en Chile para construcciones especiales.
 - h. Todos los resultados obtenidos en los cálculos mostrados, se muestran en los Planos E2 y E3.

4.2 RECOMENDACIONES

- a. Los pilotes diseñados, corresponden a elementos de concreto armado y que para su diseño se empleó métodos convencionales recomendados por el ACI. Es muy importante que para un diseño más elaborado y más preciso, es necesario la aplicación de un software especializado de manera tal, que se obtengan valores más precisos, sobre todo tomando en cuenta todos los factores que están involucrados en este proyecto.
- b. Debido a la naturaleza de este proyecto, es muy importante contar con los equipos idóneos para el proceso constructivo, debido a que es importante que los pilotes alcancen los niveles de penetración indicados en los planos, así como respetar las tolerancias en las dimensiones dadas de los elementos como vigas, losas, etc. Para ello, en todo el proceso se utilizan grúas y martillos hidráulicos que deben cumplir con estándares adecuados para este fin.
- c. El control de calidad en los materiales y elementos a utilizar es muy importante, debido a que estos se encontraran situados en un ambiente que es abrasivo y que genera deterioro a los elementos estructurales. Las recomendaciones que se dan en el proyecto, son importantes debido a que garantizan la durabilidad del muelle, así como de todas las partes que lo componen.
- d. En el diseño de los elementos superiores (vigas y losas), se podría aplicar la teoría clásica de diseño recomendada por el ACI, pero también sería importante contar con un modelo estructural basado en software, que

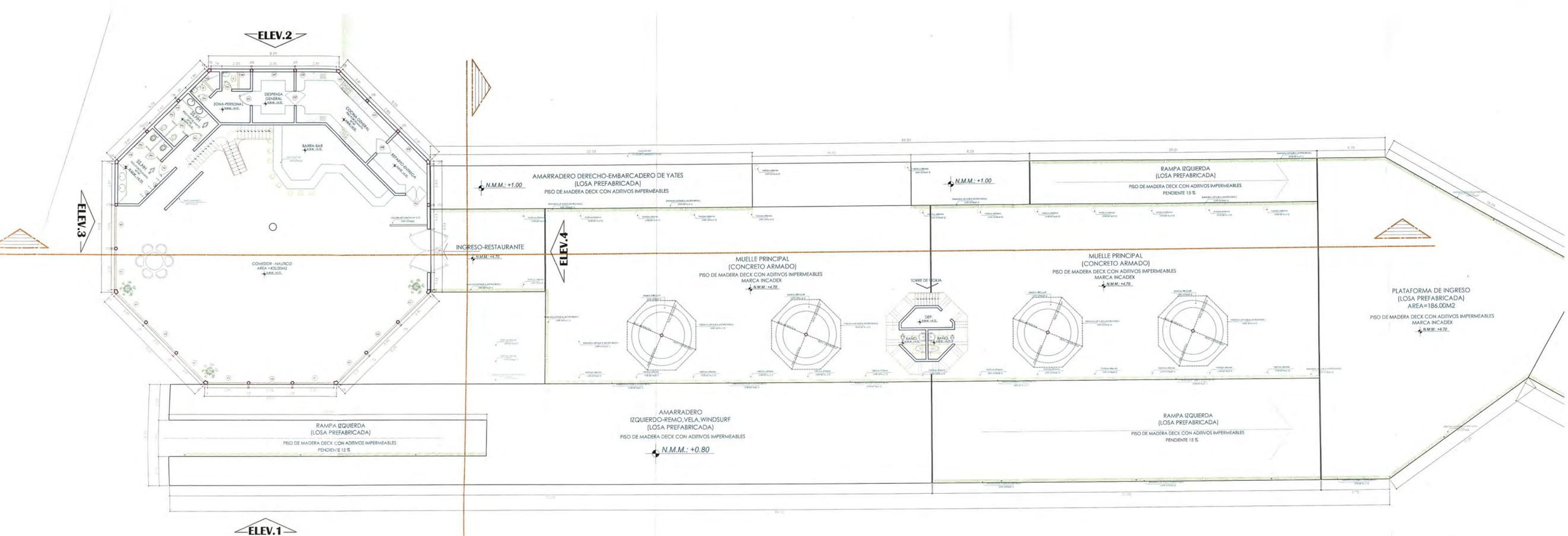
- permita tener precisión y sobre todo en donde se consideren los efectos sísmicos sobre la estructura.
- e. En toda la metodología presentada en el presente informe, se consideraron criterios establecidos para el diseño de elementos de concreto en el Estado Agrietado, esto como bien se sabe, funciona correctamente para elementos como vigas, columnas, losas, etc.; en los que no se toma en cuenta el fenómeno de agrietamiento. En el proyecto presentado, en el cual se tendrán elementos de concreto armado (pilotes) que estarán sometidos durante toda su vida útil a la acción del agua marina, es muy importante tomar en consideración de que cualquier tipo de micro fisura que se pueda presentar durante su etapa de servicio, podría producir un acortamiento en la vida útil del elemento, deteriorándolo y reduciendo su resistencia de diseño ultima. Por ello se recomienda que se debería realizar un análisis más refinado y conciso para el diseño de este tipo de elementos estructurales, un Diseño con Criterios de Durabilidad del Concreto, sería el más adecuado, ya que nos permitiría diseñar elementos de concreto que sean más resistentes y sobretodo que asegure su durabilidad en el tiempo.
- f. Hace falta mucha investigación para llegar a un nivel de conocimiento suficiente que puedan incluir al Diseño por Durabilidad en alguno de los reglamentos de diseño estructural de nuestra norma peruana. Por lo que, un enfoque detallado de este asunto se plantea como tema de un trabajo posterior.

BIBLIOGRAFIA

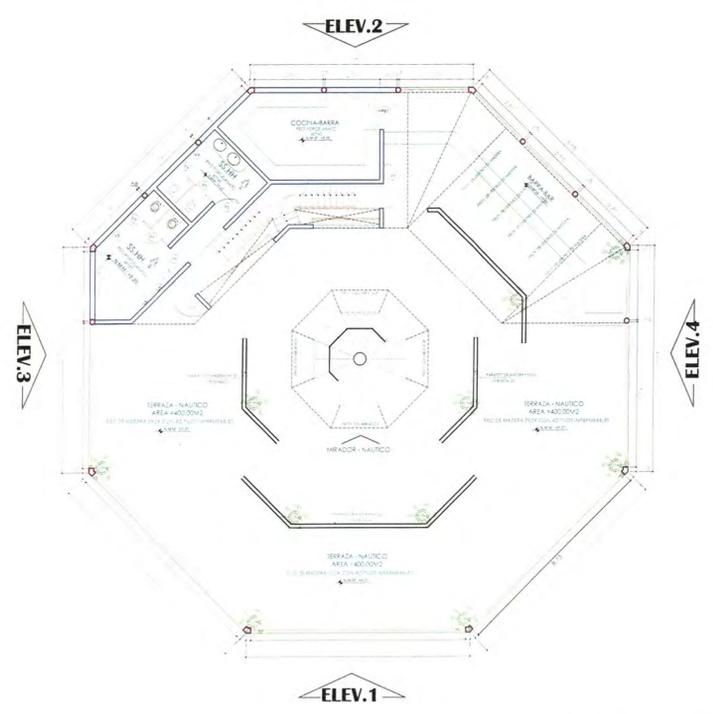
- Alva Hurtado Jorge E. "Diseño de Cimentaciones" PT – 35, Fondo Editorial ICG, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima – Perú.
- Fuentes Ortiz Cesar "Ingeniería Portuaria" 1ra. Edición, COPER Editores, Perú 2001.
- Harmsen Teodoro E. "Diseño de Estructuras de Concreto Armado" 3ra. Edición, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú 2002.
- "Norma E.030 Diseño Sismoresistente" Normas Legales, El Peruano. Lima 2006
- Tomlinson M. J. "Pile Design and Construction Practice" 4ta. Edición, E & FN SPON. London 1994.
- Norma Chilena Oficial NCh 2369.Of2003 "Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales". Instituto Nacional de Normalización INN.

ANEXO 01

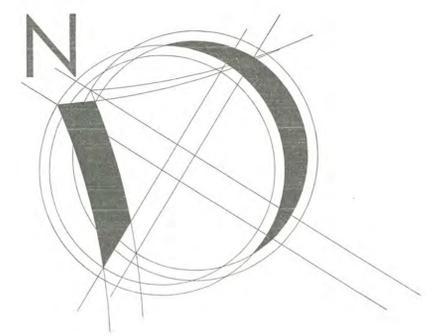
Planos



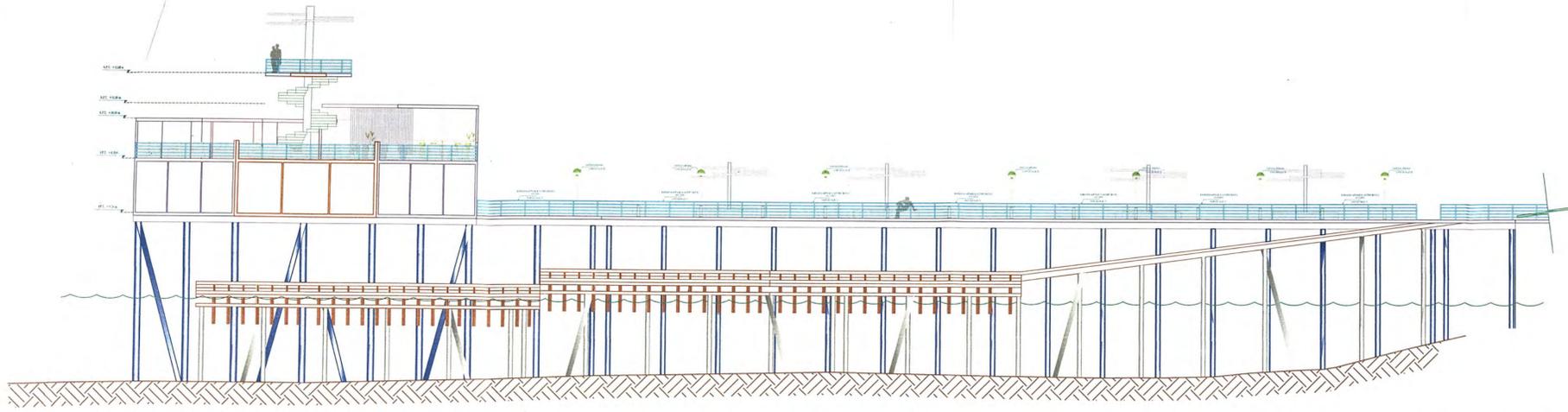
PLANO DE ARQUITECTURA - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:150



PLANO DE ARQUITECTURA RESTAURANTE 2° NIVEL
 ESCALA: 1:150



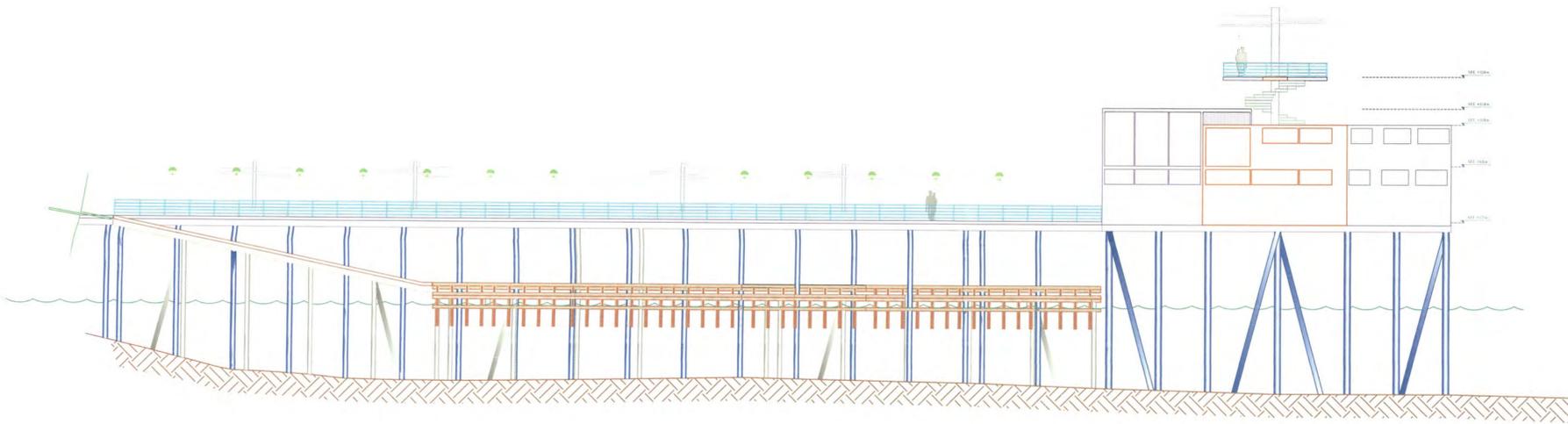
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
INFORME DE SUFICIENCIA Para Optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL Lima - Perú 2014	
PROYECTO CIMENTACION CON PILOTOS EN MUELLE NAUTICO DEL CLUB REGATAS LIMA - SEDE CHORRILLOS	
PLANO ARQUITECTURA PLANTA GENERAL	
Elaborado: Bach. ELVIS STEB TORRES AYALA	Plano: A1
Fecha: 08/02/2014	Escala: 1:150



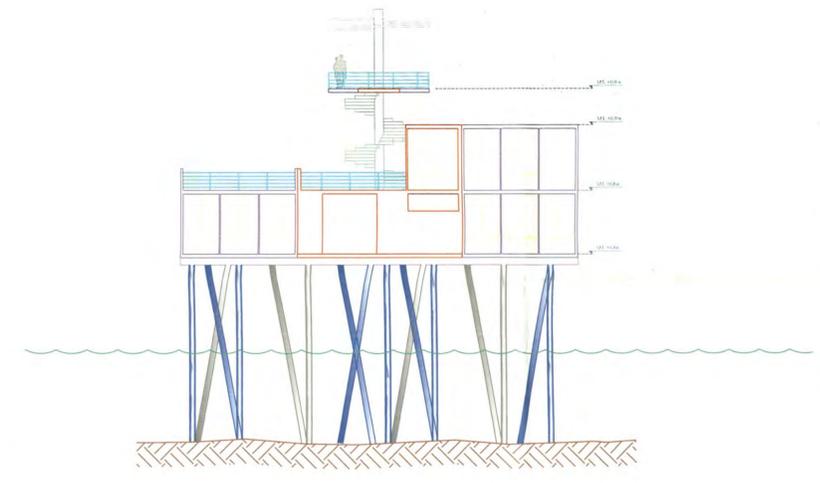
ELEVACION 1 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



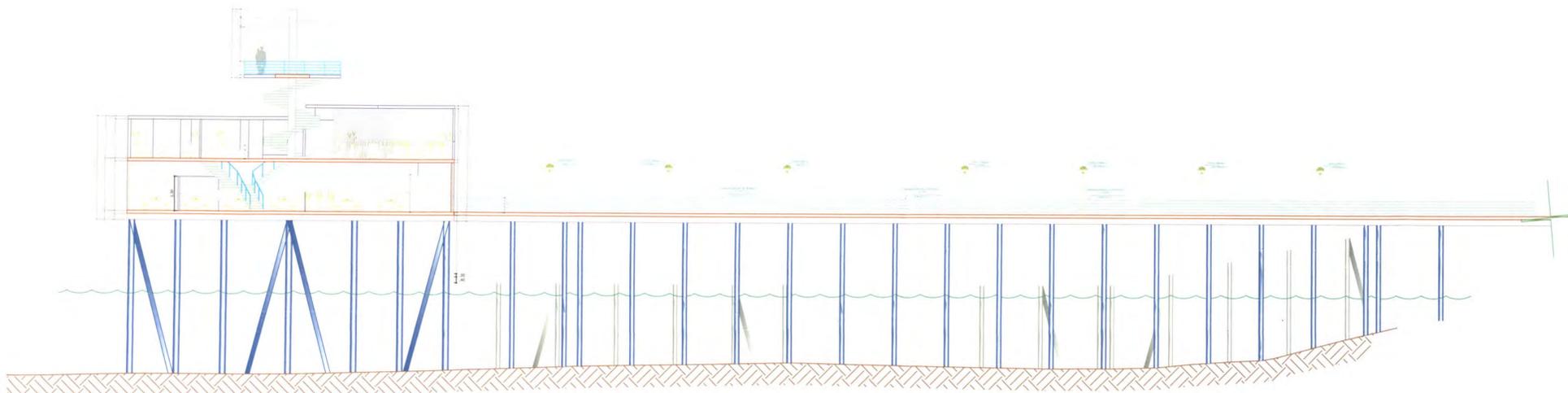
ELEVACION 3 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



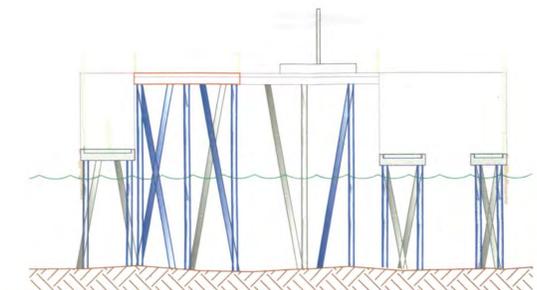
ELEVACION 2 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



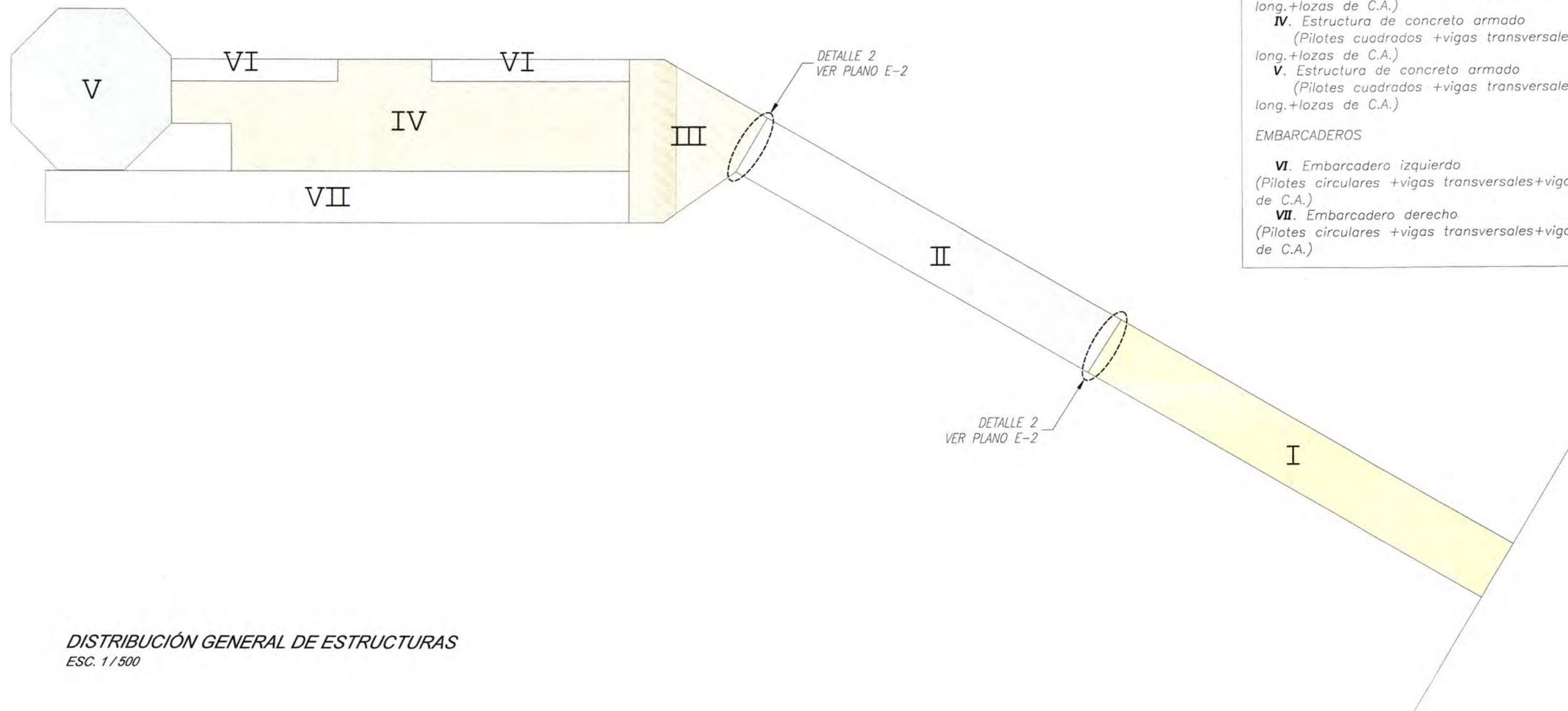
ELEVACION 4 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



CORTE 1 - 1 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



CORTE 2 - 2 - MUELLE Y RESTAURANTE 1° NIVEL
 ESCALA: 1:200



TERRAZA DE INGRESO – PUENTE

- I.** Piso de concreto armado
(apoyado sobre terreno natural).
- II.** Vigas y losa de concreto armado
(apoyado sobre rocas y pilotes)

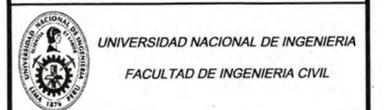
ZONA DE RESTAURANTE Y MUELLE PRINCIPAL – CABEZO

- III.** Estructura de concreto armado
(Pilotes cuadrados +vigas transversales+vigas long.+lozas de C.A.)
- IV.** Estructura de concreto armado
(Pilotes cuadrados +vigas transversales+vigas long.+lozas de C.A.)
- V.** Estructura de concreto armado
(Pilotes cuadrados +vigas transversales+vigas long.+lozas de C.A.)

EMBARCADEROS

- VI.** Embarcadero izquierdo
(Pilotes circulares +vigas transversales+vigas long.+lozas de C.A.)
- VII.** Embarcadero derecho
(Pilotes circulares +vigas transversales+vigas long.+lozas de C.A.)

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE ESTRUCTURAS
ESC. 1/500

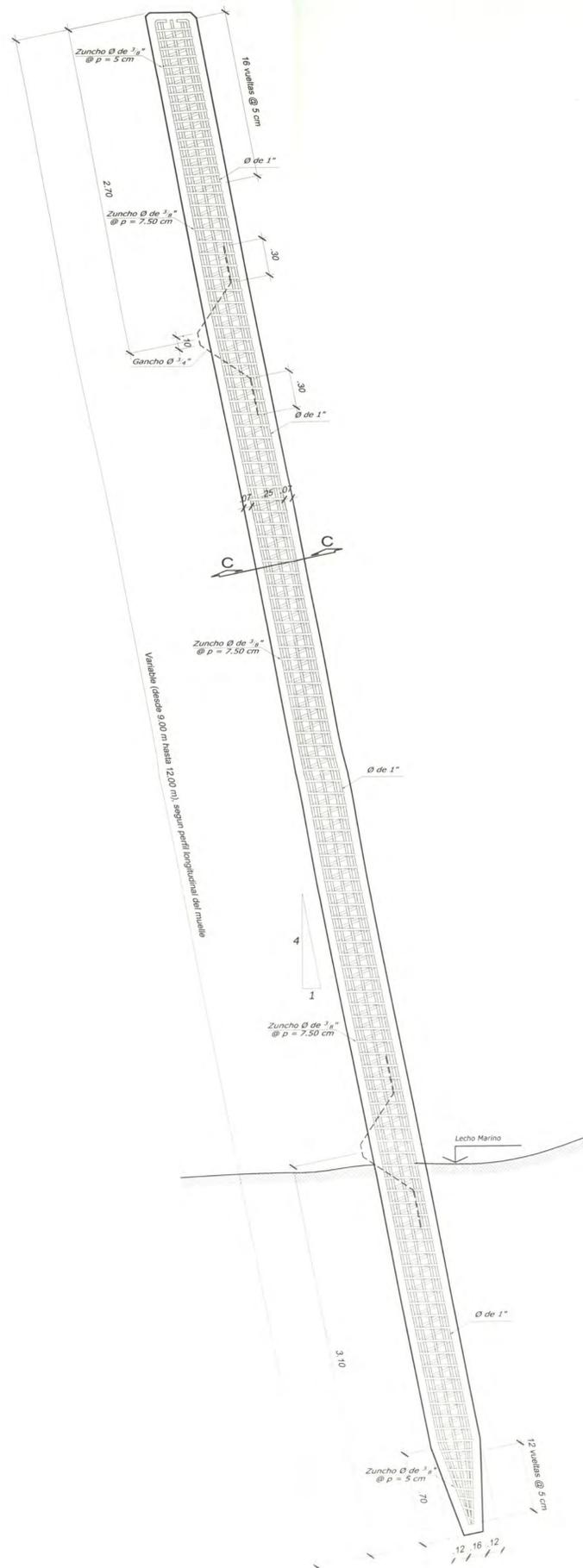


INFORME DE SUFICIENCIA
Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL
Lima - Perú
2014

PROYECTO
CIMENTACION CON PILOTES EN MUELLE NAUTICO DEL CLUB REGATAS LIMA – SEDE CHORRILLOS

PLANO
DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS

Elaborado: **Bach. ELVIS STIB TORRES AYALA** Plano: **EO**
Fecha: **19/02/2014** Escala: **INDICA**



DETALLE TÍPICO DE PILOTE P-3
ESC 1/25

EMPALMES		ESTRIBOS
#	L1 (m)	
1/4"	.30	NO SE PERMITIRÁN EMPALMES DE REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LA LUZ DE LA VIGA A C/LADO DEL PILOTE. UBICAR EN EL 1/3 DE H CENTRAL Y NO MAS DEL 50% VIGAS PILOTES
3/8"	.40	
1/2"	.50	
5/8"	.60	
3/4"	.70	
1"	1.20	

ESPECIFICACIONES GENERALES

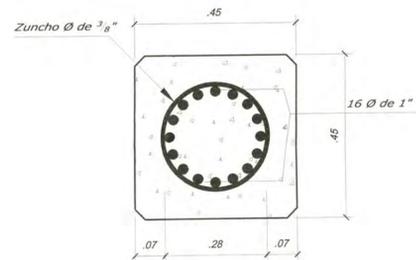
CONCRETO: $f'c=350$ Kg/cm² (Pilotes Cuadrados, Circulares y Vigas)
 $f'c=280$ Kg/cm² (Losas)

ACERO: $f_y=4,200$ Kg/cm².

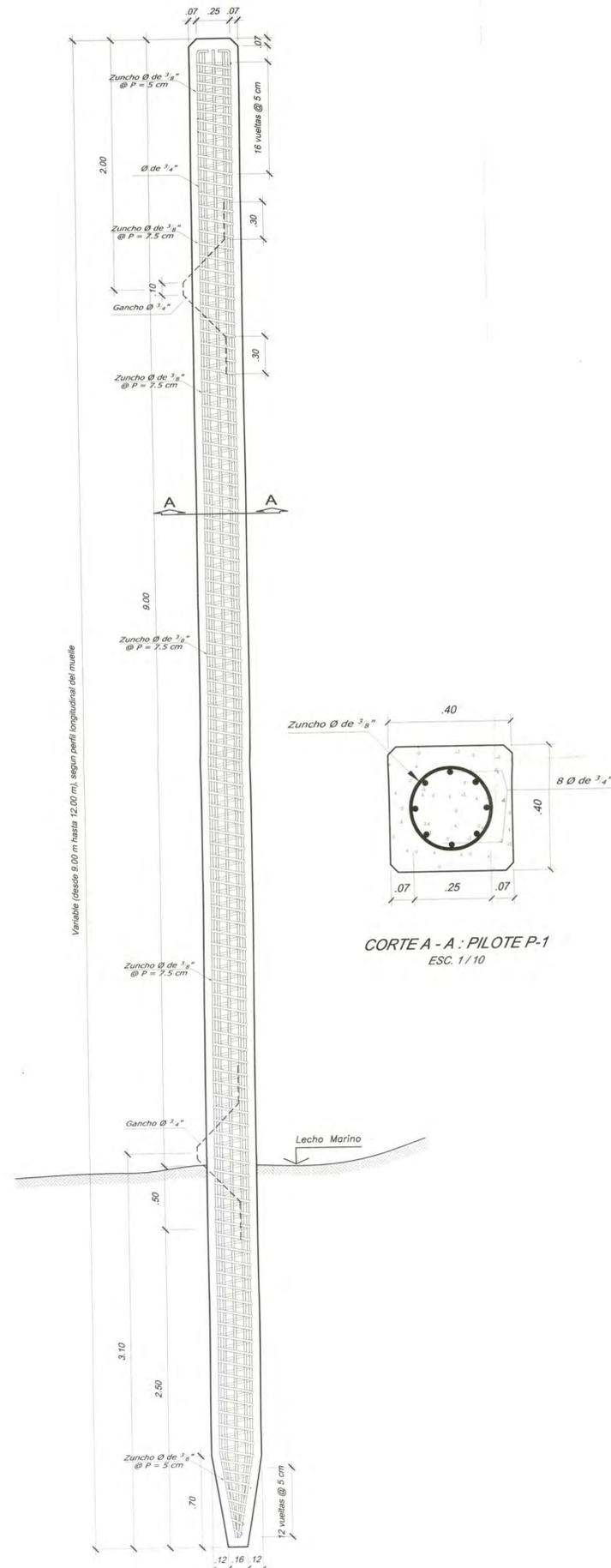
TUBO DE ACERO: ACERO SCHEDULE 40
 (Todos los concretos serán premezclados de planta, y se requerirá concreto con cemento tipo V.)

RECURRIMIENTOS EN EL ACERO

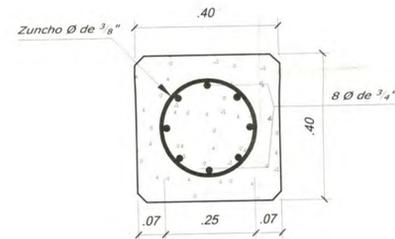
PILOTES: 7.0 cm
 VIGAS: 7.0 cm
 LOSAS: 5.0 cm



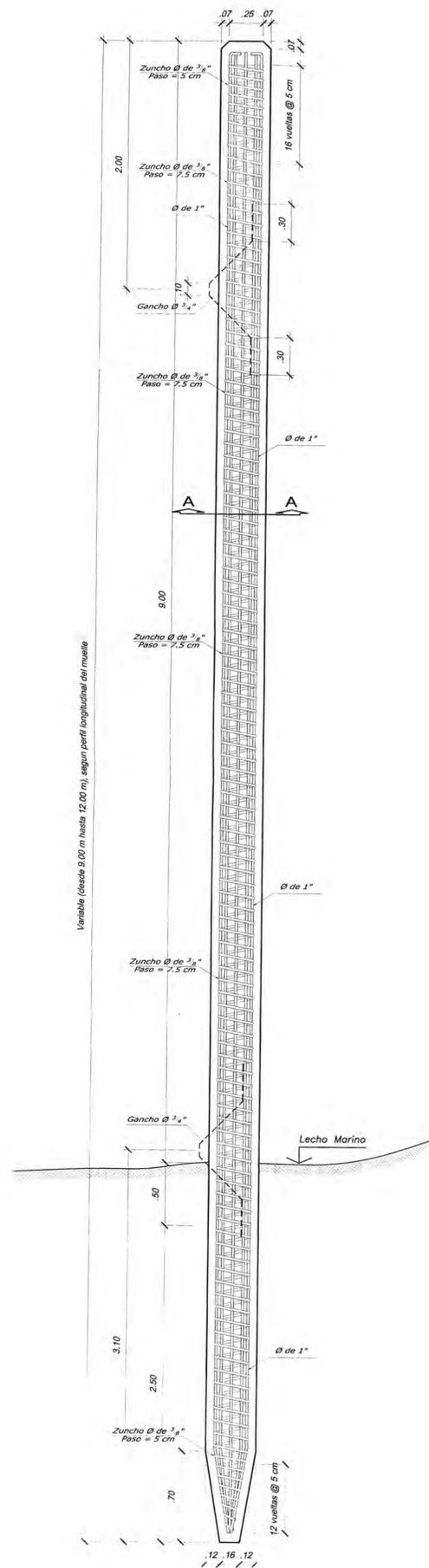
CORTE C - C : PILOTE P-3
ESC. 1/10



DETALLE TÍPICO DE PILOTE P-1
ESC 1/25



CORTE A - A : PILOTE P-1
ESC. 1/10



DETALLE TIPICO DE PILOTE P-4
ESC 1/25

EMPALMES			ESTRIBOS
Ø	L1 (m)	L2 (m)	
1/4"	.30	-	
3/8"	.40	.30	
1/2"	.50	.40	
5/8"	.60	.50	
3/4"	.70	.60	
1"	.80	.70	

NO SE PERMITIRAN EMPALMES DE REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LA LUZ DE LA VIGA A C/LADO DEL PILOTE

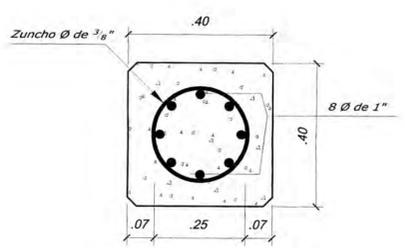
USAR EN EL 1/3 DE H CENTRAL Y NO MAS DEL 50%

ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO $f_c=350$ Kg/cm² (Pilotes Cuadrados, Circulares y Vigas)
 $f_c=280$ Kg/cm² (Losas)
 ACERO $f_y=4,200$ Kg/cm²
 TUBO DE ACERO ACERO SCHEDULE 40
 (Todos los concretos serán prmezados de planta, y se requerirá concreto con cemento tipo V.)

RECURRIMIENTOS EN EL ACERO

PILOTES 7.0 cm
 VIGAS 7.0 cm
 LOSAS 5.0 cm



CORTE A - A : PILOTE P-4
ESC. 1 / 10

ANEXO 02

Resumen de Resultados del Modelo

6. Load combinations

This section provides load combination information.

Table 22: Combination Definitions

Table 22: Combination Definitions

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
COMB1	Linear Add	D	1.400000
COMB1		L	1.700000
COMB2	Linear Add	D	1.000000
COMB2		35 TON CRANE	1.000000
COMB3	Linear Add	D	1.250000
COMB3		L	1.250000
COMB3		Sx	1.000000
COMB4	Linear Add	D	1.250000
COMB4		L	1.250000
COMB4		Sy	1.000000
ENVE	Envelope	COMB1	1.000000
ENVE		COMB2	1.000000
ENVE		COMB3	1.000000
ENVE		COMB4	1.000000
DCON1	Linear Add	D	1.400000
DCON2	Linear Add	D	1.200000
DCON2		L	1.600000
DCON3	Linear Add	D	1.200000
DCON3		L	1.000000
DCON3		Sx	1.000000
DCON4	Linear Add	D	1.200000
DCON4		L	1.000000
DCON4		Sy	1.000000
DCON5	Linear Add	D	0.900000
DCON5		Sx	1.000000
DCON6	Linear Add	D	0.900000
DCON6		Sy	1.000000

7. Structure results

This section provides structure results, including items such as structural periods and base reactions.

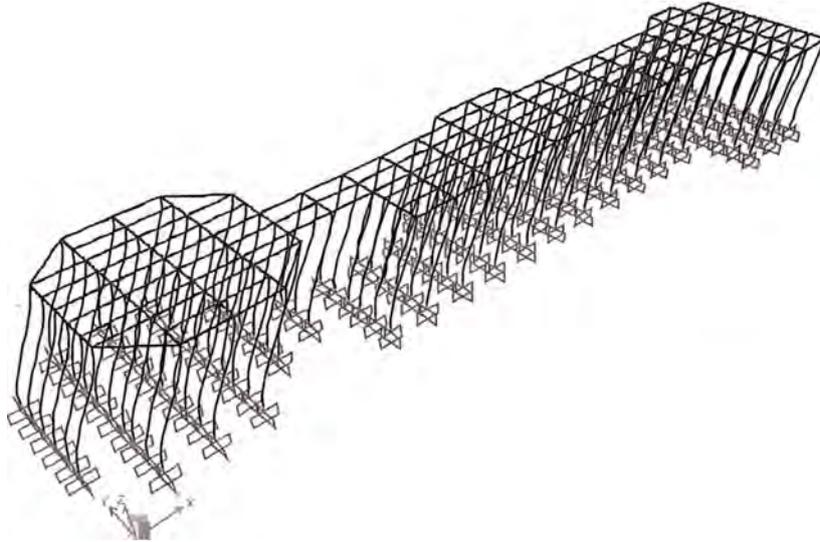


Figure 2: Deformed shape

7.2. Modal results

Table 24: Modal Participating Mass Ratios

Table 24: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
MODAL	1.000000	1.993982	0.999858	0.000018	1.088E-11	0.999858	0.000018	1.088E-11
MODAL	2.000000	1.900067	0.000071	0.827512	1.265E-10	0.999929	0.827529	1.374E-10
MODAL	3.000000	1.832589	0.000070	0.172299	5.684E-10	0.999999	0.999829	7.058E-10
MODAL	4.000000	1.057679	4.428E-09	0.000164	6.176E-12	0.999999	0.999993	7.120E-10
MODAL	5.000000	0.408885	5.839E-08	3.360E-06	2.585E-10	0.999999	0.999996	9.705E-10
MODAL	6.000000	0.212590	2.975E-08	5.712E-08	9.537E-10	0.999999	0.999996	1.924E-09
MODAL	7.000000	0.186523	1.739E-10	6.965E-08	7.345E-10	0.999999	0.999996	2.659E-09
MODAL	8.000000	0.127518	1.402E-09	1.548E-09	9.751E-12	0.999999	0.999996	2.668E-09
MODAL	9.000000	0.100272	1.707E-09	5.387E-11	4.937E-09	0.999999	0.999996	7.606E-09
MODAL	10.000000	0.079078	2.346E-10	9.068E-10	4.625E-08	0.999999	0.999996	5.385E-08
MODAL	11.000000	0.066898	2.532E-10	1.672E-09	0.123035	0.999999	0.999996	0.123035
MODAL	12.000000	0.066234	1.717E-08	2.289E-12	0.000207	0.999999	0.999996	0.123242

7.3. Base reactions

Table 25: Base Reactions

Table 25: Base Reactions							
OutputCase	StepType	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m
D		1.429E-14	1.363E-13	2083.3955	23368.22053	-98649.513	7.327E-12
L		3.534E-15	3.137E-14	611.2500	6876.56250	-28891.8750	1.797E-12
Sx	Max	164.6535	0.4186	0.0021	5.02591	1976.46288	1867.65223
Sy	Max	0.4186	169.9798	0.0086	2040.60661	5.14010	8015.81602

8. Joint results

This section provides joint results, including items such as displacements and reactions.

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2							
Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
2	D		5.193E-06	-3.719E-07	-0.000466	0.000052	-0.000124
2	L		1.492E-06	3.601E-07	-0.000094	0.000051	-0.000013
2	Sx	Max	0.034531	0.000592	0.000041	0.000314	0.000536
2	Sy	Max	0.003377	0.034065	0.000208	0.000228	0.000087
4	D		4.932E-06	-3.741E-07	-0.000444	-7.907E-06	-0.000068
4	L		1.389E-06	3.604E-07	-0.000171	0.000025	-4.370E-06
4	Sx	Max	0.034514	0.000592	0.000061	0.000141	0.000878
4	Sy	Max	0.002796	0.034065	6.026E-06	0.000179	0.000052
5	D		4.749E-06	2.025E-07	-0.000486	-0.000105	0.000093
5	L		1.324E-06	5.762E-07	-0.000119	-7.550E-06	0.000045
5	Sx	Max	0.034499	0.000657	0.000223	0.000388	0.000644
5	Sy	Max	0.002216	0.034356	0.000118	0.000214	0.000110
6	D		4.712E-06	-3.717E-07	-0.000521	0.000031	-0.000065
6	L		1.309E-06	3.685E-07	-0.000212	7.428E-06	-9.379E-06
6	Sx	Max	0.034499	0.000592	0.000057	0.000039	0.000919
6	Sy	Max	0.002216	0.034065	0.000046	0.000086	0.000025
7	D		4.546E-06	1.950E-07	-0.000348	-0.000013	0.000145
7	L		1.246E-06	5.777E-07	-0.000109	1.273E-07	0.000049
7	Sx	Max	0.034482	0.000657	0.000028	0.000101	0.000847
7	Sy	Max	0.001637	0.034356	4.431E-06	0.000114	0.000028
8	D		4.459E-06	-3.688E-07	-0.000533	-0.000018	-0.000060
8	L		1.217E-06	3.759E-07	-0.000215	-3.621E-06	-8.982E-06
8	Sx	Max	0.034483	0.000592	0.000013	0.000060	0.000652
8	Sy	Max	0.001637	0.034065	0.000017	0.000080	0.000013
9	D		4.294E-06	1.915E-07	-0.000341	1.389E-06	0.000128
9	L		1.155E-06	5.813E-07	-0.000109	-3.554E-07	0.000043
9	Sx	Max	0.034466	0.000657	0.000092	0.000014	0.000971
9	Sy	Max	0.001061	0.034355	6.045E-06	0.000099	0.000020
10	D		4.210E-06	-3.743E-07	-0.000523	2.156E-06	-0.000046
10	L		1.128E-06	3.810E-07	-0.000213	6.514E-07	-4.802E-06
10	Sx	Max	0.034467	0.000592	0.000063	4.308E-06	0.000612
10	Sy	Max	0.001061	0.034065	3.336E-06	0.000089	0.000011
11	D		4.030E-06	1.896E-07	-0.000336	-7.810E-06	0.000127
11	L		1.062E-06	5.852E-07	-0.000108	-2.643E-06	0.000042
11	Sx	Max	0.034449	0.000657	0.000074	0.000027	0.000962
11	Sy	Max	0.000497	0.034355	0.000014	0.000090	0.000023
12	D		3.947E-06	-3.796E-07	-0.000520	-6.415E-06	-0.000044
12	L		1.036E-06	3.862E-07	-0.000210	-4.694E-06	-4.180E-06
12	Sx	Max	0.034451	0.000592	0.000061	9.132E-07	0.000615
12	Sy	Max	0.000497	0.034065	7.278E-06	0.000080	0.000012
13	D		3.757E-06	1.829E-07	-0.000338	0.000019	0.000140
13	L		9.692E-07	5.881E-07	-0.000098	-3.973E-06	0.000045
13	Sx	Max	0.034433	0.000657	0.000024	0.000050	0.000824
13	Sy	Max	0.000212	0.034355	0.000020	0.000129	0.000044
14	D		3.667E-06	-3.854E-07	-0.000509	6.425E-06	-0.000061
14	L		9.405E-07	3.908E-07	-0.000194	-5.364E-06	-8.555E-06
14	Sx	Max	0.034435	0.000592	0.000011	0.000064	0.000683
14	Sy	Max	0.000212	0.034065	0.000042	0.000079	0.000013
15	D		3.500E-06	1.758E-07	-0.000464	0.000117	0.000089
15	L		8.854E-07	5.884E-07	-0.000107	0.000013	0.000042

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
15	Sx	Max	0.034422	0.000657	0.000235	0.000402	0.000665
15	Sy	Max	0.000599	0.034356	0.000145	0.000229	0.000124
16	D		3.457E-06	-3.853E-07	-0.000495	-0.000023	-0.000061
16	L		8.691E-07	3.950E-07	-0.000191	1.220E-06	-9.072E-06
16	Sx	Max	0.034422	0.000592	0.000055	0.000041	0.000913
16	Sy	Max	0.000599	0.034065	0.000023	0.000086	0.000014
18	D		3.151E-06	-3.847E-07	-0.000439	0.000013	-0.000068
18	L		7.653E-07	4.020E-07	-0.000168	-0.000021	-4.529E-06
18	Sx	Max	0.034405	0.000592	0.000063	0.000141	0.000878
18	Sy	Max	0.001168	0.034065	0.000012	0.000171	0.000059
20	D		2.890E-06	-3.886E-07	-0.000468	-0.000047	-0.000127
20	L		6.830E-07	4.021E-07	-0.000095	-0.000048	-0.000014
20	Sx	Max	0.034390	0.000592	0.000044	0.000321	0.000540
20	Sy	Max	0.001745	0.034065	0.000210	0.000231	0.000097
22	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
29	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
29	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
29	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
29	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
30	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
30	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
30	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
30	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
31	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
31	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
31	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
31	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
32	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
32	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
32	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
32	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
33	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
33	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
33	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
33	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
34	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
34	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
34	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
34	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
37	D		1.192E-07	-0.000017	-0.000260	-0.000050	0.000035
37	L		-1.031E-08	-4.337E-06	-0.000054	-0.000032	0.000011
37	Sx	Max	0.044306	0.000419	0.000063	0.000027	0.001482
37	Sy	Max	0.003382	0.039811	0.000158	0.000356	0.000070
38	D		8.121E-08	-0.000018	-0.000409	-0.000066	3.213E-06
38	L		-2.251E-08	-4.558E-06	-0.000112	-0.000057	1.689E-06
38	Sx	Max	0.044307	0.000486	0.000013	3.833E-06	0.000351
38	Sy	Max	0.003382	0.039651	0.000160	0.000320	0.000025
39	D		4.454E-08	-0.000019	-0.000260	-0.000052	-0.000030
39	L		-3.392E-08	-4.777E-06	-0.000054	-0.000033	-7.864E-06
39	Sx	Max	0.044307	0.000553	0.000052	0.000031	0.001913
39	Sy	Max	0.003382	0.039524	0.000158	0.000354	0.000087
40	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
40	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
40	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
40	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
41	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
41	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
41	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
41	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
42	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
42	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
42	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
42	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
289	D		5.236E-06	-9.846E-07	-0.000378	0.000112	9.582E-07
289	L		1.479E-06	1.444E-07	-0.000103	0.000069	3.944E-07
289	Sx	Max	0.034530	0.000528	2.568E-06	4.005E-06	0.001067
289	Sy	Max	0.003377	0.033807	0.000101	0.000293	0.000018
290	D		4.974E-06	-9.644E-07	-0.000495	0.000038	1.538E-06
290	L		1.387E-06	1.549E-07	-0.000201	0.000023	7.418E-07
290	Sx	Max	0.034515	0.000528	5.024E-06	6.225E-06	0.000663
290	Sy	Max	0.002797	0.033808	0.000043	0.000049	5.689E-06
291	D		4.710E-06	-9.503E-07	-0.000552	-3.811E-06	3.111E-06
291	L		1.295E-06	1.650E-07	-0.000224	-7.690E-07	1.494E-06
291	Sx	Max	0.034499	0.000528	0.000014	9.247E-07	0.000667
291	Sy	Max	0.002216	0.033808	0.000022	0.000085	0.000014
292	D		4.446E-06	-9.469E-07	-0.000550	0.000012	1.217E-06
292	L		1.203E-06	1.729E-07	-0.000221	1.449E-06	7.586E-07
292	Sx	Max	0.034483	0.000528	5.126E-07	0.000014	0.000881
292	Sy	Max	0.001637	0.033808	0.000015	0.000096	0.000019
293	D		4.181E-06	-9.438E-07	-0.000555	-7.939E-06	-3.227E-06
293	L		1.110E-06	1.809E-07	-0.000220	-1.870E-06	-2.085E-06
293	Sx	Max	0.034468	0.000528	0.000021	7.431E-06	0.000884
293	Sy	Max	0.001061	0.033808	4.822E-06	0.000085	0.000020
294	D		3.916E-06	-9.449E-07	-0.000548	-1.185E-06	-7.538E-06
294	L		1.007E-06	1.878E-07	-0.000216	-4.225E-06	-3.676E-06
294	Sx	Max	0.034451	0.000528	0.000022	5.639E-06	0.000884
294	Sy	Max	0.000497	0.033808	4.643E-06	0.000084	0.000016
295	D		3.653E-06	-9.426E-07	-0.000522	-0.000020	-1.466E-06
295	L		9.255E-07	1.949E-07	-0.000197	-9.707E-06	-1.537E-06
295	Sx	Max	0.034435	0.000528	1.454E-06	0.000013	0.000856
295	Sy	Max	0.000212	0.033808	1.101E-06	0.000097	0.000015
296	D		3.449E-06	-9.420E-07	-0.000522	0.000013	-2.157E-06
296	L		8.541E-07	1.994E-07	-0.000200	0.000010	-3.481E-07
296	Sx	Max	0.034422	0.000528	0.000012	2.758E-06	0.000674
296	Sy	Max	0.000599	0.033808	0.000045	0.000083	0.000010
297	D		3.186E-06	-9.302E-07	-0.000490	-0.000030	1.555E-06
297	L		7.622E-07	2.084E-07	-0.000198	-0.000017	9.100E-07
297	Sx	Max	0.034406	0.000528	6.573E-06	8.014E-06	0.000665
297	Sy	Max	0.001168	0.033808	0.000038	0.000042	0.000018
298	D		2.928E-06	-9.103E-07	-0.000382	-0.000110	5.104E-06
298	L		6.720E-07	2.188E-07	-0.000105	-0.000068	2.325E-06
298	Sx	Max	0.034389	0.000528	1.710E-06	3.193E-06	0.001067
298	Sy	Max	0.001745	0.033808	0.000098	0.000290	0.000020
299	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
299	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
299	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
299	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
300	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
300	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
300	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
300	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
303	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
303	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
303	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
303	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
304	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
304	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
304	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
304	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
305	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
305	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
305	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
305	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
306	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
306	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
306	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
306	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
307	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
307	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
307	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
307	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
308	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
308	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
308	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
308	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
309	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
309	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
309	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
309	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
310	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
310	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
310	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
310	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
311	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
311	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
311	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
311	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
312	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
312	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
312	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
312	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
313	D		5.279E-06	-1.515E-06	-0.000466	0.000052	0.000123
313	L		1.466E-06	-4.036E-08	-0.000094	0.000051	0.000013
313	Sx	Max	0.034531	0.000464	0.000044	0.000292	0.000538
313	Sy	Max	0.003378	0.033583	0.000208	0.000232	0.000095
314	D		5.012E-06	-1.517E-06	-0.000443	-8.933E-06	0.000066
314	L		1.384E-06	-3.994E-08	-0.000171	0.000024	3.273E-06
314	Sx	Max	0.034514	0.000464	0.000063	0.000121	0.000077
314	Sy	Max	0.002797	0.033583	5.464E-06	0.000176	0.000065
315	D		4.709E-06	-1.515E-06	-0.000519	0.000032	0.000059
315	L		1.281E-06	-3.201E-08	-0.000211	7.521E-06	6.542E-06
315	Sx	Max	0.034499	0.000464	0.000027	0.000039	0.000903
315	Sy	Max	0.002216	0.033584	0.000045	0.000086	0.000019
316	D		4.438E-06	-1.510E-06	-0.000531	-0.000017	0.000059
316	L		1.190E-06	-2.421E-08	-0.000214	-2.541E-06	8.027E-06
316	Sx	Max	0.034483	0.000464	0.000012	0.000027	0.000668
316	Sy	Max	0.001637	0.033584	0.000019	0.000082	0.000014
317	D		4.156E-06	-1.512E-06	-0.000525	2.440E-06	0.000055
317	L		1.094E-06	-1.772E-08	-0.000214	5.808E-07	0.000010
317	Sx	Max	0.034467	0.000464	0.000012	0.000022	0.000675
317	Sy	Max	0.001061	0.033585	8.549E-06	0.000089	0.000016
318	D		3.893E-06	-1.513E-06	-0.000523	-7.605E-06	0.000061
318	L		1.003E-06	-1.119E-08	-0.000212	-4.922E-06	0.000013
318	Sx	Max	0.034451	0.000464	8.065E-06	0.000017	0.000680

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
318	Sy	Max	0.000497	0.033585	6.165E-06	0.000071	0.000013
319	D		3.642E-06	-1.519E-06	-0.000511	7.547E-06	0.000065
319	L		9.121E-07	-6.330E-09	-0.000195	-4.687E-06	0.000013
319	Sx	Max	0.034435	0.000463	4.359E-06	0.000029	0.000705
319	Sy	Max	0.000212	0.033585	0.000046	0.000075	0.000026
320	D		3.435E-06	-1.520E-06	-0.000495	-0.000022	0.000068
320	L		8.372E-07	-2.182E-09	-0.000191	7.695E-07	0.000011
320	Sx	Max	0.034423	0.000463	0.000029	0.000031	0.000903
320	Sy	Max	0.000598	0.033584	0.000026	0.000089	0.000025
321	D		3.222E-06	-1.518E-06	-0.000439	0.000012	0.000067
321	L		7.591E-07	5.039E-09	-0.000168	-0.000021	3.718E-06
321	Sx	Max	0.034405	0.000463	0.000066	0.000121	0.000877
321	Sy	Max	0.001168	0.033583	0.000013	0.000171	0.000049
322	D		2.957E-06	-1.522E-06	-0.000462	-0.000053	0.000116
322	L		6.564E-07	5.329E-09	-0.000093	-0.000051	9.823E-06
322	Sx	Max	0.034390	0.000463	0.000044	0.000292	0.000544
322	Sy	Max	0.001745	0.033583	0.000208	0.000227	0.000090
323	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
323	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
323	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
323	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
324	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
324	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
324	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
324	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
327	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
327	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
327	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
327	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
328	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
328	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
328	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
328	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
329	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
329	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
329	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
329	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
330	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
330	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
330	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
330	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
331	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
331	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
331	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
331	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
332	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
332	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
332	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
332	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
333	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
333	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
333	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
333	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
334	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
334	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
334	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
334	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
335	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
335	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Table 26: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
335	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
335	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
336	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
336	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
336	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
336	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
337	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
337	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
337	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
337	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
338	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
338	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
338	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
338	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
339	D		4.672E-06	-2.086E-06	-0.000479	-0.000107	-0.000096
339	L		1.266E-06	-2.254E-07	-0.000117	-8.150E-06	-0.000047
339	Sx	Max	0.034499	0.000400	0.000228	0.000355	0.000552
339	Sy	Max	0.002216	0.033395	0.000120	0.000219	0.000120
340	D		4.358E-06	-2.097E-06	-0.000371	0.000021	-0.000138
340	L		1.163E-06	-2.247E-07	-0.000115	0.000011	-0.000049
340	Sx	Max	0.034482	0.000400	0.000027	0.000061	0.000700
340	Sy	Max	0.001637	0.033395	3.607E-06	0.000109	0.000046
341	D		4.102E-06	-2.096E-06	-0.000472	0.000047	-0.000094
341	L		1.076E-06	-2.202E-07	-0.000165	0.000030	-0.000032
341	Sx	Max	0.034466	0.000400	0.000014	0.000018	0.000713
341	Sy	Max	0.001061	0.033394	0.000011	0.000088	0.000034
342	D		3.810E-06	-2.088E-06	-0.000526	-6.221E-06	-0.000080
342	L		9.759E-07	-2.133E-07	-0.000205	-2.111E-06	-0.000020
342	Sx	Max	0.034451	0.000400	0.000015	4.635E-06	0.000696
342	Sy	Max	0.000496	0.033395	0.000020	0.000102	0.000012
343	D		3.527E-06	-2.086E-06	-0.000464	-0.000037	-0.000105
343	L		8.756E-07	-2.071E-07	-0.000152	-0.000037	-0.000034
343	Sx	Max	0.034435	0.000400	0.000037	8.742E-06	0.000660
343	Sy	Max	0.000203	0.033394	1.397E-06	0.000118	0.000063
344	D		3.387E-06	-2.086E-06	-0.000490	0.000076	-0.000093
344	L		8.189E-07	-2.043E-07	-0.000114	-2.787E-06	-0.000046
344	Sx	Max	0.044422	0.000400	0.000232	0.000367	0.000557
344	Sy	Max	0.000598	0.043394	0.000145	0.000218	0.000123
345	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
345	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
345	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
345	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
346	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
346	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
346	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
346	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
351	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
351	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
351	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
351	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
352	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
352	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
352	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
352	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
353	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
353	L		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
353	Sx	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
353	Sy	Max	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
354	D		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2							
Joint	OutputCase	StepType	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m
29	D		0.0156	-0.0208	14.6781	0.08310	0.06222
29	L		0.0074	-0.0024	2.8572	0.00953	0.02942
29	Sx	Max	1.1941	0.0643	6.2602	0.25084	7.40133
29	Sy	Max	0.0296	1.2695	3.8607	7.69825	0.14475
30	D		0.0247	-0.0034	11.3085	0.01342	0.09830
30	L		0.0080	6.867E-04	2.6088	-0.00271	0.03197
30	Sx	Max	1.1663	0.0247	0.6518	0.13588	7.29081
30	Sy	Max	0.0087	1.2872	0.5233	7.76906	0.04254
31	D		0.0224	0.0014	11.2575	-0.00549	0.08918
31	L		0.0075	4.510E-04	2.8727	-0.00177	0.02984
31	Sx	Max	1.1424	0.0219	1.9807	0.12580	7.19621
31	Sy	Max	0.0112	1.2942	0.3742	7.79687	0.07388
32	D		0.0225	-2.518E-04	11.3982	0.00102	0.08968
32	L		0.0077	4.582E-05	2.9187	-0.00015	0.03050
32	Sx	Max	1.1412	0.0182	2.4484	0.11127	7.19261
32	Sy	Max	0.0279	1.2925	0.1612	7.79009	0.17438
33	D		0.0255	0.0023	11.5791	-0.00901	0.10159
33	L		0.0086	-3.962E-05	2.9107	0.00019	0.03435
33	Sx	Max	1.1636	0.0190	0.7383	0.10314	7.28298
33	Sy	Max	0.0467	1.2898	0.1181	7.77947	0.28334
34	D		0.0163	0.0187	15.2714	-0.07455	0.06490
34	L		0.0079	0.0013	3.1790	-0.00524	0.03150
34	Sx	Max	1.2002	0.0796	5.9355	0.34421	7.43008
34	Sy	Max	0.0713	1.2721	3.1541	7.70890	0.41273
40	D		0.0061	0.0094	9.2350	-0.03842	0.02444
40	L		0.0019	0.0059	1.4375	-0.02365	0.00745
40	Sx	Max	1.0460	0.0101	1.6867	0.06401	6.80269
40	Sy	Max	0.0877	1.1127	4.2156	6.80294	0.55044
41	D		5.670E-04	0.0122	13.2040	-0.04988	0.00226
41	L		3.000E-04	0.0103	2.9884	-0.04147	0.00120
41	Sx	Max	1.2464	0.0137	0.3395	0.08348	7.60335
41	Sy	Max	0.1042	1.1144	4.2591	6.80005	0.61674
42	D		-0.0053	0.0099	9.2303	-0.04046	-0.02121
42	L		-0.0014	0.0060	1.4323	-0.02425	-0.00556
42	Sx	Max	0.9696	0.0194	1.3744	0.10968	6.49788
42	Sy	Max	0.0846	1.1046	4.2139	6.75366	0.53821
303	D		-0.0226	0.0084	14.7745	-0.03340	-0.09043
303	L		-0.0026	0.0085	2.5317	-0.03411	-0.01038
303	Sx	Max	1.2153	0.0510	1.1761	0.20026	7.48394
303	Sy	Max	0.0569	1.2606	5.5932	7.64540	0.32732
304	D		-0.0121	-0.0023	14.0050	0.00902	-0.04859
304	L		-8.253E-04	0.0037	4.4722	-0.01488	-0.00334
304	Sx	Max	1.1560	0.0364	1.6680	0.17433	7.24797
304	Sy	Max	0.0374	1.2712	0.3167	7.68798	0.21687
305	D		-0.0110	0.0040	15.5106	-0.01603	-0.04412
305	L		-0.0016	-2.279E-04	5.0993	0.00093	-0.00657
305	Sx	Max	1.1501	0.0154	1.4668	0.09450	7.22557
305	Sy	Max	0.0199	1.2862	0.6184	7.74764	0.11507
306	D		-0.0109	-0.0011	15.8699	0.00448	-0.04356
306	L		-0.0015	9.391E-04	5.1842	-0.00373	-0.00622
306	Sx	Max	1.1913	0.0157	0.2887	0.09243	7.39065
306	Sy	Max	0.0071	1.2875	1.1275	7.75292	0.04061
307	D		-0.0079	0.0011	16.1691	-0.00461	-0.03176
307	L		-7.713E-04	8.205E-04	5.5950	-0.00325	-0.00314
307	Sx	Max	1.2039	0.0174	1.6319	0.10443	7.44218
307	Sy	Max	0.0127	1.2874	0.1941	7.75247	0.08002
308	D		-0.0082	-3.710E-04	16.2499	0.00146	-0.03316

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
308	L		-8.843E-04	-1.267E-04	5.6734	0.00053	-0.00360
308	Sx	Max	1.2049	0.0170	1.6914	0.10296	7.44699
308	Sy	Max	0.0296	1.2857	0.0890	7.74601	0.18106
309	D		-0.0108	0.0032	16.5290	-0.01268	-0.04331
309	L		-0.0016	6.306E-04	5.7321	-0.00250	-0.00657
309	Sx	Max	1.1982	0.0242	0.3347	0.12951	7.42125
309	Sy	Max	0.0462	1.2873	0.4544	7.75216	0.28150
310	D		-0.0117	-0.0055	16.1869	0.02184	-0.04681
310	L		-0.0017	-0.0013	5.6580	0.00532	-0.00687
310	Sx	Max	1.1514	0.0214	1.5163	0.11954	7.23523
310	Sy	Max	0.0617	1.2863	1.2293	7.74825	0.37764
311	D		-0.0123	0.0014	14.1409	-0.00566	-0.04924
311	L		-8.154E-04	-0.0044	4.5636	0.01777	-0.00334
311	Sx	Max	1.1592	0.0228	1.6251	0.10515	7.26731
311	Sy	Max	0.0802	1.2698	0.1607	7.68211	0.48541
312	D		-0.0222	-0.0091	14.7322	0.03645	-0.08881
312	L		-0.0024	-0.0091	2.5048	0.03617	-0.00951
312	Sx	Max	1.2202	0.0654	1.0942	0.28534	7.51198
312	Sy	Max	0.1016	1.2612	5.5518	7.64778	0.60428
327	D		8.181E-04	0.0196	12.4850	-0.07819	0.00309
327	L		3.922E-04	0.0120	2.8025	-0.04796	0.00153
327	Sx	Max	1.1220	0.0150	0.0456	0.09134	7.11118
327	Sy	Max	0.0549	1.2424	2.6056	7.55757	0.32270
328	D		1.814E-04	0.0053	15.3739	-0.02116	0.00054
328	L		1.387E-04	0.0031	5.2808	-0.01225	0.00051
328	Sx	Max	1.1937	0.0149	0.1753	0.09081	7.39852
328	Sy	Max	0.0376	1.2863	1.0233	7.73316	0.21944
329	D		-4.841E-04	-0.0023	16.2241	0.00925	-0.00214
329	L		-8.691E-05	-0.0018	5.3308	0.00739	-0.00040
329	Sx	Max	1.1926	0.0157	0.3103	0.09381	7.39518
329	Sy	Max	0.0194	1.2792	1.2093	7.70458	0.11287
330	D		-3.677E-04	0.0035	16.2247	-0.01409	-0.00168
330	L		-2.998E-04	0.0017	5.2653	-0.00684	-0.00125
330	Sx	Max	1.1606	0.0166	0.0388	0.09734	7.26833
330	Sy	Max	0.0081	1.2767	0.0294	7.69470	0.04471
331	D		-0.0015	2.379E-04	16.9264	-0.00101	-0.00603
331	L		-6.815E-04	7.432E-04	5.7627	-0.00296	-0.00278
331	Sx	Max	1.1563	0.0159	0.5949	0.09485	7.25180
331	Sy	Max	0.0118	1.2790	0.1238	7.70390	0.07666
332	D		-6.954E-04	0.0014	17.1193	-0.00579	-0.00302
332	L		-4.022E-04	3.260E-04	5.8773	-0.00129	-0.00167
332	Sx	Max	1.1567	0.0149	0.5637	0.09068	7.25435
332	Sy	Max	0.0281	1.2788	0.1286	7.70318	0.17509
333	D		8.445E-05	-0.0021	16.9738	0.00826	7.382E-05
333	L		9.890E-05	-2.620E-04	5.8871	0.00106	0.00032
333	Sx	Max	1.1577	0.0145	0.0137	0.08879	7.25949
333	Sy	Max	0.0450	1.2768	0.4005	7.69510	0.27669
334	D		4.122E-04	7.033E-04	17.0140	-0.00287	0.00137
334	L		2.265E-04	1.314E-04	5.9662	-0.00051	0.00083
334	Sx	Max	1.1960	0.0155	0.3626	0.09298	7.41343
334	Sy	Max	0.0630	1.2788	0.5983	7.70307	0.38284
335	D		1.257E-04	-0.0067	15.4961	0.02689	0.00021
335	L		9.048E-05	-0.0042	5.3604	0.01666	0.00028
335	Sx	Max	1.1973	0.0160	0.1340	0.09525	7.41954
335	Sy	Max	0.0817	1.2851	1.1586	7.72822	0.49183
336	D		1.517E-05	-0.0199	12.3873	0.07930	-0.00025
336	L		2.620E-05	-0.0122	2.7379	0.04886	1.696E-05
336	Sx	Max	1.1260	0.0149	0.0685	0.09073	7.13580
336	Sy	Max	0.0965	1.2419	2.6908	7.55547	0.58567

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
351	D		0.0205	0.0094	14.6289	-0.03760	0.08165
351	L		0.0017	0.0090	2.4774	-0.03593	0.00684
351	Sx	Max	1.2147	0.0590	1.1768	0.25342	7.48166
351	Sy	Max	0.0526	1.2470	5.5396	7.56272	0.31017
352	D		0.0117	-0.0022	14.0232	0.00855	0.04673
352	L		6.365E-04	0.0037	4.4756	-0.01478	0.00250
352	Sx	Max	1.1560	0.0195	1.7489	0.08769	7.24820
352	Sy	Max	0.0353	1.2569	0.3364	7.60218	0.20874
353	D		0.0119	0.0039	15.5092	-0.01569	0.04740
353	L		0.0019	-1.363E-04	5.1007	0.00054	0.00757
353	Sx	Max	1.1519	0.0167	0.7839	0.09342	7.23286
353	Sy	Max	0.0202	1.2715	0.7004	7.66048	0.11567
354	D		0.0115	-0.0013	15.9203	0.00507	0.04570
354	L		0.0023	8.308E-04	5.2012	-0.00332	0.00895
354	Sx	Max	1.1875	0.0165	0.1162	0.09251	7.37569
354	Sy	Max	0.0071	1.2739	1.2198	7.67029	0.03876
355	D		0.0107	0.0014	16.2461	-0.00565	0.04266
355	L		0.0023	8.726E-04	5.6534	-0.00349	0.00899
355	Sx	Max	1.1924	0.0125	0.2151	0.07720	7.39601
355	Sy	Max	0.0130	1.2748	0.1644	7.67387	0.08133
356	D		0.0095	-3.877E-04	16.3184	0.00146	0.03788
356	L		0.0018	-1.024E-04	5.6959	0.00041	0.00703
356	Sx	Max	1.1937	0.0157	0.3150	0.08960	7.40224
356	Sy	Max	0.0298	1.2715	0.2280	7.66064	0.18156
357	D		0.0103	0.0031	16.4616	-0.01249	0.04077
357	L		0.0014	4.510E-04	5.7107	-0.00180	0.00547
357	Sx	Max	1.1954	0.0122	0.3158	0.07522	7.41015
357	Sy	Max	0.0468	1.2727	0.5080	7.66548	0.28395
358	D		0.0104	-0.0056	16.1564	0.02227	0.04124
358	L		0.0011	-0.0013	5.6358	0.00532	0.00440
358	Sx	Max	1.1542	0.0121	0.7332	0.07357	7.24656
358	Sy	Max	0.0628	1.2719	1.1956	7.66236	0.38221
359	D		0.0116	0.0016	14.1267	-0.00659	0.04589
359	L		5.392E-04	-0.0043	4.5602	0.01730	0.00207
359	Sx	Max	1.1593	0.0300	1.6750	0.14175	7.26769
359	Sy	Max	0.0761	1.2560	0.1457	7.59857	0.46881
360	D		0.0217	-0.0091	14.7438	0.03639	0.08646
360	L		0.0022	-0.0091	2.5113	0.03630	0.00880
360	Sx	Max	1.2198	0.0472	1.1849	0.18506	7.51025
360	Sy	Max	0.0947	1.2462	5.5483	7.55964	0.57644
377	D		-0.0166	-0.0135	15.3712	0.05360	-0.06637
377	L		-0.0081	5.000E-04	3.0311	-0.00201	-0.03248
377	Sx	Max	1.2134	0.0709	6.1734	0.29672	7.47821
377	Sy	Max	0.0294	1.2430	3.8775	7.53574	0.14396
378	D		-0.0188	0.0066	14.6870	-0.02638	-0.07511
378	L		-0.0060	0.0066	4.0459	-0.02623	-0.02401
378	Sx	Max	1.1954	0.0111	0.9773	0.06777	7.40707
378	Sy	Max	0.0150	1.2607	0.0373	7.60609	0.06971
379	D		-0.0143	0.0012	16.3342	-0.00477	-0.05742
379	L		-0.0035	3.803E-04	5.4610	-0.00153	-0.01398
379	Sx	Max	1.1896	0.0114	0.3929	0.06902	7.38476
379	Sy	Max	0.0125	1.2636	0.5959	7.61803	0.07944
380	D		-0.0168	-0.0083	14.8849	0.03302	-0.06751
380	L		-0.0057	-0.0053	4.4059	0.02122	-0.02264
380	Sx	Max	1.1870	0.0107	0.3800	0.06584	7.37549
380	Sy	Max	0.0284	1.2661	0.3056	7.62792	0.17581
381	D		-0.0246	-0.0037	12.2109	0.01483	-0.09869
381	L		-0.0087	-0.0019	3.0711	0.00744	-0.03490
381	Sx	Max	1.1897	0.0190	0.7269	0.09702	7.38729

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
381	Sy	Max	0.0447	1.2623	0.0962	7.61263	0.27485
382	D		-0.0171	0.0190	15.0882	-0.07604	-0.06858
382	L		-0.0083	0.0015	3.1095	-0.00581	-0.03326
382	Sx	Max	1.2165	0.0587	6.0775	0.22956	7.49508
382	Sy	Max	0.0627	1.2430	3.1942	7.53568	0.37703
402	D		0.0036	0.0139	13.2274	-0.05557	0.01433
402	L		0.0011	0.0111	3.0792	-0.04425	0.00454
402	Sx	Max	1.1273	0.0092	1.4864	0.05335	7.13504
402	Sy	Max	0.0070	1.2259	4.0134	7.45358	0.03631
403	D		0.0023	2.533E-04	16.0004	-0.00118	0.00893
403	L		6.008E-04	-2.495E-06	5.2745	-1.799E-05	0.00234
403	Sx	Max	1.1299	0.0091	0.0717	0.05526	7.14654
403	Sy	Max	0.0131	1.2659	0.2554	7.61368	0.08143
404	D		0.0020	-0.0132	13.3979	0.05265	0.00763
404	L		-3.129E-05	-0.0110	3.1184	0.04376	-0.00019
404	Sx	Max	1.1328	0.0098	0.5051	0.05909	7.15871
404	Sy	Max	0.0285	1.2195	4.3190	7.42826	0.17567
423	D		0.0054	0.0088	9.2456	-0.03520	0.02137
423	L		0.0019	0.0056	1.4544	-0.02236	0.00755
423	Sx	Max	1.0526	0.0100	1.8791	0.05561	6.83450
423	Sy	Max	0.0462	1.1995	4.5191	7.33058	0.28330
424	D		0.0071	0.0016	11.1245	-0.00648	0.02823
424	L		0.0040	0.0012	2.7216	-0.00478	0.01589
424	Sx	Max	1.0603	0.0076	2.4197	0.04652	6.86582
424	Sy	Max	0.0297	1.2523	1.1577	7.54142	0.18376
425	D		0.0052	0.0062	11.8900	-0.02481	0.02076
425	L		0.0035	0.0018	2.8950	-0.00716	0.01382
425	Sx	Max	1.0787	0.0086	1.3041	0.04640	6.94036
425	Sy	Max	0.0155	1.2525	0.4865	7.54221	0.09287
426	D		6.776E-04	0.0100	14.4235	-0.04026	0.00252
426	L		0.0013	0.0066	4.1063	-0.02630	0.00531
426	Sx	Max	1.1032	0.0077	0.3104	0.04518	7.03874
426	Sy	Max	0.0049	1.2510	0.2045	7.53622	0.02499
427	D		-0.0011	-0.0022	16.1019	0.00858	-0.00442
427	L		-7.367E-04	-0.0013	5.3368	0.00497	-0.00300
427	Sx	Max	1.1074	0.0105	0.3762	0.05768	7.05656
427	Sy	Max	0.0169	1.2492	0.6741	7.52877	0.09652
428	D		-0.0014	-0.0121	13.2823	0.04817	-0.00582
428	L		-6.189E-04	-0.0108	3.0184	0.04313	-0.00254
428	Sx	Max	1.1087	0.0080	0.3123	0.04860	7.06252
428	Sy	Max	0.0362	1.2120	4.7088	7.38002	0.20608
447	D		0.0024	0.0118	13.2208	-0.04758	0.00942
447	L		8.760E-04	0.0103	2.9910	-0.04109	0.00348
447	Sx	Max	1.1932	0.0067	1.1552	0.03955	7.39598
447	Sy	Max	0.0499	1.1963	4.5477	7.29592	0.29797
448	D		0.0031	0.0038	16.0761	-0.01564	0.01222
448	L		0.0016	0.0028	5.3744	-0.01116	0.00655
448	Sx	Max	1.1879	0.0066	1.0567	0.03931	7.37552
448	Sy	Max	0.0321	1.2397	0.8227	7.46943	0.19329
449	D		0.0026	-0.0013	15.9769	0.00486	0.01036
449	L		0.0014	-0.0014	5.2654	0.00557	0.00573
449	Sx	Max	1.1782	0.0093	0.3816	0.04900	7.33764
449	Sy	Max	0.0146	1.2412	0.0268	7.47519	0.08976
450	D		0.0015	0.0022	16.1337	-0.00891	0.00578
450	L		7.321E-04	0.0019	5.3342	-0.00767	0.00288
450	Sx	Max	1.1634	0.0083	0.4825	0.04536	7.27931
450	Sy	Max	0.0037	1.2439	0.3232	7.48613	0.02030
451	D		-6.722E-04	-0.0031	16.2681	0.01189	-0.00290
451	L		5.009E-05	-0.0027	5.4793	0.01055	0.00014

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m
451	Sx	Max	1.1610	0.0060	0.4186	0.03672	7.27041
451	Sy	Max	0.0156	1.2427	1.1884	7.48149	0.09177
452	D		-8.312E-04	-0.0124	13.2897	0.04909	-0.00358
452	L		-5.384E-04	-0.0105	3.0041	0.04205	-0.00222
452	Sx	Max	1.1567	0.0062	0.1077	0.03768	7.25399
452	Sy	Max	0.0316	1.1953	4.6410	7.29220	0.18768
471	D		-7.949E-04	0.0126	13.2507	-0.05055	-0.00325
471	L		-1.634E-04	0.0108	2.9689	-0.04333	-0.00067
471	Sx	Max	1.1423	0.0045	0.6132	0.02764	7.19293
471	Sy	Max	0.0480	1.1881	4.3606	7.24285	0.29044
472	D		-0.0012	0.0039	16.2532	-0.01580	-0.00493
472	L		-5.934E-04	0.0030	5.4841	-0.01189	-0.00240
472	Sx	Max	1.1476	0.0048	0.4274	0.02922	7.21478
472	Sy	Max	0.0313	1.2303	0.8949	7.41148	0.19012
473	D		-9.604E-04	-0.0016	16.1502	0.00591	-0.00399
473	L		-4.946E-04	-0.0017	5.3590	0.00685	-0.00201
473	Sx	Max	1.1542	0.0049	0.0743	0.02830	7.24188
473	Sy	Max	0.0151	1.2334	0.2396	7.42395	0.09211
474	D		-3.378E-04	0.0016	16.1306	-0.00660	-0.00153
474	L		-8.435E-05	0.0016	5.3337	-0.00641	-0.00038
474	Sx	Max	1.1642	0.0047	0.5003	0.02817	7.28241
474	Sy	Max	0.0036	1.2312	0.2397	7.41491	0.02154
475	D		0.0012	-0.0035	16.1020	0.01344	0.00452
475	L		3.318E-04	-0.0027	5.4017	0.01086	0.00127
475	Sx	Max	1.1671	0.0063	0.3525	0.03426	7.29474
475	Sy	Max	0.0157	1.2325	0.5928	7.42012	0.09191
476	D		0.0014	-0.0119	13.2303	0.04693	0.00535
476	L		9.412E-04	-0.0105	2.9781	0.04174	0.00369
476	Sx	Max	1.1745	0.0055	0.2779	0.03139	7.32515
476	Sy	Max	0.0373	1.1940	4.0186	7.26647	0.21014
495	D		-1.731E-04	0.0122	13.2243	-0.04938	-0.00077
495	L		-2.365E-04	0.0105	2.9755	-0.04216	-0.00096
495	Sx	Max	1.1613	0.0038	0.3644	0.02192	7.26862
495	Sy	Max	0.0500	1.1783	4.4520	7.18407	0.29840
496	D		-1.040E-05	0.0038	16.1525	-0.01551	-0.00015
496	L		-8.881E-06	0.0029	5.4254	-0.01155	-6.030E-05
496	Sx	Max	1.1591	0.0035	0.2151	0.02122	7.26068
496	Sy	Max	0.0326	1.2217	0.8122	7.35763	0.19547
497	D		-2.606E-04	-0.0014	16.0475	0.00521	-0.00119
497	L		-1.231E-04	-0.0017	5.2909	0.00655	-0.00053
497	Sx	Max	1.1558	0.0042	0.0012	0.02332	7.24824
497	Sy	Max	0.0156	1.2222	0.1713	7.35950	0.09427
498	D		-7.646E-04	0.0019	16.0301	-0.00794	-0.00323
498	L		-4.847E-04	0.0017	5.2636	-0.00679	-0.00198
498	Sx	Max	1.1494	0.0038	0.3172	0.02217	7.22342
498	Sy	Max	0.0033	1.2227	0.4150	7.36179	0.02086
499	D		-6.717E-04	-3.925E-05	16.5497	-0.00033	-0.00289
499	L		4.753E-06	-7.502E-04	5.6252	0.00288	-3.401E-05
499	Sx	Max	1.1456	0.0040	0.0231	0.02210	7.20895
499	Sy	Max	0.0143	1.2214	0.3082	7.35657	0.08633
500	D		0.0021	-0.0090	14.9226	0.03530	0.00815
500	L		0.0022	-0.0065	4.3164	0.02577	0.00870
500	Sx	Max	1.1369	0.0068	0.3077	0.03221	7.17473
500	Sy	Max	0.0316	1.2186	0.8294	7.34527	0.18889
501	D		0.0074	-0.0196	9.5287	0.07763	0.02942
501	L		0.0029	-0.0093	1.4853	0.03708	0.01141
501	Sx	Max	1.0923	0.0047	1.5005	0.02504	6.99716
501	Sy	Max	0.0465	1.1717	4.5416	7.15809	0.28202
519	D		-3.010E-04	0.0124	13.2494	-0.05019	-0.00128

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
519	L		-6.617E-05	0.0107	2.9783	-0.04285	-0.00028
519	Sx	Max	1.1557	0.0028	0.2629	0.01658	7.24647
519	Sy	Max	0.0496	1.1707	4.3159	7.13573	0.29692
520	D		-4.194E-04	0.0038	16.2187	-0.01587	-0.00179
520	L		-2.097E-04	0.0029	5.4665	-0.01179	-0.00086
520	Sx	Max	1.1584	0.0027	0.1462	0.01626	7.25780
520	Sy	Max	0.0326	1.2121	0.8550	7.30099	0.19550
521	D		-3.428E-04	-0.0017	16.0934	0.00610	-0.00152
521	L		-1.781E-04	-0.0018	5.3200	0.00716	-0.00075
521	Sx	Max	1.1612	0.0030	0.0331	0.01714	7.27003
521	Sy	Max	0.0160	1.2145	0.1971	7.31039	0.09576
522	D		-1.635E-04	0.0015	15.9930	-0.00657	-0.00083
522	L		-4.545E-05	0.0013	5.2262	-0.00533	-0.00022
522	Sx	Max	1.1662	0.0028	0.1664	0.01664	7.29034
522	Sy	Max	0.0038	1.2107	0.5971	7.29513	0.02291
523	D		2.547E-04	0.0018	16.7531	-0.00782	0.00081
523	L		8.707E-05	0.0012	5.8417	-0.00494	0.00030
523	Sx	Max	1.1711	0.0027	0.1499	0.01628	7.31068
523	Sy	Max	0.0149	1.2156	0.0087	7.31485	0.08905
524	D		2.631E-04	-0.0046	16.3144	0.01776	0.00081
524	L		1.899E-04	-0.0034	5.4862	0.01362	0.00070
524	Sx	Max	1.1786	0.0027	0.0855	0.01632	7.34134
524	Sy	Max	0.0315	1.2108	1.1813	7.29531	0.18873
525	D		1.299E-04	-0.0123	13.0123	0.04863	0.00024
525	L		1.170E-04	-0.0109	2.9017	0.04345	0.00040
525	Sx	Max	1.2188	0.0026	0.0287	0.01583	7.50272
525	Sy	Max	0.0506	1.1638	4.2474	7.10764	0.29852
543	D		7.402E-04	0.0124	13.2297	-0.05006	0.00288
543	L		3.633E-04	0.0106	2.9718	-0.04259	0.00144
543	Sx	Max	1.1555	0.0026	0.2317	0.01613	7.24555
543	Sy	Max	0.0493	1.1615	4.3957	7.08169	0.29592
544	D		7.810E-04	0.0038	16.1766	-0.01598	0.00301
544	L		4.541E-04	0.0029	5.4414	-0.01178	0.00179
544	Sx	Max	1.1553	0.0029	0.1334	0.01737	7.24570
544	Sy	Max	0.0322	1.2045	0.8075	7.25328	0.19389
545	D		7.896E-04	-0.0014	16.0756	0.00495	0.00301
545	L		4.717E-04	-0.0017	5.3054	0.00663	0.00185
545	Sx	Max	1.1543	0.0027	0.0781	0.01656	7.24249
545	Sy	Max	0.0155	1.2050	0.2059	7.25535	0.09378
546	D		7.990E-04	0.0018	16.0313	-0.00787	0.00302
546	L		5.084E-04	0.0016	5.2652	-0.00671	0.00199
546	Sx	Max	1.1514	0.0027	0.0552	0.01662	7.23114
546	Sy	Max	0.0037	1.2052	0.3570	7.25611	0.02193
547	D		-3.195E-04	-6.640E-05	16.5225	-0.00037	-0.00148
547	L		-3.166E-04	-7.777E-04	5.6146	0.00295	-0.00131
547	Sx	Max	1.1479	0.0028	0.3576	0.01629	7.21821
547	Sy	Max	0.0146	1.2037	0.2916	7.25033	0.08790
548	D		-0.0032	-0.0088	14.8966	0.03469	-0.01304
548	L		-0.0028	-0.0065	4.3025	0.02570	-0.01108
548	Sx	Max	1.1389	0.0064	0.1092	0.02973	7.18270
548	Sy	Max	0.0307	1.2010	0.7521	7.23945	0.18543
549	D		-0.0083	-0.0194	9.5273	0.07681	-0.03333
549	L		-0.0033	-0.0092	1.4830	0.03667	-0.01320
549	Sx	Max	1.0936	0.0055	1.4505	0.02647	7.00262
549	Sy	Max	0.0454	1.1548	4.5115	7.05501	0.27757
567	D		-2.016E-04	0.0124	13.2387	-0.05031	-0.00089
567	L		-6.867E-05	0.0106	2.9767	-0.04265	-0.00029
567	Sx	Max	1.1564	0.0042	0.2141	0.02463	7.24916
567	Sy	Max	0.0486	1.1552	4.2357	7.04030	0.29308

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
568	D		-2.680E-04	0.0039	16.1881	-0.01619	-0.00118
568	L		-1.723E-04	0.0029	5.4450	-0.01178	-0.00071
568	Sx	Max	1.1573	0.0039	0.1166	0.02372	7.25360
568	Sy	Max	0.0314	1.1957	0.8626	7.20220	0.19072
569	D		-2.672E-04	-0.0013	16.1027	0.00439	-0.00121
569	L		-1.470E-04	-0.0016	5.3279	0.00605	-0.00062
569	Sx	Max	1.1586	0.0042	0.0805	0.02470	7.25931
569	Sy	Max	0.0146	1.1982	0.1503	7.21222	0.09014
570	D		-1.845E-04	0.0021	16.1076	-0.00896	-0.00091
570	L		-9.839E-05	0.0018	5.3259	-0.00720	-0.00043
570	Sx	Max	1.1610	0.0040	0.0366	0.02402	7.26964
570	Sy	Max	0.0030	1.1966	0.3377	7.20599	0.01950
571	D		-3.482E-04	-0.0032	16.1610	0.01201	-0.00159
571	L		-4.911E-05	-0.0027	5.4179	0.01045	-0.00024
571	Sx	Max	1.1630	0.0045	0.0677	0.02593	7.27846
571	Sy	Max	0.0167	1.1981	0.6046	7.21188	0.09618
572	D		-5.010E-04	-0.0119	13.2854	0.04689	-0.00223
572	L		-3.380E-04	-0.0104	3.0153	0.04139	-0.00141
572	Sx	Max	1.1710	0.0057	0.5845	0.03007	7.31119
572	Sy	Max	0.0323	1.1601	3.7580	7.05993	0.19065
591	D		-2.015E-05	0.0125	13.2350	-0.05052	-0.00016
591	L		-4.083E-05	0.0107	2.9709	-0.04286	-0.00018
591	Sx	Max	1.1584	0.0048	0.2290	0.03004	7.25667
591	Sy	Max	0.0484	1.1462	4.3857	6.98911	0.29221
592	D		2.410E-05	0.0039	16.1864	-0.01645	-1.706E-05
592	L		8.181E-05	0.0029	5.4483	-0.01191	0.00030
592	Sx	Max	1.1601	0.0053	0.0756	0.03217	7.26449
592	Sy	Max	0.0315	1.1888	0.8516	7.15919	0.19105
593	D		4.310E-05	-0.0011	16.1221	0.00382	2.888E-05
593	L		5.727E-05	-0.0015	5.3361	0.00599	0.00020
593	Sx	Max	1.1605	0.0052	0.0507	0.03173	7.26708
593	Sy	Max	0.0149	1.1900	0.1910	7.16388	0.09124
594	D		-6.312E-05	0.0020	16.1340	-0.00873	-0.00042
594	L		2.057E-05	0.0018	5.3454	-0.00746	4.350E-05
594	Sx	Max	1.1595	0.0053	0.0047	0.03186	7.26351
594	Sy	Max	0.0030	1.1910	0.1146	7.16818	0.01974
595	D		-4.579E-05	-0.0033	16.1783	0.01249	-0.00038
595	L		-5.938E-05	-0.0028	5.4505	0.01098	-0.00028
595	Sx	Max	1.1590	0.0052	0.0463	0.03169	7.26246
595	Sy	Max	0.0152	1.1888	1.0599	7.15915	0.09031
596	D		-1.366E-04	-0.0120	13.2029	0.04719	-0.00077
596	L		-5.279E-05	-0.0107	2.9448	0.04269	-0.00027
596	Sx	Max	1.1538	0.0046	0.3501	0.02914	7.24263
596	Sy	Max	0.0337	1.1441	4.6889	6.98073	0.19728
615	D		-1.864E-06	0.0125	13.2406	-0.05063	-9.118E-05
615	L		8.927E-05	0.0106	2.9823	-0.04247	0.00034
615	Sx	Max	1.1593	0.0075	0.2454	0.04395	7.26010
615	Sy	Max	0.0493	1.1418	4.1135	6.95663	0.29599
616	D		-1.047E-04	0.0039	16.1789	-0.01651	-0.00053
616	L		-1.138E-04	0.0029	5.4349	-0.01181	-0.00048
616	Sx	Max	1.1580	0.0071	0.0376	0.04264	7.25577
616	Sy	Max	0.0317	1.1812	0.8185	7.11414	0.19175
617	D		-2.009E-04	-0.0012	16.0995	0.00398	-0.00094
617	L		-9.983E-05	-0.0015	5.3236	0.00588	-0.00043
617	Sx	Max	1.1582	0.0071	0.0101	0.04238	7.25753
617	Sy	Max	0.0147	1.1832	0.1652	7.12243	0.09066
618	D		-1.516E-04	0.0020	16.0947	-0.00884	-0.00077
618	L		-9.506E-05	0.0017	5.3202	-0.00709	-0.00042
618	Sx	Max	1.1593	0.0072	0.0272	0.04282	7.26280

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
618	Sy	Max	0.0030	1.1828	0.2142	7.12068	0.01987
619	D		-7.125E-05	-0.0030	16.1751	0.01135	-0.00048
619	L		1.096E-06	-0.0027	5.4294	0.01039	-4.085E-05
619	Sx	Max	1.1597	0.0071	0.0793	0.04236	7.26538
619	Sy	Max	0.0163	1.1815	0.7129	7.11555	0.09476
620	D		2.806E-04	-0.0116	13.2796	0.04549	0.00090
620	L		2.837E-04	-0.0103	3.0124	0.04073	0.00108
620	Sx	Max	1.1636	0.0071	0.1691	0.04233	7.28147
620	Sy	Max	0.0328	1.1434	3.9521	6.96301	0.19414
639	D		-1.200E-04	0.0126	13.2324	-0.05120	-0.00056
639	L		-1.821E-04	0.0108	2.9618	-0.04338	-0.00074
639	Sx	Max	1.1528	0.0076	0.3919	0.04785	7.23416
639	Sy	Max	0.0476	1.1322	4.4845	6.90495	0.28905
640	D		1.559E-05	0.0040	16.1838	-0.01691	-4.928E-05
640	L		1.363E-04	0.0029	5.4536	-0.01201	0.00052
640	Sx	Max	1.1579	0.0085	0.0073	0.05144	7.25543
640	Sy	Max	0.0313	1.1748	0.9411	7.07517	0.19024
641	D		1.435E-04	-0.0011	16.1372	0.00363	0.00043
641	L		1.052E-04	-0.0016	5.3482	0.00613	0.00039
641	Sx	Max	1.1594	0.0087	0.0206	0.05254	7.26212
641	Sy	Max	0.0148	1.1765	0.1564	7.08184	0.09087
642	D		8.429E-05	0.0020	16.1449	-0.00905	0.00017
642	L		1.008E-04	0.0018	5.3528	-0.00757	0.00037
642	Sx	Max	1.1594	0.0084	0.0524	0.05133	7.26315
642	Sy	Max	0.0032	1.1767	0.1162	7.08253	0.02044
643	D		-1.832E-04	-0.0033	16.1836	0.01233	-0.00092
643	L		-4.750E-05	-0.0028	5.4549	0.01106	-0.00023
643	Sx	Max	1.1602	0.0086	0.1102	0.05215	7.26737
643	Sy	Max	0.0155	1.1747	0.9757	7.07442	0.09157
644	D		-9.596E-04	-0.0121	13.1745	0.04742	-0.00405
644	L		-7.138E-04	-0.0108	2.9219	0.04299	-0.00290
644	Sx	Max	1.1568	0.0084	0.0807	0.05135	7.25466
644	Sy	Max	0.0324	1.1315	4.5630	6.90194	0.19267
663	D		3.357E-04	0.0126	13.2603	-0.05147	0.00126
663	L		4.701E-04	0.0106	3.0043	-0.04241	0.00186
663	Sx	Max	1.1703	0.0119	0.6073	0.06859	7.30357
663	Sy	Max	0.0514	1.1313	3.8690	6.88859	0.30375
664	D		7.463E-05	0.0039	16.1601	-0.01647	0.00019
664	L		-8.573E-05	0.0028	5.4162	-0.01125	-0.00037
664	Sx	Max	1.1638	0.0112	0.0636	0.06578	7.27876
664	Sy	Max	0.0322	1.1702	0.7503	7.04399	0.19392
665	D		-2.097E-04	-0.0013	16.0904	0.00428	-0.00098
665	L		-1.079E-04	-0.0016	5.3123	0.00603	-0.00046
665	Sx	Max	1.1629	0.0103	0.0094	0.06230	7.27617
665	Sy	Max	0.0150	1.1690	0.2842	7.03931	0.09181
666	D		-2.043E-04	0.0022	16.0758	-0.00958	-0.00097
666	L		-1.283E-04	0.0018	5.3025	-0.00725	-0.00055
666	Sx	Max	1.1631	0.0109	0.0248	0.06456	7.27790
666	Sy	Max	0.0031	1.1692	0.3067	7.04005	0.02011
667	D		2.532E-04	-0.0029	16.1488	0.01066	0.00082
667	L		1.204E-04	-0.0025	5.4113	0.00964	0.00044
667	Sx	Max	1.1625	0.0103	0.0873	0.06217	7.27619
667	Sy	Max	0.0161	1.1701	0.7274	7.04339	0.09425
668	D		0.0016	-0.0114	13.3489	0.04469	0.00607
668	L		0.0013	-0.0101	3.0659	0.03999	0.00532
668	Sx	Max	1.1667	0.0096	0.1126	0.05939	7.29404
668	Sy	Max	0.0345	1.1309	3.8262	6.88695	0.20097
685	D		0.0085	0.0025	11.1848	-0.01108	0.03410
685	L		0.0047	0.0018	2.7735	-0.00742	0.01860

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
685	Sx	Max	1.0620	0.0135	2.3738	0.07841	6.86813
685	Sy	Max	0.0726	1.1610	1.1880	6.99571	0.45636
686	D		0.0079	0.0062	12.1253	-0.02588	0.03132
686	L		0.0049	0.0018	3.1145	-0.00736	0.01956
686	Sx	Max	1.0835	0.0164	1.5095	0.08954	6.95535
686	Sy	Max	0.0588	1.1620	0.1245	6.99967	0.36743
687	D		0.0033	0.0081	14.8566	-0.03351	0.01308
687	L		0.0027	0.0052	4.3431	-0.02092	0.01084
687	Sx	Max	1.1198	0.0155	0.1785	0.08598	7.10177
687	Sy	Max	0.0457	1.1592	0.2590	6.98874	0.28149
688	D		1.448E-04	0.0012	16.4240	-0.00596	0.00047
688	L		1.129E-04	0.0013	5.5384	-0.00531	0.00043
688	Sx	Max	1.1295	0.0112	0.5681	0.06937	7.14144
688	Sy	Max	0.0291	1.1605	0.1319	6.99393	0.18136
689	D		-6.221E-04	-0.0010	16.0288	0.00318	-0.00262
689	L		-4.551E-04	-0.0015	5.2644	0.00562	-0.00185
689	Sx	Max	1.1334	0.0122	0.2625	0.07382	7.15821
689	Sy	Max	0.0133	1.1626	0.3804	7.00219	0.08476
690	D		-5.868E-04	0.0022	16.0538	-0.00966	-0.00250
690	L		-3.949E-04	0.0018	5.2835	-0.00752	-0.00161
690	Sx	Max	1.1346	0.0119	0.2205	0.07242	7.16379
690	Sy	Max	0.0029	1.1622	0.4204	7.00073	0.01854
691	D		9.666E-05	-7.273E-05	16.5711	-0.00072	0.00020
691	L		-4.647E-06	-9.664E-04	5.6342	0.00360	-5.934E-05
691	Sx	Max	1.1361	0.0130	0.4014	0.07682	7.17085
691	Sy	Max	0.0164	1.1625	0.1168	7.00193	0.09504
692	D		0.0012	-0.0090	14.8647	0.03474	0.00469
692	L		0.0011	-0.0065	4.2439	0.02571	0.00420
692	Sx	Max	1.1333	0.0103	0.2563	0.06388	7.16088
692	Sy	Max	0.0353	1.1598	0.8480	6.99101	0.20348
693	D		2.145E-04	-0.0193	9.4117	0.07594	0.00062
693	L		4.467E-04	-0.0092	1.4445	0.03654	0.00173
693	Sx	Max	1.1335	0.0098	2.1777	0.06157	7.16237
693	Sy	Max	0.0507	1.1117	4.2389	6.79890	0.29962
709	D		7.144E-04	0.0053	16.1656	-0.02240	0.00282
709	L		3.548E-04	0.0036	5.4349	-0.01472	0.00141
709	Sx	Max	1.2322	0.0142	0.3812	0.08548	7.54762
709	Sy	Max	0.0852	1.1538	0.8515	6.95764	0.50686
710	D		4.060E-05	2.280E-04	16.6133	-0.00197	0.00011
710	L		1.570E-04	-6.545E-06	5.7958	-0.00024	0.00062
710	Sx	Max	1.2190	0.0125	0.0220	0.07832	7.49623
710	Sy	Max	0.0664	1.1571	0.4117	6.97064	0.39807
711	D		-0.0019	2.836E-04	16.6552	-0.00220	-0.00770
711	L		-8.307E-04	1.291E-05	5.7581	-0.00032	-0.00333
711	Sx	Max	1.1944	0.0127	0.8070	0.07935	7.39935
711	Sy	Max	0.0470	1.1561	0.1005	6.96651	0.28642
712	D		-0.0031	-4.244E-04	16.5005	0.00063	-0.01243
712	L		-0.0014	-5.954E-04	5.6700	0.00211	-0.00577
712	Sx	Max	1.1895	0.0142	0.9617	0.08536	7.38102
712	Sy	Max	0.0300	1.1573	0.2108	6.97139	0.18491
713	D		-0.0029	-7.954E-04	15.9104	0.00211	-0.01160
713	L		-0.0015	-0.0012	5.1758	0.00450	-0.00597
713	Sx	Max	1.1864	0.0138	0.8688	0.08375	7.36965
713	Sy	Max	0.0125	1.1560	0.5094	6.96632	0.08182
714	D		-0.0027	0.0024	15.9704	-0.01045	-0.01111
714	L		-0.0014	0.0018	5.2231	-0.00761	-0.00572
714	Sx	Max	1.1857	0.0144	0.8420	0.08620	7.36776
714	Sy	Max	0.0032	1.1569	0.4691	6.96991	0.01836
715	D		-0.0032	2.776E-04	16.5144	-0.00218	-0.01300

Table 27: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	StepType	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m
715	L		-0.0017	-6.127E-04	5.5885	0.00217	-0.00666
715	Sx	Max	1.1852	0.0134	1.0648	0.08210	7.36679
715	Sy	Max	0.0190	1.1573	0.0508	6.97139	0.10592
716	D		-0.0040	-0.0087	14.9183	0.03374	-0.01625
716	L		-0.0024	-0.0062	4.3052	0.02463	-0.00953
716	Sx	Max	1.1830	0.0186	0.3844	0.10222	7.35934
716	Sy	Max	0.0348	1.1556	0.9728	6.96474	0.20138
717	D		-0.0031	-0.0195	9.4390	0.07685	-0.01243
717	L		-0.0018	-0.0096	1.4708	0.03804	-0.00733
717	Sx	Max	1.1682	0.0204	2.1010	0.10856	7.30105
717	Sy	Max	0.0512	1.1060	4.2033	6.76657	0.30141
721	D		-0.0076	0.0033	11.3726	-0.01430	-0.03019
721	L		-0.0041	0.0021	2.8440	-0.00885	-0.01634
721	Sx	Max	0.9847	0.0148	1.9631	0.09185	6.55936
721	Sy	Max	0.0697	1.1525	1.1363	6.94473	0.44506
722	D		-0.0079	1.378E-04	11.5091	-0.00167	-0.03149
722	L		-0.0046	-5.459E-05	2.9704	-6.599E-05	-0.01828
722	Sx	Max	0.9987	0.0163	1.7399	0.09805	6.61645
722	Sy	Max	0.0551	1.1528	0.2038	6.94602	0.35306
723	D		-0.0062	1.194E-04	11.4555	-0.00160	-0.02490
723	L		-0.0037	-6.826E-05	2.9107	-1.194E-05	-0.01477
723	Sx	Max	1.0205	0.0164	1.9671	0.09836	6.70481
723	Sy	Max	0.0415	1.1509	0.0979	6.93840	0.26469
724	D		-0.0050	-1.466E-05	11.3518	-0.00106	-0.02019
724	L		-0.0030	-2.793E-04	2.8597	0.00083	-0.01211
724	Sx	Max	1.0244	0.0162	2.0225	0.09728	6.72157
724	Sy	Max	0.0255	1.1523	0.1499	6.94406	0.16725
725	D		-0.0049	-4.103E-04	10.9532	0.00052	-0.01969
725	L		-0.0025	-5.203E-04	2.5813	0.00179	-0.01009
725	Sx	Max	1.0270	0.0165	1.9707	0.09874	6.73314
725	Sy	Max	0.0103	1.1513	0.4511	6.94027	0.07311
726	D		-0.0049	0.0023	11.0562	-0.01030	-0.01990
726	L		-0.0026	0.0013	2.6471	-0.00540	-0.01023
726	Sx	Max	1.0272	0.0164	1.9470	0.09832	6.73480
726	Sy	Max	0.0038	1.1527	0.4003	6.94573	0.01841
727	D		-0.0054	-0.0015	11.2650	0.00489	-0.02161
727	L		-0.0029	-0.0013	2.7858	0.00483	-0.01161
727	Sx	Max	1.0256	0.0182	2.2413	0.10506	6.72958
727	Sy	Max	0.0188	1.1570	1.0277	6.96305	0.10504
728	D		-0.0055	-0.0089	9.2820	0.03434	-0.02229
728	L		-0.0023	-0.0057	1.4734	0.02249	-0.00910
728	Sx	Max	1.0297	0.0139	1.8092	0.08771	6.74688
728	Sy	Max	0.0358	1.1074	4.1448	6.76483	0.20502