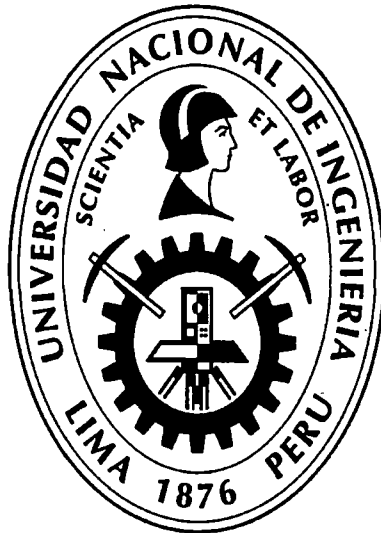


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DEL ESPACIAMIENTO ÓPTIMO ENTRE  
CONTRAFUERTE DE MUROS DE CONTENCIÓN DE  
CONCRETO ARMADO**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**HILTON GUSTAVO TRUJILLO ANDERSON**

**Lima- Perú**

**2013**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>RELACIÓN DE CUADROS .....</b>	<b>3</b>
<b>RELACIÓN DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>RELACIÓN DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>8</b>
1.1 MÉTODO ESTÁTICO.....	8
1.1.1 La Teoría de Coulomb.....	9
1.2 MÉTODO DINÁMICO .....	10
1.2.1 Teoría de Mononobe-Okabe.....	10
1.3 PREDIMENSIONAMIENTO.....	11
1.3.1 Criterios de Dimensionamiento.....	11
1.3.2 Estimación de Cantidades.....	12
1.4 VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD .....	13
1.4.1 Verificación de la Estabilidad – Cargas Estáticas .....	13
1.4.2 Verificación de la Estabilidad – Cargas Dinámicas .....	17
<b>CAPITULO II: MÉTODO DE LOS COEFICIENTES .....</b>	<b>21</b>
2.1 DISEÑO DE LA PANTALLA.....	21
2.1.1 Refuerzo Horizontal.....	21
2.1.2 Refuerzo Vertical.....	22
2.1.3 Verificación por corte.....	23
2.2 DISEÑO DE LOS CONTRAFUERTES.....	24
2.2.1 Refuerzo Inclinado del Contrafuerte .....	24
2.2.2 Refuerzo Horizontal del Contrafuerte .....	25
2.2.3 Refuerzo Vertical del Contrafuerte.....	25
2.3 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN .....	26
2.3.1 Zapata interior .....	26
2.3.1.1 Refuerzo Longitudinal En el borde superior.....	26
2.3.1.2 Refuerzo Longitudinal En el borde inferior.....	27
2.3.1.3 Refuerzo Transversal en el borde superior.....	28
2.3.1.4 Refuerzo Transversal En el borde inferior .....	29
2.3.2 Zapata Exterior.....	29
2.3.2.1 Calculo del Refuerzo Transversal En el borde inferior.....	29

2.4	COSTOS Y METRADOS .....	31
2.4.1	Metrado de concreto .....	31
2.4.2	Metrado de Encofrado .....	31
2.4.3	Metrado de Acero.....	32
<b>CAPITULO III: ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO .....</b>		<b>33</b>
3.1	ANÁLISIS DE VARIABLES .....	33
3.2	ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO.....	34
3.3	CÓDIGO FUENTE.....	35
3.4	RESTRICCIONES DEL PROGRAMA.....	44
<b>CAPÍTULO IV: MODELOS ESTUDIADOS .....</b>		<b>45</b>
4.1	MUROS CON CONTRAFUERTE- ARENA.....	45
4.2	MUROS CON CONTRAFUERTE - FUNDACIÓN EN GRAVA .....	52
<b>CAPÍTULO V: GRÁFICOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>		<b>58</b>
5.1	GRÁFICOS .....	58
5.1.1	Gráfico Costo vs Espaciamento – Fundación Arena .....	59
5.1.2	Gráfico Costo vs Espaciamento – Fundación Grava.....	60
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	61
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>62</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	62
6.2	RECOMENDACIONES .....	63
<b>BIBLIOGRAFÍA:.....</b>		<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>65</b>
<b>A1. PREDIMENSIONAMIENTO POR ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO Y VOLTEO.....</b>		<b>65</b>
<b>A2. COEFICIENTES DEL PCA .....</b>		<b>69</b>
<b>VARIACIÓN TRIANGULAR .....</b>		<b>69</b>
<b>VARIACIÓN RECTANGULAR .....</b>		<b>75</b>

## RESUMEN

En el presente tema, se intentará encontrar el espaciamiento óptimo entre contrafuertes de muros de contención de concreto armado, para la contención de taludes de alturas considerables, conformados por material suelto.

En las publicaciones especializadas en Muros de Contención con Contrafuertes de Concreto Armado se considera que el espaciamiento entre Contrafuertes es una fracción de la altura de la pantalla; el presente Estudio tratará de determinar fundamentalmente el espaciamiento óptimo entre contrafuertes, considerando las variables (\*\*), tales como: Altura, Tipo de Suelo, Ángulos de Reposo, etc., que influyen en el Diseño del mismo, para obtener una estructura más económica.

Por ello se hará un diseño completo de un Muro de Contención con Contrafuertes, aplicando para el Análisis el **Método de Coeficientes de la Portland Cement Association**, basado en la aplicación del Método de Elementos Finitos, para el cálculo de los momentos en la pantalla y zapata respectivamente.

El uso de los Coeficientes con lleva a la aplicación de matrices, por ello se desarrollará un software basado en el lenguaje de programación en Java y de sus integradores como NetBeans, para crear una herramienta de cálculo que facilite el proceso que conlleva hacer el diseño y la verificación de la estabilidad con cargas estáticas (\*) y dinámicas (\*), para cualquier cambio en las variables.

Con un valor de espaciamiento entre contrafuertes y características del material suelto se llevará a cabo el proceso de análisis y diseño de: La Pantalla, Los Contrafuertes y El Cimiento. Luego en base a metrados y precios unitarios se obtiene el costo total de un módulo de muro por ende un punto en la gráfica: Costo vs. Espaciamiento, a continuación se dará inicio nuevamente el proceso con otro valor de espaciamiento, que llevará a otro punto en la gráfica: Costo vs Espaciamiento.

En la gráfica: Costo vs Espaciamiento, se mostraran los datos dispersos antes mencionados en donde se pueda indicar el espaciamiento óptimo entre contrafuertes que nos dé el menor costo.

De esta manera optimizaremos el espaciamiento dando costos económicos para Muros de Contención con Contrafuertes de concreto armado.

( \* ) Los Métodos Estáticos y Dinámicos que se aplicará son el de Coulomb y Mononobe Okabe respectivamente.

( \*\* ) Las Variables consideradas en el análisis tales como: Altura, Tipo de Suelo, Ángulos de Reposo, etc. serán consideradas como Parámetros.

## RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1: Diámetro y Pesos Nominales de las barras de acero .....	32
Cuadro 2: Tipo de Terreno y Espaciamiento Óptimo .....	61
Cuadro 3: Predimensionamiento por Deslizamiento (tipo de terreno) .....	65
Cuadro 4: Predimensionamiento por Volteo (FSD=1.5 y FSV=1.75).....	66

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Elementos de los Muros con Contrafuertes .....	8
Figura 2: Consideraciones Básicas.....	11
Figura 3: Estimación de Medidas Principales.....	12
Figura 4: Diagrama de Presiones con Cargas Estáticas .....	13
Figura 5: Diagrama de Presiones con Cargas Dinámicas .....	17
Figura 6: Refuerzo Inclinado en el Contrafuerte.....	24
Figura 7: Refuerzo Horizontal en el Contrafuerte .....	25
Figura 8: Refuerzo Vertical en el Contrafuerte .....	25
Figura 9: Refuerzo en la Cimentación.....	26
Figura 10 Diagrama de Flujo del Proceso Completo.....	34
Figura 11: Datos de Entrada -A .....	45
Figura 12: Predimensionamiento -A.....	45
Figura 13: Elección del Tipo de Análisis -A.....	46
Figura 14 : Verificación de la estabilidad - A.....	46
Figura 15: Análisis y Diseño de La Pantalla - A .....	47
Figura 16: Refuerzo Inclinado del Contrafuerte -A .....	47
Figura 17: Refuerzo Horizontal del Contrafuerte - A .....	48
Figura 18: Refuerzo Vertical del Contrafuerte -A .....	48
Figura 19: Diseño de la Zapata Exterior -A.....	49
Figura 20: Refuerzo de la Zapata Interior -A.....	50
Figura 21: Metrados Y Costos - A.....	51
Figura 22: Reporte de datos - A.....	51
Figura 23: Datos de Entrada - G .....	52
Figura 24: Predimensionamiento - G .....	52
Figura 25: Elección del Tipo de Análisis - G.....	53
Figura 26: Análisis y Diseño de La Pantalla - G .....	53
Figura 27: Refuerzo Inclinado del Contrafuerte - G.....	54
Figura 28: Refuerzo Horizontal del Contrafuerte - G .....	54
Figura 29: Refuerzo Vertical del Contrafuerte -G .....	54
Figura 30: Diseño de la Zapata Exterior - G.....	55
Figura 31: Refuerzo de la Zapara Interior - G .....	56
Figura 32: Metrados Y Costos - G .....	57
Figura 33: Reporte de un punto de la gráfica ( A,G).....	58
Figura 34: Exportar datos a Excel (A,G) .....	58

Figura 35: Análisis del Espaciamiento Gráficamente - A.....	59
Figura 36: Análisis del Espaciamiento Gráficamente – G.....	60
Figura 37: Predimensionamiento por Deslizamiento ( $rm=1.5$ ).....	67
Figura 38: Predimensionamiento por Deslizamiento ( $rm=1.8$ ).....	67
Figura 39: Predimensionamiento por Deslizamiento ( $rm=2.0$ ).....	68
Figura 40: Predimensionamiento por Volteo ( $FSD=1.5$ y $FSV=1.75$ ) .....	68



## RELACIÓN DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

- Hp : Altura de la Pantalla  
Hz : Peralte de la Zapata  
Wt : Peso Total del Muro con Contrafuertes  
Tc : Espesor del Contrafuerte  
Tp : Espesor de la Pantalla  
Lc : Espaciamiento entre Contrafuertes  
Lm : Longitud de un Modulo  
Df : Desplante del terreno  
Ys : Peso Especifico del terreno  
 $\Phi^{\circ}$  : Angulo de Fricción Interna  
 $\alpha^{\circ}$  : La inclinación del terreno  
s/c : Sobrecarga sobre el terreno  
f'c : Resistencia del Concreto Armado  
Fy : La fluencia del Acero  
f : Coeficiente de fricción del Concreto y el Terreno de Fundación  
e : Excentricidad Horizontal  
Qadm: Capacidad Admisible del Terreno  
Yc : Peso Especifico del Concreto  
FSD : Factores de Seguridad al Deslizamiento  
FSV : Factores de Seguridad al Volteo  
 $K_a$  : Coeficiente de Presión Activa  
Kae : Coeficiente de Presión Dinámica  
 $\delta$  : ángulo de fricción Muro-Relleno  
ME : Momentos Estabilizantes  
MA : Momentos Actuantes  
FE : Fuerzas Estabilizantes  
FA : Fuerzas Actuantes

Valores adicionales para el Método Dinámico:

- Kae : Coeficiente de presión dinámica activa.  
Csh : Coeficiente sísmico horizontal  
Csv : Coeficiente sísmico vertical

## INTRODUCCIÓN

Los Muros de Contención con Contrafuertes son una evolución de los muros en voladizo, en los que al aumentar la altura aumentan los espesores de los elementos, por ello se torna necesario aligerarlo usando los contrafuertes el espaciándolos uniformemente, por ello el objetivo del presente tema es hacer el estudio del espaciamiento óptimo.

En ese contexto, el presente tema presenta los siguientes capítulos.

En el capítulo I, se detalla las consideraciones para el análisis y diseño de los muros con contrafuertes, considerando el análisis estático y dinámico mediante la teoría de coulomb y el criterio de Mononobe Okabe respectivamente.

En el capítulo II, se hace una descripción del método de coeficientes del PCA para cargas de distribución triangular y cargas de distribución rectangular en placas en dos dimensiones, mediante el método de elementos finitos y se hace detallando su uso en el presente tema.

En el capítulo III, se desarrolla netamente el programa de cómputo que nos ayudará a realizar los cálculos descritos en el capítulo I y II, además de indicar las consideraciones de diseño.

En el capítulo IV, se hacen modelos usando valores típicos de distintos tipos de material como arena y grava respectivamente.

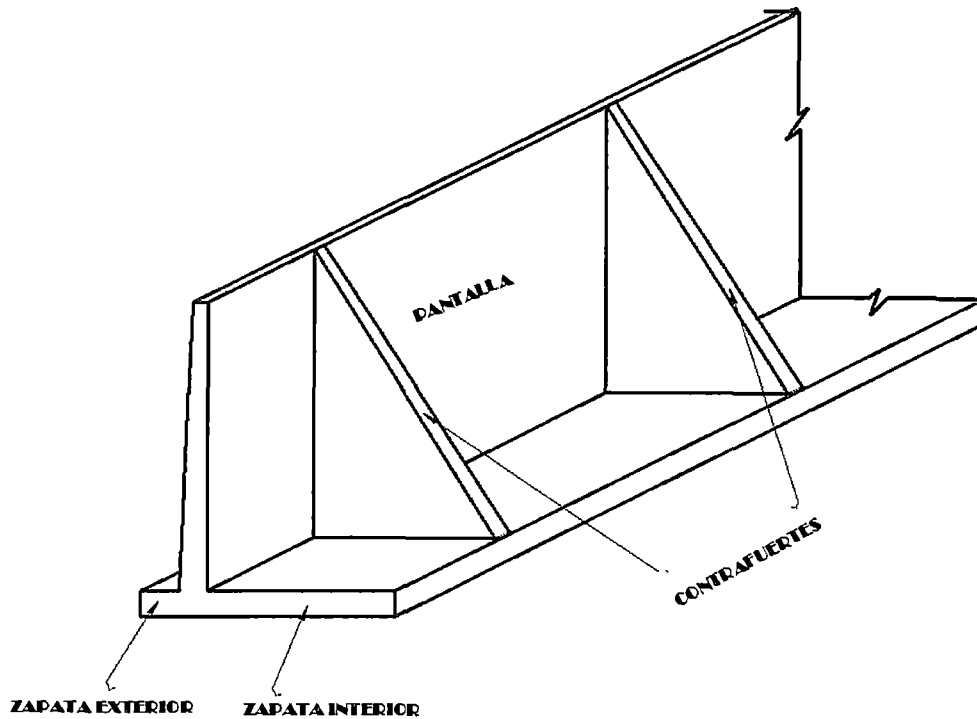
En el capítulo V, se muestran las gráficas y el análisis de los resultados de los modelos estudiados en el capítulo IV

En el capítulo VI, se realizan las conclusiones y recomendaciones generales para el uso de acuerdo al terreno, del espaciamiento óptimo entre contrafuertes.

## CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En este capítulo se hace una breve reseña de las consideraciones para el diseño de los elementos de los muros de contención con contrafuertes.

La siguiente figura muestra los elementos que componen los Muros de Contención con Contrafuertes.



*Figura 1: Elementos de los Muros con Contrafuertes*

### 1.1 MÉTODO ESTÁTICO

Cuando la parte superior de un muro o estribo se mueve suficientemente como para que se pueda desarrollar un estado de equilibrio plástico, la presión estática es activa y genera un empuje  $E_a$ , aplicada en el tercio inferior de la altura.

Para el cálculo de la presión activa de tierras se usará la teoría de Coulomb, debido a que considera la fricción entre el relleno y la pantalla de concreto armado.

### 1.1.1 La Teoría de Coulomb

Se publico 1773, para un cálculo racional de empuje de masas de suelo.

La teoría de Coulomb se fundamenta en una serie de hipótesis que se enuncian a continuación:

- a) El suelo es una masa homogénea e isotrópica y se encuentra adecuadamente drenado como para no considerar presiones intersticiales en él.
- b) La superficie de falla es planar.
- c) El suelo posee fricción, siendo  $\phi$  el ángulo de fricción interna del suelo, la fricción interna se distribuye uniformemente a lo largo del plano de falla.
- d) La cuña de falla se comporta como un cuerpo rígido.
- e) La falla es un problema de deformación plana (bidimensional), y se considera una longitud unitaria de un muro infinitamente largo.
- f) La cuña de falla se mueve a lo largo de la pared interna del muro, produciendo fricción entre éste y el suelo,  $\delta$  es el ángulo de fricción entre el suelo y el muro.
- g) La reacción  $E_a$  de la pared interna del muro sobre el terreno, formará un ángulo  $\delta$  con la normal al muro, que es el ángulo de rozamiento entre el muro y el terreno, si la pared interna del muro es muy lisa ( $\delta = 0^\circ$ ), el empuje activo actúa perpendicular a ella.
- h) La reacción de la masa de suelo sobre la cuña forma un ángulo  $\phi$  con la normal al plano de falla.

El coeficiente de Empuje Activo esta dado por la expresión:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2}$$

Donde:

$\phi$  : Ángulo de Fricción interna

$\beta$ : Ángulo de de inclinación del muro respecto a la vertical

$\delta$ : Ángulo de Fricción entre el muro y el suelo

$\gamma$ s: Peso Especifico del suelo

$\alpha$  : Ángulo de inclinación del terreno

## 1.2 MÉTODO DINÁMICO

### 1.2.1 Teoría de Mononobe-Okabe

Según el Criterio de MONONOBE – OKABE los coeficientes sísmicos para determinar la fuerza estática horizontal equivalente, producida por el empuje del suelo, serán:

Coeficiente Sísmico Horizontal,  $K_h$

Coeficiente Sísmico Vertical,  $K_v$

Empuje de Tierra por Efecto de Sismo

Empuje lateral de suelo,  $P_s$                        $p_s = \Delta k_{ae} \cdot \gamma \cdot h$

Coeficiente activo sísmico,  $k_{ae}$

$$\theta = \arctan\left[\frac{k_h}{1 - k_v}\right]$$

$$k_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}}\right]^2}$$

$$\Delta k_{ae} = k_{ae} - k_a$$

### 1.3 PREDIMENSIONAMIENTO

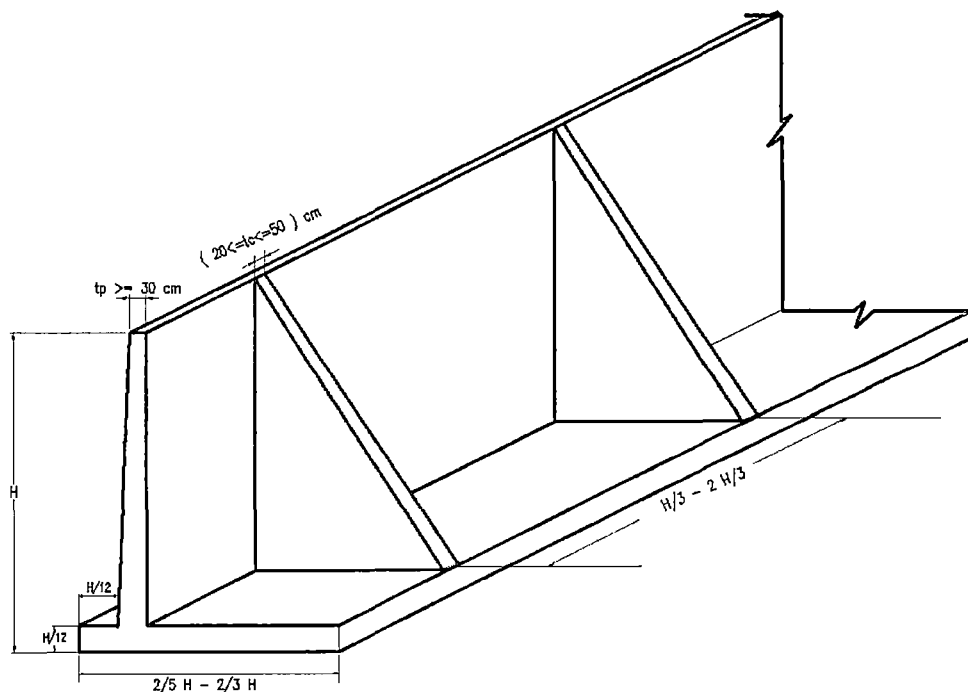
Los parámetros a considerar en el predimensionamiento, serán por ejemplo, la longitud total del frente del muro, esto es, la dimensión (ancho) del muro visto en planta; la altura que deberá cubrir el muro, es decir, la suma de las dimensiones de altura de zapata y pantalla respectivamente.

#### 1.3.1 Criterios de Dimensionamiento

Según el autor WAYNE TENG, los espesores de la pantalla y contrafuertes dependen fundamentalmente del espaciamiento entre Contrafuertes  $L_c$ . Además aconseja que para muros menores a 9 metros de altura el espaciamiento pudiera ser hasta  $2/3$  de la altura  $H$  y para alturas mayores el espaciamiento se reduciría a  $H/2$ . (6)

Por tanto:  $L_c \in <H/3 - 2H/3>$

La siguiente figura muestra un resumen lo expuesto además de otras dimensiones por el autor (6).

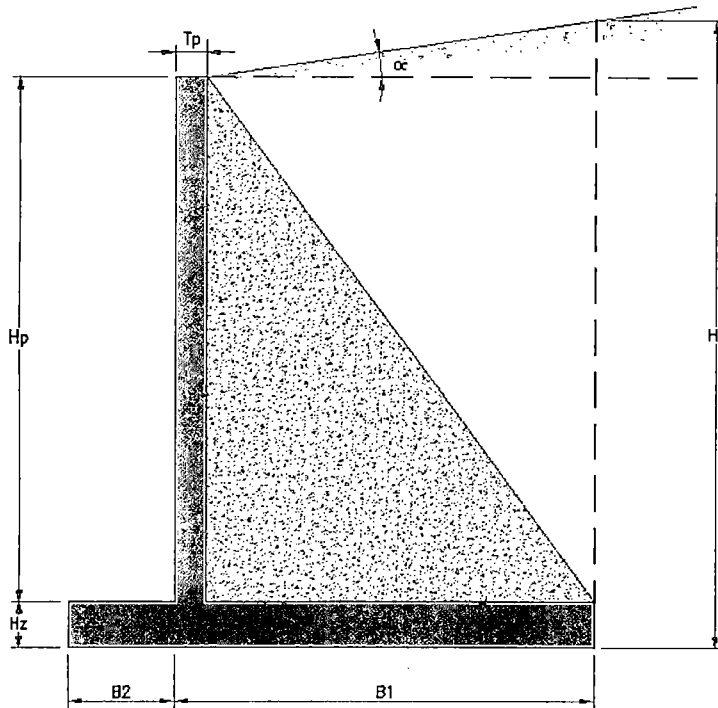


**Figura 2: Consideraciones Básicas**

Ver también el anexo A2 para un predimensionamiento por estabilidad y volteo considerando los parámetros del terreno y los factores de seguridad.

### 1.3.2 Estimación de Cantidades

Para empezar tomare los promedios de los rangos para las dimensiones iniciales el cual también se introducirá dentro del programa.



**Figura 3: Estimación de Medidas Principales**

$$B1 = \frac{1}{2} H_p$$

$$B2 = \frac{1}{12} H_p$$

$$H_z = \frac{1}{16} H_p$$

$$H_t = H_z + H_p + (B_1 - T_p) \cdot \tan(\alpha)$$

$$T_p = 0.3 \text{ cm}$$

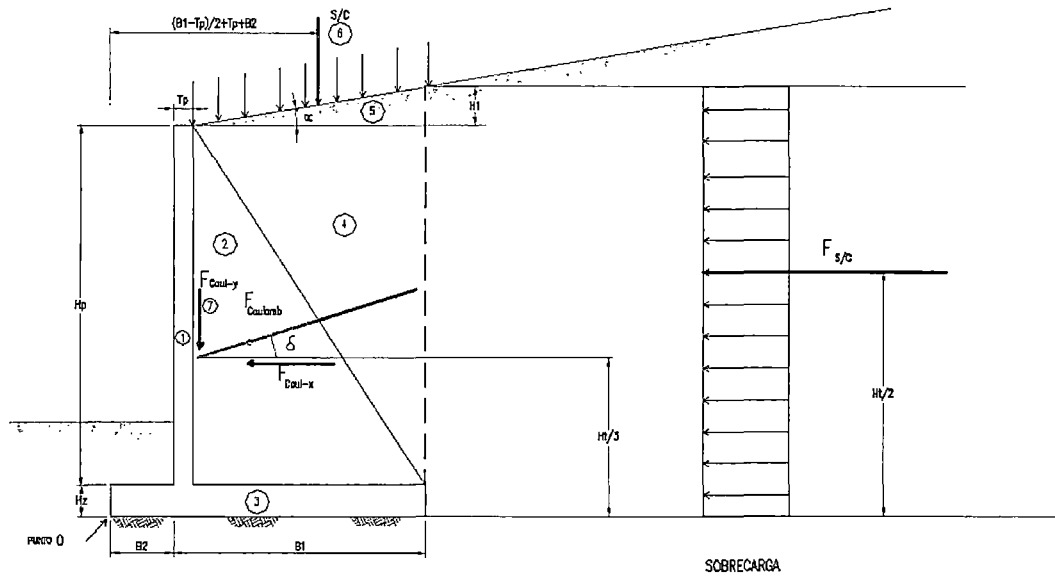
$$T_c = 0.3 \text{ cm}$$

$$L_c = 0.5 H_t \quad (\text{Valor promedio del intervalo})$$

## 1.4 VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD

### 1.4.1 Verificación de la Estabilidad – Cargas Estáticas

A continuación se muestra el diagrama de presiones con cargas estáticas.



**Figura 4: Diagrama de Presiones con Cargas Estáticas**

Para el cálculo de las presiones se calcula el coeficiente activo de Coulomb.

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi + \delta) \cdot \text{Sen}(\phi - \alpha)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2}$$

En nuestro caso la inclinación del muro es vertical ( $\beta = 0$ )

#### ❖ Fuerzas Actuantes

$$F_{\text{Coulomb}} = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_s \cdot H_t^2 \cdot L_c$$

$$F_{\text{Coul} - x} = F_{\text{Coulomb}} \cdot \cos(\delta)$$

$$F_{\text{sob}} = K_a \cdot s/c \cdot H_t \cdot L_c$$

$$FA = F_{\text{Coul} - x} + F_{\text{sob}}$$



❖ **Momento Actuante**

$$MA = F_{coul} - x \cdot \frac{Ht}{3} + F_{sob} \cdot \frac{Ht}{2}$$

❖ **Fuerzas Estabilizantes**

$$W_{pantalla} = Tp \cdot Hp \cdot Lc \cdot \gamma_c$$

$$W_{contrafuertes} = \frac{(B1 - Tp)}{2} \cdot Hp \cdot Tc \cdot \gamma_c$$

$$W_{cimentacion} = (B1 + B2) \cdot Hz \cdot Lc \cdot \gamma_c$$

$$W_{suelo1} = Hp \cdot (Lc - Tc) \cdot (B1 - Tp) \cdot \gamma_s$$

$$W_{suelo2} = \frac{(B1 - Tp)}{2} \cdot H1 \cdot Lc \cdot \gamma_s$$

$$W_{sc} = (B1 - Tp) \cdot s/c \cdot Lc$$

$$F_{coul} - y = F_{coulumb} \cdot \text{Seno}(\delta)$$

Ubicaciones respectivas

$$X_1 = \left(B2 + \frac{Tp}{2}\right) \quad (\text{Pantalla})$$

$$X_2 = \frac{(B1 - Tp)}{3} + Tp + B2 \quad (\text{Contrafuertes})$$

$$X_3 = \frac{(B1 + B2)}{2} \quad (\text{Cimentación})$$

$$X_4 = \frac{(B1 - Tp)}{2} + Tp + B2 \quad (\text{suelo1})$$

$$X_5 = \frac{2(B1 - Tp)}{3} + Tp + B2 \quad (\text{suelo2})$$

$$X_6 = \frac{(B1 - Tp)}{2} + Tp + B2 \quad (\text{Sobrecarga})$$

$$X_7 = B2 + Tp \quad (\text{Componente vertical de la fuerza de Coulomb})$$

$$Wt = W_{\text{cimentacion}} + W_{\text{pantalla}} + W_{\text{contrafuertes}} + W_{\text{suelo1}} + W_{\text{suelo2}} + \frac{Ws}{c} + F_{\text{coul}} - y$$

$$FESTABL = Wt \cdot f$$

#### ❖ Momento Estabilizante

$$ME = W_{\text{pantalla}} \cdot X1 + W_{\text{contrafuertes}} \cdot X2 + W_{\text{cimentacion}} \cdot X3 + W_{\text{suelo1}} \cdot X4 + W_{\text{suelo2}} \cdot X5 + W_{sc} \cdot X6 + F_{\text{coul}} - y \cdot X7$$

#### ❖ Factores de Seguridad

$$FSD = \frac{FR}{FA}$$

$$FSV = \frac{MR}{MA}$$

Y no deben ser menores en condiciones estáticas a

$$FSD = 1.5$$

$$FSV = 1.75$$

#### ❖ Presiones en el Terreno

$$X_0 = \frac{(MR - MA)}{Wt}$$

$$e = \frac{(B1 + B2)}{2} - X_0$$

e, no debe sobrepasar el tercio central de la base.

$$e < \frac{(B1 + B2)}{6}$$

$$q_1 = \frac{Wt}{(B_1 + B_2) \cdot Lc} \cdot \left[ 1 + \frac{6 \cdot e}{(B_1 + B_2)} \right]$$

$$q_2 = \frac{Wt}{(B_1 + B_2) \cdot Lc} \cdot \left[ 1 - \frac{6 \cdot e}{(B_1 + B_2)} \right]$$

$$\text{si } e > \frac{(B_1 + B_2)}{6}$$

Es decir, si la carga actúa fuera del tercio central, resulta esfuerzos de tracción en el lado opuesto a la excentricidad. Si el esfuerzo máximo debido a la carga  $Wt$  no excede el esfuerzo admisible neto, no se espera que se levante ese lado de la cimentación y el centro de gravedad de la distribución triangular de esfuerzos portantes debe coincidir con el punto de acción de la carga  $Wt$ .

Por tanto:

$$q_1 = 0$$

$$q_2 = \frac{2 \cdot Wt}{3 \left( \frac{T}{2} - e \right)}$$

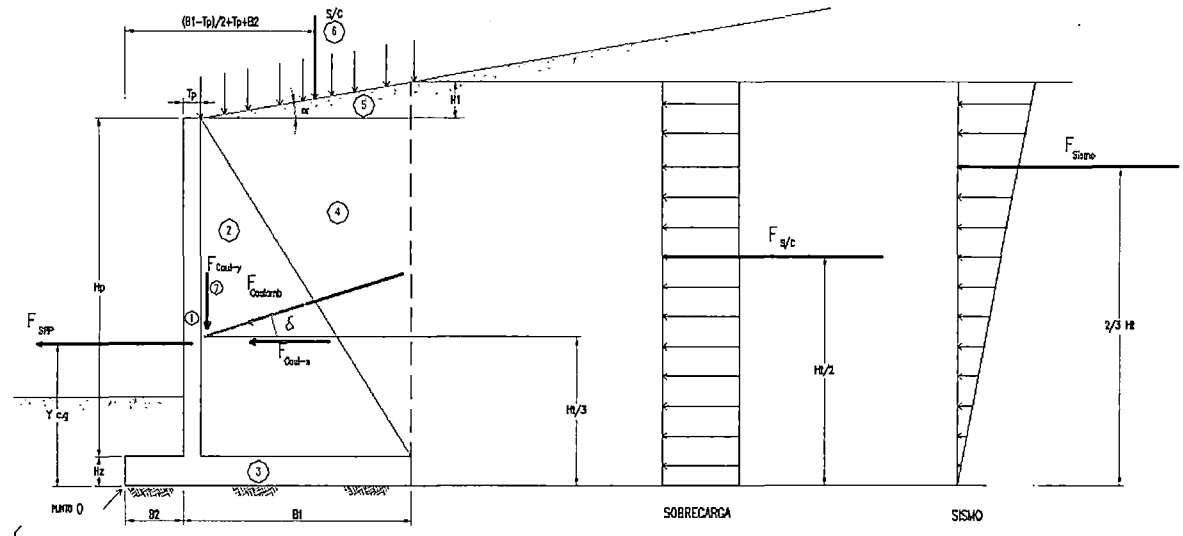
y  $q_1, q_2$  no deben sobrepasar la carga portante admisible del terreno y no deben sobrepasar la carga portante admisible del terreno  $Q_{adm}$ .

$$q_1 < Q_{adm}$$

$$q_2 < Q_{adm}$$

### 1.4.2 Verificación de la Estabilidad – Cargas Dinámicas

A continuación se muestra el diagrama de presiones con cargas dinámicas.



**Figura 5: Diagrama de Presiones con Cargas Dinámicas**

Se deben ingresar las constantes sísmicas del lugar.

Los valores adicionales son:

$$K_v = (*)$$

$$K_h = (*)$$

(\*)  $K_v$ ,  $K_h$  proviene de un estudio de zonificación sísmica.

$\delta$ : Ángulo de Fricción entre el muro y el suelo

#### ❖ Fuerzas actuantes con sismo

Calculo del  $K_{ae}$ :

$$\theta = \arctang\left(\frac{K_v}{1 - K_h}\right)$$

Si:  $\alpha < \Phi - \theta$

$$k_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi + \delta) \cdot \text{Sen}(\phi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\Phi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}\left(\frac{5}{3}\Phi\right) \cdot \text{sen}(\Phi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cdot \cos(\alpha)}} \right]^2}$$

Si:  $\alpha > \Phi - \theta$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\Phi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \text{sen}(\delta + \theta)}$$

$$\Delta k_{ae} = k_{ae} - k_a$$

#### ❖ Fuerzas Actuantes

$$F_{\text{coulumb}} = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_s \cdot H_t^2 \cdot L_c$$

$$F_{\text{coul} - x} = F_{\text{coulumb}} \cdot \cos(\delta)$$

$$F_{\text{sob}} = K_a \cdot s/c \cdot H_t \cdot L_c$$

$$F_{\text{spp}} = (W_{\text{pantalla}} + W_{\text{contrafuertes}} + W_{\text{cimentacion}}) \cdot K_h \cdot L_c$$

$$F_{\text{sismo}} = \frac{\gamma_s \cdot H_t^2 \cdot (K_{as} - K_a) \cdot (1 - K_v) \cdot L_c}{2}$$

$$F_{\text{actuante}} = F_{\text{coul} - x} + F_{\text{sob}} + F_{\text{spp}} + F_{\text{sismo}}$$

$$F_{\text{spp}} = (W_{\text{pantalla}} + W_{\text{contrafuertes}} + W_{\text{cimentacion}}) \cdot K_h \cdot L_c$$

$$F_{\text{sismo}} = \frac{\gamma_s \cdot H_t^2 \cdot (K_{as} - K_a) \cdot (1 - K_v) \cdot L_c}{2}$$

$$F_{\text{actuante}} = F_{\text{coul} - x} + F_{\text{sob}} + F_{\text{spp}} + F_{\text{sismo}}$$

❖ **Momentos actuantes con sismo**

Calculo de Yc.g :

$$My1 = \left( \frac{Hp + Hz}{2} \right) \cdot W_{pantalla}$$

$$My2 = \left( \frac{Hp}{3} + Hz \right) \cdot W_{contrafuerte}$$

$$My3 = \left( \frac{Hz}{2} \right) \cdot W_{cimentacion}$$

$$Yc.g. = \left( \frac{My1 + My2 + My3}{W_{pantalla} + W_{contrafuertes} + W_{cimentacion}} \right)$$

$$M_{actuante} = (F_{coul} - x) \frac{Ht}{3} + (F_{sob}) \frac{Ht}{2} + (F_{spp}) Yc.g. + (F_{sismo}) \frac{2 Ht}{3}$$

❖ **Los factores de seguridad con cargas dinámicas son:**

$$FSD=1.25$$

$$FSV=1.5$$

❖ **Presiones en el Terreno**

$$Xo = \frac{(MR - MA)}{Wt}$$

$$e = \frac{(B1 + B2)}{2} - Xo$$

$$\text{si } e < \frac{(B1+B2)}{6}$$

$$q1 = \frac{Wt}{(B1 + B2) \cdot Lc} \cdot \left[ 1 + \frac{6 \cdot e}{(B1 + B2)} \right]$$

$$q_2 = \frac{Wt}{(B_1 + B_2) \cdot Lc} \cdot \left[ 1 - \frac{6 \cdot e}{(B_1 + B_2)} \right]$$

$$\text{si } e > \frac{(B_1 + B_2)}{6}$$

Si la carga actúa fuera del tercio central, resulta esfuerzos de tracción en el lado opuesto a la excentricidad. Si el esfuerzo máximo debido a la carga  $Wt$  no excede el esfuerzo admisible neto, no se espera que se levante ese lado de la cimentación y el centro de gravedad de la distribución triangular de esfuerzos portantes debe coincidir con el punto de acción de la carga  $Wt$ .

Por tanto:

$$q_1 = 0$$

$$q_2 = \frac{2 \cdot Wt}{3 \left( \frac{T}{2} - e \right)}$$

y  $q_1, q_2$  no deben sobrepasar la carga portante admisible del terreno en el capítulo 15 de la NTE-060 aprobado en el 2009, se indica que se puede considerar un incremento del 30% en el valor de la presión admisible del suelo para los estados de cargas en los que intervengan cargas temporales, tales como sismo o viento; Por tanto:

$$Q_{adm} \text{ sísmico} = 1.3 Q_{adm}$$

$$q_1 < Q_{adm} \text{ sísmico}$$

$$q_2 < Q_{adm} \text{ sísmico}$$

Debe recordarse que el análisis dinámico se evalúa solo para la verificación de la estabilidad, mientras que para el diseño solo se usan cargas estáticas.

## CAPITULO II: MÉTODO DE LOS COEFICIENTES

Este capítulo proporciona los coeficientes de diseño para la deformación, corte y momentos últimos para placas de dos dimensiones. Los resultados se muestran a partir de análisis de elementos finitos de placas de dos dimensiones sujetas a presión elaborados en sap90 Ver anexo A2.

### 2.1 DISEÑO DE LA PANTALLA

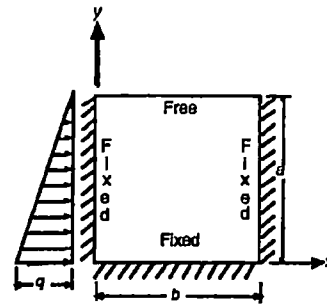
Se obtienen los momentos y el corte con los cuales se realizara el diseño en concreto armado.

#### 2.1.1 Refuerzo Horizontal

##### ❖ Variación Triangular

$$q1 = \gamma_s \cdot Ka \cdot (Hp)$$

$$Muh1 = \Phi \text{coef1} \cdot q1 \cdot (Hp^2) / 1000$$

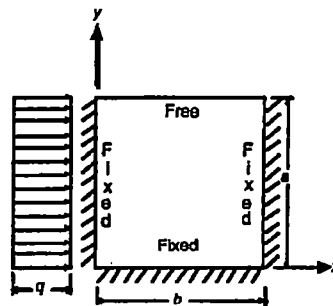


Ver caso8 del Anexo3 para obtener el coef1 en el extremo

##### ❖ Variación Rectangular

$$q2 = s/c \cdot Ka$$

$$Muh2 = \Phi \text{coef2} \cdot q2 \cdot (Hp^2) / 1000$$



Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef2 en el extremo

$$Muh = Muh1 + Muh2$$

$$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * Muh}{\Phi * f'c * b * d^2}} \right] \frac{f'c}{fy} * b * d$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}$$



Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del  $p_{min}$  y  $p_{max}$  de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

y en caso de muros

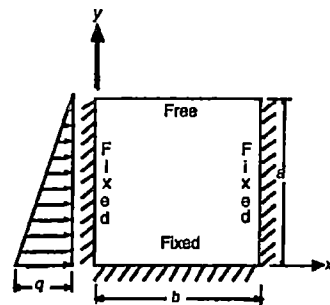
$$\rho_{min} = 0,0020 b \times h$$

### 2.1.2 Refuerzo Vertical

❖ Variación Triangular

$$q_1 = \gamma_s \cdot K_a \cdot (H_p) / 1000$$

$$M_{uv1} = \Phi \text{ coef3} \cdot q_1 \cdot (H_p^2)$$

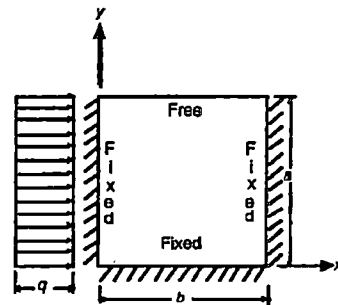


Ver caso8 del Anexo3 para obtener el coef3 en el centro de la placa

❖ Variación Rectangular

$$q_2 = s/c \cdot K_a / 1000$$

$$M_{uv2} = \Phi \text{ coef4} \cdot q_2 \cdot (H_p^2)$$



Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef4 en el centro de la placa

$$M_{uv} = M_{uv1} + M_{uv2}$$

$$A_s = \left[ 0,85 - \sqrt{0,7225 - \frac{17 \cdot M_{uh}}{\Phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right] \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del  $\rho_{min}$  y  $\rho_{max}$  de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

y en caso de muros

$$\rho_{minh} = 0,0015 b \times h$$

### 2.1.3 Verificación por corte

Se debe verificar que el corte actuante producido por el empuje de terreno sea menor que el que resiste el concreto.

$$V_u < \Phi V_c$$

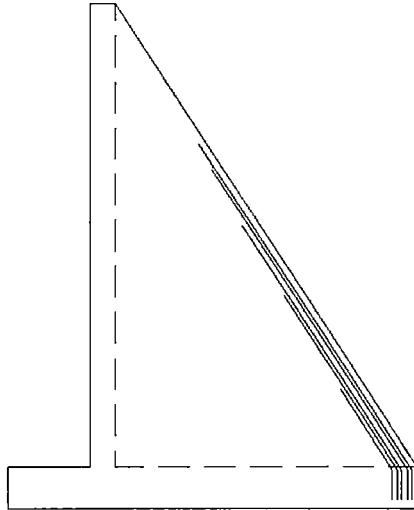
$$V_u = 1,7 \times C_s \cdot (q_1 + q_2) \cdot L_c$$

$$\Phi V_c = \Phi 0,53 \sqrt{f'_c} b d$$

## 2.2 DISEÑO DE LOS CONTRAFUERTES

Se usa el método de resistencia última y los factores de reducción descritos en la norma NTE 060- 2009.

### 2.2.1 Refuerzo Inclinado del Contrafuerte



**Figura 6: Refuerzo Inclinado en el Contrafuerte**

El refuerzo Horizontal resiste el corte producido por la presión del terreno cargado en la pantalla, en una distancia igual a la longitud entre dos contrafuertes continuos.

$$P = K_a \cdot \gamma_s \cdot (H_p + H_1) \cdot \cos(\alpha) + s/c \cdot K_a$$

$$BC = (B_1 - T_p)$$

$$Jd = BC + \frac{T_p}{2} - 0.09$$

$$M_u^- = 1.7 \cdot P \cdot L_c \cdot \frac{(Ht)^2}{6} + \frac{1.7 \cdot s/c \cdot K_a \cdot (Ht)^2}{2}$$

$$T_u = \frac{M_u}{(\cos\theta) \cdot Jd}$$

$$A_s = \frac{T_u}{\phi \cdot F_y}$$

### 2.2.2 Refuerzo Horizontal del Contrafuerte

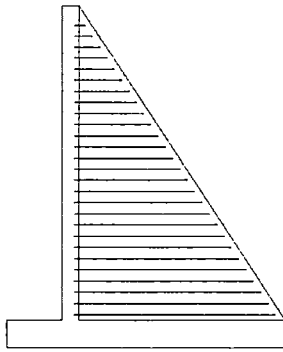


Figura 7: Refuerzo Horizontal en el Contrafuerte

$$P = K_a \cdot \gamma_s \cdot (H_p + H_1) \cdot \cos(\alpha) + s/c \cdot K_a$$

$$V_u = 1.7 \frac{P \cdot L_c \cdot H_p}{2}$$

$$A_s = \frac{V_u}{\phi \cdot F_y}$$

### 2.2.3 Refuerzo Vertical del Contrafuerte

El refuerzo vertical esta diseñado para resistir la presión neta del terreno sobre la Zapata interior, en una distancia igual a la longitud entre dos contrafuertes continuos.

$$T_u = 1.7 \cdot \gamma_s \cdot H_p \cdot L_c + \frac{(Ht)^2}{6} + 1.7 \cdot s/c \cdot L_c$$

$$A_s = \frac{T_u}{\phi \cdot F_y}$$

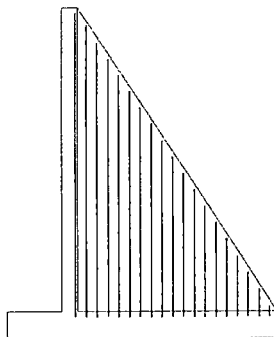


Figura 8: Refuerzo Vertical en el Contrafuerte

## 2.3 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

Se usa el método de resistencia última y los factores de reducción descritos en la norma NTE 060- 2009.

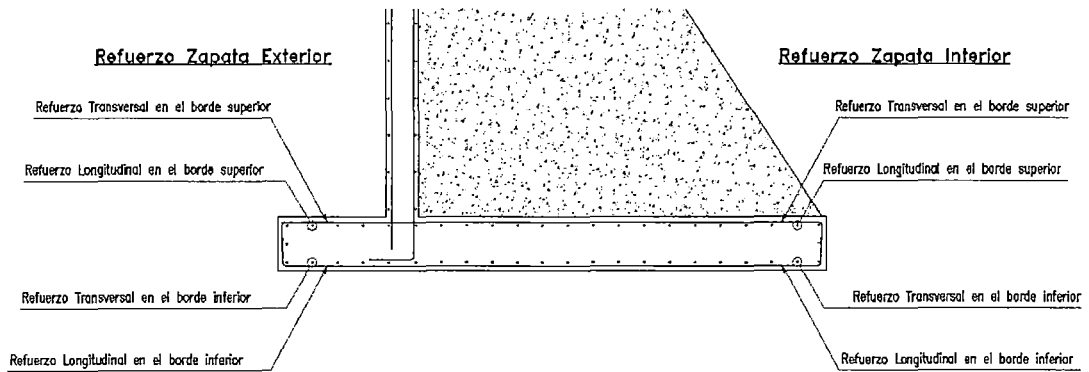


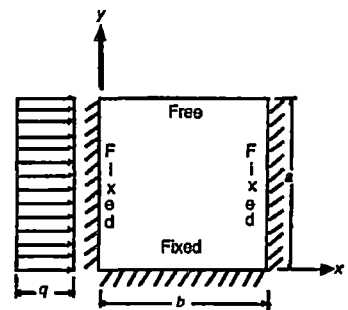
Figura 9: Refuerzo en la Cimentación

### 2.3.1 Zapata interior

#### 2.3.1.1 Refuerzo Longitudinal En el borde superior

$$W_{u_{interior}} = W_{u_{suelo}} + W_{u_{zapata}} - Qu2 + sc$$

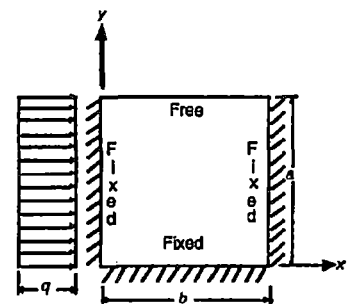
$$* \frac{(B1 - Tp)}{Lc - Tc}$$



#### ❖ Variación Rectangular

$$Mue = \Phi coef1. W_{u_{interior}} \cdot (Hp^2)/1000$$

Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef1-y en el extremo



$$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * Mue_y}{\phi * f'c * b * d^2}} \right] \frac{f'c}{fy} * b * d$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}$$

Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del  $p_{min}$  y  $p_{max}$  de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$p_{max} = 0.75 \rho_b$$

y en caso de zapatas deberá cumplirse que la cuantía de refuerzo en la cara en tracción por flexión no sea menor de 0,0012.

$$p_{min} = 0.0012 b \times h$$

### 2.3.1.2 Refuerzo Longitudinal En el borde inferior

#### ❖ Variación Rectangular

$$M_{ucy} = \Phi \text{ coef2} \cdot W_{u_{interior}} \cdot (Hp^2)/1000$$

Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef2-y en el centro

$$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * M_{ucy}}{\phi * f'c * b * d^2}} \right] \frac{f'c}{fy} * b * d$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}$$

Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del  $p_{min}$  y  $p_{max}$  de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$p_{max} = 0.75 p_b$$

y en caso de zapatas deberá cumplirse que la cuantía de refuerzo en la cara en tracción por flexión no sea menor de 0,0012.

$$p_{minh} = 0.0012 b \times h$$

### 2.3.1.3 Refuerzo Transversal en el borde superior

❖ Variación Rectangular

$$Muc_x = \Phi \text{coef2} \cdot Wu_{interior} \cdot (Hp^2)/1000$$

Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef2-y en el centro

$$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * Muc_x}{\phi * f'c * b * d^2}} \right] \frac{f'c}{fy} * b * d$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}$$

Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del pmin y pmax de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times \frac{f'c}{fy} \left( \frac{6000}{6000 + fy} \right)$$

$$p_{max} = 0.75 p_b$$

y en caso de zapatas deberá cumplirse que la cuantía de refuerzo en la cara en tracción por flexión no sea menor de 0,0012.

$$p_{minh} = 0.0012 b \times h$$

### 2.3.1.4 Refuerzo Transversal En el borde inferior

$$Muc_c = \Phi \text{coef}2 \cdot W_{u_{\text{interior}}} \cdot (Hp^2)/1000$$

Ver caso3 del Anexo3 para obtener el coef2-y en el centro

$$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * Muc_c}{\Phi * f'c * b * d^2}} \right] \frac{f'c}{fy} * b * d$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}$$

Debe verificarse que la cuantía se encuentre en el rango del pmin y pmax de acuerdo a la NTE-060 2009.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f'c}{fy} \left( \frac{6000}{6000 + fy} \right)$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b$$

y en caso de zapatas deberá cumplirse que la cuantía de refuerzo en la cara en tracción por flexión no sea menor de 0,0012.

$$\rho_{\text{min}h} = 0.0012 b \times h$$

## 2.3.2 Zapata Exterior

### 2.3.2.1 Calculo del Refuerzo Transversal En el borde inferior

$$Qu1 = 1.7 * q1$$

$$Qu2 = 1.7 * q2$$

$$Qu3 = Qu2 + \frac{(B1 - Tp) * (Qu1 - Qu2)}{(B1 + B2)}$$

$$Qu4 = Qu2 + \frac{B1 * (Qu1 - Qu2)}{(B1 + B2)}$$



$$W_{u_{zapata}} = 1.7 * W_{zapata}$$

$$W_{u_{suelo}} = 1.7 * (W_{suelo1} + W_{suelo2})$$

❖ **Calculo del momento**

$$M_u = (Q_{u4} - W_{u_{zapata}}) \cdot \frac{B^2}{2} + (Q_{u1} - Q_{u4}) \cdot \frac{B^2}{3}$$

$$dz = Hz - 0.09$$

$$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{17 * M_u}{\phi * f'_c * b * d^2}} \right] \frac{f'_c}{f_y} * b * dz$$

Y se compara con el Área de acero Mínimo. (Ver figura 9)

## 2.4 COSTOS Y METRADOS

Para estimar los costos debe darse un valor concienzudo, para no caer en errores a la hora de exportar datos de costos:

Asumimos estos datos de costos para nuestro ejemplo.

El costo del Metrado de concreto  $C1 = s/ 900/m^3$

El costo del Metrado de encofrado  $C2 = s/ 900/m^3$

El costo del Metrado de Acero  $C3= s/ 13 / Kg$

Costo total=  $(C_{pantalla} + C_{contrafuertes} + C_{cimentacion}).C1 + (E_{pantalla} + E_{contrafuertes} + E_{cimentacion}).C2 + M3.C3$

### 2.4.1 Metrado de concreto

#### ❖ Pantalla

$$C_{pantalla} = H_p \cdot T_p \cdot L_m$$

#### ❖ Contrafuertes

$$C_{contrafuertes} = H_p \cdot \frac{(B1 - T_p)}{2} \cdot T_c \cdot n$$

#### ❖ Cimentación

$$C_{cimentacion} = (B1 + B2) \cdot H_z \cdot L_m$$

### 2.4.2 Metrado de Encofrado

#### ❖ Pantalla

$$E_{pantalla} = 2 \cdot H_p \cdot L_m$$

#### ❖ Contrafuertes

$$E_{contrafuertes} = \left[ H_p \cdot (B1 - T_p) + T_c \cdot \sqrt{H_p^2 + (B1 - T_p)^2} \right] \cdot n$$

#### ❖ Cimentación

$$E_{cimentacion} = 0$$

### 2.4.3 Metrado de Acero

El metrado de acero de la Pantalla, Contrafuertes, Cimentación (M3) depende exclusivamente de la selección de la varilla en las tablas de diseño

DIÁMETRO DE BARRA		SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (mm)	PESO (kg/m)	ALTURA DE LOS RESALTES (mm - mín)
Pulg.	mm				
-	6	28.0	18.8	0.222	0.24
-	8	50.0	25.1	0.400	0.32
3/8"	-	71.0	29.9	0.560	0.38
-	12	113.0	37.7	0.890	0.48
1/2"	-	129.0	39.9	0.994	0.51
5/8"	-	199.0	49.9	1.552	0.71
3/4"	-	284.0	59.8	2.235	0.97
1"	-	510.0	79.8	3.973	1.27
1 3/8"	-	1,006.0	112.5	7.907	1.80

**Cuadro 1: Diámetro y Pesos Nominales de las barras de acero**

Fuente: [http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/11\\_03\\_17\\_H\\_T\\_BACO%20A615.pdf](http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/11_03_17_H_T_BACO%20A615.pdf)

## CAPITULO III: ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO

### 3.1 ANÁLISIS DE VARIABLES

Al iniciar el análisis se tienen como datos de entrada las siguientes variables:

#### ❖ ENTRADA DE DATOS

Para el Método Estático:

- Hp : Altura de la Pantalla
- Tc : Espesor del Contrafuerte
- Tp : Espesor de la Pantalla
- Lc : Espaciamiento entre Contrafuertes
- Df : Desplante del terreno
- Ys : Peso Especifico del terreno
- $\Phi^\circ$  : El ángulo de Fricción Interna
- $\alpha^\circ$  : La inclinación del terreno
- SC: Sobrecarga sobre el terreno
- Fc : Establencia del Concreto Armado
- Fy : La fluencia del Acero
- Qadm: Capacidad Admisible del Terreno
- Ys: Peso Especifico del Concreto
- FSD: Factores de Seguridad al Deslizamiento
- FSV: Factores de Seguridad al Volteo

Valores adicionales para el Método Dinámico:

Kae : Coeficiente de presión dinámica activa.

Kh : Coeficiente sísmico horizontal

Kv : Coeficiente sísmico vertical

El Predimensionamiento de las dimensiones B1,B2,H<sub>z</sub>,Tp,Tc,Lc

Se estima según el ítem 1.3.1 y se empieza con el proceso.

### 3.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO

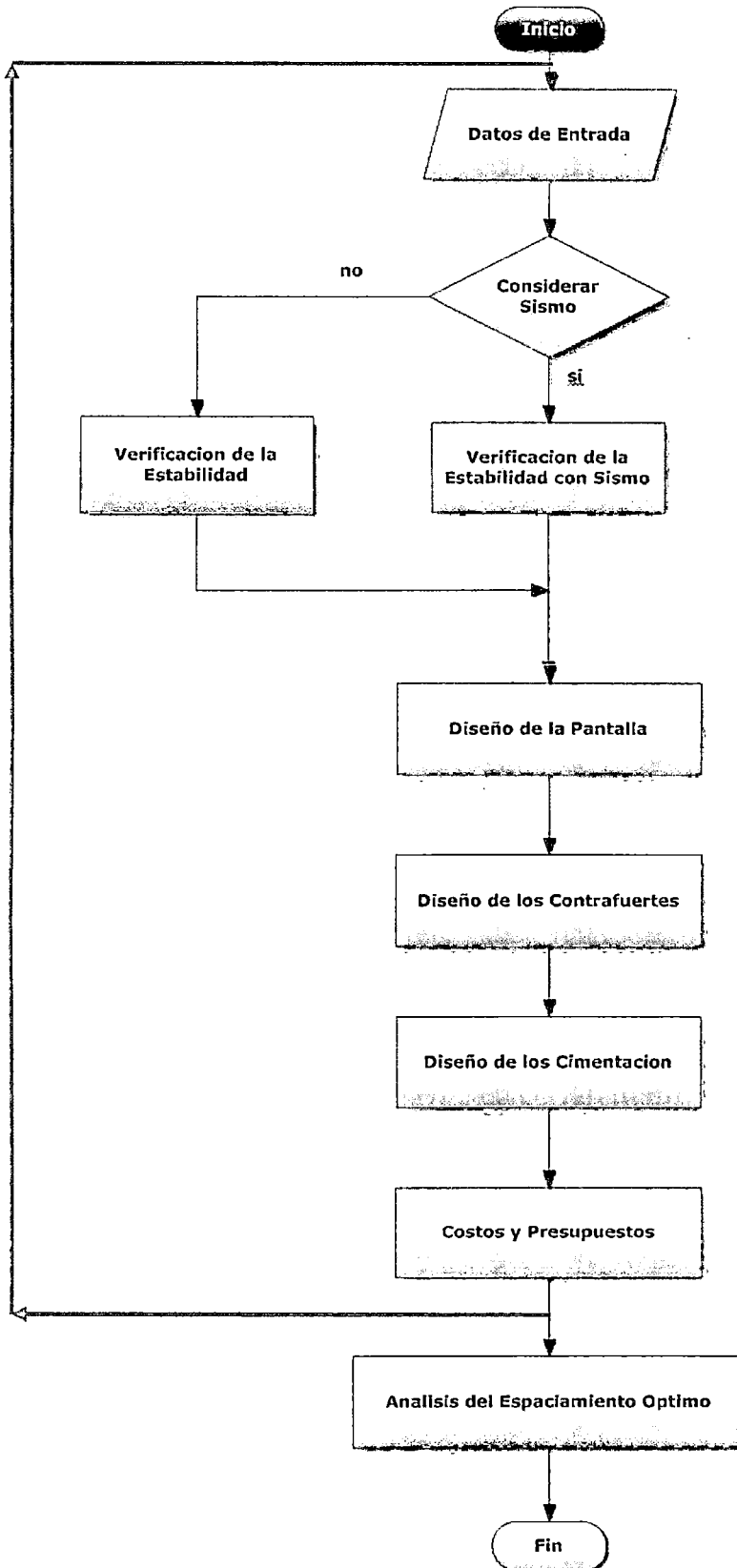


Figura 10 Diagrama de Flujo del Proceso Completo

### 3.3 CÓDIGO FUENTE

A continuación se muestra la codificación (ver figura 10)

```
DecimalFormat formato = new DecimalFormat("####.###");
double ka = 0, kae = 0, Ht = 0, q1 = 0, q2 = 0;
final double hp = Double.parseDouble(txtHp.getText());
double Gs = Double.parseDouble(txtGs.getText());
double fi = Double.parseDouble(txtFi.getText());
dim.setFi(fi);
double alfa = Double.parseDouble(txtAlfa.getText());
dim.setAlfa(alfa);
double rc = Double.parseDouble(txtGc.getText());
double hz = Double.parseDouble(txtHz.getText());
final double b1 = Double.parseDouble(txtB1.getText());
double b2 = Double.parseDouble(txtB2.getText());
final double tp = Double.parseDouble(txtTp.getText());
double tc = Double.parseDouble(txtTc.getText());
double lc = Double.parseDouble(txtLc.getText());
double sc = Double.parseDouble(txtSC.getText());
double f = Double.parseDouble(txtF.getText());
double fsd = Double.parseDouble(txtFSD.getText());
double fsv = Double.parseDouble(txtFSV.getText());
double Qadm = Double.parseDouble(txtQadm.getText());
final double lm = Double.parseDouble(txtLm.getText());
txtLm1.setText(txtLm.getText());
double fc = Double.parseDouble(txtFc.getText());
double fy = Double.parseDouble(txtFy.getText());
double h1 = c.h1inicial(b1, tp, dim.getAlfa());
final double n = co.numerocontrafuertes(lm, lc);
/*
int opcion = DialogoOpciones.JCOMBOPCIONSISMO.getSelectedIndex();
if (opcion == 0) {
    txtKh.setText("");
    txtKv.setText("");
    //-----VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD-----
*/
```

```
// VERIFICACION SIN SISMO
```

```
double Wcimen = c.pesocimentacion(b1, b2, hz, lc, rc);
```

```
double Wpantalla = c.pesopantalla(tp, hp, lc, rc);
```

```
double Wcontraf = c.pesocontrfuertes(b1, tp, hp, tc, rc);
```

```
double Wsuelo1 = c.pesosuelo1(hp, lc, tc, b1, tp, Gs);
```

```
double Wsuelo2 = c.pesosuelo2(b1, tp, h1, lc, Gs);
```

```
double Wsc = c.pesosobrecarga(b1, tp, sc, lc);
```

```
double x1 = c.x_1(b1, b2);
```

```
double x2 = c.x_2(b2, tp);
```

```
double x3 = c.x_3(b1, tp, b2);
```

```
double x4 = c.x_4(b1, tp, b2);
```

```
double x5 = c.x_5(b1, tp, b2);
```

```
double x6 = c.x_6(b1, tp, b2);
```

```
double x7 = c.x_7(b1, b2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcimen), 0, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wpantalla), 1, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcontraf), 2, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo1), 3, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo2), 4, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsc), 5, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(c.factvert), 6, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x1), 0, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x2), 1, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x3), 2, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x4), 3, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x5), 4, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x6), 5, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x7), 6, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcimen * x1), 0, 4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wpantalla * x2), 1,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcontraf * x3), 2,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo1 * x4), 3, 4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo2 * x5), 4, 4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsc * x6), 5, 4);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(c.factvert * x7), 6,  
4);
```

```
ka = c.coeficienteactivo(dim.getAlfa(), dim.getFi());
```

```
Ht = c.htotal(h1, hp, hz);
```

```
double fcoulumb = c.Fcoulumb(ka, Gs, Ht, lc);
```

```
double Fsob = c.Fsobre(h1, sc, ka, lc);
```

```
double Fcoulkvertical = c.Fcoulumbvertical(dim.getAlfa());
```

```
double fcoulkhorizontal = c.Fcoulumbhorizontal(dim.getAlfa());
```

```
double factuante = c.FActuante();
```

```
txtFa.setText("" + formato.format(factuante));
```

```
double Wpesototal = Wcimen + Wpantalla + Wcontraf + Wsuelo1 +  
Wsuelo2 + Wsc + Fcoulkvertical;
```

```
double festablente = Wpesototal * f;
```

```
txtFEST.setText("" + formato.format(festablente));
```

```
double Mactuante = c.Mactuante(fcoulumb, dim.getAlfa(), Ht, Fsob);
```

```
txtMa.setText("" + formato.format(Mactuante));
```

```
double MEstabl = Wcimen * x1 + Wpantalla * x2 + Wcontraf * x3 + Wsuelo1  
x4 + Wsuelo2 * x5 + Wsc * x6 + c.factvert * x7;
```

```
txtMe.setText("" + formato.format(Mestabl));
```



```
// factores de seguridad

double FSD = festablntente / factuante;

txtFESTFa.setText("" + formato.format(FSD));

if (FSD > fsd) {
    lblFEstFa.setText(">FSD cumple");
} else {
    lblFEstFa.setText("<FSD no cumple");
}

double FSV = Mestabl / Mactuante;

txtMeMa.setText("" + formato.format(FSV));

if (FSV > fsv) {
    lblMeMa.setText(">FSV cumple");
} else {
    lblMeMa.setText("<FSV no cumple");
}

// verificación de las presiones en el terreno lblQadm1

double e = ((b1 + b2) / 2) - ((Mestabl - Mactuante) / Wpesototal);
if (e <= (b1 + b2) / 6) {
    lblExentric.setText("Dentro del tercio central");
} else {
    lblExentric.setText("fuera del tercio central");
}

q1 = (Wpesototal / ((b1 + b2) * lc)) * (1 + 6 * e / (b1 + b2));
if (Qadm * 10 >= q1) {
```

```
        txtQadm1.setText("OK");
    } else {
        txtQadm1.setText("No Pasa");
    }
    q2 = (Wpesototal / ((b1 + b2) * lc)) * (1 - 6 * e / (b1 + b2));
    if (Qadm * 10 >= q2) {
        txtQadm2.setText("OK");
    } else {
        txtQadm2.setText("No Pasa");
    }
}
```

```
txtE.setText("" + formato.format(e));
txtQ1.setText("" + formato.format(q1));
txtQ2.setText("" + formato.format(q2));
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt(0, 7, 2);
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt(0, 7, 3);
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt(0, 7, 4);
} else {
```

```
double Kh = Double.parseDouble(txtKh.getText());
double Kv = Double.parseDouble(txtKv.getText());
```

```
// VERIFICACION CON SISMO
```

```
double Wcimen = c.pesocimentacion(b1, b2, hz, lc, rc);
double Wpantalla = c.pesopantalla(tp, hp, lc, rc);
double Wcontraf = c.pesocontrfuerzas(b1, tp, hp, tc, rc);
double Wsuelo1 = c.pesosuelo1(hp, lc, tc, b1, tp, Gs);
double Wsuelo2 = c.pesosuelo2(b1, tp, h1, lc, Gs);
double Wsc = c.pesosobrecarga(b1, tp, sc, lc);
double x1 = c.x_1(b1, b2);
double x2 = c.x_2(b2, tp);
double x3 = c.x_3(b1, tp, b2);
double x4 = c.x_4(b1, tp, b2);
double x5 = c.x_5(b1, tp, b2);
```

```
double x6 = c.x_6(b1, tp, b2);  
double x7 = c.x_7(b1, b2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcimen), 0, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wpantalla), 1, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcontraf), 2, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo1), 3, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo2), 4, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsc), 5, 2);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(c.factvert), 6, 2);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x1), 0, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x2), 1, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x3), 2, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x4), 3, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x5), 4, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x6), 5, 3);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(x7), 6, 3);
```

```
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcimen * x1), 0,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wpantalla * x2), 1,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wcontraf * x3), 2,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo1 * x4), 3,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsuelo2 * x5), 4,  
4);  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(Wsc * x6), 5, 4);  
  
jTabla1Verificacionestabilidad.setValueAt("" + formato.format(c.factvert * x7), 6,  
4);
```

```
Ht = c.htotal(h1, hp, hz);
ka = c.coeficienteactivo(dim.getAlfa(), dim.getFi());
double delta = (2 * (dim.getFi()) / 3);

double beta = Math.atan(Kh / (1 - Kv));

if (dim.getAlfa() < dim.getFi() - beta) {

kae = c.coeficientedepresiondinamica1(dim.getFi(), beta, delta,
dim.getAlfa());

} else {

kae = c.coeficientedepresiondinamica2(dim.getFi(), beta, delta,
dim.getAlfa());
}

//fuerzas actuantes
double fcoulumb = c.Fcoulumb(ka, Gs, Ht, lc);
double Fcoulkvertical = c.Fcoulumbvertical(dim.getAlfa());
double fcoulkhorizontal = c.Fcoulumbhorizontal(dim.getAlfa());

double Fsob = c.Fsobre(h1, sc, ka, lc);

double Fssp = c.Fspp(Wcimen, Wpantalla, Wcontraf, Kh, lc);

double Pdea = c.Pdea(Gs, Ht, kae, ka, Kv, lc);

double factuante = c.FActuante_Sísmico();

txtFa.setText("" + formato.format(factuante));
```

```
double Wpesototal = Wcimen + Wpantalla + Wcontraf + Wsuelo1 +  
Wsuelo2 + Wsc + Fcoulkvertical;  
  
double festablente = Wpesototal * f;  
  
txtFEst.setText("" + formato.format(festablente));  
  
//Y_cg centro de gravedad en y  
  
double My1 = hz / 2 * (Wcimen);  
double My2 = ((hz + hp) / 2) * (Wpantalla);  
double My3 = (hz + hp / 3) * (Wcontraf);  
  
double Ycg = c.Y_cg(My1, My2, My3, Wcimen, Wpantalla, Wcontraf);  
  
double Mactuante = c.Mactuante_sismico(fcoulumb, dim.getAlfa(), Fsob,  
Fssp, Pdea, Ht, Ycg);  
  
txtMa.setText("" + formato.format(Mactuante));  
  
double Mestabl = Wcimen * x1 + Wpantalla * x2 + Wcontraf * x3 + Wsuelo1  
* x4 + Wsuelo2 * x5 + Wsc * x6 + c.factvert * x7;  
  
txtMe.setText("" + formato.format(Mestabl));  
// factores de seguridad  
  
double FSD = festablente / factuante;  
  
txtFEstFa.setText("" + formato.format(FSD));  
  
if (FSD > fsd){  
    lblFEstFa.setText(">FSD cumple");  
  
} else {
```

```
        lblFEstFa.setText("<FSD no cumple");

    }

    double FSV = Mestabl / Mactuante;

    txtMeMa.setText("" + formato.format(FSV));

    if (FSV > fsv) {
        lblMeMa.setText(">FSV cumple");
    } else {
        lblMeMa.setText("<FSD no cumple");
    }

    // verificación de las presiones en el terreno lblQadm1

    double e = ((b1 + b2) / 2) - ((Mestabl - Mactuante) / Wpesototal);
    if (e <= (b1 + b2) / 6) {
        lblExentric.setText("Dentro del tercio central");
    } else {
        lblExentric.setText("fuera del tercio central");
    }
    q1 = (Wpesototal / ((b1 + b2) * lc)) * (1 + 6 * e / (b1 + b2));
    if (Qadm * 13 >= q1) {
        txtQadm1.setText("OK");
    } else {
        txtQadm1.setText("No Pasa");
    }
    q2 = (Wpesototal / ((b1 + b2) * lc)) * (1 - 6 * e / (b1 + b2));
    if (Qadm * 13 >= q2) {
        txtQadm2.setText("OK");
    } else {
        lblQadm2.setText("No Pasa");
    }
}
```

```
txtE.setText("" + formato.format(e));  
txtQ1.setText("" + formato.format(q1));  
txtQ2.setText("" + formato.format(q2));  
}  
  
/* _____ */
```

### 3.4 RESTRICCIONES DEL PROGRAMA

El programa tiene las siguientes restricciones:

- ❖ Se ha idealizado un modulo de muro, en donde se empieza y finaliza con un contrafuerte.
- ❖ No considera nivel freático.
- ❖ No considera para la estabilidad la presión pasiva del terreno, en la zapata exterior.
- ❖ Considera solo un estrado de suelo a contener.
- ❖ La pantalla tiene un espesor constante.
- ❖ No contiene diseño Dentellón.
- ❖ La altura de diseño está limitada a 17 metros.

Para disminuir los posibles errores de compilación, se recomienda ingresar datos de entrada dentro del rango de dimensionamiento del ítem 1.3.1.

## CAPÍTULO IV: MODELOS ESTUDIADOS

A continuación se realizara un ejemplo y se compara con los resultados del programa.

### 4.1 Muros con contrafuertes- Arena

Se tiene un talud inestable, el cual será sostenido con muros de contención con contrafuertes; para una altura de muro de  $H_p = 8$  m. y con las siguientes características.

**Datos de Entrada**

Propiedades Basicas	
Hp (m):	8
ys (t/m3):	1.6
$\Phi$ :	25
$\alpha$ :	0
S/C:	0
Df (m):	0
$\sigma_t$ (kg/cm2):	1.5
f'c (kg/cm2):	210
Longitud de Modulo (m):	10
Yc (t/m3):	2.4
fy (kg/cm2):	4200
Ka:	0,4
f:	0.45
FSD:	1.50
FSV:	1.75
Csh:	0
Csv:	0

Figura 11: Datos de Entrada -A

**Predimensionamiento**

Zapata		Muro y contrafuerte	
H <sub>z</sub> (m):	0.5	T <sub>p</sub> (m):	0.3
B <sub>1</sub> (m):	5.6	T <sub>c</sub> (m):	0.3
B <sub>2</sub> (m):	1.4	L <sub>c</sub> (m):	4.0
		T <sub>p</sub> (m):	0.3
		T <sub>c</sub> (m):	0.3
		L <sub>c</sub> (m):	2.5
<input type="button" value="Estimar Dimensiones"/>		<input type="button" value="Hacer Diseño"/>	

Figura 12: Predimensionamiento -A



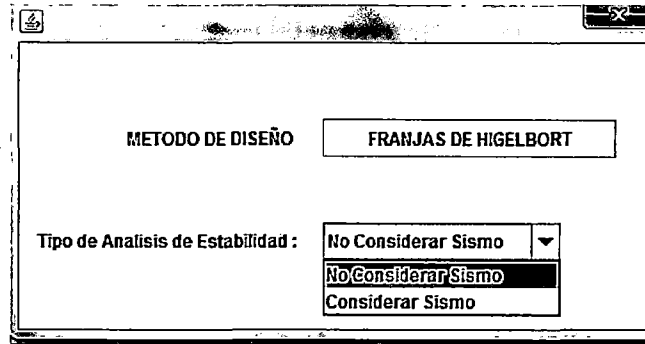


Figura 13: Elección del Tipo de Análisis -A

Verificación de la Estabilidad				
Id	Elemento	W peso	Xcg	MResistente
1	Cimentacion	22,5	3,75	84,375
2	Pantalla	14,4	2,15	30,96
3	Contrafuerte	14,976	4,033	60,403
4	Suelo1	146,432	4,9	717,517
5	Suelo2	0	5,767	0
6	Sobrecarga	0	4,9	0
7	F-ranking vertical	0	7,5	0
8	Fsismo horizontal	0	0	0

<p><b>Fa:</b> <input type="text" value="58,646"/></p> <p><b>Fr:</b> <input type="text" value="89,239"/></p> <p><b>Fr/Fa:</b> <input type="text" value="1,522"/></p> <p>&gt;FSD cumple</p>	<p><b>Ma:</b> <input type="text" value="166,165"/></p> <p><b>Mr:</b> <input type="text" value="893,255"/></p> <p><b>Mr/Ma:</b> <input type="text" value="5,376"/></p> <p>&gt;FSV cumple</p>
<p><b>e:</b> <input type="text" value="0,084"/> Dentro del tercio central</p> <p><b>q1:</b> <input type="text" value="11,283"/> OK</p> <p><b>q2:</b> <input type="text" value="9,87"/> OK</p>	

Figura 14 : Verificación de la estabilidad - A

**REFUERZO HORIZONTAL**  Ver Grafica de diseño

Hp	P	Mu-	As	Varilla	Espaciame.	Mu+	As	Varilla	Espaciame.	PesoAs-	PesoAs+
8	4,586	4,061	4.387620...	φ1/2 @	29.40090...	3,046	3.273187...	φ3/8 @	21.69139...	34.01256...	25.81668...
7	4,546	4,025	4.347963...	φ1/2 @	29.66906...	3,019	3.243765...	φ3/8 @	21.88814...	33.70514...	25.58462...
6	3,896	3,45	3.715536...	φ3/8 @	19.10894...	2,587	2.774144...	φ3/8 @	25.59347...	29.30564...	21.88057...
5	3,247	2,875	3.086987...	φ3/8 @	22.99977...	2,156	2.306645...	φ3/8 @	30.78063...	24.34806...	18.19325...
4	2,597	2,3	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	1,725	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	21.29577...	21.29577...
3	1,948	1,725	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	1,294	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	21.29577...	21.29577...
2	1,299	1,15	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	0,862	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	21.29577...	21.29577...
1	0,649	0,575	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	0,431	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	21.29577...	21.29577...

b =  d =  As min =

**REFUERZO VERTICAL**

Mu(-) =  As(-) =  Usar:  @

Mu(+) =  As(+) =  Usar:  @

As min =

Figura 15: Análisis y Diseño de La Pantalla - A

**REFUERZO DIAGONAL**  Ver Grafica de diseño

Hp	P	BC	jd	Mu	Tu	As	Varillas	Cantidad	PesoAs
8	4,586	5,2	5,26	207,907	47,142	12.471490...	φ3/4	5	46.584460...
7	4,546	4,55	4,61	157,77	40,818	10.798386...	φ3/4	4	46.584460...
6	3,896	3,9	3,96	99,354	29,924	7.9163365...	φ3/4	3	46.584460...
5	3,247	3,25	3,31	57,496	20,718	5.4808473...	φ3/4	2	46.584460...
4	2,597	2,6	2,66	29,438	13,199	3.4919178...	φ3/4	2	46.584460...
3	1,948	1,95	2,01	12,419	7,369	1.9495455...	φ3/4	1	46.584460...
2	1,299	1,3	1,36	3,68	3,227	0.8537225...	φ3/4	1	46.584460...

Figura 16: Refuerzo Inclinado del Contrafuerte -A

REFUERZO HORIZONTAL

 Ver Grafica de diseno

Hp	P	Vu	As	Varilla	Espaciamiento	PesoAs
8	4,586	77,965	28.08	φ3/4 @	20.22792022792...	57.58377464788...
7	4,546	77,275	24.56999999999...	φ3/4 @	23.11762311762...	50.36580281690...
6	3,896	66,236	21.06000000000...	φ3/4 @	26.97056030389...	43.18783098591...
5	3,247	55,197	17.54999999999...	φ5/8 @	22.79202279202...	35.5914
4	2,597	44,157	14.04	φ5/8 @	28.49002849002...	28.47312
3	1,948	33,118	10.53000000000...	φ1/2 @	24.50142450142...	21.22325581395...
2	1,299	22,079	7.02	φ3/8 @	20.22792022792...	14.39594366197...
1	0,649	11,039	3.51	φ3/8 @	40.45584045584...	7.197971830985...

Figura 17: Refuerzo Horizontal del Contrafuerte - A

REFUERZO VERTICAL

Tu =

As =

Usar:

@


 Ver Grafica de diseno

Figura 18: Refuerzo Vertical del Contrafuerte -A

### Refuerzo Zapata Exterior

<b>Refuerzo Transversal arriba</b>	
As mín =	<input type="text" value="9"/>
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>
<b>Refuerzo Longitudinal arriba</b>	
As mín =	<input type="text" value="9"/>
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>
<b>Refuerzo Longitudinal Abajo</b>	
As mín =	<input type="text" value="9"/>
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>
<b>Refuerzo Transversal Abajo</b>	
Mu(-) diseño =	<input type="text" value="35,7"/> As = <input type="text" value="24,8"/>
Usar:	<input type="text" value="φ1"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="21"/>

Figura 19: Diseño de la Zapata Exterior -A

### Refuerzo Zapata Interior

**Refuerzo Transversal arriba**

As min =

Usar:   @

**Refuerzo Longitudinal arriba**

Mu(-)diseño =  As =

Usar:   @

**Refuerzo Longitudinal Abajo**

Mu(+)diseño =  As =

Usar:   @

**Refuerzo Transversal Abajo**

As min =

Usar:   @

Figura 20: Refuerzo de la Zapata Interior -A

Longitud de Modulo=

# de Contrafuertes=

Partida	Unid.	Metrado Pantalla	Precio Unitario	Sub Total
Encofrado	m2	160	900	144000.0
Concreto	m3	24	900	21600.0
Acero	Kg	474,236	13	6165

Partida	Unid.	Metrado Contrafuertes	Precio Unitario	Sub Total
Encofrado	m2	217,119	900	195407
Concreto	m3	31,2	900	28080
Acero	Kg	631,882	13	8214

Partida	Unid.	Metrado Cimentacion	Precio	Sub Total
Encofrado	m2	0	900	0
Concreto	m3	37,5	900	33750
Acero	Kg	40,442	13	526

**Figura 21: Metrados Y Costos - A**

Longitud de Contrafuertes=

Costo Total=

**Figura 22: Reporte de datos - A**



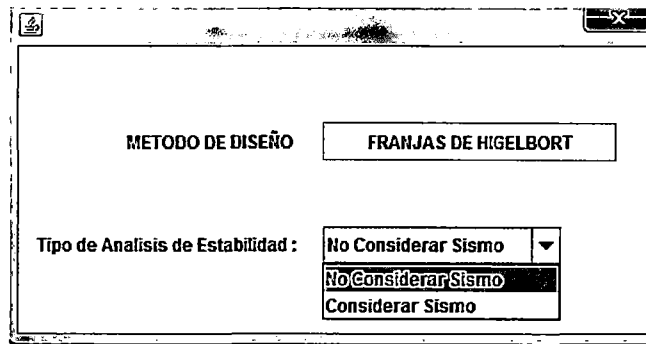


Figura 25: Elección del Tipo de Análisis - G

Archivo Diseño Ayuda

Dimensionamiento Verificación de Estabilidad Diseño Pantalla Diseño Contrafuertes Diseño Cimentación Metrados y Costos Analisis del Espaciamiento

REFUERZO HORIZONTAL Ver Grafica de diseño

Hp	P	Mu-	As	Varilla	Espacia...	Mu+	As	Varilla	Espacia...	PesoAs-	PesoAs+
8	3,9	8,84	9.807076...	φ3/4 @	28.95868...	6,63	7.264174...	φ5/8 @	27.53237...	77.35159...	56.66055...
7	3,9	8,84	9.807076...	φ3/4 @	28.95868...	6,63	7.264174...	φ5/8 @	27.53237...	77.35159...	56.66055...
6	3,6	8,16	9.017561...	φ5/8 @	22.17894...	6,12	6.686573...	φ5/8 @	29.91068...	70.33698...	52.15527...
5	3	6,8	7.457458...	φ5/8 @	26.81878...	5,1	5.541309...	φ1/2 @	23.27969...	58.16817...	42.95588...
4	2,4	5,44	5.921611...	φ1/2 @	21.78461...	4,08	4.408923...	φ1/2 @	29.25884...	45.90396...	34.17770...
3	1,8	4,08	4.408923...	φ1/2 @	29.25884...	3,06	3.288991...	φ3/8 @	21.58716...	34.17770...	25.94134...
2	1,2	2,72	2.918378...	φ3/8 @	24.32857...	2,04	2.181111...	φ3/8 @	32.55221...	23.01819...	17.20312...
1	0,6	1,36	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	1,02	2.699999...	φ3/8 @	26.29629...	21.29577...	21.29577...

b = 100 d = 0,25 As mín = 2,7

REFUERZO VERTICAL Ver Grafica de diseño

Mu(-) = 5,896 As(-) = 6,433 Usar: φ1/2 @ 20,05

Mu(+)= 1,474 As(+)= 2,7 Usar: φ3/8 @ 26,3

As mín = 2,7

Metrar Pantalla

Figura 26: Análisis y Diseño de La Pantalla - G



REFUERZO DIAGONAL										Ver Grafica de diseño
Hp	P	BC	Jd	Mu	Tu	As	Varillas	Cantidad	PesoAs	
8	3,9	3,7	3,76	282,879	82,891	21.928753...	φ3/4	8	27.646083...	▲
7	3,9	3,238	3,298	216,579	72,364	19.144017...	φ3/4	7	27.646083...	▬
6	3,6	2,775	2,835	146,88	57,082	15.101119...	φ3/4	6	27.646083...	▬
5	3	2,312	2,372	85	39,473	10.442886...	φ3/4	4	27.646083...	▬
4	2,4	1,85	1,91	43,52	25,104	6.6413300...	φ3/4	3	27.646083...	▬
3	1,8	1,388	1,448	18,36	13,975	3.6970357...	φ3/4	2	27.646083...	▬
2	1,2	0,925	0,985	5,44	6,085	1.6097640...	φ3/4	1	27.646083...	▼

Figura 27: Refuerzo Inclinado del Contrafuerte - G

REFUERZO HORIZONTAL							Ver Grafica de diseño
Hp	P	Vu	As	Varilla	Espaciamiento	PesoAs	
8	3,9	106,08	28.06341271027...	φ3/4 @	20.23987623543...	40.94886699696...	▲
7	3,9	106,08	28.06341271027...	φ3/4 @	20.23987623543...	40.94886699696...	▬
6	3,6	97,92	25.90468865563...	φ3/4 @	21.92853258839...	37.79895415104...	▬
5	3	81,6	21.58724054636...	φ3/4 @	26.31183910607...	31.49912845920...	▬
4	2,4	65,28	17.26979243709...	φ5/8 @	23.16183019900...	24.92031048672...	▬
3	1,8	48,96	12.95234432781...	φ1/2 @	19.91917397114...	18.57506744687...	▬
2	1,2	32,64	8.634896218546...	φ1/2 @	29.87876095671...	12.38337829791...	▬
1	0,6	16,32	4.317448109273...	φ3/8 @	32.88979888258...	6.299825691840...	▼

Figura 28: Refuerzo Horizontal del Contrafuerte - G

REFUERZO VERTICAL					
Tu =	<input type="text" value="97.92"/>	As =	<input type="text" value="25,905"/>	Usar:	<input type="text" value="φ3/4"/>
				@	<input type="text" value="21,93"/>
					Ver Grafica de diseño

Figura 29: Refuerzo Vertical del Contrafuerte -G

### Refuerzo Zapata Exterior

<b>Refuerzo Transversal arriba</b>			
As mín =	<input type="text" value="9"/>		
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>		
<b>Refuerzo Longitudinal arriba</b>			
As mín =	<input type="text" value="9"/>		
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>		
<b>Refuerzo Longitudinal Abajo</b>			
As mín =	<input type="text" value="9"/>		
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @ <input type="text" value="22"/>		
<b>Refuerzo Transversal Abajo</b>			
Mu(-) diseño =	<input type="text" value="16,75"/>	As =	<input type="text" value="11,17"/>
Usar:	<input type="text" value="φ5/8"/> <input type="text" value="▼"/> @	<input type="text" value="18"/>	

Figura 30: Diseño de la Zapata Exterior - G

### Refuerzo Zapata Interior

**Refuerzo Transversal arriba**

As mín =

Usar:   @

**Refuerzo Longitudinal arriba**

Mu(-)diseño =  As =

Usar:   @

**Refuerzo Longitudinal Abajo**

Mu(+)diseño =  As =

Usar:   @

**Refuerzo Transversal Abajo**

As mín =

Usar:   @

Figura 31: Refuerzo de la Zapata Interior - G

Longitud de Modulo=

# de Contrafuertes=

Partida	Unid.	Metrado Pantalla	Precio Unitario	Sub Total
Encofrado	m2	160	900	144000.0
Concreto	m3	24	900	21600.0
Acero	Kg	783,262	13	10182.406

Partida	Unid.	Metrado Contrafuertes	Precio Unitario	Sub Total
Encofrado	m2	95,184	900	85665
Concreto	m3	13,32	900	11988
Acero	Kg	436,055	13	5668.715

Partida	Unid.	Metrado Cimentacion	Precio	Sub Total
Encofrado	m2	0	900	0
Concreto	m3	25	900	22500
Acero	Kg	27,069	13	351.897

**Figura 32: Metrados Y Costos - G**

## CAPÍTULO V: GRÁFICOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 GRÁFICOS

Con la suma de sub totales, se obtiene el costo total y se exporta a una tabla mediante el botón reporte.

Longitud de Contrafuertes=

Costo Total=

**Figura 33: Reporte de un punto de la gráfica ( A,G)**

Luego, se va variando el espaciamiento entre contrafuertes (Lc) , para un nuevo proceso y obtener sus respectivos costos.

Espaciamiento	Costo Total
4	289982
4.1	286024
4.2	288832
4.3	286793
4.4	275983
4.5	285674
4.6	279045
4.7	288903
4.8	289982
4.9	278940
5	289982

**Figura 34: Exportar datos a Excel (A,G)**

Por consiguiente se lleva todos los datos a una hoja de Excel donde se graficará y se mostrará fácilmente cual es el espaciamiento óptimo.

5.1.1 Gráfico Costo vs Espaciamento – Fundación Arena

Para una altura  $H_p=8m$  y de acuerdo a las condiciones iniciales de la pag.45

Lc	Costo Total
2.5	436775
2.6	392300
2.7	392536
2.8	392772
2.9	392789
3	393340
3.1	393508
3.2	393679
3.3	393720
3.4	393834
3.5	350783
3.6	350923
3.7	351230
3.8	351340
3.9	352687
4	353318
4.1	353450
4.2	353803
4.3	354056
4.4	355766
4.5	356325
4.6	356623
4.7	356740
4.8	357322
4.9	357890
5	359622

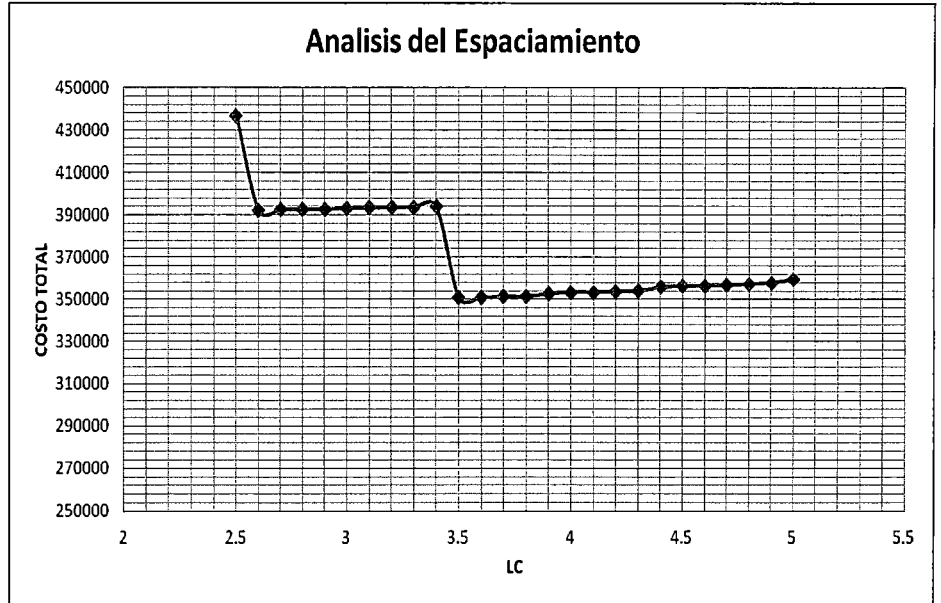


Figura 35: Análisis del Espaciamento Gráficamente - A

5.1.2 Gráfico Costo vs Espaciamento – Fundación Grava

Para una altura  $H_p=8m$  y de acuerdo a las condiciones iniciales de la pag.52

Lc	Costo Total
2.5	329012
2.6	329222
2.7	329511
2.8	329657
2.9	330087
3	330423
3.1	330758
3.2	331001
3.3	331467
3.4	299326
3.5	299739
3.6	300168
3.7	299965
3.8	301048
3.9	301121
4	289982
4.1	286024
4.2	288832
4.3	286793
4.4	275983
4.5	285674
4.6	289045
4.7	288903
4.8	289982
4.9	288940
5	289982

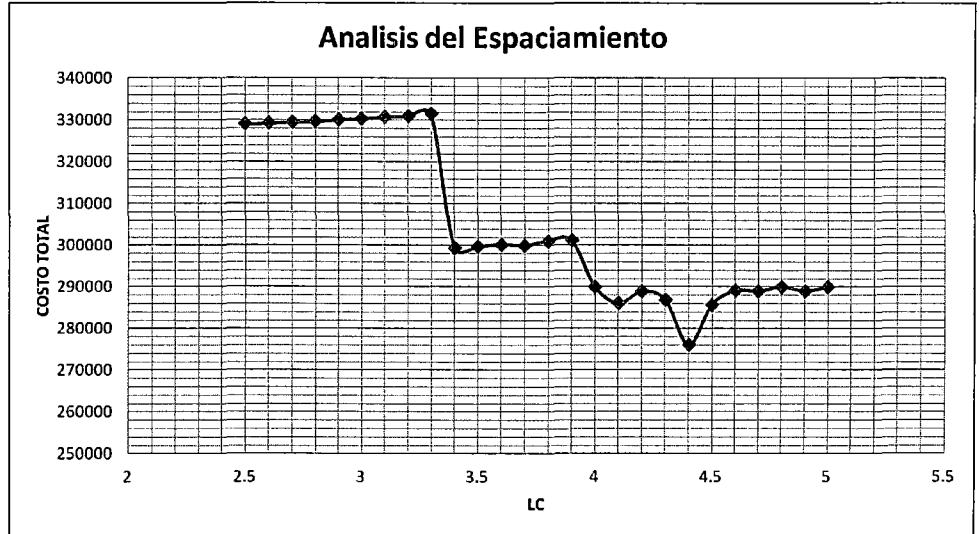


Figura 36: Análisis del Espaciamento Gráficamente – G

## 5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al aumentar la separación de los contrafuertes disminuyen los contrafuertes por módulo de muro, sin embargo aumenta el acero de la pantalla y cimentación respectivamente.

La caída en la gráfica es debido a que al aumentar la separación hay menos contrafuertes esto hace que como resultado obtengamos menores costos, sin embargo la cantidad de acero aumenta en la pantalla y zapata respectivamente.

Se puede apreciar que el costo mínimo para nuestro ejemplo específico, con una altura de pantalla  $H_p=8m$ , con las condiciones externas para cada caso se da cuando el espaciamiento entre contrafuertes es:

Tipo de Terreno	Lc
Arena	3.5
Grava	4.4

**Cuadro 2: Tipo de Terreno y Espaciamiento Óptimo**

Los cual también está dentro del rango de valores del ítem 1.3.1. El cual daba el rango de valores de  $<2.66 - 5.33 >$ .

El valor máximo en la fundación en Arena es 24% por encima del valor óptimo, que significa s/. 85,992 de ahorro en el costo total en un modulo de muro, con lo cual se optimiza el espaciamiento de contrafuertes para obtener el menor costo.

El valor máximo en Grava es 20% por encima del valor óptimo, que significa s/. 55,484 de ahorro en el costo total en un modulo de muro, con lo cual se optimiza el espaciamiento de contrafuertes para obtener el menor costo.



## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Los Contrafuertes espaciados uniformemente están unidos rígidamente a la cimentación y soportan la presión que ejerce el terreno sobre la pantalla a lo largo de una longitud igual a la distancia entre centros de contrafuertes, este aporte de rigidez a la estructura es considerable y por ello su espaciamiento un valor importante en el costo total.
- El costo de un contrafuerte hace variar considerablemente la gráfica Costo vs Espaciamiento, por ello al aumentar el espaciamiento se nota una disminución en el costo total ver figura 35,36.
- Es necesario hacer un buen predimensionamiento de los muros de contención con contrafuertes, puesto que la verificación de sus dimensiones influyen en el espaciamiento por tanto en el costo total.
- Como la entrada de datos es sencilla es posible hacer iteraciones en poco tiempo; esto hace que pueda contar con una herramienta que asista en el análisis y diseño y obtener rápidamente cada valor en la gráfica: Costo vs Espaciamiento.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar los factores de seguridad al volteo y al deslizamiento según la importancia de la obra. Comúnmente para muros se considera como mínimos, factores de seguridad al deslizamiento de 1.5 y al volteo de 1,75, que aumentan su valor en proporción a la importancia que implica su seguridad y del tipo de análisis a llevarse a cabo.
- Analizar la longitud total para hacer una buena modulación de tal manera que se encuentren contrafuertes al inicio y final de cada módulo.
- El realizar un programa demanda dedicación y responsabilidad, puesto que es importante estar seguro de que todo el código haya sido correctamente elaborado que asegure resultados siempre correctos y siendo consciente que puede ser usado por otros usuarios, por ello se recomienda que su uso sea netamente por ingenieros especialistas.

## BIBLIOGRAFÍA:

1. Braja M. Das , "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" Ed Thomson Learning, Inc. Mexico, 2001.
2. Javed A. Munshi "Rectangular Concrete Tanks" (IS003) - Portland Cement Association-Revised Fifth Edition,1981.
3. Nilson H. Arthur, "Diseño de Estructuras de Concreto" – 12va Edición, Ed Mc Graw Hill, Bogota-Colombia, 1999.
4. Romani L , Sebastian, "Programas en computadora para el diseño en concreto armado"- Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2000.
5. Salazar C , Hugo, "Optimización del diseño de muros de contención en voladizo y con contrafuertes"- Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1974.
6. Teng , Wayne C. "Foundation Design" Ed Prentice-Hall,Inc., New Jersey, Estados Unidos, 1962.

ANEXOS

A1. Predimensionamiento por Estabilidad al Deslizamiento y Volteo

rm=1.5 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=1.8 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=2 ton/m3	B1/H	ka*Ys
f=0.3	0.00	0.00	f=0.3	0.00	0	f=0.3	0.00	0.00
FSD=1.5	0.33	0.20	FSD=1.5	0.28	0.2	FSD=1.5	0.25	0.20
	0.67	0.40		0.55	0.4		0.50	0.40
	1.00	0.60		0.83	0.6		0.75	0.60
	1.33	0.80		1.10	0.8		1.00	0.80
	1.67	1.00		1.38	1		1.25	1.00
	2.00	1.20		1.66	1.2		1.50	1.20
	2.33	1.40		1.93	1.4		1.75	1.40
	2.67	1.60		2.21	1.6		2.00	1.60
rm=1.5 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=1.8 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=2 ton/m3	B1/H	ka*Ys
f=0.4	0.00	0.00	f=0.4	0.00	0.00	f=0.4	0.00	0.00
FSD=1.5	0.25	0.20	FSD=1.5	0.21	0.20	FSD=1.5	0.19	0.20
	0.50	0.40		0.42	0.40		0.38	0.40
	0.75	0.60		0.63	0.60		0.56	0.60
	1.00	0.80		0.83	0.80		0.75	0.80
	1.25	1.00		1.04	1.00		0.94	1.00
	1.50	1.20		1.25	1.20		1.13	1.20
	1.75	1.40		1.46	1.40		1.31	1.40
	2.00	1.60		1.67	1.60		1.50	1.60
rm=1.5 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=1.8 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=2 ton/m3	B1/H	ka*Ys
f=0.5	0.00	0.00	f=0.5	0.00	0.00	f=0.5	0.00	0.00
FSD=1.5	0.20	0.20	FSD=1.5	0.17	0.20	FSD=1.5	0.15	0.20
	0.40	0.40		0.33	0.40		0.30	0.40
	0.60	0.60		0.50	0.60		0.45	0.60
	0.80	0.80		0.67	0.80		0.60	0.80
	1.00	1.00		0.83	1.00		0.75	1.00
	1.20	1.20		1.00	1.20		0.90	1.20
	1.40	1.40		1.17	1.40		1.05	1.40
	1.60	1.60		1.33	1.60		1.20	1.60
rm=1.5 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=1.8 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=2 ton/m3	B1/H	ka*Ys
f=0.6	0.00	0.00	f=0.6	0.00	0.00	f=0.6	0.00	0.00
FSD=1.5	0.17	0.20	FSD=1.5	0.14	0.20	FSD=1.5	0.13	0.20
	0.33	0.40		0.28	0.40		0.25	0.40
	0.50	0.60		0.41	0.60		0.38	0.60
	0.67	0.80		0.55	0.80		0.50	0.80
	0.83	1.00		0.69	1.00		0.63	1.00
	1.00	1.20		0.83	1.20		0.75	1.20
	1.17	1.40		0.97	1.40		0.88	1.40
	1.33	1.60		1.10	1.60		1.00	1.60
rm=1.5 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=1.8 ton/m3	B1/H	ka*Ys	rm=2 ton/m3	B1/H	ka*Ys
f=0.7	0.00	0.00	f=0.7	0.00	0.00	f=0.7	0.00	0.00
FSD=1.5	0.14	0.20	FSD=1.5	0.12	0.20	FSD=1.5	0.11	0.20
	0.29	0.40		0.24	0.40		0.21	0.40
	0.43	0.60		0.36	0.60		0.32	0.60
	0.57	0.80		0.48	0.80		0.43	0.80
	0.71	1.00		0.60	1.00		0.54	1.00
	0.86	1.20		0.71	1.20		0.64	1.20
	1.00	1.40		0.83	1.40		0.75	1.40
	1.14	1.60		0.95	1.60		0.86	1.60

Cuadro 3: Predimensionamiento por Deslizamiento (tipo de terreno)

f=0.3	B2/H	B1/H	f=0.4	B2/H	B1/H
FSD=1.5	0.12	0	FSD=1.5	0.16	0
FSV=1.75	0.09	0.05	FSV=1.75	0.13	0.05
	0.07	0.1		0.11	0.1
	0.04	0.15		0.08	0.15
	0.02	0.2		0.06	0.2
	0.00	0.233		0.03	0.25
			0.01	0.3	
			0.00	0.311	
f=0.5	B2/H	B1/H	f=0.6	B2/H	B1/H
FSD=1.5	0.19	0	FSD=1.5	0.23	0
FSV=1.75	0.17	0.05	FSV=1.75	0.21	0.05
	0.14	0.1		0.18	0.1
	0.12	0.15		0.16	0.15
	0.09	0.2		0.13	0.2
	0.07	0.25		0.11	0.25
	0.04	0.3		0.08	0.3
	0.02	0.35		0.06	0.35
	0.00	0.388		0.03	0.4
			0.01	0.45	
			0.00	0.466	
f=0.7	B2/H	B1/H			
FSD=1.5	0.27	0			
FSV=1.75	0.25	0.05			
	0.22	0.1			
	0.20	0.15			
	0.17	0.2			
	0.15	0.25			
	0.12	0.3			
	0.10	0.35			
	0.07	0.4			
	0.05	0.45			
0.02	0.5				
0.00	0.544				

**Cuadro 4: Predimensionamiento por Volteo (FSD=1.5 y FSV=1.75)**

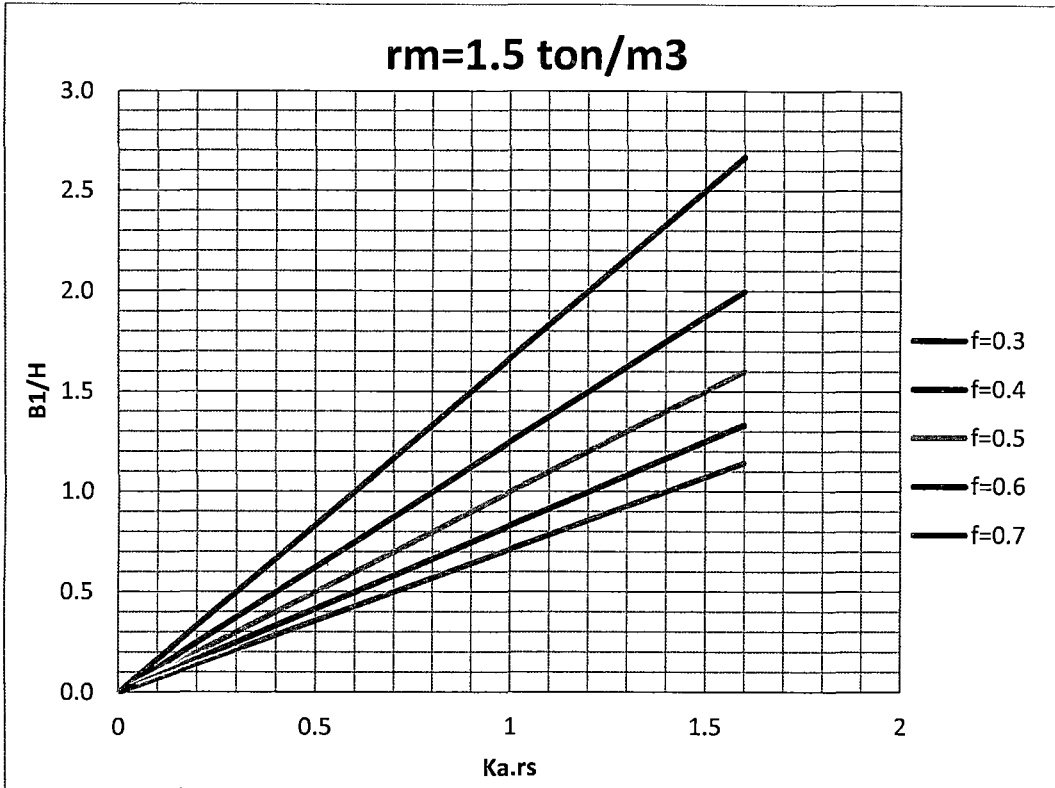


Figura 37: Predimensionamiento por Deslizamiento (rm=1.5)

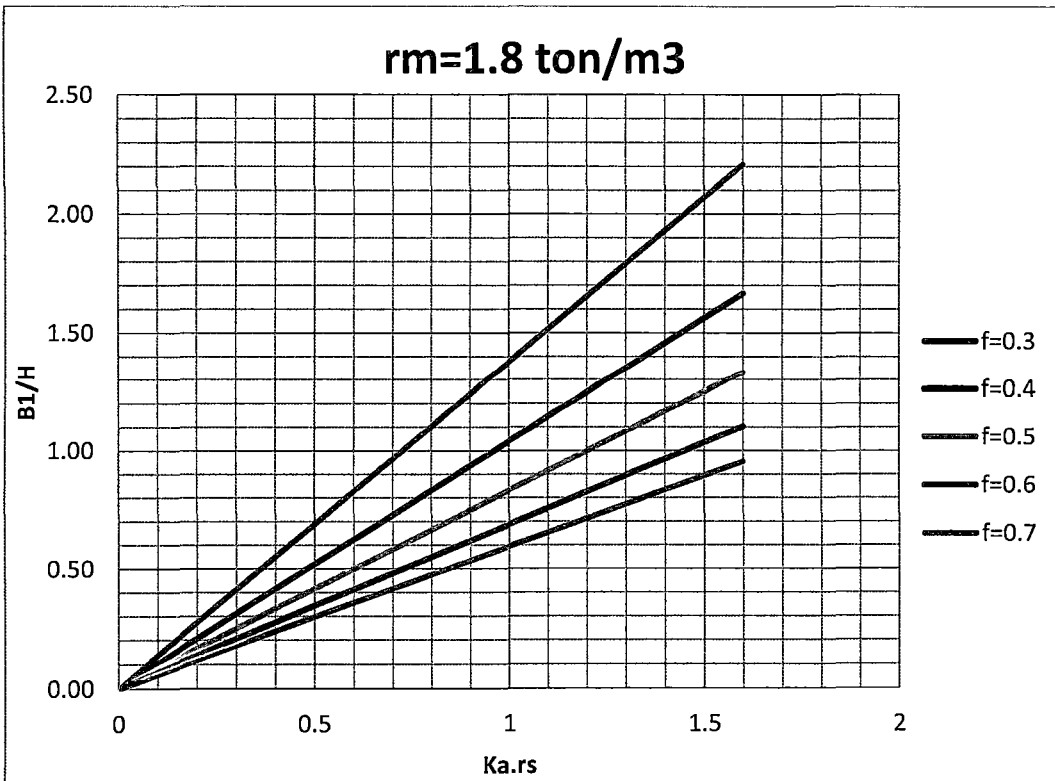


Figura 38: Predimensionamiento por Deslizamiento (rm=1.8)

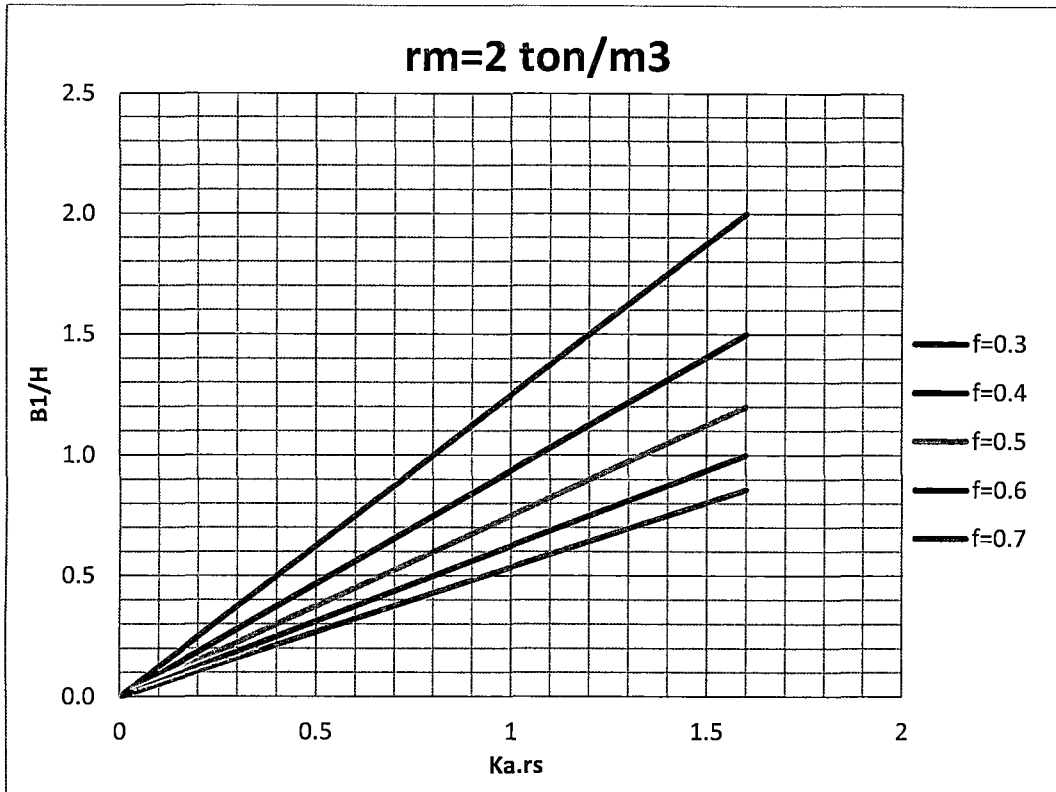


Figura 39: Predimensionamiento por Deslizamiento (rm=2.0)

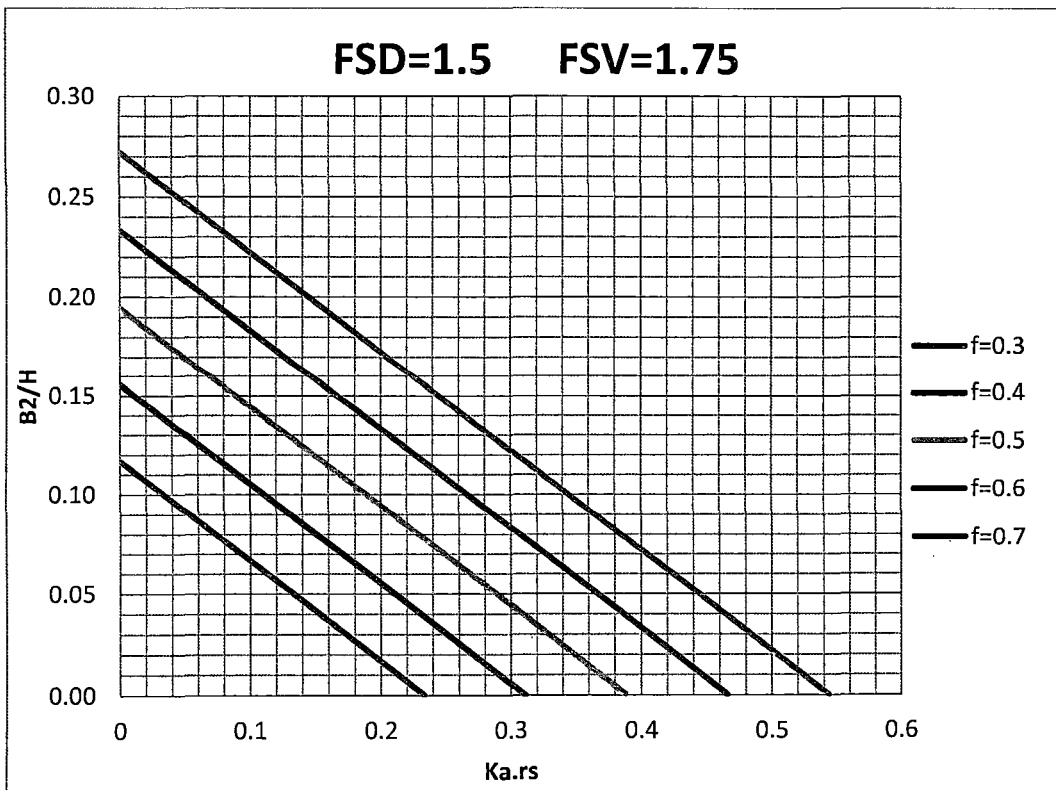


Figura 40: Predimensionamiento por Volteo (FSD=1.5 y FSV=1.75)

## A2. Coeficientes del PCA

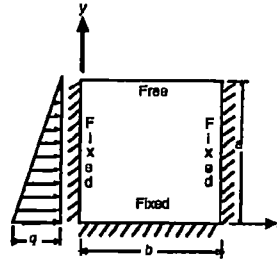
### Variación Triangular

#### CASE 3

$$\text{Shear} = C_s \times q \times a$$

$$\text{Deflection} = \frac{C_d q a^4}{1000 D}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$



#### Shear Coefficients, $C_s$

LOCATION	b/a	4.0	3.0	2.5	2.0	1.75	1.5	1.25	1.0	0.75	0.5
Bottom edge — midpoint		0.50	0.50	0.48	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.26	0.19
Side edge — maximum		0.38	0.37	0.33	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.22	0.17
Side edge — midpoint		0.23	0.24	0.25	0.28	0.26	0.26	0.25	0.23	0.19	0.13

#### Deflection Coefficients, $C_d$

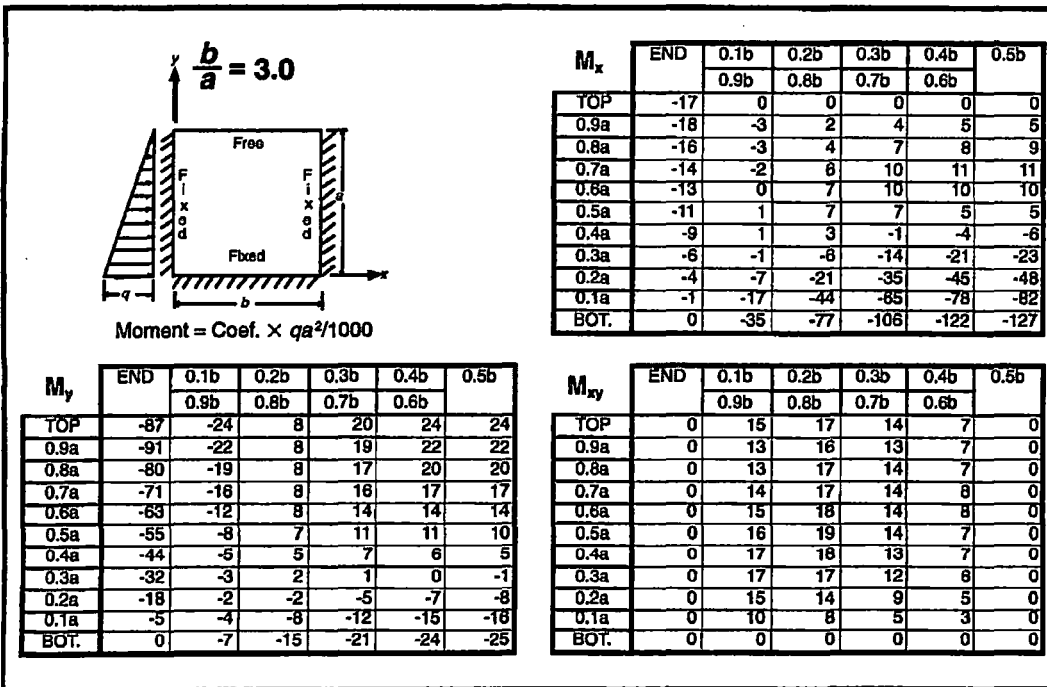
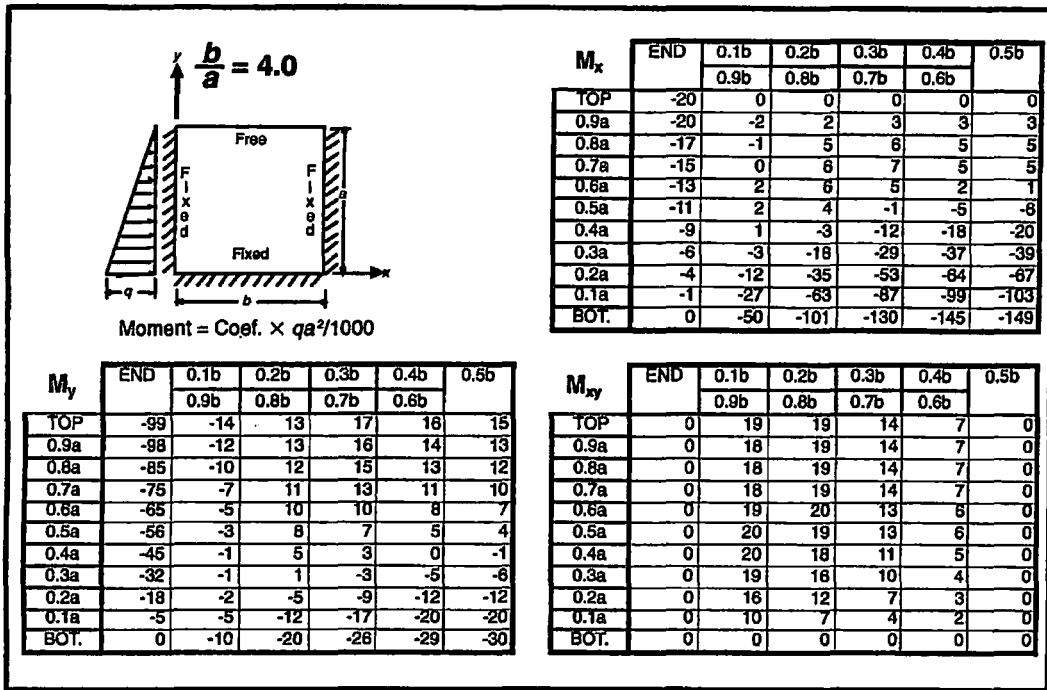
##### Along Midheight ( $y = a/2$ )

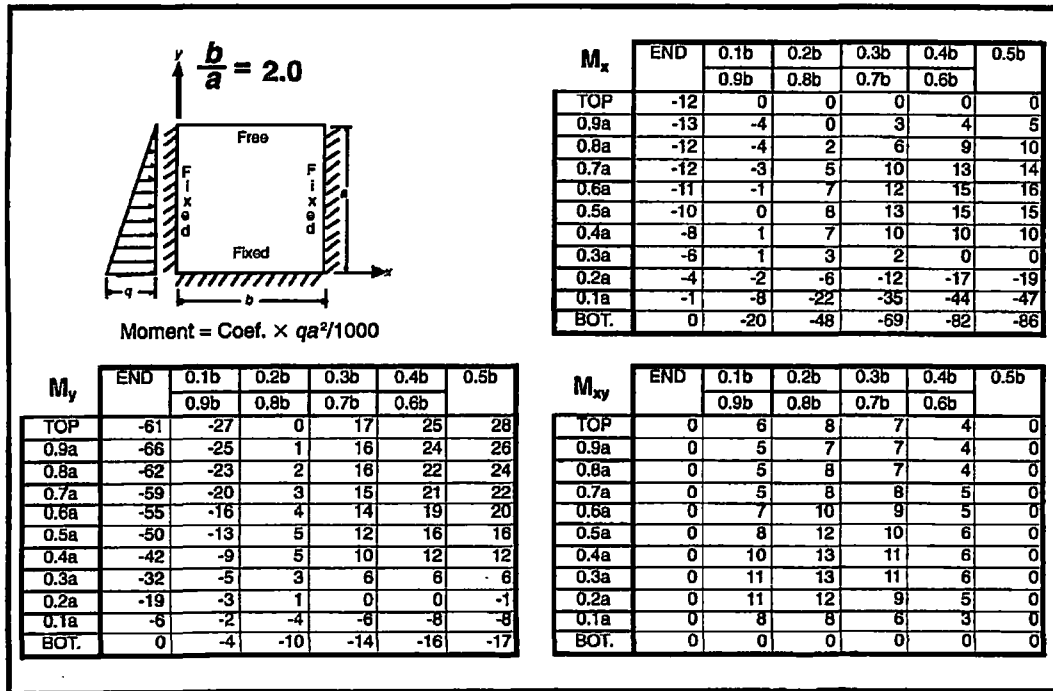
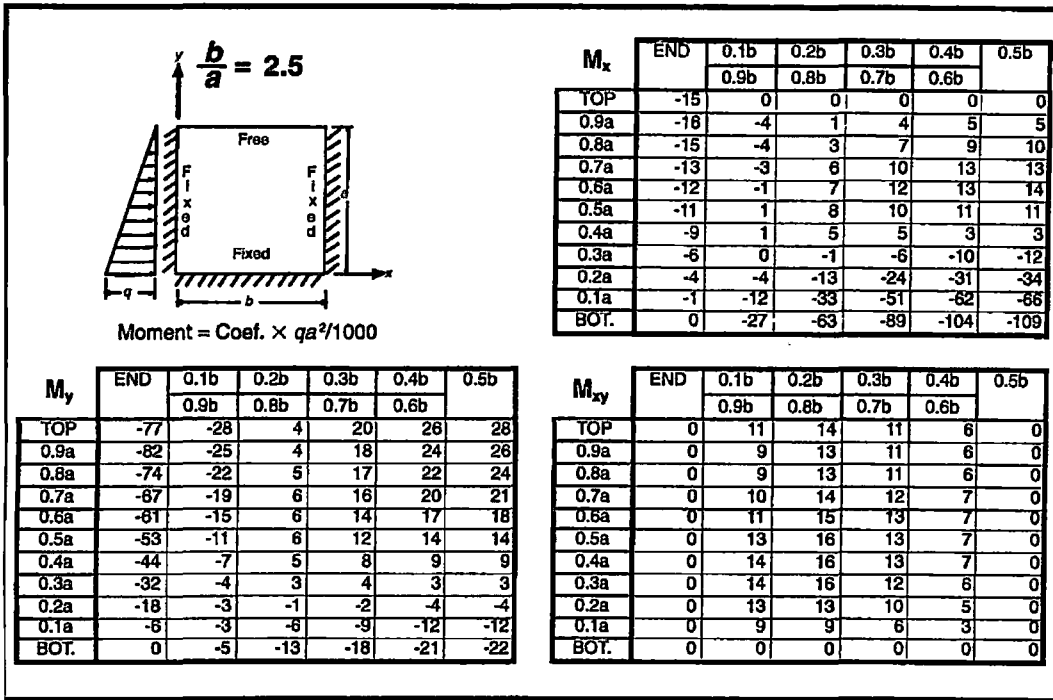
b/a \ x	END	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b	
4.0	0	2.60	6.20	8.70	10.10	10.50
3.0	0	1.60	4.20	6.40	7.70	8.10
2.5	0	1.10	3.10	4.80	6.00	6.30
2.0	0	0.70	2.00	3.20	4.00	4.30
1.75	0	0.50	1.50	2.40	3.00	3.20
1.5	0	0.40	1.00	1.70	2.10	2.30
1.25	0	0.20	0.60	1.10	1.40	1.50
1.0	0	0.10	0.30	0.60	0.70	0.80
0.75	0	0.00	0.10	0.20	0.30	0.30
0.5	0	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10

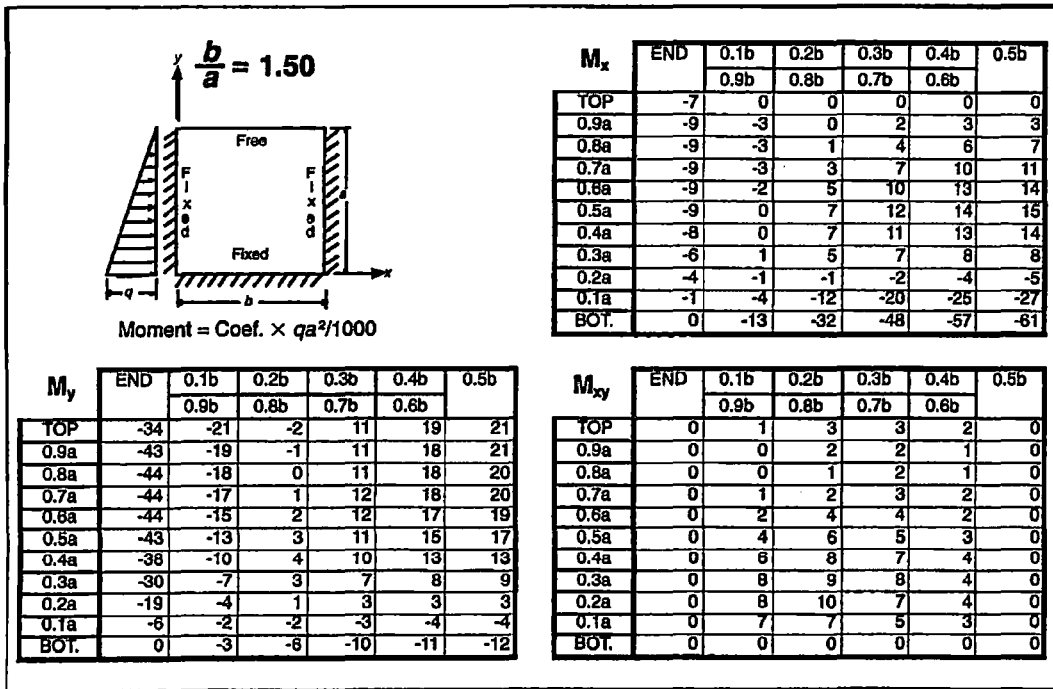
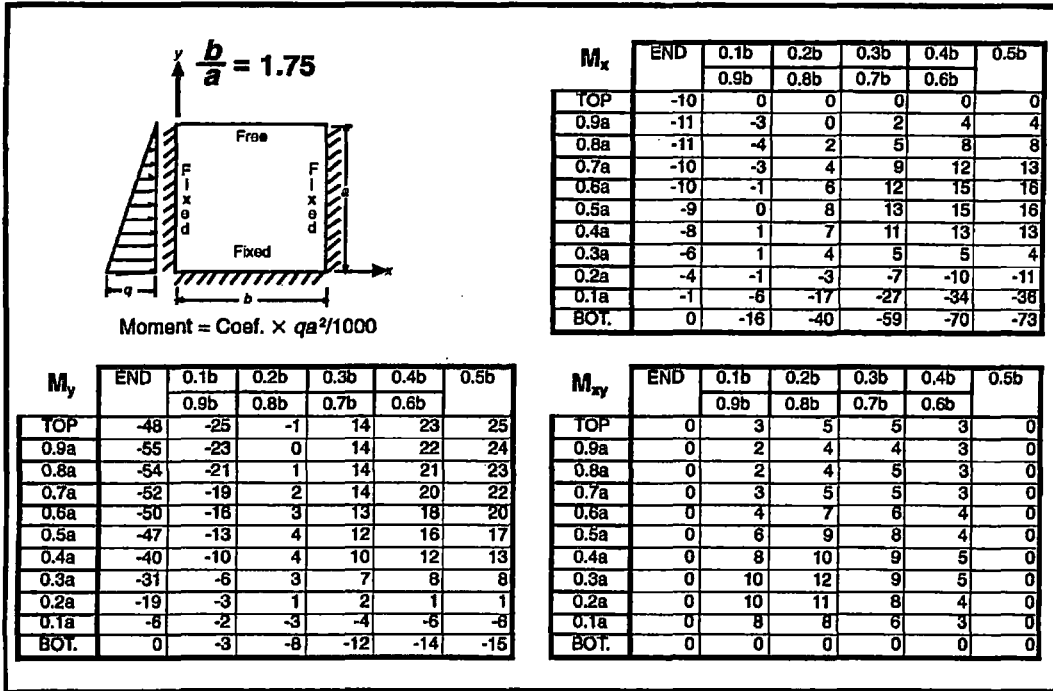
##### Along Midspan ( $x = b/2$ )

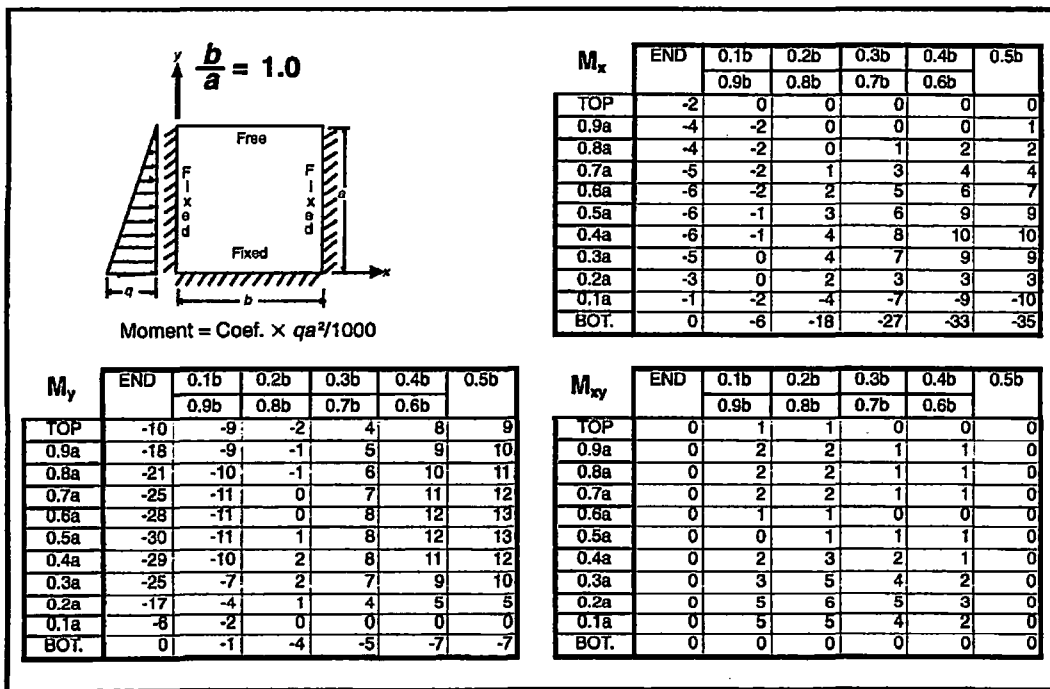
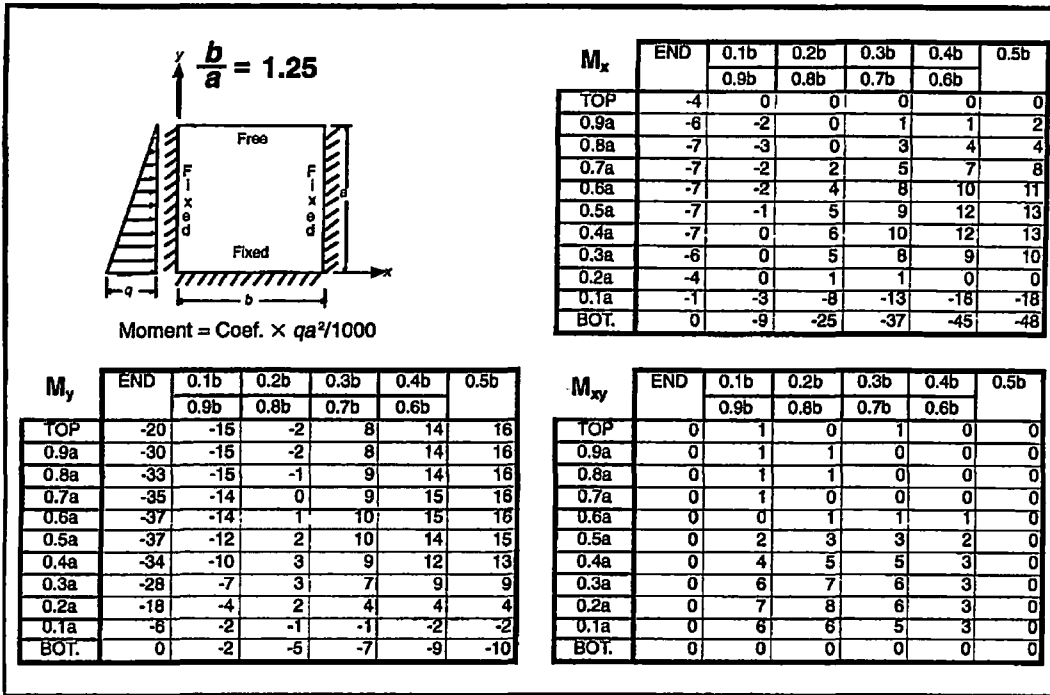
b/a \ y	BOT.	0.1a	0.2a	0.3a	0.4a	0.5a	0.6a	0.7a	0.8a	0.9a	TOP
		4.0	0	0.70	2.40	4.70	7.50	10.50	13.60	16.70	19.70
3.0	0	0.60	1.90	3.80	5.90	8.10	10.30	12.40	14.40	16.40	18.40
2.5	0	0.50	1.60	3.10	4.70	6.30	7.90	9.30	10.70	12.00	13.20
2.0	0	0.40	1.20	2.20	3.30	4.30	5.10	5.90	6.50	7.10	7.70
1.75	0	0.30	1.00	1.80	2.60	3.20	3.80	4.20	4.60	4.90	5.20
1.5	0	0.20	0.80	1.30	1.80	2.30	2.60	2.80	2.90	3.00	3.10
1.25	0	0.20	0.60	0.90	1.30	1.50	1.60	1.60	1.60	1.50	1.50
1.0	0	0.10	0.40	0.60	0.70	0.80	0.80	0.70	0.70	0.60	0.60
0.75	0	0.10	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.10
0.5	0	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00

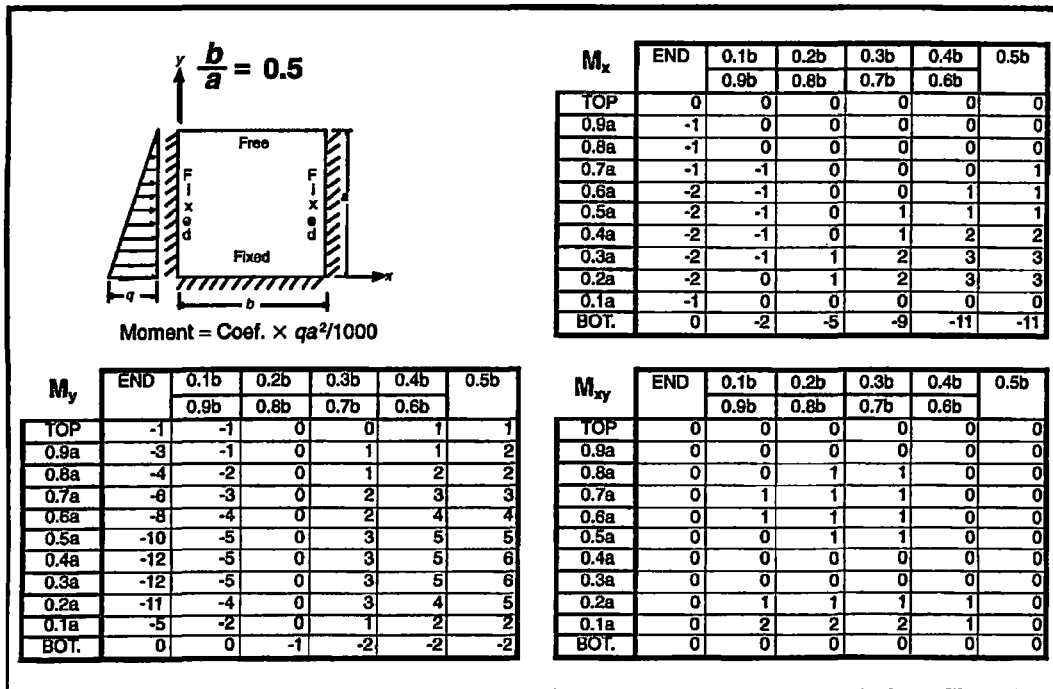
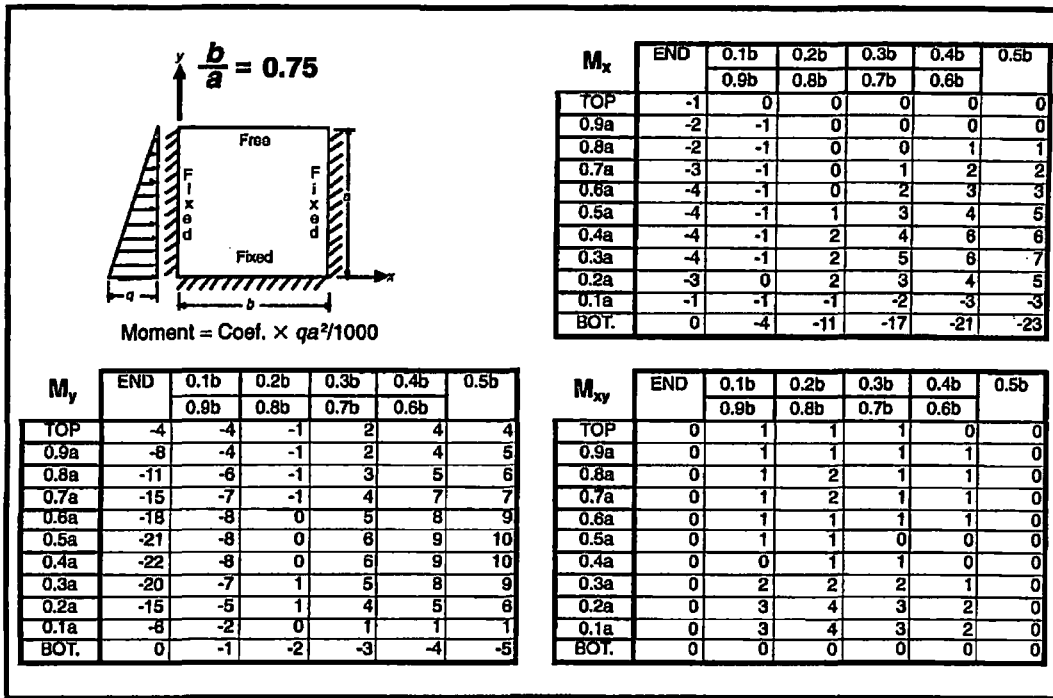












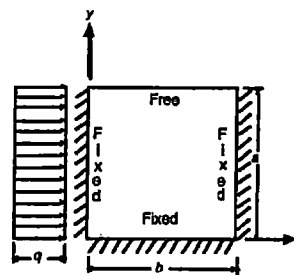
Variación Rectangular

**CASE 8**

$$\text{Shear} = C_s \times q \times a$$

$$\text{Deflection} = \frac{C_d q a^4}{1000 D}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$



Shear Coefficients,  $C_s$

LOCATION \ b/a	4.0	3.0	2.5	2.0	1.75	1.5	1.25	1.0	0.75	0.5
Bottom edge — midpoint	1.03	1.01	0.85	0.85	0.75	0.66	0.56	0.45	0.33	0.22
Side edge — maximum	1.68	1.59	1.47	1.28	1.12	0.95	0.77	0.58	0.40	0.25
Side edge — midpoint	0.45	0.47	0.50	0.53	0.54	0.54	0.51	0.46	0.37	0.25

Deflection Coefficients,  $C_d$

Along Midheight ( $y = a/2$ )

b/a \ x	END	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b	
4.0	0	8.00	20.20	29.30	34.30	35.80
3.0	0	4.80	13.30	20.80	25.40	27.00
2.5	0	3.30	9.50	15.30	19.10	20.40
2.0	0	2.00	5.80	9.60	12.20	13.10
1.75	0	1.40	4.20	6.90	8.90	9.50
1.5	0	0.90	2.80	4.60	5.90	6.40
1.25	0	0.50	1.60	2.70	3.50	3.80
1.0	0	0.30	0.80	1.40	1.80	1.90
0.75	0	0.10	0.30	0.50	0.70	0.70
0.5	0	0.00	0.10	0.10	0.10	0.20

Along Midspan ( $x = b/2$ )

b/a \ y	BOT.	0.1a	0.2a	0.3a	0.4a	0.5a	0.6a	0.7a	0.8a	0.9a	TOP
		4.0	0	2.00	7.40	15.20	24.90	35.80	47.50	59.80	71.80
3.0	0	1.60	5.80	11.80	19.00	27.00	35.30	43.70	52.20	60.60	69.00
2.5	0	1.30	4.60	9.20	14.60	20.40	26.40	32.40	38.30	44.10	50.00
2.0	0	0.90	3.10	6.20	9.60	13.10	16.60	20.00	23.20	26.40	29.60
1.75	0	0.70	2.40	4.60	7.10	9.50	11.90	14.10	16.20	18.20	20.30
1.5	0	0.50	1.70	3.20	4.80	6.40	7.80	9.00	10.20	11.30	12.40
1.25	0	0.40	1.10	2.10	3.00	3.80	4.50	5.10	5.60	6.00	6.60
1.0	0	0.20	0.70	1.10	1.60	1.90	2.10	2.30	2.50	2.60	2.80
0.75	0	0.10	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90
0.5	0	0.00	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

