

9) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (Fcv)

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{52.469 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 18.6 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (Fch)

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{9.718 \times 10^3}{60 \times 10} = 16.2 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{52.469 \times 10^3}{\pi(60+90) \times 90} = 1.24 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

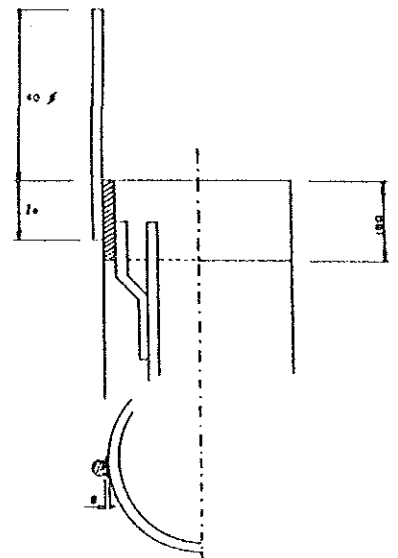
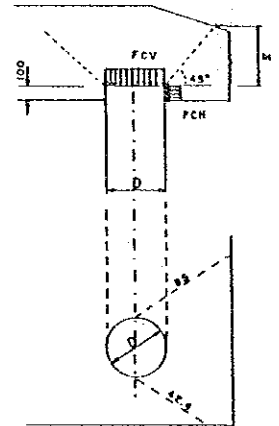
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_h = \frac{9.718 \times 10^3}{(85+42.4) \times 10} = 7.63 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

d) Tensión de corte en los fierros soldados

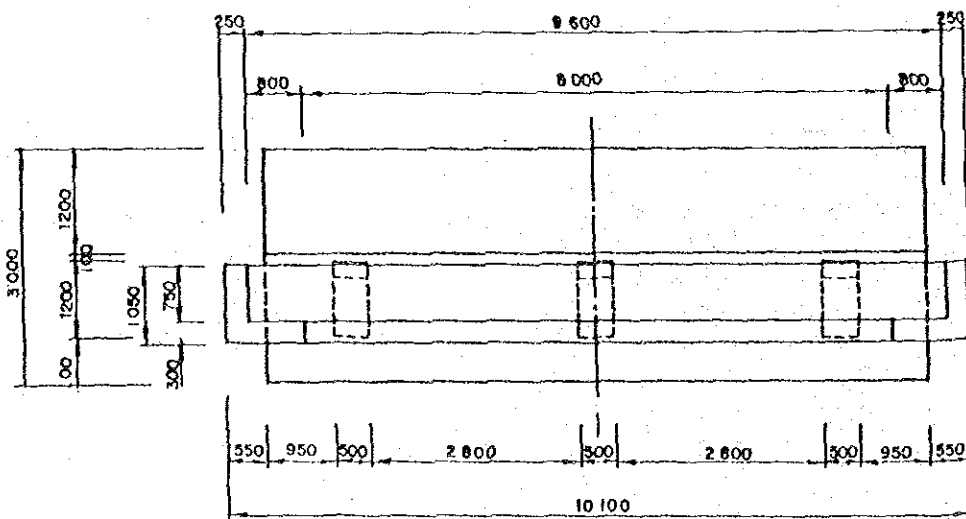
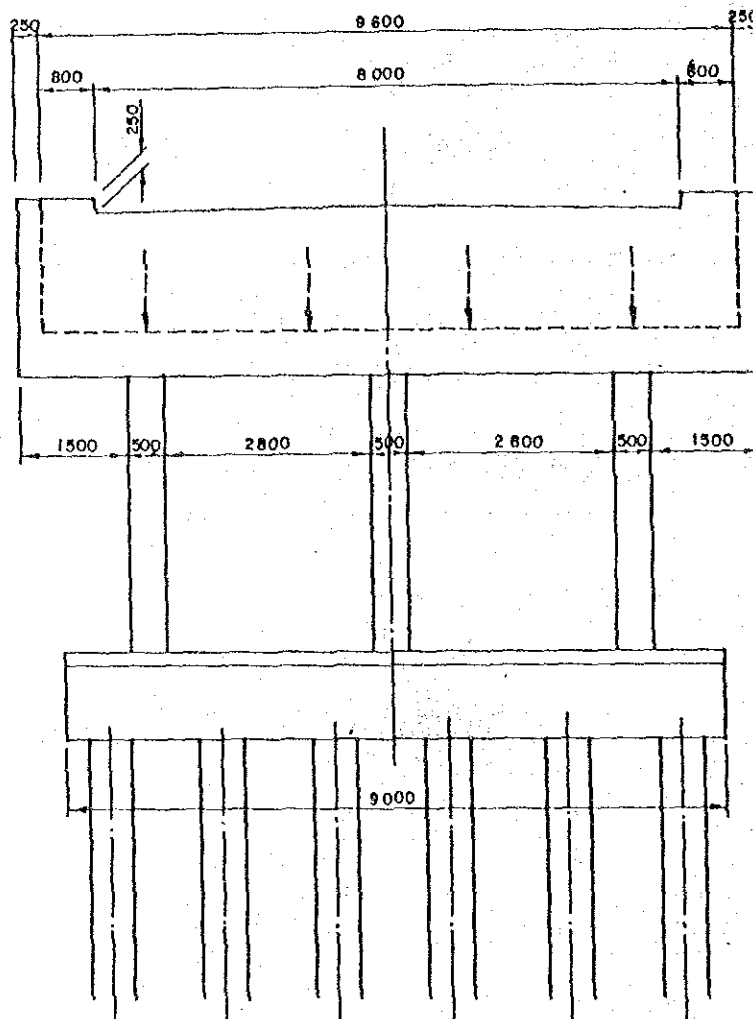
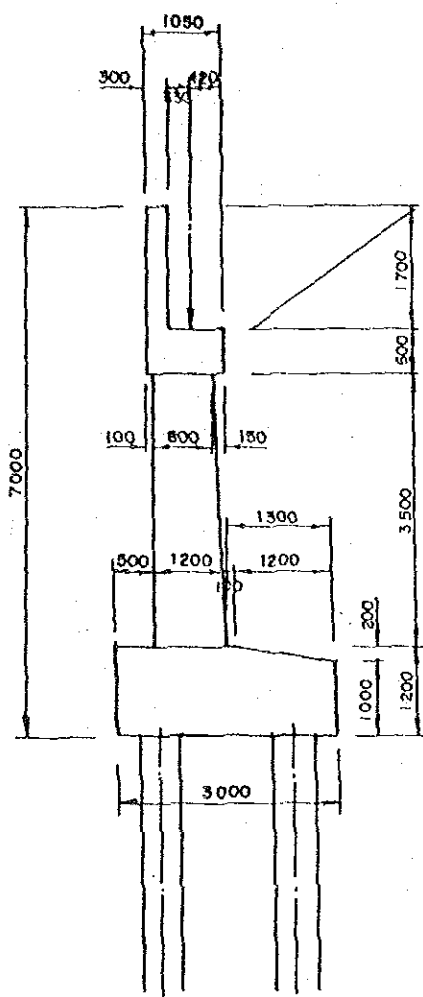
$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.3. Puente Pto. Almacen

1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	115.880t
Carga Viva (L+I)	71.780t
Reacción Total	187.660t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (F)	2,990t
-------------------------	--------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal $1/2 \times 9.982$	=	4.991t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 2.610$	=	1.305t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal $1/2 \times 3.809$	=	1.905t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.523$	=	0.762

3) Peso propio del estribo (D)

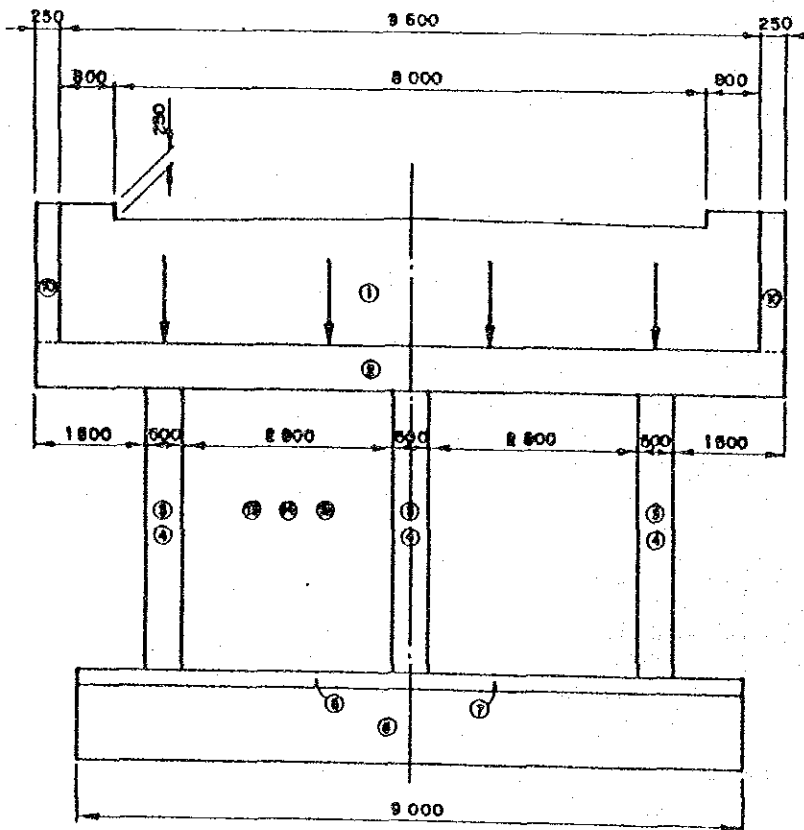
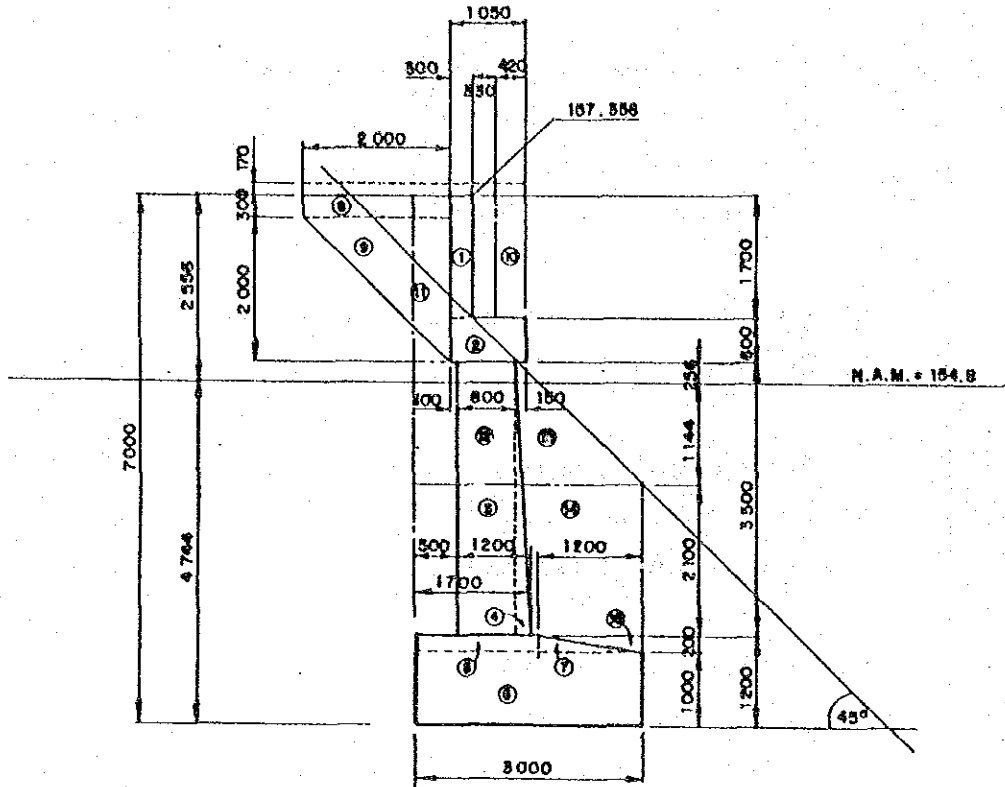


Tabla 6.3-1

Fórmula		V	X	V·X
1	0.30x1.70x10.10x2.4	12.362	0.550	6.799
2	1.05x0.60x10.10x2.4	15.271	0.925	14.126
3	0.8x3.50x0.50x2.4x3	10.080	0.900	9.072
4	1/2x0.4x3.5x0.5x2.4x3	2.520	1.433	3.611
5	1.80x0.20x9.0x2.4	7.776	0.900	6.998
6	3.0x1.0x9.0x2.4	64.800	1.500	97.200
7	1/2x1.20x0.2x9.0x2.4	2.592	2.200	5.702
8	0.47x0.25x2.0x2.4x2	1.128	-0.600	- 0.677
9	1/2x2.0x2.0x0.25x2.4x2	2.400	-0.267	- 0.641
10	0.75x1.87x0.25x2.4x2	1.683	1.075	1.809
11	0.4x2.3x9.0x1.7	14.076	0.200	2.815
12	1.30x1.40x9.0x1.7	27.846	0.650	18.100
13	1/2x1.4x1.4x9.0x1.7	14.994	1.767	26.494
14	3.0x2.1x9.0x1.7	96.390	1.500	144.585
15	1/2x0.2x1.2x9.0x1.7	1.836	2.600	4.774
-3	0.8x3.5x0.5x1.7x3	- 7.140	0.900	- 6.426
-4	1/2x0.4x3.5x0.5x1.7x3	- 1.785	1.433	- 2.558
Peso Total del Hormigón y del Suelo		266.829		331.783
-3	0.829x3.244x0.5x1.0x3	- 4.034	0.915	- 3.691
-4	1/2x0.371x3.244x0.5x1.0x3	- 0.903	1.453	- 1.312
-5	1.80x0.20x9.0x1.0	- 3.240	0.900	- 2.916
-6	1.0x3.0x9.0x1.0	- 27.000	1.500	-40.500
-7	1/2x1.2x0.2x9.0x1.0	- 1.080	2.200	- 2.376
-12	1.856x1.144x9.0x0.9	-17.198	0.665	-11.437
-13	1/2x1.144x1.144x9.0x0.9	- 5.300	1.710	- 9.063
-14	3.0x2.10x9.0x0.9	-51.030	1.500	-76.545
-15	1/2x1.2x0.2x9.0x0.9	- 0.972	2.600	- 2.527
3	0.829x3.244x0.5x0.9x3	3.631	0.915	3.322
4	1/2x0.371x3.244x0.5x0.9x3	0.812	1.453	1.180
Subpresión Total		-106.314		-145.865
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		160.515		185.918

Punto de Acción de la resultante

(1) Peso del Hormigón y del Suelo

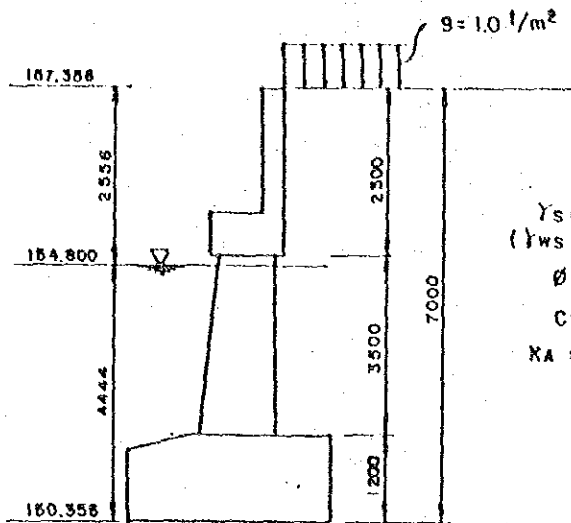
$$X = \frac{331.783}{266.829} = 1.243m \quad (-0.257m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{185.918}{160.515} = 1.158m \quad (-0.342m)$$

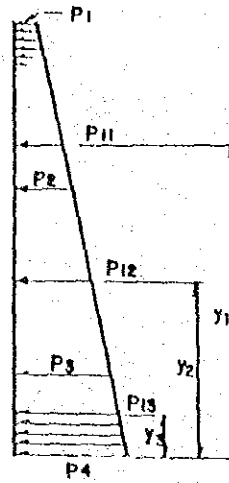
4) Presión de la tierra (E)

Presión de la tierra

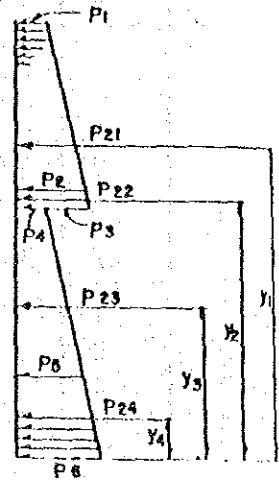


$\gamma_s = 1.7 \text{ t/m}^3$
 $(\gamma_{ws} = 0.8 \text{ t/m}^3)$
 $\phi = 30^\circ$
 $C = 0$
 $K_A = 0.333$

caso (1)



caso (2)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned}
 p_1 &= (\gamma \cdot Z + q) \cdot K_A = 1.0 \times 0.333 &= 0.333 \text{ t/m} \\
 p_2 &= (1.7 \times 2.300 + 1.0) \times 0.333 &= 1.635 \text{ t/m} \\
 p_3 &= (1.7 \times 5.80 + 1.0) \times 0.333 &= 3.616 \text{ t/m} \\
 p_4 &= (1.7 \times 7.00 + 1.0) \times 0.333 &= 4.296 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned}
 P_{11} &= 1/2 \cdot (P_1 + P_2) \cdot h \cdot L \\
 &= 1/2 \cdot (0.333 + 1.635) \times 2.30 \times 9.60 &= 21.727 \text{ t} \\
 P_{12} &= 1/2 \times (1.635 + 3.616) \times 3.50 \times (0.5 \times 3) \times 3 &= 41.352 \text{ t} \\
 P_{13} &= 1/2 \times (3.616 + 4.296) \times 1.20 \times 9.0 &= 42.725 \text{ t}
 \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y_1 = \frac{2.300 \times (2 \times 0.333 + 1.635)}{3 \times (0.333 + 1.635)} + (3.500 + 1.200) = 5.596$$

$$Y_2 = \frac{3.500 \times (2 \times 1.635 + 3.616)}{3 \times (1.635 + 3.616)} + 1.200 = 2.730 \text{ m}$$

$$Y3 = \frac{1.200 \times (2 \times 3.616 + 4.296)}{3 \times (3.616 + 4.296)} = 0.583 \text{m}$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333 \text{t/m}^2$$

$$p2 = 1.635 \text{t/m}^2$$

$$p3 = (1.7 \times 2.556 + 1.0) \times 0.333 = 1.780 \text{t/m}^2$$

$$p4 = (0.8 \times 2.556 + 1.0) \times 0.333 = 1.014 \text{t/m}^2$$

$$p5 = (0.8 \times 5.800 + 1.0) \times 0.333 = 1.878 \text{t/m}^2$$

$$p6 = (0.8 \times 7.000 + 1.0) \times 0.333 = 2.198 \text{t/m}^2$$

Empujes de tierra

$$P21 = P11 = 21.727 \text{t}$$

$$P22 = 1/2 \times (1.635 + 1.780) \times 0.256 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 1.967 \text{t}$$

$$P23 = 1/2 \times (1.014 + 1.878) \times 3.244 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 21.109 \text{t}$$

$$P24 = 1/2 \times (1.878 + 2.198) \times 1.200 \times 9.000 = 22.010 \text{t}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 5.596 \text{m}$$

$$Y2 = \frac{0.256 \times (2 \times 1.635 + 1.780)}{3 \times (1.635 + 1.780)} + 4.444 = 4.570 \text{m}$$

$$Y3 = \frac{3.244 \times (2 \times 1.014 + 1.878)}{3 \times (1.014 + 1.878)} + 1.200 = 2.660 \text{m}$$

$$Y4 = \frac{1.200 \times (2 \times 1.878 + 2.198)}{3 \times (1.878 + 2.198)} = 0.584 \text{m}$$

Fuerza horizontal y momento flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$\begin{aligned} H &= P_{11} + P_{12} + P_{13} \\ &= 21.727 + 41.352 + 42.725 = 105.804t \\ M &= P_{11} \cdot Y_1 + P_{12} \cdot Y_2 + P_{13} \cdot Y_3 \\ &= 21.727 \times 5.596 + 41.352 \times 2.730 + 42.725 \times 0.583 = 259.384t.m \end{aligned}$$

Caso (2) con agua

$$\begin{aligned} H &= 21.727 + 1.967 + 21.109 + 22.010 = 66.813t \\ M &= 21.727 \times 5.596 + 1.967 \times 4.570 + 21.109 \times 2.660 + \\ &\quad 22.010 \times 0.584 = 199.577tm \end{aligned}$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"

(C : Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6.3-2

	Longitudinal							Transversal		
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t·m)		H (t)	M=HY (t·m)		
					N·x	H·y				
Peso propio estribo (D+B)	(266.829)* 160.515		(-0.257) -0.342			(-68.575)* -54.896				
Reaccion (D)	115.88		-0.47			-54.464				
Superestructura (L+I)	71.78		-0.47			-33.737				
Fuerza longitudinal (CF)		2.990		5.450			16.296			
Fuerza de viento (W)		1.305		5.450			7.112	4.991		
Fuerza de viento (WL)		0.762		5.450			4.153	1.905		
Empuje de tierra (E)		(105.804)* 66.813					(259.384)* 199.577			
Grupo I J = 100 %	(450.489)	(108.794)				(118.904)				
D+(L+I)+CF+E+B	348.175	69.803				72.776				
Grupo II J = 125 %	(382.709)	(107.109)				(143.457)				
D+E+B+W	276.395	68.118				97.329		4.991		
Grupo III J = 125 %	(450.489)	(109.948)				(125.191)				
D+(L+I)+CF+E+B+O3W+WL	348.175	70.957				79.063		3.402		
								26.419		

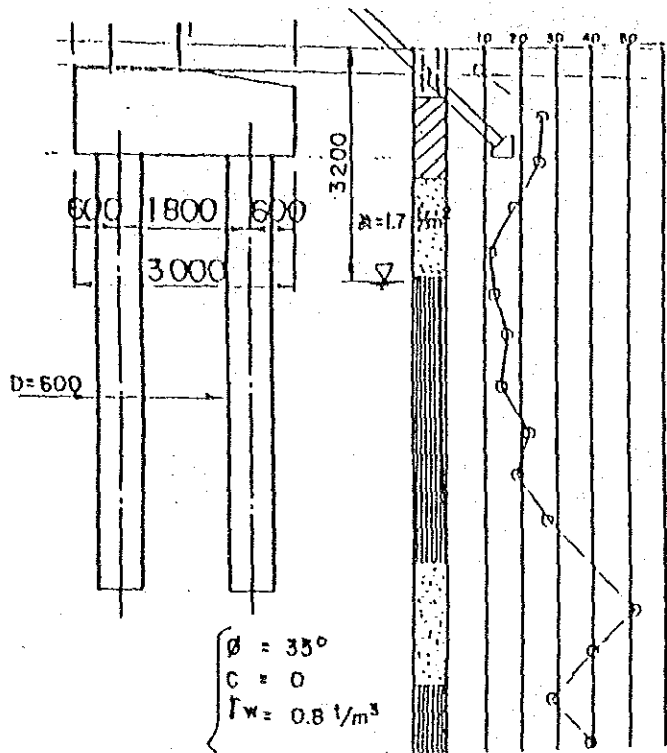
Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexion.

Valores en ()* no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario basico

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

a) Capacidad de carga de un pilote (Ra)



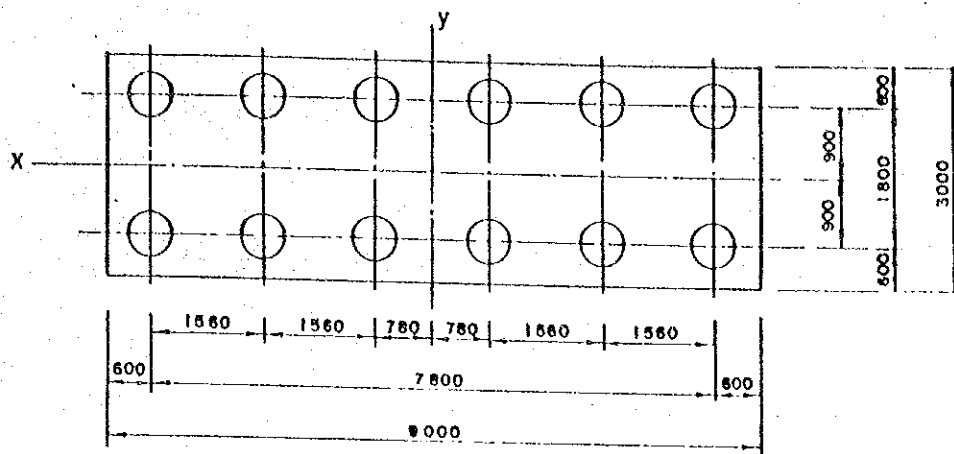
L (m)	N	f (t/m)	f·U·L (t)
0.25	25	15	7.0
1.35	15	3.0	7.6
4.0	16	15	113.1
0.4	40	8	6.0
TOTAL fs			133.7

$$\left. \begin{aligned} \phi &= 35^\circ \\ C &= 0 \\ \gamma_w &= 0.8 \text{ t/m}^3 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{1.7 \times 3.2 + 0.8 \times 4.3}{7.5} = 1.18 \text{ t/m}^3 \text{ (B=0)} \\ \gamma_2 &= 0.8 \text{ t/m}^3 \text{ (B \neq 0)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qd &= \alpha C N_c + \beta \gamma_2 D N_\gamma + \gamma_1 D f N_q \\ (N_c &= 37.2, N_\gamma = 44.0, N_q = 41.4) \\ &= 0.3 \times 0.8 \times 0.6 \times 44.0 + 1.18 \times 7.5 \times 41.4 \\ &= 327.7 \text{ t (B = 0)} \\ &= 254.7 \text{ t (B \neq 0)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ra &= (qd \cdot A + fs) / 3 \\ &= \left\{ \begin{aligned} (372.7) \\ 254.7 \times 0.283 + 133.7 / 3 \end{aligned} \right\} \\ &= 80 \text{ t (B = 0)} \\ &= 69 \text{ t (B \neq 0)} \end{aligned}$$

b) Distribución de los Pilotes



$$0 = \tan^{-1} = 0.60/1.56 = 21.0$$

$$E = 1 - 21.0 \times \frac{(6-1) \times 2 + (2-1) \times 6}{90 \times 6 \times 2} = 0.689$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R.E = 80 \times 0.689 = 55t \quad (B = 0)$$

$$69 \times 0.689 = 47t \quad (B \neq 0)$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N}{n} - \frac{Mx \cdot y}{Ix} - \frac{My \cdot x}{Iy}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

Ix(Iy) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura

6.3.6-b)

$$Ix = 6 \times (0.9)^2 + 6 \times (-0.9)^2 = 9.72m^2$$

$$Iy = 2 \times 0.78^2 + 2 \times 2.34^2 + 2 \times 3.90^2 + 2 \times (-0.78)^2 + 2 \times (-2.34)^2 + 2 \times (-3.9)^2 = 85.176m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{349.828}{12} + \frac{72.776 \times 0.9}{9.72} = \begin{array}{l} 35.9t \\ 22.4t \end{array} < Pa = 47t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{450.489}{12} + \frac{118.904 \times 0.9}{9.72} = \begin{array}{l} 48.6t \\ 26.5t \end{array} < Pa = 55t$$

Grupo II

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{276.395}{12} + \frac{97.329 \times 0.9}{9.72} + \frac{31.556 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 33.5t \\ 12.6t \end{array}$$

$< Pa = 47 \times 1.25$
 $= 59t$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{382.709}{12} + \frac{143.457 \times 0.9}{9.72} + \frac{31.556 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 46.6t \\ 17.2t \end{array}$$

$< Pa = 55 \times 1.25$
 $= 68t$

Grupo III

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{348.175}{12} + \frac{79.063 \times 0.9}{9.72} + \frac{26.419 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 37.5t \\ 20.5t \end{array}$$

$< Pa = 59t$

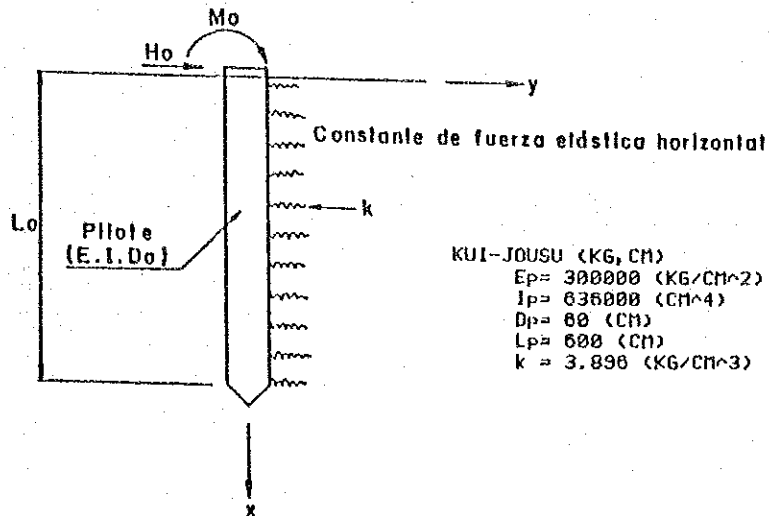
$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{450.489}{12} + \frac{125.191 \times 0.9}{9.72} + \frac{26.419 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 50.3t \\ 24.7t \end{array}$$

$< Pa = 68t$

El resto de los análisis son los mismos que los realizados en el punto 6.1, Puente San Juan, favor referirse a los mismos.

8) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

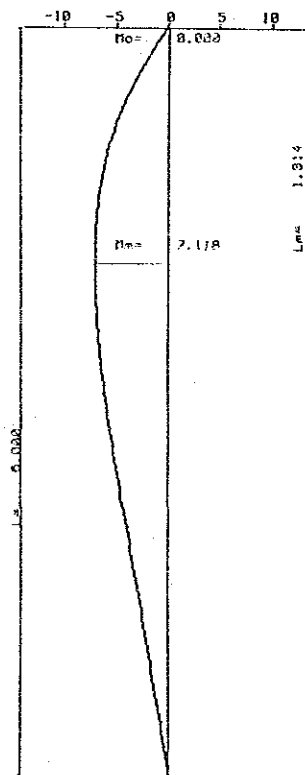


a) Articulación del cabezal de pilote

KAJUU-- $H_0 = 9.000$ (T)
 $H_0 = 0.000$ (TH)
 $BET = 4.183434361E-03$ (CM⁻¹)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI: DE = 0.31920 (CM)
 KUI TOU KAKU: AL = -1.32375447E-03 (RAD)
 UNDER G.L. $M_{max} = -7.118$ (TH)
 $L_m = 191.455$ (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TH)	S(T)
0.000	0.319	0.000	-9.000
0.500	0.253	-3.664	-5.719
1.000	0.193	-5.842	-3.112
1.500	0.140	-6.887	-1.172
2.000	0.095	-7.109	0.198
2.500	0.061	-6.766	1.186
3.000	0.034	-6.062	1.659
3.500	0.016	-5.150	1.953
4.000	0.005	-4.137	2.076
4.500	-0.000	-3.091	2.097
5.000	-0.002	-2.047	2.074
5.500	-0.002	-1.017	2.044
6.000	-0.000	-0.000	2.031
6.000	-0.000	-0.000	2.031

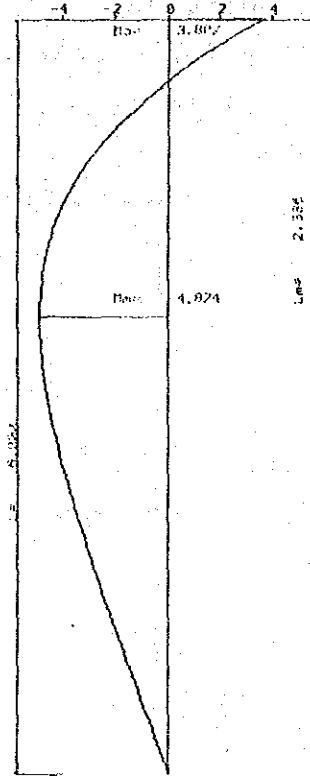


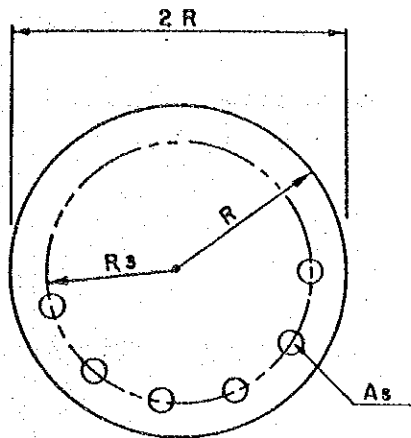
b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJUU--Ho= 9.066 (T)
 Ho= -3.802 (TM)
 BET= 4.183434361E-03 (CM-1)
 KUJ--SENTAN: HINGE

KUI TOU MENI:DE= 0.20389 (CM)
 KUI YOU KAKU:AL=-8.51430563E-04 (RAD)
 UNDER S.L. Tmax= -4.874 (TM)
 Lm = 238.630 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.263	3.802	-9.066
0.500	0.219	-0.802	-6.239
1.000	0.175	-2.524	-3.934
1.500	0.134	-4.021	-2.130
2.000	0.098	-4.730	-0.778
2.500	0.068	-4.863	0.190
3.000	0.045	-4.592	0.847
3.500	0.027	-4.055	1.265
4.000	0.015	-3.355	1.512
4.500	0.007	-2.562	1.643
5.000	0.003	-1.723	1.703
5.500	0.001	-0.865	1.726
6.000	-0.000	-0.000	1.732
6.000	-0.000	-0.000	1.732





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	7.118	7.118	
N	t.	48.550	26.531	
H	t.	9.066	9.066	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	(6 19x10) 28.400	(6 19x10) 28.400	
C		0.599	0.927	
S		0.166	0.799	
Fc	Kg/cm ²	48.142	51.777	
Fs	Kg/cm ²	201.102	669.735	
V	Kg/cm ²	3.206	3.206	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

Donde: Fc : Tensión de compresión
 Fs : Tensión de tracción
 V : Tensión de corte
 Fca : Tensión admisible de compresión
 Fsa : Tensión admisible de tracción
 Va : Tension admisible de corte
 M : Momento flector
 N : Carga axial
 S : Fuerza de corte
 As : Acero de refuerzo

9) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (F_{cv})

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{48.550 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 17.2 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (F_{ch})

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{7.118 \times 10^3}{60 \times 10} = 11.9 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{48.550 \times 10^3}{\pi(60+90)90} = 1.14 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

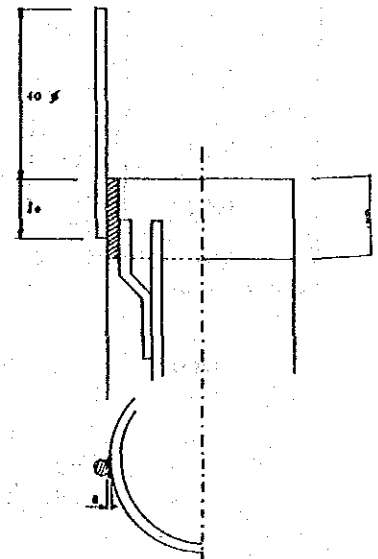
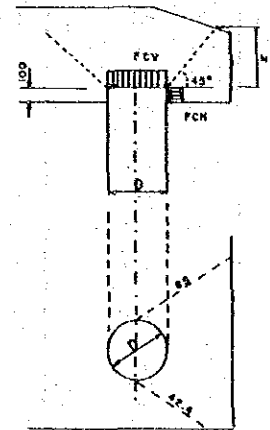
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_h = \frac{7.118 \times 10^3}{(85.0+42.4)10} = 5.59 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

d) Tensión de corte en los fierros soldados

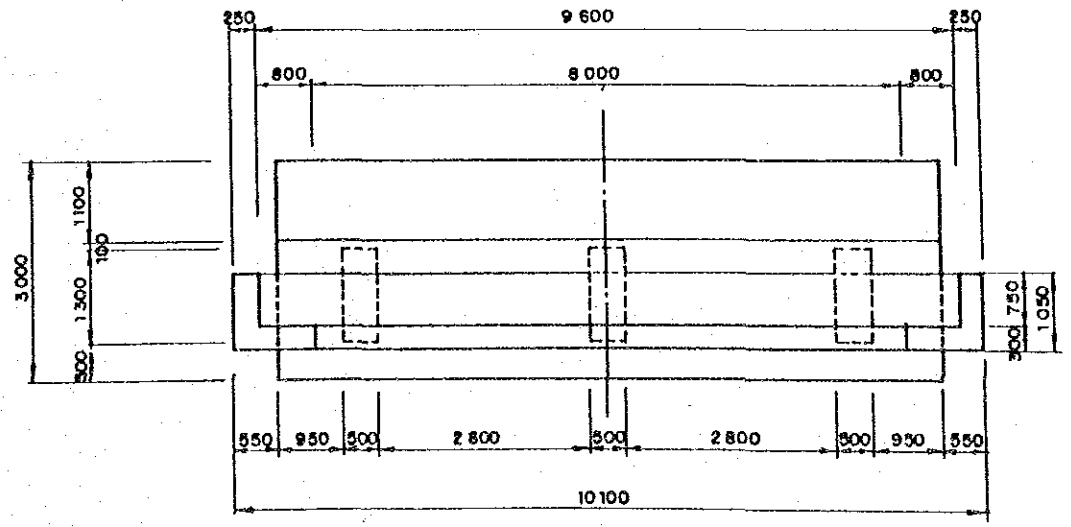
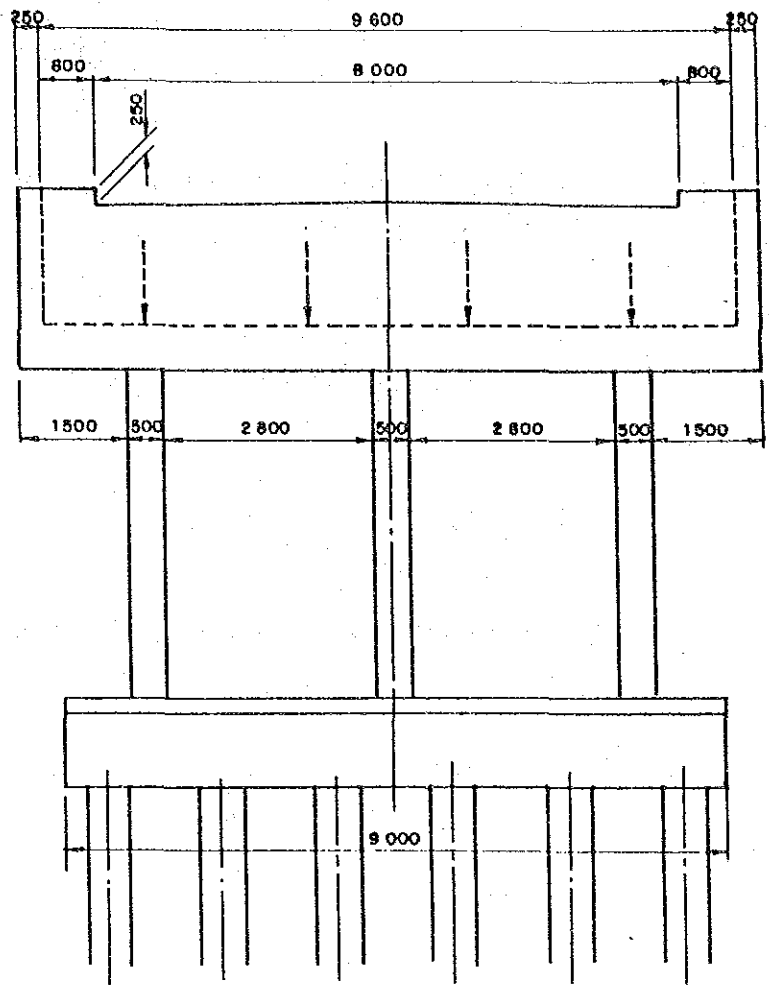
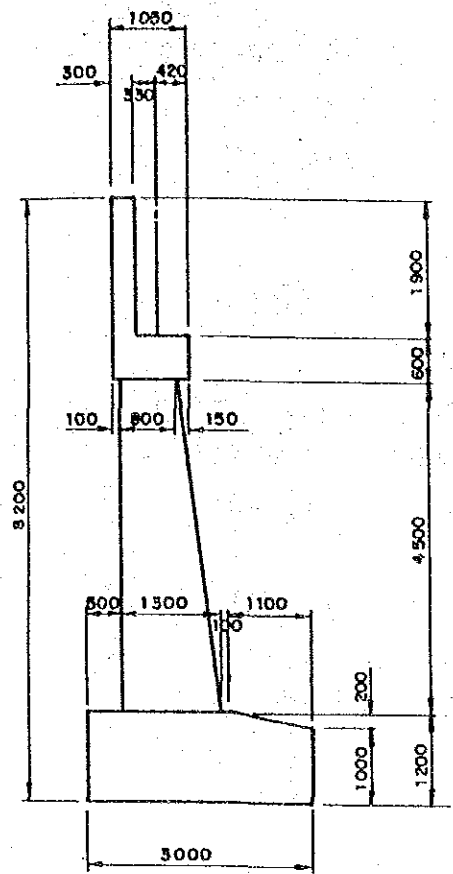
$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.4 Puente Amistad y Sicuri

1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	147.28t
Carga Viva (L+I)	72.13t
Reacción Total	219.41t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (F)	3,279t
-------------------------	--------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal	$13.303 \times 1/2$	=	6,652t
Fuerza Longitudinal	$3.479 \times 1/2$	=	1,740t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal	$4.553 \times 1/2$	=	2,277t
Fuerza Longitudinal	$1.821 \times 1/2$	=	0,911t

3) Peso propio del Estribo (D)

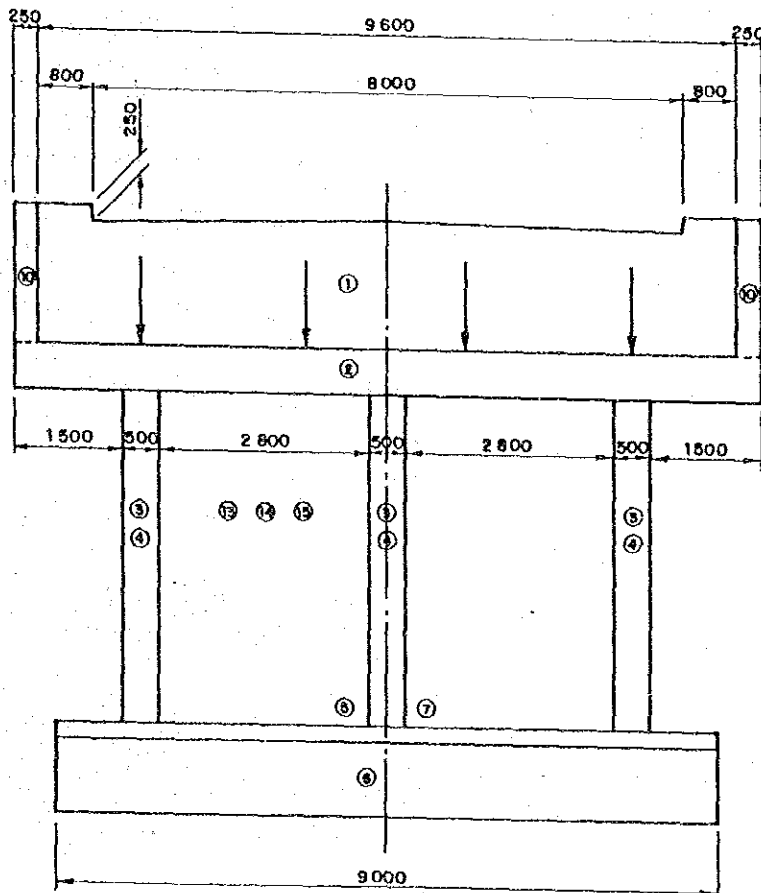
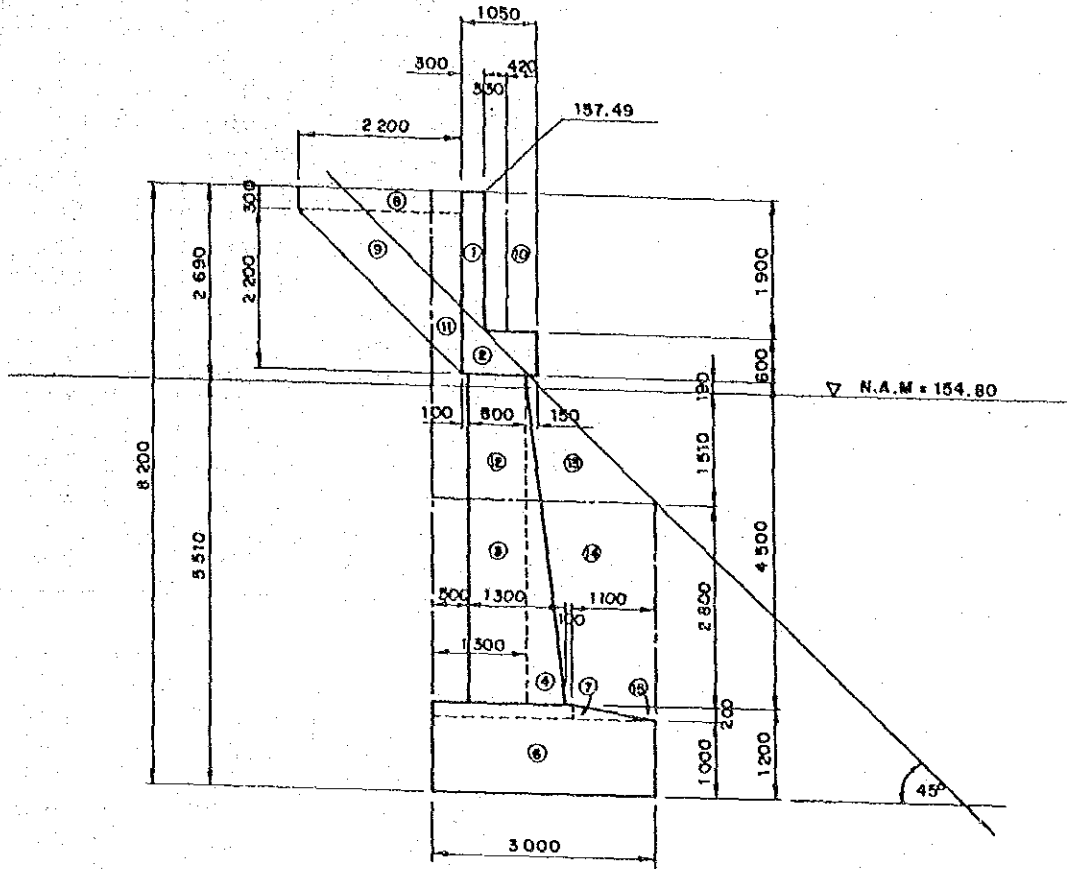


Tabla 6.4-1

Fórmula		V	X	V · X
1	0.30x1.90x10.10x2.4	13.817	0.550	7.599
2	0.60x1.05x10.10x2.4	15.271	0.925	14.126
3	0.80x4.50x0.5x2.4x3	12.960	0.900	11.664
4	1/2x0.50x4.50x0.5x2.4x3	4.050	1.467	5.941
5	0.20x1.90x9.0x2.4	8.208	0.950	7.798
6	3.00x1.0x9.0x2.4	64.800	1.500	97.200
7	1/2x0.20x1.10x9.0x2.4	2.376	2.267	5.386
8	0.47x2.20x0.25x2.4x2	1.241	-0.700	- 0.869
9	1/2x2.2x2.2x0.25x2.4x2	2.904	-0.333	- 0.967
10	0.75x2.07x0.25x2.4x2	1.863	1.075	2.003
11	0.40x2.50x9.0x1.7	15.300	0.200	3.060
12	1.70x1.3x9.0x1.7	33.813	0.750	25.360
13	1/2x1.70x1.70x9.0x1.7	22.109	1.867	41.278
14	2.8x3.00x9.0x1.7	128.520	1.500	192.780
15	1/2x0.20x1.10x9.0x1.7	1.683	2.633	4.431
-3	0.80x4.50x0.5x1.7x3	- 9.180	0.900	- 8.262
-4	1/2x0.50x4.50x0.50x1.7x3	- 2.869	1.467	- 4.209
Peso Total del Hormigón y del Suelo		311.866		404.319
-3	0.821x4.310x0.5x1.0x3	- 5.308	0.911	- 4.836
-4	1/2x0.479x4.310x0.5x1.0x3	- 1.548	1.460	- 2.260
-5	0.2x1.90x9.0x1.0	- 3.420	0.950	- 3.249
-6	3.00x1.0x9.0x1.0	-27.000	1.500	-40.500
-7	1/2x1.10x0.20x9.0x1.0	- 0.990	2.267	- 2.244
-12	1.510x1.321x9.0x0.9	-16.157	0.611	- 9.872
-13	1/2x1.51 x9.0x0.9	- 9.234	1.881	-17.369
-14	2.8x3.0x9.0x0.9	-68.040	1.500	-102.060
-15	1/2x0.2x1.10x9.0x0.9	- 0.891	2.633	- 2.346
3	0.821x4.310x0.5x0.9x3	4.777	0.911	4.352
4	1/2x0.479x4.310x0.5x0.9x3	1.394	1.460	2.035
Subpresión Total		-126.417		-178.349
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		185.449		225.970

Punto de Acción de la resultante

(1) Peso del Hormigón y del Suelo

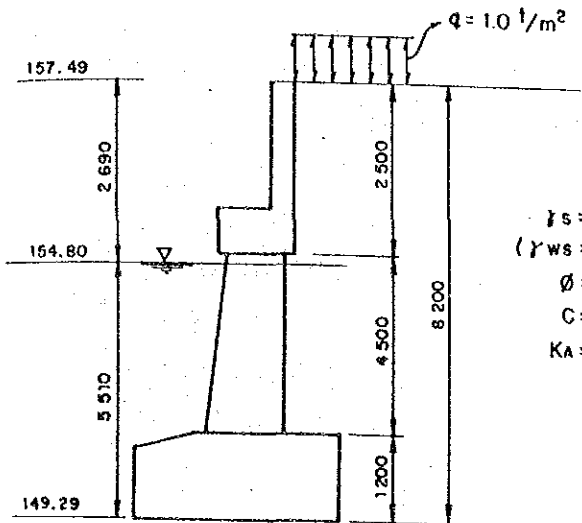
$$X = \frac{404.319}{311.866} = 1.296m(-0.204m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{225.970}{185.449} = 1.219m (-0.281m)$$

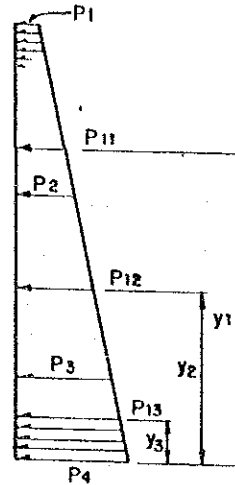
4) Presión de la tierra (E)

Presión de la tierra

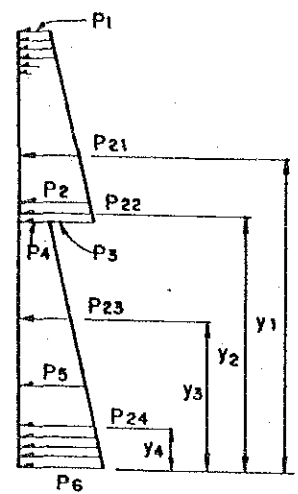


$$\begin{aligned} \gamma_s &= 1.7 \text{ t/m}^3 \\ (\gamma_{ws} &= 0.8 \text{ t/m}^3) \\ \phi &= 30^\circ \\ C &= 0 \\ K_A &= 0.333 \end{aligned}$$

caso (1)



caso (2)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned} p_1 &= (\gamma \cdot Z + q) \cdot K_A = 1.0 \times 0.333 &= 0.333 \text{ t/m}^2 \\ p_2 &= (1.7 \times 2.500 + 1.0) \times 0.333 &= 1.748 \text{ t/m}^2 \\ p_3 &= (1.7 \times 7.000 + 1.0) \times 0.333 &= 4.296 \text{ t/m}^2 \\ p_4 &= (1.7 \times 8.20 + 1.0) \times 0.333 &= 4.975 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned} P_{11} &= 1/2 \cdot (P_1 + P_2) \cdot h \cdot L \\ &= 1/2 \cdot (0.333 + 1.748) \times 2.50 \times 9.60 &= 24.972 \text{ t} \\ P_{12} &= 1/2 \times (1.748 + 4.296) \times 4.500 \times (0.5 \times 3) \times 3 &= 61.196 \text{ t} \\ P_{13} &= 1/2 \times (4.296 + 4.975) \times 1.20 \times 9.0 &= 50.063 \text{ t} \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y_1 = \frac{2.500 \times (2 \times 0.333 + 1.748)}{3 \times (0.333 + 1.748)} + (4.500 + 1.200) = 6.667 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{4.500 \times (2 \times 1.748 + 4.296)}{3 \times (1.748 + 4.296)} + 1.200 = 3.134 \text{ m}$$

$$Y3 = \frac{1.200 \times (2 \times 4.296 + 4.975)}{3 \times (4.296 + 4.975)} = 0.585m$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333t/m^2$$

$$p2 = 1.748t/m^2$$

$$p3 = (1.7 \times 2.690 + 1.0) \times 0.333 = 1.855t/m^2$$

$$p4 = (0.8 \times 2.690 + 1.0) \times 0.333 = 1.050t/m^2$$

$$p5 = (0.8 \times 7.000 + 1.0) \times 0.333 = 2.198t/m^2$$

$$p6 = (0.8 \times 8.200 + 1.0) \times 0.333 = 2.464t/m^2$$

Empujes de tierra

$$P21 = P11 = 24.972t$$

$$P22 = 1/2 \times (1.748 + 1.855) \times 0.190 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 1.540t$$

$$P23 = 1/2 \times (1.050 + 2.198) \times 4.310 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 31.497t$$

$$P24 = 1/2 \times (2.198 + 2.464) \times 1.200 \times 9.000 = 25.175t$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 6.667m$$

$$Y2 = \frac{0.190 \times (2 \times 1.748 + 1.855)}{3 \times (1.748 + 1.855)} + 4.310 + 1.200 = 5.604m$$

$$Y3 = \frac{4.310 \times (2 \times 1.050 + 2.198)}{3 \times (1.050 + 2.198)} + 1.200 = 3.101m$$

$$Y4 = \frac{1.200 \times (2 \times 2.198 + 2.464)}{3 \times (2.198 + 2.464)} = 0.589m$$

Fuerza horizontal y Momento flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$H = P11+P12+P13$$

$$= 24.972+61.196+50.063 = 136.231t$$

$$M = P11*Y1+P12*Y2+P13*Y3$$

$$= 24.972 \times 6.667 + 61.196 \times 3.134 + 50.063 \times 0.585 = 387.563t.m$$

Caso (2) con agua

$$H = 24.972+1.540+31.497+25.175 = 83.184t$$

$$M = 24.972 \times 6.667 + 1.540 \times 5.604 + 31.497 \times 3.101 +$$

$$25.175 \times 0.589 = 287.619tm$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"
(C: Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6.4-2

	Longitudinal										Transversal	
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t·m)		H (t)	M=HY (t·m)				
					N·x	H·y						
Peso propio estribo (D+B)	(311.866)* 185.449		(-0.204)* -0.281		(-63.621)* -52.111							
Reaccion (D)	147.28		-0.47		-69.222							
Superestructura (L+I)	72.13		-0.47		-33.901							
Fuerza longitudinal (CF)		3.279		6.450		21.150						
Fuerza de viento (W)		1.740		6.450		11.223		6.652		68.709		
Fuerza de viento (WL)		0.911		6.450		5.876		2.277		23.519		
Empuje de tierra (E)		(136.231) 83.184				(387.563) 287.619						
Grupo I J = 100% D+(L+I)+CF+E+B	(531.276) 404.859	(139.510) 86.464				(241.969) 153.535						
Grupo II J = 125% D+E+B+W	(459.146) 332.729	(137.971) 84.924				(265.943) 177.509		6.652		68.709		
Grupo III J = 125% D+(L+I)+CF+E+B+O3W+WL	(531.276) 404.859	(140.943) 87.896				(281.605) 162.778		4.273		44.132		

Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexión.

Valores en ()* no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario básico

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

a) Capacidad de carga de un Pilote (Ra)

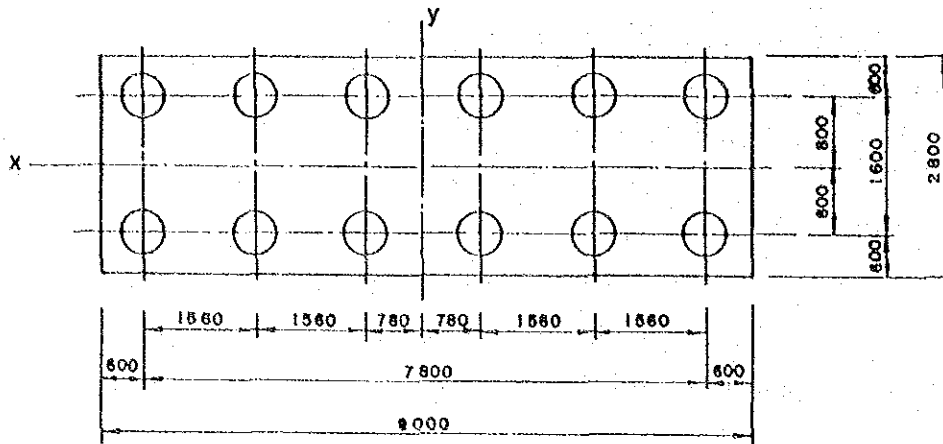
Se tiene planeado construir este puente a kms.
del río Tijamuchi.

En vista de que no se han efectuado estudios geotécnicos en este sector, los cálculos de la capacidad de carga del terreno se efectuarán con valores estimativos basados en los datos del Puente Tijamuchi.

L = 15 m.

Ra = 108.22t

b) Distribución de los Pilotes



$$\theta = \tan^{-1} = 0.60/1.56 = 21.0$$

$$E = 1 - 21.0 \times \frac{(6-1) \times 2 + (2-1) \times 6}{90 \times 6 \times 2} = 0.689$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R \times E = 70.0t \times 0.689 = 48t$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N}{n} + \frac{Mx \cdot y}{Ix} + \frac{My \cdot x}{Iy}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

Ix(Iy) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura 6.6.6-b)

$$Ix = 6 \times (0.9)^2 + 6 \times (-0.9)^2 = 7.68m^2$$

$$Iy = 2 \times 0.78^2 + 2 \times 2.34^2 + 2 \times 3.90^2 + 2 \times (-0.78)^2 + 2 \times (-2.34)^2 + 2 \times (-3.90)^2 = 85.176m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{404.859}{12} + \frac{153.535 \times 0.8}{9.72} = \begin{array}{l} 46.4t \\ 21.1t \end{array} \quad < Pa = 74t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{531.276}{12} + \frac{241.969 \times 0.8}{9.72} = \begin{array}{l} 64.2t \\ 24.4t \end{array}$$

Grupo II

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{332.729}{12} + \frac{177.509 \times 0.8}{9.72} + \frac{68.709 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 45.5t \\ 10.0t \end{array} \\ < Pa = 74 \times 125 \\ = 92t$$

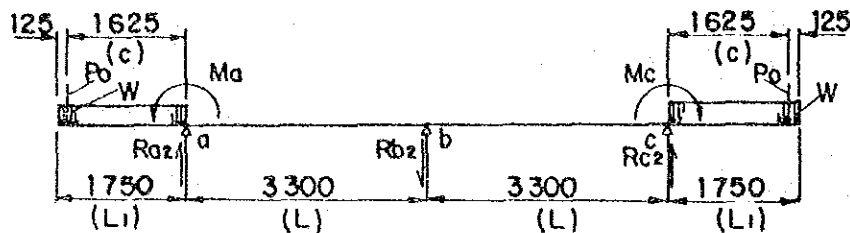
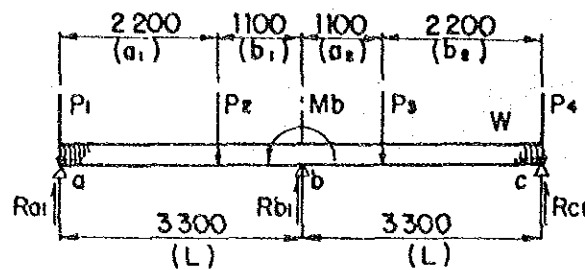
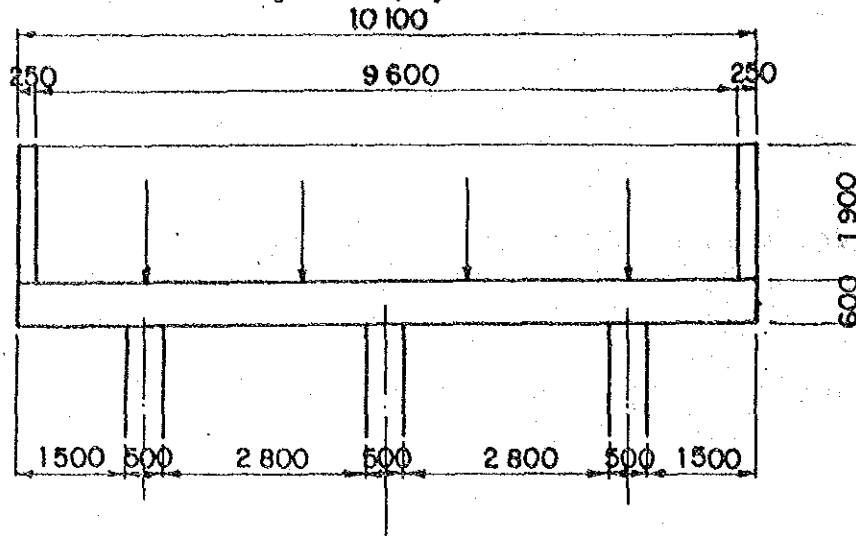
$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{459.146}{12} + \frac{265.943 \times 0.8}{9.72} + \frac{68.709 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 63.3t \\ 13.2t \end{array}$$

Grupo III

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{404.859}{12} + \frac{162.778 \times 0.8}{9.72} + \frac{44.132 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 49.2t \\ 18.3t \end{array} \\ < Pa = 92t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{531.276}{12} + \frac{281.605 \times 0.8}{9.72} + \frac{44.132 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 69.5t \\ 19.1t \end{array}$$

8) Diseño de la viga de apoyo del Puente



Reacciones sobre las columnas (axial)

$$R_d = R_{d1} + R_{d2} = R_c$$

$$R_{d1} = P_1 + \frac{1}{4} \cdot L^3 \cdot \left\{ P_2 \cdot b_1 \cdot (2 \cdot a_1^2 + 7 \cdot a_1 \cdot b_1 + 4 \cdot b_1^2) - P_3 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot (a_2 + 2b_2) \right\} + \frac{3}{8} \cdot W \cdot L$$

$$R_{d2} = P_0 \cdot (L + C) / L + \left\{ W \cdot L_1 \cdot (L + L_1/2) \right\} / L$$

$$R_b = R_{b1} + R_{b2}$$

$$R_{b1} = \frac{1}{2} \cdot L^3 \cdot \left\{ P_2 \cdot a_1 \cdot (4 \cdot a_1^2 + 10 \cdot a_1 \cdot b_1 + 5 \cdot b_1^2) + P_3 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot (a_2 + 2b_2) \right\} + \frac{5}{4} \cdot W \cdot L$$

$$R_{b2} = -P_0 \cdot C / L - W \cdot L_1^2 / 2 \cdot L$$

Momento Flector

$$M_a = P_0 \cdot C + \frac{1}{2} \cdot W \cdot L^2 = M_c$$

$$M_b = -L/4 \cdot \left\{ P_2 \cdot \left\{ a_1/L - (a_1/L)^3 \right\} + P_3 \cdot \left\{ b_2/L - (b_2/L)^3 \right\} \right\} - W \cdot L^2 / 8$$

Tabla 6.4-3

		Carga	Ra	Rb	Rc
Carga muerta de Superestructura	D	P ₁ = 37.150 P ₂ = 36.490 P ₃ = 36.490 P ₄ = 37.150	42.556	62.168	42.556
Carga muerta de asiento de puente	D	W = 2.880 p = 3.004	14.424	6.249	14.424
Carga viva	L+I	P ₁ = 18.033 P ₂ = 18.032 P ₃ = 18.032 P ₄ = 18.033	20.704	30.721	20.704
	(L+I)	P ₁ = 23.861 P ₂ = 23.664 P ₃ = 23.664 P ₄ = 23.861	(27.367)	(40.316)	(27.367)
Fuerza de viento	W	P ₁ = 1.288 P ₂ = 0.429 P ₃ = - 0.429 P ₄ = - 1.288	1.431	0	-1.431
	WL	P ₁ = 1.251 P ₂ = 0.417 P ₃ = - 0.417 P ₄ = - 1.251	1.390	0	-1.390
Grupo I J = 100 % D + (L + I)		P ₁ = 55.183 (61.011) P ₂ = 54.522 (60.154) P ₃ = 54.522 (60.154) P ₄ = 55.183 (61.011)	77.684 (84.347)	99.138 (108.733)	77.684 (84.347)
Grupo II J = 125 % D + W		P ₁ = 38.438 P ₂ = 36.919 P ₃ = 36.061 P ₄ = 35.862	58.411	68.417	55.549
Grupo III J = 125 % D +(L+I)+0.3W+WL		P ₁ = 56.820 (62.648) P ₂ = 55.068 (60.700) P ₃ = 53.976 (59.608) P ₄ = 53.546 (59.374)	79.503 (86.166)	99.138 (108.733)	75.865 (82.528)

Donde J = Porcentaje de incremento de las tensiones básicas.

Como se podrá observar en el análisis de cargas y fuerzas axiales (reacciones) de la tabla anterior, el grupo I esta sometido a las sollicitaciones más desfavorables, de manera que este grupo será elegido para el diseño.

Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y de los Esfuerzos Cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)

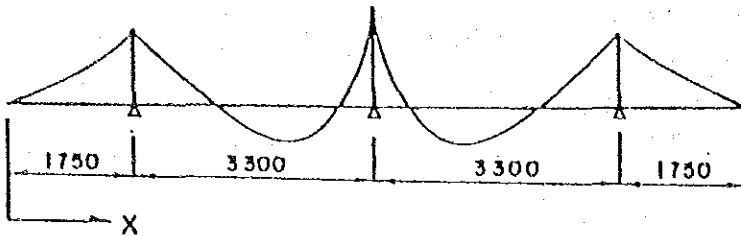
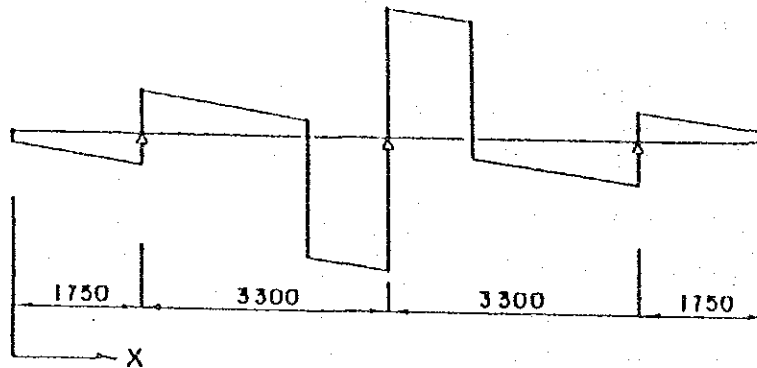
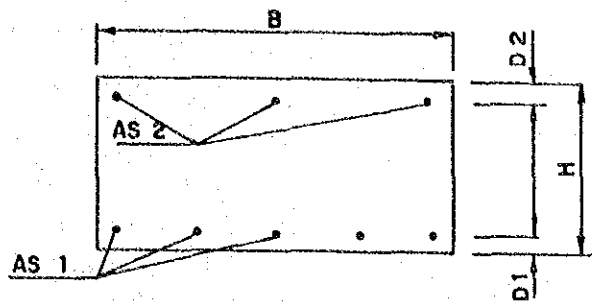


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0			B ≠ 0		
Momento Flector	X	M		X	M	
	0.125	-0.022		0.125	-0.022	
	1.750	-9.291		1.750	-9.291	
	3.950	17.391		3.950	15.544	
	5.050	-40.628		5.050	-37.239	
	6.150	17.382		6.150	15.544	
	8.350	-9.289		8.350	-9.291	
	9.975	-0.017		9.975	-0.022	
	10.100	0.005		10.100	0.000	
	Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1
0.125		-0.360	-3.301	0.125	-0.360	-3.364
1.750		-0.044	15.232	1.750	-0.044	14.457
3.950		0.956	-51.193	3.950	0.121	-46.401
5.050		-54.360	54.362	5.050	-49.569	49.569
6.150		51.199	-0.955	6.150	46.401	-0.121
8.350		-15.291	0.045	8.350	-14.457	0.044
9.975		3.365	0.351	9.975	3.364	0.360

Dimensionamiento de la sección

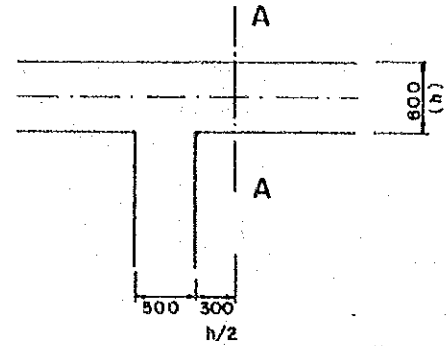
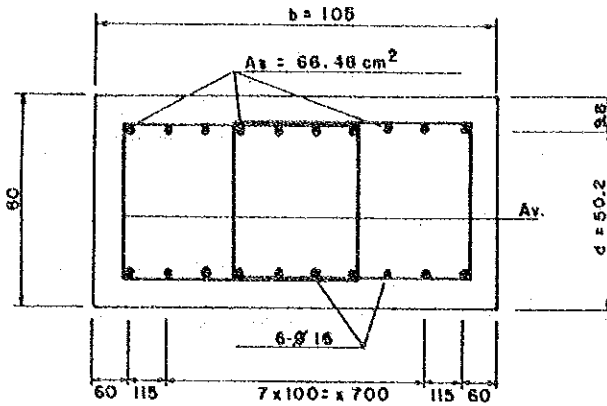


	Unidad	Momento Mínimo	Momento Máximo		
M	tm.	40.679	17.422		
N	t.	0.000	0.000		
S	t.	54.404	51.236		
B	cm	105.000	105.000		
H	cm	60.000	60.000		
D1	cm	9.500	6.000		
D2	cm	6.000	6.000		
As1	cm ²	69.840	25.560		
As2	cm ²	0.000	0.000		
D	cm	50.500	54.000		
NP	Kg/cm ²	0.197567	0.067619		
MD/BD ²	Kg/cm ²	15.191	5.690		
S/BD	Kg/cm ²	10.260	9.036		
C		5.122	7.272		
S		5.981	16.470		
Fc	Kg/cm ²	77.825	41.380		
Fs	Kg/cm ²	1362.998	1405.826		
V	Kg/cm ²	10.260	9.036		
Fca	Kg/cm ²	80	80		
Fsa	Kg/cm ²	1680	1680		
Va	Kg/cm ²	3.65	3.65		

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca: Tensión admisible de compresión	As1: Acero de refuerzo
Fsa: Tensión admisible de tracción	As2: Acero de refuerzo
Va: Tensión admisible de corte	

Dimensionamiento por Corte



$$M = 11.212 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$V = 51.487 \text{ t}$$

$$V_A = 0.9 \sqrt{f_c'} + 1100 \rho_w \left(\frac{V_{Ad}}{M_A} \right) \text{ (psi)}$$

$$= 0.239 \sqrt{f_c'} + 77.34 \cdot \rho_w \left(\frac{V_{Ad}}{M_A} \right) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$= 3.46 + 0.97$$

$$= 4.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = V_A / b_w d$$

$$= 51.489 / 105 \times 50.2$$

$$= 9.77 \text{ kg/o} = V_A$$

$$(V - V_A) \cong 1.5 \sqrt{f_c'} = 5.76 \text{ kg/cm}^2$$

$$(9.77 - 4.43) = 5.34 \text{ kg/cm}^2 < 5.76 \text{ kg/cm}^2$$

Cantidad Requerida de Acero de Refuerzo

$$A_v = \frac{V - V_A \cdot b_w \cdot S}{f_s}$$

$$= \frac{5.34 \times 105 \times 15}{1680} = 6.675 \text{ cm}^2 < \emptyset \cdot 13 \times 4 = 8.00 \text{ cm}^2$$

Donde

$$\frac{V_{Ad}}{M_A} = \frac{51.487 \times 47.0}{11.212 \times 10^8} = 2.16 > 1.0 \rightarrow \frac{V_{Ad}}{M} = 1.0$$

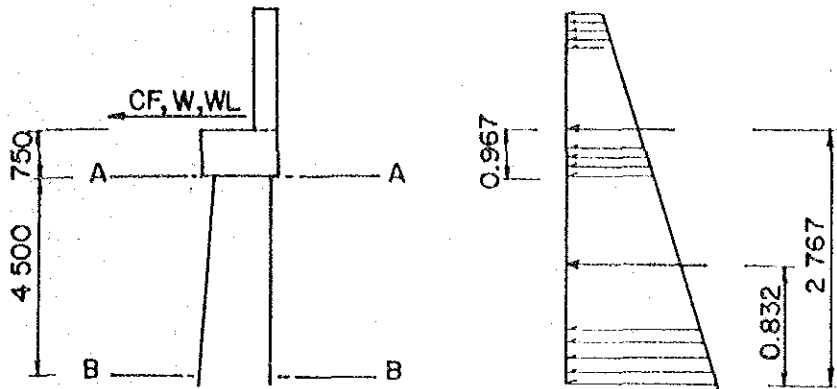
$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$$

$$= 66.48 / 105 \times 50.2 = 0.0126$$

$$f_c' = 210 \text{ kg/m}^2$$

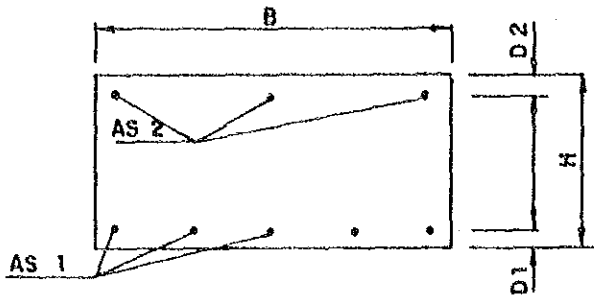
S = Distancia entre Centros de Aceros de Refuerzo

9) Diseño de Columna



			H	Y	M	N		N	
						H	M		
A	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	0.750	2.459	1.093	0.820	—	—
	Fuerza de viento	W	1.740	0.750	1.305	0.580	0.435	—	—
		WL	0.911	0.750	0.683	0.304	0.228	—	—
I	Empuje de tierra	E	24.972	0.967	24.148	8.324	8.049	—	—
A	Grupo I		28.251	—	26.607	9.417	8.869	77.684	99.138
	Grupo II		26.712	—	25.453	8.904	8.484	67.710	68.417
	Grupo III		29.684	—	27.682	9.895	9.227	84.466	99.138
B	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	5.250	17.215	1.093	5.738	—	—
	Fuerza de viento	W	1.740	5.250	9.135	0.580	3.045	—	—
		WL	0.911	5.250	4.723	0.304	1.574	—	—
I	Empuje de tierra	E	24.972	5.197	243.133	28.723	81.044	—	—
			61.193	1.934					
B	Grupo I		89.447	—	260.348	29.816	86.782	83.354	104.808
	Grupo II		87.908	—	252.268	29.303	84.089	73.380	74.087
	Grupo III		90.880	—	267.812	30.294	89.270	90.136	104.808

Dimensionamiento de la sección

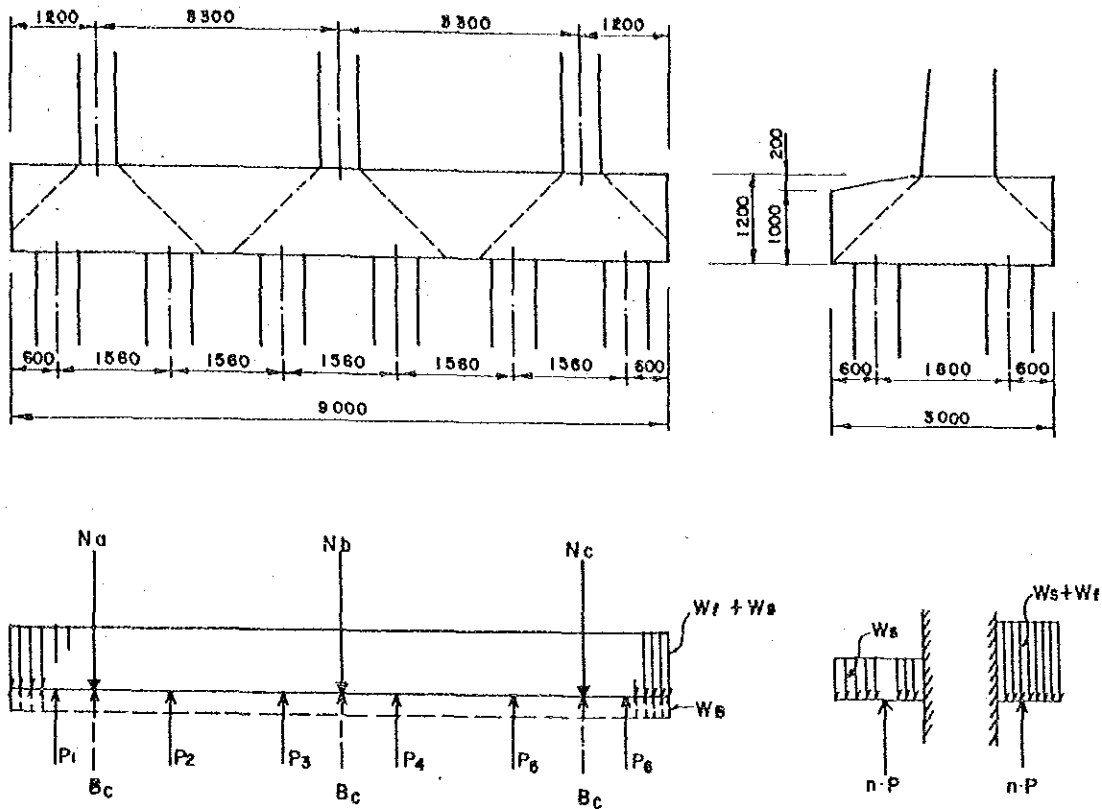


	Unidad	COLUMNA EXTERIOR		COLUMNA INTERIOR	
		A - A	B - B	A - A	B - B
M	tm.		86.782		86.782
N	t.		83.354		104.808
S	t.		29.816		29.816
B	cm		50.000		50.000
H	cm		130.000		130.000
D1	cm	Compresión	13.000	Compresión	13.000
D2	cm		10.000		10.000
As1	cm ²		50.670		50.670
As2	cm ²		17.190		17.190
D	cm		117.000		117.000
NP	Kg/cm ²		0.129923		0.129923
MD/BD ²	Kg/cm ²		19.011		20.641
S/BD	Kg/cm ²		5.096		5.096
C			3.953		3.731
S			3.464		2.713
Fc	Kg/cm ²		75.154		77.026
Fs	Kg/cm ²		988.083		840.143
V	Kg/cm ²		5.096		5.096
Fca	Kg/cm ²		80		80
Fsa	Kg/cm ²		1680		1680
Va	Kg/cm ²		3.65		3.65

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca : Tensión admisible de compresión	As1 : Acero de refuerzo
Fsa : Tensión admisible de tracción	As2 : Acero de refuerzo
Va : Tensión admisible de corte	

10) Diseño del Cabezal de los Pilotes



$$P_i = \left(\frac{N}{n} \pm \frac{M X_i}{I_y} \right) \times 2$$

$$n \cdot P = \frac{N}{n} \pm \frac{M Y_i}{I_x}$$

N = Carga axial (t.)

n = Número de Pilotes

M = Momento Flector (t.m.)

I_y = Momento de Inercia con respecto al eje "Y" (m²)

I_x = Momento de Inercia con respecto al eje "X" (m²)

X_i = Distancia desde el eje axial "Y" al pilote (m)

Y_i = Distancia desde el eje axial "X" al pilote (m)

Tabla 6.4-4 Cargas axiales sobre las columnas

Unidad : ton.

		Na	Nb	Nc
Fuerza axial	D	56.980	68.417	56.980
	L+I	20.704	30.721	20.704
Peso propio de columna	D	5.670	5.670	5.670
	B	-2.285	-2.285	-2.285
Fuerza de viento	W	10.410	0	10.410
	WL	3.563	0	3.563
Grupo I J = 100% D+(L+I)+B	B ≠ 0	81.069	102.523	81.069
	B = 0	83.354	104.808	83.354
Grupo II J = 125 % D+W+B	B ≠ 0	70.775	71.802	49.955
	B = 0	73.060	74.087	52.240
Grupo III J = 125 % D+(L+I)+B+0.3W+WL	B ≠ 0	87.755	102.523	74.383
	B = 0	90.040	104.808	76.668
Peso propio de zapata	D	28.862 t/m		
	D+B	15.577 t/m (B=13.285 t/m)		

Tabla 6.4-5 Reaccion de pilote

Unidad : ton.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Grupo I	B ≠ 0	67.477	67.477	67.477	67.477	67.477	67.477
	B = 0	88.546	88.546	88.546	88.546	88.546	88.546
Grupo II	B ≠ 0	61.747	59.229	56.713	54.196	51.680	49.163
	B = 0	82.816	80.300	77.783	75.266	72.749	70.232
Grupo III	B ≠ 0	71.517	69.901	68.285	66.668	65.052	63.435
	B = 0	92.587	90.971	89.354	87.738	86.121	84.505

Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y de los Esfuerzos Cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)

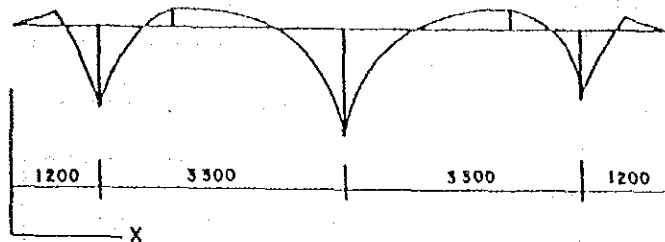
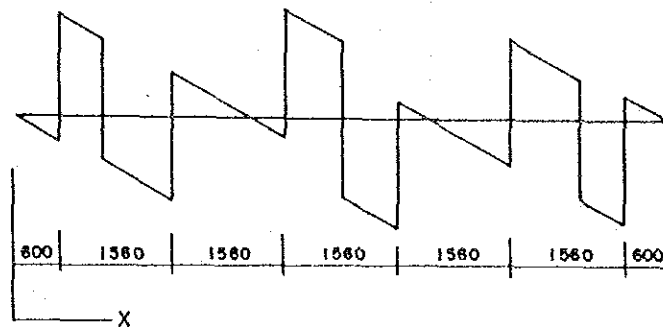
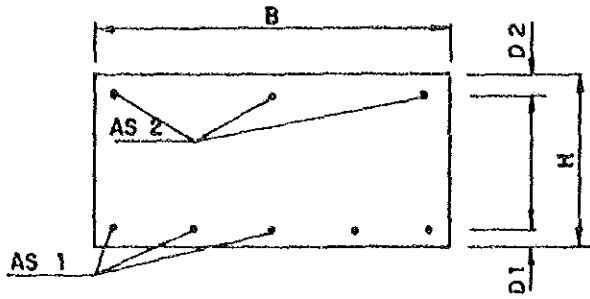


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0			B ≠ 0		
	X	M		X	M	
Momento Flector	0.600	-2.803		0.600	-5.195	
	1.200	29.270		1.200	32.346	
	2.160	-8.900		2.160	-9.217	
	3.720	3.718		3.720	4.641	
	4.500	48.443		4.500	54.296	
	5.280	3.724		5.280	4.642	
	6.840	-8.801		6.840	-9.212	
	7.800	29.297		7.800	32.353	
	8.400	-2.772		8.400	-5.187	
	9.000	0.036		9.000	0.009	
Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1	S2
	0.600	-9.346	58.130	0.600	-17.317	71.228
	1.200	48.784	-32.284	1.200	53.911	-29.442
	2.160	-47.238	20.238	2.160	-57.149	31.396
	3.720	-4.061	63.415	3.720	-13.628	74.917
	4.500	51.265	-51.257	4.500	52.405	-52.403
	5.280	-63.407	4.069	5.280	-74.915	13.630
	6.840	-20.230	47.246	6.840	-31.394	57.151
	7.800	32.292	-48.776	7.800	29.444	-53.909
8.400	-58.122	9.354	8.400	-71.226	17.319	

Dimensionamiento de la sección



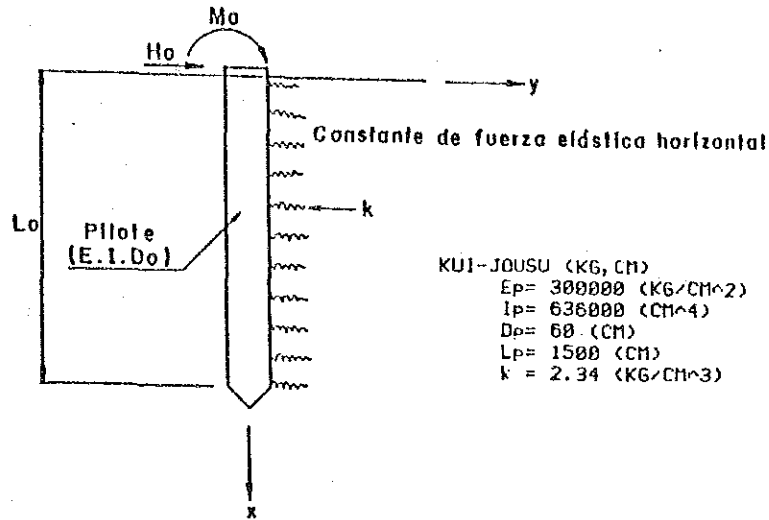
	Unidad	Momento Max (B=0)			
M	tm.	54.296			
N	t.	0.000			
S	t.	74.915			
B	cm	300.000			
H	cm	120.000			
D1	cm	15.000			
D2	cm	10.000			
As1	cm ²	38.710			
As2	cm ²	0.000			
D	cm	105.000			
NP	Kg/cm ²	0.018433			
MD/BD ²	Kg/cm ²	1.641			
S/BD	Kg/cm ²	2.378			
C		12.170			
S		57.580			
Fc	Kg/cm ²	19.978			
Fs	Kg/cm ²	1417.872			
V	Kg/cm ²	2.378			
Fca	Kg/cm ²	80			
Fsa	Kg/cm ²	1680			
Va	Kg/cm ²	3.65			

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca : Tensión admisible de compresión	As1 : Acero de refuerzo
Fsa : Tensión admisible de tracción	As2 : Acero de refuerzo
Va : Tensión admisible de corte	

1) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

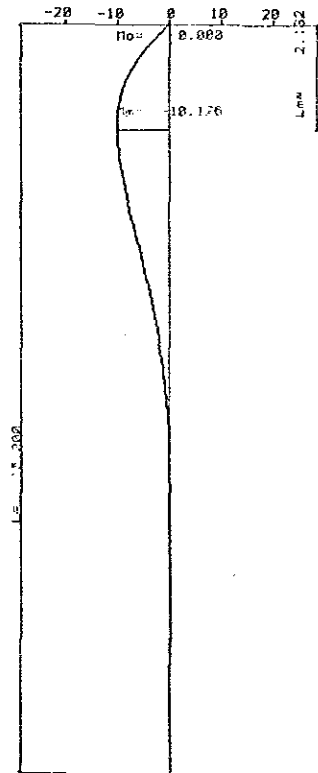


a) Articulación del cabezal de pilote

KAJUU-- $H_o = 11.625$ (T)
 $M_o = 0.000$ (TM)
 $BEY = 3.682834361E-03$ (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI:DE= 0.60985 (CM)
 KUI TOU KAKU:AL= $-2.24591148E-03$ (RAD)
 UNDER G.L. $M_{max} = -10.126$ (TM)
 $L_m = 213.260$ (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.609	0.000	-11.625
1.000	0.393	-7.863	-4.608
2.000	0.216	-10.151	-0.384
3.000	0.090	-9.342	1.710
4.000	0.013	-7.200	2.392
5.000	-0.025	-4.823	2.270
6.000	-0.039	-2.777	1.786
7.000	-0.039	-1.274	1.221
8.000	-0.031	-0.312	0.721
9.000	-0.021	0.211	0.347
10.000	-0.013	0.426	0.103
11.000	-0.006	0.452	-0.036
12.000	-0.002	0.378	-0.102
13.000	-0.000	0.260	-0.126
14.000	-0.000	0.131	-0.131
15.000	-0.000	-0.000	-0.131
15.000	-0.000	-0.000	-0.131

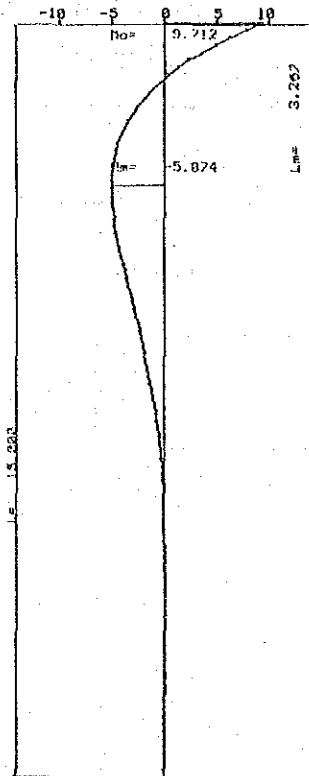


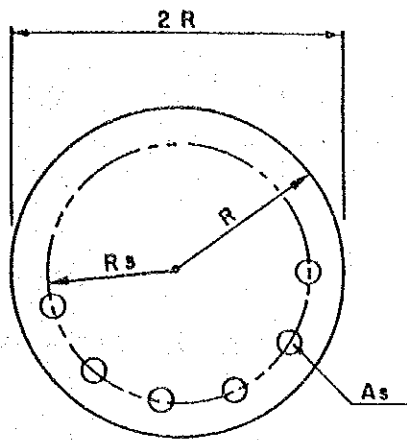
b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJUU--Ho= 11.625 (T)
 Mo= -9.712 (TM)
 BET= 3.682834361E-03 (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI:DE= 0.42221 (CM)
 KUI TOU KAKU:AL=-8.63825471E-04(RAD)
 UNDER G.L. Mmax= -5.074 (TM)
 Lm = 326.285 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.422	9.712	-11.625
1.000	0.319	0.829	-6.390
2.000	0.210	-3.563	-2.684
3.000	0.118	-5.021	-0.406
4.000	0.052	-4.767	0.760
5.000	0.010	-3.749	1.177
6.000	-0.011	-2.557	1.156
7.000	-0.019	-1.504	0.929
8.000	-0.019	-0.716	0.646
9.000	-0.016	-0.202	0.389
10.000	-0.011	0.083	0.191
11.000	-0.007	0.202	0.057
12.000	-0.004	0.215	-0.023
13.000	-0.002	0.168	-0.066
14.000	-0.000	0.090	-0.086
15.000	-0.000	-0.000	-0.091
15.000	-0.000	-0.000	-0.091





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	10.176	10.176	
N	t.	66.677	21.868	
H	t.	11.625	11.625	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	($\phi 19 \times 10$) 28.400	($\phi 19 \times 10$) 28.400	
C		0.615	1.266	
S		0.193	1.617	
Fc	Kg/cm ²	68.852	78.532	
Fs	Kg/cm ²	324.656	1503.735	
V	Kg/cm ²	4.111	4.111	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

Donde: Fc : Tensión de compresión
 Fs : Tensión de tracción
 V : Tensión de corte
 Fca : Tensión admisible de compresión
 Fsa : Tensión admisible de tracción
 Va : Tensión admisible de corte
 M : Momento flector
 N : Carga axial
 S : Fuerza de corte
 As : Acero de refuerzo

12) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (F_{cv})

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{64.200 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 22.7 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (F_{ch})

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{11.625 \times 10^3}{60 \times 10} = 19.4 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{64.200 \times 10^3}{\pi(60+90) \times 90} = 1.51 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

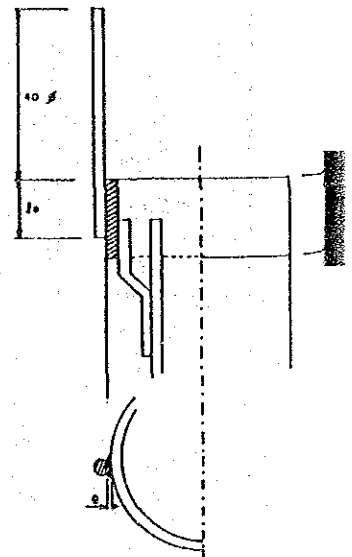
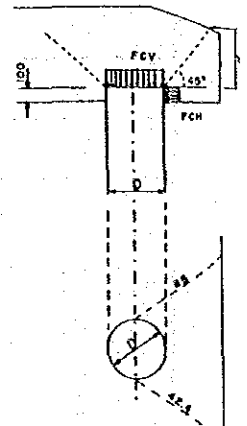
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_h = \frac{11.625 \times 10^3}{(85+42.4) \times 10} = 9.12 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

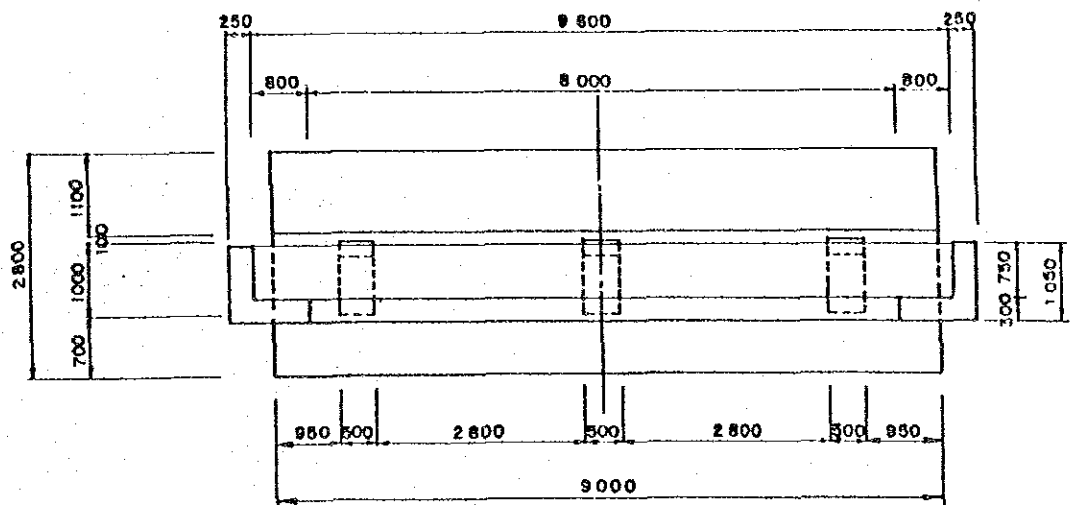
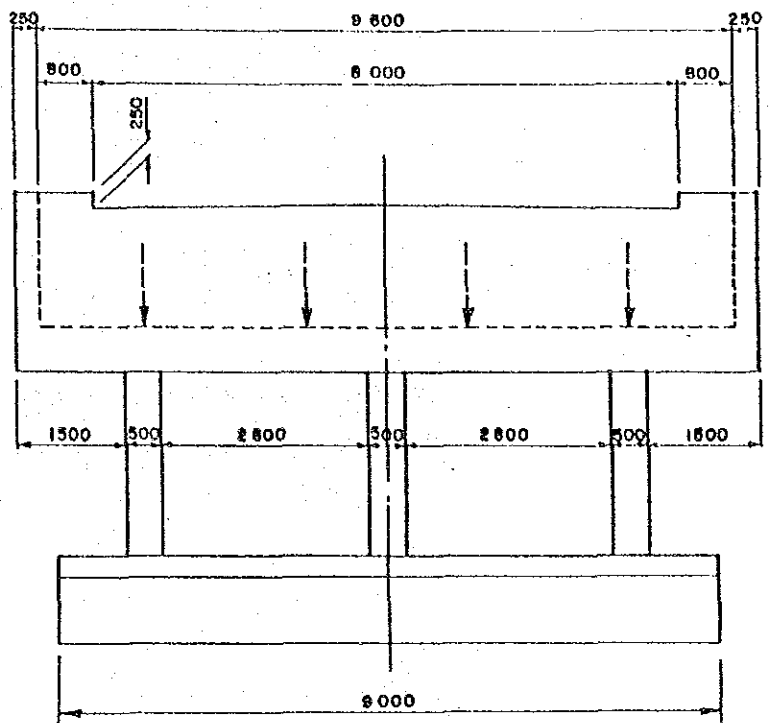
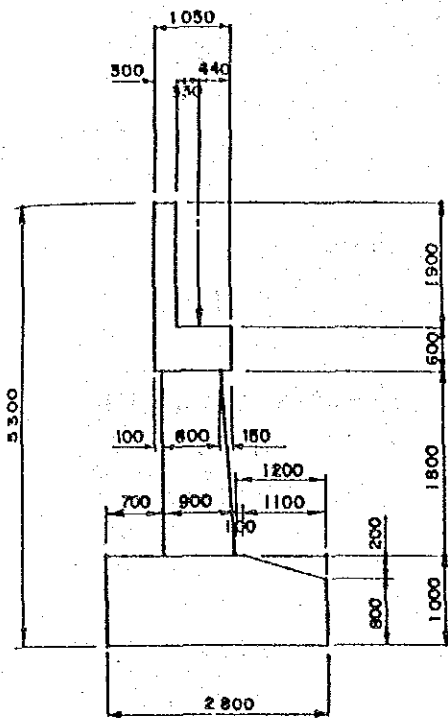
d) Tensión de corte en los fierros soldados

$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.5 Puente Tajibo
1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	147.28t
Carga Viva (L+I)	72.13t
Reacción Total	219.41t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (CF)	3.249t
--------------------------	--------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal $1/2 \times 13.303$	=	6.652t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 3.479$	=	1.740t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal $1/2 \times 4.553$	=	2.277t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.821$	=	0.911t

3) Peso propio estribo (D)

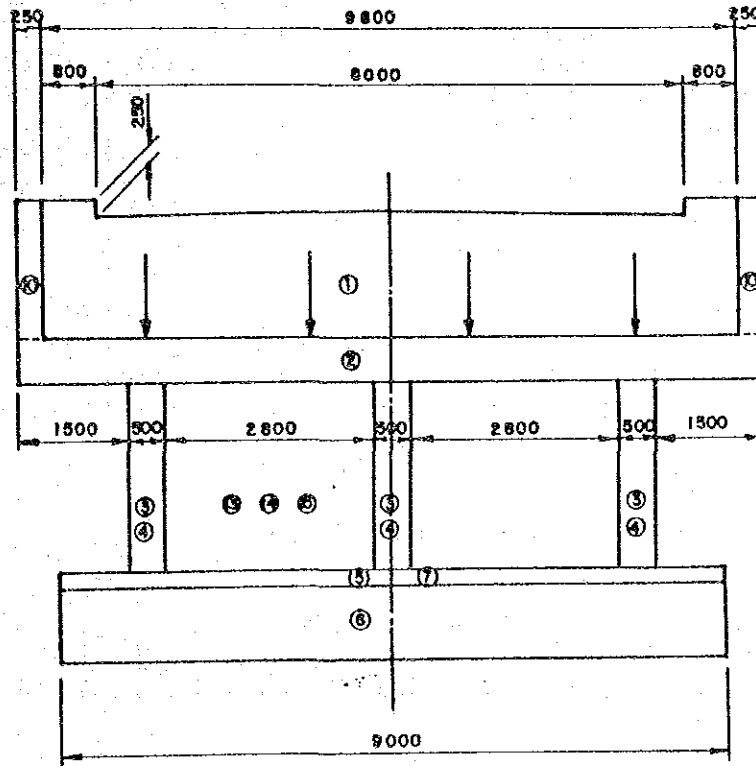
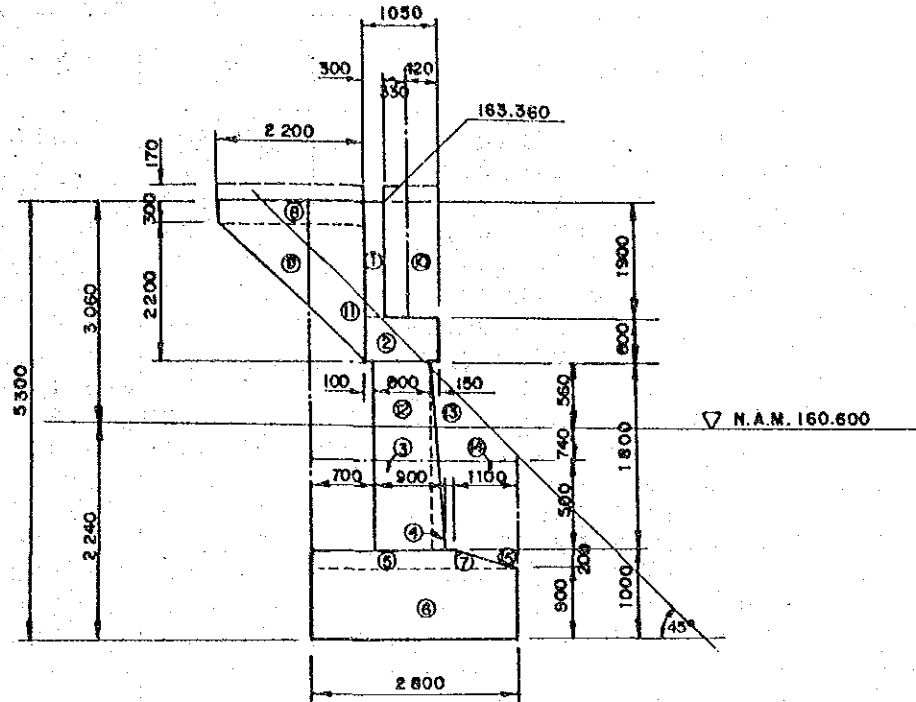


Tabla 6.5-1

Fórmula		V	X	V · X
1	0.30x1.90x10.10x2.4	13.817	0.750	10.363
2	0.60x1.05x10.10x2.4	15.271	1.125	17.180
3	0.80x1.80x0.5x2.4x3	5.184	1.100	5.702
4	1/2x0.10x1.80x0.5x2.4x3	0.324	1.533	0.497
5	0.20x1.70x9.0x2.4	7.344	0.850	6.242
6	2.80x0.80x9.0x2.4	48.384	1.400	67.738
7	1/2x0.20x1.10x9.0x2.4	2.376	2.067	4.911
8	0.47x2.20x0.25x2.4x2	1.241	-0.500	- 0.621
9	1/2x2.2x2.2x0.25x2.4x2	2.904	-0.133	- 0.386
10	0.75x2.07x0.25x2.4x2	1.863	1.275	2.375
11	0.6x2.50x9.0x1.7	22.950	0.300	6.885
12	1.50x1.3x9.0x1.7	29.835	0.750	22.376
13	1/2x1.30x1.30x9.0x1.7	12.929	1.933	24.992
14	2.8x0.50x9.0x1.7	21.420	1.400	29.988
15	1/2x0.20x1.10x9.0x1.7	1.683	2.433	4.095
-3	0.80x1.80x0.5x1.7x3	- 3.672	1.100	- 4.039
-4	1/2x0.10x1.80x0.50x1.7x3	- 0.230	1.533	- 0.353
Peso Total del Hormigón y del Suelo		183.623		197.945
-3	0.831x1.240x0.5x1.0x3	- 1.546	1.116	- 1.725
-4	1/2x0.069x1.240x0.5x1.0x3	- 0.064	1.554	- 0.099
-5	0.2x1.7x9.0x1.0	- 3.060	0.850	- 2.601
-6	2.8x0.8x9.0x1.0	-20.160	1.400	-28.224
-7	1/2x1.10x0.20x9.0x1.0	- 0.990	2.067	- 2.046
-12	2.060x0.740x9.0x0.9	-12.348	1.030	-12.718
-13	1/2x0.740x0.740x9.0x0.9	- 2.218	2.307	- 5.117
-14	2.8x0.5x9.0x0.9	-11.340	1.400	-15.876
-15	1/2x0.2x1.10x9.0x0.9	- 0.891	2.433	- 2.168
3	0.831x1.240x0.5x0.9x3	1.391	1.116	1.552
4	1/2x0.069x1.240x0.5x0.9x3	0.058	1.554	0.090
Subpresión Total		- 51.168		- 68.932
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		132.455		129.013

Punto de Acción de la resultante

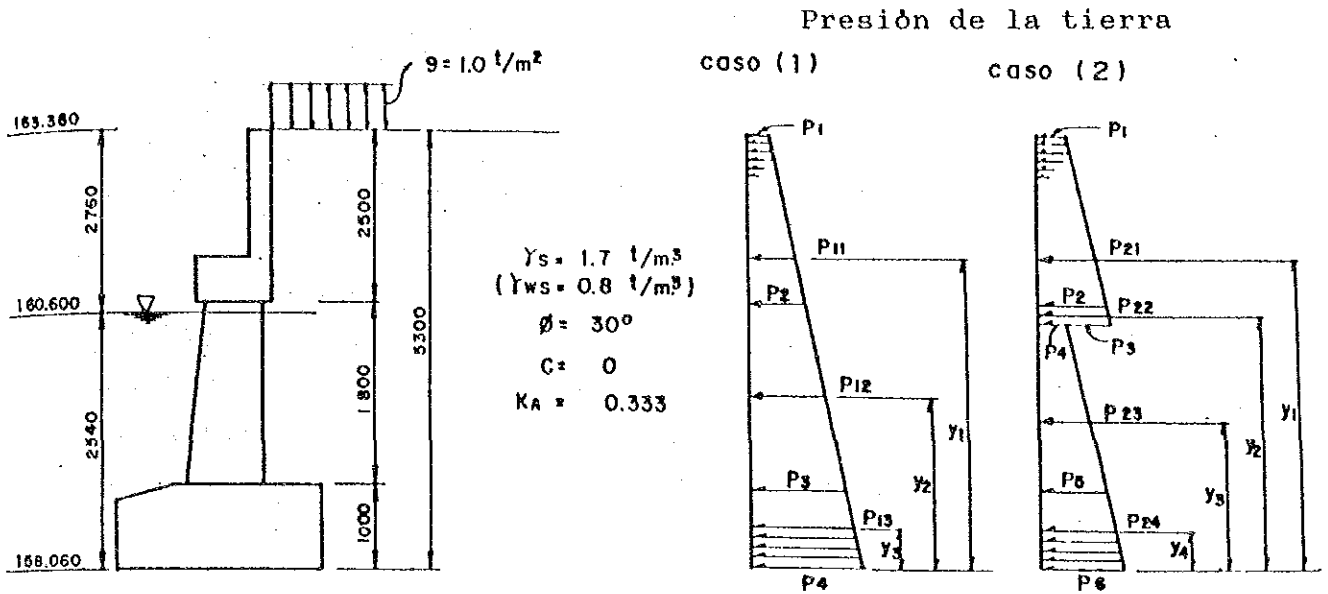
(1) Peso del Hormigón y del Suelo

$$X = \frac{197.945}{183.623} = 1.078m (-0.322m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{129.013}{132.455} = 0.974m (-0.426m)$$

4) Presión de la tierra (E)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned}
 p_1 &= (\gamma * Z + q) * K_A = 1.0 * 0.333 &= 0.333 \text{ t/m}^2 \\
 p_2 &= (1.7 * 2.500 + 1.0) * 0.333 &= 1.748 \text{ t/m}^2 \\
 p_3 &= (1.7 * 4.30 + 1.0) * 0.333 &= 2.767 \text{ t/m}^2 \\
 p_4 &= (1.7 * 5.3 + 1.0) * 0.333 &= 3.333 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned}
 P_{11} &= 1/2 * (P_1 + P_2) * h * L &= 24.972 \text{ t} \\
 &= 1/2 * (0.333 + 1.748) * 2.50 * 9.60 \\
 P_{12} &= 1/2 * (1.748 + 2.767) * 1.80 * (0.5 * 3) * 3 &= 18.286 \text{ t} \\
 P_{13} &= 1/2 * (2.767 + 3.333) * 1.00 * 9.0 &= 27.450 \text{ t}
 \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y_1 = \frac{2.500 * (2 * 0.333 + 1.748)}{3 * (0.333 + 1.748)} + (1.800 + 1.000) = 3.767 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{1.800 * (2 * 1.748 + 2.767)}{3 * (1.748 + 2.767)} + 1.000 = 1.832 \text{ m}$$

$$Y3 = \frac{1.000x(2x2.767+3.333)}{3x(2.767+3.333)} = 0.533m$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333t/m^2$$

$$p2 = 1.748t/m^2$$

$$p3 = (1.7x2.760+1.0)x0.333 = 1.895t/m^2$$

$$p4 = (0.8x2.760+1.0)x0.333 = 1.068t/m^2$$

$$p5 = (0.8x4.300+1.0)x0.333 = 1.479t/m^2$$

$$p6 = (0.8x5.300+1.0)x0.333 = 1.745t/m^2$$

Empuje de tierra

$$P21 = P11 = 24.972t$$

$$P22 = 1/2x(1.748+1.895)x0.260x(0.5x3)x3 = 2.131t$$

$$P23 = 1/2x(1.068+1.479)x1.540x(0.5x3)x3 = 8.825t$$

$$P24 = 1/2x(1.479+1.745)x1.00x9.00 = 14.508t$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 3.767m$$

$$Y2 = \frac{0.260x(2x1.748+1.895)}{3x(1.748+1.895)} + 2.540 = 2.668m$$

$$Y3 = \frac{1.540x(2x1.068+1.479)}{3x(1.068+1.479)} + 1.000 = 1.729m$$

$$Y4 = \frac{1.000x(2x1.479+1.745)}{3x(1.479+1.745)} = 0.486m$$

Fuerza horizontal y Momento flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$\begin{aligned} H &= P_{11} + P_{12} + P_{13} \\ &= 24.972 + 18.286 + 27.450 = 70.708t \\ M &= P_{11} \cdot Y_1 + P_{12} \cdot Y_2 + P_{13} \cdot Y_3 \\ &= 24.972 \times 3.767 + 18.286 \times 1.832 + 27.450 \times 0.533 = 142.200t \cdot m \end{aligned}$$

Caso (2) con agua

$$\begin{aligned} H &= 24.972 + 2.131 + 8.825 + 14.508 = 50.436t \\ M &= 24.972 \times 3.767 + 2.131 \times 2.668 + 8.825 \times 1.729 + \\ &\quad 14.508 \times 0.486 = 122.064tm \end{aligned}$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"
(C: Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6.5-2

	Longitudinal							Transversal	
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t·m)		H (t)	M=HY (t·m)	
					N·x	H·y			
Peso propio estribo (D+B)	(183.623)* 132.455		(-0.322)* -0.426			(-59.127)* -56.426			
Reaccion (D)	147.28		-0.17			-25.038			
Superestructura (L+I)	72.13		-0.17			-12.262			
Fuerza longitudinal (CF)		3.279		3.550		11.640			
Fuerza de viento (W)		1.740		3.550		6.177	6.652	30.067	
Fuerza de viento (WL)		0.911		3.550		3.234	2.277	16.097	
Empuje de tierra (E)							(142.200) 122.064		
Grupo I J = 100% D+(L+I)+CF+E+B	(403.033) 351.865	(73.987) 53.715				(57.413) 39.978			
Grupo II J = 125% D+E+B+W	(330.903) 279.735	(72.448) 52.176				(64.212) 46.777	6.652	30.067	
Grupo III J = 125% D+(L+I)+CF+E+B+O3W+WL	(403.033) 351.865	(75.420) 55.148				(62.500) 45.065	4.273	25.117	

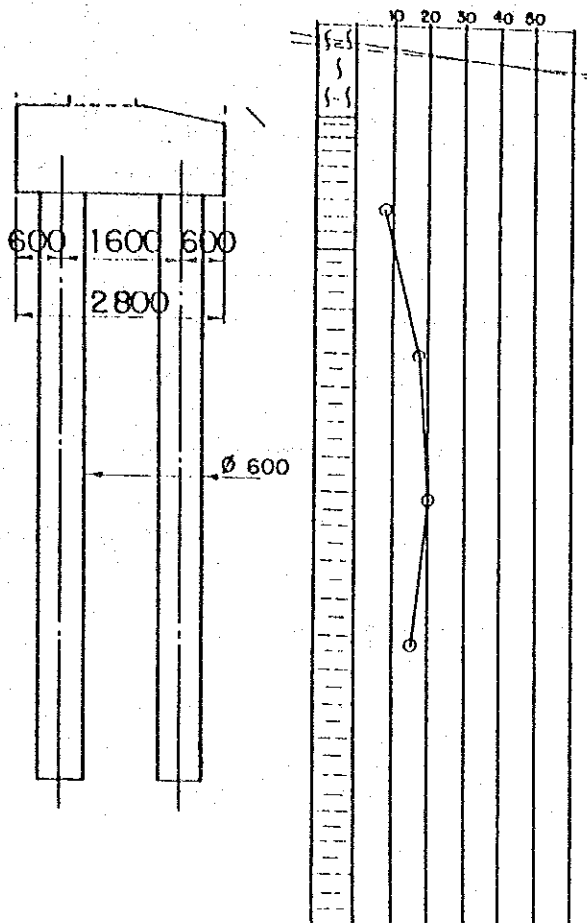
Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexión.

Valores en () * no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario basico

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

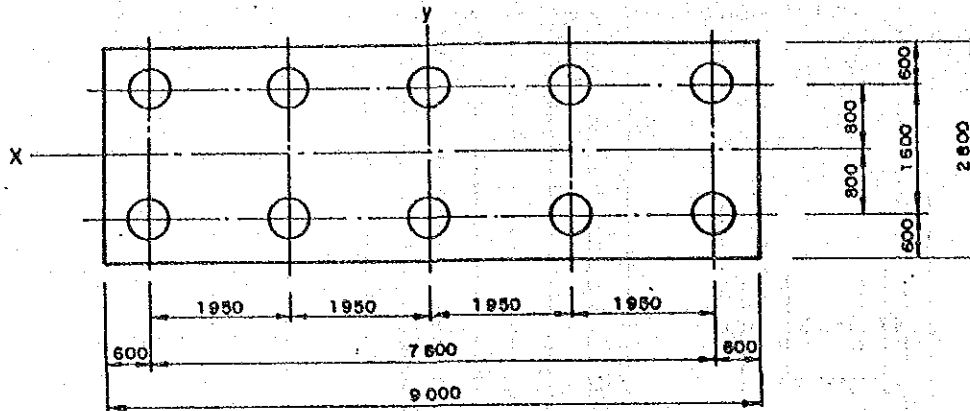
a) Capacidad de Carga de un Pilote (Ra)



L (m)	\bar{N}	f (t/m ²)	f.U.L (t)
8.0	14	14	211.1
Total fs			211.1

$$\begin{aligned}
 Ra &= 1/3 * fs \\
 &= 1/3 * 211.1 = 70t
 \end{aligned}$$

b) Distribución de los Pilotes



$$0 = \tan^{-1} = 0.60/1.56 = 20.56$$

$$E = 1 - \frac{20.56 \times (5 - 1) \times 2 + (2 - 1) \times 5}{90 \times 5 \times 2} = 0.703$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R.E = 70.0t \times 0.703 = 49t.$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N + Mx \cdot y + My \cdot x}{n - \frac{Ix}{Ix} - \frac{Iy}{Iy}}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

Ix(Iy) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura 6.5.6-b)

$$Ix = 5x(0.8)^2 + 5x(-0.8)^2 = 6.4m^2$$

$$Iy = 2x3.9^2 + 2x1.95^2 + 2x(-1.95)^2 + 2x(-3.9)^2 = 76.05m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$\begin{aligned} (B \neq 0) \quad P_{\max} &= \frac{351.865}{10} + \frac{39.978 \times 0.8}{6.40} = 40.2t < P_a = 49t \\ P_{\min} &= \frac{351.865}{10} - \frac{39.978 \times 0.8}{6.40} = 30.2t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (B=0) \quad P_{\max} &= \frac{403.033}{10} + \frac{57.417 \times 0.8}{6.40} = 47.5t \\ P_{\min} &= \frac{403.033}{10} - \frac{57.417 \times 0.8}{6.40} = 33.1t \end{aligned}$$

Grupo II

$$\begin{aligned} (B \neq 0) \quad P_{\max} &= \frac{279.735}{10} + \frac{46.777 \times 0.8}{6.40} + \frac{30.067 \times 3.9}{76.05} = 35.4t \\ P_{\min} &= \frac{279.735}{10} - \frac{46.777 \times 0.8}{6.40} - \frac{30.067 \times 3.9}{76.05} = 20.6t \\ &< P_a = 49 \times 1.25 \\ &= 61t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (B=0) \quad P_{\max} &= \frac{330.903}{10} + \frac{64.212 \times 0.8}{6.40} + \frac{30.067 \times 3.9}{76.05} = 42.7t \\ P_{\min} &= \frac{330.903}{10} - \frac{64.212 \times 0.8}{6.40} - \frac{30.067 \times 3.9}{76.05} = 23.5t \end{aligned}$$

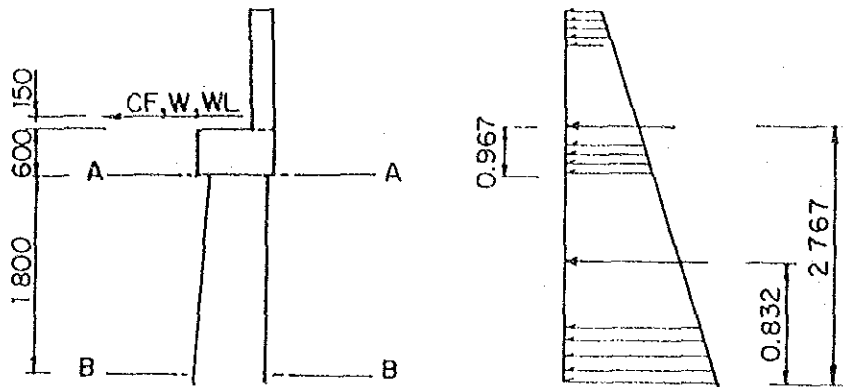
Grupo III

$$\begin{aligned} (B \neq 0) \quad P_{\max} &= \frac{351.865}{10} + \frac{45.065 \times 0.8}{6.40} + \frac{25.117 \times 3.9}{76.05} = 42.1t \\ P_{\min} &= \frac{351.865}{10} - \frac{45.065 \times 0.8}{6.40} - \frac{25.117 \times 3.9}{76.05} = 28.3t \\ &< P_a = 61t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (B=0) \quad P_{\max} &= \frac{402.033}{10} + \frac{60.500 \times 0.8}{6.40} + \frac{25.117 \times 3.9}{76.05} = 49.0t \\ P_{\min} &= \frac{402.033}{10} - \frac{60.500 \times 0.8}{6.40} - \frac{25.117 \times 3.9}{76.05} = 31.2t \end{aligned}$$

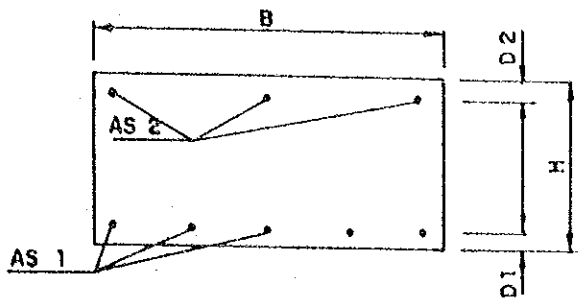
- 8) Para mayores detalles favor referirse al Puente Amistad
(6.4)

9) Diseño de la Columna



			H	Y	M			N	
						H	M		
A	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	0.750	2.459	1.093	0.820	—	—
	Fuerza de viento	W	1.740	0.750	1.305	0.580	0.435	—	—
		WL	0.911	0.750	0.683	0.304	0.228	—	—
I	Empuje de tierra	E	24.972	0.967	24.148	8.324	8.049	—	—
A	Grupo I		28.251	—	26.607	9.417	8.869	77.684	99.129
	Grupo II		26.712	—	25.453	8.904	8.484	56.980	68.417
	Grupo III		29.684	—	27.682	9.895	9.227	77.684	99.129
B	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	2.550	8.361	1.093	2.787	—	—
	Fuerza de viento	W	1.740	2.550	4.437	0.580	1.479	—	—
		WL	0.911	2.550	2.323	0.304	0.774	—	—
I	Empuje de tierra	E	24.972	2.767	84.311	14.419	28.104	—	—
			18.286	0.832					
B	Grupo I		46.537	—	92.672	15.512	30.891	79.520	100.965
	Grupo II		44.998	—	88.748	14.999	29.583	58.816	70.253
	Grupo III		47.970	—	96.326	15.990	32.109	79.520	100.965

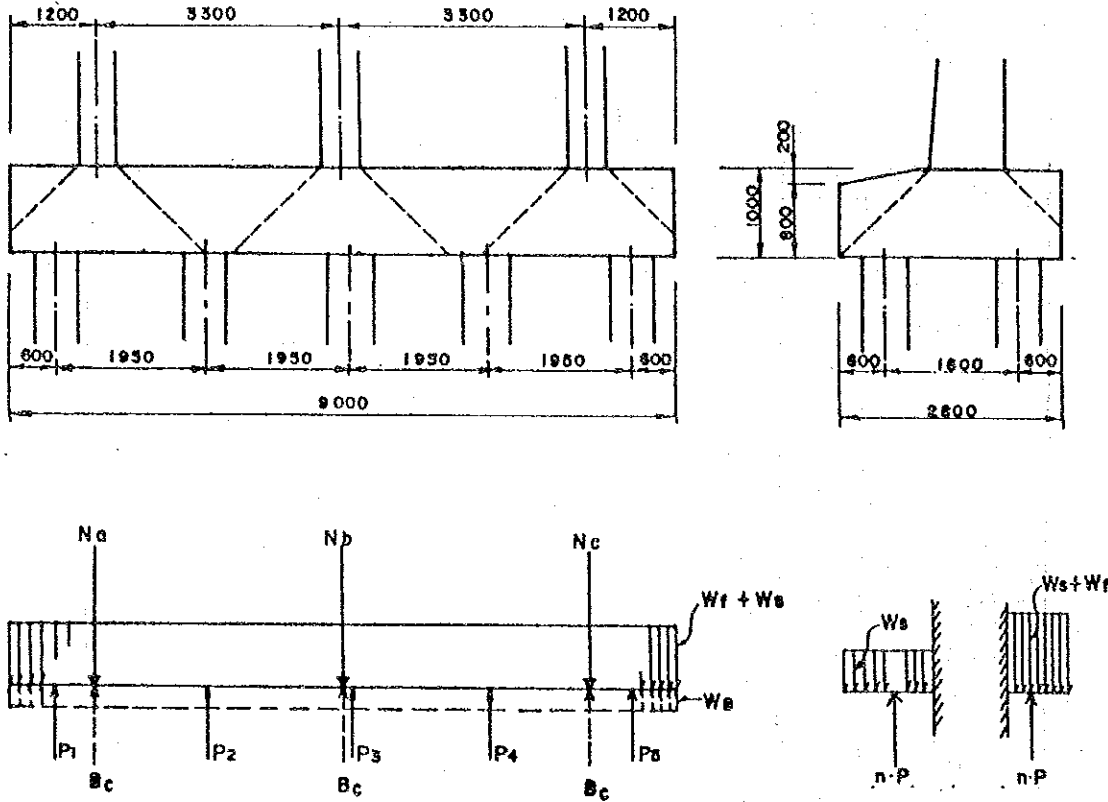
Dimensionamiento de la sección



	Unidad	COLUMNA EXTERIOR		COLUMNA INTERIOR	
		A - A	B - B	A - A	B - B
M	tm.		30.891		30.891
N	t.		79.520		100.965
S	t.		15.519		15.519
B	cm		50.000		50.000
H	cm		90.000		90.000
D ₁	cm		8.000		8.000
D ₂	cm		0.000		0.000
As ₁	cm ²		19.350		19.350
As ₂	cm ²		0.000		0.000
D	cm		82.000		82.000
NP	Kg/cm ²		0.070792		0.070792
MD/BD ²	Kg/cm ²		17.939		20.299
S/BD	Kg/cm ²		3.785		3.785
C			4.075		3.661
S			2.518		1.436
F _c	Kg/cm ²		73.116		74.320
F _s	Kg/cm ²		677.804		437.348
V	Kg/cm		3.785		3.785
F _{ca}	Kg/cm ²		80		80
F _{sa}	Kg/cm ²		1680		1680
V _a	Kg/cm ²		3.65		3.65

Donde F_c : Tensión de compresión M : Momento Flector
 F_s : Tensión de Tracción N : Carga Axial
 V : Tensión de corte S : Fuerza de corte
 F_{ca} : Tensión admisible de compresión As₁ : Acero de refuerzo
 F_{sa} : Tensión admisible de tracción As₂ : Acero de refuerzo
 V_a : Tensión admisible de corte

10) Diseño del Cabezal de los Pilotes



$$P1 = \left(\frac{N}{n} + \frac{Mx1}{Iy} \right) \times 2$$

$$nP = \frac{N}{n} - \frac{My1}{Ix}$$

N = Carga axial (t.)

n = Número de Pilotes

M = Momento Flector (t.m.)

Iy = Momento de Inercia con respecto al eje "Y" (m^2)

Ix = Momento de Inercia con respecto al eje "X" (m^2)

$X1$ = Distancia desde el eje axial "Y" al pilote (m)

$Y1$ = Distancia desde el eje axial "X" al pilote (m)

Tabla 6.5-3

Cargas axiales sobre las columnas

Unidad : ton.

		Na	Nb	Nc
Fuerza axial	D	56.980	68.417	56.980
	L+I	20.704	30.721	20.704
Peso propio de columna	D	1.836	1.836	1.836
	B	-0.537	-0.537	-0.537
Fuerza de viento	W	3.548	0	-3.548
	WL	2.094	0	-2.094
Grupo I J = 100% D+(L+I)+B	B ≠ 0	78.983	100.437	78.983
	B = 0	79.520	100.974	79.520
Grupo II J = 125 % D+W+B	B ≠ 0	61.827	69.716	54.371
	B = 0	62.364	70.253	55.268
Grupo III J = 125 % D+(L+I)+B+0.3W+WL	B ≠ 0	82.141	100.437	75.828
	B = 0	82.678	100.974	76.362
Peso propio de zapata	D	15.887 t/m		
	D+B	10.381 t/m (B= 5.506 t/m)		

Tabla 6.5-4 Reacción de pilote

Unidad : ton.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Grupo I	B ≠ 0	70.380	70.380	70.380	70.380	70.380	
	B = 0	80.599	80.599	80.599	80.599	80.599	
Grupo II	B ≠ 0	57.496	56.725	55.954	55.183	54.412	
	B = 0	67.715	66.944	66.173	65.402	64.632	
Grupo III	B ≠ 0	71.668	71.024	70.380	69.736	69.092	
	B = 0	81.189	81.243	80.599	79.955	79.311	

Los resultados del análisis de los momentos flectores y de los esfuerzos cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)

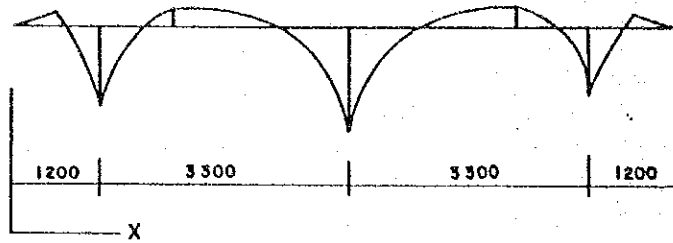
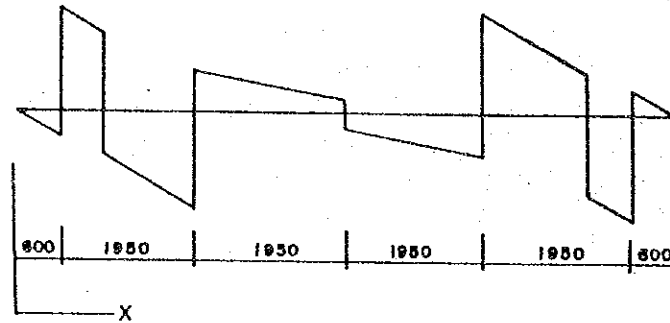
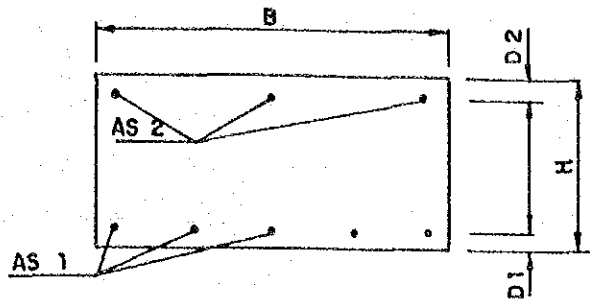


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0			B ≠ 0		
	X	M		X	M	
Momento Flector	0.600	-2.859		0.600	-1.868	
	1.200	36.920		1.200	34.753	
	2.550	-1.836		2.550	-3.137	
	4.500	48.232		4.500	45.971	
	6.450	-1.840		6.450	-3.004	
	7.800	36.914		7.800	34.978	
	8.400	-2.867		8.400	-1.803	
	9.000	-0.809		9.000	0.308	
	Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1
0.600		-9.532	71.066	0.600	-6.228	64.151
1.200		61.534	-17.985	1.200	57.922	-21.060
2.550		-39.432	41.166	2.550	-35.074	35.305
4.500		10.186	-10.188	4.500	15.062	-14.994
6.450		-41.169	39.430	6.450	-35.237	35.142
7.800		17.983	-61.536	7.800	21.128	-57.854
8.400		-71.068	9.530	8.400	-64.083	6.296



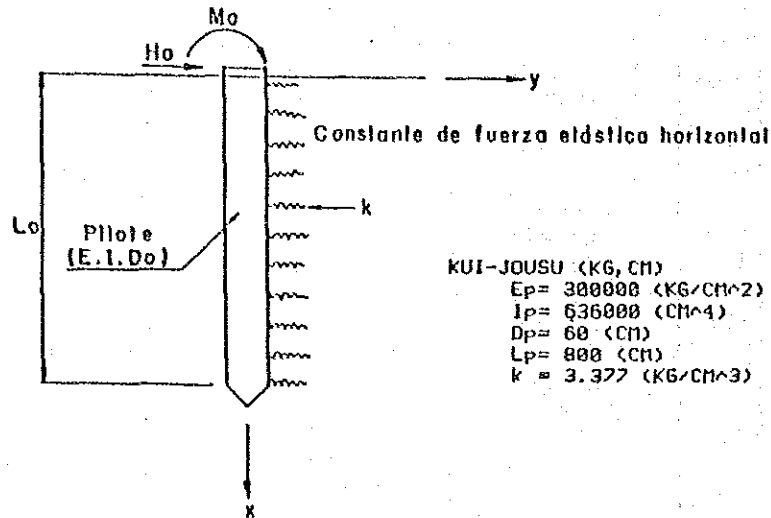
	Unidad	Momento Max (B=0)			
M	tm.	48.232			
N	t.	0.000			
S	t.	71.066			
B	cm	280.000			
H	cm	100.000			
D1	cm	15.000			
D2	cm	10.000			
As1	cm ²	$\phi 22 \times 10$ 38.800			
As2	cm ²	0.000			
D	cm	85.000			
NP	Kg/cm ²	0.024453			
MD/BD ²	Kg/cm ²	2.384			
S/BD	Kg/cm ²	2.985			
C		10.812			
S		43.780			
Fc	Kg/cm ²	25.778			
Fs	Kg/cm ²	1565.705			
V	Kg/cm ²	2.985			
Fca	Kg/cm ²	80			
Fsa	Kg/cm ²	1680			
Va	Kg/cm ²	3.65			

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca: Tensión admisible de compresión	As1: Acero de refuerzo
Fsa: Tensión admisible de tracción	As2: Acero de refuerzo
Va: Tensión admisible de corte	

1) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

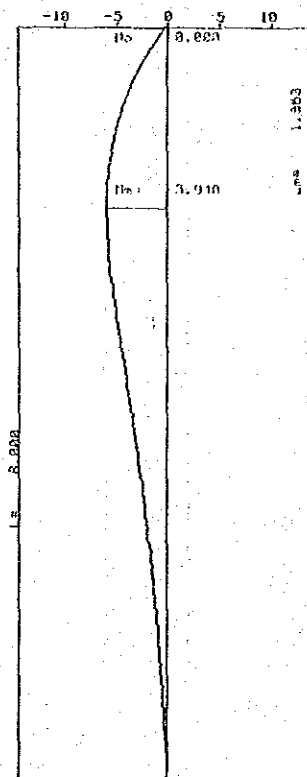


a) Articulación del cabezal de pilote

KAJUU-- $H_o = 7.398$ (T)
 $M_o = 0.000$ (TM)
 BET= $4.03855605E-03$ (CM⁻¹)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI: DE= 0.29401 (CM)
 KUI TOU KAKU: AL= $-1.19112901E-03$ (RAD)
 UNDER G.L. $M_{max} = -5.940$ (TM)
 $L_m = 196.370$ (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.294	0.000	-2.398
0.500	0.235	-3.004	-4.719
1.000	0.180	-4.015	-2.619
1.500	0.131	-5.711	-1.047
2.000	0.089	-5.939	0.067
2.500	0.056	-5.708	0.801
3.000	0.030	-5.188	1.232
3.500	0.010	-4.513	1.433
4.000	-0.002	-3.782	1.468
4.500	-0.011	-3.063	1.392
5.000	-0.016	-2.401	1.249
5.500	-0.017	-1.818	1.078
6.000	-0.016	-1.323	0.905
6.500	-0.013	-0.909	0.751
7.000	-0.009	-0.565	0.632
7.500	-0.005	-0.270	0.557
8.000	-0.000	-0.000	0.531
8.000	-0.000	-0.000	0.531

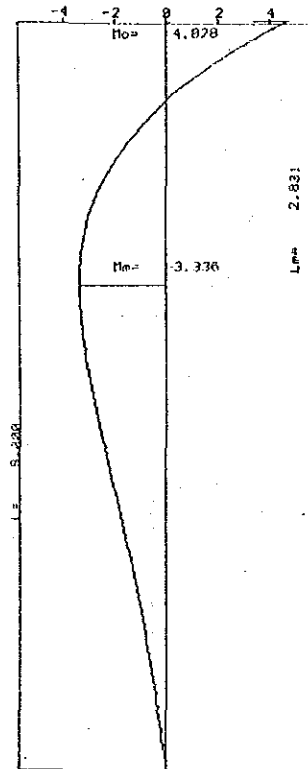


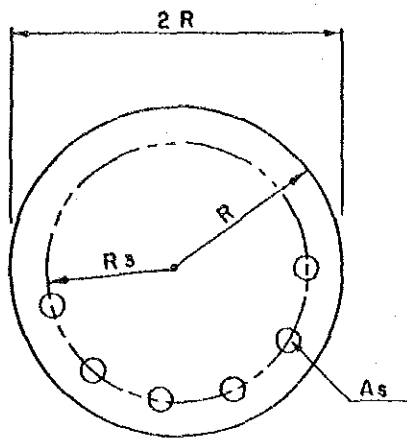
b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJU--Ho= 7.398 (T)
 Ho= -4.828 (TM)
 BET= 4.03655605E-03 (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI: DE= 0.21628 (CM)
 KUI TOU KAKU: AL=-5.61976696E-04 (RAD)
 UNDER G.L. Mmax= -3.338 (TM)
 Lm = 283.195 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.216	4.828	-7.398
0.500	0.185	1.651	-5.357
1.000	0.152	-0.584	-3.641
1.500	0.120	-2.044	-2.255
2.000	0.091	-2.892	-1.183
2.500	0.065	-3.274	-0.390
3.000	0.044	-3.322	0.161
3.500	0.026	-3.145	0.518
4.000	0.013	-2.829	0.722
4.500	0.004	-2.441	0.813
5.000	-0.001	-2.029	0.826
5.500	-0.005	-1.623	0.790
6.000	-0.006	-1.242	0.730
6.500	-0.006	-0.893	0.665
7.000	-0.004	-0.575	0.609
7.500	-0.002	-0.281	0.571
8.000	-0.000	-0.000	0.558
8.000	-0.000	-0.000	0.558





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	5.940	5.940	
N	t.	47.949	33.126	
H	t.	7.398	7.398	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	(Ø 19 x 10) 28.400	(Ø 19 x 10) 28.400	
C		0.540	0.691	
S		0.076	0.324	
Fc	Kg/cm ²	40.683	40.684	
Fs	Kg/cm ²	86.507	285.868	
V	Kg/cm ²	2.616	2.616	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

Donde: Fc : Tensión de compresión Va : Tension admisible de corte
 Fs : Tensión de tracción M : Momento flector
 V : Tensión de corte N : Carga axial
 Fca : Tensión admisible de compresión S : Fuerza de corte
 Fsa : Tensión admisible de tracción As : Acero de refuerzo

12) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (F_{cv})

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{47.949 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 17.0 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (F_{ch})

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{7.398 \times 10^3}{60 \times 10} = 12.3 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{47.549 \times 10^3}{\pi(60+70)70} = 1.68 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

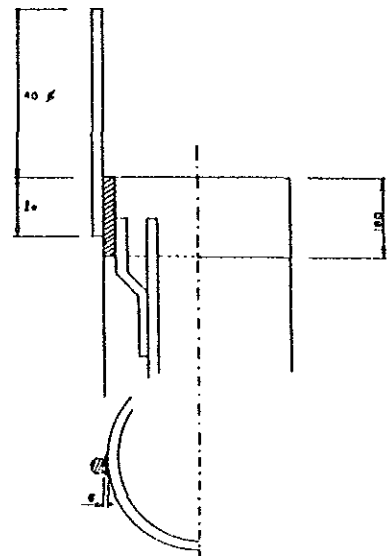
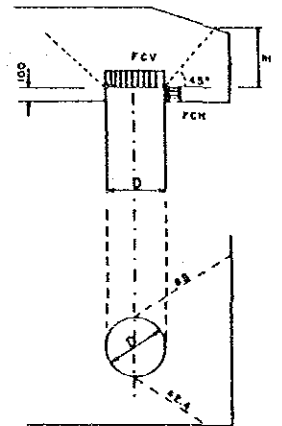
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_h = \frac{7.398 \times 10^3}{(85+42.4) \times 10} = 5.81 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

d) Tensión de corte en los fierros soldados

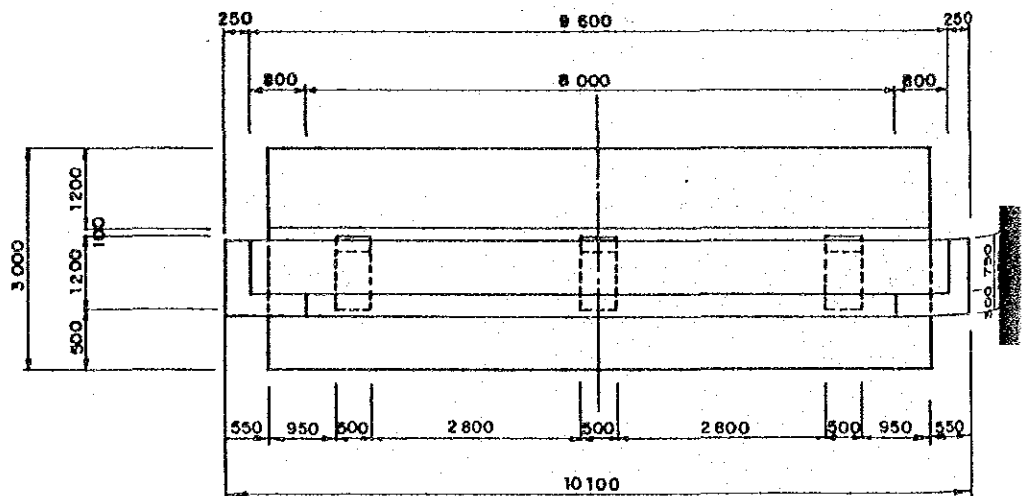
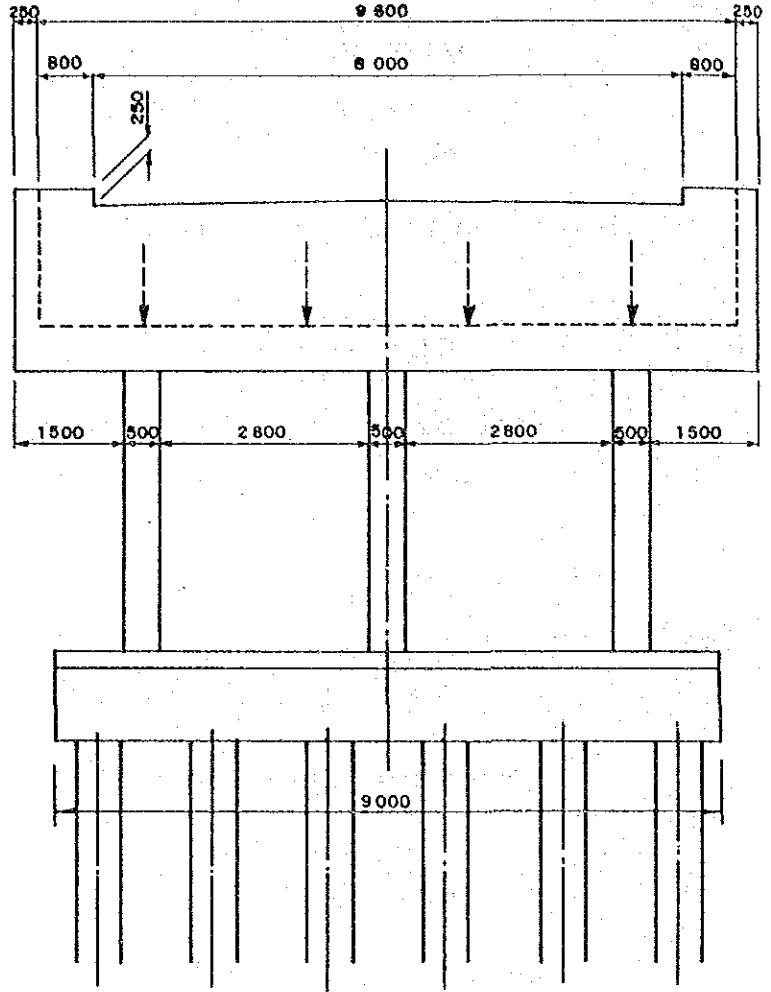
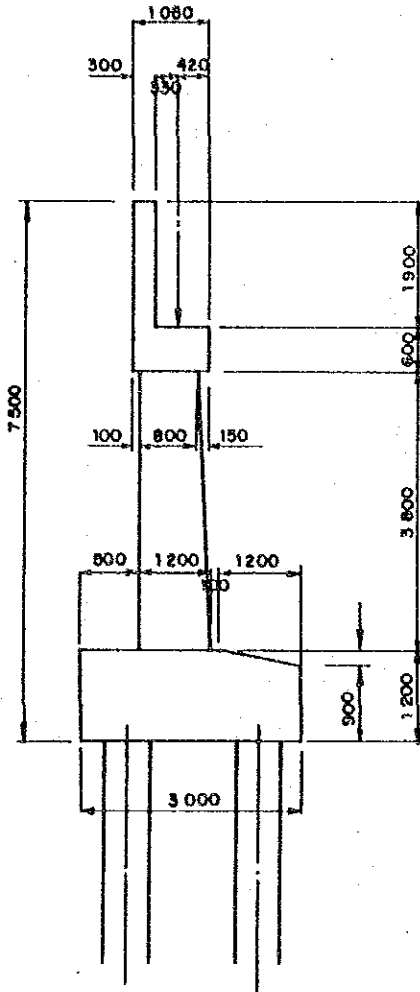
$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.6 Puente Mururita

1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	147.28t
Carga Viva (L+I)	72.13t
Reacción Total	219.41t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (CF)	3,279t
--------------------------	--------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal $1/2 \times 13.303$	=	6.652t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 3.479$	=	1,740t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal $1/2 \times 4.553$	=	2.277t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.821$	=	0.911t

3) Peso propio del Estribo (D)

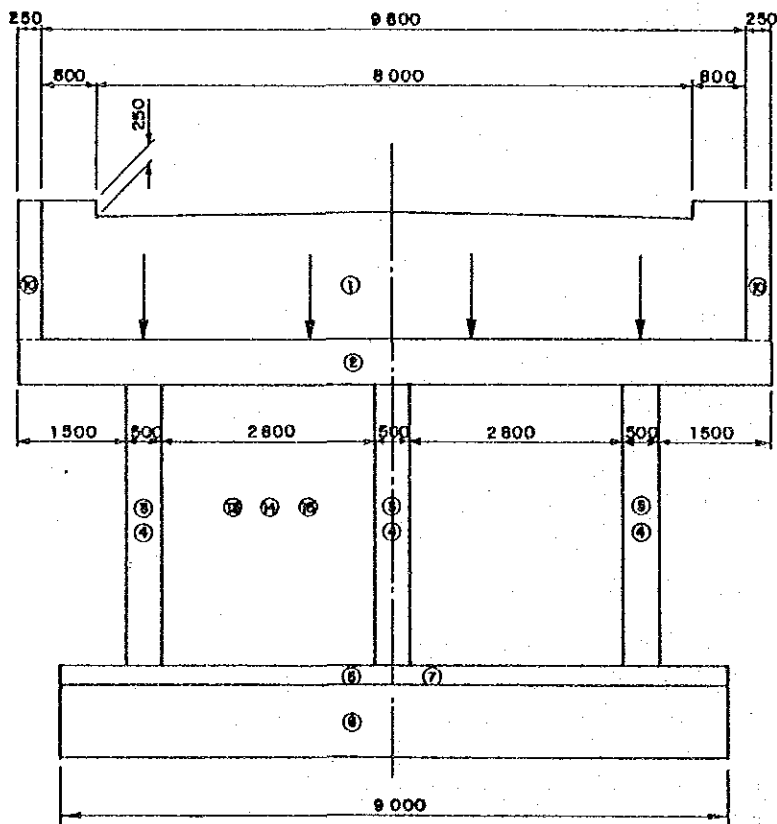
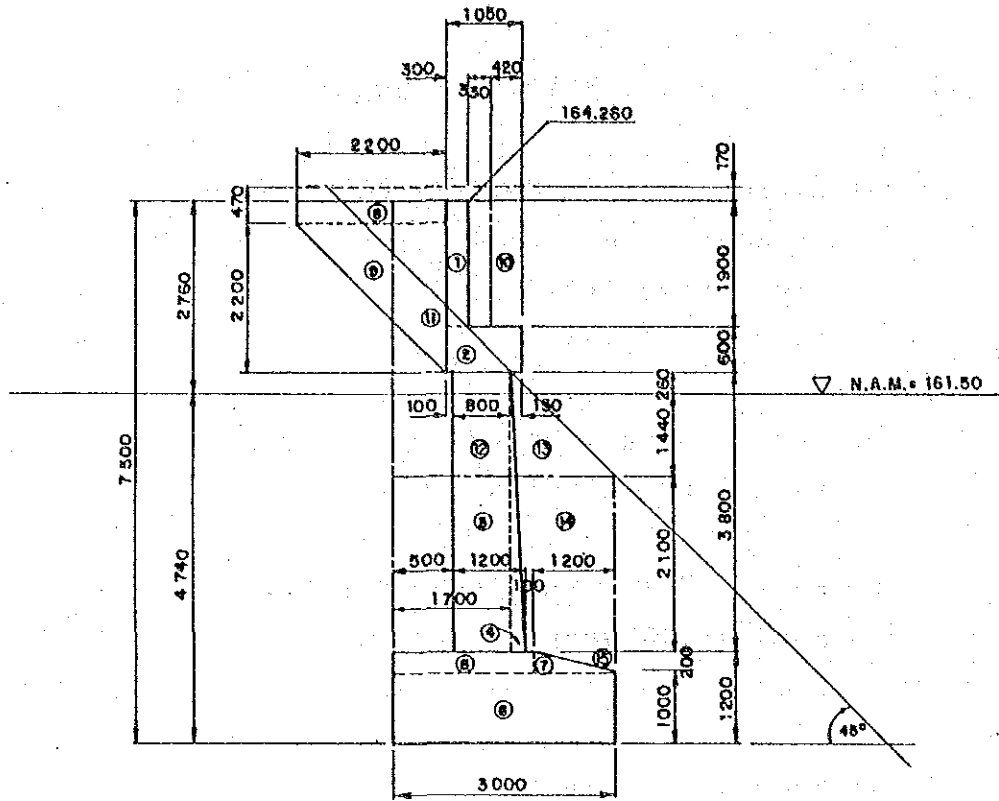


Tabla 6.6-1

Fórmula		V	X	V · X
1	1.90x0.30x10.1x2.4	13.817	0.550	7.599
2	0.60x1.050x10.1x2.4	15.271	0.925	14.126
3	0.80x3.80x0.50x2.4x3	10.944	0.900	9.850
4	1/2x0.40x3.80x0.50x2.4x3	2.736	1.433	3.921
5	1.80x0.20x9.0x2.4	7.776	0.900	6.998
6	3.0x1.0x9.0x2.4	64.800	1.500	97.200
7	1/2x0.20x1.20x9.0x2.4	2.592	2.200	5.702
8	0.470x2.20x0.25x2.4x2	1.241	-0.700	- 0.869
9	1/2x2.20x2.20x0.25x2.4x2	2.904	-0.333	- 0.967
10	0.75x2.070x0.25x2.40x2	1.863	1.075	2.003
11	0.40x2.50x9.00x1.70	15.300	0.200	3.060
12	1.30x1.70x9.0x1.70	33.813	0.650	21.978
13	1/2x1.70x1.70x9.0x1.70	22.109	1.867	41.278
14	3.0x2.10x9.0x1.70	96.390	1.500	144.585
15	1/2x0.20x1.20x9.0x1.70	1.836	2.600	4.774
-3	0.80x3.80x0.50x1.7x3	- 7.752	0.900	- 6.977
-4	1/2x0.40x3.80x0.50x1.7x3	- 1.938	1.433	- 2.777
Peso Total del Hormigón y del Suelo		283.702		351.484
-3	3.540x0.827x0.50x1.0x3	- 4.391	0.914	- 4.013
-4	1/2x3.54x0.323x0.50x1.0x3	- 0.990	1.451	- 1.436
-5	1.80x0.20x9.0x1.0	- 3.240	0.900	- 2.916
-6	3.0x1.0x9.0x1.0	-27.000	1.500	-40.500
-7	1/2x0.20x1.20x9.0x1.0	- 1.080	2.200	- 2.376
-12	1.44x1.56x9.0x0.9	-18.196	0.780	-14.193
-13	1/2x1.44x1.44x9.0x0.9	- 8.398	2.040	-17.132
-14	3.0x2.10x9.0x0.9	-51.030	1.500	-76.545
-15	1/2x0.20x1.20x9.0x0.9	- 0.972	2.600	- 2.527
3	3.54x0.827x0.50x0.9x3	3.952	0.914	3.612
4	1/2x3.54x0.373x0.50x0.9x3	0.891	1.451	1.293
Subpresión Total		-110.454		-156.733
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		173.248		194.751

Punto de Acción de la resultante

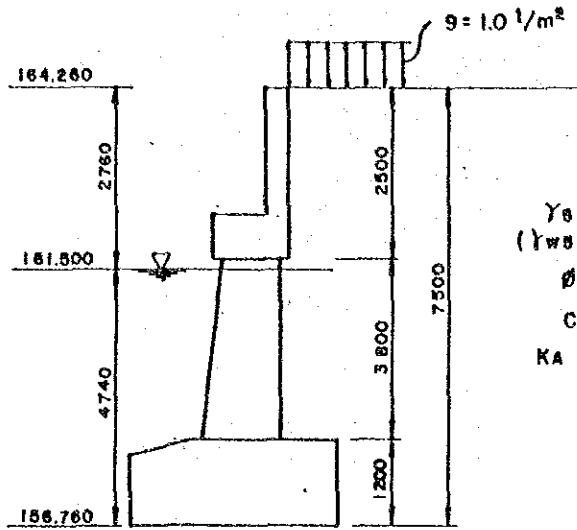
(1) Peso del Hormigón y del Suelo

$$X = \frac{351.484}{283.702} = 1.239m (-0.261m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{194.751}{173.248} = 1.124m (-0.376m)$$

4) Presión de la tierra (E)

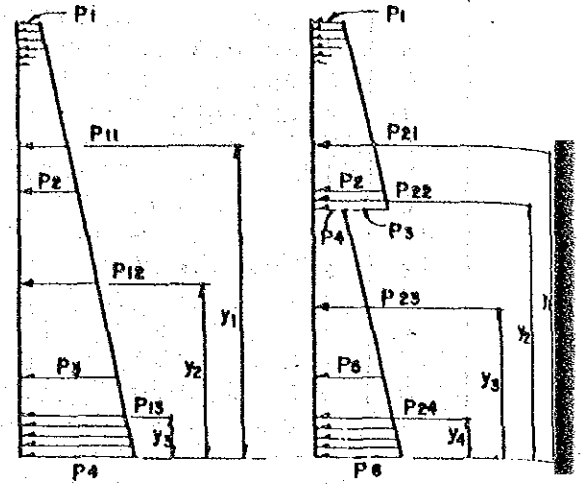


$$\begin{aligned} \gamma_s &= 1.7 \text{ t/m}^3 \\ (\gamma_{wb} &= 0.8 \text{ t/m}^3) \\ \phi &= 30^\circ \\ C &= 0 \\ K_A &= 0.333 \end{aligned}$$

Presión de la tierra

caso (1)

caso (2)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned} p_1 &= (\gamma \cdot Z + q) \cdot K_A = 1.0 \times 0.333 &= 0.333 \text{ t/m}^2 \\ p_2 &= (1.7 \times 2.500 + 1.0) \times 0.333 &= 1.748 \text{ t/m}^2 \\ p_3 &= (1.7 \times 6.30 + 1.0) \times 0.333 &= 3.899 \text{ t/m}^2 \\ p_4 &= (1.7 \times 7.50 + 1.0) \times 0.333 &= 4.579 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned} P_{11} &= 1/2 \cdot (P_1 + P_2) \cdot h \cdot L \\ &= 1/2 \cdot (0.333 + 1.748) \times 2.50 \times 9.60 &= 24.972 \text{ t} \\ P_{12} &= 1/2 \times (1.748 + 3.899) \times 3.80 \times (0.5 \times 3) \times 3 &= 48.282 \text{ t} \\ P_{13} &= 1/2 \times (3.899 + 4.579) \times 1.20 \times 9.0 &= 45.781 \text{ t} \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y_1 = \frac{2.500 \times (2 \times 0.333 + 1.748)}{3 \times (0.333 + 1.748)} + (3.800 + 1.200) = 5.967 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{3.800 \times (2 \times 1.748 + 3.899)}{3 \times (1.748 + 3.899)} + 1.200 = 2.859 \text{ m}$$

$$Y3 = \frac{1.200 \times (2 \times 3.899 + 4.579)}{3 \times (3.899 + 4.579)} = 0.584m$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333t/m^2$$

$$p2 = 1.748t/m^2$$

$$p3 = (1.7 \times 2.760 + 1.0) \times 0.333 = 1.895t/m^2$$

$$p4 = (0.8 \times 2.760 + 1.0) \times 0.333 = 1.068t/m^2$$

$$p5 = (0.8 \times 6.300 + 1.0) \times 0.333 = 2.011t/m^2$$

$$p6 = (0.8 \times 7.500 + 1.0) \times 0.333 = 2.331t/m^2$$

Empujes de tierra

$$P21 = P11 = 24.972t$$

$$P22 = 1/2 \times (1.748 + 1.895) \times 0.260 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 2.131t$$

$$P23 = 1/2 \times (1.068 + 2.011) \times 3.540 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 24.524t$$

$$P24 = 1/2 \times (2.011 + 2.331) \times 1.200 \times 9.000 = 23.447t$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 5.967m$$

$$Y2 = \frac{0.260 \times (2 \times 1.748 + 1.895)}{3 \times (1.748 + 1.895)} + 4.740 = 4.868m$$

$$Y3 = \frac{3.540 \times (2 \times 1.068 + 2.011)}{3 \times (1.068 + 2.011)} + 1.200 = 2.789m$$

$$Y4 = \frac{1.200 \times (2 \times 2.011 + 2.331)}{3 \times (2.011 + 2.331)} = 0.585m$$

Fuerza horizontal y Momento flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$H = P_{11} + P_{12} + P_{13}$$

$$= 24.972 + 48.282 + 45.781 = 119.035t$$

$$M = P_{11} * Y_1 + P_{12} * Y_2 + P_{13} * Y_3$$

$$= 24.972 * 5.967 + 48.282 * 2.859 + 45.781 * 0.584 = 313.782t.m$$

Caso (2) con agua

$$H = 24.972 + 2.131 + 24.524 + 23.447 = 75.074t$$

$$M = 24.972 * 5.967 + 2.131 * 4.868 + 24.524 * 2.789 + 23.447 * 0.585 = 241.496tm$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"

(C : Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6.6-2

	Longitudinal							Transversal		
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t·m)		H (t)	M=HY (t·m)		
					N·x	H·y				
Peso propio estribo (D+B)	(283.702)* 173.248		(-0.261)* -0.376			(-74.046)* -65.141				
Reaccion (D)	147.280		-0.470			-69.220				
Superestructura (L+I)	72.130		-0.470			-33.901				
Fuerza longitudinal (CF)		3.279		5.750		18.850				
Fuerza de viento (W)		1.740		5.750		10.005	6.652	44.701		
Fuerza de viento (WL)		0.911		5.750		5.238	2.277	21.106		
Empuje de tierra (E)		(119.035)* 75.074				(313.782)* 241.496				
Grupo I J = 100%	(503.112)	(122.314)				(155.465)				
D+(L+I)+CF+E+B	392.658	78.353				92.084				
Grupo II J = 125%	(430.982)	(120.775)				(180.521)				
D+E+B+W	320.528	76.814				117.140	6.652	44.701		
Grupo III J = 125%	(503.112)	(122.314)				(163.705)				
D+(L+I)+CF+E+B+O3W+WL	392.658	78.353				100.323	4.273	34.516		

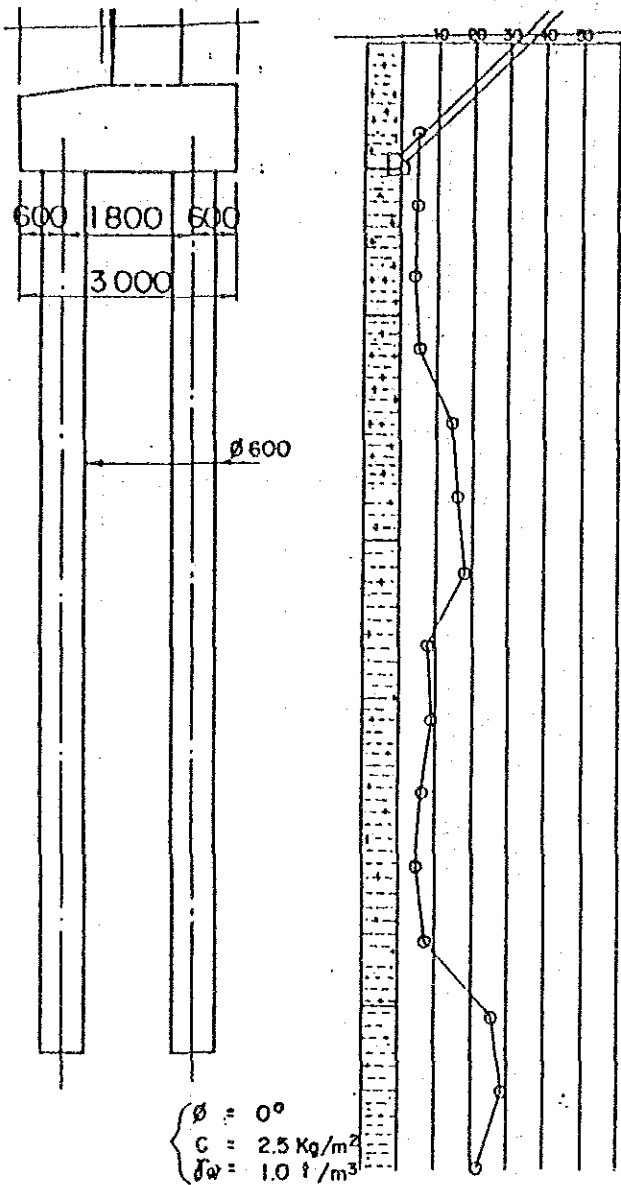
Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexion.

Valores en ()* no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario basico.

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

a) Capacidad de carga de un Pilote (Ra)



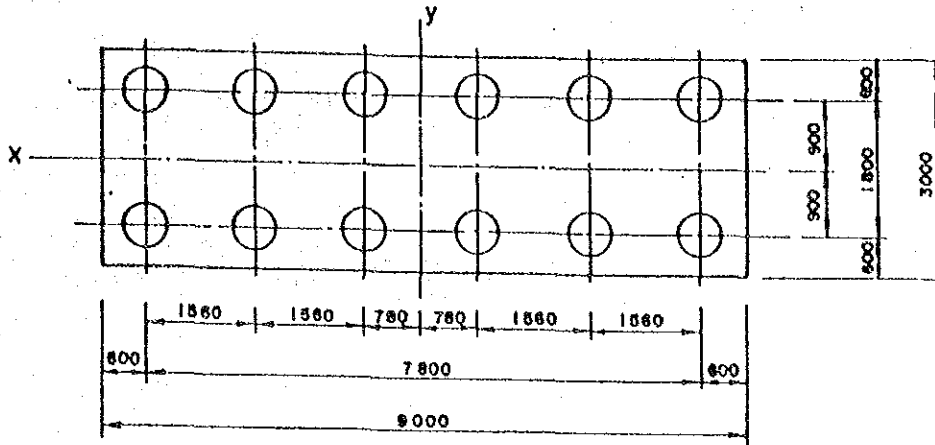
L (m)	N	f t/m ²	f-U-L (t)
1.9	4.5	4.5	16.1
3.0	12.0	12.0	67.9
6.4	9.0	9.0	108.6
0.7	25	15	19.8
T O T A L			212.4

$$\begin{cases} \phi = 0^\circ \\ C = 2.5 \text{ Kg/m}^2 \\ \gamma_w = 1.0 \text{ t/m}^3 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} q_d &= \alpha \cdot C \cdot N_c + \beta \cdot \gamma \cdot 2 \cdot D \cdot N_\gamma + \delta \cdot 1 \cdot D_f \cdot N_q \\ & \quad (N_c = 6.5, N_\gamma = 0, N_q = 2) \\ &= 1.3 \times 25 \times 6.5 + 0.8 \times 13.5 \times 2 \\ &= 232.9 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_a &= (q_d \cdot A + f_s) / 3 \\ &= (232.9 \times 0.283 + 212.4) / 3 \\ &= 95 \text{ t} \end{aligned}$$

b) Distribución de los Pilotes



$$0 = \tan^{-1} = 0.60/1.56 = 21.0$$

$$E = 1 - 21.0 \times \frac{(6 - 1) \times 2 + (2 - 1) \times 6}{90 \times 6 \times 2} = 0.689$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R.E = 95.0t \times 0.689 = 65t.$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N}{n} - \frac{M_x \cdot y}{I_x} - \frac{M_y \cdot x}{I_y}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

I_x(I_y) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura 6.5.6-b)

$$I_x = 6 \times 0.9^2 + 6 \times (-0.9)^2 = 9.72m^2$$

$$I_y = 2 \times 0.78^2 + 2 \times 2.34^2 + 2 \times 3.90^2 + 2 \times (-0.78)^2 + 2 \times (-2.34)^2 + 2 \times (-3.90)^2 = 85.176m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{392.658}{12} + \frac{92.084 \times 0.9}{9.72} = \begin{array}{l} 41.2t \\ 24.2t \end{array} < Pa = 65t.$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{503.112}{12} + \frac{155.465 \times 0.9}{9.72} = \begin{array}{l} 56.3t \\ 27.5t \end{array}$$

Grupo II

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{320.528}{12} + \frac{117.140 \times 0.9}{9.72} + \frac{44.701 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 37.6t \\ 13.8t \end{array}$$

$$< Pa = 65 \times 125 \\ = 80t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{430.982}{12} + \frac{180.521 \times 0.9}{9.72} + \frac{44.701 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 54.7t \\ 17.2t \end{array}$$

Grupo III

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{392.658}{12} + \frac{100.323 \times 0.9}{9.72} + \frac{34.516 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 43.6t \\ 21.9t \end{array}$$

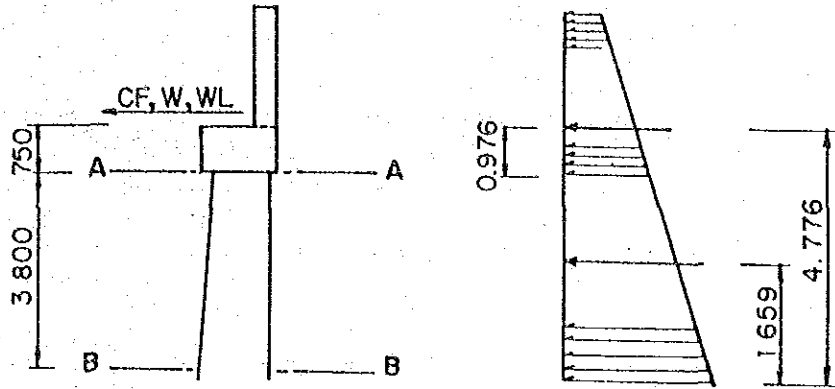
$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{503.112}{12} + \frac{163.705 \times 0.9}{9.72} + \frac{34.516 \times 3.9}{85.176} = \begin{array}{l} 58.7t \\ 25.2t \end{array}$$

$$< Pa = 80t$$

8) Diseño de la viga de apoyo del Puente.

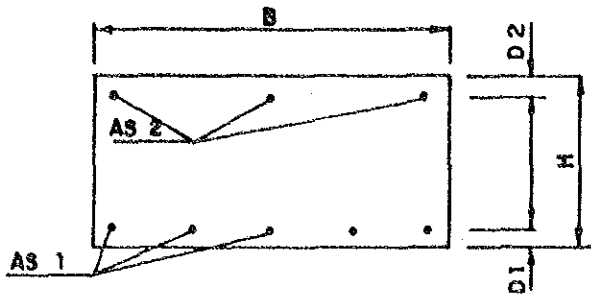
Es igual a la del Puente Tajibo, para mayores aclaraciones, favor referirse al punto 6.5-8)

9) Diseño de la Columna



Unidad: t, t·m

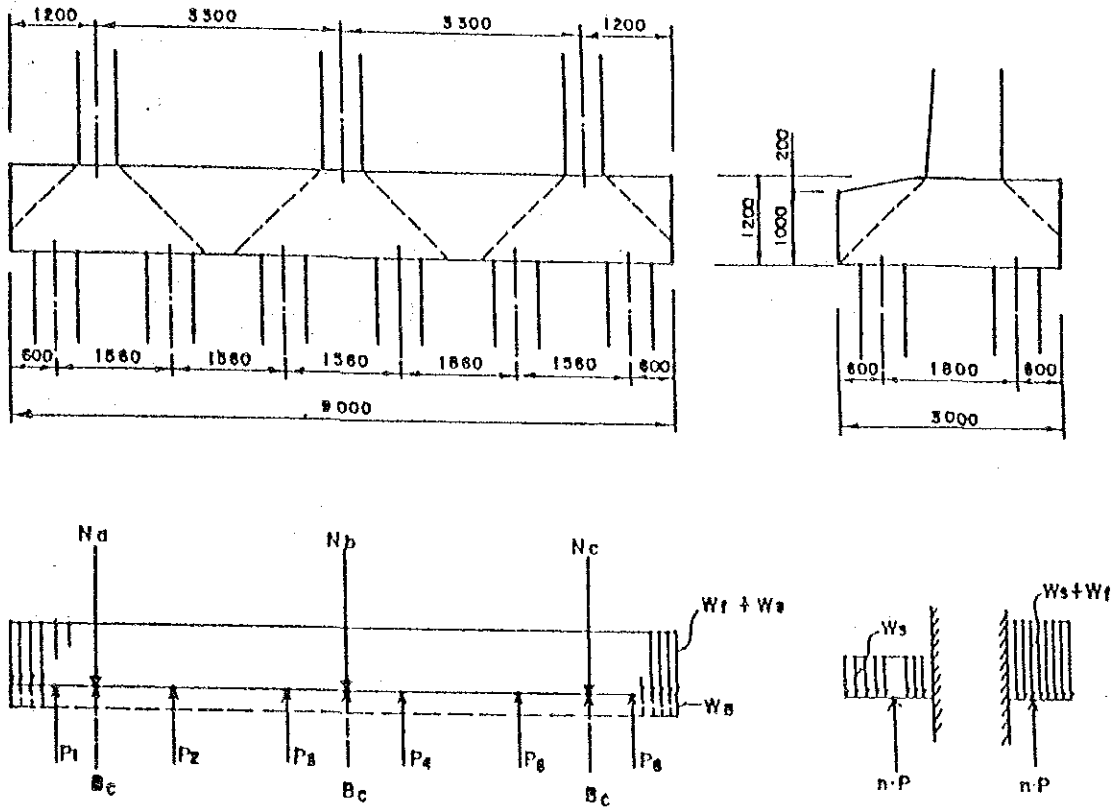
			H	Y	M	Por columna		N	
						H	M		
A	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	0.750	2.459	1.093	0.820	-	-
	Fuerza de viento	W	1.740	0.750	1.305	0.580	0.435	-	-
		WL	0.911	0.750	0.683	0.304	0.228	-	-
I	Empuje de tierra	E	24.972	0.967	24.148	8.324	8.049	-	-
A	Grupo I		28.251	-	26.607	9.417	8.869	77.684	99.138
	Grupo II		26.712	-	25.453	8.904	8.484	56.980	68.417
	Grupo III		29.684	-	27.682	9.895	9.227	77.684	99.138
B	Fuerza Longitudinal	CF	3.279	4.550	14.919	1.093	4.973	-	-
	Fuerza de viento	W	1.740	4.550	7.917	0.580	2.639	-	-
		WL	0.911	4.550	4.145	0.304	1.382	-	-
I	Empuje de tierra	E	24.972	4.767	199.141	24.418	66.380	-	-
			48.282	1.659					
B	Grupo I		76.533	-	214.060	25.511	71.353	82.244	103.698
	Grupo II		74.994	-	207.058	24.998	69.019	61.540	72.977
	Grupo III		77.966	-	220.580	25.989	73.527	82.244	103.698



	Unidad	COLUMNA EXTERIOR		COLUMNA INTERIOR	
		A - A	B - B	A - A	B - B
M	tm.		71.353		71.353
N	t.		82.244		103.698
S	t.		25.511		25.511
B	cm		50.000		50.000
H	cm		120.000		120.000
D1	cm	Compresión	8.000	Compresión	8.000
D2	cm		8.000		8.000
As1	cm ²		44.850		44.850
As2	cm ²		9.900		9.900
D	cm		112.000		112.000
NP	Kg/cm ²		0.120133		0.120133
MD/BD ²	Kg/cm ²		18.195		19.973
S/BD	Kg/cm ²		4.555		4.555
C			4.074		3.826
S			3.359		2.563
Fc	Kg/cm ²		74.143		76.430
Fs	Kg/cm ²		916.855		768.063
V	Kg/cm		4.555		4.555
Fca	Kg/cm ²		80		80
Fsa	Kg/cm ²		1680		1680
Va	Kg/cm ²		3.65		3.65

Donde Fc : Tension de compresion M : Momento Flector
 Fs : Tension de Traccion N : Carga Axial
 V : Tension de corte S : Fuerza de corte
 Fca: Tension admisible de compresion As1: Acero de refuerzo
 Fsa: Tension admisible de traccion As2: Acero de refuerzo
 Va: Tension admisible de corte

10) Diseño del Cabezal de los Pilotes



$$P_1 = \left(\frac{N}{n} + \frac{Mx_1}{I_y} \right) \times 2$$

$$nP = \frac{N}{n} - \frac{My_1}{I_x}$$

N = Carga axial (t.)

n = Número de Pilotes

M = Momento Flector (t.m.)

I_y = Momento de Inercia con respecto al eje "Y" (m^2)

I_x = Momento de Inercia con respecto al eje "X" (m^2)

X_1 = Distancia desde el eje axial "Y" al pilote (m)

Y_1 = Distancia desde el eje axial "X" al pilote (m)

Tabla 6.6-3 Cargas axiales sobre las columnas

Unidad : ton.

		Na	Nb	Nc
Fuerza axial	D	56.980	68.417	56.980
	L+I	20.704	30.721	20.704
Peso propio de columna	D	4.560	4.560	4.560
	B	-1.794	-1.794	-1.794
Fuerza de viento	W	6.773	0	-6.773
	WL	3.198	0	-3.198
Grupo I J = 100 % D+(L+I)+B	B ≠ 0	80.450	101.904	80.450
	B = 0	82.244	103.698	82.244
Grupo II J = 125 % D+W+B	B ≠ 0	66.519	71.183	52.973
	B = 0	68.313	72.977	54.767
Grupo III J = 125 % D+(L+I)+B+0.3W+WL	B ≠ 0	85.680	101.904	75.220
	B = 0	87.474	103.698	77.014
Peso propio de zapata	D	26.103 t/m		
	D+B	14.428 t/m (B=-11.675)		

Tabla 6.6-4 Reaccion de pilote

Unidad : ton.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Grupo I	B ≠ 0	65.443	65.443	65.443	65.443	65.443	65.443
	B = 0	83.852	83.852	83.852	83.852	83.852	83.852
Grupo II	B ≠ 0	57.515	55.877	54.240	52.603	50.965	49.328
	B = 0	75.924	74.286	72.649	71.012	69.374	67.737
Grupo III	B ≠ 0	68.604	67.339	66.075	64.811	63.547	62.282
	B = 0	87.013	85.748	84.484	83.220	81.956	80.691

Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y de los Esfuerzos Cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)

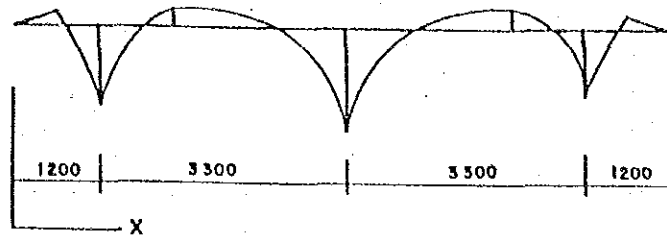
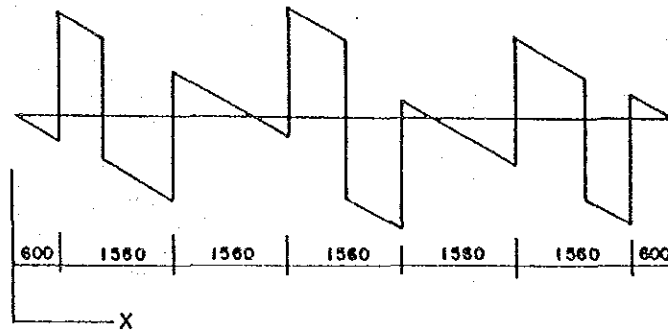
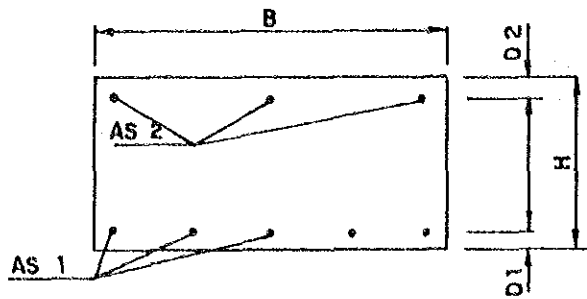


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0			B ≠ 0		
Momento Flector	X	h		X	h	
	0.000	-4.698		0.000	-2.597	
	1.200	31.517		1.200	28.877	
	2.160	-9.038		2.160	-8.798	
	3.720	4.568		3.720	3.709	
	4.500	52.942		4.500	47.841	
	5.200	4.559		5.200	8.640	
	6.840	-9.040		6.840	-8.793	
	7.800	31.513		7.800	28.884	
	8.400	-4.702		8.400	-2.583	
9.000	-0.004		9.000	0.009		
Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1	S2
	0.000	-15.661	68.190	0.000	-8.656	50.786
	1.200	52.528	-29.715	1.200	48.129	-32.320
	2.160	-54.774	29.077	2.160	-48.171	19.271
	3.720	-11.643	72.208	3.720	-3.236	62.206
	4.500	51.848	-51.849	4.500	50.953	-50.951
	5.200	-72.209	11.642	5.200	-62.204	3.238
	6.840	-29.078	54.773	6.840	-19.289	48.173
	7.800	29.714	-52.523	7.800	32.322	-48.127
	8.400	-68.191	15.660	8.400	-50.784	8.658

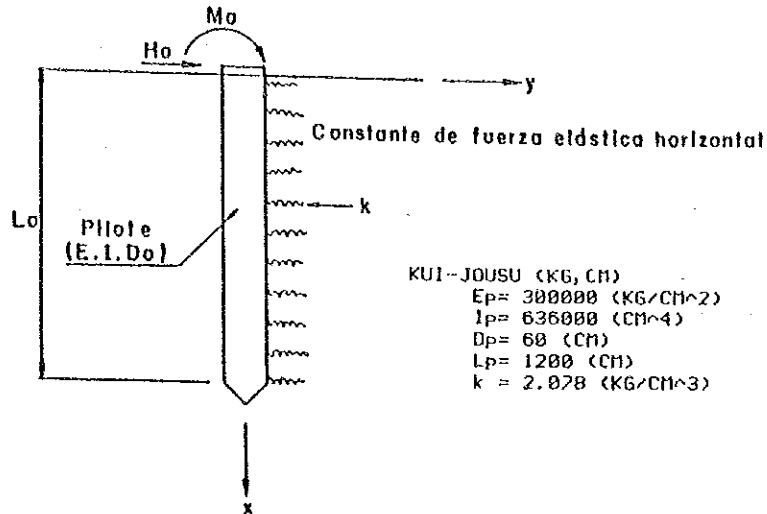


	Unidad	Momento Max (B=0)			
M	tm.	52.942			
N	t.	0.000			
S	t.	68.190			
B	cm	300.000			
H	cm	120.000			
D1	cm	15.000			
D2	cm	10.000			
As1	cm ²	$\phi 22 \times 10$ 38.800			
As2	cm ²	0.000			
D	cm	105.000			
NP	Kg/cm ²	0.018476			
MD/BD ²	Kg/cm ²	1.600			
S/BD	Kg/cm ²	2.164			
C		12.159			
S		57.463			
Fc	Kg/cm ²	19.463			
Fs	Kg/cm ²	1379.697			
V	Kg/cm ²	2.164			
Fca	Kg/cm ²	80			
Fsa	Kg/cm ²	1680			
Va	Kg/cm ²	3.65			

Donde Fc : Tensión de compresión M : Momento Flector
 Fs : Tensión de Tracción N : Carga Axial
 V : Tensión de corte S : Fuerza de corte
 Fca: Tensión admisible de compresión As1: Acero de refuerzo
 Fsa: Tensión admisible de tracción As2: Acero de refuerzo
 Va: Tensión admisible de corte

11) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

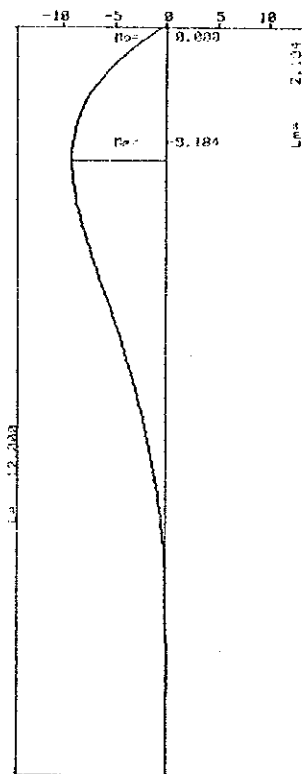


a) Articulación del cabezal de pilote

KAJUU--Ho= 10.192 (T)
 $H_o = 0.000$ (TM)
 BET= 3.575111639E-03 (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI:DE= 0.58480 (CM)
 KUI TOU KAKU:AL=-2.09081551E-03(RAD)
 UNDER G.L. $M_{max} = -9.184$ (TM)
 $L_m = 219.475$ (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.584	0.000	-10.192
0.500	0.481	-4.238	-8.870
1.000	0.383	-6.975	-4.180
1.500	0.294	-8.516	-2.074
2.000	0.215	-9.137	-0.491
2.500	0.149	-9.082	0.642
3.000	0.095	-8.557	1.401
3.500	0.052	-7.731	1.856
4.000	0.019	-6.740	2.074
4.500	-0.004	-5.686	2.115
5.000	-0.021	-4.645	2.029
5.500	-0.032	-3.671	1.858
6.000	-0.038	-2.795	1.636
6.500	-0.040	-2.038	1.390
7.000	-0.039	-1.405	1.140
7.500	-0.037	-0.896	0.899
8.000	-0.033	-0.503	0.676
8.500	-0.029	-0.215	0.479
9.000	-0.025	-0.019	0.309
9.500	-0.020	0.098	0.167
10.000	-0.015	0.152	0.053
10.500	-0.011	0.156	-0.032
11.000	-0.007	0.124	-0.092
11.500	-0.003	0.068	-0.128
12.000	0.000	0.000	-0.140
12.000	0.000	0.000	-0.140

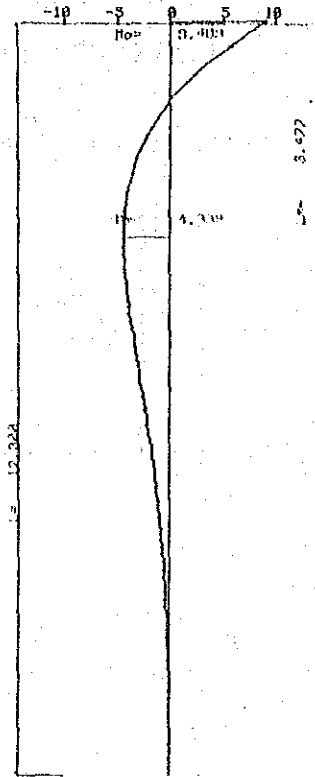


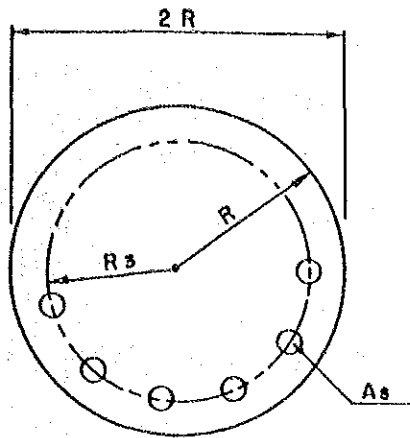
b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJU--Ho= 10.192 (T)
 Ho= -9.409 (TM)
 BET= 3.575111639E-03 (CM-1)
 KUI--SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI:DE= 0.39178 (CM)
 KUI TOU KAKU:AL=-7.11418912E-04(RAD)
 UNDER G.L. Mmax= -4.338 (TM)
 Lm = 347.748 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.391	9.409	-10.192
0.500	0.351	4.903	-7.871
1.000	0.303	1.491	-5.827
1.500	0.254	-0.974	-4.087
2.000	0.206	-2.647	-2.851
2.500	0.161	-3.674	-1.585
3.000	0.121	-4.136	-0.624
3.500	0.087	-4.337	0.024
4.000	0.058	-4.204	0.476
4.500	0.035	-3.888	0.765
5.000	0.016	-3.460	0.925
5.500	0.003	-2.978	0.986
6.000	0.000	-2.486	0.973
6.500	-0.013	-2.013	0.910
7.000	-0.017	-1.581	0.814
7.500	-0.018	-1.201	0.701
8.000	-0.019	-0.880	0.581
8.500	-0.018	-0.613	0.463
9.000	-0.016	-0.415	0.354
9.500	-0.014	-0.262	0.257
10.000	-0.011	-0.155	0.176
10.500	-0.008	-0.083	0.111
11.000	-0.005	-0.040	0.065
11.500	-0.003	-0.015	0.037
12.000	0.000	0.000	0.027
12.000	0.000	0.000	0.027





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	9.184	9.184	
N	t.	56.320	27.531	
H	t.	10.192	10.192	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	$(\phi 19 \times 10)$ 28.400	$(\phi 19 \times 10)$ 28.400	
C		0.645	1.064	
S		0.242	1.114	
Fc	Kg/cm ²	62.343	68.739	
Fs	Kg/cm ²	351.716	1079.653	
V	Kg/cm ²	3.604	3.604	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

Donde: Fc : Tensión de compresión
 Fs : Tensión de tracción
 V : Tensión de corte
 Fca : Tensión admisible de compresión
 Fsa : Tensión admisible de tracción
 Va : Tension admisible de corte
 M : Momento flector
 N : Carga axial
 S : Fuerza de corte
 As : Acero de refuerzo

12) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (Fcv)

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{56.320 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 19.9 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (Fch)

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{10.193 \times 10^3}{60 \times 10} = 17.0 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{56.320 \times 10^3}{\pi(60+90) \times 90} = 1.33 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

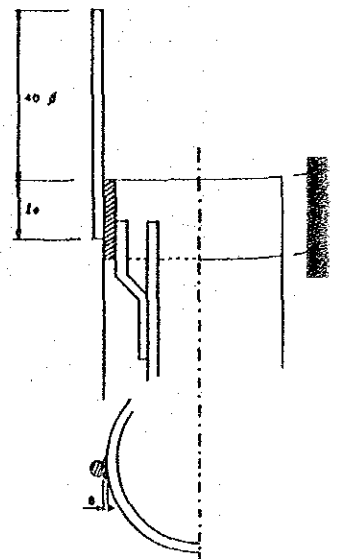
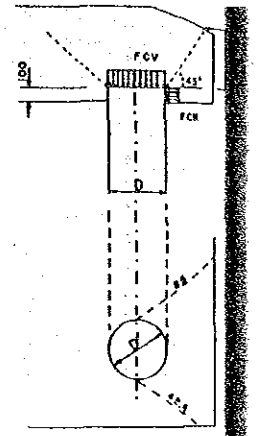
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_H = \frac{10.193 \times 10^3}{(85+42.4)10} = 8.00 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

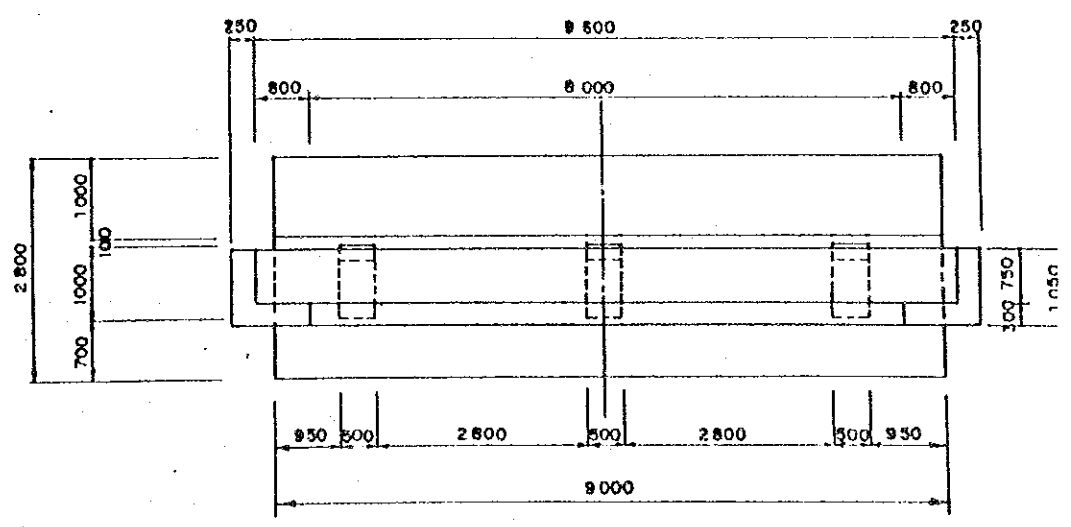
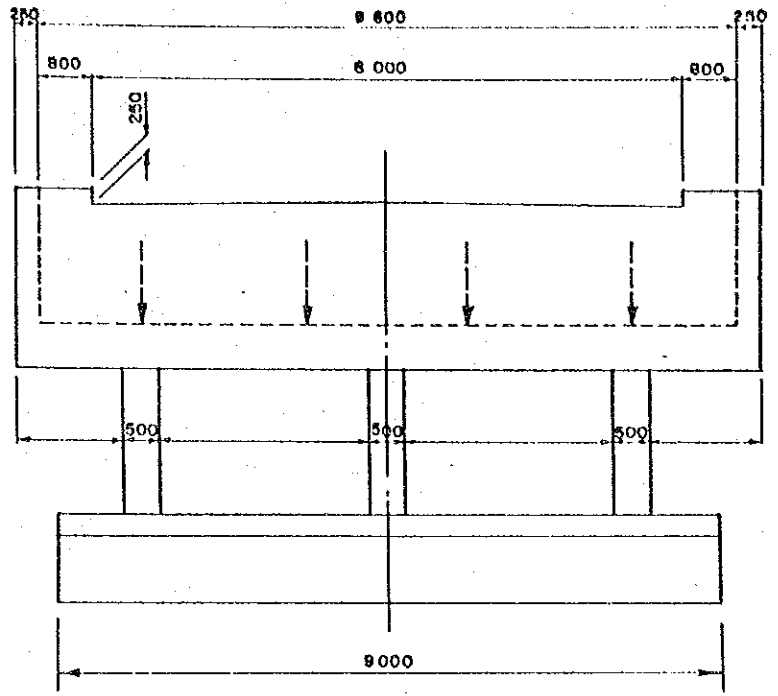
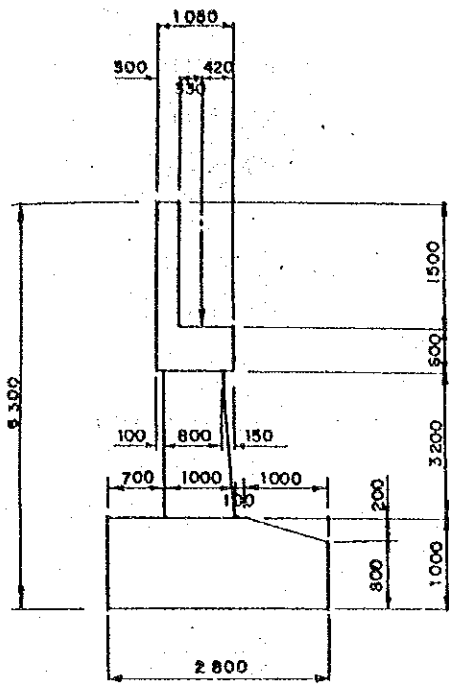
d) Tensión de corte en los fierros soldados

$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.7 Puente Curirabita
 1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	86.48t
Carga Viva (L+I)	70.59t
Reacción Total	157.07t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (CF)	2.521 t
--------------------------	---------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal $1/2 \times 7.104$	=	3.552t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.859$	=	0.930t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal $1/2 \times 3.065$	=	1.533
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.226$	=	0.613

3) Peso Propio del Estribo (D)

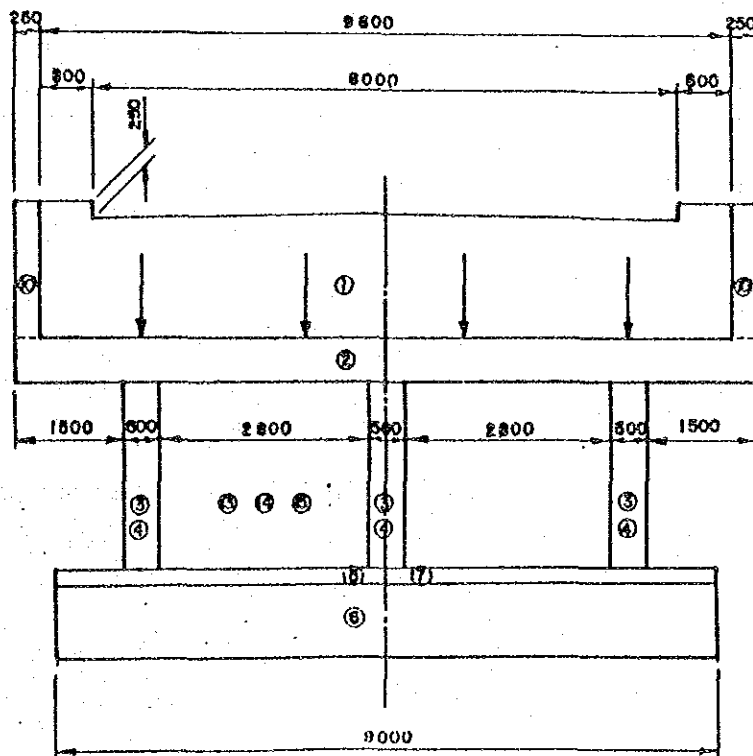
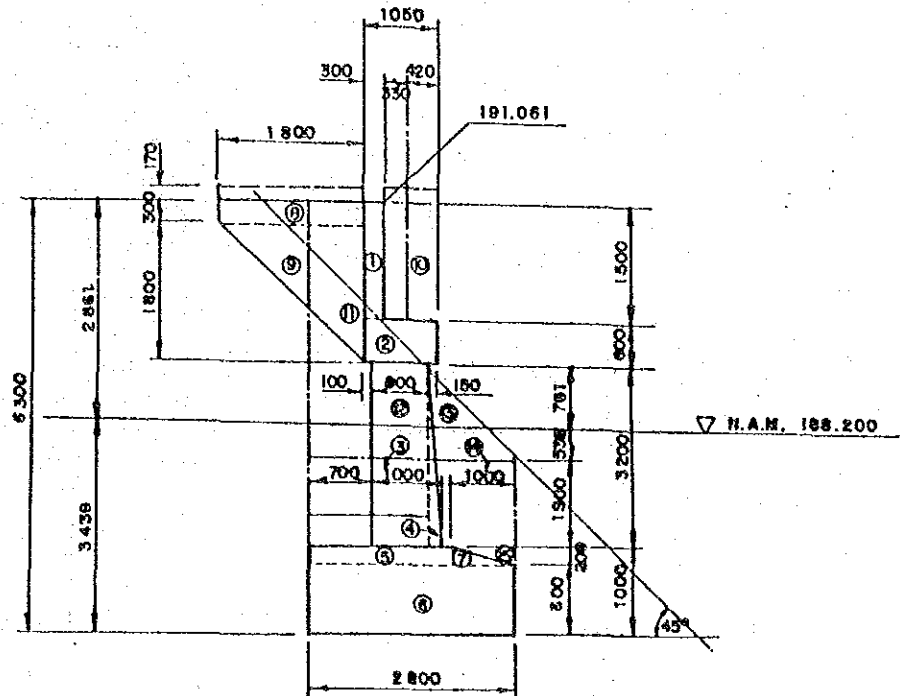


Tabla 6.7-1

Fórmula		V	X	V · X
1	1.50x0.30x10.10x2.4	10.908	0.850	9.272
2	1.05x0.60x10.10x2.4	15.271	1.225	18.707
3	0.80x3.20x0.5x2.4x3	9.216	1.100	10.138
4	1/2x0.20x3.20x0.5x2.4x3	1.152	1.567	1.805
5	1.80x0.20x9.0x2.4	7.776	0.900	6.998
6	2.80x0.8x9.0x2.4	48.384	1.400	67.738
7	1/2x1.00x0.20x9.0x2.4	2.160	2.133	4.607
8	0.47x1.80x0.25x2.4x2	1.015	-0.300	- 0.305
9	1/2x1.80x1.80x0.25x2.4x2	1.944	0.000	0.000
10	0.75x1.670x0.25x2.4x2	1.503	1.275	1.916
11	0.60x2.10x9.0x1.7	19.278	0.300	5.783
12	1.50x1.30x9.0x1.7	29.835	0.750	22.376
13	1/2x1.30x1.30x9.0x1.7	12.929	1.933	24.992
14	2.80x1.90x9.0x1.7	81.396	1.400	113.954
15	1/2x1.0x0.2x9.0x1.7	1.530	2.467	3.775
-3	0.80x3.20x0.50x1.7x3	- 6.528	1.100	- 7.181
-4	1/2x0.20x3.20x0.50x1.7x3	- 0.816	1.567	- 1.279
Peso Total del Hormigón y del Suelo		236.953		283.296
-3	0.848x2.439x0.5x1.0x3	- 3.102	1.124	- 3.487
-4	1/2x0.152x2.439x0.5x1.0x3	- 0.278	1.551	- 0.431
-5	1.80x0.20x9.0x1.0	- 3.240	0.900	- 2.916
-6	2.80x0.8x9.0x1.0	-20.160	1.400	-28.224
-7	1/2x1.00x0.20x9.0x1.0	- 0.900	2.133	- 1.920
-12	2.261x0.539x9.0x0.9	- 9.871	1.131	-11.164
-13	1/2x0.539x0.539x9.0x0.9	- 1.177	2.441	- 2.873
-14	2.80x1.90x9.0x0.9	-43.092	1.400	-60.329
-15	1/2x1.00x0.20x9.0x0.9	- 0.810	2.467	- 1.998
3	0.848x2.439x0.50x0.9x3	2.792	1.124	3.138
4	1/2x0.152x2.439x0.50x0.9x3	0.250	1.551	0.388
Subpresión Total		-79.588		-109.816
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		157.365		173.480

Punto de Acción de la resultante

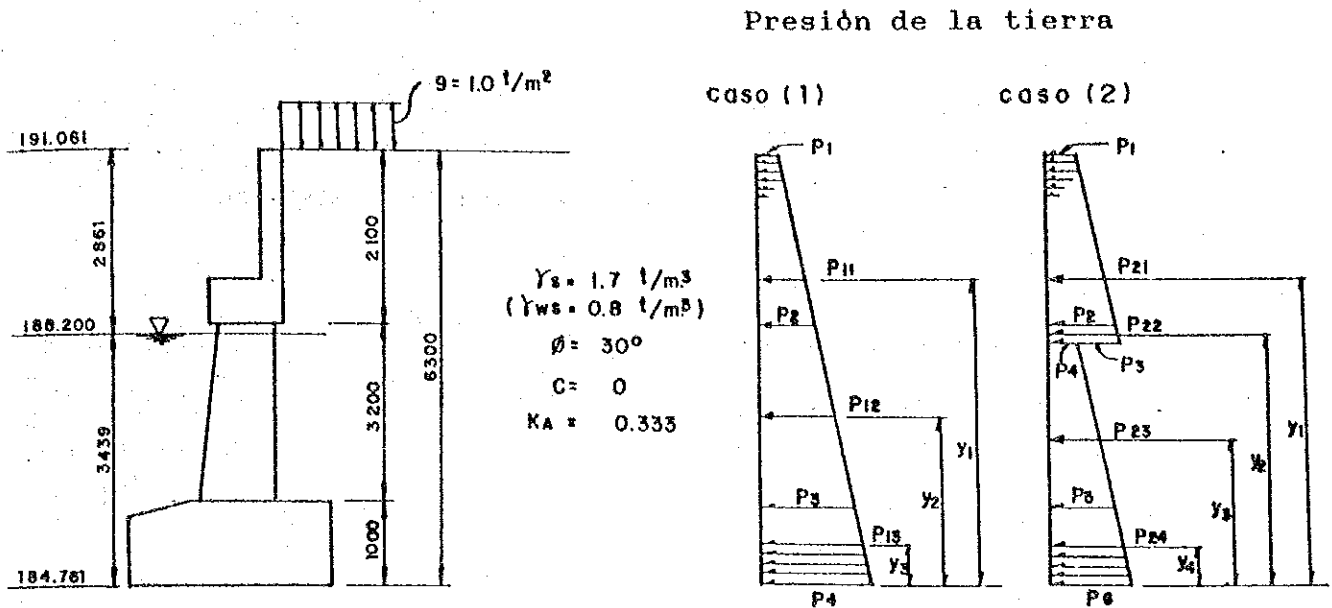
(1) Peso del Hormigón y del Suelo

$$X = \frac{283.296}{236.953} = 1.196m (-0.204m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{173.480}{157.365} = 1.102m (-0.298m)$$

4) Presión de la tierra (E)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned}
 p_1 &= (\gamma \cdot Z + q) \cdot K_A = 1.0 \times 0.333 &= 0.333 \text{ t/m}^2 \\
 p_2 &= (1.7 \times 2.100 + 1.0) \times 0.333 &= 1.522 \text{ t/m}^2 \\
 p_3 &= (1.7 \times 5.30 + 1.0) \times 0.333 &= 3.333 \text{ t/m}^2 \\
 p_4 &= (1.7 \times 6.30 + 1.0) \times 0.333 &= 3.899 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned}
 P_{11} &= 1/2 \cdot (P_1 + P_2) \cdot h \cdot L &= 18.698 \text{ t} \\
 &= 1/2 \cdot (0.333 + 1.522) \times 2.10 \times 9.60 \\
 P_{12} &= 1/2 \times (1.522 + 3.333) \times 3.20 \times (0.5 \times 3) \times 3 &= 34.956 \text{ t} \\
 P_{13} &= 1/2 \times (3.333 + 3.899) \times 1.0 \times 9.0 &= 32.544 \text{ t}
 \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y_1 = \frac{2.100 \times (2 \times 0.333 + 1.522)}{3 \times (0.333 + 1.522)} + (3.200 + 1.000) = 5.026 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{3.200 \times (2 \times 1.522 + 3.333)}{3 \times (1.522 + 3.333)} + 1.000 = 2.401 \text{ m}$$

$$Y3 = \frac{1.000 \times (2 \times 3.333 + 3.899)}{3 \times (3.333 + 3.899)} = 0.487m$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333t/m^2$$

$$p2 = 1.522t/m^2$$

$$p3 = (1.7 \times 2.861 + 1.0) \times 0.333 = 1.953t/m^2$$

$$p4 = (0.8 \times 2.861 + 1.0) \times 0.333 = 1.095t/m^2$$

$$p5 = (0.8 \times 5.300 + 1.0) \times 0.333 = 1.745t/m^2$$

$$p6 = (0.8 \times 6.300 + 1.0) \times 0.333 = 2.011t/m^2$$

Empuje de tierra

$$P21 = P11 = 18.698t$$

$$P22 = 1/2 \times (1.522 + 1.953) \times 0.761 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 5.950t$$

$$P23 = 1/2 \times (1.095 + 1.745) \times 2.439 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 15.585t$$

$$P24 = 1/2 \times (1.745 + 2.011) \times 1.000 \times 9.000 = 16.902t$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 5.026m$$

$$Y2 = \frac{0.761 \times (2 \times 1.522 + 1.953)}{3 \times (1.522 + 1.953)} + 3.439 = 3.804m$$

$$Y3 = \frac{2.439 \times (2 \times 1.095 + 1.745)}{3 \times (1.095 + 1.745)} + 1.000 = 2.126m$$

$$Y4 = \frac{1.000 \times (2 \times 1.745 + 2.011)}{3 \times (1.745 + 2.011)} = 0.488m$$

Fuerza horizontal y Momento Flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$H = P11 + P12 + P13 \\ = 18.698 + 34.956 + 32.544 = 86.198t$$

$$M = P11 \times Y1 + P12 \times Y2 + P13 \times Y3 \\ = 18.698 \times 5.026 + 34.956 \times 2.401 + 32.544 \times 0.487 = 193.754t.m$$

Caso (2) con agua

$$H = 18.698 + 5.950 + 15.585 + 16.902 = 57.135t$$

$$M = 18.698 \times 5.026 + 5.950 \times 3.804 + 15.585 \times 2.126 + \\ 16.902 \times 0.488 = 157.992tm$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"
(C: Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6-7-2

	Longitudinal							Transversal	
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t.m)		H (t)	M=HY (t.m)	
					N.x	H.y			
Peso propio estribo (D+B)	(236.953) 157.365		(-0.204) -0.298			(-48.338) -46.895			
Reacción (D)	86.48		-0.170			-14.702			
Superestructura (L+I)	70.59		-0.170			-12.000			
Fuerza longitudinal (CF)		2.521		4.950			12.479		
Fuerza de viento (W)		0.930		4.950			4.604	20.317	
Fuerza de viento (WL)		0.613		4.950			3.034	12.370	
Empuje de tierra (E)		86.198 57.135					193.754 157.992		
Grupo I J = 100%	(394.023)	88.719				(131.193)			
D+(L+I)+CF+E+B	314.435	59.656				96.874			
Grupo II J = 125%	(323.433)	87.128				(135.318)			
D+E+B+W	243.845	58.065				100.779	3.552	20.317	
Grupo III J = 125%	(394.023)	89.611				(135.608)			
D+(L+I)+CF+E+B+OW+WL	314.435	60.548				101.289	2.599	18.465	

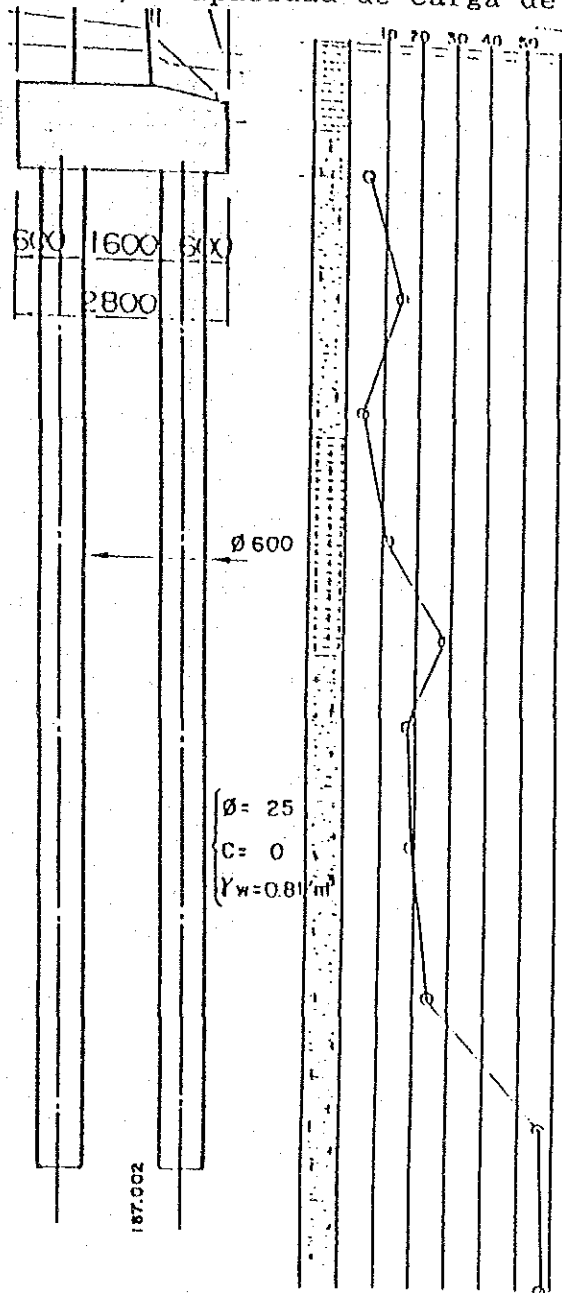
Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexión

Valores en () * no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario básico

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

a) Capacidad de carga de un Pilote (Ra)

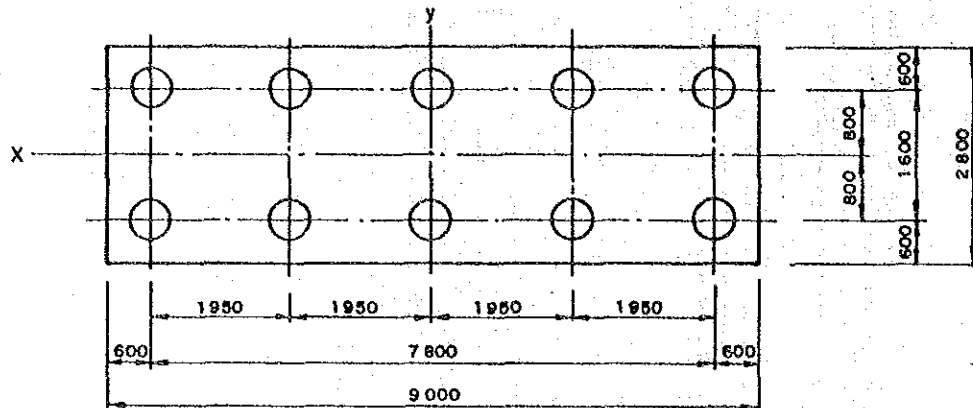


L (m)	N̄	f (t/m²)	f.U.L (t)
3.9	8.3	1.7	12.5
3.0	11.0	11.0	62.2
7.1	3.2	6.4	85.7
Total fs			160.4

$$\begin{aligned}
 q_d &= \alpha C * N_c + \beta * \gamma * 2 * D * N_\gamma + \gamma * 1.5 * D * N_q \\
 &= (N_c = 32.0, N_\gamma = 29.0, N_q = 21.0) \\
 &= 0.3 * 0.6 * 0.8 * 29 + 0.8 * 15.5 * 21.0 \\
 &= 275.4 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_a &= (q_d * A + f_s) / 3 \\
 &= (267.4 * 0.283 + 160.4) / 3 \\
 &= 79 \text{ t}
 \end{aligned}$$

b) Distribución de los Pilotes



$$0 = \tan^{-1} = 0.60/1.60 = 20.5$$

$$E = 1 - \frac{20.5 \times (5 - 1) \times 2 + (2 - 1) \times 5}{90 \times 5 \times 2} = 0.704$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R \cdot E = 79t \times 0.704 = 56t.$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N}{n} - \frac{M_x \cdot y}{I_x} - \frac{M_y \cdot x}{I_y}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

I_x(I_y) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura 6.6.6-b)

$$I_x = 5 \times (0.8)^2 + 5 \times (-0.8)^2 = 6.40m^2$$

$$I_y = 2 \times 1.95^2 + 2 \times 3.90^2 + 2 \times (-1.95)^2 + 2 \times (-3.90)^2 = 76.050m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{314.435}{10} + \frac{96.874 \times 0.8}{6.40} = 43.6t \quad < Pa = 56t \\ = 19.3t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{394.023}{10} + \frac{131.193 \times 0.8}{6.40} = 55.8t \\ = 23.0t$$

Grupo II

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{243.845}{10} + \frac{100.999 \times 0.8}{6.40} + \frac{20.317 \times 3.9}{76.050} = 38.1t \\ = 10.7t$$

$$< Pa = 56 \times 125$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{323.433}{10} + \frac{135.318 \times 0.8}{6.40} + \frac{20.317 \times 3.9}{76.050} = 50.3t \\ = 14.4t$$

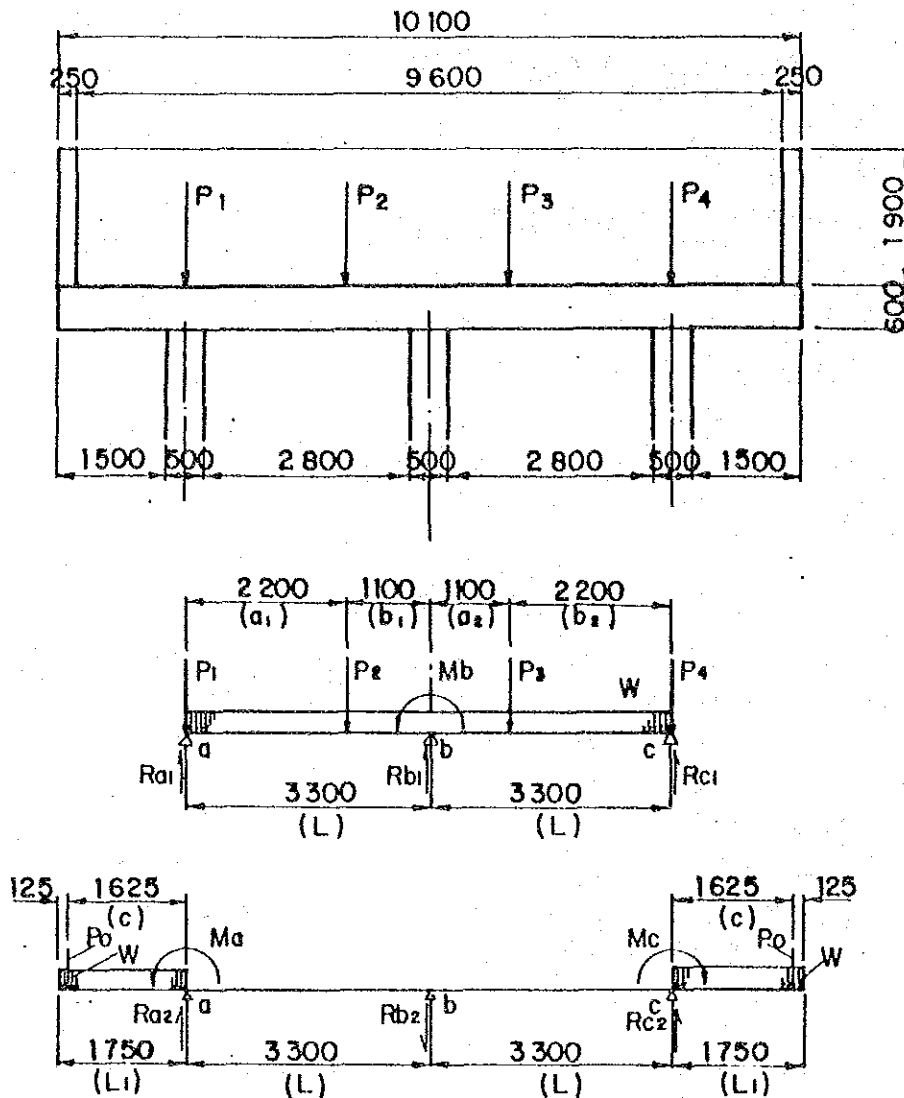
Grupo III

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{314.435}{10} + \frac{101.289 \times 0.8}{6.40} + \frac{18.465 \times 3.9}{76.050} = 45.1t \\ = 17.8t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{394.023}{10} + \frac{135.608 \times 0.8}{6.40} + \frac{18.465 \times 3.9}{76.050} = 57.3t \\ = 21.6t$$

$$< Pa = 70t$$

8) Diseño de la viga de apoyo del Puente



Reacciones sobre las columnas (axial)

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = R_c$$

$$R_{a1} = P_1 + \frac{1}{4 \cdot L^3} \cdot \{ P_2 \cdot b_1 \cdot (2 \cdot a_1^2 + 7 \cdot a_1 \cdot b_1 + 4 \cdot b_1^2) - P_3 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot (a_2 + 2b_2) \} + \frac{3}{8} \cdot W \cdot L$$

$$R_{a2} = P_0 \cdot (L + C) / L + \{ W \cdot L_1 \cdot (L + L_1/2) \} / L$$

$$R_b = R_{b1} + R_{b2}$$

$$R_{b1} = \frac{1}{2 \cdot L^3} \cdot \{ P_2 \cdot a_1 \cdot (4 \cdot a_1^2 + 10 \cdot a_1 \cdot b_1 + 5 \cdot b_1^2) + P_3 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot (a_2 + 2b_2) \} + \frac{5}{4} \cdot W \cdot L$$

$$R_{b2} = -P_0 \cdot C / L - W \cdot L_1^2 / 2 \cdot L$$

Momento Flector

$$M_a = P_0 \cdot C + \frac{1}{2} \cdot W \cdot L^2 = M_c$$

$$M_b = -L/4 \cdot \left\{ P_2 \cdot \left[a_1/L - (a_1/L)^3 \right] + P_3 \cdot \left[b_2/L - (b_2/L)^3 \right] \right\} - W \cdot L^2 / 8$$

Tabla 6.7-3

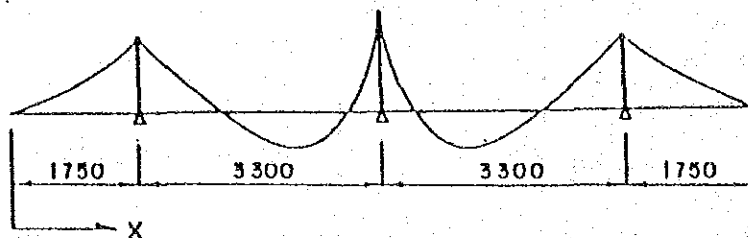
		Carga	Ra	Rb	Rc
Carga muerta de Superestructura	D	P ₁ = 21.81 P ₂ = 21.43 P ₃ = 21.43 P ₄ = 21.81	24.985	36.510	24.985
Carga muerta de asiento de puente	D	W = 2.592 p = 25.315	12.724	5.793	12.724
Carga viva	L+I	P ₁ = 17.648 P ₂ = 17.647 P ₃ = 17.647 P ₄ = 17.648	20.262	30.065	20.262
	(L+I)	P ₁ = 23.353 P ₂ = 23.161 P ₃ = 23.161 P ₄ = 23.353	26.784	39.459	26.784
Fuerza de viento	W	P ₁ = 0.446 P ₂ = 0.149 P ₃ = -0.149 P ₄ = -0.446	0.495		-0.495
	WL	P ₁ = 1.392 P ₂ = 0.464 P ₃ = -0.464 P ₄ = -1.392	0.759		-0.759
Grupo I J = 100 % D + (L + I)		P ₁ = $\frac{39.458}{(45.163)}$ P ₂ = $\frac{39.077}{(44.591)}$ P ₃ = $\frac{39.077}{(44.591)}$ P ₄ = $\frac{39.458}{(45.163)}$	57.971 (64.493)	71.958 (81.352)	57.971 (64.493)
Grupo II J = 125 % D + W		P ₁ = 22.807 P ₂ = 21.756 P ₃ = 21.104 P ₄ = 20.813	38.204	42.303	37.214
Grupo III J = 125 % D + (L+I) + 0.3W + WL		P ₁ = $\frac{41.149}{(46.854)}$ P ₂ = $\frac{39.639}{(45.153)}$ P ₃ = $\frac{38.515}{(44.029)}$ P ₄ = $\frac{37.757}{(45.472)}$	58.879 (65.401)	72.368 (81.762)	57.064 (63.586)

Donde J = Porcentaje de incremento de las tensiones básicas.

Como se podrá observar en el análisis de cargas y fuerzas axiales (reacciones) de la tabla anterior, el grupo I esta sometido a las sollicitaciones más desfavorables, de manera que este grupo será elegido para el diseño.

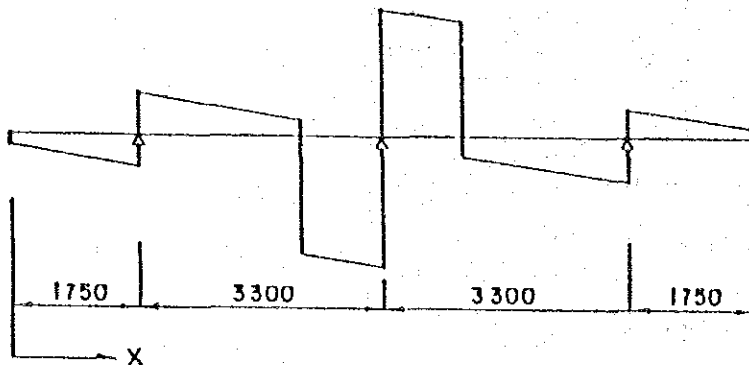
Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes, se muestran en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)



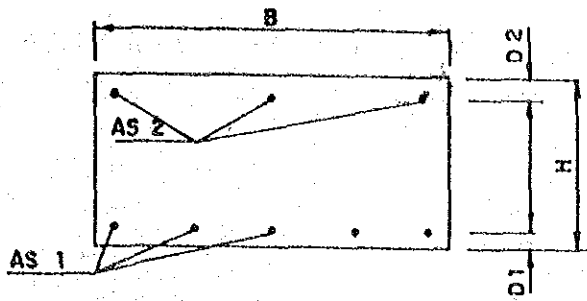
X	M	X	M
0.125	-0.020	0.125	-0.020
1.750	-0.002	1.750	-0.002
3.950	12.022	3.950	10.021
5.050	-30.779	5.050	-27.110
6.150	12.619	6.150	10.022
8.350	-0.009	8.350	-0.009
9.975	-0.031	9.975	-0.031

Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



X	S1	S2	X	S1	S2
0.125	-0.321	-2.055	0.125	-0.321	-2.055
1.750	-7.007	12.202	1.750	-7.007	11.443
3.950	0.560	-30.030	3.950	5.743	-33.333
5.050	-40.092	10.079	5.050	-30.195	30.102
6.150	39.029	-6.502	6.150	33.331	-5.745
8.350	-12.204	7.005	8.350	-11.447	7.005
9.975	2.853	0.321	9.975	2.853	0.321

Dimensionamiento de la sección

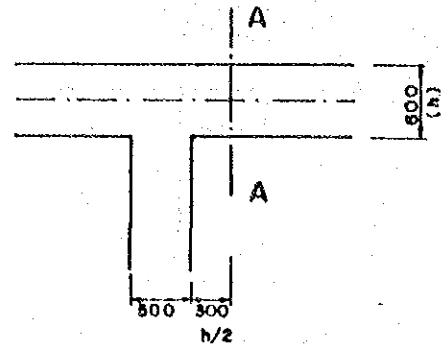
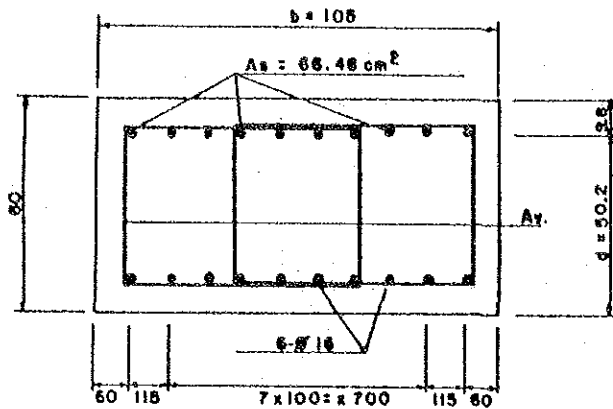


	Unidad	Momento Mínimo	Momento Máximo		
M	tm.	30.779	12.619		
N	t.	0.000	0.000		
S	t.	40.882	38.030		
B	cm	105.000	105.000		
H	cm	60.000	60.000		
D ₁	cm	6.000	6.000		
D ₂	cm	0.000	0.000		
As ₁	cm ²	39.680	17.920		
As ₂	cm ²	0.000	0.000		
D	cm	54.000	54.000		
NP	Kg/cm ²	0.104973	0.047407		
MD/BD ²	Kg/cm ²	10.052	4.121		
S/BD	Kg/cm ²	7.210	6.707		
C		6.237	8.303		
S		10.846	23.132		
F _c	Kg/cm ²	62.698	34.220		
F _s	Kg/cm ²	1635.483	1430.085		
V	Kg/cm	7.210	6.707		
F _{ca}	Kg/cm ²	80	80		
F _{sa}	Kg/cm ²	1680	1680		
V _a	Kg/cm ²	3.65	3.65		

Donde

F _c : Tensión de compresión	M : Momento Flector
F _s : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
F _{ca} : Tensión admisible de compresión	As ₁ : Acero de refuerzo
F _{sa} : Tensión admisible de tracción	As ₂ : Acero de refuerzo
V _a : Tensión admisible de corte	

Dimensionamiento por Corte



$$M = 8.686 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$V = 39.397 \text{ t}$$

Donde

$$V_A = 0.9 \sqrt{f_c'} + 1100 \rho_w \left(\frac{V_{Ad}}{M_A} \right) \text{ (psi)}$$

$$\frac{V_{Ad}}{M_A} = \frac{39377 \times 52}{8.686 \times 10^6} = 0.24 > 1.0 \quad \frac{V_{Ad}}{M} = 1.0$$

$$= 0.239 \sqrt{f_c'} + 77.34 \rho_w \left(\frac{V_{Ad}}{M_A} \right) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

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

$$= 3.46 + 0.62$$

$$= 43.62 / 105 \times 52 = 0.00799$$

$$= 4.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$V = V_A / b \cdot d$$

S = Distancia entre Centros de Aceros de Refuerzo

$$= 39377 / 105 \times 52$$

$$= 7.21 \text{ kg/o} = V_A$$

$$(V - V_A) \leq 1.5 \sqrt{f_c'} = 5.76 \text{ kg/cm}^2$$

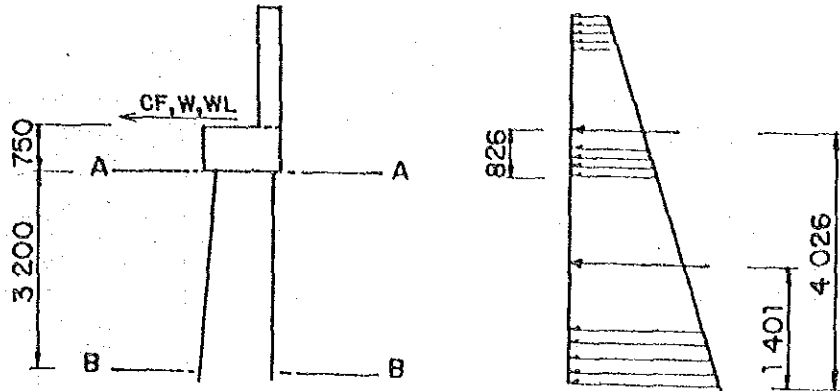
$$(7.21 - 4.08) = 3.13 \text{ kg/cm}^2 < 5.76 \text{ kg/cm}^2$$

Cantidad Requerida de Acero de Refuerzo

$$A_v = \frac{V - V_A \cdot b \cdot d \cdot S}{f_s}$$

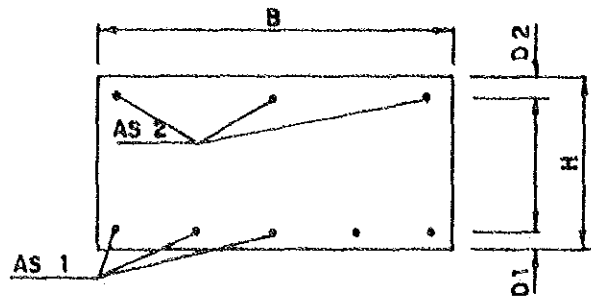
$$= \frac{3.13 \times 105 \times 20}{1680} = 3.91 \text{ cm}^2 < \emptyset \cdot 13 \times 4 = 5.16 \text{ cm}^2$$

9) Diseño de la Columna



Unidad : t, t·m

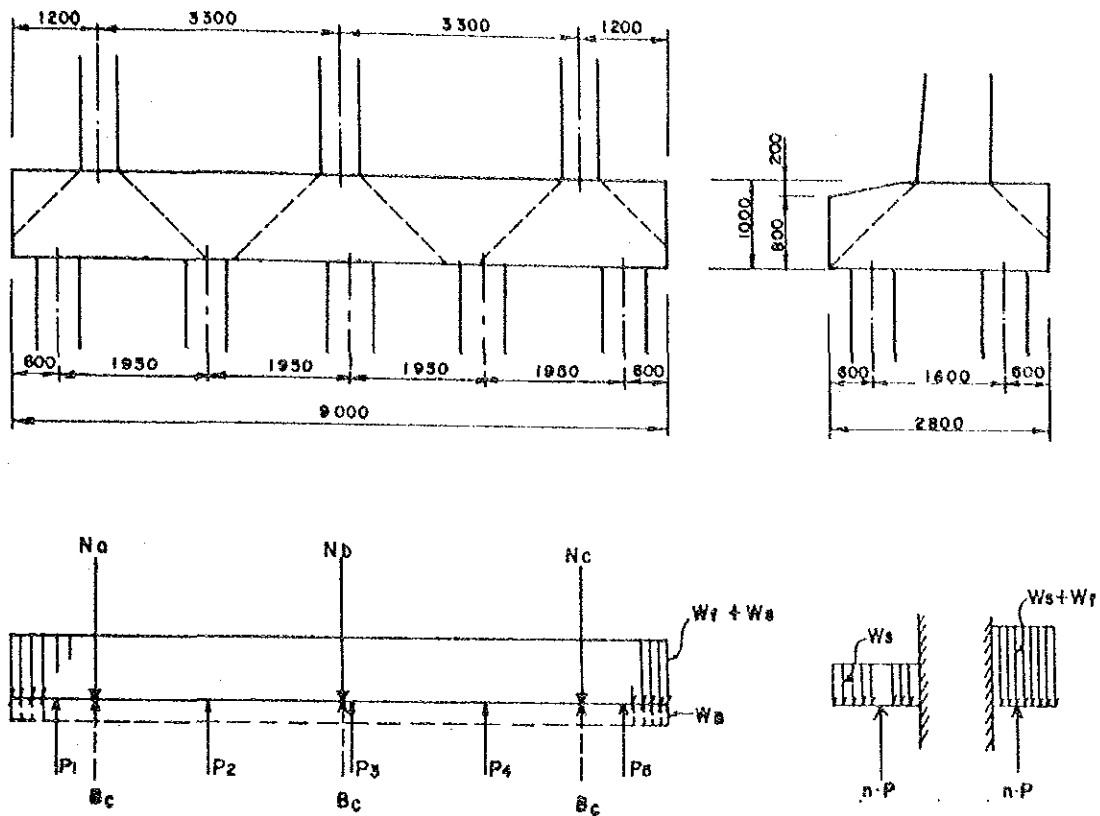
			H	Y	M	Por columna		N	
						H	M		
A	Fuerza Longitudinal	CF	2.521	0.750	1.891	0.840	0.630	-	-
	Fuerza de viento	W	0.930	0.750	0.698	0.310	0.233	-	-
		WL	0.613	0.750	0.460	0.204	0.153	-	-
I	Empuje de tierra	E	18.698	0.826	15.445	6.233	5.148	-	-
A	Grupo I		21.219	-	17.336	7.073	5.778	57.971	72.368
	Grupo II		19.628	-	16.143	6.543	5.381	37.214	42.303
	Grupo III		23.745	-	18.005	7.370	6.001	57.064	72.368
B	Fuerza Longitudinal	CF	4.154	3.950	16.408	0.840	3.319	-	-
	Fuerza de viento	W	0.930	3.950	3.674	0.310	1.225	-	-
		WL	0.613	3.950	2.421	0.204	0.807	-	-
I	Empuje de tierra	E	18.698	4.026	124.252	17.885	41.417	-	-
			34.956	1.401					
B	Grupo I		56.175	-	134.210	18.725	44.736	61.427	75.824
	Grupo II		54.584	-	127.926	18.195	42.642	41.165	45.759
	Grupo III		57.067	-	137.733	19.022	45.911	61.427	75.824



	Unidad	COLUMNA EXTERIOR		COLUMNA INTERIOR	
		A - A	B - B	A - A	B - B
M	tm.		46.886		46.886
N	t.		61.470		75.824
S	t.		19.270		13.270
B	cm		50.000		50.000
H	cm		95.000		95.000
D1	cm	Compresión	8.625	Compresión	8.625
D2	cm		6.000		6.000
As1	cm ²		31.840		31.840
As2	cm ²		9.900		9.900
D	cm		86.375		86.375
NP	Kg/cm ²		0.110587		0.110587
MD/BD ²	Kg/cm ²		18.974		20.470
S/BD	Kg/cm ²		4.461		4.461
C			4.170		3.942
S			3.982		3.181
Fc	Kg/cm ²		79.125		80.706
Fs	Kg/cm ²		1133.377		976.897
V	Kg/cm ²		4.461		4.461
Fca	Kg/cm ²		80		80
Fsa	Kg/cm ²		1680		1680
Va	Kg/cm ²		3.65		3.65

Donde Fc : Tensión de compresión M : Momento Flactor
 Fs : Tensión de Tracción N : Carga Axial
 V : Tensión de corte S : Fuerza de corte
 Fca: Tensión admisible de compresión As1: Acero de refuerzo
 Fsa: Tensión admisible de tracción As2: Acero de refuerzo
 Va: Tensión admisible de corte

10) Diseño del Cabezal de los Pilotes



$$P1 = \left(\frac{N}{n} + \frac{Mx1}{Iy} \right) \times 2$$

$$nP = \frac{N}{n} + \frac{My1}{Ix}$$

N = Carga axial (t.)

n = Número de Pilotes

M = Momento Flector (t.m.)

Iy = Momento de Inercia con respecto al eje "Y" (m²)

Ix = Momento de Inercia con respecto al eje "X" (m²)

X1 = Distancia desde el eje axial "Y" al pilote (m)

Y1 = Distancia desde el eje axial "X" al pilote (m)

Tabla 6.7-4 Cargas axiales sobre las columnas

Unidad : ton.

		Na	Nb	Nc
Fuerza axial	D	37.709	42.303	37.709
	L+I	20.262	30.065	20.262
Peso propio de columna	D	3.456	3.456	3.456
	B	- 1.127	- 1.127	- 1.127
Fuerza de viento	W	2.540	0	- 2.540
	WL	0.996	0	- 0.996
Grupo I J = 100 % D + (L + I) + B	B ≠ 0	60.300	74.697	60.300
	B = 0	61.427	75.824	61.427
Grupo II J = 125 % D + W + B	B ≠ 0	42.578	44.632	37.498
	B = 0	43.705	45.759	38.625
Grupo III J = 125 % D + (L + I) + B + 0.3W + WL	B ≠ 0	62.058	74.697	58.542
	B = 0	63.185	75.824	59.669
Peso propio de zapata	D	21.772 t/m		
	B	13.304 t/m (B=8.468 t/m)		

Tabla 6.7-5 Reaccion de pilote

Unidad : ton.

		P1	P2	P3	P4	P5	
Grupo I	B ≠ 0	63.007	63.007	63.007	63.007	63.007	
	B = 0	78.925	78.925	78.925	78.925	78.925	
Grupo II	B ≠ 0	49.931	49.410	48.889	48.368	47.847	
	B = 0	65.849	65.328	64.807	64.286	63.765	
Grupo III	B ≠ 0	63.954	63.481	63.007	62.534	62.060	
	B = 0	79.872	79.398	78.925	78.451	77.978	

Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y de los Esfuerzos Cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores(M)

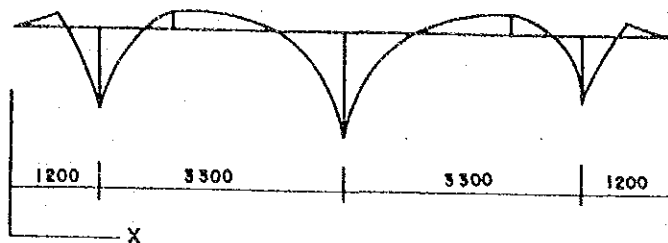
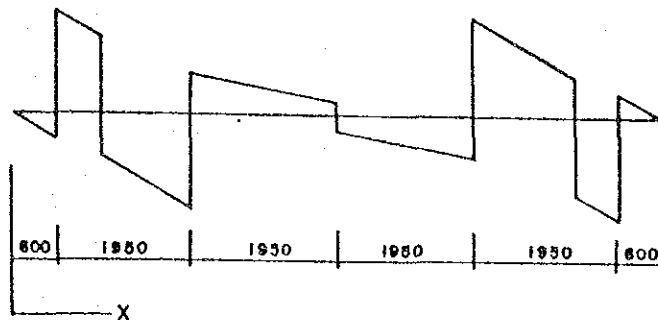
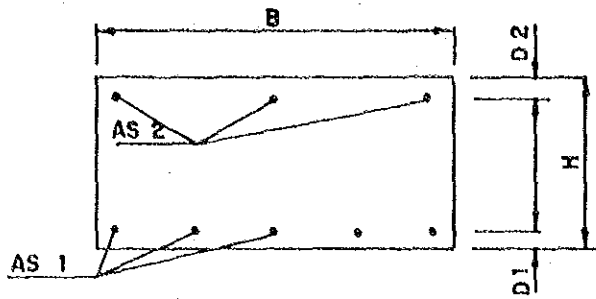


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0		B ≠ 0			
	X	M	X	M		
Momento Flector	0.600	-3.918	0.600	-2.394		
	1.200	31.629	1.200	28.225		
	2.550	0.191	2.550	-1.795		
	4.500	38.560	4.500	34.897		
	6.450	0.180	6.450	-1.792		
	7.800	31.625	7.800	28.231		
	8.400	-3.922	8.400	-2.386		
	9.000	-0.004	9.000	0.009		
Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1	S2
	0.600	-13.063	65.861	0.600	-7.982	55.024
	1.200	52.798	-8.628	1.200	47.042	-13.257
	2.550	-38.020	40.904	2.550	-31.218	31.788
	4.500	-1.551	1.550	4.500	5.846	-5.844
	6.450	-40.995	38.019	6.450	-31.786	31.220
	7.800	8.627	-52.799	7.800	13.259	-47.040
	8.400	-65.862	13.062	8.400	-55.022	7.984

Dimensionamiento de la sección



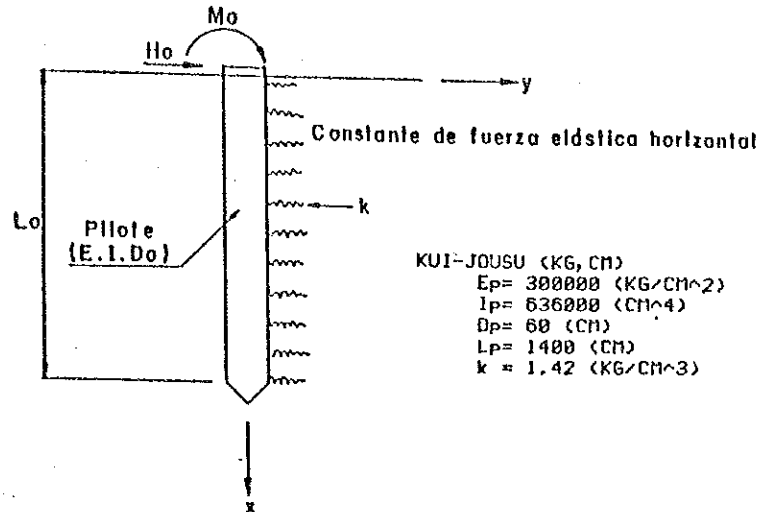
	Unidad	Momento Max (B=0)			
M	tm.	38.020			
N	t.	0.000			
S	t.	65.861			
B	cm	280.000			
H	cm	100.000			
D1	cm	15.000			
D2	cm	10.000			
As1	cm ²	34.920			
As2	cm ²	0.000			
D	cm	85.000			
NP	Kg/cm ²	0.022008			
MD/BD ²	Kg/cm ²	1.879			
S/BD	Kg/cm ²	2.767			
C		11.296			
S		48.487			
Fc	Kg/cm ²	21.230			
Fs	Kg/cm ²	1366.915			
V	Kg/cm ²	2.767			
Fca	Kg/cm ²	80			
Fsa	Kg/cm ²	1680			
Va	Kg/cm ²	3.65			

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca : Tensión admisible de compresión	As1 : Acero de refuerzo
Fsa : Tensión admisible de tracción	As2 : Acero de refuerzo
Va : Tensión admisible de corte	

11) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

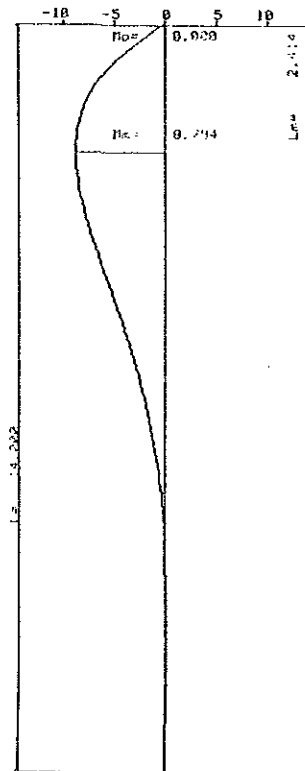


a) Articulación del cabezal de pilote

KAJU--Ho= 8.871 (T)
 Mo= 0.000 (TM)
 BET= 3.250501032E-03 (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI:DE= 0.62707 (CM)
 KUI TOU KAKU:AL=-2.20051914E-03 (RAD)
 UNDER G.L. Mmax= -8.794 (TM)
 Lm = 241.455 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.627	0.000	-8.871
1.000	0.463	-6.296	-4.025
2.000	0.281	-8.019	-0.880
3.000	0.143	-8.513	0.895
4.000	0.049	-7.155	1.688
5.000	-0.007	-5.351	1.842
6.000	-0.030	-3.589	1.840
7.000	-0.045	-2.121	1.281
8.000	-0.044	-1.035	0.893
9.000	-0.036	-0.320	0.546
10.000	-0.027	0.082	0.270
11.000	-0.019	0.246	0.070
12.000	-0.011	0.247	-0.059
13.000	-0.005	0.147	-0.131
14.000	0.000	-0.000	-0.154
14.000	0.000	-0.000	-0.154

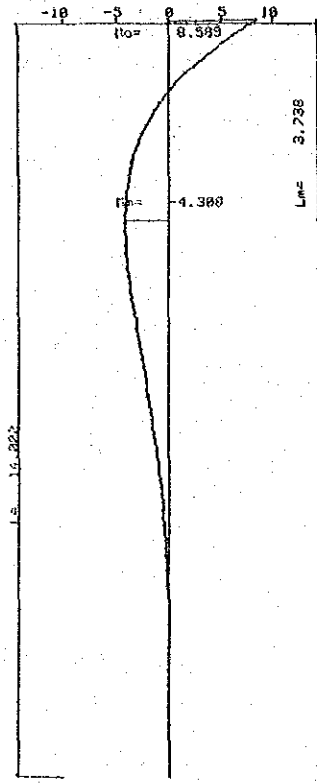


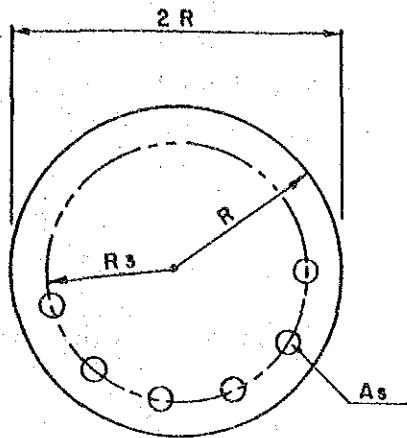
b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJUU--Ho= 8.871 (T)
 Mo= -8.589 (TM)
 BET= 3.258501032E-03 (CM-1)
 KUI--SENTAN: HINGE.

KUI TOU HENI: DE= 0.46401 (CM)
 KUI TOU KAKU: QL=-8.15828151E-04 (RAD)
 UNDER G.L. Mmax= -4.388 (TM)
 Lm = 373.870 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.464	8.589	-8.871
1.000	0.366	1.565	-5.313
2.000	0.268	-2.337	-2.645
3.000	0.164	-4.017	-0.848
4.000	0.089	-4.278	0.218
5.000	0.038	-3.761	0.741
6.000	0.003	-2.917	0.899
7.000	-0.014	-2.033	0.841
8.000	-0.022	-1.268	0.678
9.000	-0.022	-0.687	0.483
10.000	-0.019	-0.297	0.300
11.000	-0.015	-0.073	0.151
12.000	-0.009	0.021	0.045
13.000	-0.004	0.031	-0.017
14.000	0.000	-0.000	-0.038
14.000	0.000	-0.000	-0.038





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	8.794	8.794	
N	t.	55.801	23.003	
H	t.	8.871	8.871	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	($\phi 19 \times 10$) 28.400	($\phi 19 \times 10$) 28.400	
C		0.629	1.148	
S		0.216	1.319	
Fc	Kg/cm ²	59.574	66.772	
Fs	Kg/cm ²	307.354	1150.500	
V	Kg/cm ²	3.137	3.137	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

Donde: Fc : Tensión de compresión
 Fs : Tensión de tracción
 V : Tensión de corte
 Fca : Tensión admisible de compresión
 Fsa : Tensión admisible de tracción
 Va : Tension admisible de corte
 M : Momento flector
 N : Carga axial
 S : Fuerza de corte
 As : Acero de refuerzo

12) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (Fcv)

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{55.801 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 19.7 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (Fch)

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{8.872 \times 10^3}{60 \times 10} = 14.7 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

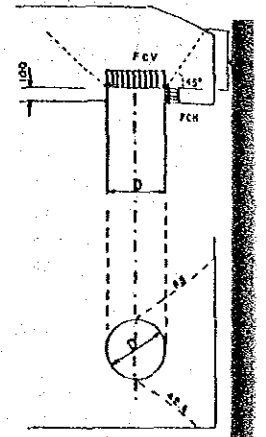
- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{55.801 \times 10^3}{\pi(60+70) \times 70} = 1.95 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

- Tensión de corte horizontal

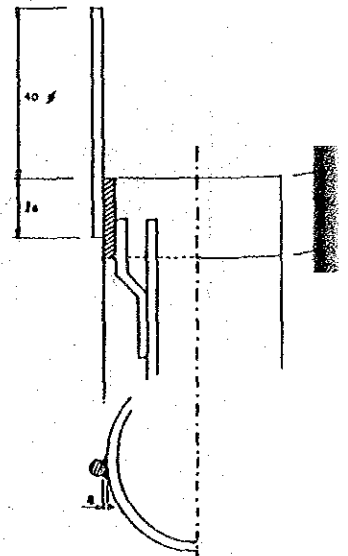
$$\tau_h = \frac{8.872 \times 10^3}{(85+42.4)10} = 6.96 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$



d) Tensión de corte en los fierros soldados

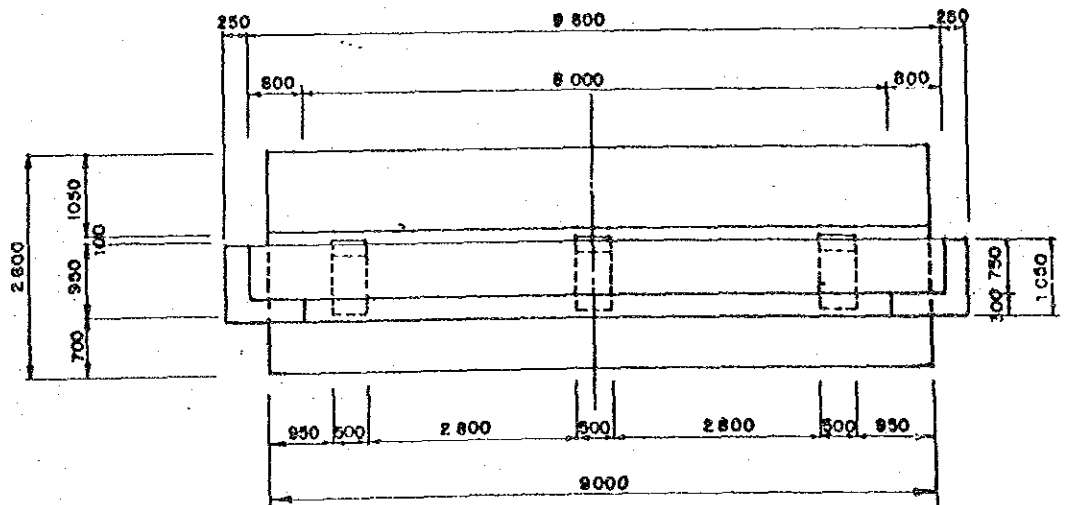
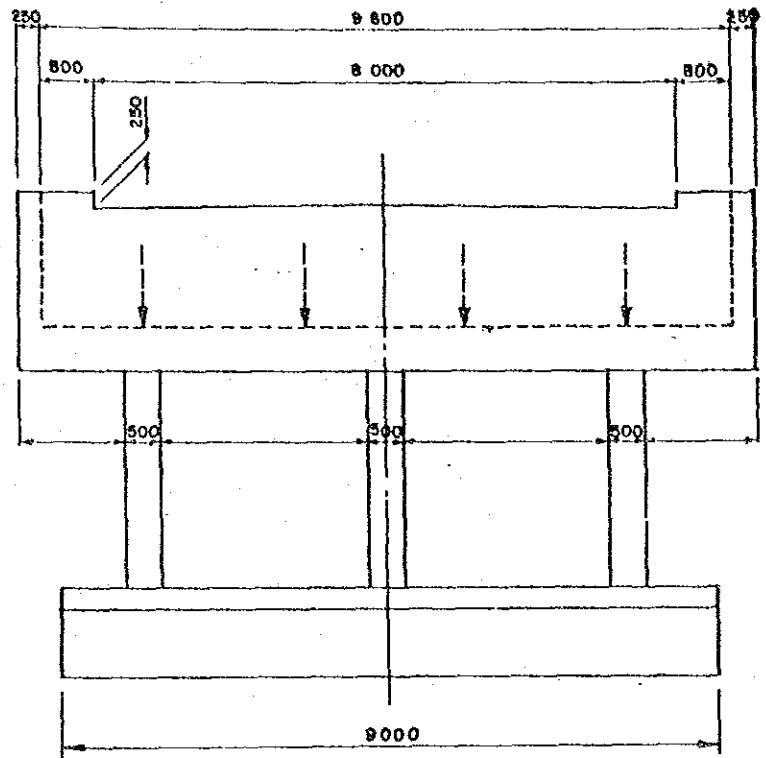
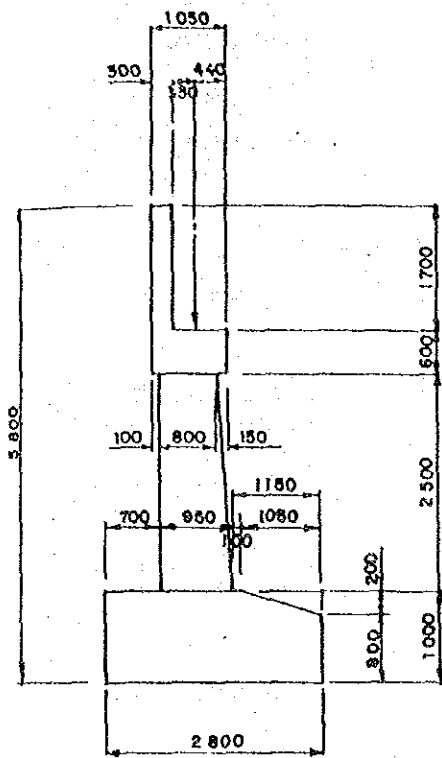
$$\tau_s = \frac{F_{sa} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



6.8 Puente Curiraba

1) Perfil



2) Fuerzas que transmite la Superestructura

a) Reacción de la Superestructura

Carga Muerta (D)	115.880t
Carga Viva (L+I)	71.780t
Reacción Total	187.660t

b) Fuerza Longitudinal por carga viva

Fuerza Longitudinal (F)	2.990t
-------------------------	--------

c) Fuerza del viento sobre la Superestructura (W)

Fuerza Transversal $1/2 \times 9.982$	=	4.991t
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 2.610$	=	1.305t

d) Fuerza del viento sobre la carga viva (WL)

Fuerza Transversal $1/2 \times 3.809$	=	1.905
Fuerza Longitudinal $1/2 \times 1.523$	=	0.762

3) Peso propio estribo (D)

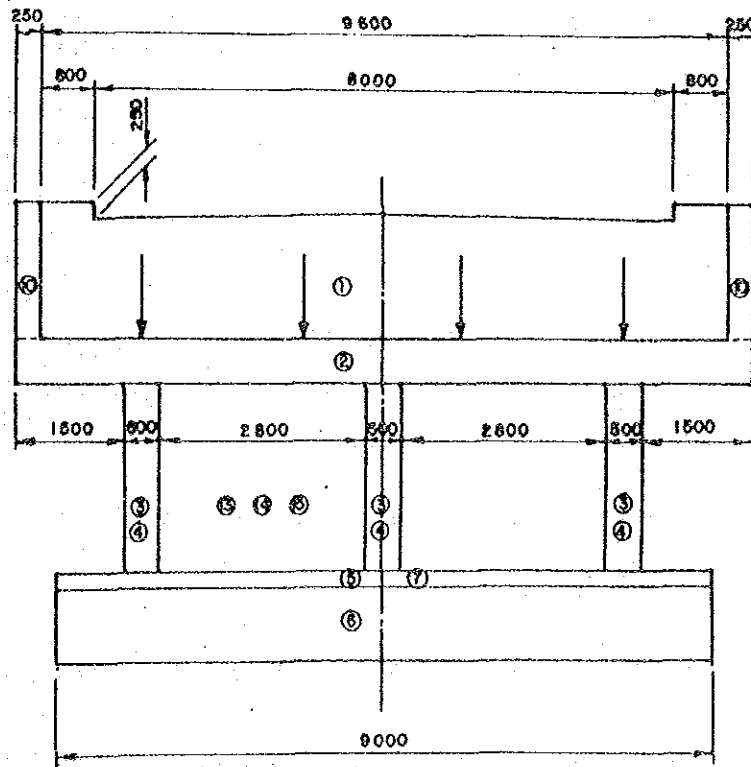
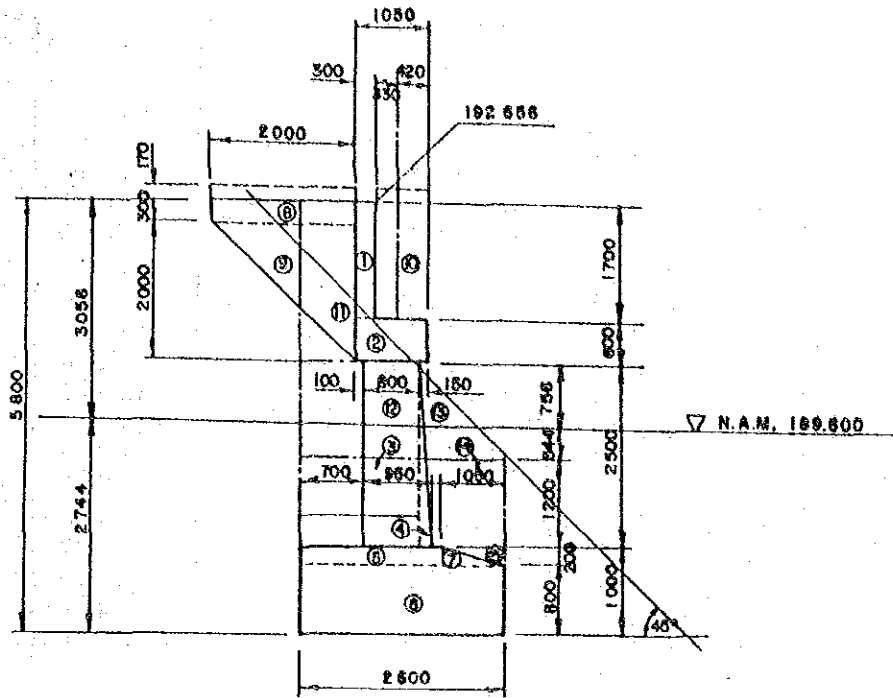


Tabla 6.8-1

Fórmula		V	X	V·X
1	0.3x1.70x10.1x2.4	12.362	0.750	9.272
2	0.60x1.05x10.1x2.4	15.271	1.125	17.180
3	0.80x2.50x0.5x2.4x3	7.200	1.100	7.920
4	1/2x0.15x0.50x2.50x2.4x3	0.675	1.550	1.046
5	1.75x0.20x9.0x2.4	7.560	0.875	6.615
6	2.80x0.8x9.0x2.4	48.384	1.400	67.738
7	1/2x0.20x1.05x9.0x2.4	2.268	2.100	4.763
8	0.470x2.0x0.25x2.4x2	1.128	-0.400	-0.451
9	1/2x2.0x2.0x0.25x2.4x2	2.400	-0.067	-0.161
10	0.75x1.87x0.25x2.4x2	1.683	1.275	2.146
11	0.60x2.30x9.6x1.7	22.522	0.300	6.757
12	1.50x1.30x9.0x1.7	29.835	0.750	22.376
13	1/2x1.30x1.30x9.0x1.7	12.929	1.933	24.992
14	2.80x1.20x9.0x1.7	51.408	1.400	71.971
15	1/2x0.20x1.05x9.0x1.7	1.607	2.450	3.937
-3	0.80x2.50x0.50x1.7x3	-5.100	1.100	-5.610
-4	1/2x0.15x0.50x2.5x1.7x3	-0.478	1.550	-0.741
Peso Total del Hormigón y del Suelo		211.654		239.750
-3	0.845x1.744x0.50x1.0x3	-2.210	1.123	-2.482
-4	1/2x0.105x1.744x0.50x1.0x3	-0.137	1.580	-0.216
-5	1.75x0.20x9.0x1.0	-3.150	0.875	-2.756
-6	2.80x0.8x9.0x1.0	-20.160	1.400	-28.224
-7	1/2x0.20x1.05x9.0x1.0	-0.945	2.100	-1.985
-12	2.256x0.544x9.0x0.9	-9.941	1.128	-11.213
-13	1/2x0.544x0.544x9.0x0.9	-1.199	2.437	-2.922
-14	2.80x1.200x9.0x0.9	-27.216	1.400	-38.102
-15	1/2x0.20x1.050x9.0x0.9	-0.851	2.450	-2.085
3	0.845x1.744x0.50x0.9x3	1.989	1.123	2.234
4	1/2x0.105x1.744x0.50x0.9x3	0.124	1.580	0.196
Subpresión Total		-63.696		-87.555
Resultante del Peso del Hormigón, Suelo y Subpresión		147.958		152.195

Punto de Acción de la resultante

(1) Peso del Hormigón y del Suelo

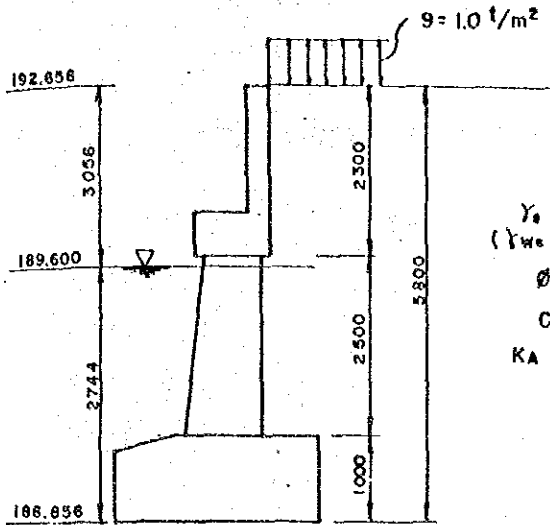
$$X = \frac{239.750}{211.654} = 1.133m (-0.267m)$$

(2) Peso del Hormigón y del Suelo + Subpresión

$$X = \frac{152.195}{147.958} = 1.029m (-0.371m)$$

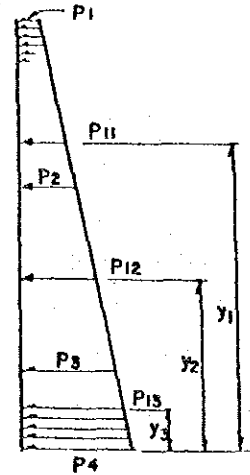
4) Presión de la tierra (E)

Presión de la tierra

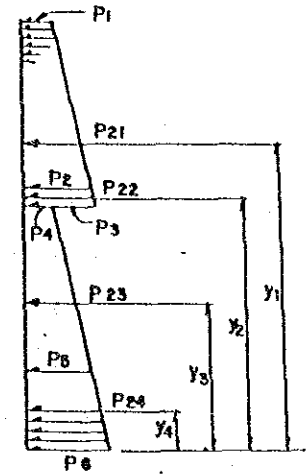


$$\begin{aligned} \gamma_s &= 1.7 \text{ t/m}^3 \\ (\gamma_{we} &= 0.8 \text{ t/m}^3) \\ \phi &= 30^\circ \\ C &= 0 \\ K_A &= 0.333 \end{aligned}$$

caso (1)



caso (2)



Caso (1) sin agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$\begin{aligned} p_1 &= (\gamma * Z + q) * K_A = 1.0 * 0.333 &= 0.333 \text{ t/m}^2 \\ p_2 &= (1.7 * 2.300 + 1.0) * 0.333 &= 1.635 \text{ t/m}^2 \\ p_3 &= (1.7 * 4.80 + 1.0) * 0.333 &= 3.050 \text{ t/m}^2 \\ p_4 &= (1.7 * 5.80 + 1.0) * 0.333 &= 3.616 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

(Empujes de tierra)

$$\begin{aligned} P_{11} &= 1/2 * (P_1 + P_2) * h * L \\ &= 1/2 * (0.333 + 1.635) * 2.30 * 9.60 &= 21.727 \text{ t} \\ P_{12} &= 1/2 * (1.635 + 3.050) * 2.50 * (0.5 * 3) * 3 &= 26.353 \text{ t} \\ P_{13} &= 1/2 * (3.050 + 3.616) * 1.0 * 9.0 &= 29.997 \text{ t} \end{aligned}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$\begin{aligned} Y_1 &= \frac{2.300 * (2 * 0.333 + 1.635)}{3 * (0.333 + 1.635)} + (2.500 + 1.000) = 4.396 \text{ m} \\ Y_2 &= \frac{2.500 * (2 * 1.635 + 3.050)}{3 * (1.635 + 3.050)} + 1.000 = 2.124 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y3 = \frac{1.000 \times (2 \times 3.050 + 3.616)}{3 \times (3.050 + 3.616)} = 0.486\text{m}$$

Caso (2) con agua

Presión de la tierra a diferentes profundidades

$$p1 = 0.333\text{t/m}^2$$

$$p2 = 1.635\text{t/m}^2$$

$$p3 = (1.7 \times 3.056 + 1.0) \times 0.333 = 2.063\text{t/m}^2$$

$$p4 = (0.8 \times 3.056 + 1.0) \times 0.333 = 1.147\text{t/m}^2$$

$$p5 = (0.8 \times 4.800 + 1.0) \times 0.333 = 1.612\text{t/m}^2$$

$$p6 = (0.8 \times 5.800 + 1.0) \times 0.333 = 1.878\text{t/m}^2$$

Empuje de tierra

$$P21 = P11 = 21.727\text{t}$$

$$P22 = 1/2 \times (1.635 + 2.063) \times 0.756 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 6.290\text{t}$$

$$P23 = 1/2 \times (1.147 + 1.612) \times 1.744 \times (0.5 \times 3) \times 3 = 10.826\text{t}$$

$$P24 = 1/2 \times (1.612 + 1.878) \times 1.0 \times 9.00 = 15.705\text{t}$$

(Punto de aplicación del empuje a partir de la base de la zapata)

$$Y1 = 4.596\text{m}$$

$$Y2 = \frac{0.756 \times (2 \times 1.635 + 2.063)}{3 \times (1.635 + 2.063)} + 2.744 = 3.107\text{m}$$

$$Y3 = \frac{1.744 \times (2 \times 1.147 + 1.612)}{3 \times (1.147 + 1.612)} + 1.000 = 1.823\text{m}$$

$$Y4 = \frac{1.000 \times (2 \times 1.612 + 1.878)}{3 \times (1.612 + 1.878)} = 0.487\text{m}$$

Fuerza horizontal y momento flector debido a la
Presión de tierras

Caso (1) sin agua

$$H = P11 + P12 + P13$$
$$= 21.727 + 26.353 + 29.997 = 78.077t$$

$$M = P11*Y1 + P12*Y2 + P13*Y3$$
$$= 21.727 \times 4.396 + 26.353 \times 2.124 + 29.997 \times 0.486 = 166.064t.m$$

Caso (2) con agua

$$H = 21.727 + 6.290 + 10.826 + 15.705 = 54.548t$$

$$M = 21.727 \times 4.396 + 6.29 \times 3.107 + 10.826 \times 1.823 +$$
$$15.705 \times 0.487 = 142.439tm$$

5) Fuerza total y combinación de carga en el punto "C"
(C: Centro de parte inferior de zapata)

Tabla 6.8-2

	Longitudinal							Transversal	
	N (t)	H (t)	x (m)	y (m)	M (t.m)		H (t)	M=HY (t.m)	
					N.x	H.y			
Peso propio estribo (D+B)	(211.654) 147.958		(-0.264) -0.371			(-56.512) -54.892			
Reacción (D)	115.88		-0.170			-19.700			
Superestructura (L+I)	71.78		-0.170			-12.203			
Fuerza longitudinal (C F)		2.990		4.250			12.708		
Fuerza de viento (W)		1.305		4.250			5.546	25.554	
Fuerza de viento (W L)		0.762		4.250			3.239	14.419	
Empuje de tierra (E)		(78.077) 54.548					(166.064) 142.439		
Grupo I J = 100%	(399.314)	(81.067)				(90.357)			
D+(L+I)+CF+E+B	335.618	57.538				68.352			
Grupo II J = 125%	(327.534)	(79.382)				(95.398)			
D+E+B+W	263.838	55.853				73.393		25.554	
Grupo III J = 125%	(399.314)	(82.221)				(95.260)			
D+(L+I)+CF+E+B+O3W+WL	335.618	58.692				73.255		29.880	

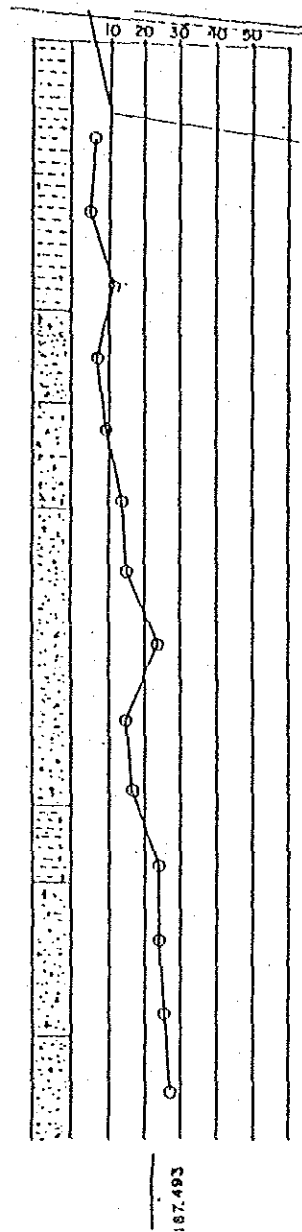
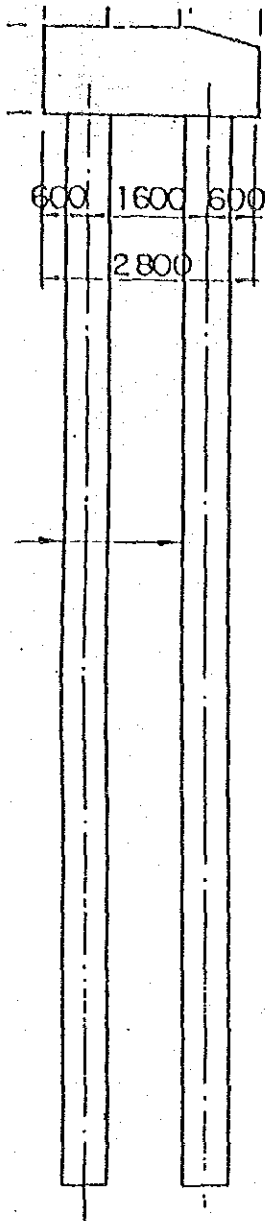
Nota: N: Carga axial. H: Fuerza horizontal. M: Momento de flexión

Valores en ()³ no incluye fuerza boyante.

J = Porcentaje de esfuerzo unitario básico

6) Capacidad de Carga de los Pilotes

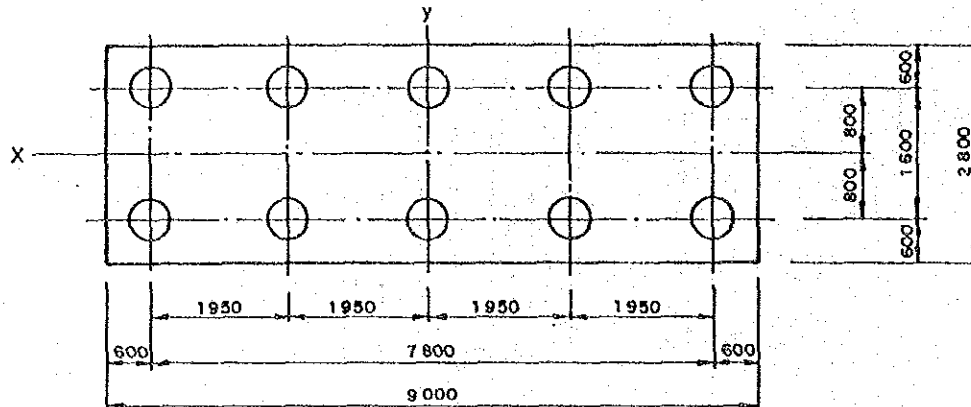
a) Capacidad de carga de un Pilote (Ra)



L (m)	N̄	f t/m ²	f · U · L (t)
2.7	8	8.0	40.7
1.4	8	1.6	4.2
1.5	12	12.0	34.0
4.0	19	3.8	29.0
1.0	16	15.0	28.3
2.1	24	4.8	19.0
2.3	26	15.0	65.0
T O T A L f _s			220.2

$$\begin{aligned}
 R_u &= 1/3 * f_s \\
 &= 1/3 * 220.2 \\
 &= 74t
 \end{aligned}$$

b) Distribución de los Pilotes



$$0 = \tan^{-1} = 0.60/1.600 = 20.56$$

$$E = 1 - 20.56 \times \frac{(5 - 1) \times 2 + (2 - 1) \times 5}{90 \times 5 \times 2} = 0.703$$

Por consiguiente, la capacidad de carga de cada pilote (Ra) es:

$$Ra = R \cdot E = 74 \times 0.703 = 52t.$$

7) Verificación de la estabilidad

$$P = \frac{N + Mx \cdot y + My \cdot x}{n - \frac{Mx \cdot y}{Ix} - \frac{My \cdot x}{Iy}}$$

Donde:

P = Carga vertical (máxima o mínima) sobre cada pilote (t)

N = Carga axial (t)

M = Momento (t*m)

n = Número de pilotes

Ix(Iy) = Momento de Inercia del grupo de pilotes respecto al eje x(y) (referirse a la Figura

6.7.6-b)

$$Ix = 5 \times (0.8)^2 + 5 \times (-0.8)^2 = 6.40m^2$$

$$Iy = 2 \times 1.95^2 + 2 \times 3.90^2 + 2 \times (-1.95)^2 + 2 \times (-3.9)^2 = 76.05m^2$$

x(y) = Distancia desde el eje x(y) al pilote (m)

Grupo I

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{335.618}{10} + \frac{68.352 \times 0.8}{6.40} = \begin{array}{l} 44.1t \\ 27.0t \end{array} < Pa = 52t$$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{399.314}{10} + \frac{90.357 \times 0.8}{6.40} = \begin{array}{l} 51.2t \\ 28.6t \end{array}$$

Grupo II

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{263.838}{10} + \frac{72.393 \times 0.8}{6.40} + \frac{25.544 \times 3.9}{76.05} = \begin{array}{l} 36.9t \\ 15.9t \end{array}$$

$< Pa = 52 \times 1.25$
 $= 65t$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{327.534}{10} + \frac{95.398 \times 0.8}{6.40} + \frac{25.544 \times 3.9}{76.05} = \begin{array}{l} 46.0t \\ 19.5t \end{array}$$

Grupo III

$$(B \neq 0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{335.618}{10} + \frac{73.255 \times 0.8}{6.40} + \frac{29.880 \times 3.9}{76.05} = \begin{array}{l} 44.3t \\ 22.9t \end{array}$$

$< Pa = 65t$

$$(B=0) \begin{array}{l} P_{\max} \\ P_{\min} \end{array} = \frac{399.314}{10} + \frac{95.260 \times 0.8}{6.40} + \frac{29.880 \times 3.9}{76.05} = \begin{array}{l} 53.4t \\ 26.5t \end{array}$$

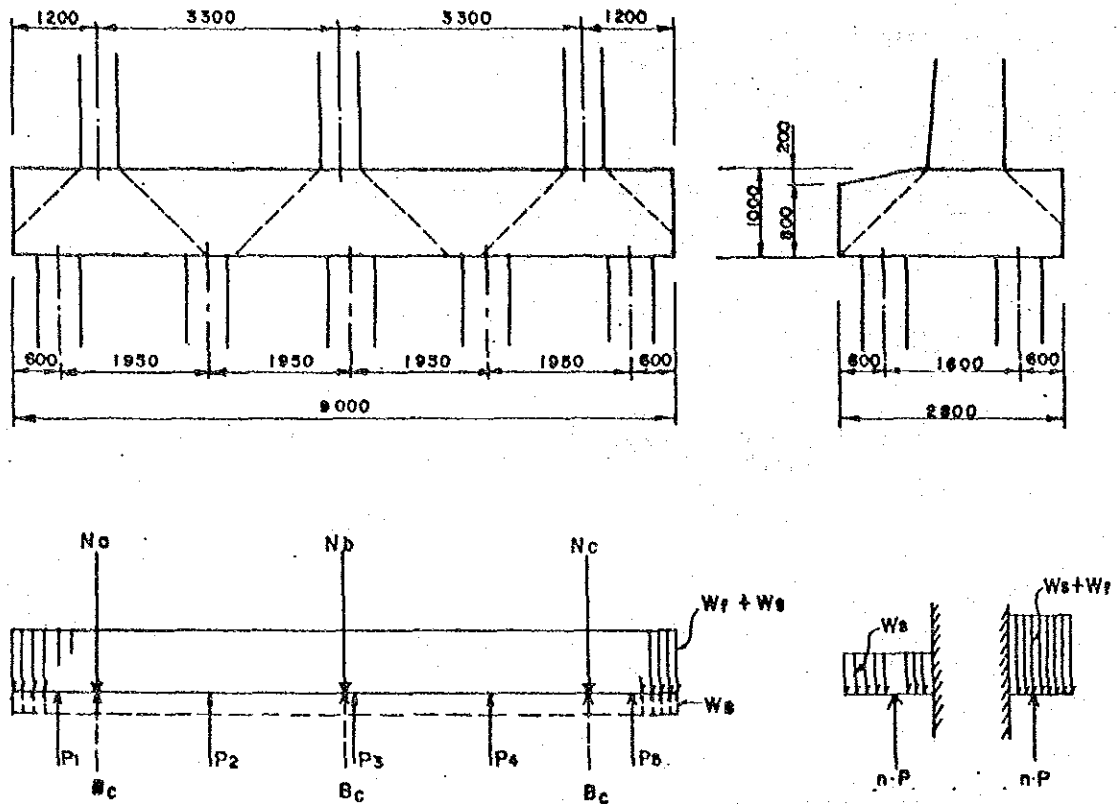
8) Diseño de la viga de apoyo del Puente.

Igual que la del puente San Juan, favor referirse al punto 6.1-8).

9) Diseño de Columna

Igual que en el Puente Curirabita, favor referirse al punto 6.7-9)

10) Diseño del Cabezal de los Pilotes



$$P1 = \left(\frac{N}{n} + \frac{Mx1}{Iy} \right) \times 2$$

$$nP = \frac{N}{n} + \frac{My1}{Ix}$$

N = Carga axial (t.)

n = Número de Pilotes

M = Momento Flector (t.m.)

Iy = Momento de Inercia con respecto al eje "Y" (m²)

Ix = Momento de Inercia con respecto al eje "X" (m²)

$x1$ = Distancia desde el eje axial "Y" al pilote (m)

$y1$ = Distancia desde el eje axial "X" al pilote (m)

Tabla 6.8-3

Cargas axiales sobre las columnas

Unidad : ton.

		Na	Nb	Nc
Fuerza axial	D	46.832	55.060	46.832
	L+I	20.604	30.573	20.604
Peso propio de columna	D	2.625	2.625	2.625
	B	-0.782	-0.782	-0.782
Fuerza de viento	W	3.116	0	-3.116
	WL	1.896	0	-1.896
Grupo I J = 100% D+(L+I)+B	B ≠ 0	69.279	87.476	69.279
	B = 0	70.061	88.258	70.061
Grupo II J = 125 % D+W+B	B ≠ 0	51.796	56.903	45.559
	B = 0	52.573	57.685	46.341
Grupo III J = 125 % D+(L+I)+B+0.3W+WL	B ≠ 0	72.110	87.476	66.448
	B = 0	72.892	88.258	67.230
Peso propio de zapata	D	18.993 t/m		
	B	12.177 t/m (B=6.816 t/m)		

Tabla 6.8-4 Reaccion de pilote

Unidad : ton.

		P1	P2	P3	P4	P5	
Grupo I	B ≠ 0	67.124	67.124	67.124	67.124	67.124	
	B = 0	79.863	79.863	79.863	79.863	79.863	
Grupo II	B ≠ 0	54.078	53.423	52.768	52.112	51.457	
	B = 0	66.817	66.162	65.507	64.852	64.196	
Grupo III	B ≠ 0	68.656	67.890	67.124	66.358	65.592	
	B = 0	81.395	80.629	79.863	79.097	78.330	

Los resultados del análisis de los Momentos Flectores y de los Esfuerzos Cortantes, se expresan en los siguientes diagramas:

Diagrama de Momentos Flectores (M)

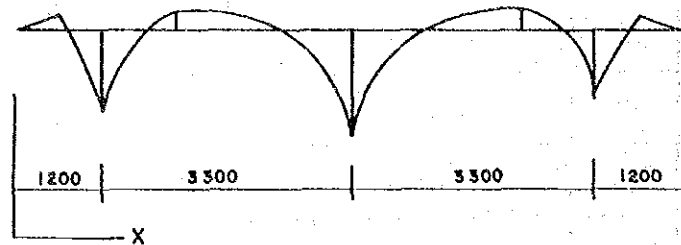
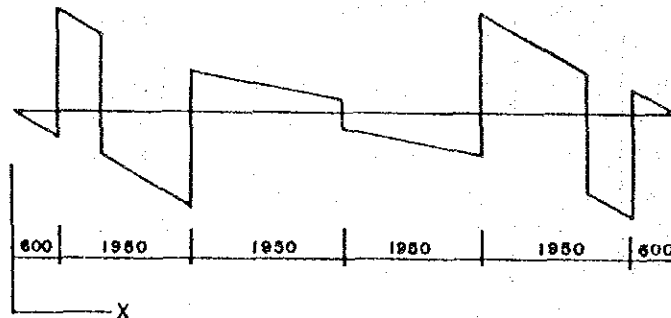
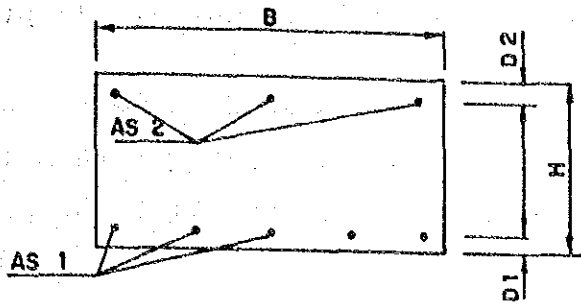


Diagrama de Esfuerzos Cortantes (S)



	B = 0			B ≠ 0		
Momento Flector	X	M		X	M	
	0.600	-3.418		0.600	-2.191	
	1.200	31.242		1.200	31.506	
	2.550	-0.600		2.550	-2.225	
	4.500	43.693		4.500	40.762	
	6.450	-0.604		7.800	31.483	
	7.800	34.236		8.400	-2.219	
	8.400	-3.426		9.000	-0.031	
	9.000	-0.009				
	Esfuerzo Cortante	X	S1	S2	X	S1
0.600		-11.395	68.467	0.600	-7.306	59.817
1.200		57.071	-12.989	1.200	52.511	-16.767
2.550		-38.630	41.232	2.550	-33.206	33.917
4.500		4.198	-4.198	4.500	10.122	-10.129
6.450		-41.234	38.628	6.450	-33.924	33.190
7.800		12.987	-57.073	7.800	16.760	-52.518
8.400		-68.469	11.393	8.400	-59.824	7.299



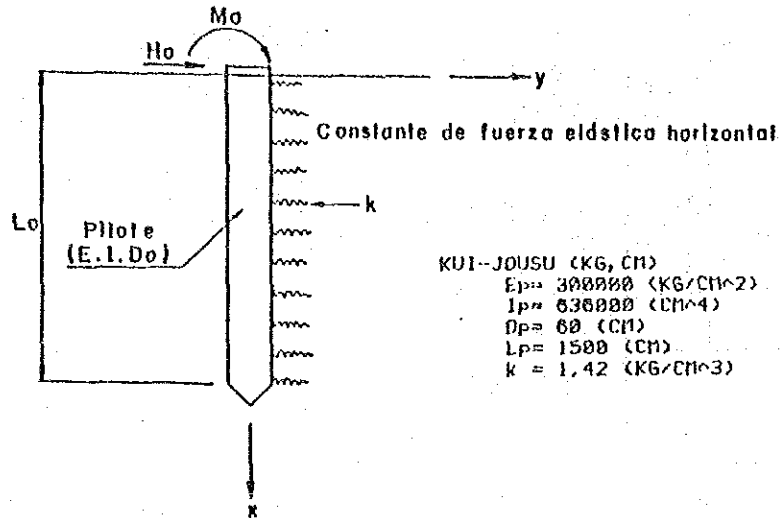
	Unidad	Momento Max (B=0)			
M	tm.	43.693			
N	t.	0.000			
S	t.	68.467			
B	cm	280.000			
H	cm	100.000			
D1	cm	15.000			
D2	cm	10.000			
As1	cm ²	$\phi 22 \times 9$ 34.920			
As2	cm ²	0.000			
D	cm	85.000			
NP	Kg/cm ²	0.022008			
MD/BD ²	Kg/cm ²	2.159			
S/BD	Kg/cm ²	2.876			
C		11.296			
S		48.487			
Fc	Kg/cm ²	24.397			
Fs	Kg/cm ²	1570.874			
V	Kg/cm ²	2.876			
Fca	Kg/cm ²	80			
Fsa	Kg/cm ²	1680			
Va	Kg/cm ²	3.65			

Donde

Fc : Tensión de compresión	M : Momento Flector
Fs : Tensión de Tracción	N : Carga Axial
V : Tensión de corte	S : Fuerza de corte
Fca: Tensión admisible de compresión	As1: Acero de refuerzo
Fsa: Tensión admisible de tracción	As2: Acero de refuerzo
Va: Tensión admisible de corte	

1) Cálculo de fuerza de sección en estudio de pilotes

Se calcula la fuerza de cada sección en estudio de pilotes, aplicando para tal efecto la fórmula de Chang y suponiendo que el pilote es una viga que actúa sobre el terreno elástico.

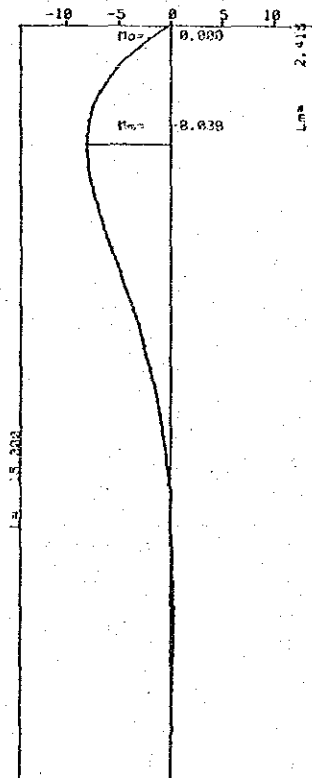


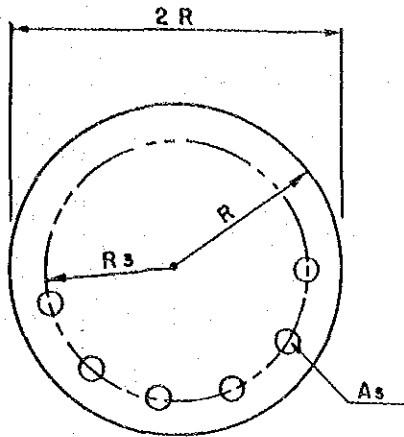
a) Articulación del cabezal de pilote

KAJUU-- $H_0 = 8.106 \text{ (T)}$
 $H_0 = 0.000 \text{ (TM)}$
 $\theta_{ET} = 3.250501032E-03 \text{ (CM}^{-1}\text{)}$
 KUI--SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI: $\theta_E = 0.61855 \text{ (CM)}$
 KUI TOU KAKU: $\alpha_L = -2.01031900E-03 \text{ (RAD)}$
 UNDER G.L. $M_{max} = -8.038 \text{ (TM)}$
 $L_m = 241.545 \text{ (CM)}$

X(M)	Y(CM)	M(TM)	S(T)
0.000	0.610	0.000	-8.106
1.000	0.423	-5.753	-3.679
2.000	0.257	-7.078	-0.806
3.000	0.130	-7.782	0.817
4.000	0.045	-8.543	1.540
5.000	-0.006	-4.895	1.683
6.000	-0.032	-3.284	1.501
7.000	-0.041	-1.939	1.176
8.000	-0.039	-0.938	0.826
9.000	-0.032	-0.272	0.514
10.000	-0.024	0.113	0.268
11.000	-0.016	0.208	0.091
12.000	-0.010	0.317	-0.024
13.000	-0.006	0.253	-0.094
14.000	-0.002	0.138	-0.131
15.000	0.000	-0.000	-0.142
15.000	0.000	-0.000	-0.142





	Unidad	N Máximo	N Mínimo	
M	t.m.	8.038	8.038	
N	t.	51.226	28.636	
H	t.	8.106	8.106	
R	cm	30.000	30.000	
Rs	cm	22.000	22.000	
As	cm	($\phi 19 \times 10$) 28.400	($\phi 19 \times 10$) 28.400	
C		0.628	0.955	
S		0.213	0.862	
Fc	Kg/cm ²	54.443	58.845	
Fs	Kg/cm ²	277.615	796.850	
V	Kg/cm ²	2.866	2.866	
Fca	Kg/cm ²	100	100	
Fsa	Kg/cm ²	1600	1600	
Va	Kg/cm ²	4.71	4.71	

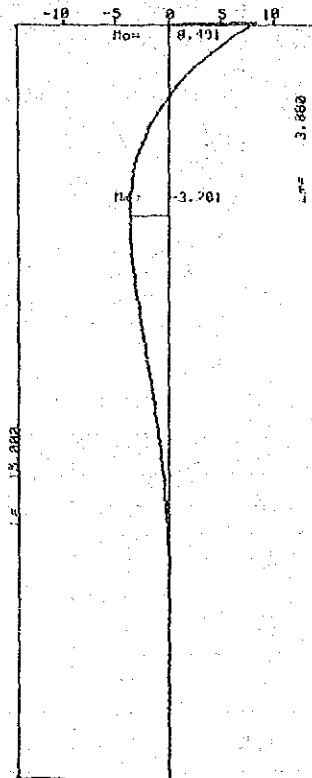
Donde: Fc : Tensión de compresión
 Fs : Tensión de tracción
 V : Tensión de corte
 Fca : Tensión admisible de compresión
 Fsa : Tensión admisible de tracción
 Va : Tension admisible de corte
 M : Momento flector
 N : Carga axial
 S : Fuerza de corte
 As : Acero de refuerzo

b) Asentamiento del cabezal de pilote

KAJUU--Ho= 8.186 (T)
 Ho= -8.491 (TN)
 BET= 3.250501032E-03 (CM-1)
 KUI-SENTAN: HINGE

KUI TOU HENI: DE= 0.40797 (CM)
 KUI TOU KAKU: AL=-6.41437738E-04 (RAD)
 UNDER S.L. Mmax= -3.701 (TN)
 Lm = 388.045 (CM)

X(M)	Y(CM)	M(TN)	S(T)
0.000	0.407	8.490	-0.186
1.000	0.327	2.018	-4.952
2.000	0.236	-1.667	-2.550
3.000	0.152	-3.335	-0.906
4.000	0.085	-3.696	0.090
5.000	0.036	-3.318	0.596
6.000	0.006	-2.613	0.769
7.000	-0.010	-1.846	0.741
8.000	-0.018	-1.163	0.612
9.000	-0.019	-0.632	0.448
10.000	-0.017	-0.264	0.290
11.000	-0.013	-0.043	0.158
12.000	-0.009	0.062	0.058
13.000	-0.006	0.004	-0.000
14.000	-0.002	0.054	-0.046
15.000	0.000	-0.000	-0.059
15.000	0.000	-0.000	-0.059



12) Análisis de la unión entre cabezal y pilotes

a) Tensión de compresión sobre el pilote (F_{cv})

$$F_{cv} = \frac{P}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} \leq F_{ca}$$

$$= \frac{51.226 \times 10^3}{1/4 \cdot \pi \cdot 60^2} = 18.1 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{ca} = 0.5 F_{ck} = 0.5 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b) Tensión de corte sobre el pilote (F_{ch})

$$F_{ch} = \frac{H}{D \cdot L} = \frac{8.106 \times 10^3}{60 \times 10} = 13.5 \text{ kg/cm}^2 < F_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

c) Tensiones de corte sobre la zapata (τ)

- Tensión de corte vertical (Punzonamiento)

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D+h_1)h_1}$$

$$= \frac{51.226 \times 10^3}{\pi(60+70) \times 70} = 1.79 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

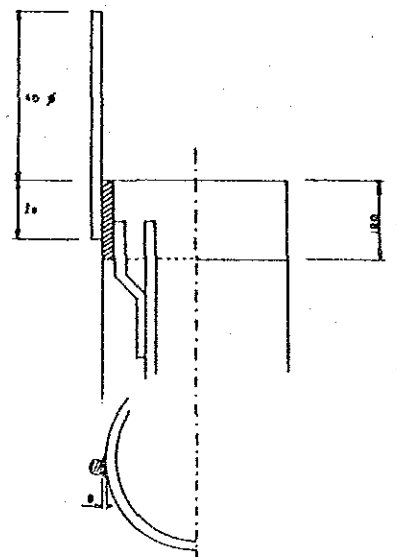
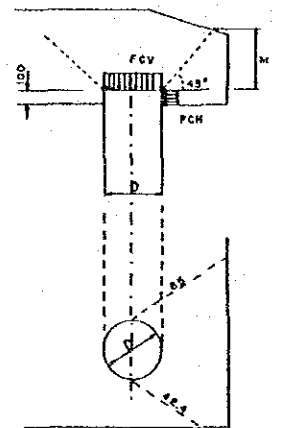
- Tensión de corte horizontal

$$\tau_h = \frac{8.106 \times 10^3}{(85+42.4) \times 10} = 6.36 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 9.0 \text{ kg/cm}^2$$

d) Tensión de corte en los fierros soldados

$$\tau_s = \frac{F_{sd} \cdot A_{sd}}{1.4 \cdot \lambda \cdot l_0}$$

$$= \frac{1680 \times 2.84}{1.4 \times 0.5 \times 8} = 852 \text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 1050 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9 = 945 \text{ kg/cm}^2$$



APENDICE 3

Cálculo de Cantidades de Obra

Sumario de Volumen	3-1
Movimiento de Tierras	3-7
Alcantarillas	3-13
Pavimento	3-22
Instalaciones de Transbordador	3-24
Trabajos Complementarios	3-34
Infraestructura de Puentes	3-36
Superestructura de Puentes	3-90

SUMARIO DE VOLUMEN

No.1

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
R	Descape	t = 15 cm	ha	66.21	150.32	113.76	160.11	395.18	199.74	166.80	95.04	1347.16
	Desbosque y Limpieza	t = 30 cm	ha	23.25	10.69	68.08	148.66	219.35	43.56	6.99	58.32	578.90
E	Relleno	Terrapl n	m3	264932	625357	110524	30004	83915	2139	4062	101475	* 1222408
		Subrasante	m3	73230	196215	208812	218389	371707	90533	62284	81385	1392555
L	Pr tamo Lateral		m3	--	36051	164257	155462	364025	36021	3811	78045	847672
E	Transporte de Tierra (Subrasante)	Acarreo a Distancia	m3	73230	160185	43730	53155	7258	54512	58473	3340	453863
		Distancia Promedio de Transporte	m	5200	2210	1572	1651	1500	1934	3153	2000	19220
N	Acabado (Subrasante)	Nivelaci y compactaci	m2	97071	192751	203148	344088	694963	271876	194399	171607	2159903
O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(*) Se incluye terrapl n para area de estacionamiento

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL		
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
REMOCIÓN DE TUBOS CORRUGADOS EXISTENTES	Con Excavación y Relleno	φ 0.90	m	-	-	38.10	-	-	-	-	-	-	38.10	
		φ 1.50	m	59.00	134.20	60.76	-	45.00	-	-	-	-	298.96	
		φ 1.80	m	40.10	90.00	-	-	108.00	-	-	-	-	238.10	
	Sin Excavación y Relleno	φ 3.00	m	-	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	26.00
		φ 0.90	m	-	41.00	-	-	-	-	-	-	-	-	41.00
		φ 1.50	m	-	-	50.40	-	27.40	-	-	-	-	-	77.80
		φ 1.80	m	-	29.20	-	-	86.10	-	-	-	-	-	115.30
		φ 2.10	m	-	-	-	-	21.40	-	-	-	-	-	21.40
		φ 2.70	m	-	-	-	-	73.50	-	-	-	-	-	73.50

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
COLOCACIÓN DE TUBOS CORRUGADOS	Excavación	Excavadora 0.6 m ³	m ³	-	3004.47	3268.38	885.10	7839.83	441.47	1406.62	2306.94	19152.81
	Fundación		m ³	-	440.28	515.22	247.17	1441.21	133.07	461.88	382.84	3621.74
		φ 0.90	m	-	-	3.00	90.00	119.00	109.00	512.00	-	833.00
		φ 1.20	m	-	-	51.00	197.00	71.00	52.00	125.00	39.00	535.00
		φ 1.50	m	-	16.00	14.00	15.00	194.00	8.00	74.00	95.00	416.00
		φ 1.80	m	-	-	14.00	-	177.00	26.00	-	32.00	249.00
		φ 2.10	m	-	-	28.00	42.00	292.00	-	-	-	362.00
		φ 2.40	m	-	-	70.00	-	244.00	-	-	-	314.00
		φ 2.70	m	-	105.00	45.00	-	215.00	-	-	-	365.00
		φ 3.00	m	-	246.00	241.00	-	172.00	-	-	202.00	851.00
	Material de Relleno		m ³	-	4383.41	4852.44	1540.00	12129.86	784.51	2563.70	3465.04	29718.96

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL	
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
CABEZALES	Hormigón		m ³	—	488.06	517.36	153.40	1171.50	105.11	189.29	442.98	3067.70	
	Fundaciones		m ²	—	1472.33	1734.67	550.67	4249.33	425.00	843.67	1486.67	10762.34	
	Encofrado		m ²	—	1914.32	2143.75	946.15	5402.78	663.28	1198.94	1907.55	14176.77	
	Enladrillado		m ³	—	377.62	431.63	125.72	1017.17	93.86	180.55	364.46	2591.01	
	Revestimiento de Hormigón	1 : 3		m ³	—	44.17	52.04	16.52	127.48	12.75	25.31	44.60	322.87
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL		
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
PAVIMENTACION	Capa Superficial		m ²	70781	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70781
	Capa Base		m ³	7179	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7179
	Sub base		m ³	14763	37067	42009	71154	141498	56221	40158	35487			438357
TRABAJOS COMPLEMENTARIOS	Pavimentación de Bermas		m ²	20223	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20233
	Zanjas de Encauce		m	-	-	-	-	1300	-	-	-	-	-	1300
	Barreras de Protección		m	2396	1224	-	920	2704	80	80	1488			8892
Desvios de Canales Fluviales			m	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	270
	Tip. P		Pza	8	7	1	2	19	4	3	4			48
Señalización			Pza	10	19	21	35	70	28	20	18			221

TIPO DE OBRA	ITEM	DETALLE	UNIDAD	SECTOR								TOTAL	
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
TRABAJOS COMPLEMENTARIOS	Señalización	S - 11	Pza	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
		Identificación	Pza	10	19	21	35	70	28	20	18	-	221
		Destino	Pza	1	-	2	1	3	2	-	-	1	10
		B.M.	Pza	2	4	4	7	14	6	4	4	-	45
ESTRUCTURAS	Marcas en el Paviment	W = 10 cm	m	26341.1	-	-	-	-	-	-	-	-	26341.1
		Oficinas Administrativas	m ²	1460	-	-	-	1460	1460	-	-	-	4380
		Oficinas de Transbordador	m ²	107	107	-	-	-	-	-	-	-	214
ESTRUCTURAS	Instalaciones de Transbordador	2 Pza	Global	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		Puentes	Pte.	3	3	-	-	2	-	-	1	1	10