

EDUARDO TORROJA  
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA  
MADRID

*Cálculo.*

Fecha *1-11-33*

Núm. *96503*

Radio de giro en los puntos usarios  
de cada dorela.

2.ª dorela  $\frac{1,02}{2} \times \frac{2}{3} = 0,34$

3.ª "  $\frac{0,88}{2} \times \frac{2}{3} = 0,29$

4.ª "  $\frac{0,75}{2} \times \frac{2}{3} = 0,25$

5.ª "  $\frac{0,64}{2} \times \frac{2}{3} = 0,21$

6.ª "  $\frac{0,54}{2} \times \frac{2}{3} = 0,18$

0,  $\frac{44,000}{808}$   
 $\frac{293}{-}$   
 $\frac{293}{-}$

182  
 2202  
 41

Valores de la reacción horizontal, para cada  
 fuerza una fuerza unidad aplicada en cada  
 dorela. (siendo la unidad del dibujo = 68.5)

1ª dorela = 0  
 2ª dorela = 0  
 3ª dorela =  $\frac{6}{68.5} = 0,0875$   
 4ª dorela =  $\frac{17}{68.5} = 0,25$   
 5ª dorela =  $\frac{27}{68.5} = 0,39$   
 6ª dorela =  $\frac{37}{68.5} = 0,54$

Valores de las reacciones horizontales debidas al peso propio  
 y a la sobrecarga aplicadas en cada dorela.

Debidas al peso propio

Debidas a la sobrecarga

	Debidas al peso propio	Debidas a la sobrecarga
1ª dorela	0	0
2ª "	0	0
3ª "	$0,0875 \times 27,10 = 2,36 \text{ Tons}$	<del><math>1,375 \times 4,17 \times 0,0875 = 0,50 \text{ Tons}</math></del>
4ª "	$0,25 \times 18,40 = 4,60 \text{ "}$	<del><math>1,375 \times 3,82 \times 0,25 = 1,32 \text{ "}</math></del>
5ª "	$0,39 \times 14,84 = 5,80 \text{ "}$	<del><math>1,375 \times 4,12 \times 0,39 = 2,21 \text{ "}</math></del>
6ª "	$0,54 \times 9,80 = 5,30 \text{ "}$	<del><math>1,375 \times 3,20 \times 0,54 = 2,39 \text{ "}</math></del>
	<u>18,06 Tons</u>	<u>6,42</u>

$1,810 \times 4,17 \times 0,0875 = 0,66$   
 $1,810 \times 3,82 \times 0,25 = 1,74$   
 $1,810 \times 4,12 \times 0,39 = 2,94$   
 $1,810 \times 3,20 \times 0,54 = 3,18$

Valor en metros de las excentricidades de las fuerzas respecto a las secciones a anaque y r riñon y c clave. (con el subíndice 1 indicando las correspondientes al trasdos y con el 2 las correspondientes al intrados).

1º	$a_1 = \infty$	$a_2 = \infty$	$r_1 = \infty$	$r_2 = \infty$	$C_1 = \infty$	$C_2 = \infty$
2º	$a_1 = 33$	$a_2 = 25.6$	$r_1 = \infty$	$r_2 = \infty$	$C_1 = \infty$	$C_2 = \infty$
3º	$a_1 = 28.7$	$a_2 = 22.7$	$r_1 = -5.14$	$r_2 = -5.5$	$C_1 = -185.75$	$C_2 = -185.3$
4º	$a_1 = 11.4$	$a_2 = 7.5$	$r_1 = -7.0$	$r_2 = -8.6$	$C_1 = -404.12$	$C_2 = -404.0$
5º	$a_1 = 3.25$	$a_2 = 1.5$	$r_1 = -0.05$	$r_2 = -1.10$	$C_1 = -16.45$	$C_2 = -16.75$
6º	$a_1 = -1.9$	$a_2 = -3.1$	$r_1 = 2.20$	$r_2 = 1.40$	$C_1 = -5.10$	$C_2 = -5.40$
7º	$a_1 = -4.5$	$a_2 = -5.5$	$r_1 = 2.3$	$r_2 = 1.60$	$C_1 = -1.8$	$C_2 = -2.10$
8º	$a_1 = -6.6$	$a_2 = -7.35$	$r_1 = 2.10$	$r_2 = 1.55$	$C_1 = 0.20$	$C_2 = -0.10$
9º	$a_1 = -7.9$	$a_2 = -8.6$	$r_1 = 1.8$	$r_2 = 1.3$	$C_1 = 1.20$	$C_2 = 0.90$
10º	$a_1 = -9.3$	$a_2 = -9.9$	$r_1 = 1.35$	$r_2 = 0.85$	$C_1 = 1.75$	$C_2 = 1.45$
11º	$a_1 = -10.1$	$a_2 = -10.65$	$r_1 = 1.05$	$r_2 = 0.60$	$C_1 = 2.00$	$C_2 = 1.70$
12º	$a_1 = -10.35$	$a_2 = -10.9$	$r_1 = 0.90$	$r_2 = 0.45$	$C_1 = 2.10$	$C_2 = 1.80$

√

Valores de las ordenadas de la línea de influencia de los pesos propios en la sección de arranque. -

(Obtenidos multiplicando las reacciones horizontales  $H_{22}$  debidas a los pesos propios, por las excentricidades de cada fuerza respecto al arranque)

~~Entradas~~ Entradas

~~Entradas~~ Entradas

$$\begin{aligned}
 1^\circ &= 0 \times 0 = 0 \\
 2^\circ &= 0 \times 33 = 0 \\
 3^\circ &= 2,36 \times 28,9 = 68 \text{ ms. Tons} \\
 4^\circ &= 4,60 \times 11,4 = 52,50 \text{ ''} \\
 5^\circ &= 5,80 \times 3,25 = 19,00 \text{ ''} \\
 6^\circ &= 5,30 \times -1,90 = -10,00 \text{ ''} \\
 7^\circ &= 5,30 \times -4,5 = -24,00 \text{ ''} \\
 8^\circ &= 5,80 \times -6,6 = -38,00 \text{ ''} \\
 9^\circ &= 4,60 \times -7,9 = -36,50 \text{ ''} \\
 10^\circ &= 2,36 \times -9,3 = -22,00 \text{ ''} \\
 11^\circ &= 0 \times -10,1 = 0 \text{ ''} \\
 12^\circ &= 0 \times -10,75 = 0 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0 \times 0 &= 0 \\
 0 \times 25,6 &= 0 \\
 2,36 \times 22,7 &= 53,5 \text{ ms. Tons} \\
 4,60 \times 7,5 &= 34,50 \text{ ''} \\
 5,80 \times 1,50 &= 8,70 \text{ ''} \\
 5,30 \times -3,10 &= -16,50 \text{ ''} \\
 5,30 \times -5,50 &= -29,00 \text{ ''} \\
 5,80 \times -7,35 &= -42,80 \text{ ''} \\
 4,60 \times -8,60 &= -39,50 \text{ ''} \\
 2,36 \times -9,90 &= -23,40 \text{ ''} \\
 0 \times -10,65 &= 0 \text{ ''} \\
 0 \times -10,90 &= 0 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 139,50 \text{ ms. Tons.} \\
 &- 130,50 \text{ ''} \\
 \hline
 &+ 9,00 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 96,70 \text{ ms. Tons.} \\
 &- 151,20 \text{ ''} \\
 \hline
 &- 54,50 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

Valores de los ordenados de la línea de influencia de los pesos propios en la sección de reunión.

(Obtenidos multiplicando las reacciones horizontales debidas a los pesos propios, por las excentricidades de cada guano respectó al anaque)

Introducción  
Tracción

Introducción  
Tracción

1º = 0	x	<sup>-4,9</sup> <del>0</del>	= 0	mts	0	x	<sup>-5,15</sup> <del>0</del>	= 0	mts
2º = 0	x	<sup>-5,20</sup> <del>0</del>	= 0	"	0	x	<sup>-5,45</sup> <del>0</del>	= 0	"
3º = 2,36	x	<sup>-6,10</sup> <del>-5,40</del>	= <del>12,20</del>	"	2,36	x	<sup>-6,30</sup> <del>-5,5</del>	= <del>130,00</del>	"
4º = 4,60	x	-7,00	= -32,80	"	4,60	x	-8,6	= -39,60	"
5º = 5,80	x	-0,05	= -0,90	"	5,80	x	-1,10	= -6,40	"
6º = 5,30	x	2,20	= 11,70	"	5,30	x	1,40	= 7,40	"
7º = 5,30	x	2,30	= 12,20	"	5,30	x	1,60	= 8,50	"
8º = 5,80	x	2,10	= 12,20	"	5,80	x	1,55	= 9,00	"
9º = 4,60	x	1,80	= 8,30	"	4,60	x	1,7	= 6,00	"
10º = 2,36	x	1,35	= 3,20	"	2,36	x	0,85	= 2,00	"
11º = 0	x	1,05	= 0	"	0	x	0,60	= 0	"
12º = 0	x	0,90	= 0	"	0	x	0,45	= 0	"

+ 154,30 ms.Tons.  
 - 47,60 " "  
 -----  
 106,70 " "

+ 47,60  
 - 47,60  
 -----  
 0

+ 32,90 ms.Tons.  
 - 146,00 " "  
 -----  
 -143,10 " "

+ 32,90  
 - 61,00  
 -----  
 - 28,10

Valores de las ordenadas de la línea de influencia de los pesos propios en la sección de clave. -

(Obtenidos, multiplicando las reacciones horizontales debidas al peso propio, por las excentricidades de cada fuerza respecto a la clave)

1º = 0	x	<sup>2,10</sup> <del>2,10</del>	=	0	m. Ton
2º = 0	x	<sup>2,10</sup> <del>2,10</del>	=	0	"
3º = 2,36	x	<sup>1,75</sup> <del>1,75</del>	=	-436,00	"
4º = 4,60	x	<sup>1,20</sup> <del>4,4</del>	=	-186,00	"
5º = 5,80	x	<sup>0,20</sup> <del>16,45</del>	=	-95,40	"
6º = 5,30	x	<sup>-1,80</sup> <del>5,10</del>	=	-27,40	"
7º = 5,30	x	<sup>-1,80</sup>	=	-9,50	"
8º = 5,80	x	<sup>0,20</sup>	=	1,20	"
9º = 4,60	x	<sup>1,20</sup>	=	5,50	"
10º = 2,36	x	<sup>1,75</sup>	=	4,10	"
11º = 0	x	<sup>2,00</sup>	=	0	"
12º = 0	x	<sup>2,10</sup>	=	0	"

0	x	<sup>1,8</sup> <del>1,8</del>	=	0	m. Ton
0	x	<sup>1,70</sup> <del>1,70</del>	=	0	"
2,36	x	<sup>1,45</sup> <del>18,7</del>	=	-437,00	"
4,60	x	<sup>0,90</sup> <del>40,70</del>	=	-187,00	"
5,80	x	<sup>-0,10</sup> <del>16,75</del>	=	-97,00	"
5,30	x	<sup>-2,10</sup> <del>5,40</del>	=	-28,60	"
5,30	x	<sup>-2,10</sup>	=	-11,20	"
5,80	x	<sup>-0,10</sup>	=	-0,60	"
4,60	x	<sup>0,90</sup>	=	4,10	"
2,36	x	<sup>1,45</sup>	=	3,40	"
0	x	<sup>1,70</sup>	=	0	"
0	x	<sup>1,80</sup>	=	0	"

+	10,80	ms. tons.
-	754,00	" "
-	743,20	" "
+	21,60	
-	19,00	
+	2,60	

+	7,50	ms. tons.
-	761,40	" "
-	753,90	" "
+	15,00	
-	23,60	
-	86	

Valores de las ordenadas de la línea de influencia de la sobrecarga, respecto a la sección de arranque.

(Obtenidos multiplicando los valores de las reacciones horizontales, por las excentricidades de cada rueda respecto a la sección de arranque)

<u>Trasidos</u>		<u>Entrados</u>	
1º = 0 x <del>∞</del> <sup>-21,20</sup> = 0	m. tons	0 x <del>∞</del> <sup>-21,3</sup> = 0	m. tons
2º = 0 x 33 = 0	"	0 x 25,6 = 0	"
3º = 0,50 x 28,9 = 14,45	"	0,5 x 22,70 = 11,35	"
4º = 1,32 x 11,4 = 15,05	"	1,32 x 7,50 = 9,90	"
5º = 2,21 x 3,25 = 7,20	"	2,21 x 1,50 = 3,30	"
6º = 2,39 x -1,90 = -4,55	"	2,39 x -3,1 = -7,40	"
7º = 2,39 x -4,5 = -10,75	"	2,39 x -5,5 = -13,15	"
8º = 2,21 x -6,6 = -14,60	"	2,21 x -7,75 = -16,25	"
9º = 1,32 x -7,9 = -10,40	"	1,32 x -8,60 = -11,30	"
10º = 0,50 x -9,3 = -4,65	"	0,5 x -9,90 = -4,95	"
11º = 0 x -10,1 = 0	"	0 x -10,65 = 0	"
12º = 0 x -10,35 = 0	"	0 x -10,90 = 0	"

+ 36,70 m. tons.  
 - 44,95 " "

Entrados - 8,25 " "

+ 24,55 m. tons  
 - 53,05 " "

Trasidos - 28,50 " "

2º = 0,66 x 28,90 = 19,00
4º = 1,74 x 11,40 = 19,90
5º = 2,94 x 3,25 = 9,55
6º = 3,18 x -1,90 = -6,10
7º = 3,18 x -4,50 = -14,40
8º = 2,94 x -6,60 = -19,40
9º = 1,74 x -7,90 = -13,70
10º = 0,66 x -9,30 = -6,10

+ 48,45  
 - 59,70

0,66 x 22,70 = 15,00
1,74 x 7,50 = 13,10
2,94 x 1,50 = 4,40
3,18 x -3,10 = -9,90
3,18 x -5,50 = -17,50
2,94 x -7,75 = -21,50
1,74 x -8,60 = -15,00
0,66 x -9,90 = -6,50

+ 32,50  
 - 70,40



Valores de las ordenadas de la línea de influencia de la sobrecarga en la sección de rion.  $\pm$   
 (Obtenidos multiplicando los valores de la reacción horizontal por las excentricidades de cada fuesa respecto a la sección de rion)

Lados

1º = 0 x <del>0</del> = 0 ms. tons
2º = 0 x <del>5,20</del> = 0 "
3º = 0,5 x <del>5,10</del> = <del>2,55</del> "
4º = 1,32 x -7,00 = -9,25 "
5º = 2,21 x -0,05 = -0,10 "
6º = 2,39 x 2,20 = 5,25 "
7º = 2,39 x 2,30 = 5,50 "
8º = 2,21 x 2,10 = 4,65 "
9º = 1,32 x 1,80 = 2,38 "
10º = 0,5 x 1,35 = 0,68 "
11º = 0 x 1,05 = 0 "
12º = 0 x 0,90 = 0 "

+ 18,45 ms. tons  
~~-35,05~~ " "

Entradas

3º = 0,66 x -6,10 = -4,02
4º = 1,74 x -7,00 = -12,20
5º = 2,94 x -0,05 = -0,15
6º = 3,18 x 2,20 = 7,00
7º = 3,18 x 2,30 = 7,30
8º = 2,94 x 2,10 = 6,20
9º = 1,74 x 1,80 = 3,15
10º = 0,66 x 1,35 = 0,89

-16,35  
 +24,54

Calculado por:

Comprobado por:

Entradas

0 x <del>5,15</del> = 0 ms. tons
0 x <del>4,545</del> = 0 "
0,5 x <del>5,30</del> = <del>2,65</del> "
1,32 x -8,6 = -11,40 "
2,21 x -1,10 = -2,40 "
2,39 x 1,40 = 3,35 "
2,39 x 1,60 = 3,80 "
2,21 x 1,55 = 3,40 "
1,32 x 1,30 = 1,72 "
0,5 x 0,95 = 0,43 "
0 x 0,60 = 0 "
0 x 0,45 = 0 "

+ 12,40 ms. tons  
~~-41,30~~ " "

Lados

0,66 x -6,30 = -4,40
1,74 x -8,60 = -15,00
2,94 x -1,10 = -3,20
3,18 x 1,40 = 4,45
3,18 x 1,60 = 5,10
2,94 x 1,55 = 4,55
1,74 x 1,30 = 2,25
0,66 x 0,85 = 0,56

-22,6  
 +16,91

en de

Valores de las ordenadas de la línea de influencia de la sobrecarga, en la sección de Clave. —

(Obtenidos multiplicando los valores de las reacciones horizontales, por las excentricidades de cada suena respecto a la sección de Clave)

Trasdos

Intrados

1º = 0 x 2,10 = 0 m. Tons
2º = 0 x 2,00 = 0 " "
3º = 0,5 x 1,85 = 0,88 " "
4º = 1,32 x 1,20 = 1,57 " "
5º = 2,21 x 0,20 = 0,45 " "
6º = 2,39 x 1,80 = 4,30 " "
7º = 2,39 x -1,80 = -4,30 " "
8º = 2,21 x 0,20 = 0,45 " "
9º = 1,32 x 1,20 = 1,57 " "
10º = 0,5 x 1,75 = 0,88 " "
11º = 0 x 2,00 = 0 " "
12º = 0 x 2,16 = 0 " "

0 x 1,8 = 0 m. Tons
0 x 1,70 = 0 " "
0,5 x 1,45 = 0,78 " "
1,32 x 0,90 = 1,20 " "
2,21 x 0,10 = 0,20 " "
2,39 x -2,10 = -5,00 " "
2,39 x -2,10 = -5,00 " "
2,21 x 0,20 = 0,45 " "
1,32 x 0,90 = 1,20 " "
0,5 x 1,45 = 0,78 " "
0 x 1,70 = 0 " "
0 x 1,80 = 0 " "

+ 2,90 ms. Tons  
 - 198,70 " "  
 - 195,80 " "

+ 0,90 ms. Tons  
 - 201,35 " "  
 - 200,45 " "

Intrados

Trasdos

3º = 0,66 x 1,75 = 1,16
4º = 1,74 x 1,20 = 2,10
5º = 2,94 x 0,20 = 0,60
6º = 3,18 x -1,80 = -5,75
7º = 3,18 x -1,80 = -5,75
8º = 2,94 x 0,20 = 0,60
9º = 1,74 x 1,20 = 2,10
10º = 0,66 x 1,75 = 1,16
+ 7,72
- 11,50

+ 5,80  
 - 8,60

0,66 x 1,45 = 0,96
1,74 x 0,90 = 1,56
2,94 x -0,10 = -0,29
3,18 x -2,10 = -6,70
3,18 x -2,10 = -6,70
2,94 x -0,10 = -0,29
1,74 x 0,90 = 1,56
0,66 x 1,45 = 0,96
+ 5,04
- 13,98

+ 3,96  
 - 10,40

## Calculo de la reaccion horizontal debida a una variacion de temperatura.

Consideraremos una variacion de temperatura  
de  $\pm 15^\circ$

siendo:

$H$  = Empuje horizontal

$l$  = Luz teorica del arco = 36.8 mt

$t$  = Variacion de temperatura =  $\pm 15^\circ$

$C$  = Coeficiente de contraccion termica, del hormigon = 0,00001

$\Sigma qy^2$  = Doble del valor del ~~peso~~ funicular  $fd =$   
~~peso~~ = 6,4 que habra que multiplicar  
por su base 15 y, por la unidad del grafico  
6,8 y por la escala de  $G, = 10^{-5}$ ; o sea =  
 $6,4 \times 15 \times 6,8 \times 10^{-5} = 0,00655$

y como

$$H \Sigma qy^2 = ltc$$

$$H = \frac{ltc}{\Sigma qy^2} = \frac{36,8 \times 15 \times 0,00001}{0,00655} = 0,9 \text{ Tons}$$



Así:

$$\int_A^y G \cdot y = 3.7 \times 6.4 \times 15 = 355 \text{ ton m}^2$$

Siendo 3.7, el valor del polígono funicular  $f_c$  en el eje vertical del arco; 6.4, la base polar  $a$  y 15, la base polar  $a$ .

$$\int_A^B G \cdot x^2 = 6.8 \times 30 \times 13 = 2680 \text{ tn m}^2$$

Siendo 6.8 el valor  $\frac{G \cdot x^2}{bc}$ , interceptado por el funicular  $f_c$  sobre el eje vertical del arco, 30 es la base del funicular  $f_b$ , que sirvió para trazar el  $f_c$  y 13 es la base de este.

$$\int_A^y G \cdot x = 3.9 \times 30 = 117 \text{ tn tons}$$

Siendo 3.9 la magnitud interceptada por el funicular  $f_b$  sobre el eje vertical y 30 su base.

Por lo tanto:

$$V = 1.56 \frac{355}{2680} + 5 \times 1.56 \frac{116}{2680} = 0.55 \text{ tons}$$

y por consiguiente

$$R = \sqrt{0.55^2 + 0.78^2} = 0.95 \text{ tons}$$

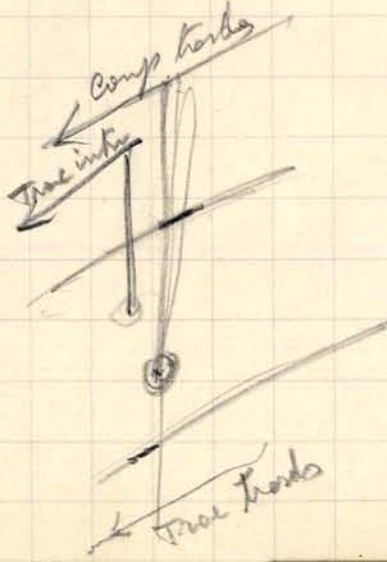
y el brazo de esta fuerza respecto al centro de gravedad es:

$$B = \frac{M}{R} = \frac{3.95}{0.95} = 4.15$$

Anangué

Riñon

Clave



Peso propio		Sobrecarga		Temperatura		Frenado	
Intrados Trasdos	Trasdos Intrados	Intrados Trasdos	Trasdos Intrados	Trasdos	Intrados	Trasdos	Intrados
m. ton	m. ton	m. ton	m. ton	m. ton	m. ton	m. ton	m. ton
+ 9,00	- 5,45	+ 36,70	+ 24,55	+ 12,5	- 12,7	+ 5,45	- 6,20
Trac C	Trac C	+ 48,75	+ 32,50				
		- 44,95	- 57,05				
		- 59,70	- 70,40				
0	- 28,10	+ 18,45	+ 12,70	+ 0,18	- 0,45	+ 1,9	+ 1,25
	Trac	+ 24,54	+ 16,95				
		- 12,40	- 16,95				
		- 16,35	- 23,6				
+ 2,6	- 8,60	+ 5,80	+ 3,96	+ 3,5	+ 3,20	+ 1,20	+ 1,44
		+ 7,72	+ 5,04				
		- 8,60	- 10,40				
		- 11,50	- 13,98				

Proyecto de:

Capítulo:

N.º



Clave

Riñon

Anaquele

Peso propio		Sobrecarga		Temperatura		Frenado	
<small>Intrados</small> Trasdos	<small>Trasdos</small> Intrados	<small>Intrados</small> Trasdos	<small>Trasdos</small> Intrados	Trasdos	Intrados	Trasdos	Intrados
m. Tony	m. Tony	m. Tony	m. Tony	m. Tony	m. Tony	m. Tony	m. Tony
+9,00	-5,45	+36,70	+24,55	+12,5	-12,7	+5,45	-6,20
<del>Trac</del>	<del>Trac</del>	-44,95	-57,05				
C	C	-59,70	-70,40				
0	-28,10	+18,45	+12,70	"			
	Trac	+24,54	+16,95	-0,18	-0,45	+1,9	+1,25
		-12,40	-16,95				
		-16,35	-23,6				
+2,6	-8,60	+5,80	+3,96	+3,5	+2,20	+1,20	-1,44
		+7,72	+5,04				
		-8,60	-10,40				
		-11,50	-13,98				

Calculado por:

Comprobado por:

en de

de 193

## Calculo de las reacciones debidas a espumas de frenado.

Se supone el frenado simultaneo de dos coches en la misma direccion (para todo el puente). Su valor para el tempuento es:

$$Q = \frac{1}{7} 5,5 \times 2 = 1,56 \text{ Tons}$$

La reaccion horizontal  $H$  valdrá:

$$H = \frac{Q}{2} = \frac{1,56}{2} = 0,78 \text{ Tons}$$

y el momento respecto al centro de inercia del arco:

$$M = \frac{h Q}{2} = \frac{5 \times 1,56}{2} = 3,95 \text{ m. Tons}$$

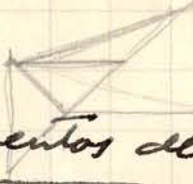
siendo  $h$  la altura del punto de aplicacion de la fuerza, respecto al centro de inercia.

Para  $V$ , sabemos que

$$V = Q \frac{\int_A^B G' x y}{\int_A^B G x^2} + h Q \frac{\int_A^B G y}{\int_A^B G x^2}$$

y como estas tres integrales las tenemos en el grafico, no tendremos mas que cuidar de hacer las reducciones precisas, teniendo en cuenta las distintas bases con que se han trazado los respectivos poligonos.





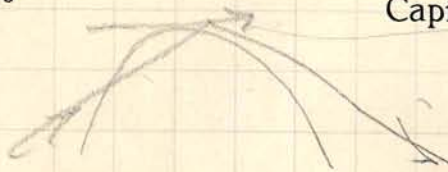
Momentos de estas fuerzas por ellas,  
Los valores de las excentricidades <sup>respectivas</sup> ~~de estas~~ fuerzas respecto a cada una de las tres secciones consideradas. (o los de sus reacciones horizontales por las excentricidades verticales).

Sección de Anauque {  $\text{Trasdos } -5,70 \times 0,95 = -5,45 \text{ m.ton}$   
 $\text{Vitrados } -6,50 \times 0,95 = -6,20 \text{ m.ton}$

Sección de Piñon {  $\text{Trasdos } +2,00 \times 0,95 = 1,90 \text{ m.ton}$   
 $\text{Vitrados } +1,30 \times 0,95 = 1,25 \text{ ''}$

Clave ————— {  $\text{Trasdos } -1,25 \times 0,95 = -1,20 \text{ m.ton}$   
 $\text{Vitrados } -1,50 \times 0,95 = -1,43 \text{ ''}$

A continuación vamos un resumen de todos los esfuerzos obtenidos para cada una de las secciones.



$$E = 25 \times 10^5 \text{ ton/m}^2$$

$$\Delta \text{cm} = 0,00004 \text{ (tm}^{-1}\text{m}^{-5}\text{)}$$

$$\Delta \text{cm} = 1 \times 10^{-5} \text{ (tm}^{-1}\text{m}^{-5}\text{)}$$

$$H \sum S y^2 = l t c$$

$$H \sum S y^2 = 36,8 \times 15 \times 0,00004 =$$

~~$$\sum S y^2 = 6,4 \times 15 \times 6,8$$~~

$$1 \text{ cm vale} = \frac{3,60}{2500000 \times 0,00004} \text{ (tm)} = 0,00004$$

$$\sum S y^2 = 6,4 \times 10^{-5} = 0,00655 \text{ (tm}^{-1}\text{m}^{-5}\text{)}$$

$$H = \frac{0,005500}{0,00655} = 0,84 \text{ tm}$$

$$\sum S y^2 \text{ (tm}^{-1}\text{m}^{-5}\text{)}$$

$$\frac{l t c}{\sum S y^2} = \frac{\text{tm}}{\text{tm}^{-1}\text{m}^{-5}} = \text{tm}^6$$

$$S y^2 = \frac{\text{m} \times \text{m}^2}{\frac{\text{tm}}{\text{m}^2} \times \text{m}^4} = \text{tm}^{-1} \times \text{m} = \frac{\text{m}}{\text{tm}}$$

$$H = \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{tm}}} = \text{tm}$$

Proyecto de: .....

Capítulo: .....

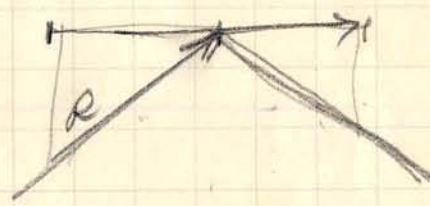
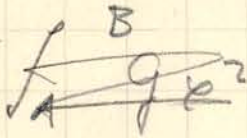
Nº  $= \frac{5+156}{2} = 3,95$   
 $t=1$

$M = \frac{Q}{2} = \frac{4,55}{2} = 2,275$

$\int_A^B q \cdot x = \frac{3,9}{30} \cdot 20,7 \cdot 13 = 116 \text{ metros} = 2,9 \text{ tons}$

$\int_A^B q \cdot x^2 = \frac{6,8 \times 30 \times 13}{30 \times 13} = 2650 \text{ tonm}^2$   
 $\frac{6,8}{30 \times 13} = 0,0174$

$\int_A^B q \cdot x \cdot y = \frac{19 \times 15 \times 3,8 \times 6,4 \times 15,0}{78} = 370 \text{ tonm}^2$



$Q = \frac{5,5 \times 4}{2} = 11 \text{ tons}$

$Q = \frac{5,5 \times 2}{7} = 1,56 \text{ tons}$

11,4  
 59,0  
 70,4

$V = 1,56 \cdot \frac{0,125}{0,0174} + 5 \times 1,56 \cdot \frac{0,13}{0,0174} = 70,40 \text{ tons}$

$V = 1,56 \cdot \frac{370}{2650} + 5 \times 1,56 \cdot \frac{116}{2650} = 0,56$

0,22  
 0,24  
 0,56

$R = \sqrt{0,56^2 + 0,78^2} = \sqrt{0,84} = 0,96$

$B = \frac{M}{R} = \frac{3,95}{0,96} = 4,15 \text{ m}$

0,2  
 0,207  
 0,407  
 0,55

### Comprobación de esfuerzos en las tres secciones principales del arco

La carga de Trabajo  $H$  viene que era

$$H = \frac{N \left( \frac{\rho^2}{r} \pm \gamma_0 \right)}{A \frac{\rho^2}{r}}$$

y eligiendo para <sup>(cada)</sup>  $N \left( \frac{\rho^2}{r} \pm \gamma_0 \right)$  la hipótesis más desfavorable, calculamos a continuación los esfuerzos en cada sección.

### Sección de Arriague

Sección total  $A = 0.80 \times 1.10 = 0.88 \text{ m}^2$

cuadrado del trazo  $= 19.75 = 0.018 \text{ m}^2$

" " intrado  $= 19.75 = 0.018 \text{ m}^2$

Momento de inercia de la sección total =

$$I = \frac{0.80 \times 1.10^3}{12} + 0.036 \times 15 \times 0.48^2 = 0.217 \text{ m}^4$$

$$\text{Radio de giro} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{I}{A} = \frac{0.217}{0.88} = 0.243 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{+63.650 \text{ m kg}}{0.88 \times \frac{0.243}{0.55}} = +164000 \text{ kg} \quad H' = 252450 \text{ kg m}^2 = 16.4 \text{ kg cm}^2$$

$$H' = \frac{-77.400 \text{ m kg}}{0.88 \times \frac{0.243}{0.55}} = -197000 \text{ kg m}^2 = 19.7 \text{ kg cm}^2$$

## Seccion de Nitron

~~Seccion total,  $A = 0,80 \times 0,75 = 0,6 \text{ m}^2$~~

~~Amadura del Trosado,  $t = 13 \phi 35 = 0,0125 \text{ m}^2$~~

~~" del Intrado,  $t = 13 \phi 35 = 0,0125 \text{ m}^2$~~

~~Momento de inercia de la seccion total~~

~~$$I = \frac{0,80 \times 0,75^3}{12} + 0,025 \times 15 \times 0,30^2 = 0,062 \text{ m}^4$$~~

~~Radio de giro,  $\rho^2 = \frac{I}{A} = \frac{0,062}{0,60} = 0,10 \text{ m}^2$~~

~~$$H = \frac{20.430}{0,60 \times \frac{0,10}{0,375}} = +12,1000 \text{ Kge}^2 \quad H' = \frac{-46.750}{0,60 \times \frac{0,1}{0,375}} = -29,00 \text{ Kge}^2$$~~

## Seccion de Clave

~~Seccion total  $A = 0,80 \times 0,50 = 0,4 \text{ m}^2$~~

~~Amadura del Trosado  $U = 10 \phi 35 = 0,0096 \text{ m}^2$~~

~~" " Intrado  $t = 10 \phi 35 = 0,0096 \text{ m}^2$~~

~~Momento de inercia de la seccion total~~

~~$$I = \frac{0,80 \times 0,5^3}{12} + 0,0192 \times 15 \times 0,20^2 = 0,02 \text{ m}^4$$~~

~~Radio de giro  $\rho^2 = \frac{I}{A} = \frac{0,02}{0,40} = 0,05 \text{ m}^2$~~

~~$$H = \frac{+13100}{0,4 \times \frac{0,05}{0,25}} = +16,4 \text{ Kge}^2 \quad H' = \frac{-24640}{0,4 \times \frac{0,05}{0,25}} = -31 \text{ Kge}^2$$~~

El momento de cada fuerza respecto a una sección determinada será:  $M_0 = AB \times AO$ , o también

$$M_0 = AC \times BO$$



O sea que para hallar el momento en cada sección, en vez de multiplicar la fuerza  $F$  por su brazo  $(AO)$ , podemos tomar la reacción  $H$  por la excentricidad vertical  $(OB)$ , siendo este mucho más cómodo puesto que las reacciones  $H$  debidas a cada fuerza las tenemos sin mas multiplicar los valores  $\frac{H}{d}$  del grafico por la intensidad de cada fuerza

N.º

Proyecto de:

Capítulo:

Reacciones Totales obtenidas por suma de las <sup>reacciones</sup> ~~reacciones~~ <sup>reacciones</sup> para cada sección

		Compresiones					Tensiones				
		P.P.	S.	Z.	F.	Total	P.P.	S.	Z.	F.	Total
		m. Tons									
Amanque	Frados	5,45	70,40	12,70	6,20	144,75	-54,50	32,5	12,7	6,20	51,40
	Intrados	9,00	48,75	12,5	5,45	75,70	-9,00	59,7	12,50	5,45	88,65
Riñon	Frados	28,10	22,6	0,45	1,25	52,40	-28,10	16,95	0,45	1,25	48,65
	Intrados	0	24,54	0,18	1,9	26,62	0	16,35	0,18	1,90	18,42
Clave	Frados	8,60	13,98	3,20	1,44	27,22	-8,60	5,04	3,20	1,44	10,88
	Intrados	2,6	7,72	3,5	1,20	15,02	-2,6	11,50	3,5	1,20	16,60

de

en

Comprobado por:

Calculado por:

La relacion  $\frac{I}{v}$ , será tomada para cada sección los valores siguientes:

Para el amanque  $\frac{0,213}{0,55} = 0,39$

Para el riñon  $\frac{0,06}{0,375} = 0,16$

Para la clave  $\frac{0,02}{0,25} = 0,08$

$\frac{21300000}{55} = \frac{9465000}{390000} = 24$

$\frac{3,6}{46,7} = 7$   
59,7

y los cargos de trabajo seran las siguientes

		Compresion Kg/cm <sup>2</sup>	Traction Kg/cm <sup>2</sup>
Arriague	Fondos	$\frac{144.25}{0.39} = 24.2 \times 37$	$\frac{45.9}{0.39} = 13.0 \text{ H.6} - 3.1 = -0.8 \text{ 17}$
	Entrados	$\frac{75.4}{0.39} = 19.1 \times$	$\frac{68.65}{0.39} = 17.8 \text{ 17.50} \times$
Riñon	Trasdos	$\frac{52.4}{0.16} = 32.5$	$\frac{18.45}{0.16} = 11.6 - 6.00$
	Entrados	$\frac{26.62}{0.16} = 16.6$	$\frac{18.42}{0.16} = 11.4 \text{ 11.4}$
Clave	Trasdos	$\frac{27.22}{0.08} = 32.4$	$\frac{1.08}{0.08} = 12.2 \text{ 1.45}$
	Entrados	$\frac{15.02}{0.08} = 19.0$	$\frac{13.6}{0.08} = 20.8 \text{ 17.0} \times$



50 x 80 = 4000  
 203

328000

9425000

Calculado por:

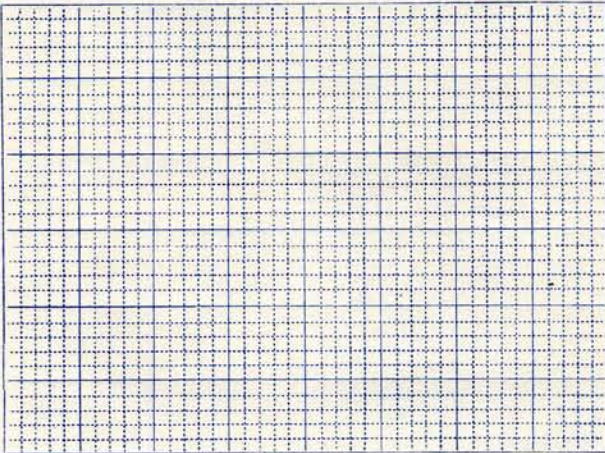
Comprobado por:

en de

de 193



170  
40



$N = 21000$  Kg     $T =$  ..... Kg  
 $S = \frac{d}{2} - \frac{M}{N} = -90$  cm     $M = 2700000$  cm Kg  
 $a = 40$  cm     $t = 4425 = 19,5 \times 15 = 294$  cm<sup>2</sup>  
 $b = 40$  cm     $u = 4425 = 19,5 \times 15 = 294$  cm<sup>2</sup>  
 $c = 76$  cm     $v =$  ..... cm<sup>2</sup>  
 $d = 80$  cm     $w =$  ..... cm<sup>2</sup>  
 $e =$  ..... cm     $s =$  ..... cm  
 $f =$  ..... cm     $o =$  ..... cm  
 $r = 4$  cm     $m =$  .....

Profundidad del eje neutro =  $g = 29$  cm

$$\begin{array}{l}
 \left[ + \frac{a}{6} = +6,6 \right] g^3 + \left[ - \frac{a}{6} 3S = +1800 \right] g^2 + \left[ + (a-b) e \left( \frac{e}{2} - S \right) = \dots \right] g + \left[ - (a-b) e^2 \left( \frac{e}{3} - \frac{S}{2} \right) = 0 \right] = 0 \\
 \left[ - \frac{(a-b)}{6} = 0 \right] \left[ + \frac{(a-b)}{6} 3S = 0 \right] \left[ + b' d \left( \frac{d}{2} - S \right) = 0 \right] \left[ - b' d^2 \left( \frac{d}{3} - \frac{S}{2} \right) = 0 \right] \\
 \left[ - \frac{b'}{6} = 0 \right] \left[ + \frac{b'}{6} 3S = 0 \right] \left[ - u (S-r) = +20,000 \right] \left[ + u r (S-r) = -112,000 \right] \\
 \left[ - t (S-c) = +49,000 \right] \left[ + t c (S-c) = -370,000 \right] \\
 \hline
 + 6,6 g^3 \quad + 1800 g^2 \quad + 77,000 g \quad - 3812,000 = 0
 \end{array}$$

Momento de inercia:

Cargas máximas unitarias:

$$\begin{array}{l}
 + \frac{a g^3}{3} = 325,000 \quad H = \frac{N(g-S)g}{i} = 62,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad H' = \frac{N(g-S)(g-d)}{i} = 210,7 \text{ Kg/cm}^2 \\
 - \frac{(a-b)(g-e)^3}{3} = 0 \quad A = 15 \frac{N(g-S)(g-c)}{i} = -1525 \text{ Kg/cm}^2 \quad A' = 15 \frac{N(g-S)(g-r)}{i} = 810 \text{ Kg/cm}^2 \\
 - \frac{b'(g-d)^3}{3} = 0 \quad j = \frac{N(c-S)}{N - A \frac{t}{m}} = \dots \text{ cm}^2 \quad C = \frac{T}{j b} = \dots \text{ Kg/cm}^2 \\
 + u(g-r)^2 = 184,000 \\
 + t(g-c)^2 = 650,000 \\
 i = 1159,000 \text{ cm}^4 \\
 B \frac{T}{j(v/s + w\sqrt{2/0})} = \dots \text{ Kg/cm}^2
 \end{array}$$

Observaciones:

Calculado por .....  
Comprobado por .....

N.º .....  
Fecha: / /