

eduardo torroja
oficina tecnica

VIADUCTO DEL ESLA

CAPITULO II

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE MONTA
JE Y ARRIOSTRAMIENTO DE LA CERCHA
METALICA

Fecha ..Febrero..1940.

Núm. 363.149.....

VIADUCTO DEL ES LA

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE MONTA
JE Y ARRIOSTRAMIENTO DE LA CERCHA
METALICA.

I N D I C E

Esfuerzos producidos en la cercha durante el montaje.

Cálculo de los pendolones, cables de suspensión y elementos auxiliares de montaje.

Cálculo del sistema de cables de arriostamiento.

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE MONTAJE DE
LA CIMBRA

SUSPENSION POR LOS CABLES LATERALES EXISTENTES (DE
LA CIMBRA DE MADERA) (FIG. M-1).--

El montaje se podrá hacer por triángulos sucesivos de arranques hacia clave en cada semiarco.

El peso de un triángulo completo (dos cuchillos y arriostramientos) es:

triángulo 0-1-1' 2580 kg.

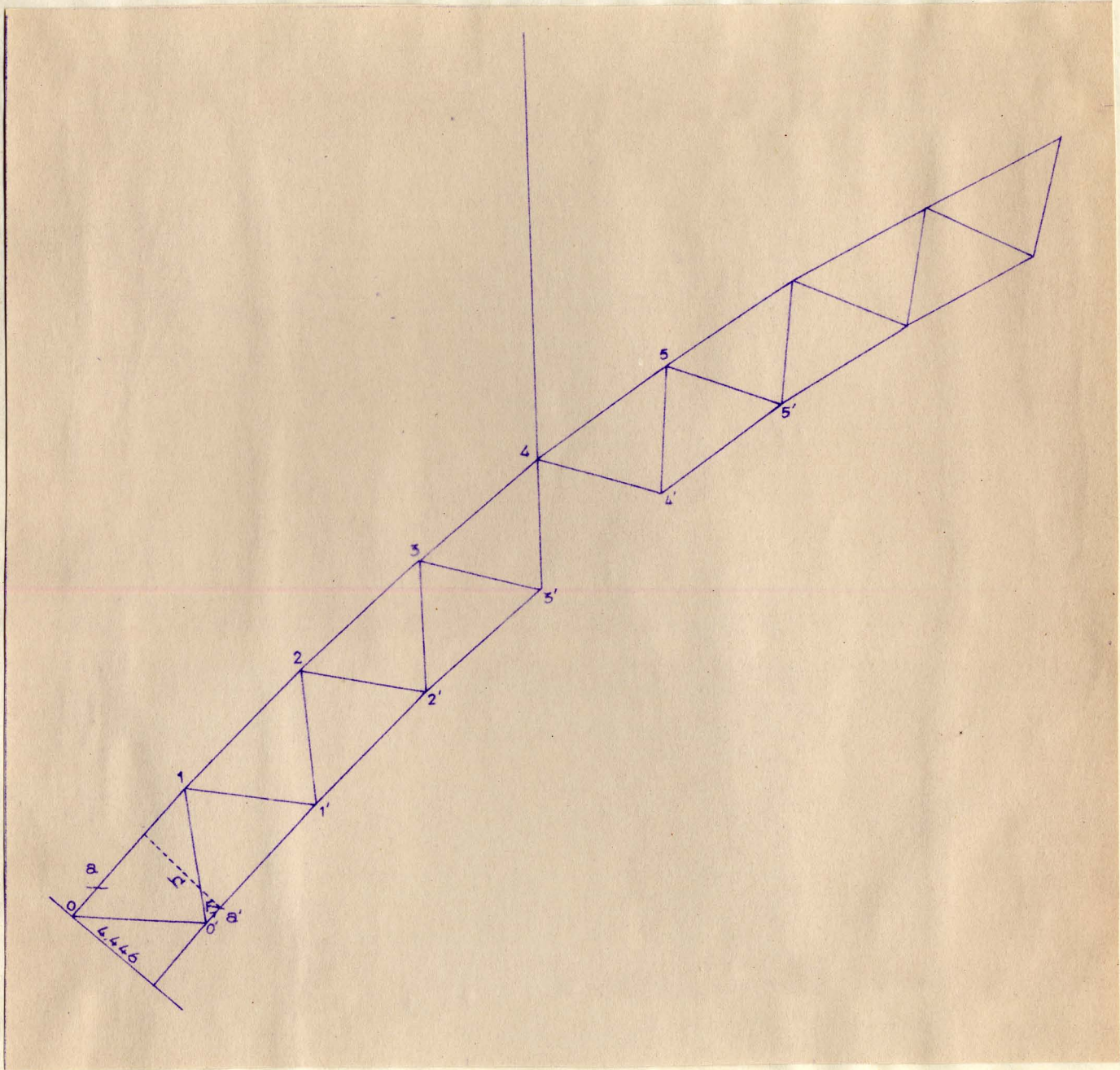
triángulo 1-2-2' 2490 kg.

como la potencia del blondin es 2,500 kg. a partir de éste, se pueden cargar los tramos triangulares completos.

Construido el tramo de nudos 0 al 4 colgado éste por pendolón de los cables existentes, se montará después el tramo 4-8 análogamente suspendiendo el nudo 8 de los cables. Después los tramos 8-12' y 12'-16' suspendidos por los nudos 12' y 16'

Veamos qué número de triángulos se pueden admitir en voladizo de un tramo sujeto por su extremo.

En la región próxima a arranque el peso de la CIMB



bra por metro de abscisa es aproximadamente,

$$p = \frac{230}{\cos} = \frac{230}{0,83} = 278 \text{ kg/m.}$$

Cortemos por a-a' y apliquemos la fuerza F, que ha de equilibrar en a el montaje de las fuerzas exteriores. Para un voladizo de longitud x medida sobre la abscisa, el momento respecto al punto a vale:

$$M = \frac{p \ell^2}{2} = \frac{278 \ell^2}{2} = 139 \ell^2 \text{ mkg.}$$

La fuerza F que a compresión es capaz de resistir la barra es:

$$2 \text{ I del 14} = 2 \times 18,3 = 36,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{trabajo con coeficiente de pandeo } \frac{1,96}{1,96} \frac{1200}{1,96} \approx 612 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 36,6 \times 612 = 22400 \text{ kg.}$$

$$F \times h = F \times 4,40 = 98500 \text{ mkg.} = 139 \ell^2$$

de donde,

$$\ell^2 = 709, \quad \ell = 26,6 \text{ m.}$$

Se puede, pues montar hasta el nudo 5 inclusive, sin necesidad de apoyar en los pendolones, aunque si bien es verdad al llegar al nudo 4 no hay necesidad de prescindir de este apoyo.

Una vez montado el tramo 0-4 y colgado el nudo 4 de los cables por medio del pendolón, se puede análogamente montar el tramo de 4 recuadros (nudos 4 a 8) hasta el pendolón siguiente, aunque durante la opera-

ción quedase cargando en voladizo sobre el triángulo 4-5' -5.

En la parte de clave tendremos análogamente:

$$p = \frac{227}{0,96} = 237 \quad " \quad M = 109 \ell^2 = F \times 3,8 =$$

$$= 22400 \times 3,8 \ell = 27,90$$

luego se pueden admitir voladizos de 5 recuadros.

CARGAS EN LOS PENDOLONES Y EN LOS CABLES.-

El peso de la cimbra supuesto uniforme por metro de longitud es por cuchillo:

$$p = 227,5 \text{ kg. (En arranques 230, en clave 225)}$$

Por el nudo 4 se transmite una carga al pendolón de:

$$P_4 = 230 \times 25,337 = 5835 \text{ kg.}$$

y durante el montaje, por si ha de soportar el voladizo (4-8) la carga será el doble

$$P'_4 = 2 P_4 = 11670 \text{ kg.}$$

Por el nudo 8

$$P_8 = 227 \times 23,94 = 5440 \text{ kg.}$$

$$P'_8 = 2 \times P_8 = 10880 \text{ kg.}$$

Por el nudo 12' " $P'_{12'} = 227 \times 40,847$

$$P'_{12'} = 9260 \text{ kg.}$$

SUSPENSIÓN DE LA CIMBRA

ESCALA 1:250

proc.

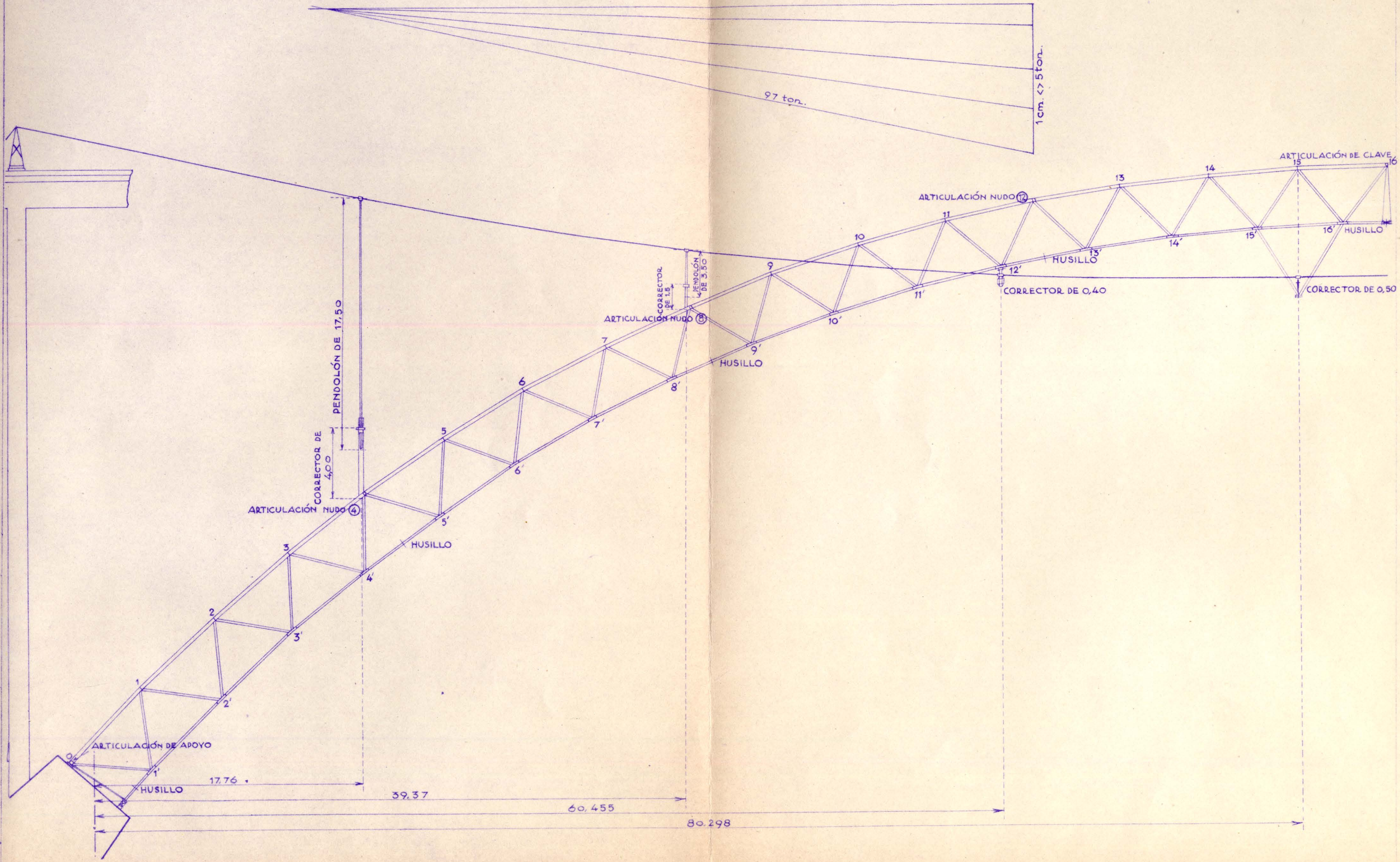
comp.

dtb. Andrés

traz. Ponte

1940 ord. Torroja

Eduardo Torroja
Oficina Técnica nº 363.273



Y en clave cada uno de los apoyos 16' y simétrico en el otro semiarco:

$$P_{16'} = 225 \times 13,014 = 2920 \text{ kg.}$$

Haremos todos los pendolones de ϕ de 40 m/m = 12,566 cm².

El esfuerzo suplementario que sufrirán los cables, por cuchillo es, según el funicular de la lámina 1,97 toneladas en castilletes.

El peso propio de la cimbra de madera y elementos auxiliares, y peso de los cables producía una tensión máxima en ellos, por cuchillo, de:

$$142,530 \text{ kg.}$$

Agregando ahora los 97,000 kg que produce la nueva carga de la cimbra metálica, serán en total 239,600 kg.

Los cables que soportan esta carga son 5 de resistencia cada uno de 110,000 kg a la rotura, en total 550000 kg.

El coeficiente de seguridad es pues

$$\frac{550000}{239600} = 2,30$$

En los pendolones se colocarán correctores de longitud formados por horquillas de ϕ de 30 mm (sección mitad del ϕ de 40 m/m) suspendidos del pendolón roscado en su extremo, como indican las láminas.

En los nudos 4 y 8 cuelga de la horquilla el nudo por medio de una I de luz 0,30 metros soldada a las dos I I de la cabeza superior (Láminas 2 y 3)

Momento en su punto medio:

$$M = \frac{11,67 \times 0,3}{4} = 0,875 \text{ mton. } "$$

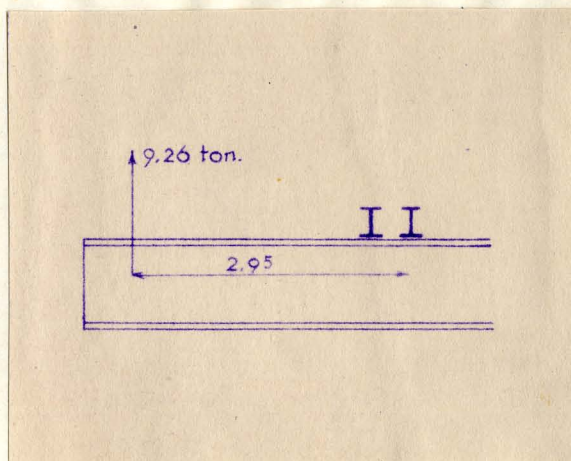
$$R_x = \frac{875}{12} = 73,3 \text{ cm}^3 \quad \underline{\text{I n}^\circ 14}$$

Esfuerzo cortante

$$\frac{11,670}{18,3} = 0,64 \text{ ton/cm}^2.$$

Suspensión nudo 12' (Lámina 4)

La cabeza inferior, por intermedio de un gato de 10 toneladas se apoya en una viga que se poya en los cables laterales, cuya luz es 10 metros; el apoyo se hará mediante correctores.



El momento máximo es:

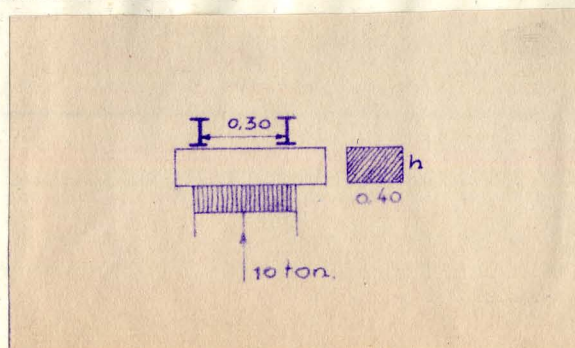
$$M = 9,26 \times 2,95 = 27,3 \text{ mton.}$$

$$\frac{I}{v} = R_x = \frac{27300}{12} =$$

$$= 2280 \text{ cm}^3$$

realizado por

2 I I n° 38. Entre el gato y la cabeza inferior se



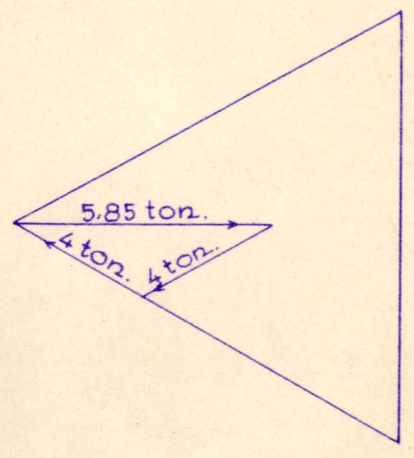
colocarán tablonces que sufrirán un momento de:

$$M = \frac{10 \times 0,3}{8} = \frac{3}{8} =$$

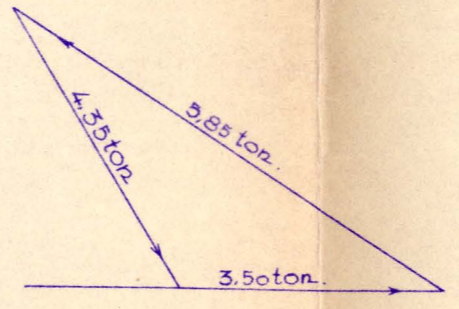
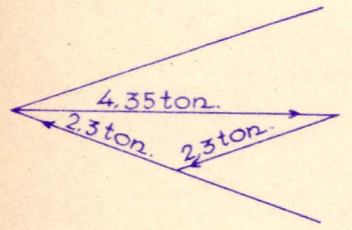
SUSPENSION DEL TRAMO 15', 16'

Eduardo Torroja 2/3/40 ord. Torroja traz. Ponte dtb. Andrés comp. proc.
 Oficina Técnica nº 363.274

1cm. <> 2 ton.



1cm. <> 1 ton.



$$R \times \frac{I}{v} = 50 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{0,4 \text{ h}^2}{6} = 500 \text{ ton/m}^2 \times \frac{0,4 \text{ h}^2}{6}$$

$$h^2 \Rightarrow \frac{18}{4000 \times 0,4} = 0,0113 \text{ m} \quad " \quad h \Rightarrow 0,107 \text{ m.}$$

se pondrán de 15 cms.

Suspensión en clave.-

Como el cable pasa 3,828 metros por debajo del nudo 17', haremos la suspensión mediante dos patas oblicuas que partiendo de los nudos 15' y 16' terminen unidas 1 metro por debajo del cable y quedem colgadas de éste por medio de un corrector.

Como se ejerce una reacción vertical de 3,5 toneladas (con peso de la estructura a añadir) por los diagramas (lámina II-2) del dibujo se ve que las patas soportan una compresión de 4 toneladas cada una.

Utilizando la fórmula del pandeo

$$\sigma_k = \frac{\sigma_b}{1 + 0,0001 \left(\frac{l}{i}\right)^2}$$

para $l = 5,76$ la I nº 22 tiene:

$$\frac{l}{i} = \frac{576}{2,02} = 286 \quad " \quad \left(\frac{l}{i}\right)^2 = 81300 \quad " \quad \sigma_b = 9,13 \sigma_k$$

$$\frac{1,2 \times 39,6}{9,13} = 5,2 \text{ ton} > 4 \text{ ton}$$

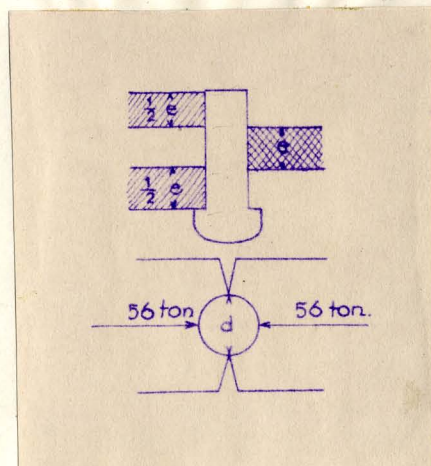
La tensión en los tirantes es 2,3 toneladas, luego emplearemos J de $\frac{40 \times 40}{4}$ cuya sección es 2,42 cm².

En los nudos 12', 15' y 16', las diagonales inferiores de los marcos horizontales se terminarán con mayor excentricidad, como indica el dibujo, para permitir el apoyo sobre los tablonés de madera.

Artóculaciones: (Láminas 2,3,7,8 y 9)

En los nudos 0, 4, 8, 12 y en clave (nudo 16) se disponen articulaciones que permitan la corrección de la posición de los cuatro tramos rígidos (por semiarco). Dichos nudos no se soldarán hasta después de corregida esta posición.

Las compresiones que soporta la cabeza superior incluyendo el peso del núcleo de hormigón varían de 56 toneladas en el arranque a 46 en clave.



Haciendo la articulación por medio de un pasador de diámetro d abrazando en un ángulo de 180' y con carga de trabajo máxima a esfuerzo cortante de 800 kg/cm², y a compresión de 1200

kg/cm². 4 secciones de diámetro d a esfuerzo cortante por cuchillo, para 56 toneladas.

$$8 \times 2\pi \frac{d^2}{4} \times 800 = 56.000$$

$$d = 4,72 \text{ cm. pondremos } d = 5 \text{ cm.}$$

Superficie cilíndrica de apoyo a compresión, de media circunferencia de directriz y longitud $2e$ de generatriz, por cuchillo 56 ton: $2 \times \frac{1}{2} \pi$ de x 1200 = 56,000

$$e \Rightarrow \frac{28}{8,08} = 3,47 \quad \text{lo pondremos } \underline{e = 4 \text{ cm}}$$

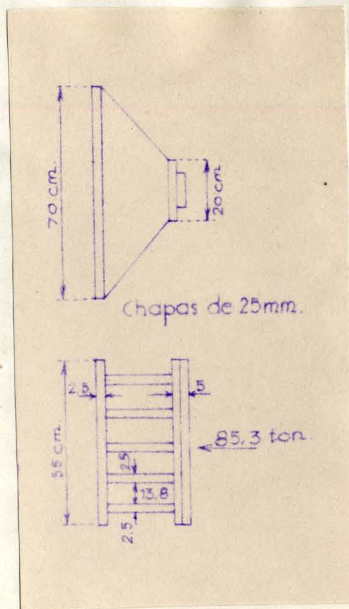
En clave se aumentan estas dimensiones para permitir el aumento o disminución de longitud de la cabeza que por errores en la construcción y montaje, se producirán. Se dispone la articulación abierta para este mismo fin.

Un error de 1 m/m en las dimensiones de cada barra, produce un error máximo de 16 m/m en la posición del nudo 16, que lo admiten las dimensiones de la rótula.

ARTICULACION EN CLAVE DURANTE EL HORMIGONADO DE LOS CORDONES 1 y 2.-

Se dispone a uno y otro lado de la cabeza superior de la cimbra metálica, o sea dos por cuchillo, apoyándose por las placas en la rosca de hormigón, la rótula representada en la figura.

En clave la reacción total que soporta la articulación, es por cuchillo 302 ton. La articulación de unión de las II soporta antes del hormigonado 46 toneladas, quedan pues por soportar un aumento de $302-46 = 256$ toneladas. Esfuerzo que repartido entre las tres rótulas que ahora van a trabajar, resulta a 85,3 toneladas por rótula.



$$\frac{85,3}{0,55} = 155 \text{ ton/m} =$$

$$= 1550 \text{ kg/cm.}$$

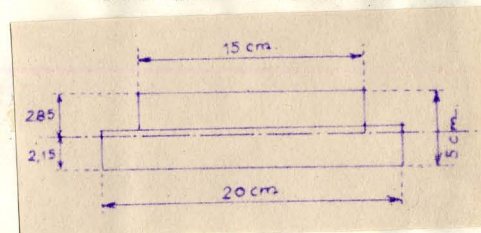
5 chapas de 25 m/m
en 0,20 metros de ancho: $\frac{85,300}{5 \times 2,5 \times 20} = 341$

kg/cm².

Momento máximo en las chapas de apoyo

$$M = \frac{85,300}{5} \times \frac{0,138}{4} = 588 \text{ mkg.}$$

Sección resistente



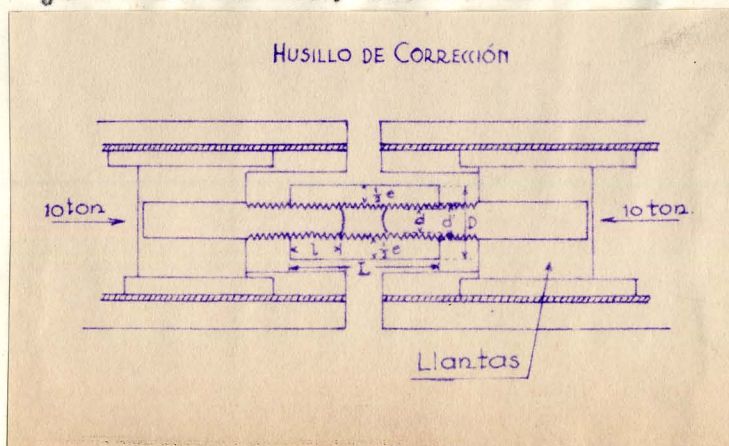
$$I = \frac{15 \times 2,85^3}{3} + \frac{5 \times 0,35^3}{3} + \frac{20 \times 2,15^3}{3} = 182 \text{ cm}^4.$$

$$t = \frac{58800 \times 2,85}{182} = 920 \text{ kg/cm}^2.$$

Las dos chapas irán soldadas en toda su longitud.

Husillo de corrección en la cabeza inferior.-

Para corregir la posición de los tramos de montaje de la cimbra, cuando estos estén suspendidos y



antes de soldar las articulaciones, se disponen tenso-

res en las barras de la cabeza inferior correspondientes a cada articulación de la cabeza superior, que han de permitir dos centímetros de movimiento, y soportar un esfuerzo de compresión de 10 toneladas (Lámina 10).

Diámetro d al fondo de rosca

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 1,200 = > 10 \text{ ton} \quad " \quad d > 3,3 \text{ cm.}$$

Sección en la tuerca

$$\frac{\pi D^2 - d'^2}{4} > 10 \text{ ton.}$$

para $d' = 4 \text{ cm.}$, $D > 5,16 \quad " \quad \frac{1}{2} e = > 1,16$

Momento flector en las llantas de cabeza del tensor:

$$M = \frac{10 \times 0,3}{4} = 0,75 \text{ mton.}$$

para espesor de 2 cm. el canto c deberá ser:

$$I = \frac{2xc^3}{12} \quad " \quad \frac{I}{v} = \frac{2xc^2}{6} = \frac{75,000}{1200} = 62,5 \text{ cm}^2 \quad "$$

$$c^2 = > \frac{375}{2} = 13,6 \text{ cm.}$$

Adoptaremos la rosca y dimensiones siguientes:

Rosca de diámetro máximo $d' = 4,45 \text{ cm.}$ mínimo $d = 3,794 \text{ cm.}$ sección útil $11,34 \text{ cm}^2$ " altura de tuerca $l = 4,6 \text{ cm.}$ (mínima) longitud total de tuerca $L = > 2 \times 4,6 + 2 = 11,2 \quad " \quad L = 12,2 \text{ cm.} \quad " \quad D = 7,7 \text{ cm.}$

Comprobación al pandeo:

$$\text{Coeficiente de pandeo: } K = 1 + 0,0001 \left(\frac{l}{\rho}\right)^2$$

$$\rho = \frac{d^2}{16} = \frac{3,794^2}{16} = 0,894 \quad " \quad \frac{l}{\rho} = \frac{16}{0,894} = 17,9 \quad "$$

$$\left(\frac{l}{\rho}\right)^2 = 319.$$

$$K = 1,032$$

luego la carga de trabajo será:

$$t = \frac{10}{11,34} \times 1,032 = 0,91 \text{ ton/cm}^2 = 9,1 \text{ kg/cm}^2$$

ARRIOSTRAMIENTO DE LA CIMBRA CONTRA LA ACCION DEL VIENTO.-

Coordenadas de los extremos de los cables con relación al origen de la directriz en el arranque:

Castillete E : x = - 4,85 " y = 9,5 m.

Anclajes A y A'
lado Zamora : x = - 47,40 " y = - 9,5 m. z = + 54 m.

Vértice B (amarre) : x = 38,90 " y = 29,5

Anclaje D lado Coru
ña. : x = - 30,6 " y = - 2,2 z = 43,70

" D " " " : x = - 39,6 " y = - 6,4 z = - 49,20

En el capítulo V al estudiar los esfuerzos accidentales se deduce la conveniencia de cargar los cables A B, A'B, CD' y CD con tensión de 58 toneladas cada uno, En el mismo capítulo se obtiene la influencia de la acción del viento sobre la cimbra y esfuerzos que se producen por ello sobre los cables AB, A'B, CD y CD'. Los esfuerzos en los demás cables se deducen de los diagramas de fuerzas del dibujo (II-3).

Se resumen a continuación comprobando para ellos los cables de 49,5 m/m y carga de rotura de 162,000 kg. que se aprovecharán de los que ahora existen en la suspensión de la cimbra de madera (cables centrales).

Esfuerzos en los cables.-

Cables	Tensión previa ton	Tensión máxima ton.
AB, A'B, CD y CD'	58	58 + 13,5 = 71,5
EB y CF	141	141
BC	227	227

Nº de cables de 49,5 m/m de carga de rotura 162000 kg.	Coefficiente de segu- ridad.
1	2,26
2	2,30
3	2,14

Las longitudes de los cables son:

AB	=	108,9		108,9
A'B	=	108,9		108,9
BC	=	94,2	x 3	282,6
EB	=	46,4	x 2	92,8
CF	=	46,4	x 2	92,8
CD	=	87,6		87,6
CD'	=	99,0		99,0

para anclajes de E y F a la

pila 74,8
Total..... 947,4 m.

como existen 5 cables de 220 metros < > 1100 metros se pueden adaptar a las nuevas dimensiones facilmente.

En EB y en CF los dos cables se separarán 3,80 para permitir el paso de la cuba que transportará el hormigón desde el blondin. Como en el castillete la separación no puede ser mas que 0,30 metros habrá que disponer la siguiente pieza.

Pieza de separación de los cables en EB y en CF.-

(Ver esfuerzos en la lámina nº 16)

$$\text{tg. } \alpha = \frac{1,75}{5} = 0,35$$

$$\alpha = 19^{\circ} 20' \quad \text{---} \quad 180 -$$

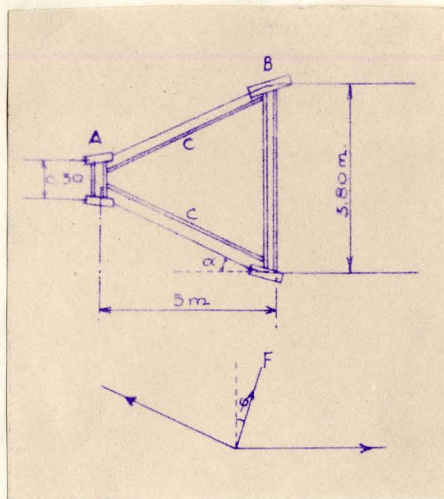
$$\alpha - = 160^{\circ} 40'$$

$$\frac{1}{2} (180^{\circ} - \alpha) = 80^{\circ} 20'$$

$$\varphi = 9^{\circ} 40'.$$

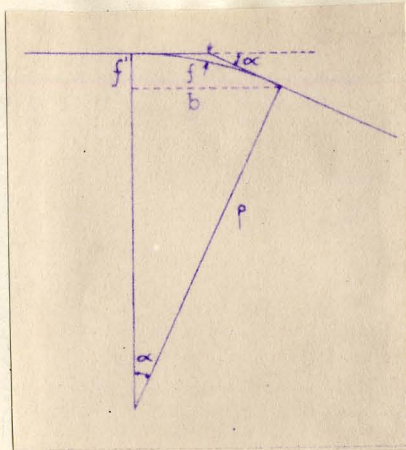
Valor de F resultante de las fuerzas exteriores sobre la barra B, para 84 ton, en cada cable.

$$F = 2 \times 845 \times \text{sen } 9^{\circ} 40' = 28,2 \text{ ton.}$$



Tensión suplementaria en el cable por curvatura con radio $\rho = \frac{\Delta}{2}$ y diámetro de los hilos d calculada como elástica de tal radio de curvatura en pieza prismática a flexión

$$t_1 = \frac{E d}{\Delta}$$



admitamos $t_1 = 2000$
kg/cm² ya que están
trabajando a 5200
kg/cm² y la carga
de rotura es 12,000
kg/cm². (coeficien-
te de seguridad 1,67)

$$\Delta = \frac{E d}{t_1} = \frac{2 \cdot 10^6 \times 0,45}{2 \cdot 10^3} = 450 \text{ cm.}$$

$$P = 2,25 \text{ m.}$$

$$b = 2,25 \text{ sen } \alpha = 0,743 \text{ m.}$$

$$f' = P(1 - \cos \alpha) = 0,126 \text{ m.}$$

$$f = P(1 - \cos \frac{\alpha}{2}) = 0,0317 = 32 \text{ m/m.}$$

Pieza A: (lámina 17)

Trabaja a tracción de 27,800 kg. y a flexión por fuerza en su extremo de 4,7 ton. Perfil dos cés de catorce espaciadas a quince centímetros. $h = 14$.

$$\omega = 40,8 \text{ cm}^2 \quad t_1 = \frac{27,800}{40,8} = 681 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{máx. } M = 4,7 \times 0,15 = 0,75 \text{ mton.}$$

$$I_y = 2 \times 62,7 + 40,8 \times 7,5^2 = 125,4 + 2295 = 2420 \text{ cm}^4$$

$$t_2 = \frac{Mv}{I} = \frac{7500 \times 13,5}{2420} = 419 \text{ kg/cm}^2.$$

$$t = t_1 + t_2 = 681 + 419 = 1100 \text{ kg/cm}^2.$$

Pieza B. Trabaja a compresión con 29,8 ton.

Perfil dos cés de catorce espaciadas a quince centímetros. $n \frac{3}{4} \omega = 2 \times 20,4 = 40,8$

$$i = 5,45 \text{ cm.} \quad \left(\frac{l}{i}\right)^2 = \left(\frac{3,80}{5,45}\right)^2 = 69,8^2 = 4860$$

Coefficiente de pandeo: $K = 1,486$ " $\sigma = \frac{1200}{1486} = 807$

kg/cm².

$$807 \times 40,8 = 32900 \text{ kg} > 29,8 \text{ ton.}$$

Separación entre riostras:

Esfuerzo de una] : $f = \frac{29,8}{2} = 14,9 \text{ ton "}$

$$i' = 1,75$$

$$\frac{l'}{i'} = \frac{l}{i} = 69,8 \quad \text{"} \quad l' = 69,8 \times 1,75 = 122 \text{ cm.}$$

5 riostras.

Pieza de apoyo de la curva del cable: Perfil dos cés a quince centímetros de separación. $R_x = 172,8 \text{ cm}^3$
Resiste una carga uniformemente repartida de

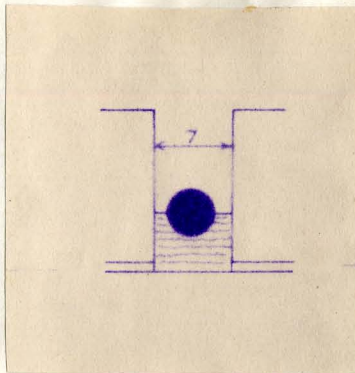
$$\frac{28200}{0,78} = 36150 \text{ kg/m. con voladizos de } 0,31 \text{ m.}$$

$$M = \frac{36150 \times 0,31^2}{2} = 1740 \text{ mkg. "}$$

$$t = \frac{174000}{172,8} = 1010 \text{ kg/cm}^2.$$

Presión en la madera:

$$\frac{361,5}{5} = 72,3 \text{ kg/cm}^2.$$



Chapa inferior: luz 7 cm. Car-
ga en el centro 36150 kg/m.

$$\text{En 1 cm.: } M = \frac{361,5 \times 6}{4} = 542,25$$

cm/kg.

$$\frac{I}{v} = \frac{b h^2}{6} = \frac{1 h^2}{6} = \frac{542,25}{1200} h =$$

$$= 1,4 \text{ cm.}$$

espesor adoptado 2 cm.

Pieza de tracción entre A y B.- A tracción cada una
de las dos piezas C 5 ton.

Perfil dos cuadrados de 15 m/m (cada pieza dos) "

$$\omega = 2 \times 2,25 = 4,5 \text{ cm}^2.$$

$$t = \frac{5000}{4,5} = 1113 \text{ kg/cm}^2.$$

Botones de amarre B y C (Lámina 15 planos de obra.)

De las coordenadas de los extremos de los ca-
bles, se deduce:

$$\text{tg. } \alpha = \frac{44-29,500}{38,90+4,85} = \frac{14,5}{4375} = 0,3314$$

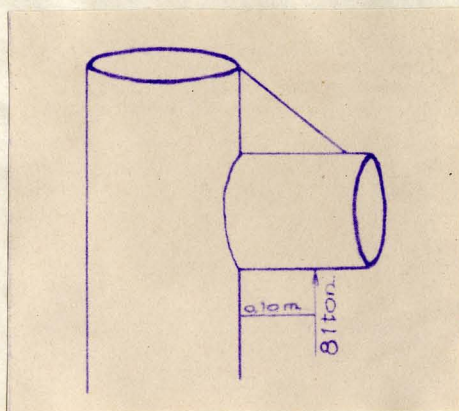
$$\text{tg. } \beta = \frac{29,5+9,5}{47,4+38,9} = \frac{39}{86,3} = 0,4519$$

$$\text{tg. } \gamma = \frac{54}{86,30} = 0,6257$$

Se dispone el vértice del botón de amarre mediante
planos de 50 m/m soldados a φ de 210 m/m,
 ϕ de 210 = 346 cm² a 1.200 kg/cm²

$$T = 346 \times 1.200 = 415,000 \text{ kg.} > 227 \text{ ton.}$$

Empalme del cable BC con el botón de amarre.-



φ de 165 m/m soldado al φ de 210 m/m.

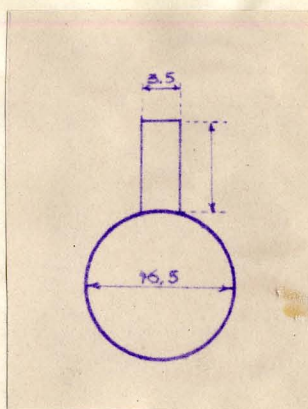
Chapa de 35 m/m.

Calculado para 81 ton con 10 cm, de excentricidad.

$$M = 81 \times 0,10 = 8,1 \text{ mton}$$

Fibra neutra: $x = 1,86 \text{ cm.}$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} + \frac{3,5 \cdot 10^3}{12} + 741 + 4510 = 9180$$



$$t = \frac{810 \times 11,39}{9180} = 1,008$$

$$\text{ton/cm}^2. = 1008 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante:

$$Q = \frac{81000}{213,82 + 35} = \frac{81000}{248,8}$$

$$= 326 \text{ kg/cm}^2.$$

ANCLAJE DE LOS CABLES DE ARRIOSTRAMIENTO.-

La tensión máxima de cable es 82 toneladas.

Cables G E B y C F H:

Esfuerzo en cada brazo de la horquilla 41 ton.

$$\text{Sección necesaria al fondo de rosca: } \frac{41000}{1200} = 34,2 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 67,6 \text{ m/m.}$$

Sección necesaria para la horquilla 77 m/m.

Como cada horquilla de anclaje en la pila está dispuesta para 53 toneladas hará falta utilizar dos de ellas por cable; en total 4 de las 5 existentes para los suspensores centrales actuales.

Se dispondrá por lo tanto un empalme bifurcación al extremo de cada uno de los cuatro cables.

Cables AB, A'B, CD y CD'.

El ángulo φ que forman con su proyección horizontal, es:

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} \varphi &= \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{39,008}{\sqrt{86,3^2 + 39,008^2 + 54^2}} = \\ &= \frac{39,008}{\sqrt{11865,0}} = \frac{39,008}{108,9} = 0,3582 \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{39,008}{\sqrt{x^2 + z^2}} =$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{39,008}{100,12} =$$

$$= 0,3898 \quad \text{y} \quad \operatorname{cos} \varphi =$$

$$= 0,918.$$

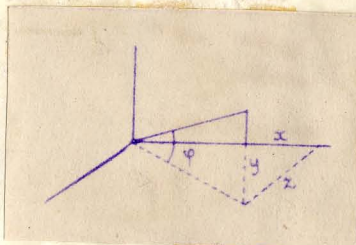
Longitud de AB =

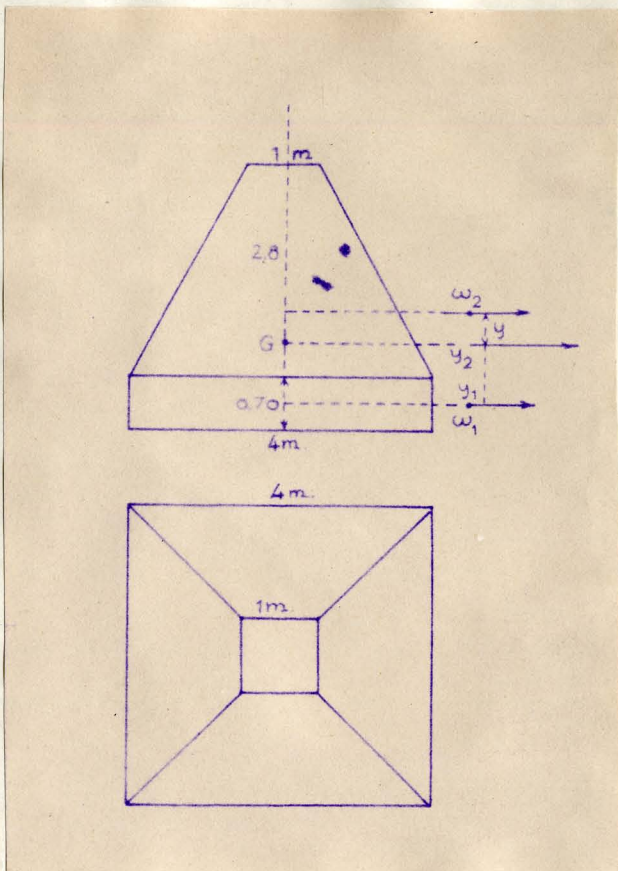
$$A'B = 108,9 \text{ m.}$$

Componente horizontal de 82 toneladas en el cable:

$$H = 82 \times 0,918 = 75,2 \text{ ton.}$$

$$\text{Vertical:} \quad V = 82 \operatorname{sen} \varphi = 29,35.$$





Macizo de anclaje:

Volúmen:

$$V = \frac{1}{3} 16 \times 3,735 - \frac{1}{3} \times 0,935$$

$$+ 16 \times 0,7 = 19,35 - 0,311$$

$$+ 11,2 = 30,24 \text{ m}^3 \text{ "}$$

$$\text{Peso } P = 30,24 \times 2,3 =$$

$$= \underline{69,50 \text{ Ton.}}$$

Centro de gravedad: G:

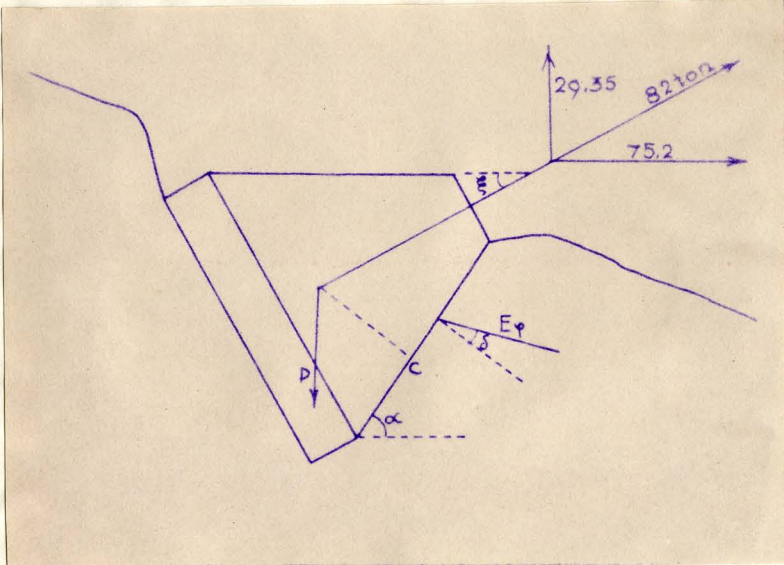
$$\omega_1 = 4^2 \times 0,7 \text{ " } y_1 = 0,35$$

$$\omega_2 = 19,04 \text{ " } y_2 = \frac{2,80}{4} \times$$

$$\times \frac{16+8+3}{16+4+1} = 0,9 \text{ m.}$$

$$y = \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} (y_1 + y_2) =$$

$$= \frac{11,2}{30,24} 1,25 = 0,463 \text{ m.}$$



Comprobación al deslizamiento.-

$$\alpha = 50^\circ \text{ " } \text{tg } \alpha = 1,1918 \text{ "}$$

ángulo de rozamiento,

$$\delta = 31^\circ \text{ " } \text{tg } \delta = 0,60.$$

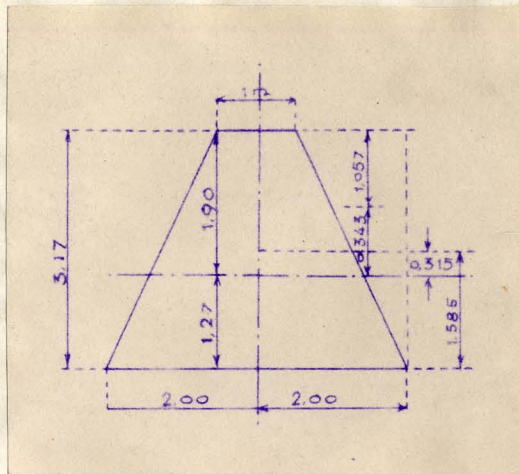
$$\alpha + \delta = 81^\circ \text{ " } \text{tg } (\alpha + \delta) =$$

$$6,314 \text{ " } \text{sen } (\alpha + \delta) =$$

$$= 0,9877.$$

Peso necesario para el equilibrio:

$$\text{Empuje de tierras: } E_p = \frac{75,2}{\text{sen } (\alpha + \delta)}.$$



$$P = E_p \cos (\alpha + \delta) +$$

$$+ 29,35 = \frac{75,2}{\operatorname{tg}(\alpha + \delta)}$$

$$+ 29,35 = 11,93 +$$

$$+ 29,35 = 41,28 \text{ ton.}$$

Coefficiente de es-
tabilidad al desli-
zamiento:

$$K = \frac{69,5}{41,28} = 1,68$$

Comprobación al vuelco.-

Cara de apoyo. Eje a $\frac{3,17}{3} \times \frac{4 + 2}{4 + 1} = 1,27 \text{ m.}$

Núcleo central:

Descomponiendo en rectángulos y triángulos:

$$I_x = 2 \left[\frac{2 \times 3,17}{12} + 2 \times 3,17 \times 0,315^2 - \frac{1,5 \times 3,17}{36} - \frac{1}{2} \times 1,5 \times \right.$$

$$\left. 3,17 \times 0,843^2 \right] = 5,83 \text{ m}^4.$$

$$\omega = 2,5 \times 3,17 = 7,92 \text{ m}^2.$$

$$i_x^2 = \frac{5,83}{7,92} = 0,735 \quad \text{CE} = a_x = \frac{0,735}{1,27} = 0,579 \text{ m.}$$

y la excentricidad es solo de 0,40 metros. (figura a).

