

eduardo torroja  
oficina técnica

VIADUCTO DEL ES LA

CAPITULO IV

ESTUDIO

DE LAS DEFORMACIONES LONGITUDINA-  
LES ELASTICAS Y LENTAS SUFRIDAS  
POR LAS DIFERENTES ROSCAS Y REPAR  
TO DE CARGAS EN LAS MISMAS

Fecha Febrero 1940

Núm. 363.151

VIADUCTO DEL ESLA

ESTUDIO

DE LAS DEFORMACIONES LONGITUDINA-  
LES ELASTICAS Y LENTAS SUFRIDAS  
POR LAS DIFERENTES ROSCAS Y REPAR  
TO DE CARGAS EN LAS MISMAS

---



INDICE

Leyes y métodos de cálculo adoptados.

Deformaciones y tensiones en la sección 1.

Idem 2.

id 3.

id 4.

id 5.

Cuadro ó ábacos resumen.



## VIADUCTO DEL ES LA

### LEYES Y METODOS DE CALCULO ADOPTADOS

#### DEFORMACIONES DEL ARCO.-

Desde que la cimbra se coloca, sufre diferentes deformaciones, que podemos agrupar en tres clases.

- a) Deformaciones elásticas debidas a los momentos y esfuerzos normales que aparecen en el arco.
- b) Deformaciones permanentes ó plásticas debidas a la deformación lenta del hormigón.
- c) Deformaciones accidentales producidas por el viento y temperatura.

Las que nos interesan son las dos primeras, pues las del grupo c) desaparecen con la causa que los produce.

#### DEFORMACIONES a).-

Son debidas a los momentos flectores y esfuerzos normales que aparecen en el arco.

La construcción de éste es por roscas hasta completar la sección. Estas roscas se hormigonan a su vez en dovelas; al añadir cada dovela se produce en cada sección un aumento



del momento y del esfuerzo normal.

Como la dovela de un cordón se hormigona en un periodo de tiempo corto (unos 10 días) vamos a prescindir de los incrementos del momento y del esfuerzo axial debidos a cada dovela, y solo consideraremos el producido al agregar una rosca completa.

Las dovelas las hormigonamos por separado y las rejuntaremos solo al estar hormigonado el cordón; la retracción del fraguado no influirá así de modo apreciable en las deformaciones.

Según lo dicho al agregar una rosca se produce un incremento de  $M$  y otro de  $N$  que producen una deformación en la parte construída que se sumará a la que hubiere antes; pero la rosca tarda unos diez días en hormigonarse, y durante estos días varía el coeficiente de elasticidad de la parte construída, por ello supondremos que la rosca se hormigona de golpe en el tiempo medio.

El procedimiento para encontrar las deformaciones  $a$  es el siguiente:

- 1º.- Hallamos los momentos flectores y esfuerzos axiales que produce cada nueva rosca ó cada nueva causa.
- 2º.- Hallamos el  $EI$  de la sección en el momento de agregar dicha causa, así como el  $ES$ .
- 3º.- Entonces podemos hallar las deformaciones.

Detallemos un poco lo dicho.

- 1º.- Momentos flectores y esfuerzos axiales.- Se han hallado ya con una directriz y una ley de inercia media (Vea-



se el estudio de cargas normales).

2º.- Valores de EI y ES.- En un momento dado sacamos del ábaco que liga E con H (carga de trabajo) y con e (antigüedad del hormigón), el valor de E correspondiente a cada rosca y ya no hay dificultad para hallar EI y ES en la sección.

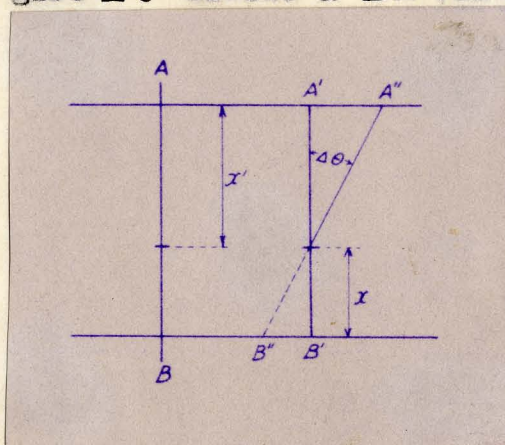
3º.- Deformaciones a.- Las deformaciones que nos interesan son los acortamientos ó alargamientos de las cabezas de la cimbra; pues tenidos estos se puede corregir la posición desde el montaje de ésta.

Si  $\Delta N$  es el incremento del esfuerzo axial y  $\Delta M$  es el momento flector, el acortamiento  $\Delta \delta_N$  debido a  $\Delta N$  es en una longitud  $\Delta S$ .

$$\Delta \delta_N = \frac{\Delta N}{E S} \Delta S \text{ siendo } E S = \sum E_n S_n$$

El giro  $\Delta \theta$  debido a  $\Delta M$  vale

$$\Delta \theta = \frac{M}{E I} \Delta S$$



En la figura  $A A' = \Delta \delta_N$   
y  $A' A'' = \Delta \delta_M = \omega' \Delta \theta$   
siendo  $\omega'$  la ordenada a partir de la nueva fibra neutra, luego la deformación de la cabeza será:

$$\Delta \delta = \frac{\Delta N}{E S} \Delta S + \frac{\Delta M}{E I} \Delta S x \omega'$$

Si  $\Delta \delta$  queremos que venga en m/m  $\Delta S = 1.000 \text{ m/m}$  y

$$\Delta \delta = \frac{\Delta N \times 1.000}{E S} + \frac{\Delta M \times 1.000}{E I} \omega'$$



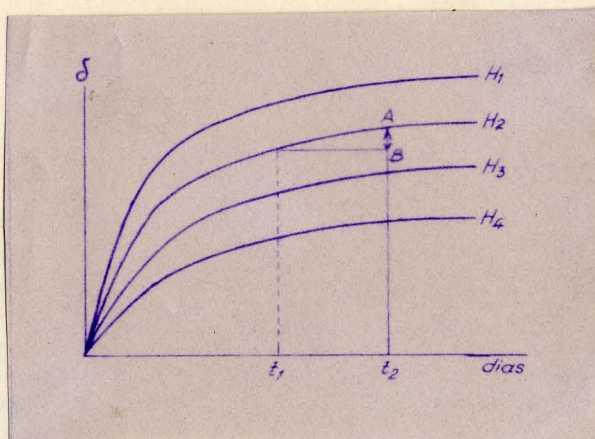
OBSERVACION: Antes de enclavar las articulaciones, como el arco es isostático se pueden hallar  $P_2$  y  $\Delta P_2$  (Esfuerzos axiales en las cabezas de la cimbra), y entonces

$$\Delta \delta = \frac{\Delta P x 1000}{E S}$$

Conociéndose las deformaciones y los coeficientes de elasticidad se determinan en seguida los incrementos de la carga de trabajo.

Deformaciones b.- Al estar cargado el hormigón se deforma en el transcurso del tiempo, dependiendo esta deformación lenta de la carga de trabajo y de la antigüedad del hormigón.

Se ha dibujado el ábaco que da estas deformaciones, su



manejo es como se indica en el esquema, el incremento de deformación de un hormigón cargado con una carga  $H_2$  kg/cm<sup>2</sup> entre  $t_1$  y  $t_2$  día, es AB.

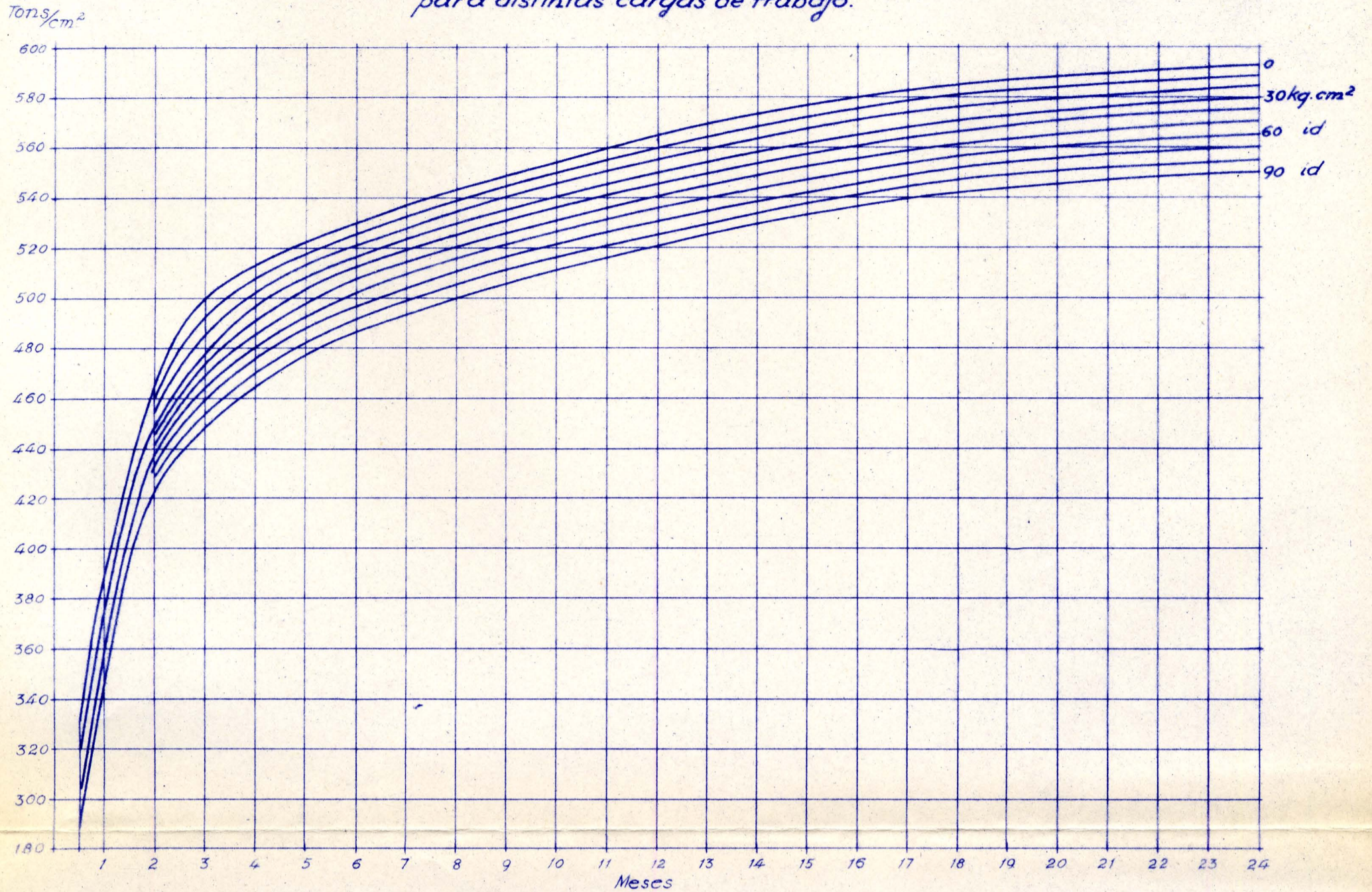
Según esto, podemos encontrar en cada dovela las deformaciones lentas en un

cierto periodo.

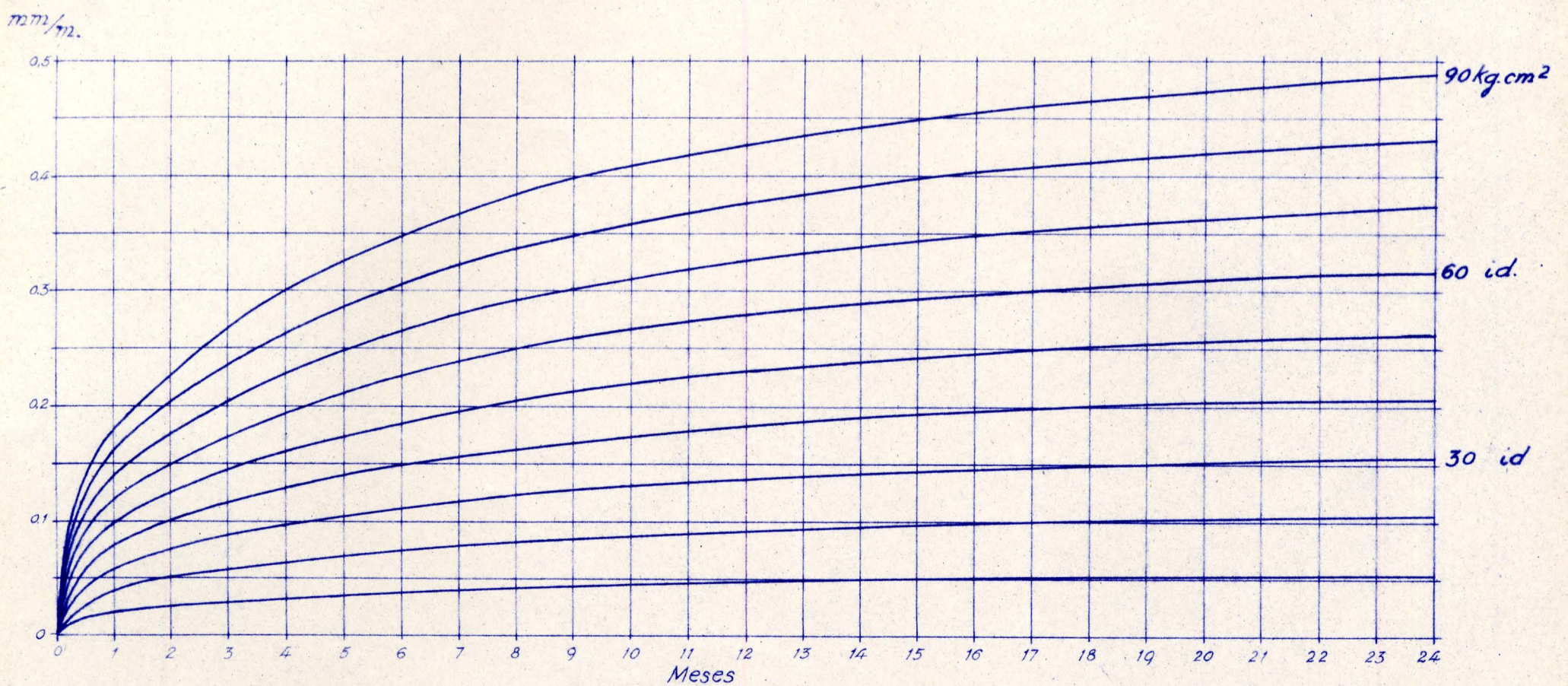
Suponemos que todas las dovelas se deforman lo mismo, lo cual indica que la mas cargada se descargará con el tiempo en la menos cargada, tendiendo con el tiempo a nivelarse.



Abaco 5,1 - Variaciones del  $H_s$  módulo de elasticidad en función de la edad del hormigón para distintas cargas de trabajo.



Abaco 5,2 - Diagramas de deformaciones lentas a lo largo del tiempo para distintas cargas de trabajo





las cargas.

El modo de proceder es como sigue:

Si queremos hallar la deformación del conjunto en un tiempo  $t$ , como conocemos la carga de trabajo de cada rosca, y las edades del hormigón que constituyen éstas podemos hallar las deformaciones que se producirán en cada rosca, sean éstas,  $\delta_1$   $\delta_2$   $\delta_3$ .

Estas deformaciones halladas con el ábaco IV-1 serán en general diferentes, pero como suponemos que la deformación resultante es la misma para las tres roscas, quiere decir que  $\Delta$  (deformación resultante) será un valor medio entre  $\delta_1$   $\delta_2$   $\delta_3$ , y como las deformaciones son por compresión, podemos poner

$$\Delta = \frac{\delta_1 E_1 S_1 + \delta_2 E_2 S_2 + \delta_3 E_3 S_3}{\sum E S}$$

Al ser distinto de  $\delta_1$  quiere decir que la rosca (1) cede a las inmediatas la carga  $(\Delta - \delta_1)E = \Delta H_1$  y lo mismo para las restantes.

Operamos siempre en periodos menores de un mes, en los cuales el valor de  $\Delta H$  y la variación de  $E$  son pequeños.

Este es el modo de operar; vamos a entrar en el cálculo de los ábacos para ver las causas que se producen.

#### ABACOS DE DEFORMACIONES ELASTICAS.-

Partimos de la ley fundamental propuesta por el Sr. Torroja:



$$\frac{H}{R} = 1 - \left(1 - \frac{\delta}{\Delta_i}\right)^{2.3} \quad \text{en la que } H = \text{carga de trabajo "}$$

R = carga de rotura,  $\Delta_i$  = deformación de rotura "  $\delta$  = defor-  
mación que corresponde a H.

De esta fórmula se deduce  $\delta = \Delta_i \left(1 - \sqrt[2.3]{1 - \frac{H}{R}}\right)^{2.3}$   
por tanto:

$$\frac{H}{\delta} = \frac{H}{\Delta_i \left(1 - \sqrt[2.3]{1 - \frac{H}{R}}\right)^{2.3}}$$

Mediante esta fórmula se ha calculado el ábaco IV-1.  
partiendo de la variación de R con el tiempo indicada para  
hormigones en el manual "Asland",.

e = 1/2	1	2	3	6	12	18	24	meses	
R =	217	255	302	320	346	368	382	386	kg/cm <sup>2</sup> .
$\frac{H}{\delta}$ =	288	347	438	448	487	520	541	550	Ton/cm <sup>2</sup> para H = 90 kg/cm <sup>2</sup> .
$\frac{H}{\delta}$ =	305	364	445	463	503	538	562	565	Ton/cm <sup>2</sup> para H = 60 kg/cm <sup>2</sup> .
$\frac{H}{\delta}$ =	320	379	450	478	517	550	572	579	Ton/cm <sup>2</sup> para H = 30 kg/cm <sup>2</sup> .
$\frac{H}{\delta}$ =	332	391	463	491	530	565	586	592	Ton/cm <sup>2</sup> para H = 0 kg/cm <sup>2</sup> .

Con estos valores se ha dibujado el ábaco IV-1.

#### ABACO DE DEFORMACIONES LENTAS.-

Partimos de la curva experimental de dichas deformaciones  
que adaptamos a nuestro caso, haciendo que la deformación  
lenta a los dos años sea triple de la elástica que corres-  
ponde a esa carga en un hormigón de dos años, como se dedu-  
ce de las leyes obtenidas por Glanville, Davis, etc. para  
ambientes análogos al de esta obra.



Las ordenadas de la curva, tomando como unidad la deformación plástica a los dos años son las de la fila (1) del siguiente cuadro:

$\frac{e}{\delta}$	1	2	4	6	8	12	16	20	24
$\delta$ 2 años	0,368	0,468	0,611	0,707	0,780	0,867	0,928	0,967	1,00 (1)
H=30" $\delta$	0,057	0,073	0,095	0,110	0,121	0,135	0,144	0,151	0,156
H=60 $\delta$	0,117	0,149	0,194	0,225	0,248	0,276	0,295	0,308	0,319
H=90 $\delta$	0,180	0,229	0,300	0,347	0,382	0,425	0,455	0,475	0,490

Las deformaciones lentas a los dos años valen:

para H = 90	= 0,490 m/m
para H = 60	= 0,319 m/m
para H = 30	= 0,156 m/m

Multiplicando la fila (1) por estos valores, tendremos los valores de  $\delta$  que nos permiten dibujar el ábaco de deformaciones lentas.

En cuanto al hierro lo consideramos como una rosca más.

#### ESTUDIO DE LAS CAUSAS.-

La construcción se hace de la siguiente forma:

- a) Se monta la cimbra y se hormigona el núcleo. Solo existira una deformación elástica.
- b) Se hormigona la rosca (1): Existirá otra deformación elástica.
- c) 20 días después se hormigona la rosca (2). Se produce una deformación elástica y luego una lenta de las roscas (1) hasta d).



- d) Se enclavan las articulaciones a los 35 días.
- e) Se hormigona (3) a los 40 días.
- f) Se hormigona (4) a los 60 días.
- g) Se hormigona (5) a los 83 días.
- h) Se hormigonan (6) (7) a los 113 días.
- i) Se hormigona (8) a los 140 días.
- k) Se hormigona el tablero tres meses después.
- m) Se aplica una compresión en clave a los seis meses de haber hormigonado el arco.

En todos los casos existe una deformación elástica y otra lenta.

El estudio lo hacemos sobre cinco secciones cuyas abscisas son, referidas al origen del arco.

S	1	2	3	4	5
$\varnothing =$	4,50	20,80	41,90	63,50	86,00

Los valores de los esfuerzos totales en Ton. para las distintas causas tomados del estudio de esfuerzos normales en la estructura, son: ~~27-26~~ son:

S	a		b		c		d	
	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$
1	- 56	- 8	-148	+ 1	+228	+ 8	+152	-150
2	- 37	-17	-139	+ 5	-196	+ 15	+149	-147
3	- 32	-17	-125	+13	-152	- 10	+146	-146
4	- 39	- 8	-103	- 5	-161	- 2	+146	-144
5	- 46	0	-103	0	-153	0	+152	-150



Los subíndices 1 y 2 indican cabeza superior e inferior respectivamente.

Arco empotrado

S	e		f		g		h		i		k	
	$\Delta N$	$\Delta M$	$\Delta N$	$\Delta M$	$\Delta N$	$\Delta M$	$\Delta N$	$\Delta M$	$\Delta N$	$\Delta M$	$\Delta N$	$\Delta M$
1	-367	+45	-317	+68	-629	+203	-1109	+689	-339	+531	-970	-1075
2	-329	- 2	-209	-24	-571	- 4	-1003	-194	-227	-110	-815	0,00
3	-285	-24	-253	-32	-496	-178	-891	-350	-226	-395	-660	+ 600
4	-269	-14	-235	+11	-470	+ 1	-843	+ 81	-212	+113	-625	- 115
5	-263	+14	-231	-20	-459	+156	-824	+220	-204	+621	-625	- 934

Por último damos en el siguiente cuadro un resumen de las secciones de hormigón  $S_H$  y de hierro  $S_A$  en cada sección y rosca en m2 para las primeras y cm2 para las segundas.

S	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$
1	0,700	160	1.250	100	1.510	78,56	1.150	51,64	1.170	222,2
2	0,420	160	1.050	87,4	1.100	44,09	0,820	30,90	1.710	214,6
3	0,375	145	0.750	59,3	0.940	33,44	0,730	19,26	1.680	213,4
4	0,426	135	0.497	46,2	0.980	14,44	0.760	10,27	1.670	199,78
5	0.420	135	0.490	46,2	0.960	14,44	0.750	10,27	1.670	199,78

S	(6)		(7)		(8)	
	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$	$S_H$	$S_A$
1	2.500	222,4	1460	60,74	1.770	87,66
2	2.440	158,02	1180	45,18	1.410	50,37
3	2.410	140,7	0960	23,81	1.160	37,99
4	2.400	80,33	0830	12,19	1.020	13,36
5	2.400	30,33	0810	12,19	0.990	15,36



DEFORMACIONES Y TENSIONES PRODUCIDAS EN LA SECCION 1.-

a) Efecto del peso propio y del núcleo.

Cuando se coloca la cimbra y se hormigona el núcleo, resultan en la sección que estudiamos unas compresiones ó tracciones en las cabezas y un esfuerzo cortante.

Llamemos  $\Delta P_1$  al incremento de tracción en la cabeza superior, y  $\Delta P_2$  en la cabeza inferior.

Llamemos  $A_0$  la carga de trabajo en el acero de la cabeza superior de la cimbra,  $A_0'$  lo mismo en la cabeza inferior.  $A_1$   $A_2$   $A_3$  ----- los trabajos del acero en las armaduras de redondos de las roscas 1, 2, 3 etc.

Sea  $H_0$  el trabajo en el hormigón del núcleo, y  $H_1$   $H_2$   $H_3$  ----- los trabajos en el hormigón en las roscas 1, 2 3, -----.

Sea  $E_A$  el coeficiente de elasticidad del acero y  $E_h$  el del hormigón.

El efecto del peso propio y del núcleo lo resiste solo la cimbra.

Para unificar notaciones tomaremos las cabezas de la cimbra como pertenecientes a las roscas 1 y 2.

Estado inicial de la parte resistente.-

Rosca 1	$S_H = 0$	$S_A = 106,8 \text{ cm}^2$	$A_0 = 0$	$E_A = 2 \times 10^3 \text{ Ton/cm}^2$
Rosca 2	$S_H = 0$	$S_A = 36,6 \text{ cm}^2$	$A_0' = 0$	
	$\Delta P_1 = - 56 \text{ Ton.}$	"	$\Delta P_2 = - 7 \text{ Ton}$	

Llamaremos  $\delta_1$  y  $\delta_2$  a los alargamientos ó acortamientos en m/m de la cabeza superior e inferior de la cimbra, entonces



se tiene:

$$\delta_1 = \frac{-56 \times 1,000}{2,000 \times 10,8} = -0,262 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 = \frac{-7 \times 1000}{2000 \times 36,6} = 0,096 \text{ mm/m}$$

Los trabajos deducidos de las deformaciones son:

$$A_o = -524 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_o' = -192 \text{ kg/cm}^2.$$

b) Hormigonado de la rosca 1.

En este momento está ya hormigonado el núcleo, habrá que tenerlo en cuenta en la parte que resiste. Llamemos e a la edad del hormigón.

Se tiene:

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 780 \text{ cm}^2$  (núcleo)  $S_A = 160 \text{ cm}^2$   $e = 1 \text{ mes.}$

$$A_o = -524 \text{ " } H_o = 0$$

Rosca:2  $S_H = 0$

$$S_A = 36,6 \text{ cm}^2.$$

$$A = -192$$

$$\Delta P_1 = -148 \text{ ton.}$$

$$\Delta P_2 = +1 \text{ ton.}$$

El coeficiente de elasticidad del hormigón del núcleo que no está cargado y que tiene un mes de edad, vale:

$$E = 391000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Deducido del ábaco)}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-148 \times 1000}{780 \times 391 + 160 \times 2000} = -0,237 \text{ mm/m.}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{+1 \times 1000}{2000 \times 36,6} = +0,014 \text{ mm/m.}$$



Como se conocen las deformaciones y los coeficientes de elasticidad, las cargas de trabajo serán

$$\Delta H_0 = - 0,237 \times 391 = - 90,3 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_1 = - 474 \quad \Delta A_2 = +28$$

Agregando estos momentos al estado inicial, tendremos las deformaciones y cargas totales, es decir:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_1 = - 0,499 \text{ mm/m} \quad \delta_2 = - 0,082 \text{ mm/m} \\ A_0 = - 998 \text{ kg/cm}^2 \quad A_0' = - 164 \text{ kg/cm}^2 \quad A_1 = - 474 \text{ kg/cm}^2 \\ H_0 = - 90,3 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

Prescindimos de la deformación lenta del núcleo de hormigon y en lo sucesivo lo consideraremos parte integrante de la rosca 1.

Las cargas en el núcleo serán pues de - 90,3 kg/cm<sup>2</sup> más que en la rosca 1, ya que al hormigonar ésta ese es el trabajo de aquél.

Lo mismo hacemos con el hierro de la cabeza de la cimbra que lo consideraremos como formando parte de la armadura de dicha rosca, la carga de trabajo en esta cabeza será de -524 kg/cm<sup>2</sup> más que en las armaduras de redondo que ponen para el armadé de la dovela 1.

c) Hormigonaño de las roscas 2.- Procedamos en la forma de antes.

Estado inicial de la parte resistente:

Rosca 1:  $S_H = 7000 \text{ cm}^2$     $S_A = 160 \text{ cm}^2$     $H = 0$     $A_1 = - 474$     $e = 20 \text{ dias}$

Rosca 2:  $S_H = 0.00$     $S_A = 100 \text{ cm}^2$     $H = 0$     $A_0' = - 164$     $e = 0 \text{ dias}$



$$E_{H1} = 360000 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta P_1 = - 228 \text{ Ton} \quad \Delta P_2 = + 8 \text{ Ton}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 228 \times 1.000}{7000 \times 360 + 2000 \times 160} = - 0,0805 \text{ mm/m.}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{+ 8 \times 1.000}{2000 \times 100} = 0,04 \text{ mm/m}$$

Las cargas de trabajo deducidas de las deformaciones, son:

$$\Delta H_1 = - 28,9 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_1 = - 161 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = + 80 \text{ kg/cm}^2$$

Estado al final de la deformación elástica.-

Agregando estos incrementos al estado inicial se hace

$$\delta_1 = - 0,5795 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 = - 0,042 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 635 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_0' = - 84 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = + 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 28,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_2 = 0$$

En lo sucesivo consideraremos la cabeza inferior de la cimbra como formando parte de las armaduras de la rosca 2, entonces la carga de trabajo en esta cabeza será la de las armaduras de redondos ó sea  $A_2$  aumentada en  $- 164 \text{ kg/cm}^2$ .

Deformaciones lentas hasta el enclavamiento.-

La rosca 1 es la única que está cargada, su deformación lenta desde que se carga (a los 20 días de hormigonada) hasta que se enclavan las articulaciones (a los 35 días de hormigonada) vale:

$$\Delta \delta_1' (20-35) = - 0,012 \text{ mm/m} \quad (\text{deducido del ábaco})$$



Al acortarse se descarga en el hierro, su acortamiento final vale (ver pág.5-6 )

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 0,012 \times 7.000 \times 360}{7.000 \times 360 + 160 \times 2000} = - 0,011 \text{ mm/m.}$$

El hierro se acorta pues 0,011 mm/m y el hormigón en lugar de acortarse 0,012 mm/m se acorta solo 0,011 mm/m; quiere esto decir que cede al hierro la carga necesaria para alargarse  $0,012 - 0,011 = 0,001 \text{ mm/m}$

Por tanto:

$$\Delta A_1 = - 22 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_1 = + 0,4 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final del cielo

$$\begin{aligned} \delta_1 &= - 0,5905 \text{ mm/m} & \delta_2 &= - 0,042 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 657 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= + 80 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= - 28,5 \text{ Kg/cm}^2 & H_2 &= 0 \end{aligned}$$

d) Enclavamiento de las articulaciones

Estado inicial de la parte resistente

$$\begin{aligned} \text{Rosca 1: } S_H &= 7.000 \text{ cm}^2 & S_a &= 160 \text{ cm}^2 & H_1 &= - 28,5 \\ & & & & A &= - 657 \text{ e} = 35 \text{ dias} \\ \text{Rosca 2: } S_H &= 12500 \text{ cm}^2 & S_A &= 100 \text{ cm}^2 & H_2 &= 0 \text{ A} = + 80 \text{ e} = 15 \text{ dias} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= 393000 \text{ kg/cm}^2 & E_2 &= 332000 \text{ kg/cm}^2 \\ \Delta P_1 &= + 152 \text{ Ton} & P_2 &= - 150 \text{ Ton.} \end{aligned}$$



$$\delta_1 = \frac{+ 152 \times 1.000}{7000 \times 393 + 160 \times 2000} = + 0,0495 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 = \frac{- 150 \times 1000}{12500 \times 332 + 100 \times 2000} = - 0,0345 \text{ mm/m}$$

$$\Delta H_1 = + 19,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta H_2 = - 11,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_1 = + 99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_2 = - 69 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final

$$\delta_{01} = - 0,5410 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = - 0,0765 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 558 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_2 = + 11 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 9,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_2 = - 11,4 \text{ kg/cm}^2.$$

Deformaciones lentas.-

$$\delta'_1 (35-40) = 0,002 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{01} = - 0,002$$

$$\delta'_2 = \frac{(15-20)}{15-20} = - 0,003 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{02} = - 0,003$$

Estado final

$$\delta_{01} = - 0,543 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = - 0,0795 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 558 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_2 = + 11 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 9,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_2 = 11,4 \text{ kg/cm}^2.$$

e) HORMIGONADO DE LA ROSCA 3.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S_H = 7000 \text{ cm}^2 \text{ " } S_A = 160 \text{ cm}^2 \text{ H} = - 9,0 \text{ kg/cm}^2 \text{ e} = 40 \text{ dias}$$

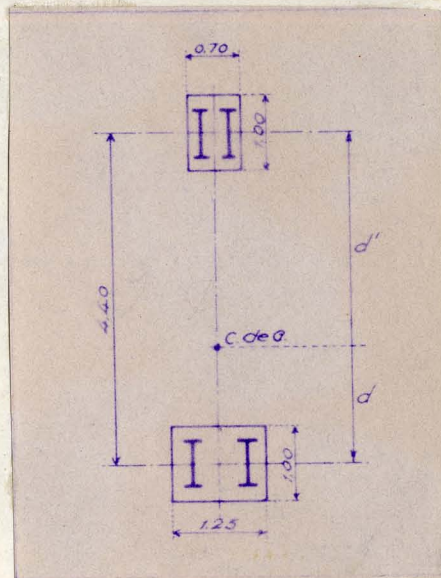
$$\text{Rosca 2: } S_H = 12500 \text{ cm}^2 \text{ " } S_A = 100 \text{ cm}^2 \text{ H} = - 11,4 \text{ kg/cm}^2 \text{ e} = 20 \text{ dias}$$

$$E_1 = 415000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_2 = 335000 \text{ kg/cm}^2$$



La sección de la parte resistente por cuchillo es la dibujada



$$\text{En ella: } E_1 S_1 = 322 \times 10^4 \text{ Ton "}$$

$$E_2 S_2 = 464 \times 10^4 \text{ Ton.}$$

$$ES = \sum S_H E_H = 786 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = 4,40 \times \frac{322}{186} = 1,80 \text{ m.}$$

Sea  $E_1 I_1$  el producto del momento de inercia por el coeficiente de elasticidad de la rosca 1, y

$E_2 I_2$ , lo mismo en la rosca 2.

El valor de  $E I$  en toda la sección valdrá:

$$E I = \sum E_H I_H + d^2 \times E_2 S_2 + d'^2 \times E_1 S_1 "$$

$$E_1 I_1 = 0,0583 \times 415 \times 10^4 = 24,2 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$E_2 I_2 = 0,1042 \times 355 \times 10^4 = 37,0 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E I = 61,2 \times 10^4 + 1,80^2 \times 464 \times 10^4 + 2,60 \times 322 \times 10^4 = 3738 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

De la pág 9 deducimos:  $\Delta N = - 367 \text{ Ton}$      $\Delta M = + 45 \text{ m. Ton}$

El acortamiento debido al esfuerzo normal vale en las cabezas

$$\delta_N = \frac{- 367 \times 1000}{786 \times 10^4} = - 0,0468 \text{ mm/m}$$

El acortamiento en un punto que dista  $\varnothing_m$  de la directriz debido al momento flector vale:

$$\delta_M = \frac{+ 45 \times 1000}{3738 \times 10^4} \times \varnothing = + 0,00120 \varnothing \text{ mm/m.}$$

Para la cabeza superior  $\varnothing = - d'$  y para la inferior  $\varnothing = d$

luego



$$\Delta \delta_1 = - 0,0468 - 0,00120 \times 2,60 = - 0,0499$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0468 + 0,00120 \times 1,00 = - 0,0446 \text{ mm/m}$$

$$\Delta H_1 = - 20,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta H_2 = - 16,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_1 = - 106 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_2 = - 92 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final

$$\delta_{o1} = - 0,5922 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,1241 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 666 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_2 = - 81 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 29,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_2 = - 27,7 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\delta_{P(40-60)}^{(1)} = - 0,011 \quad "$$

$$\Delta \delta_m^{(1)} = \frac{- 0,91 \times 290}{322} = - 0,009 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{P(20-40)}^{(2)} = - 0,013$$

$$\Delta \delta_m^{(2)} = \frac{- 0,013 \times 444}{464 + 1,510 \times 332 + 0,0078 \times 2000} = -$$

$$\delta_{P(0-20)}^{(3)} = 0,00$$

$$= - 0,006 \text{ mm/m}$$

$$\delta_P^A = 0,00$$

$$\Delta H_2 = + 0,007 \times 415 = + 2,9 \text{ kg/cm}^2 \quad " \quad \Delta H_4 = + 0,002 \times 355 = + 0,7$$

$$\Delta H_3 = - 0,006 \times 332 = - 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_1 = - 18 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = - 12 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_3 = - 12 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final.

$$\delta_{o1} = - 0,6019 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,1301 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 684 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_2 = - 93 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 29,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_2 = - 24,6 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 2 \text{ kg/cm}^2$$



f) HORMIGONADO DE LA ROSCA 4.-

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 7000$   $S_A = 150$   $H = - 29,2$   $A' = - 684$   $e = 60$  dias

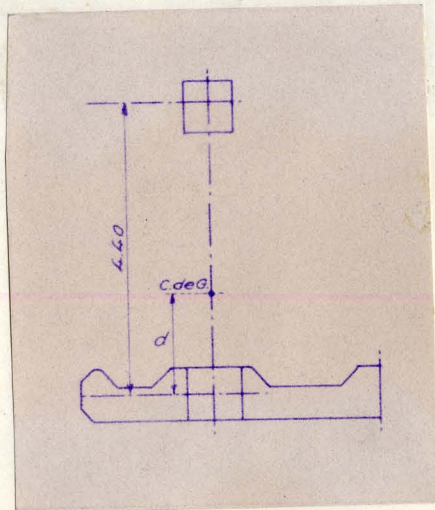
Rosca 2:  $S_H = 12500$   $S_A = 100$   $H = - 24,6$   $A = - 93$   $e = 40$  "

Cordón 3:  $S_H = 15100$   $S_A = 78,56$   $H = - 2$   $A = - 12$   $e = 20$  "

$E_1 = 450000$   $E_2 = 403000$   $E_3 = 348000$

$E_1 S_1 = 347 \times 10^4$  Ton "  $E_2 S_2 = 525 \times 10^4$  Ton  $E_3 S_3 = 541 \times 10^4$

$ES = 1413 \times 10^4$  Ton



$$d = \frac{347}{1413} \times 4,40 = 1,08 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0583 \times 450 \times 10^4 = 26,2 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,1042 \times 403 \times 10^4 = 42,2 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,1533 \times 348 \times 10^4 = 53,6 \times 10^4$$

$$EI = 122 \times 10^4 + 1,08^2 \times 1066 \times 10^4 + 3,32 \times 347 \times 10^4 = 5183 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$$

$$\Delta N = - 317 \text{ Ton} \quad M = + 68 \text{ mTon}$$

$$\delta_N = \frac{- 317 \times 1000}{1413 \times 10^4} = - 0,0224 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+ 168 \times 1000}{5138 \times 10^4} = + 0,00132 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o1} = - 0,0224 - 0,0044 = - 0,0268 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o2} = - 0,0224 + 0,0014 = - 0,0210 \text{ mm/m}$$

$$\Delta H_1 = - 12,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_2 = - 8,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_3 = - 7,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_1 = - 54 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = - 42 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_3 = - 42 \text{ kg/cm}^2$$



Estado final

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6287 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,1511 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 738 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= - 135 \text{ kg/cm}^2 & A_3 &= - 54 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= - 41,3 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= - 33,1 \text{ kg/cm}^2 & H_3 &= - 9,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Deformaciones lentas

$$\begin{aligned} \delta (1) \\ (60-83) &= - 0,012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \\ \Delta \delta_m &= \frac{- 0,012 \times 315}{347} = - 0,011 \text{ mm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta (2) \\ (40-63) &= - 0,012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta (3) \\ (20-43) &= - 0,005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \delta (2) \\ m &= \frac{- 0,012 \times 505 - 0,005 \times 525}{1066 + 1.150 \times 332 + 0,0051 \times 2000} = - \\ &= - 0,000565 \text{ mm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta (4) \\ (0-23) &= 0 \end{aligned}$$

$$\delta (5) = 0$$

$$\Delta A_1 = - 22 \quad \Delta A_2 = - 11 \quad \Delta A_3 = - 11 \quad \Delta A_4 = - 11$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,001 \times 450 = + 0,4 & \Delta H_2 &= + 0,00635 \times 403 = + 2,6 & \Delta H_3 &= \\ & & & & &= - 0,00065 \times 348 = - 0,2 \end{aligned}$$

$$\Delta H_4 = - 0,00565 \times 332 = - 1,9$$

Estado final

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6397 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,1567 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 760 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= - 144 \text{ kg/cm}^2 & A_3 &= - 65 \text{ kg/cm}^2 & A_4 &= - \\ & & & & & & &= - 11 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= - 40,9 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= - 30,5 \text{ kg/cm}^2 & H_3 &= - 9,6 \text{ kg/cm}^2 \\ & & & & & & &H_4 &= - 1,9 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$



g) HORMIGONADO DE LA ROSCA 5.-

Estado inicial de la parte resistente

Rosca 1:  $S_H = 7000$   $S_A = 160$   $H = - 43,1$   $A = - 770$   $e = 83$

Rosca 2:  $S_H = 12500$   $S_A = 100$   $H = - 30,5$   $A = - 144$   $e = 63$

Rosca 3:  $S_H = 15100$   $S_A = 78,6$   $H = - 9,6$   $A = - 65$   $e = 43$

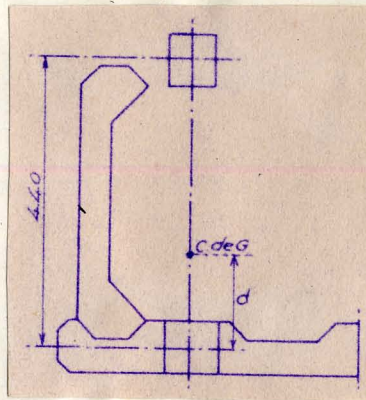
Rosca 4:  $S_H = 11500$   $S_A = 51,6$   $H = - 1,9$   $A = - 11$   $e = 23$

$E_1 = 466000$   $E_2 = 451000$   $E_3 = 434000$   $E_4 = 361000$

$S_1 E_1 = 368 \times 10^4$  Ton "  $S_2 E_2 = 584 \times 10^4$   $S_3 E_3 = 672 \times 10^4$

$S_4 E_4 = 425 \times 10^4$

$S E = 2049 \times 10^4$  Ton



$d = 4,40 \times \frac{368}{2049} = 0,79$  m.

$E_1 I_1 = 0,0583 \times 466 = 27,2 \times 10^4$

$E_2 I_2 = 0,1042 \times 451 = 47,0 \times 10^4$

$E_3 I_3 = 0,1533 \times 434 = 66,6 \times 10^4$

$E_4 I_4 = 0,1160 \times 361 = 41,9 \times 10^4$

$EI = 182,7 \times 10^4 + 0,79^2 \times 1681 \times 10^4 + 3,61^2 \times 368 \times 10^4 = 6033 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$

$\Delta N = - 629$  "  $\Delta M = + 203$

$\delta_N = \frac{- 629 \times 1000}{2049 \times 10^4} = - 0,0307$  mm/m

$\delta_M = \frac{+ 203 \times 1000}{6033 \times 10^4} = + 0,0034$  mm/m

$\delta_{o1} = - 0,0307 - 0,0122 = - 0,429$   $\delta_{o2} = - 0,0307 + 0,0027 = - 0,0334$

$\Delta A_2 = - 86$  kg/cm<sup>2</sup>  $\Delta A_2 = \Delta A_3 = \Delta A_4 = - 66$  kg/cm<sup>2</sup>.

$\Delta H_1 = - 20,00$  kg/cm<sup>2</sup>  $\Delta H_2 = - 15,1$  kg/cm<sup>2</sup>  $\Delta H_3 = - 14,5$  kg/cm<sup>2</sup>

$\Delta H_4 = 12,1$  kg/cm<sup>2</sup>.



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6826 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,1901 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 846 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 210 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 131 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_4 = - 77 \text{ kg/cm}^2.$$

$$H_1 = - 60,9 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = - 45,6 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 24,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_4 = - 14,0 \text{ kg/cm}^2$$

Deformaciones lentas.-

$$\delta \begin{matrix} (1) \\ (83-113) \end{matrix} = - 0,020 \quad \Delta \delta \begin{matrix} (1) \\ m \end{matrix} = \frac{- 0,020 \times 336}{368} = - 0,018 \text{ mm/m}$$

$$\delta \begin{matrix} (2) \\ (63-93) \end{matrix} = - 0,015$$

$$\delta \begin{matrix} (3) \\ (43-73) \end{matrix} = - 0,009 \quad \Delta \delta \begin{matrix} (2) \\ = \end{matrix} = \frac{- 0,015 \times 564 - 0,009 \times 656 - 0,004 \times 415}{1681}$$

$$\delta \begin{matrix} (4) \\ (23-53) \end{matrix} = - 0,004$$

$$\delta^A = 0$$

$$\Delta A_1 = - 36 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = \Delta A_3 = \Delta A_4 = \pm 19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta H_1 = + 0,002 \times 466 = + 0,9 \quad \Delta H_2 = + 0,0054 \times 451 = + 2,4 \quad \Delta H_3 = -$$

$$= - 0,0006 \times 434 = - 0,2 \quad \Delta H_4 = -$$

$$= - 0,0056 \times 361 = 2,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,7006 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,1977$$

$$A_1 = - 802 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 229 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_4 = - 96 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 60,0 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = - 13,2 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 24,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_4 = - 16,0 \text{ kg/cm}^2.$$



h) HORMIGONADO DE DOVELAS 6-7.-

Estado inicial de la parte resistente

Estado inicial de la parte resistente.

Cordón 1:  $S_H = 7000$   $S_A = 160$   $H_H = - 63,3$   $A = - 897$   $e = 113$  días

Cordón 2:  $S_H = 12500$   $S_A = 100$   $H_H = - 39,1$   $A = - 212$   $e = 93$  "

Cordón 3:  $S_H = 15100$   $S_A = 78,6$   $H_H = - 20,4$   $A = - 133$   $e = 73$  "

Cordón 4:  $S_H = 11500$   $S_A = 51,6$   $H_H = - 12,8$   $A = - 89$   $e = 53$  "

Cordón 5:  $S_H = 17700$   $S_A = 222,2$   $H_H = 0,0$   $A = - 12,8$   $e = 30$  "

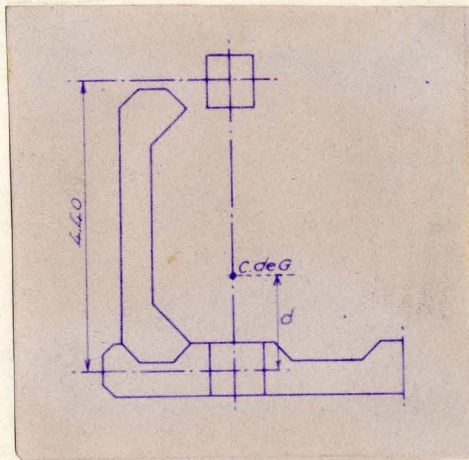
$E_1 = 476000$   $E_2 = 473000$   $E_3 = 470000$   $E_4 = 443000$   $E_5 = 392000$

$S_1 E_1 = 365 \times 10^4$  "  $S_2 E_2 = 612 \times 10^4$  "  $S_3 E_3 = 726 \times 10^4$  "  $520 \times 10^4 = S_4 E_4$  "

$S_5 E_5 = 738 \times 10^4$

$SE = 2961 \times 10^4 \text{ Ton}$

$d = \frac{365 \times 4,40 + 738 \times 2,20}{2961} = 1,09 \text{ m.}$



$E_1 I_1 = 0,0583 \times 476 \times 10^4 = 27,8 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$

$E_2 I_2 = 0,1042 \times 473 \times 10^4 = 49,4 \times 10^4$  "

$E_3 I_3 = 0,1533 \times 470 \times 10^4 = 72,0 \times 10^4$  "

$E_4 I_4 = 0,1160 \times 443 \times 10^4 = 51,5 \times 10^4$  "

$E_5 I_5 = 3,07 \times 392 \times 10^4 + 44,4 \times 10^4 =$   
 $= 1246,3 \times 10^4$

$EI = 1447 \times 10^4 + 1,09^2 \times 1858 \times 10^4 + 3,312 \times$   
 $\times 365 \times 10^4 + 1,11^2 \times 738 \times 10^4 = 8563 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$

$\Delta N = - 1109$

$\Delta M = + 689$

$\delta_N = \frac{-1109 \times 1000}{2961 \times 10^4} = - 0,0374 \text{ mm/m}$

$\delta_M = \frac{+689 \times 1000}{8563 \times 10^4} \infty = + 0,00803 \infty \text{ mm/m}$



$$\Delta \delta_{o1} = - 0,0374 - 0,0266 = - 0,0640 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o2} = - 0,0374 + 0,0088 = - 0,0286 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 128 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = \Delta A_3 = \Delta A_4 = - 58 \quad \Delta A_5 = \begin{cases} (-128 \\ (- 57 \end{cases}$$

$$\Delta H_1 = - 30,5 \text{ kg.cm}^2 \quad \Delta H_2 = - 13,5 \quad \Delta H_3 = - 13,4 \quad \Delta H_4 = - 12,7$$

$$\Delta H_5 = \begin{cases} (- 25,1 \\ (- 11,2 \end{cases}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,7646 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2283 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1010 \text{ " } A_2 = - 286 \text{ " } A_3 = - 207 \text{ " } A_4 = - 153 \text{ "}$$

$$A_5 = \begin{cases} (-128 \\ (- 57 \end{cases}$$

$$H_1 = - 90,5 \text{ " } H_2 = - 56,7 \text{ " } H_3 = - 37,7 \text{ " } H_4 = - 28,7$$

$$H_5 = \begin{cases} (- 25,1 \\ (- 11,2 \end{cases}$$

Deformaciones lentas:

$$\delta_{1(113-140)} = - 0,027 \text{ " } \Delta \delta_{(1)} = \frac{-0,027 \times 333}{365 + 1,46 \times 332 + 0,006 \times 2000} = - 0,011 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{2(93-120)} = - 0,016 \text{ "}$$

$$\delta_{3(73-100)} = - 0,009$$

$$\delta_{4(53-80)} = - 0,008 \quad \Delta \delta_{(2)} = \frac{-0,016 \times 592 - 0,009 \times 710 - 0,008 \times 510}{1858} = - 0,011 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{7(0-27)} = 0$$

$$\Delta \Delta = 0$$



$$\Delta A_1 = - 22 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = - 22 \text{ kg/cm}^2 = \Delta A_3 = \Delta A_4$$

$$\Delta H_1 = + 0,016 \times 476 = +7,62 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_2 = +0,005 \times 473 = +2,36 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Delta H_3 = - 0,002 \times 470 = - 0,9 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_4 = - 0,003 \times 443 = - 1,3 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Delta H_7 = - 0,011 \times 332 = - 4,98$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,7757 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2394 \text{ mm/m}$$

$$A_2 = - 1032 \quad A_2 = - 308 \quad A_3 = - 229 \quad A_4 = - 175 \quad A_5 = \begin{pmatrix} - 128 \\ - 57 \end{pmatrix}$$

$$H_1 = - 82,9 \quad H_2 = - 54,4 \quad H_3 = - 38,6 \quad H_4 = - 30,0 \quad H_5 = \begin{pmatrix} - 25,1 \\ - 11,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 5,0$$

1) HORMIGONADO DE LA ROSCA 8.-

Estado inicial de la parte resistente.-

Rosca 1:  $S_H = 7000 \quad S_A = 160 \quad H = - 81,9 \quad A = - 1029 \quad e = 140 \text{ dias}$

Rosca 2:  $S_H = 12500 \quad S_A = 100 \quad H = - 51,8 \quad A = - 298 \quad e = 120$

Rosca 3:  $S_H = 15100 \quad S_A = 78,6 \quad H = - 36,3 \quad A = - 219 \quad e = 100$

Rosca 4:  $S_H = 11500 \quad S_A = 51,6 \quad H = - 28,3 \quad A = - 175 \quad e = 80$

Rosca 5:  $S_H = 17700 \quad S_A = 222 \quad H = \begin{pmatrix} - 21,6 \\ - 12,5 \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} - 110 \\ - 64 \end{pmatrix} \quad e = 57$

Rosca 6:  $S_H = 25000 \quad S_A = 222 \quad H = 0 \quad A = 0 \quad e = 27$

Rosca 7:  $S_H = 14600 \quad S_A = 60,7 \quad H = - 5,0 \quad A = - 22 \quad e = 27$

$$E_1 = 479000 \quad E_2 = 486000 \quad E_3 = 480000 \quad E_4 = 474000$$

$$E_5 = 456000 \quad E_6 = 382000 \quad E_7 = 378000$$

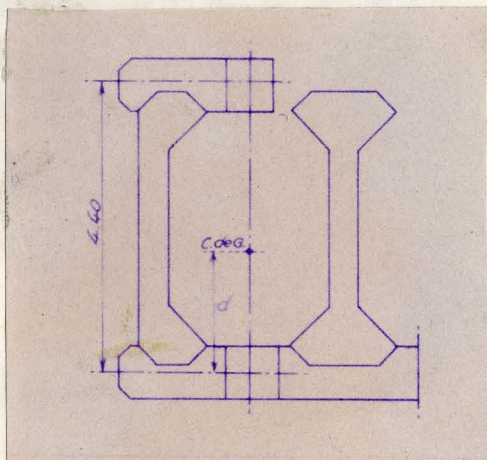


$$S_1 E_1 = 367 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 615 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 741 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 556 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 851 \times 10^4 \quad S_6 E_6 = 999 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 564 \times 10^4$$

$$SE = 469 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{931 \times 4,40 + 1850 \times 2,20}{4693} = 1,74 \text{ m}$$



$$E_1 I_1 = 0,0583 \times 479 \times 10^4 = 27,9 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,1042 \times 486 \times 10^4 = 50,7 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,1533 \times 480 \times 10^4 = 73,5 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,1160 \times 474 \times 10^4 = 55,0 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 3,07 \times 456 \times 10^4 + 44,4 \times 10^4 = 1442 \times 10^4$$

$$E_6 I_6 = 4,09 \times 382 \times 10^4 + 44,4 \times 10^4 = 1607 \times 10^4$$

$$E_7 I_7 = 0,1383 \times 378 \times 10^4 = 52,2 \times 10^4$$

$$EI = 3308,3 \times 10^4 + 1,74^2 \times 1912 \times 10^4 + 0,462 \times 1850 \times 10^4 + 2,662 \times 931 \times 10^4 =$$

$$= 16084 \times 10^4$$

$$\Delta N = - 248 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 531 \text{ m Ton}$$

$$\delta_N = \frac{-248000}{4693 \times 10^4} = - 0,0053 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+ 531 \times 1000}{16084 \times 10^4} = + 0,0033$$

$$\Delta \delta_{o1} = - 0,0053 - 0,0088 = - 0,0141 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o2} = - 0,0053 + 0,0058 = + 0,0005 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_2 = \Delta A_7 = - 28 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = \Delta A_3 = \Delta A_4 = + 1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta A_5 = \Delta A_6 = \begin{pmatrix} - 28 \\ + 4 \end{pmatrix}$$

$$\Delta H_1 = - 6,8 \quad \Delta H_2 = + 0,2 \quad \Delta H_3 = + 0,2 \quad \Delta H_4 = + 0,2$$



$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -6,4 \\ +0,2 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} -5,4 \\ +0,2 \end{pmatrix} \quad \Delta H_7 = - 5,3$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,7898 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,2389 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1050 \quad A_2 = - 307 \quad A_3 = - 228 \quad A_4 = - 178 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -156 \\ - 56 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} - 28 \\ + 4 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 28$$

$$H_1 = - 89,7 \quad H_2 = - 54,2 \quad H_3 = - 38,4 \quad H_4 = - 29,8$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} - 31,5 \\ - 27,2 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} - 5,4 \\ + 0,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 0,3$$

DEFORMACIONES LENTAS HASTA EL HORMIGONADO DEL TABLERO Y PILARES.-

Como los coeficientes de elasticidad varían poco debido a la antigüedad del hormigón (esta variación dentro de los seis meses no llega al 10%) podemos para encontrar las deformaciones elásticas debidas al hormigonado del tablero suponer que se hormigona a los tres meses de golpe.

Para las deformaciones plásticas ocurre lo mismo ya que los incrementos de que son los que nos interesan serán menores en los tres primeros meses y mayores en los últimos tres meses obteniéndose así una compensación.

Las deformaciones las obtendremos con la siguiente hipótesis:



- j) El arco se deforma lentamente.
- k) Se le agrega el tablero a los tres meses.
- l) Se sigue deformando lentamente.
- m) Se descimbra a los seis meses.
- n) Sigue deformándose hasta un año después.

Para las deformaciones lentas procederemos por periodos de un mes.

(Indicamos con los subíndices las edades en días).

$$\delta_{p(140-170)}^1 = - 0,019$$

$$\delta_{p(120-150)}^2 = - 0,014 \left( \begin{array}{l} = \frac{-0,019 \times 0,7 \times 478 - 0,005 \times 1,46 \times 392}{0,7 \times 478 + 1,46 \times 392 + 1,77 \times 332 + 0,0308 \times 2000} = \\ = - 0,0059 \text{ mm/m} \end{array} \right.$$

$$\delta_{p(100-130)}^3 = - 0,010 \left( \begin{array}{l} = \frac{-0,014 \times 1,25 \times 492 - 0,010 \times 1,510 \times 491}{1,25 \times 492 + 1,510 \times 491 + 1,150 \times 478} + \\ - 0,009 \times 1,150 \times 478 = 0,0107 \text{ mm/m} \\ + 0,023 \times 2000 \end{array} \right.$$

$$\delta_{p(80-110)}^4 = - 0,009 \left( \begin{array}{l} = \frac{-0,014 \times 1,25 \times 492 - 0,010 \times 1,510 \times 491}{1,25 \times 492 + 1,510 \times 491 + 1,150 \times 478} + \\ - 0,009 \times 1,150 \times 478 = 0,0107 \text{ mm/m} \\ + 0,023 \times 2000 \end{array} \right.$$

$$\delta_{p(57-87)}^5 = - 0,006$$

$$\delta_{p(27-57)}^6 = 0,000 \quad A_1 = - 12 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 21 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_{p(27-57)}^7 = - 0,005$$

$$\delta_{p(0-30)}^8 = - 0,000$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,013 \times 478 = +6,2 & \Delta H_7 &= - 0,0009 \times 392 = - 0,42 \\ \Delta H_8 &= - 0,0059 \times 332 = -2,0 & \Delta H_2 &= + 0,0037 \times 492 = + 1,5 \\ \Delta H_3 &= - 0,0007 \times 491 = - 0,3 & \Delta H_4 &= - 0,0017 \times 478 = - 0,8 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,7957 \text{ mm/m} \qquad \delta_{o2} = - 0,2496 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1072 \text{ " } A_2 = - 328 \text{ " } A_3 = - 2490 \text{ " } A_4 = - 199 \text{ " } A_5 = \begin{pmatrix} -156 \\ - 56 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} - 8 \\ + 4 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 40 \quad A_8 = - 12$$

$$H_1 = - 83,5 \text{ " } H_2 = - 52,7 \text{ " } H_3 = - 38,7 \text{ " } H_4 = - 30,6$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -31,5 \\ -17,2 \end{pmatrix} \text{ " } H_6 = \begin{pmatrix} -5,4 \\ +0,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 10,7 \text{ " } H_8 = - 2,0$$

2º mes

$$E_1 = 491000 \qquad E_2 = 492000 \qquad E_3 = 492000$$

$$E_4 = 498000 \qquad E_7 = 486000 \qquad E_8 = 428000$$

$$S_1 E_1 = 343 \qquad E_2 E_2 = 615 \qquad S_3 E_2 = 743 \qquad S_4 E_4 = 573$$

$$S_7 E_7 = 710 \qquad S_8 E_8 = 758 \qquad S_A^1 E_A^1 = 62 \qquad S_A^2 E_A^2 = 46$$



$$\left. \begin{array}{l} \delta_1(170-200) = -0,017 \\ \delta_7(57-87) = -0,006 \\ \delta_8(30-60) = -0,001 \end{array} \right\} \Delta\delta_1 = \frac{-0,017 \times 343 - 0,006 \times 710 - 0,001 \times 758}{343 + 710 + 758 + 62} = -$$

$$= -0,0058 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_2(150-180) = -0,011 \\ \delta_3(130-160) = -0,013 \\ \delta_4(110-140) = -0,009 \end{array} \right\} \Delta\delta_2 = \frac{-0,011 \times 615 - 0,013 \times 743 - 0,009 \times 573}{615 + 743 + 573 + 46} = -$$

$$= -0,011 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -12$$

$$\Delta A_2 = -22$$

$$\Delta H_1 = +0,011 \times 491 = +5,4 \quad \Delta H_2 = 0$$

$$\Delta H_3 = +0,002 \times 492 = +1,0$$

$$\Delta H_4 = -0,002 \times 498 = -1,0$$

$$\Delta H_7 = +0,0002 \times 186 = +0$$

$$\Delta H_8 = -0,0048 \times 428 = -2,1$$

Estado final:

$$\delta_{01} = -0,8015 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = -0,2606 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1084 \quad A_2 = -350$$

$$A_3 = -271$$

$$A_4 = -221$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -156 \\ -56 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -28 \\ +4 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -52$$

$$A_8 = -24$$

$$H_1 = -78,1 \quad H_2 = -37,7 \quad H_4 = -31,6 \quad H_5 = \begin{pmatrix} -31,5 \\ -17,1 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -5,4 \\ +0,2 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = -10,7 \quad H_8 = -4,1$$



3er mes

$E_1 = 502000$	$E_2 = 512000$	$E_3 = 515000$	$E_4 = 508000$
$E_7 = 502000$	$E_8 = 484000$		
$S_1 E_1 = 352$	$S_2 E_2 = 641$	$S_3 E_3 = 677$	$S_4 E_4 = 585$
$S_7 E_7 = 733$	$S_8 E_8 = 858$	$S_A^1 E_A^1 = 62$	$S_A^2 E_A^2 = 46$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_1(200-230) = -0,017 \\ \delta_7(87-117) = -0,004 \\ \delta_8(60-90) = -0,002 \end{array} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-352 \times 0,017 - 0,004 \times 733 - 0,002 \times 858}{352 + 733 + 858 + 62} = -0,0053 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_2(180-210) = -0,009 \\ \delta_3(160-190) = -0,008 \\ \delta_4(140-170) = -0,007 \end{array} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,009 \times 641 - 0,008 \times 677 - 0,007 \times 585}{641 + 677 + 585 + 46} = -0,00785 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -10$$

$$\Delta A_2 = -16$$

$$\Delta H_1 = +0,0117 \times 502 = +5,9$$

$$\Delta H_7 = -0,0013 \times 502 = -0,6$$

$$\Delta H_8 = -0,0033 \times 484 = -1,6$$

$$\Delta H_2 = +0,00115 \times 512 = +0,5$$

$$\Delta H_3 = +0,00015 \times 515 = +0$$

$$\Delta H_4 = -0,00085 \times 508 = -0,4$$

Estado final:

$$\delta_{01} = -0,8068 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = -0,2684 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1094 \text{ " } A_2 = -361 \text{ "}$$

$$A_3 = -287 \text{ " } A_4 = -237$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -156 \\ -56 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -28 \\ +4 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -62$$

$$A_8 = -34$$

$$H_1 = -72,2 \text{ " } H_2 = -52,2 \text{ " } H_3 = -35,7 \text{ " } H_4 = -32,0$$

$$H_5 =$$



$$H_5 = \begin{pmatrix} -31,5 \\ -17,1 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -5,4 \\ +0,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = -11,3 \quad H_8 = -5,7$$

k) Tablero.-

$E_1 = 509000$	$E_2 = 515000$	$E_3 = 517000$	$E_4 = 515000$
$E_5 = 516000$	$E_6 = 511000$	$E_7 = 508000$	$E_8 = 497000$
$E_1 S_1 = 388$	$E_2 S_2 = 664$	$E_3 S_3 = 797$	$E_4 S_4 = 613$
$E_5 S_5 = 958$	$E_6 S_6 = 1320$	$E_7 S_7 = 753$	$E_8 S_8 = 898$
$ES = 6391 \text{ Ton}$			

$$d = \frac{4,40 \times 2039 + 2,20 \times 2278}{6391} = 2,20$$

$$E_1 I_1 = 29,7 \times 10^4 \quad E_2 I_2 = 53,7 \times 10^4 \quad E_3 I_3 = 79,3 \times 10^4 \quad E_4 I_4 = 59,8 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 1625 \times 10^4 \quad E_6 I_6 = 2128 \times 10^4 \quad E_7 I_7 = 70,2 \times 10^4$$

$$E_8 I_8 = 0,175 \times 497 \times 10^4 = 87 \times 10^4$$

$$EI = 4132,7 \times 10^4 + 2,20^2 \times 4113 \times 10^4 = 24033 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = -912 \quad \Delta M = -1075$$

$$\delta_N = \frac{-912 \times 1000}{6391 \times 10^4} = -0,0144 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{-1075 \times 1000}{24033 \times 10^4} = -0,0045 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o1} = -0,0144 + 0,0096 = -0,0048 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_{o2} = -0,0144 - 0,0096 = -0,0240 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -11 \quad \Delta A_2 = -50$$

$$\Delta H_1 = -2,8 \quad \Delta H_2 = -12,8 \quad \Delta H_3 = -12,8$$

$$\Delta H_4 = -12,8 \quad \Delta H_5 = \begin{pmatrix} -2,9 \\ -12,8 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} -2,9 \\ -12,6 \end{pmatrix}$$

$$\Delta H_7 = -2,8 \quad \Delta H_8 = -2,8$$



Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,8124 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,2932 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1105 \quad A_2 = - 416 \quad A_3 = - 337 \quad A_4 = - 287 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -16,7 \\ -106 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} - 39 \\ - 46 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 73 \quad A_8 = - 45$$

$$H_1 = - 75,0 \quad H_2 = - 65,0 \quad H_3 = - 50,5 \quad H_4 = - 44,8$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -34,4 \\ -30,0 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} - 8,3 \\ -12,4 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 17,1 \quad H_8 = - 8,5$$

1) 4<sup>a</sup> mes.-

$$E_1 = 51000 \quad E_2 = 518000 \quad E_3 = 514000 \quad E_4 = 510000$$

$$E_7 = 507000 \quad E_8 = 502000$$

$$S_1 E_1 = 357 \quad S_2 E_2 = 648 \quad S_3 E_3 = 775 \quad S_4 E_4 = 586$$

$$S_7 E_7 = 741 \quad S_8 E_8 = 890 \quad S_A^I E_A^I = 62 \quad S_A E_A = 46$$

$$\left. \begin{aligned} \delta^{(1)}(230-260) &= - 0,013 \\ \delta^{(2)}(117-147) &= - 0,003 \\ \delta^{(3)}(90-120) &= - 0,003 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_0 = \frac{-0,013 \times 357 - 0,003 \times 741 - 0,003 \times 840}{357 + 741 + 890 + 62} = -$$

$$= - 0,00465 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta^{(2)}(210-240) &= - 0,0011 \\ \delta^{(3)}(190-220) &= - 0,010 \\ \delta^{(4)}(170-200) &= - 0,009 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,011 \times 648 - 0,010 \times 775 - 0,009 \times 586}{648 + 775 + 586 + 46} = -$$

$$= - 0,0098 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 9$$

$$\Delta A_2 = - 20$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0084 \times 511 = 4,3 & \Delta H_7 &= - 0,0016 \times 507 = - 0,8 \text{ " } \\ \Delta H_8 &= - 0,0016 \times 502 = - 0,8 & \Delta H_2 &= + 0,0012 \times 518 = + 0,6 \\ \Delta H_2 &= + 0,0002 \times 514 = + 0,1 & \Delta H_4 &= - 0,0008 \times 510 = - 0,4 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,8170 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,3050 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1114 \text{ " } \quad A_2 = - 436 \text{ " } \quad A_3 = - 357 \text{ " } \quad A_4 = - 307 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -167 \\ -106 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -39 \\ -46 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 83 \quad A_8 = - 55$$

$$H_1 = - 70,7 \quad H_2 = - 63,4 \quad H_3 = - 50,4 \quad H_4 = - 45,2 \text{ "}$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -34,4 \\ -30,0 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -8,3 \\ -12,4 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 14,9 \text{ " } \quad H_8 = - 9,3$$

5º mes.-

$$E_1 = 517000 \quad E_2 = 519000 \quad E_3 = 521000 \quad E_4 = 517000$$

$$E_7 = 520000 \quad E_8 = 514000$$

$$S_1 E_1 = 362 \quad S_2 E_2 = 649 \quad S_3 E_3 = 787 \quad S_4 E_4 = 595$$

$$S_7 E_7 = 760 \quad S_8 E_8 = 910 \quad S_A^1 E_A^1 = 62 \quad S_A^2 E_A^2 = 46$$

$$\delta^{\text{O}} (260-290) = - 0,010$$

$$\delta^{\text{V}} (147-177) = - 0,003$$

$$\delta^{\text{Q}} (120-150) = - 0,003$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 0,010 \times 362 - 0,003 \times 760 - 0,003 \times 910}{362 + 760 + 910 + 62} = -$$

$$= - 0,0041 \text{ mm/m}$$



$$\begin{aligned} \delta^{(2)}(240-270) &= -0,010 \\ \delta^{(2)}(220-250) &= -0,010 \\ \delta^{(2)}(200-230) &= -0,009 \end{aligned}$$

$$\Delta\delta_2 = \frac{-0,010 \times 649 - 0,010 \times 787 - 0,009 \times 595}{649 + 787 + 595 + 46} = -0,0095 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -8 \quad \Delta A_2 = -19$$

$$H_1 = 0 + 0,0059 \times 517 = +3,0 \quad H_7 = -0,0011 \times 520 = -0,6 "$$

$$H_8 = -0,0011 \times 514 = -0,6$$

$$H_2 = +0,0005 \times 519 = +0,3 \quad H_3 = -0,0005 \times 521 = -0,3$$

$$H_4 = -0,0005 \times 517 = -0,3$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,8211 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,3125 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1122 \quad A_2 = -455 \quad A_3 = -376 \quad A_4 = -326 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -167 \\ -106 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -39 \\ -16 \end{pmatrix} \quad A_7 = -91 \quad A_8 = -63$$

$$H_1 = -67,7 \quad H_2 = -63,1 \quad H_3 = -50,7 \quad H_4 = -46,1$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -34,4 \\ -30,0 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -8,3 \\ -12,4 \end{pmatrix} \quad H_7 = -15,5 \quad H_8 = -9,9$$

6º mes

$$E_1 = 524000 \quad E_2 = 524000 \quad E_3 = 521000 \quad E_4 = 522000$$

$$E_7 = 527000 \quad E_8 = 529000$$

$$S_1 E_1 = 367 \quad S_2 E_2 = 655 \quad S_3 E_3 = 787 \quad S_4 E_4 = 601$$

$$S_7 E_7 = 770 \quad S_8 E_8 = 937 \quad S_A E_A = 62 \quad S_A E_A = 46$$



$$\begin{aligned} \delta^{\textcircled{1}}(290-320) &= -0,009 \\ \delta^{\textcircled{2}}(177-207) &= -0,003 \\ \delta^{\textcircled{3}}(150-180) &= -0,003 \end{aligned} \quad \Delta\delta_1 = \frac{-0,009 \times 367 - 0,003 \times 770 - 0,003 \times 937}{2136} = -0,0040 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \delta^{\textcircled{4}}(270-300) &= -0,008 \\ \delta^{\textcircled{5}}(250-280) &= -0,007 \\ \delta^{\textcircled{6}}(230-260) &= -0,007 \end{aligned} \quad \Delta\delta_2 = \frac{-0,008 \times 655 - 0,007 \times 787 - 0,007 \times 601}{2089} = -0,0072 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -8 \quad \Delta A_2 = -14$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= +0,005 \times 524 = +2,6 & \Delta H_7 &= -0,001 \times 527 = -0,5 \\ \Delta H_8 &= -0,001 \times 529 = -0,5 & \Delta H_2 &= +0,0008 \times 524 = +0,4 \\ \Delta H_3 &= -0,0002 \times 521 = -0,1 & \Delta H_4 &= -0,0002 \times 522 = -0,1 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,8251 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = 0,3197 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= -1130 & A_2 &= -469 & A_3 &= -390 & A_4 &= -340 \\ A_5 &= \begin{pmatrix} -167 \\ -106 \end{pmatrix} & A_6 &= \begin{pmatrix} -39 \\ -46 \end{pmatrix} & A_7 &= -99 & A_8 &= -71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= -65,1 \text{ " } & H_2 &= -62,7 \text{ " } & H_3 &= -50,8 & H_4 &= -45,6 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -34,4 \\ -30,0 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -8,3 \\ -12,9 \end{pmatrix} & H_7 &= -16,0 \text{ " } & H_8 &= -10,4 \end{aligned}$$

m) Esfuerzo total en la cabeza inferior.-

$$\begin{aligned} 7 &= -62,7 \times 12500 - 50,8 \times 15,100 - 45,6 \times 11,5 - 469 \times 100 - 390 \times 78,6 - 340 \times 51,6 = \\ &= -765000 - 750000 - 517000 - 46400 - 30300 - 17600 = 2126300 \text{ kg} = 2126,3 \text{ Ton} \end{aligned}$$



Esfuerzo total en la cabeza superior.-

$$F = - 65,1 \times 7000 - 16,0 \times 1,4600 - 10,4 \times 17700 - 1130 \times 160 - 99 \times 60,7 - 71 \times 87,7 =$$
$$= 1026,4 \text{ Ton.}$$



DEFORMACIONES PRODUCIDAS EN LA SECCION 2.-

a) Peso propio y núcleo

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Cordón 1 " } S^H = 0 \quad S_A = 106,8 \text{ cm}^2 \quad A = 0$$

$$\text{Cordón 2 " } S^H = 0 \quad S_A = 36,6 \text{ cm}^2 \quad A = 0$$

$$\Delta P_1 = - 37 \text{ Ton} \quad \Delta P_2 = - 17 \text{ Ton}$$

$$\delta_1 = \frac{- 37 \times 1000}{2000 \times 106,8} = - 0,173 \text{ mm/m} \quad \delta_2 = \frac{- 17 \times 1000}{2000 \times 36,6} = - 0,233 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 346 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 466 \text{ kg/cm}^2$$

b) Hormigonado de las dovelas (1)

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S^H = 780 \text{ cm}^2 \quad S^A = 160 \text{ cm}^2 \quad e = 1 \text{ mes} \quad A_0 = - \\ = - 346 \quad H_0 = 0$$

$$\text{Rosca 2: } S_H = 0 \quad S_A = 36,6 \text{ cm}^2 \quad A = - 466$$

$$\Delta P_1 = - 139 \quad \Delta P_2 = + 5 \quad E_0 = 391000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 139 \times 1000}{780 \times 391 + 160 \times 2000} = - 0,223 \text{ mm/m} "$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{+ 5 \times 1000}{36,6 \times 2000} = + 0,068 \text{ mm/m}$$

$$\Delta H_0 = - 87,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_1 = - 446 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = + 136 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,396 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,165 \text{ mm/m}$$

$$A_{01} = - 792 \text{ kg/cm}^2 \quad A_{02} = - 330 \text{ kg/cm}^2 \quad A_1 = - 446$$

$$H_0 = - 87,1 \text{ kg/cm}^2$$



c) Hormigonado de las dovelas 2 .

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S^H = 4200$        $S_A = 160$        $H = 0$        $A = - 446$        $e = 20$  dias

Rosca 2:  $S^H = 0,00$        $S_A = 87,4$        $H = 0$        $A = - 330$

$E_1 = 360000$  kg/cm<sup>2</sup>       $\Delta P_1 = - 196$  Ton       $\Delta P_2 = + 15$  Ton

$$\Delta \delta_1 = \frac{-196 \times 1000}{4200 \times 360 + 160 \times 2000} = - 0,107 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{+ 15 \times 1000}{2000 \times 87,4} = + 0,086 \text{ mm/m}$$

$\Delta A_1 = - 214$        $\Delta A_2 = + 172$        $\Delta H_1 = - 38,6$  kg/cm<sup>2</sup>

Estado final:

$\delta_{o1} = - 0,5030$  mm/m       $\delta_{o2} = - 0,079$  mm/m

$A_1 = - 660$        $A_{o2} = - 158$        $A_2 = + 172$  kg/cm<sup>2</sup>.

$H_1 = - 38,6$

Deformaciones lentas hasta el enclavamiento.-

$\delta_{\text{②}}(20-35) = - 0,018$  mm/m       $\Delta \delta = \frac{-0,018 \times 4200 \times 360}{4200 \times 360 + 160 \times 2000} = - 0,0149$  mm/m

$\Delta A_1 = - 30$  kg/cm<sup>2</sup>       $\Delta H_1 = + 0,0031 \times 360 = + 1,1$  kg/cm<sup>2</sup>

Estado final:

$\delta_{o1} = - 0,5179$  mm/m       $\delta_{o2} = - 0,0790$  mm/m

$A_1 = - 690$  "       $A_2 = + 172$        $H_1 = - 37,5$  kg/cm<sup>2</sup>       $H_2 = 0$



d) Enclavamiento de las articulaciones:

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1/  $S_H = 4200$   $S_A = 160$   $H = - 37,5$   $A = - 690$   $e = 35$  dias

Rosca 2:  $S_H = 10500$   $S_A = 87,4$   $H = 0$   $A = + 172$   $e = 15$  dias

$E_1 = 390000$  kg/cm<sup>2</sup>  $E_2 = 332000$  kg/cm<sup>2</sup>

$\Delta P_1 = + 149$  Ton  $\Delta P_2 = - 146$  Ton

$$\Delta \delta_1 = \frac{+ 149 \times 1000}{4200 \times 390 + 160 \times 2000} = + 0,0762$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-146 \times 1000}{10500 \times 332 + 87,4 \times 2000} = 0,0401$$

$\Delta A_1 = + 152$   $\Delta A_2 = - 80$   $\Delta H_1 = + 29,7$   $\Delta H_2 = - 13,3$

Estado final:

$\delta_{o1} = - 0,4417$  mm/m

$\delta_{o2} = - 0,1191$  mm/m

$A_1 = - 538$  kg/cm<sup>2</sup>

$A_2 = + 92$  kg/cm<sup>2</sup>

$H_1 = - 7,8$  kg/cm<sup>2</sup>

$H_2 = - 13,3$  kg/cm<sup>2</sup>

Deformaciones lentas.-

$\delta_1(35-40) = - 0,002$

$\Delta \delta_1 = - 0,002$

$\delta_2(15-20) = - 0,003$

$\Delta \delta_2 = - 0,003$

Estado final:

$\delta_{o1} = - 0,4437$

$\delta_{o2} = - 0,1221$

$A_1 = - 538$

$A_2 = + 92$

$H_1 = - 7,8$

$H_2 = - 13,3$



e) Hormigonado de dovelas 3.-

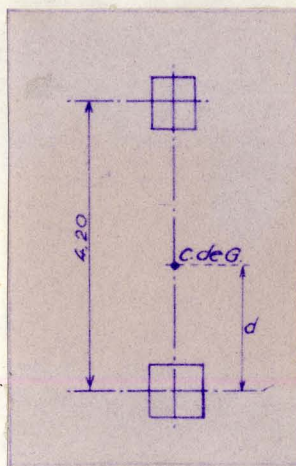
Estado inicial de la parte resistente:

Rosca 1:  $S_H = 42000$   $S^A = 160$   $H = -7,8$   $A = -538$   $e = 40$  dias

Rosca 2:  $SH = 10500$   $SA = 87,4$   $H = -13,3$   $A = +92$   $e = 20$  "

$E_1 = 416000$   $E_2 = 353000$

$E_1 S_1 = 207 \times 10^4$   $E_2 S_2 = 386 \times 10^4$   $d = \frac{207}{593} \times 4,20 = 1,46$  m



$E_S = 593 \times 10^4$  Ton

$E_1 I_1 = 0,0247 \times 416 \times 10^4 = 10,3 \times 10^4$

$E_2 I_2 = 0,0617 \times 353 \times 10^4 = 21,8 \times 10^4$

$EI = 32,1 \times 10^4 + 1,46^2 \times 386 \times 10^4 + 2,74^2 \times 207 \times 10^4 \times 10^4 = 2409 \times 10^4$

$\Delta N = -329$  Ton  $\Delta M = -12$  mTon

$\delta_N = \frac{-329 \times 100}{593 \times 10^4} = -0,056$  mm/m

$\delta_M = \frac{-2 \times 1000}{2409 \times 10^4} \times \infty = -0,00008$  mm/m

$\Delta \delta_{o2} = -0,056 - 0,0001 = -0,0561$  mm/m

$\Delta \delta_{o1} = -0,056 + 0,0002 = -0,0558$  mm/m

$\Delta A_2 = -112$   $\Delta A_1 = -112$

$\Delta H_2 = -20,1$   $\Delta H_1 = -22,5$

Estado final:

$\delta_1 = -0,4995$

$\delta_2 = -0,1782$

$A_1 = -544$  kg/cm<sup>2</sup>

$A_2 = -36$  kg/cm<sup>2</sup>  $A_3 = 0$

$H_1 = -30,9$  kg/cm<sup>2</sup>

$H_2 = -33,4$  kg/cm<sup>2</sup>  $H_3 = 0$



Deformaciones lentas.-

$$\delta_1(40-60) = - 0,011 \Delta \delta_1 = \frac{-0,011 \times 175}{207} = - 0,0093 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(20-40) = - 0,012 \Delta \delta_2 = \frac{-0,012 \times 371}{386 + 1,1 \times 332 + 0,0044 \times 2000} = - 0,0059 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 18 \quad \Delta A_2 = - 12$$

$$\Delta H_1 = + 0,0017 \times 416 = + 0,7 \quad \Delta H_2 = + 0,0061 \times 353 = + 2,1 "$$

$$\Delta H_3 = - 0,0059 \times 382 = - 2,0$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,5088 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,1841 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 562 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 48 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 29,6 \quad H_2 = - 31,3 \quad H_3 = - 2,0$$

f) Hormigonado de las dovelas 4.-

Estado inicial de la parte resistente.

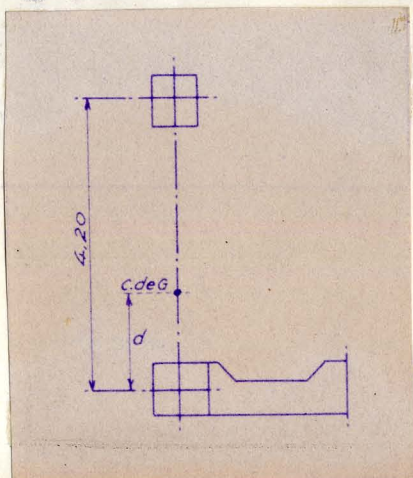
Rosca 1:  $S_H = 4200 \quad S_A = 160 \quad H = - 29,6 \quad A = - 564 \quad e = 60 \text{ dias}$

Rosca 2:  $S_H = 10500 \quad S_A = 87,4 \quad H = - 31,3 \quad A = - 34 \quad e = 40 \text{ dias}$

Rosca 3:  $S_H = 11000 \quad S_A = 44,1 \quad H = - 2,0 \quad A = - 12 \quad e = 20 \text{ dias}$

$$E_1 = 450000 \quad E_2 = 401000 \quad E_3 = 348000$$

$$E_1 S_1 = 221 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 439 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 392 \times 10^4$$



$$ES = 1052 \times 10^4 \text{ Ton} \quad d = 4,20 \frac{221}{1052} = 0,88 \text{ m}$$

$$E_1 I_1 = 0,0247 \times 450 \times 10^4 = 11,1 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0617 \times 401 \times 10^4 = 24,7 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0845 \times 348 \times 10^4 = 29,4 \times 10^4$$

$$EI = 65,2 \times 10^4 + 0,88^2 \times 831 \times 10^4 + 3,32^2 \times 221 \times 10^4 = 3143 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$



$$\Delta N = - 289 \quad \Delta M = - 24$$

$$\delta_N = \frac{- 289 \times 1000}{1052 \times 10^4} = - 0,0275 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{- 24 \times 1000}{3143 \times 10^4} \varphi = - 0,00077 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0275 + 0,0025 = - 0,0250 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0275 - 0,0007 = - 0,0282 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 50 \quad \Delta A_2 = - 56$$

$$\Delta H_1 = - 11,3 \text{ kg/m}^2 \quad \Delta H_2 = - 11,3 \text{ kg/m}^2 \quad H_3 = - 9,8$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5338 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2123$$

$$A_1 = - 612 \quad A_2 = - 104 \quad A_3 = - 68$$

$$H_1 = - 40,9 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = - 42,6 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 11,8$$

Deformaciones lentas.

$$\delta_1(60-83) = - 0,011 \quad \Delta \delta_1 = \frac{- 0,011 \times 189}{221} = - 0,0094 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(40-63) = - 0,014 \quad \Delta \delta_2 = \frac{- 0,014 \times 422 - 0,006 \times 383}{831 + 0,82 \times 332 + 0,0031 \times 2000} = -$$

$$\delta_3(20-45) = - 0,006 \quad 0,0074 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 19 \quad A_2 = - 15$$

$$H_1 = + 0,0016 \times 450 = + 0,7$$

$$H_2 = + 0,0066 \times 401 = + 2,7$$

$$H_3 = - 0,0014 \times 348 = - 0,5$$

$$H_4 = - 0,0074 \times 332 = - 2,4$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5432 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 2197 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 631 \quad A_2 = - 119 \quad A_3 = - 83 \quad A_4 = - 15$$

$$H_1 = - 40,2 \quad H_2 = - 39,9 \quad H_3 = - 12,3 \quad H_4 = - 2,4$$

g) Hormigonado de la rosca 5.-

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 4200 \quad S_A = 160 \quad H = - 38,8 \quad A = - 622 \quad e = 83 \text{ dias}$

Rosca 2:  $S_H = 10500 \quad S_A = 87,4 \quad H = - 40,8 \quad A = - 110 \quad e = 63$

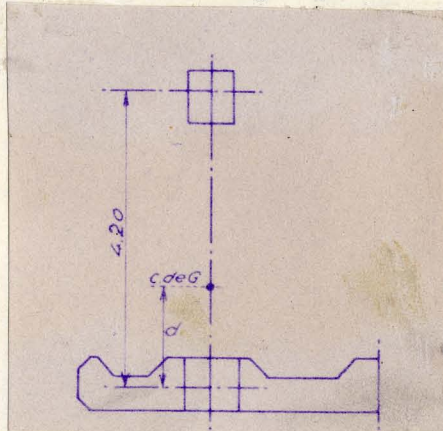
Rosca 3:  $S_H = 11000 \quad S_A = 44,1 \quad H = - 13,1 \quad A = - 88 \quad e = 43$

Rosca 4:  $S_H = 8200 \quad S_A = 31,0 \quad H = - 2,4 \quad A = - 15 \quad e = 23$

$$E_1 = 468000 \quad E_2 = 447000 \quad E_3 = 432000 \quad E_4 = 361000$$

$$S_1 E_1 = 229 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 487 \times 10^4$$

$$S_3 E_3 = 484 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 302 \times 10^4$$



$$SE = 1502 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = 4,20 \times \frac{229}{1502} = 0,64 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0247 \times 468 \times 10^4 = 11,5 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0617 \times 447 \times 10^4 = 27,6 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0845 \times 432 \times 10^4 = 36,5 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0627 \times 361 \times 10^4 = 22,6 \times 10^4$$

$$EI = 98,2 \times 10^4 + 0,64^2 \times 1273 \times 10^4 + 229 \times 3,56^2 \times 10^4 = 3522 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$$

$$\Delta N = 571 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 4.00 \text{ m Ton.}$$

$$\delta_N = \frac{- 571 \times 1000}{1502 \times 10^4} = - 0,038 \text{ mm/m}$$

$$\delta_m = \frac{+ 4 \times 1000}{3522 \times 10^4} \times \infty = - 0,00011$$



$$\delta_1 = - 0,038 - 0,0004 = - 0,0384 \text{ mm/m} \quad \delta_2 = - 0,038 + 0,0001 = - 0,0379 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 78 \quad \Delta A_2 = - 760$$

$$\Delta H_1 = - 18,0 \quad \Delta H_2 = - 16,9 \quad \Delta H_3 = - 16,3 \quad \Delta H_4 = - 13,7$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,5816 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,2576$$

$$A_1 = - 709 \quad A_2 = - 195 \quad A_3 = - 159 \quad A_4 = - 91 \quad A_5 = 0$$

$$H_1 = - 58,2 \quad H_2 = - 56,8 \quad H_3 = - 28,6 \quad H_4 = - 15,1 \quad H_5 = 0$$

Deformaciones lentas.

$$\delta_1(83-113) = - 0,015 \quad \Delta\delta_1 = \frac{-0,015 \times 197}{229} = - 0,0129 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(63-93) = - 0,023$$

$$\delta_3(43-73) = - 0,014$$

$$\delta_4(23-53) = + 0,008$$

$$\Delta\delta_2 = \frac{-0,023 \times 470 - 0,014 \times 473 - 0,008 \times 296}{1273} = - 0,0156 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 26 \quad \Delta A_2 = - 31$$

$$\Delta H_1 = + 0,0021 \times 468 = + 1,0 \quad \Delta H_2 = + 0,0074 \times 447 = + 3,3$$

$$\Delta H_3 = - 0,0016 \times 432 = - 0,7 \quad \Delta H_4 = - 0,0076 \times 361 = - 2,7$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,5945 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,2732 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 735 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 226 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 190 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_4 = - 122 \text{ kg/cm}^2 \quad A_5 = 0$$

$$H_1 = - 57,2 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = - 53,5 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 29,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_4 = - 17,8 \text{ kg/cm}^2 \quad H_5 = 0$$



h) Hormigonado de las roscas 6-7.

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:	$S_H = 4200$	"	$S_A = 160$	$H = - 46,4$	$A = - 689$	$e = 113$	dias
Rosca 2:	$S_H = 10500$	"	$S_A = 87,4$	$H = - 53,8$	$A = - 214$	$e = 93$	"
Rosca 3:	$S_H = 11000$	"	$S_A = 44,1$	$H = - 29,5$	$A = - 192$	$e = 73$	"
Rosca 4:	$S_H = 8200$	"	$S_A = 31,0$	$H = - 18,3$	$A = - 119$	$e = 59$	"
Rosca 5:	$S_H = 17100$	"	$S_A = 214,6$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 30$	"

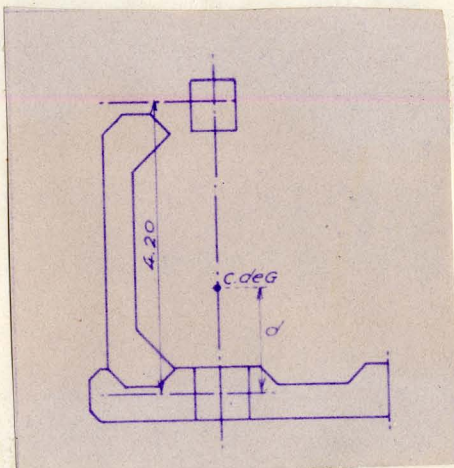
$$E_1 = 483000 \quad E_2 = 467000 \quad E_3 = 466000 \quad E_4 = 440000 \quad E_5 = 392000$$

$$S_1 E_1 = 235 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 508 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 523 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 367 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 713 \times 10^4$$

$$SE = 2346 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{4,20 \times 235 + 2,10 \times 713}{2346} = 1,06 \text{ m.}$$



$$E_1 I_1 = 0,0247 \times 483 \times 10^4 = 11,9 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0617 \times 467 \times 10^4 = 28,8 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0845 \times 466 \times 10^4 = 39,4 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0627 \times 440 \times 10^4 = 27,6 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,984 \times 392 \times 10^4 + 43 \times 10^4 = 1211 \times 10^4$$

$$EI = 1318,7 \times 10^4 + 1,06^2 \times 1398 \times 10^4 + 3,14^2 \times 235 \times 10^4 + 1,042 \times 713 \times 10^4 = 5977 \times 10^4$$

$$\Delta N = - 1003 \quad \Delta M = 194$$

$$\delta_N = \frac{-1003 \times 1000}{2346 \times 10^4} = - 0,0428 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{- 194 \times 1000}{5977 \times 10^4} \times \infty = - 0,00325 \text{ mm/m}$$







Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6331 \text{ mm/m} \qquad \delta_{o2} = - 0,3395 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 812 \quad A_2 = - 358 \quad A_3 = - 322 \quad A_4 = - 254 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -65 \\ -93 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = 0 \quad A_7 = - 12.$$

$$H_1 = - 66,7 \quad H_2 = - 720 \quad H_3 = - 51,5 \quad H_4 = - 40,6$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -12,8 \\ -18,3 \end{pmatrix} \quad H_6 = 0 \quad H_7 = - 2,0$$

1) Hormigonado de la rosca 8.-

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1: "	$S_H = 4200$	$S_A = 160$	$H = - 56,8$	$A = - 769$	$e = 140$
Rosca 2: "	$S_H = 80500$	$S_A = 87,4$	$H = - 71,3$	$A = - 341$	$e = 120$
Rosca 3: "	$S_H = 11000$	$S_A = 44,1$	$H = - 50,7$	$A = - 309$	$e = 100$
Rosca 4: "	$S_H = 8200$	$S_A = 31,0$	$H = - 40,1$	$A = - 246$	$e = 80$
Rosca 5: "	$S_H = 17100$	$S_A = 214,6$	$H = - \begin{pmatrix} 13,2 \\ -17,3 \end{pmatrix}$	$A = - \begin{pmatrix} -68 \\ -88 \end{pmatrix}$	$e = 57$
Rosca 6: "	$S_H = 24400$	$S_A = 158$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 27$
Rosca 7: "	$S_H = 11800$	$S_A = 45,2$	$H = - 2$	$A = - 12$	$e = 27$

$$E_1 = 492000 \quad E_2 = 476000 \quad E_3 = 474000 \quad E_4 = 470000$$

$$E_5 = 455000 \quad E_6 = 382000 \quad E_7 = 379000$$

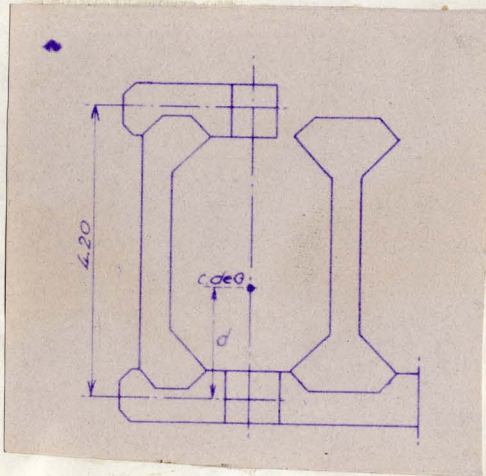
$$S_1 E_1 = 239 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 518 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 531 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 392 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 821 \times 10^4 \quad S_6 E_6 = 965 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 457 \times 10^4$$

$$SE = 3923 \times 10^4 \text{ Ton}$$



$$d = \frac{696 \times 4,20 + 1786 \times 2,10}{3923} = 1,70 \text{ m.}$$



$$E_1 I_1 = 0,0247 \times 492 \times 10^4 = 12,1 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0617 \times 476 \times 10^4 = 29,4 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0845 \times 474 \times 10^4 = 40,1 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0627 \times 470 \times 10^4 = 29,4 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,984 \times 455 \times 10^4 + 43 \times 10^4 = 1400 \times 10^4$$

$$E_6 I_6 = 4,071 \times 382 \times 10^4 + 30,2 \times 10^4 = 1584 \times 10^4$$

$$E_7 I_7 = 0,0811 \times 379 \times 10^4 = 30,7 \times 10^4$$

$$EI = 3125,7 \times 10^4 + 1,70^2 \times 1441 \times 10^4 + 0,402 \times 1786 \times 10^4 + 2,502 \times 696 \times 10^4 = 11929 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$$

$$\Delta N = - 227 \text{ Ton} \Delta Mm = - 410 \text{ mTon.}$$

$$\delta_N = - \frac{-227 \times 100}{3923 \times 10^4} = - 0,00580 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = - \frac{-110 \times 1000}{11929 \times 10^4} = - 0,00093 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,00580 + 0,0023 = - 0,0036 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,00580 - 0,00157 = - 0,0074 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 7 \quad \Delta A_2 = - 15$$

$$\Delta H_1 = - 1,80 \quad \Delta H_2 = - 3,5 \quad \Delta H_3 = - 3,5 \quad \Delta H_4 = - 3,5$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -1,7 \\ -3,4 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} -1,7 \\ -2,8 \end{pmatrix} \quad \Delta H_7 = - 1,8$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,6367 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = - 0,3469 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 819 \quad A_2 = - 373 \quad A_3 = - 337 \quad A_4 = - 269 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -72 \\ -108 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -7 \\ -15 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 19 \quad A_8 = 0$$

$$H_1 = - 819 \quad A_2 = - 373 \quad A_3 = - 337 \quad A_4 = - 269$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6406 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,3619 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 827 \quad A_2 = - 403 \quad A_3 = - 367 \quad A_4 = - 299 \quad A_5 = \begin{pmatrix} - 72 \\ - 108 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} - 7 \\ - 15 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 27 \quad A_8 = - 8$$

$$H_1 = - 62,6 \quad H_2 = - 73,6 \quad H_3 = - 55,0 \quad H_4 = - 46,0$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} - 14,5 \\ - 21,7 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} - 1,8 \\ - 2,8 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 4,2 \quad H_8 = - 1,3$$

2º mes:

$$E_1 = 508000 \quad E_2 = 493000 \quad E_3 = 498000 \quad E_4 = 488000 \quad E_7 = 485000$$

$$E_8 = 430000$$

$$S_1 E_1 = 213 \quad S_2 E_2 = 518 \quad S_3 E_3 = 549 \quad S_4 E_4 = 400$$

$$S_7 E_7 = 573 \quad S_8 E_8 = 606 \quad S_A^0 E_A = 51 \quad S_A^2 E_A = 32$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_1 (170-200) = - 0,011 \\ \delta_7 (57-87) = - 0,003 \\ \delta_8 (30-60) = - 0,001 \end{array} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{- 0,011 \times 213 - 0,003 \times 573 - 0,001 \times 606}{213 + 573 + 606 + 51} = - 0,00324 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_2 (150-180) = - 0,018 \\ \delta_3 (130-160) = - 0,014 \\ \delta_4 (110-140) = - 0,010 \end{array} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{- 0,018 \times 518 - 0,014 \times 549 - 0,010 \times 400}{518 + 549 + 400 + 32} = - 0,014 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 6 \quad \Delta A_2 = - 29$$

$$\Delta H_1 = + 0,00776 \times 508 = + 3,9 \quad \Delta H_7 = - 0,00024 \times 485 = - 0,1$$

$$\Delta H_6 = - 0,00224 \times 430 = - 1,0$$



$$\Delta H_2 = + 0,0033 \times 493 = + 1,6 \quad \Delta H_3 = - 0,0007 \times 498 = - 0,3$$

$$\Delta H_4 = - 0,0047 \times 488 = - 2,33$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,6438 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,3766 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 833 \quad A_2 = - 432 \quad A_3 = - 396 \quad A_4 = - 338 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -72 \\ -108 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -7 \\ -15 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 33 \quad A_8 = - 14$$

$$H_1 = - 58,7 \quad H_2 = - 72,0 \quad H_3 = - 55,3 \quad H_4 = - 46,3 \quad H_5 = \begin{pmatrix} 14,5 \\ -21,7 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -1,8 \\ -2,8 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 43 \quad H_8 = - 2,3$$

3er mes:

$$E_1 = 515000 \quad E_2 = 501000 \quad E_3 = 507000 \quad E_4 = 501000$$

$$E_7 = 505000 \quad E_8 = 486000$$

$$S_1 E_1 = 216 \quad S_2 E_2 = 526 \quad S_3 E_3 = 558 \quad S_4 E_4 = 411$$

$$S_7 E_7 = 596 \quad S_8 E_8 = 686 \quad S_A E_A = 51 \quad S_{A'} E_{A'} = 32$$

$$\delta_1(200-230) = - 0,010$$

$$\delta_7(87-117) = - 0,003$$

$$\delta_8(80-90) = - 0,001$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,010 \times 216 - 0,003 \times 596 - 0,001 \times 686}{216 + 596 + 686 + 51} = - 0,003 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(180-210) = - 0,014$$

$$\delta_3(160-190) = - 0,010$$

$$\delta_4(140-170) = - 0,011$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,014 \times 526 - 0,010 \times 558 - 0,011 \times 411}{526 + 558 + 411 + 32} = - 0,0114 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 6$$

$$\Delta A_2 = - 23$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,007 \times 515 = +3,6 & \Delta H_2 &= + 0,0026 \times 501 = + 1,3 \\ \Delta H_3 &= - 0,0014 \times 507 = - 0,7 & \Delta H_4 &= - 0,0004 \times 501 = - 0,2 \\ \Delta H_7 &= 0 & \Delta H_8 &= - 0,002 \times 486 = - 1,0 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6468 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,3880 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 839 & A_2 &= - 455 & A_3 &= - 419 & A_4 &= 361 & A_5 &= \begin{pmatrix} -72 \\ -108 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -7 \\ -108 \end{pmatrix} & A_7 &= - 39 & A_8 &= - 20 \\ H_1 &= - 55,1 & H_2 &= - 70,7 & H_3 &= - 56,0 & H_4 &= - 46,5 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -14,5 \\ -21,7 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -1,8 \\ -2,8 \end{pmatrix} & H_7 &= - 4,3 & H_8 &= - 3,3 \end{aligned}$$

k) Tablero

$$\begin{aligned} E_1 &= 521000 & E_2 &= 507000 & E_3 &= 508000 & E_4 &= 509000 \\ E_5 &= 528000 & E_6 &= 510000 & E_7 &= 509000 & E_8 &= 498000 \\ E_1 S_1 &= 250 & E_2 S_2 &= 550 & E_3 S_3 &= 669 & E_4 S_4 &= 423 \\ E_5 S_5 &= 946 & E_6 S_6 &= 1274 & E_7 S_7 &= 611 & E_8 S_8 &= 713 \end{aligned}$$

$$E S = 5436 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{4,20 \times 1574 + 2,1 \times 2220}{5426} = 2,10 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} E_1 I_1 &= 0,0247 \times 521 \times 10^4 = 12,9 & E_2 I_2 &= 0,0617 \times 507 \times 10^4 = 31,3 \\ E_3 I_3 &= 0,0845 \times 508 \times 10^4 = 42,9 & E_4 I_4 &= 0,0627 \times 509 \times 10^4 = 31,8 \\ E_5 I_5 &= 2,984 \times 528 \times 10^4 - 43 \times 10^4 = 1559 & E_6 I_6 &= 4,071 \times 510 \times 10^4 + 30,2 \times 10^4 = \\ & & & & & & & = 2104 \\ E_7 I_7 &= 0,0811 \times 509 \times 10^4 = 41,2 & E_8 I_8 &= 0,1051 \times 498 \times 10^4 = 52,5 \end{aligned}$$



$$E I = 3875 \times 10^4 + 2,10^2 \times 3216 \times 10^4 = 18055 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$

$$\Delta M = 0 \quad \Delta N = - 750 \text{ Ton}$$

$$\delta_N = \frac{-750 \times 1000}{5426 \times 10^4} = - 0,0140 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = 0$$

$$\Delta \delta_{o1} = - 0,0140 \quad \Delta \delta_{o2} = - 0,0140$$

$$\Delta A = - 30$$

$$\Delta H_1 = - 7,8 \quad \Delta H_2 = - 7,6 \quad \Delta H_3 = - 7,6 \quad \Delta H_4 = - 7,7 \quad \Delta H_5 = - 7,9$$

$$\Delta H_6 = - 7,7 \quad " \quad \Delta H_7 = - 7,7 \quad \Delta H_8 = - 7,5$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6518 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,4030 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 869 \quad A_2 = - 485 \quad A_3 = - 449 \quad A_4 = - 391 \quad A_5 \begin{cases} -102 \\ -138 \end{cases}$$

$$A_7 = - 69 \quad A_8 = - 50$$

$$H_1 = - 62,8 \quad H_2 = - 78,3 \quad H_3 = - 63,6 \quad H_4 = - 54,2 \quad H_5 \begin{cases} (-22,4 \\ (-28,6 \end{cases}$$

$$H_6 = \begin{cases} (-9,5 \\ (-10,5 \end{cases} \quad H_7 = - 12,0 \quad " \quad H_8 = - 10,8$$

1) 4º mes:

$$E_1 = 520000 \quad E_2 = 504000 \quad E_3 = 510000 \quad E_4 = 507000$$

$$E_7 = 507000 \quad E_8 = 502000$$

$$E_1 S_1 = 208 \times 10^4 \quad " \quad S_2 E_2 = 530 \times 10^4 \quad " \quad S_3 E_3 = 561 \times 10^4 \quad " \quad S_4 E_4 = 416 \times 10^4$$

$$S_7 E_7 = 600 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 709 \times 10^4$$

$$\delta_1 (230-260) = - 0,007$$

$$\delta_2 (117-147) = - 0,004$$

$$\delta_8 (90-120) = - 0,003$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,007 \times 208 - 0,004 \times 600 - 0,003 \times 709}{1517} = -$$

$$= - 0,0046 \text{ mm/m}$$



$$\begin{aligned} \delta_2(210-240) &= -0,012 \\ \delta_3(190-220) &= -0,014 \\ \delta_4(170-200) &= -0,010 \end{aligned} \quad \Delta\delta_2 = \frac{-0,012 \times 530 - 0,014 \times 561 - 0,010 \times 416}{1507} = -0,0109 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -9 \quad \Delta A_2 = -22$$

$$\Delta H_1 = +0,0024 \times 520 = +1,2 \quad \Delta H_2 = +0,0011 \times 504 = +0,6$$

$$\Delta H_3 = +0,0031 \times 510 = +1,6$$

$$\Delta H_4 = -0,0009 \times 507 = -0,5 \quad \Delta H_7 = -0,0006 \times 507 = -0,3$$

$$\Delta H_8 = -0,0016 \times 502 = -0,8$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -6564 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,4139 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = 878 \quad A_2 = -507 \quad A_3 = -471 \quad A_4 = -413 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -102 \\ -138 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -37 \\ -45 \end{pmatrix} \quad A_7 = -78 \quad A_8 = -59$$

$$H_1 = -61,5 \quad H_2 = -77,7 \quad H_3 = -62,0 \quad H_4 = -54,7$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -22,4 \\ -28,6 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -9,5 \\ -10,5 \end{pmatrix} \quad H_7 = -12,3 \quad H_8 = -11,6$$

5º mes:

$$E_1 = 526000 \quad E_2 = 511000 \quad E_3 = 516000 \quad E_4 = 513000 \quad E_7 = 521000$$

$$E_8 = 514000$$

$$E_1 S_1 = 221 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 537 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 569 \times 10^4 \quad E_4 S_4 = 420 \times 10^4$$

$$E_7 S_7 = 615 \times 10^4 \quad E_8 S_8 = 725 \times 10^4 \quad E'_A S_A = 51 \quad E''_A S_A = 32$$



$$\left. \begin{array}{l} \delta_2 (260-290) = -0,008 \\ \delta_7 (147-177) = -0,004 \end{array} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,008 \times 221 - 0,004 \times 615 - 0,004 \times 725}{1612} = -0,0044 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_2 (240-270) = -0,009 \\ \delta_3 (220-250) = -0,010 \\ \delta_4 (200-230) = -0,009 \end{array} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,009 \times 537 - 0,010 \times 569 - 0,009 \times 420}{1558} = -0,0092 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \Delta A_1 &= -9 & \Delta A_2 &= -18 \\ \Delta H_1 &= +0,0036 \times 526 = +1,9 & \Delta H_2 &= -0,0002 \times 511 = -0,1 \\ \Delta H_3 &= +0,0008 \times 516 = +0,4 \\ \Delta H_4 &= -0,0002 \times 513 = -0,1 & \Delta H_7 &= -0,0004 \times 521 = -0,2 \\ \Delta H_8 &= -0,0004 \times 514 = -0,2 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{01} &= -0,6608 \text{ mm/m} & \delta_{02} &= -0,4231 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -887 & A_2 &= -525 & A_3 &= -489 & A_4 &= -431 & A_5 &= \begin{pmatrix} -102 \\ -138 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -37 \\ -45 \end{pmatrix} & A_7 &= -87 & A_8 &= -68 \\ H_1 &= -59,7 & H_2 &= -77,8 & H_3 &= -61,6 & H_4 &= -54,8 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -22,4 \\ -28,6 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -9,5 \\ -10,5 \end{pmatrix} & H_7 &= -12,5 & H_8 &= -11,8 \end{aligned}$$

6º mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 531000 & E_2 &= 518000 & E_3 &= 522000 & E_4 &= 520000 \\ E_7 &= 529000 & E_8 &= 522000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 E_1 &= 223 \times 10^4 & S_2 E_2 &= 545 \times 10^4 & S_3 E_3 &= 575 \times 10^4 & S_4 E_4 &= 426 \times 10^4 \\ S_7 E_7 &= 625 \times 10^4 & S_8 E_8 &= 736 \times 10^4 & S_{AA} E_A &= 51 \times 10^4 & S_{AA} E_A^2 &= 32 \times 10^4 \end{aligned}$$



$$\left. \begin{aligned} \delta_1(290-320) &= -0,007 \\ \delta_7(177-207) &= -0,005 \\ \delta_8(150-180) &= -0,004 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,007 \times 223 - 0,005 \times 625 - 0,004 \times 736}{1635} = -0,0047$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_2(270-300) &= -0,010 \\ \delta_3(250-280) &= -0,008 \\ \delta_4(230-260) &= -0,010 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,010 \times 545 - 0,008 \times 575 - 0,010 \times 426}{1578} = -0,0091$$

$$\Delta A_1 = -9 \quad \Delta A_2 = -19$$

$$\Delta H_1 = +0,0023 \times 531 = +1,2 \quad \Delta H_2 = +0,0009 \times 518 = +0,46$$

$$\Delta H_3 = -0,0011 \times 522 = -0,6$$

$$\Delta H_4 = +0,0009 \times 520 = +0,5 \quad \Delta H_7 = +0,0003 \times 529 = +0,2$$

$$\Delta H_8 = -0,0007 \times 522 = -0,4$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,6655 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = -0,4322 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -896 \quad A_2 = -543 \quad A_3 = -507 \quad A_4 = -449 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -102 \\ -138 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -37 \\ -45 \end{pmatrix} \quad A_7 = -96 \quad A_8 = -77$$

$$H_1 = -58,5 \quad H_2 = -77,3 \quad H_3 = -62,2 \quad H_4 = -544$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -22,4 \\ -26,6 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -9,5 \\ -10,5 \end{pmatrix} \quad H_7 = -12,3 \quad H_8 = -12,2$$

Esfuerzo total en la cabeza inferior

$$F = -77,3 \times 1,0500 - 62,2 \times 1,1000 - 544 \times 8,200 - 543 \times 87,4 - 507 \times 44 - 449 \times 30,9 = -1963 \text{ Ton}$$

Esfuerzo total en la cabeza superior

$$F = -58,5 \times 4,200 - 1,1800 \times 12,3 - 1,4100 \times 12,2 - 1,60 \times 896 - 45 \times 96 - 50 \times 77 = -671,5 \text{ Ton}$$



DEFORMACIONES PRODUCIDAS EN LA SECCION 3

a) PESO PROPIO Y NUCLEO

Estado inicial de la parte resistente:

$$\text{Rosca 1: } S^H = 0 \quad S = 106,8 \text{ cm}^2 \quad A = 0$$

$$\text{Rosca 2: } S^H = 0 \quad S_A = 36,6 \text{ cm}^2 \quad A = 0$$

$$\Delta P_1 = - 32 \quad \Delta P_2 = - 17$$

$$\delta_1 = \frac{-32 \times 1000}{106,8 \times 2000} = -0,150 \text{ mm/m} \quad \delta_2 = \frac{-17 \times 1000}{36,6 \times 2000} = -0,232 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 300 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 464 \text{ kg/cm}^2.$$

b) Hormigonado de la rosca 1:

Estado inicial de la parte resistente-

$$\text{Rosca 1: } S^H = 780 \text{ cm}^2 \quad S^A = 145 \quad e = 1 \text{ mes} \quad A_{O1} = 300 \quad H_0 = 0$$

$$\text{Rosca 2: } S^H = 0 \quad S_A = 36,6 \quad A_{O2} = - 466$$

$$\Delta P_1 = - 125 \quad \Delta P_2 = + 13 \quad E_0 = 391000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-125 \times 100}{780 \times 391 + 145 \times 2000} = - 0,2105 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{+13 \times 100}{36,6 \times 2000} = + 0,178 \text{ mm/m}$$

$$\Delta H_0 = - 82,3 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_1 = - 421 \quad \Delta A_2 = + 356$$



Estado final:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{o1} = - 0,3605 \text{ mm/m} \\ A_{o1} = - 721 \text{ kg/cm}^2 \\ H_o = - 82,3 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right. \quad \delta_{o2} = - 0,0550 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 421 \quad A_2 = - 110 \text{ kg/cm}^2$$

c) Hormigonado de la rosca 2

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S^H = 3750$      $S^A = 145$      $H = 0$      $A = - 421$      $e = 20$  dias

Rosca 2:  $S^H = 0$      $S^A = 59,3$      $H = 0$      $A = - 110$      $e = 0$

$E_1 = 360000 \text{ kg/cm}^2$      $AP_1 = - 152$      $AP_2 = - 10$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-152 \times 1000}{3750 \times 360 + 145 \times 2000} = - 0,0930 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-10 \times 1000}{59,3 \times 2000} = - 0,0845 \text{ mm/m}$$

$\Delta A_1 = - 186$

$\Delta A_2 = - 169$

$\Delta H_1 = - 33,4$

Estado final:

$\delta_{o1} = - 0,4535 \text{ mm/m}$      $\delta_{o2} = - 0,1395 \text{ mm/m}$

$A_1 = - 607 \text{ kg/cm}^2$      $A_2 = - 169 \text{ kg/cm}^2$

$H_1 = - 33,4 \text{ kg/cm}^2$

Deformaciones lentas hasta el enclavamiento

$$\delta_{(20-35)} = - 0,015 \text{ mm/m} \quad \Delta \delta_1 = \frac{- 0,015 \times 3750 \times 360}{3750 \times 360 + 145 \times 2000} = -$$

$= - 0,0124 \text{ mm/m}$

$\Delta A_1 = - 25$

$\Delta H_1 = + 0,0026 \times 360 = + 0,9$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= -0,4659 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= -1395 \text{ mm/m} \\ A_1 &= 632 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= -169 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= -32,5 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= 0 \end{aligned}$$

d) Enclavamiento de las articulaciones:

Estado inicial de la parte resistente.

$$\begin{aligned} \text{Rosca 1: } S_H &= 3750 & S_A &= 145 & H &= -32,5 & A &= -632 & e &= 35 \\ \text{Rosca 2: } S_H &= 7500 & S_A &= 59,3 & H &= 0 & A &= -169 & e &= 15 \end{aligned}$$

$$E_1 = 392000 \quad E_2 = 332000$$

$$\Delta P_1 = +146 \text{ Ton} \quad \Delta P_2 = -146 \text{ Ton}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{+146 \times 1000}{3750 \times 392 + 145 \times 2000} = +0,0833 \text{ mm/m} "$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-146 \times 1000}{7500 \times 332 + 59,3 \times 2000} = +0,0563 \text{ mm/m} "$$

$$\Delta A_1 = +167 \quad \Delta A_2 = -113$$

$$\Delta H_1 = +32,6 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_2 = 18,7 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= -0,3826 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= -0,1958 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -465 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= -282 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= +0,0 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= -18,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Deformaciones lentas:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= 0 & \Delta \delta_1 &= 0 \\ \delta_2 (15-20) &= -0,005 & \Delta \delta_2 &= -0,005 \end{aligned}$$



Estado final:

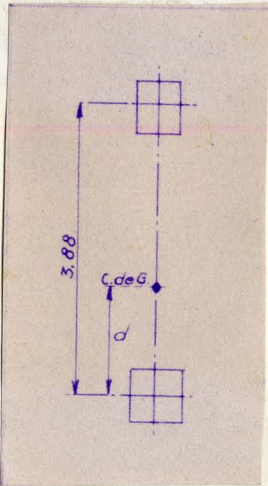
$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,3826 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,2008 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 465 & A_2 &= - 282 \\ N_1 &= + 0,0 & H_2 &= - 18,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

e) Hormigonado de la rosca 3

Estado inicial de la parte resistente:

$$\begin{aligned} \text{Rosca 1: } S &= 3750 & S &= 145 & H &= 0 & A &= - 465 & e &= 40 \text{ dias} \\ & & H & & A & & & & & \\ \text{Rosca 2: } S_H &= 7500 & S_A &= 59,3 & H &= - 18,7 & A &= - 282 & e &= 20 \text{ dias} \\ & & A & & & & & & & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= 418000 & E_2 &= 352000 \\ E_1 S_1 &= 186 \times 10^4 \text{ Ton} & E_2 S_2 &= 276 \times 10^4 \text{ Ton} & E S &= 462 \times 10^4 \text{ Ton} \end{aligned}$$



$$d = 3,88 \times \frac{186}{462} = 1,56 \text{ M.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0176 \times 418 \times 10^4 = 7,35 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0351 \times 352 \times 10^4 = 12,33 \times 10^4$$

$$\begin{aligned} EI &= 19,68 \times 10^4 + 1,56^2 \times 276 \times 10^4 + 2,32^2 \times \\ &\times 186 \times 10^4 = 1692 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\Delta N = - 285 \quad \Delta M = - 24$$

$$\delta_N = - \frac{285 \times 1000}{462 \times 10^4} = - 0,0612 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{-24 \times 1000}{1692 \times 10^4} \infty = - 0,00142$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0579$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0634$$

$$\Delta A_1 = - 116$$

$$\Delta A_2 = - 127$$

$$\Delta H_1 = - 24,2$$

$$\Delta H_2 = - 22,3$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_{o1} &= - 0,4405 \text{ mm/m} & \mathcal{S}_{o2} &= - 0,2642 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 581 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= - 409 \text{ kg/cm}^2 & A_3 &= 0 \\ H_1 &= - 24,2 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= - 41,0 \text{ kg/cm}^2 & H_3 &= 0 \end{aligned}$$

Deformaciones lentas:

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_1 (40-60) &= - 0,010 \text{ mm/m} & \Delta \mathcal{S}_1 &= \frac{-0,010 \times 157}{186} = - 0,0085 \text{ mm/m} \\ \mathcal{S}_2 (20-40) &= - 0,019 \text{ mm/m} & \Delta \mathcal{S}_2 &= \frac{-0,019 \times 264}{276 + 0,94 \times 332 + 0,0033 \times 2000} = - \\ & & &= - 0,0084 \text{ mm/m} \end{aligned}$$

$$\Delta A_1 = - 17$$

$$\Delta A_2 = - 17$$

$$\Delta H_1 = + 0,0015 \times 418 = + 0,6 \quad \Delta H_2 = + 0,0106 \times 352 = " + 3,7$$

$$\Delta H_3 = - 0,0084 \times 332 = - 2,8$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_{o1} &= 0,4490 \text{ mm/m} & \mathcal{S}_{o2} &= - 0,2726 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 598 & A_2 &= - 426 & A_3 &= - 17 \\ H_1 &= - 23,6 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= - 37,3 \text{ kg/cm}^2 & H_3 &= - 2,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

f) Hormigonado de las roscas 4.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S_H = 3750 \quad S_A = 145 \quad H = - 25,0 \quad A = - 504 \quad e = 60$$

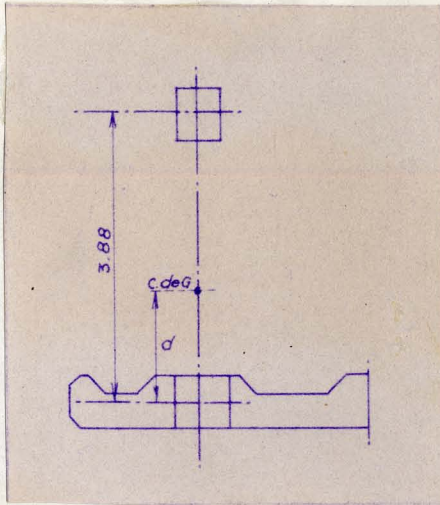
$$\text{Rosca 2: } S_H = 7500 \quad S_A = 59,3 \quad H = - 36,6 \quad A = - 421 \quad e = 40$$

$$\text{Rosca 3: } S_H = 9400 \quad S_A = 33,4 \quad H = - 2,8 \quad A = - 17 \quad e = 20$$

$$E_1 = 452000 \quad E_2 = 396000 \quad E_3 = 348000$$

$$E_1 S_1 = 199 \times 10^4 \quad " \quad E_2 S_2 = 309 \times 10^4 \quad " \quad E_3 S_3 = 334 \times 10^4 \quad " \quad ES = 842 \times 10^4 \text{ Ton}$$





$$d = 3,88 \frac{199}{842} = 0,92 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0176 \times 452 \times 10^4 = 7,9 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0351 \times 396 \times 10^4 = 13,9 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0608 \times 348 \times 10^4 = 21,1 \times 10^4$$

$$EI = 42,9 \times 10^4 + 0,92^2 \times 643 \times 10^4 + 2,962 \times 199 \times 10^4 = 2329 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$

$$\Delta N = - 253 \text{ Ton} \quad \Delta M = - 32 \text{ mTon}$$

$$\int_N = \frac{-253 \times 1000}{842 \times 10^4} = - 0,0301 \text{ mm} \quad \int_M = \frac{- 32 \times 1000}{2329 \times 10^4} = - 0,0014$$

$$\Delta \int_1 = - 0,0301 + 0,0041 = - 0,0260 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \int_2 = - 0,0301 - 0,0013 = - 0,0314 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 52$$

$$\Delta A_2 = - 63$$

$$\Delta H_1 = - 11,8$$

$$\Delta H_2 = - 12,4$$

$$\Delta H_3 = - 10,9$$

$$\Delta H_4 = 0$$

Estado final:

$$\int_{o1} = - 0,4750 \quad \int_{o2} = - 0,3040$$

$$A_1 = - 650 \text{ " } A_2 = - 489 \text{ " } A_3 = - 80 \text{ " } A_4 = 0$$

$$H_1 = - 35,8 \text{ " } H_2 = - 49,7 \text{ " } H_3 = - 13,7 \text{ " } H_4 = 0$$

Deformaciones lentas

$$\int_1(60-83) = - 0,012 \quad \Delta \int_1 = \frac{-0,012 \times 170}{199} = - 0,0103 \text{ mm/m}$$

$$\int_2(40-63) = - 0,018$$

$$\int_3(20-43) = - 0,006$$

$$\Delta \int_2 = \frac{-0,018 \times 297 - 0,006 \times 328}{643 + 0,73 \times 332 + 0,0019 \times 2000} = -$$

$$= - 0,0083 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 21$$

$$\Delta A_2 = - 17$$

$$\Delta H_1 = + 0,0017 \times 452 = + 0,8$$

$$\Delta H_2 = + 0,0097 \times 396 = + 3,8$$



$$\Delta H_3 = - 0,0023 \times 348 = - 0,8 \quad \Delta H_4 = - 0,0083 \times 332 = - 2,7$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,4853 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,3123 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 671 & A_2 &= - 506 & A_3 &= - 97 & A_4 &= - 17 \\ H_1 &= - 35,0 & H_2 &= - 45,9 & H_3 &= - 14,5 & H_4 &= - 2,7 \end{aligned}$$

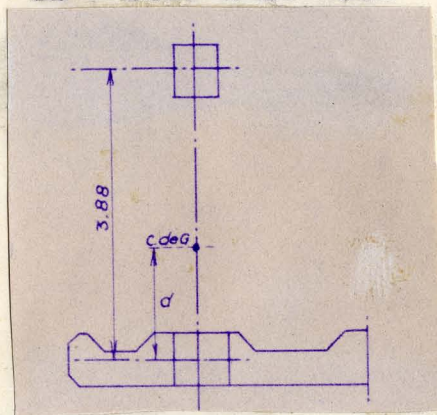
g) Hormigonado de la rosca 5.-

Estado inicial de la parte resistente:

Rosca 1:	$S_H = 3750$	$S_A = 145$	$H = - 41,2$	$A = - 700$	$e = 83$
Rosca 2:	$S_H = 7500$	$S_A = 59,3$	$H = - 44,3$	$A = - 496$	$e = 63$
Rosca 3:	$S_H = 9400$	$S_A = 33,4$	$H = - 13,7$	$A = - 91$	$e = 43$
Rosca 4:	$S_H = 7300$	$S_A = 19,3$	$H = - 2,7$	$A = - 17$	$e = 23$
	$E_1 = 465000$	$E_2 = 445000$	$E_3 = 432000$	$E_4 = 361000$	

$$S_1 E_1 = 203 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 346 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 413 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 267 \times 10^4$$

$$SE = 1229 \times 10^4 \text{ Ton}$$



$$d = \frac{203}{1229} \times 3,88 = 0,64 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_1 I_1 &= 0,0176 \times 465 \times 10^4 = 8,2 \times 10^4 \\ E_2 I_2 &= 0,0351 \times 445 \times 10^4 = 15,6 \times 10^4 \\ E_3 I_3 &= 0,0608 \times 432 \times 10^4 = 26,3 \times 10^4 \\ E_4 I_4 &= 0,0456 \times 361 \times 10^4 = 16,5 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$EI = 66,6 \times 10^4 + 0,64^2 \times 1026 \times 10^4 + 3,24^2 \times 203 \times 10^4 = 2617 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$

$$\Delta N = - 496 \text{ Ton} \quad \Delta M = - 178 \text{ mTon}$$

$$\delta_N = \frac{-496 \times 1000}{1229 \times 10^4} = - 0,0404 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{-178 \times 1000}{2617 \times 1000} = - 0,0067$$



$$\Delta \delta_1 = -0,0404 + 0,0216 = -0,0188 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = -0,0404 - 0,0043 = -0,0447 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -38 \quad \Delta A_2 = -89$$

$$\Delta H_1 = -18,8 \quad \Delta H_2 = -19,8 \quad \Delta H_3 = -19,3 \quad \Delta H_4 = -16,1$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,5041 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,3570 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -709 \quad A_2 = -595 \quad A_3 = -186 \quad A_4 = -106$$

$$H_1 = -43,8 \quad H_2 = -65,7 \quad H_3 = -33,8 \quad H_4 = -18,8$$

Deformaciones lentas

$$\delta_1(3-113) = -0,016 \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,016 \times 174}{203} = -0,0137 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(63-93) = -0,024$$

$$\delta_3(43-73) = -0,016$$

$$\delta_4(23-53) = -0,012$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,024 \times 334 - 0,016 \times 406 - 0,012 \times 263}{1026} =$$

$$= -0,0177 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = 27 \quad \Delta A_2 = 35$$

$$\Delta H_1 = +0,0023 \times 465 = +1,1 \quad \Delta H_2 = +0,0063 \times 445 = +2,8 \quad \Delta H_3 = -$$

$$= -0,0017 \times 432 = -0,7 \quad \Delta H_4 = -0,0057 \times 361 = -2,1$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,5178 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,3747 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -736 \quad A_2 = -630 \quad A_3 = -221 \quad A_4 = -141$$

$$H_1 = -42,2 \quad H_2 = -62,9 \quad H_3 = -34,5 \quad H_4 = -20,9$$

h) Hormigonado de las roscas 6-7

Estado inicial:

$$\text{Rosca 1: } S_H = 3750 \quad S_A = 145 \quad H = -50,6 \quad A = -772 \quad e = 113$$

$$\text{Rosca 2: } S_H = 7500 \quad S_A = 59,3 \quad H = -59,0 \quad A = -610 \quad e = 93$$

$$\text{Rosca 3: } S_H = 9400 \quad S_A = 35,4 \quad H = -50,6 \quad A = -295 \quad e = 55$$

$$\text{Rosca 4: } S_H = 7300 \quad S_A$$

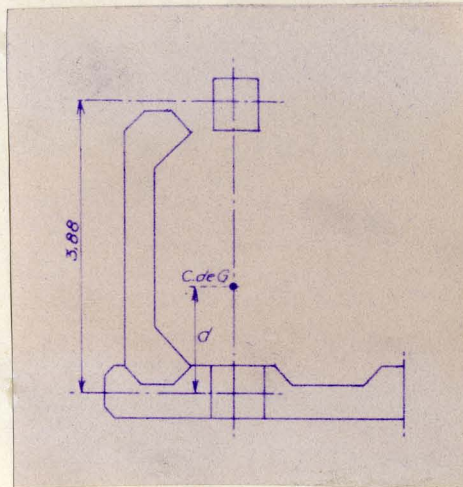


Rosca 5:  $S_H = 16800$   $S = 213,4$   $H = 0$   $A = 0$   $e = 30$

$E_1 = 481000$   $E_2 = 464000$   $E_3 = 465000$   $E_4 = 439000$   $E_5 = 392000$

$S_1 E_1 = 209 \times 10^4$  "  $S_2 E_2 = 360 \times 10^4$   $S_3 E_3 = 444 \times 10^4$   $S_4 E_4 = 324 \times 10^4$

$S_5 E_5 = 701 \times 10^4$  "  $S E = 2038 \times 10^4$  Ton



$$d = \frac{3,88 \times 209 + 1,94 \times 701}{2038} = 1,07 \text{ m}$$

$$E_1 I_1 = 0,0176 \times 481 \times 10^4 = 8,47 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_2 I_2 = 0,035 \times 464 \times 10^4 = 16,26 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_3 I_3 = 0,0608 \times 465 \times 10^4 = 28,20 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_4 I_4 = 0,0456 \times 439 \times 10^4 = 20,00 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_5 I_5 = 2,524 \times 392 \times 10^4 + 36,8 \times 10^4 = 1027 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$EI = 1100 \times 10^4 + 1,072 \times 1128 \times 10^4 + 2,812 \times 209 \times 10^4 + 0,872 \times 701 \times 10^4 = 4560 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$\Delta N = 891 \text{ Ton} \quad \Delta M = 350 \text{ m Ton}$$

$$\delta_N = \frac{-891 \times 1000}{2038 \times 10^4} = -0,0437 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{-350 \times 1000}{4560 \times 10^4} = -0,00767 \text{ mm/m}$$

$$\delta_1 = -0,0437 + 0,0216 = -0,0221 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 = -0,0437 - 0,0082 = -0,0519 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -44 \quad \Delta A_2 = -104$$

$$\Delta H_1 = -10,6 \quad \Delta H_2 = -24,0 \quad \Delta H_3 = -24,1 \quad \Delta H_4 = -22,8$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -8,7 \\ -19,2 \end{pmatrix}$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5399 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,4266 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 780 \quad A_2 = - 734 \quad A_3 = - 325 \quad A_4 = - 245 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -44 \\ -104 \end{pmatrix}$$

$$H_1 = - 53,3 \quad H_2 = - 86,9 \quad H_3 = - 58,6 \quad H_4 = - 43,7$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -18,7 \\ -19,2 \end{pmatrix}$$

Deformaciones lentas

$$\left. \begin{array}{l} \delta_1(113-140) = - 0,020 \\ \delta_7(0-27) = 0,00 \end{array} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,020 \times 180}{209 + 0,96 \times 332 + 0,0024 \times 2000} = - 0,0068 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_2(93-120) = - 0,025 \\ \delta_3(73-100) = - 0,014 \\ \delta_4(53-80) = - 0,014 \end{array} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,025 \times 358 - 0,014 \times 437 - 0,014 \times 320}{1128} = - 0,0171 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 14 \quad \Delta A_2 = - 34$$

$$\Delta H_1 = + 0,0132 \times 481 = + 6,3 \quad \Delta H_2 = + 0,0079 \times 464 = + 3,7$$

$$\Delta H_3 = - 0,0031 \times 465 = - 1,4$$

$$\Delta H_4 = - 0,0031 \times 439 = - 1,4 \quad \Delta H_7 = - 0,0068 \times 392 = - 2,7$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5467 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,4437 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 794 \quad A_2 = - 768 \quad A_3 = - 359 \quad A_4 = - 279 \quad A_5 = \begin{pmatrix} - 44 \\ - 104 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = 0 \quad A_7 = - 14$$

$$H_1 = - 47,0 \quad H_2 = - 85,2 \quad H_3 = - 60,0 \quad H_4 = - 45,1 \quad H_5 = \begin{pmatrix} - 8,7 \\ - 19,2 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = 0 \quad H_7 = - 2,7$$



i) Hormigonado de la rosca 8

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:	$S_H = 3750$	$S_A = 145$	$H = - 63,7$	$A = - 867$	$e = 140$
Rosca 2:	$S_H = 7500$	$S_A = 59,3$	$H = - 75,7$	$A = - 732$	$e = 120$
Rosca 3:	$S_H = 9400$	$S_A = 33,4$	$H = - 53,2$	$A = - 327$	$e = 100$
Rosca 4:	$S_H = 7300$	$S_A = 19,3$	$H = - 40,7$	$A = - 253$	$e = 80$
Rosca 5:	$S_H = 16800$	$S_A = 213,4$	$H = \begin{pmatrix} -15,8 \\ -17,2 \end{pmatrix}$	$A = \begin{pmatrix} -81 \\ -88 \end{pmatrix}$	$e = 57$
Rosca 6:	$S_H = 24100$	$S_A = 140,7$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 27$
Rosca 7:	$S_H = 9600$	$S_A = 23,8$	$H = - 2,7$	$A = - 14$	$e = 27$

$$E_1 = 489000 \quad E_2 = 474000 \quad E_3 = 473000 \quad E_4 = 470000$$

$$E_5 = 454000 \quad E_6 = 382000 \quad E_7 = 379000$$

$$S_1 E_1 = 212 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 367 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 452 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 347 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 806 \times 10^4 \quad S_6 E_6 = 950 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 368 \times 10^4$$

$$SE = 3503 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{3,88 \times 581 + 1,94 \times 1756}{3503} = - 1,61 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0176 \times 489 \times 10^4 = 8,6 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0351 \times 474 \times 10^4 = 16,6 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0608 \times 473 \times 10^4 = 28,8 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0456 \times 470 \times 10^4 = 21,4 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,524 \times 454 \times 10^4 + 33,8 \times 10^4 = 1180 \times 10^4$$

$$E_6 I_6 = 3,385 \times 382 \times 10^4 + 24,3 \times 10^4 = 1350 \times 10^4$$

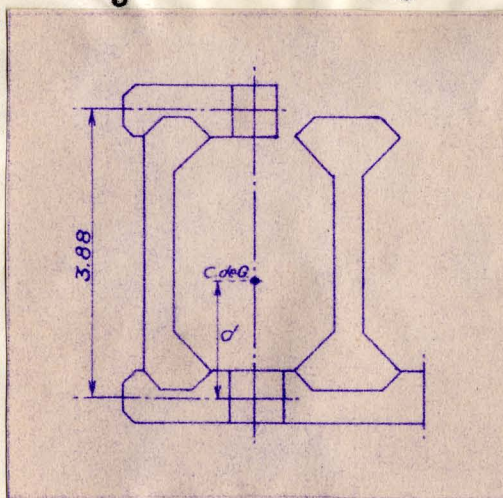
$$E_7 I_7 = 0,0544 \times 379 \times 10^4 = 20,6 \times 10^4$$

$$EI = 2626 \times 10^4 + 1,61^2 \times 1166 \times 10^4 + 0,33^2 \times 1756 \times 10^4 + 2,272 \times 581 \times 10^4 = 8827 \times$$

$10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$

$$\Delta N = - 226 \text{ Ton}$$

$$\Delta M = - 395 \text{ mTon}$$





$$\delta_N = \frac{-226 \times 1000}{3503 \times 10^4} = -0,00643 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{-395 \times 1000}{8827 \times 10^4} = -0,00449 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_1 = -0,00643 + 0,0102 = +0,0054 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = -0,00643 - 0,0072 = -0,0136 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = +11 \quad \Delta A_2 = -27$$

$$\Delta H_1 = +2,6 \quad \Delta H_2 = -6,4 \quad \Delta H_3 = -6,4 \quad \Delta H_4 = -6,4$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} +2,4 \\ -6,2 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} +2,1 \\ -5,2 \end{pmatrix} \quad \Delta H_7 = +2,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,5413 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = -0,4573 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -783 \quad A_2 = -795 \quad A_3 = -386 \quad A_4 = -306$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -33 \\ -131 \end{pmatrix} \quad A_6 = \begin{pmatrix} +11 \\ -27 \end{pmatrix} \quad A_6 = \begin{pmatrix} +11 \\ -27 \end{pmatrix} \quad A_7 = 0,3 \quad A_8 = 0$$

$$H_1 = -44,4 \quad H_2 = -89,6 \quad H_3 = -66,4 \quad H_4 = -51,5$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -16,3 \\ -25,4 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} +2,1 \\ -5,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = -0,7 \quad H_8 = 0$$

j) Deformaciones lentas.-

1er mes:

$$S_1 = 3750 \quad S_2 = 7500 \quad S_3 = 9400 \quad S_4 = 7300 \quad S_7 = 9600$$

$$S_8 = 11600$$

$$S_A^1 = 145 + 23,4 + 38 = 206,4 \text{ cm}^2 \quad S_A^2 = 59,3 + 33,4 = 111,0 \text{ cm}^2$$

$$E_1 = 493000 \quad E_2 = 463000 \quad E_3 = 484000 \quad E_4 = 471000$$

$$E_7 = 423000 \quad E_8 = 332000$$



$$S_1 E_1 = 185 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 347 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 454 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 344 \times 10^4$$

$$S_7 E_7 = 406 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 386 \times 10^4 \quad S_{AA} E_A^{(1)} = 41 \times 10^4$$

$$S_{AA} E_A^{(2)} = 22 \times 10^4$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 (140-170) &= -0,015 \\ \delta_7 (27-57) &= -0,001 \\ \delta_8 (0,30) &= -0,00 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,015 \times 185 - 0,001 \times 406}{185 + 406 + 386 + 41} = -0,0031 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_2 (120-150) &= -0,021 \\ \delta_3 (100-130) &= -0,024 \\ \delta_4 (80-110) &= -0,013 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,021 \times 347 - 0,024 \times 454 - 0,013 \times 344}{347 + 454 + 344 + 22} = -0,0194 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -6 \quad \Delta A_2 = -39$$

$$\Delta H_1 = +0,0119 \times 493 = +5,9 \quad \Delta H_2 = +0,0016 \times 463 = +0,7$$

$$\Delta H_3 = +0,0046 \times 484 = +2,2$$

$$\Delta H_4 = -0,0064 \times 471 = -3,0 \quad \Delta H_7 = -0,0021 \times 423 = -0,9$$

$$\Delta H_8 = -0,0031 \times 332 = -1,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,5444 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,4761 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -789 \quad A_2 = -834 \quad A_3 = -425 \quad A_4 = -345 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -33 \\ -131 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} +11 \\ -27 \end{pmatrix} \quad A_7 = -9 \quad A_8 = -6$$

$$H_1 = -38,5 \quad H_2 = -88,9 \quad H_3 = -49,3 \quad H_4 = -54,5$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -6,3 \\ -25,4 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} +2,1 \\ -5,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = -1,6 \quad H_8 = -1,0$$



2º mes:

$$E_1 = 507000 \quad E_2 = 489000 \quad E_3 = 496000 \quad E_4 = 484000$$

$$E_7 = 486000 \quad E_8 = 430000$$

$$S_1 E_1 = 190 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 367 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 466 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 355 \times 10^4$$

$$S_7 E_7 = 466 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 500 \times 10^4 \quad S_A E_A(1) = 41 \times 10^4$$

$$S_A E_A(1) = 22 \times 10^4$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_1(170-200) &= -0,010 \\ \delta_7(57-87) &= -0,001 \\ \delta_8(30-60) &= -0,000 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,010 \times 190 - 0,001 \times 466}{190 + 466 + 500 + 41} = -0,0020 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_2(150-180) &= -0,016 \\ \delta_3(130-160) &= -0,016 \\ \delta_4(110-140) &= -0,014 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,016 \times 367 - 0,016 \times 466 - 0,014 \times 355}{367 + 466 + 355 + 22} = -0,0151 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -4$$

$$\Delta A_2 = -30$$

$$\Delta H_1 = +0,0080 \times 507 = +4,1 \quad \Delta H_2 = +0,0009 \times 489 = +0,4$$

$$\Delta H_3 = +0,0009 \times 496 = +0,4 \quad \Delta H_4 = -0,0011 \times 484 = -0,5$$

$$\Delta H_7 = -0,0010 \times 486 = -0,5 \quad \Delta H_8 = -0,0020 \times 430 = -0,9$$

Estado final:

$$\delta_{01} = -0,5464 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = -0,4918 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -793$$

$$A_2 = -864$$

$$A_3 = -455$$

$$A_4 = -375$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -33 \\ -131 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} +71 \\ -27 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -13$$

$$A_8 = -10$$

$$H_1 = -34,4$$

$$H_2 = -88,5$$

$$H_3 = -48,9$$

$$H_4 = -55,0$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -6,3 \\ -25,2 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} +2,1 \\ -5,2 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = -2,1$$

$$H_8 = -1,9$$



3<sup>er</sup> mes:

$$S_1 = 3750 \quad S_2 = 7500 \quad S_3 = 9400 \quad S_4 = 7300 \quad S_7 = 9600$$

$$S_8 = 11600$$

$$E_1 = 514000 \quad E_2 = 497000 \quad E_3 = 506000 \quad E_4 = 499000 \quad E_7 = 504000$$

$$E_8 = 486000$$

$$E_1 S_1 = 192 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 373 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 475 \times 10^4 \quad E_4 S_4 = 364 \times 10^4$$

$$E_7 S_7 = 483 \times 10^4 \quad E_8 S_8 = 564 \times 10^4 \quad S_{A E_A}^{(1)} = 41 \times 10^4 \quad S_{A E_A}^{(1)} = 22 \times 10^4$$

$$\delta_1 (200-230) = -0,009$$

$$\delta_7 (87-117) = -0,001$$

$$\delta_8 (60-90) = -0,001$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,009 \times 192 - 0,001 \times 483 - 0,001 \times 564}{192 + 483 + 564 + 41} =$$

$$= -0,0022 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 (180-210) = -0,016$$

$$\delta_3 (160-190) = -0,014$$

$$\delta_4 (140-170) = -0,010$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,016 \times 373 - 0,014 \times 475 - 0,010 \times 364}{373 + 475 + 364 + 22} =$$

$$= -0,0124 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -4$$

$$\Delta A_2 = -25$$

$$\Delta H_1 = +0,0068 \times 514 = +3,5$$

$$\Delta H_2 = +0,0036 \times 497 = +1,8$$

$$\Delta H_3 = +0,0016 \times 506 = +0,8$$

$$\Delta H_7 = -0,0012 \times 504 = -0,6$$

$$\Delta H_8 = -0,0012 \times 486 = -0,6$$

$$\Delta H_4 = -0,0024 \times 499 = -1,2$$

Estado final:

$$\delta_{01} = -0,5486 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = -0,5042 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -797$$

$$A_2 = -885$$

$$A_3 = -480$$

$$A_4 = -400$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -33 \\ -131 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} +11 \\ -27 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -17$$

$$A_8 = -14$$



$$H_1 = - 30,9 \quad H_2 = - 86,7 \quad H_3 = - 48,1 \quad H_4 = - 56,2$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -6,3 \\ -25,4 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} +21 \\ - 5,2 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 2,7 \quad H_8 = - 2,5$$

k) Tablero

$$E_1 = 520000 \quad E_2 = 503000 \quad E_3 = 507000 \quad E_4 = 506000$$

$$E_5 = 528000 \quad E_6 = 510000 \quad E_7 = 509000 \quad E_8 = 498000$$

$$E_1 S_1 = 224 \times 10^4 \quad " \quad E_2 S_2 = 389 \times 10^4 \quad " \quad E_3 S_3 = 483 \times 10^4 \quad "$$

$$E_4 S_4 = 373 \times 10^4 \quad E_5 S_5 = 930 \times 10^4 \quad E_6 S_6 = 1256 \times 10^4 \quad " \quad E_7 S_7 = 494 \times 10^4$$

$$E_8 S_8 = 586 \times 10^4$$

$$ES = 1304 \times 10^4 + 2186 \times 10^4 + 1245 \times 10^4 = 4735 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{3,88 \times 1304 + 1,94 \times 2188}{4735} \quad 1,94 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0176 \times 520 \times 10^4 = 9,1 \times 10^4 \quad E_3 I_3 = 0,0608 \times 507 \times 10^4 = 30,7 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0351 \times 503 \times 10^4 = 17,7 \times 10^4 \quad E_4 I_4 = 0,0456 \times 506 \times 10^4 = 23,1 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,524 \times 528 \times 10^4 + 36,8 \times 10^4 = 1368 \times 10^4 \quad "$$

$$E_6 I_6 = 2,385 \times 510 \times 10^4 + 24,3 \times 10^4 = 1748 \times 10^4$$

$$E_7 I_7 = 0,0544 \times 509 \times 10^4 = 27,6 \times 10^4 \quad E_8 I_8 = 0,0700 \times 498 \times 10^4 = 34,8 \times 10^4$$

$$EI = 3529 \times 10^4 + 1,94^2 \times 2549 \times 10^4 = 11859 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 592 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 600 \text{ mTon.}$$

$$\delta_N = \frac{-592 \times 1000}{4735 \times 10^4} = - 0,0126 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+ 600 \times 1000}{11859 \times 10^4} = + 0,00506 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o1} = - 0,0126 - 0,0098 = - 0,0224 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,0126 + 0,0098 = - 0,0028 \text{ mm/m}$$



$$\begin{aligned} \Delta A_1 &= -47 & \Delta A_2 &= -8 \\ \Delta H_1 &= -12,3 & \Delta H_2 &= -2,1 & \Delta H_3 &= -2,1 & \Delta H_4 &= -2,1 \\ \Delta H_5 &= \begin{pmatrix} -12,3 \\ -2,2 \end{pmatrix} & \Delta H_6 &= \begin{pmatrix} -12,1 \\ -2,1 \end{pmatrix} & \Delta H_7 &= -12,0 & \Delta H_8 &= -11,8 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\int_{01} = -0,5723 \text{ mm/m} \quad \int_{02} = -0,5083 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= -844 & A_2 &= -897 & A_3 &= -488 & A_4 &= -408 & A_5 &= \begin{pmatrix} -180 \\ -139 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -36 \\ -35 \end{pmatrix} & A_7 &= -64 & A_8 &= -61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= -43,2 & H_2 &= -88,8 & H_3 &= -50,3 & H_4 &= -58,3 & & \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -185 \\ -27,6 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -10,0 \\ -7,3 \end{pmatrix} & A_7 &= -14,7 & H_8 &= -14,3 \end{aligned}$$

1) 4º mes:

$$\begin{aligned} S_1 &= 3750 & S_2 &= 7500 & S_3 &= 9400 & S_4 &= 7300 & S_7 &= 9600 \\ S_8 &= 11600 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= 523000 & E_2 &= 509000 & E_3 &= 518000 & E_4 &= 513000 & E_7 &= 521000 \\ E_8 &= 514000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 S_1 &= 196 \times 10^4 & & E_2 S_2 &= 392 \times 10^4 & & E_3 S_3 &= 486 \times 10^4 & & \\ E_4 S_4 &= 374 \times 10^4 & & E_7 S_7 &= 500 \times 10^4 & & E_8 S_8 &= 596 \times 10^4 & & E_{AA} S_{AA}^{(1)} = \\ &= 41 \times 10^4 & & E_{AA} S_{AA}^{(2)} &= 22 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_1 (230-260) &= -0,010 \\ \int_7 (117-147) &= -0,005 \\ \int_8 (90-120) &= -0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \int_1 &= \frac{-0,010 \times 196 - 0,005 \times 500 - 0,003 \times 596}{196 + 500 + 596 + 41} = \\ &= -0,0047 \text{ mm/m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \delta_2 (210-240) &= -0,015 \\ \delta_3 (190-220) &= -0,012 \\ \delta_4 (170-200) &= -0,009 \end{aligned} \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,015 \times 392 - 0,012 \times 486 - 0,009 \times 374}{392 + 486 + 374 + 22} = -0,0118 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -9 \quad \Delta A_2 = -24$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= +0,0053 \times 523 = +2,8 \text{ " } & \Delta H_2 &= +0,0032 \times 509 = +1,6 \text{ " } \\ \Delta H_3 &= +0,0002 \times 518 = +0,1 \text{ " } & \Delta H_4 &= -0,0028 \times 513 = -1,4 \text{ " } \\ \Delta H_7 &= +0,0003 \times 521 = +0,2 \text{ " } & \Delta H_8 &= -0,0017 \times 596 = -1,0 \text{ " } \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{01} &= -0,5770 \text{ mm/m} & \delta_{02} &= -0,5201 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -853 \text{ " } & A_2 &= -921 \text{ " } & A_3 &= -512 \text{ " } & A_4 &= -432 \text{ " } \\ & \begin{pmatrix} -80 \\ -139 \end{pmatrix} & A_5 &= \begin{pmatrix} -36 \\ -35 \end{pmatrix} & A_7 &= -73 \text{ " } & A_8 &= -70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= -40,4 & H_2 &= -87,2 & H_3 &= -50,1 & H_4 &= -59,7 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -0,6 \\ -27,6 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -10,0 \\ -7,3 \end{pmatrix} & H_7 &= -14,5 & H_8 &= -15,3 \end{aligned}$$

5º mes

$$\begin{aligned} E_1 &= 524000 & E_2 &= 509000 & E_3 &= 518000 & E_4 &= 513000 \\ E_7 &= 521000 & E_8 &= 514000 & & & & \\ E_1 S_1 &= 196 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 392 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 486 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 374 \times 10^4 \\ E_7 S_7 &= 500 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 596 \times 10^4 & E_A S_A (1) &= 41 \times 10^4 \\ E_A S_A (2) &= 22 \times 10^4 & & & & & & \end{aligned}$$



$$\left. \begin{aligned} \delta_1 (260-290) &= -0,010 \\ \delta_7 (147-177) &= -0,005 \\ \delta_8 (120-150) &= -0,005 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_1 = \frac{-0,010 \times 196 - 0,005 \times 500 - 0,005 \times 596}{196 + 500 + 596 + 41} =$$

$$= -0,0056 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_2 (240-270) &= -0,010 \\ \delta_3 (220-250) &= -0,010 \\ \delta_4 (200-230) &= -0,009 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,010 \times 392 - 0,010 \times 486 - 0,009 \times 374}{392 + 486 + 374 + 22} =$$

$$= -0,0096 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -11 \quad \Delta A_2 = -19$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= +0,0044 \times 524 = +2,3 & \Delta H_2 &= +0,0004 \times 509 = +0,2 \\ \Delta H_3 &= +0,0004 \times 518 = +0,2 & \Delta H_4 &= -0,0006 \times 513 = -0,3 \\ \Delta H_7 &= -0,0006 \times 521 = -0,3 & \Delta H_6 &= -0,0006 \times 514 = -0,3 \end{aligned}$$

Estado final

$$\begin{aligned} \delta_{01} &= -0,5826 \text{ mm/m} & \delta_{02} &= -0,5297 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -864 & A_2 &= -940 & A_3 &= -531 & A_4 &= -451 & A_5 &= \begin{pmatrix} -80 \\ -139 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -36 \\ -35 \end{pmatrix} & A_7 &= -84 & A_8 &= -81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= -38,1 & H_2 &= -87,0 & H_3 &= -49,1 & H_4 &= -60,0 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -18,6 \\ -27,6 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -10,0 \\ -7,3 \end{pmatrix} & H_7 &= -14,8 & H_8 &= -15,6 \end{aligned}$$

6º mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 529000 & E_2 &= 517000 & E_3 &= 523000 & E_4 &= 521000 & E_7 &= 528000 \\ E_8 &= 520000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 E_1 &= 198 \times 10^4 & S_2 E_2 &= 388 \times 10^4 & S_3 E_3 &= 491 \times 10^4 & S_4 E_4 &= 380 \times 10^4 \\ E_7 E_7 &= 506 \times 10^2 & S_8 E_8 &= 604 \times 10^4 & S_{AA}^{(1)} &= 41 \times 10^4 & S_{AA} &= 22 \times 10^4 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \int_1 (290-320) &= - 0,008 \\ \int_7 (177-207) &= - 0,005 \\ \int_8 (150-180) &= - 0,005 \end{aligned} \quad \Delta \int_1 = \frac{-0,008 \times 198 - 0,005 \times 506 - 0,005 \times 604}{196 + 506 + 604 + 41} =$$

$$= - 0,0053 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \int_2 (270-300) &= - 0,010 \\ \int_3 (250-280) &= - 0,009 \\ \int_4 (230-260) &= - 0,010 \end{aligned} \quad \Delta \int_2 = \frac{-0,010 \times 388 - 0,009 \times 491 - 0,010 \times 380}{388 + 491 + 380 + 22} = -$$

$$= - 0,0095 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 11$$

$$\Delta A_2 = - 19$$

$$\Delta H_1 = + 0,0027 \times 529 = + 1,4 \quad \Delta H_2 = + 0,0005 \times 517 = + 0,3 \quad "$$

$$\Delta H_3 = - 0,0005 \times 528 = - 0,3 \quad \Delta H_4 = + 0,0005 \times 528 = + 0,3$$

$$\Delta H_7 = - 0,0003 \times 528 = - 0,2 \quad \Delta H_8 = - 0,0003 \times 520 = - 0,2$$

Estado final:

$$\int_{o1} = - 0,5879 \text{ mm/m} \quad \int_{o2} = - 0,5392 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 875 \quad A_2 = - 959 \quad A_3 = - 550 \quad A_4 = - 470 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -80 \\ -139 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -36 \\ -35 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 95 \quad A_8 = - 92$$

$$H_1 = - 36,7 \quad H_2 = - 86,7 \quad H_3 = - 50,3 \quad H_4 = - 59,7 \quad H_5 = \begin{pmatrix} -18,6 \\ -27,6 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -10,0 \\ -7,3 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 15,0 \quad " \quad H_8 = - 15,8$$

Esfuerzo total en la cabeza inferior

$$F = - 36,7 \times 3750 - 15,0 \times 9600 - 15,8 \times 11600 - 875 \times 145 - 95 \times 23,8 - 92 \times 38 = - 680 \text{ Ton}$$

Esfuerzo total en la cabeza superior

$$F = - 36,7 \times 3750 - 15,0 \times 9600 - 15,8 \times 11600 - 875 \times 145 - 95 \times 23,8 - 92,38 = -$$

$$= - 680 \text{ Ton}$$



DEFORMACIONES: PRODUCIDAS EN LA SECCION 4

a) Peso propio y del núcleo.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S_H = 0 \quad S_A = 106,8 \quad A = 0$$

$$\text{Rosca 2: } S_H = 0 \quad S_A = 36,6 \text{ cm}^2 \quad A = 0$$

$$\Delta P_1 = - 39 \text{ Ton} \quad \Delta P_2 = - 8 \text{ Ton.}$$

$$\delta_{o1} = \frac{-39 \times 1000}{106,8 \times 2000} = - 0,183 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = \frac{-8 \times 1000}{36,6 \times 2000} = - 0,1090 \text{ mm/m}$$

$$A_{o1} = - 366 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{o2} = - 218 \text{ kg/cm}^2$$

b) Hormigonado de la rosca 1

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Cordón 1: } S_H = 780 \text{ cm}^2 \quad S_A = 135 \quad e = 1 \text{ mes} \quad \begin{matrix} o_1 = - 366 \\ H_o = 0 \end{matrix}$$

$$\text{Cordón 2: } S_H = 0 \quad S_A = 36,6 \quad o_2 = 218$$

$$\Delta P_1 = - 103 \quad \Delta P_2 = - 5 \quad E_o = 391000$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 103 \times 1000}{780 \times 391 + 135 \times 2000} = - 0,1794$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{- 5 \times 1000}{366 \times 2000} = - 0,0683$$

$$\Delta A_{o1} = - 359$$

$$A_{o2} = - 137$$

$$H_o = - 70,2 \text{ kg/cm}^2$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,3624 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,1773 \text{ mm/m} \\ A_{o1} &= - 725 \text{ Kg/cm}^2 & A_{o2} &= - 355 \text{ kg/cm}^2 & A_1 &= - 359 \text{ kg/cm}^2 \\ H_o &= - 70,2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

c) Hormigonado de la rosca 2.-

Estado inicial de la parte resistente:

$$\text{Rosca 1: } S^H = 4260 \quad S^A = 135 \quad H = 0 \quad A = - 359 \quad e = 20$$

$$\text{Rosca 2: } S^H = 0 \quad S^A = 46,2 \quad H = 0 \quad A = 0 \quad e = 0$$

$$E_1 = 360000 \quad \Delta P_1 = - 161 \quad \Delta P_2 = - 2$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-161 \times 1000}{4260 \times 360 + 135 \times 2000} = - 0,0895 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-2 \times 1000}{46,2 \times 2000} = - 0,0216 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = + 179 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_2 = - 43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta H_1 = - 32,2 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,4519 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,1989 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 538 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 43 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 32,2 \quad H_2 = 0$$

Deformaciones lentas hasta el enclavamiento.

$$\delta_{(20-35)} = - 0,015 \text{ mm/m} \quad \Delta \delta_1 = \frac{0,015 \times 4260 \times 360}{4260 \times 360 + 135 \times 2000} = -$$

$$= - 0,0128 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 26$$

$$\Delta H_1 = + 0,0022 \times 360 = + 0,8$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,4647 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,1989 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 564 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= - 43 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= - 31,4 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= 0,0 \end{aligned}$$

d) Enclavamiento de las articulaciones.

Estado inicial de la parte resistente.

$$\begin{aligned} \text{Rosca 1: } S_H &= 4260 & S_A &= 135 & H &= - 31,4 & A &= - 564 & e &= 35 \\ \text{Rosca 2: } S_H &= 4870 & S_A &= 46,2 & H &= 0 & A &= - 43 & e &= 15 \\ E_1 &= 393000 & E_2 &= 332000 \\ \Delta P_1 &= + 145 & \Delta P_2 &= - 144 \end{aligned}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{+ 145 \times 1000}{4260 \times 393 + 135 \times 2000} = + 0,0748 \text{ ''}$$

$$\Delta \delta_2 = - \frac{144 \times 1000}{4970 \times 332 + 46,2 \times 2000} = - 0,0829$$

$$\begin{aligned} \Delta A_1 &= + 150 & \Delta A_2 &= - 166 \\ \Delta H_1 &= + 29,4 & \Delta H_2 &= - 27,5 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,3771 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,2818 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 414 \text{ kg/cm}^2 & A_2 &= - 209 \text{ kg/cm}^2 \\ H_1 &= - 2,0 \text{ kg/cm}^2 & H_2 &= - 27,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Deformaciones plásticas:

$$\begin{aligned} \delta_1(35-40) &= 0,000 & \Delta \delta_1 &= 0 \\ \delta_2(15-20) &= - 0,007 & \Delta \delta_2 &= \frac{- 0,007 \times 1650}{1742} = - 0,0067 \end{aligned}$$

$$\Delta A_1 = 0 \quad \Delta A_2 = - 13 \quad \Delta H_1 = + 0,0003 \times 332 = 0,0$$



Estado final:

$$\int_{o1} = - 0,3771 \text{ mm/m} \quad \int_{o2} = - 0,2885 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 414 \quad A_2 = - 222$$

$$H_1 = - 2,0 \quad H_2 = - 27,5$$

e) Hormigonado de la rosca 3

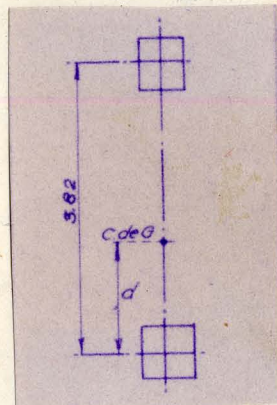
Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S_H = 4260 \quad S_A = 135 \quad H = - 2 \quad A_1 = - 414 \quad e = 40$$

$$\text{Rosca 2: } S_H = 4970 \quad S_A = 46,2 \quad H = - 27,5 \quad A_2 = - 222 \quad e = 20$$

$$E_1 = 417000 \quad E_2 = 348000$$

$$E_1 S_1 = 203 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 182 \times 10^4 \quad ES = 385 \times 10^4 \text{ Ton}$$



$$d = 3,82 \frac{203}{385} = 2,01$$

$$E_1 I_1 = 0,0179 \times 417 = 7,5 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0209 \times 348 = 7,3 \times 10^4$$

$$EI = 14,8 \times 10^4 + 2,01^2 \times 182 \times 10^4 + 1,812 \times 203 = 1415 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 269 \quad \Delta M = - 14$$

$$\int_N = \frac{-269 \times 1000}{385 \times 10^4} = 0,0694 \text{ mm/m}$$

$$\int_M = \frac{-14 \times 1000}{1415 \times 10^4} = - 0,0010 \text{ mm/m}$$

$$\int_1 = - 0,0694 + 0,0018 = - 0,0676 \text{ mm/m}$$

$$\int_2 = - 0,0694 - 0,0020 = - 0,0714 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 135 \quad \Delta A_2 = - 143$$

$$\Delta H_1 = - 27,5 \quad \Delta H_2 = - 25,1$$



Estado final:

$$\delta_{ol} = - 0,4447 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{\varnothing} = - 0,3599 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 549$$

$$A_2 = - 365$$

$$H_1 = - 29,5$$

$$H_2 = - 52,6$$

Deformaciones plásticas.

$$\delta_1(40-60) = - 0,011$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,011 \times 176}{203} = + 0,0096 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(20-40) = - 0,025$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,025 \times 173}{182+0,98 \times 332+0,0014 \times 2000} = -$$

$$= - 0,0085 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 19$$

$$\Delta A_2 = - 17$$

$$\Delta H_1 = + 0,0014 \times 417 = + 0,6 \quad \Delta H_2 = + 0,0165 \times 348 = + 5,7 \quad \Delta H_3 =$$

$$= - 0,0085 \times 332 = - 2,8$$

Estado final:

$$\delta_{ol} = - 0,4543 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{\varnothing} = - 0,3684 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 568$$

$$A_2 = - 382$$

$$A_3 = - 17$$

$$H_1 = - 28,9$$

$$H_2 = - 46,9$$

$$H_3 = - 2,8$$

f) Hormigonado de la rosca 4

Estado inicial de la parte resistente:

Rosca 1:  $S_H = 4260$      $S_A = 135$      $H = - 28,9$      $A = 565$      $e = 60$

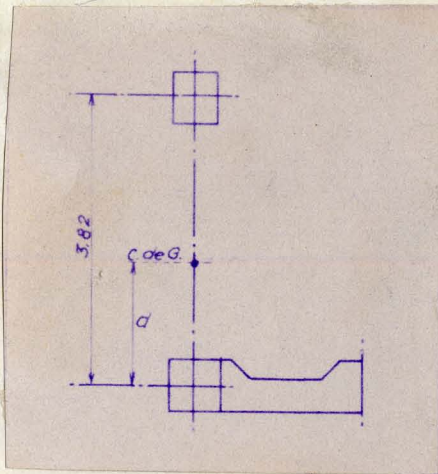
Rosca 2:  $S_H = 4970$      $S_A = 46,2$      $H = - 46,9$      $A = - 385$      $e = 40$

Rosca 3:  $S_H = 9800$      $S_A = 14,4$      $H = - 2,8$      $A = - 17$      $e = 20$

$$E_1 = 453000 \quad E_2 = 392000 \quad E_3 = 348000$$

$$E_1 S_1 = 220 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 204 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 344 \times 10^4 \quad ES = 768 \times 10^4 \text{ Ton}$$





$$d = \frac{3,82 \times 220}{768} = 1,09 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0179 \times 453 \times 10^4 = 8,1 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_2 I_2 = 0,0209 \times 392 \times 10^4 = 8,2 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$E_3 I_3 = 0,0552 \times 348 \times 10^4 = 19,2 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$EI = 35,5 \times 10^4 + 1,09^2 \times 548 \times 10^4 + 2,73^2 \times 220 \times 10^4 = 2327 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 235 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 11 \text{ mTon.}$$

$$\delta_N = \frac{-235 \times 1000}{768 \times 10^4} = - 0,0306 \text{ mm/m} \quad \delta_M = \frac{+11 \times 1000}{2327 \times 10^4} = + 0,005$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0306 - 0,0013 = - 0,0319 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0306 + 0,0005 = - 0,0301 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 64$$

$$\Delta A_2 = - 60$$

$$\Delta H_1 = - 14,4$$

$$\Delta H_2 = - 11,8$$

$$\Delta H_3 = - 10,3$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,4852 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,3985 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 632 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = - 442 \text{ kg/cm}^2 \quad A_3 = - 77 \text{ kg/cm}^2 \quad A_4 = 0$$

$$H_1 = - 43,3 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = - 58,7 \text{ kg/cm}^2 \quad H_3 = - 13,1 \text{ kg/cm}^2 \quad A_4 = 0$$

Deformaciones lentas.

$$\delta_1 (60-83) = - 0,011$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,011 \times 193}{220} = - 0,0096 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 (40-63) = - 0,022$$

$$\delta_3 (20-43) = - 0,005$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,022 \times 195 - 0,005 \times 341}{548 + 0,76 \times 332 + 0,001 \times 2000} = - 0,0075 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 19$$

$$\Delta A_2 = - 15$$



$$\begin{aligned}\Delta H_1 &= + 0,0014 \times 453 = + 0,6 & \Delta H_2 &= + 0,0145 \times 392 = + 5,7 \\ \Delta H_3 &= - 0,0025 \times 348 = - 0,9 \\ \Delta H_4 &= - 0,0075 \times 332 = - 2,5\end{aligned}$$

Estado final:

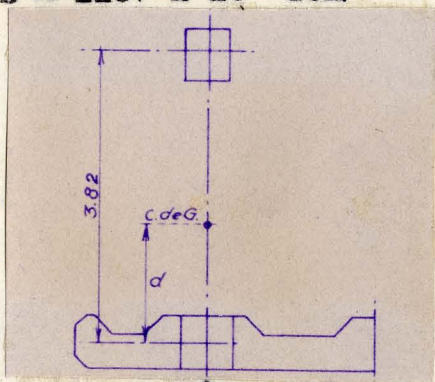
$$\begin{aligned}\int_{o1} &= - 0,4958 \text{ mm/m} & \int_{o2} &= - 0,4060 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 651 & A_2 &= - 457 & A_3 &= - 92 & A_4 &= - 15 \\ H_1 &= - 42,7 & H_2 &= - 53,0 & H_3 &= - 14,0 & H_4 &= 2,5\end{aligned}$$

g) Hormigonado de la rosca 5

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:	$S_H = 4260$	$S_A = 135$	$H = - 45,3$	$A = - 659$	$e = 83$ dias
Rosca 2:	$S_H = 4970$	$S_A = 46,2$	$H = - 52,8$	$A = - 459$	$e = 63$ "
Rosca 3:	$S_H = 9800$	$S_A = 14,4$	$H = - 14$	$A = - 91$	$e = 43$ "
Rosca 4:	$S_H = 7600$	$S_A = 10,3$	$H = - 2,5$	$A = - 15$	$e = 23$

$$\begin{aligned}E_1 &= 463000 & E_2 &= 444000 & E_3 &= 432000 & E_4 &= 361000 \\ E_1 S_1 &= 224 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 230 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 427 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 276 \times 10^4 \\ E S &= 1157 \times 10^4 \text{ Ton}\end{aligned}$$



$$d = \frac{5,82 \times 224}{1157} = 0,74 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned}E_1 I_1 &= 0,0179 \times 463 \times 10^4 = 8,3 \times 10^4 \\ E_2 I_2 &= 0,0209 \times 444 \times 10^4 = 9,3 \times 10^4 \\ E_3 I_3 &= 0,0552 \times 432 \times 10^4 = 23,8 \times 10^4 \\ E_4 I_4 &= 0,0420 \times 361 \times 10^4 = 15,1 \times 10^4\end{aligned}$$

$$EI = 56,5 \times 10^4 + 0,74^2 \times 933 \times 10^4 + 3,08^2 \times 224 \times 10^4 = 2686 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 470 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 1 \text{ mTon.}$$

$$\int_N = \frac{-470 \times 1000}{1157 \times 10^4} = - 0,0406 \text{ mm/m}$$



$$\delta_M = \frac{+ 1 \times 1000}{2686 \times 10^4} \infty = + 0,00004 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o1} = - 0,0406 - 0,0001 = - 0,0407 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,0406 + 0,0000 = - 0,0406 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 81$$

$$A_2 = - 81$$

$$H_1 = - 18,8 \text{ "}$$

$$H_2 = - 18,0 \text{ "}$$

$$H_3 = - 17,5 \text{ "}$$

$$H_4 = - 147$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5365 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,4466 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 732$$

$$A_2 = 538$$

$$A_3 = 9173$$

$$A_4 = - 96$$

$$H_1 = - 61,5$$

$$H_2 = - 71,0$$

$$H_3 = - 31,5$$

$$H_4 = - 17,3$$

Deformaciones lentas

$$\delta_1 (83-113) = - 0,024$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 0,024 \times 197}{224} = - 0,0211 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 (63-93) = - 0,026$$

$$\delta_3 (43-73) = - 0,015$$

$$\delta_4 (23-53) = - 0,010$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{- 221 \times 0,026 - 0,015 \times 424 - 0,010 \times 274}{933} =$$

$$= - 0,0160 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 42$$

$$\Delta A_2 = - 32$$

$$\Delta H_1 = + 0,0039 \times 463 = + 1,8$$

$$\Delta H_2 = + 0,010 \times 444 = + 4,4$$

$$\Delta H_3 = - 0,0010 \times 432 = - 0,4$$

$$\Delta H_4 = - 0,006 \times 361 = - 2,2$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5576 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,4626$$

$$A_1 = - 774$$

$$A_2 = - 570$$

$$A_3 = - 205$$

$$A_4 = - 126$$

$$A_5 = 0$$

$$H_1 = - 59,6$$

$$H_2 = - 66,6$$

$$H_3 = - 31,9$$

$$H_4 = - 19,5$$

$$H_5 = 0$$



h) Hormigonado de roscas 6-7

Estado inicial de la parte resistente.

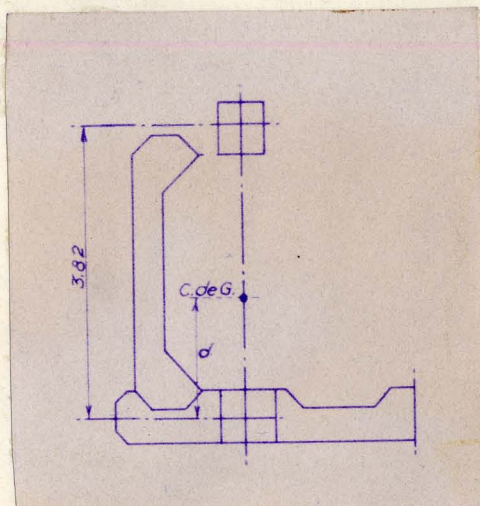
Rosca 1:	$S_H = 4260$	$S^A = 135$	$H = - 66,1$	$A = - 799$	$e = 113$
Rosca 2:	$S_H = 4970$	$S^A = 46,2$	$H = 63,3$	$A = - 558$	$e = 93$
Rosca 3:	$S_H = 9800$	$S^A = 14,44$	$H = 29,0$	$A = - 190$	$e = 73$
Rosca 4:	$S_H = 7600$	$S^A = 10,27$	$H = 16,9$	$A = - 114$	$e = 53$
Rosca 5:	$S_H = 16700$	$S^A = 199,78$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 30$

$$E_1 = 474000 \quad E_2 = 462000 \quad E_3 = 466000 \quad E_4 = 441000$$

$$E_5 = 392000$$

$$S_1 E_1 = 229 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 239 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 460 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 337 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 695 \times 10^4 \quad SE = 1960 \times 10^4 \text{ Ton}$$



$$d = \frac{3,82 \times 229 + 1,91 \times 695}{1960} = 1,12 \text{ m}$$

$$E_1 I_1 = 0,0179 \times 474 \times 10^4 = 8,5 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0209 \times 462 \times 10^4 = 9,7 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0552 \times 466 \times 10^4 = 25,7 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0420 \times 441 \times 10^4 = 18,5 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,483 \times 392 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 =$$

$$= 1006 \times 10^4$$

$$EI = 1068,4 \times 10^4 + 1,12^2 \times 1036 \times 10^4 + 2,702 \times 229 \times 10^4 + 0,792 \times 695 \times 10^4 =$$

$$4469 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$

$$\Delta N = - 843 \quad \Delta M = + 781$$

$$\delta_N = \frac{-843 \times 1000}{1960 \times 10^4} = - 0,0430 \text{ mm/m}$$



$$\delta_M = \frac{+ 81 \times 1000}{4469 \times 10^4} \infty = + 0,00181$$

$$\delta_{o1} = - 0,0430 - 0,0049 = - 0,0479 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,430 + 0,0020 = - 0,0410 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 96 \quad \Delta A_2 = - 82$$

$$\Delta H_1 = - 22,7 \quad \Delta H_2 = - 18,9 \quad \Delta H_3 = - 19,1 \quad \Delta H_4 = - 18,1$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -18,8 \\ -16,2 \end{pmatrix}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6055 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,5036 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 870 \quad A_2 = - 652 \quad A_3 = - 287 \quad A_4 = - 208 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -96 \\ -82 \end{pmatrix}$$

$$H_1 = - 82,3 \quad H_2 = - 85,5 \quad H_3 = - 51,0 \quad H_4 = - 37,6 \quad H_5 = \begin{pmatrix} -18,8 \\ -16,2 \end{pmatrix}$$

Deformaciones lentas

$$\left. \begin{aligned} \delta_1(113-140) &= - 0,023 \\ \delta_7(0-27) &= 0,0 \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,023 \times 202}{229 + 0,83 \times 332 + 0,0012 \times 2000} = - 0,0092 \text{ mm/m}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_2(93-120) &= - 0,026 \\ \delta_3(73-100) &= - 0,014 \\ \delta_4(53-80) &= - 0,012 \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,026 \times 230 - 0,014 \times 457 - 0,012 \times 335}{\dots} = - 0,0158 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 18$$

$$\Delta A_2 = - 32$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0138 \times 474 = + 6,5 & \Delta H_2 &= + 0,0102 \times 462 = + 4,7 & \Delta H_3 &= \\ &= - 0,0018 \times 166 = - 0,8 & \Delta H_4 &= - 0,0038 \times 441 = - 1,7 \\ \Delta H_7 &= - 0,0092 \times 332 = - 3,0. \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6147 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,5194 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 888 & A_2 &= - 684 & A_3 &= - 319 & A_4 &= - 240 & A_5 &= \begin{pmatrix} -96 \\ -82 \end{pmatrix} \\ A_6 &= 0 & A_7 &= - 18. \\ H_1 &= - 75,8 & H_2 &= - 81,8 & H_3 &= - 51,8 & H_4 &= - 39,3 & H_5 &= \begin{pmatrix} -18,8 \\ -16,2 \end{pmatrix} \\ H_6 &= 0 & H_7 &= - 3 \end{aligned}$$

i) Hormigonado de la rosca 8

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:	$S^H = 4260$	"	$S_A = 135$	$H = - 79,4$	$A = - 916$	$e = 140$
Rosca 2:	$S^H = 4970$	"	$S_A = 46,2$	$H = - 76,5$	$A = - 668$	$e = 120$
Rosca 3:	$S^H = 9800$	"	$S_A = 14,44$	$H = - 47,9$	$A = - 300$	$e = 100$
Rosca 4:	$S^H = 7600$	"	$S_A = 10,27$	$H = - 35,7$	$A = - 224$	$e = 80$
Rosca 5:	$S^H = 16700$	"	$S_A = 199,8$	$H = \begin{pmatrix} -16,4 \\ -15,2 \end{pmatrix}$	$A = \begin{pmatrix} -99 \\ -78 \end{pmatrix}$	$e = 57$
Rosca 6:	$S^H = 24000$	"	$S_A = 80,33$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 27$
Rosca 7:	$S^H = 8300$	"	$S_A = 12,2$	$H = - 3$	$A = - 18$	$e = 27$

$$E_1 = 483000 \quad E_2 = 474000 \quad E_3 = 475000 \quad E_4 = 472000$$

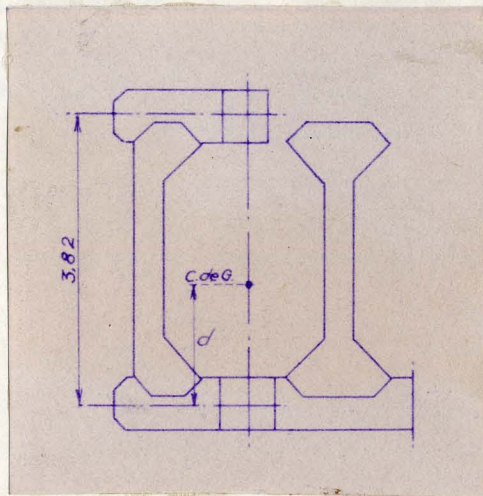
$$E_5 = 454000 \quad E_6 = 382000 \quad E_7 = 379000$$

$$S_1 E_1 = 233 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 245 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 468 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 361 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 798 \times 10^4 \quad S_6 E_6 = 932 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 317 \times 10^4$$

$$SE = 550 \times 10^4 + 1730 \times 10^4 + 1074 \times 10^4 = 3354 \times 10^4 \text{ Ton}$$





$$d = \frac{3,82 \times 550 + 1,91 \times 1730}{3354} = 1,61 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0179 \times 483 \times 10^8 = 8,7 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0209 \times 474 \times 10^4 = 9,9 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0552 \times 475 \times 10^4 = 26,2 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0420 \times 472 \times 10^4 = 19,8 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,483 \times 454 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 =$$

$$= 1160 \times 10^4 \quad E_6 I_6 = 3,336 \times 382 \times 10^4 +$$

$$+ 12,9 \times 10^4 = 1285 \times 10^4$$

$$E_7 I_7 = 0,0435 \times 379 \times 10^4 = 16,5 \times 10^4$$

$$EI = 2526 \times 10^4 + 1,61^2 \times 1074 \times 10^4 + 0,30^2 \times 1730 \times 10^4 + 2,21^2 \times 550 \times 10^4 = 8153 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 212 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 143 \text{ mTon.}$$

$$\delta_N = \frac{-212 \times 1000}{3354 \times 10^4} = - 0,0053 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+113 \times 1000}{8153 \times 10^4} = + 0,00139 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o1} = - 0,0063 - 0,0031 = - 0,0094 \quad \delta_{o2} = - 0,0063 + 0,0022 = - 0,0041 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 19$$

$$\Delta A_2 = - 8$$

$$\Delta H_1 = - 4,5$$

$$\Delta H_2 = - 1,9$$

$$\Delta H_3 = - 1,9$$

$$\Delta H_4 = - 1,9$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -4,3 \\ -1,8 \end{pmatrix}$$

$$\Delta H_6 = \begin{pmatrix} -3,6 \\ -1,7 \end{pmatrix}$$

$$\Delta H_7 = - 3,6$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6211 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,5235 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 907$$

$$A_2 = - 692$$

$$A_3 = - 327$$

$$A_4 = - 248$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -115 \\ -90 \end{pmatrix}$$



$$A_6 = \begin{pmatrix} -19 \\ -8 \end{pmatrix} \quad A_7 = -37 \quad A_8 = 0$$

$$H_1 = -80,3 \quad H_2 = -837 \quad H_3 = -53,7 \quad H_4 = -41,2$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -23,1 \\ -18,0 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -3,6 \\ -1,7 \end{pmatrix} \quad H_7 = -6,6 \quad H_8 = 0$$

j) Deformaciones lentas.

1<sup>3r</sup> mes:

$$S_1 = 4260 \quad S_2 = 4970 \quad S_3 = 9800 \quad S_4 = 7600 \quad S_7 = 8300$$

$$S_8 = 10200$$

$$S_A^{(1)} = 135 + 12,2 + 15,3 = 162,5 \text{ cm}^2 \quad S_A^{(2)} = 46,2 + 14,4 + 10,3 = 70,9 \text{ cm}^2$$

$$E_1 = 485000 \quad E_2 = 465000 \quad E_3 = 488000 \quad E_4 = 475000$$

$$E_7 = 421000 \quad E_8 = 332000$$

$$S_1 E_1 = 207 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 231 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 478 \times 10^4$$

$$S_4 E_4 = 361 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 359 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 339 \times 10^4$$

$$S_A E_A^{(1)} = 32 \quad S_A E_A^{(2)} = 14$$

$$\delta_1 (140-170) = -0,024$$

$$\delta_7 (27-57) = -0,003$$

$$\delta_8 (10-30) = 0,00$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,024 \times 207 - 0,003 \times 359}{207 + 359 + 339 + 32} = -0,0061 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 (120-150) = -0,021$$

$$\delta_3 (100-130) = -0,015$$

$$\delta_4 (80-100) = -0,011$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,021 \times 231 - 0,015 \times 478 - 0,011 \times 361}{231 + 478 + 361 + 14} =$$

$$= -0,0147 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -12$$

$$\Delta A_2 = -29$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0179 \times 485 = + 8,7 & \Delta H_2 &= + 0,0063 \times 465 = + 2,93 & " \\ \Delta H_3 &= + 0,0003 \times 488 = + 0,1 & \Delta H_4 &= - 0,0037 \times 475 = - 1,8 & " \\ \Delta H_7 &= - 0,0031 \times 421 = - 1,3 & \Delta H_8 &= - 0,0061 \times 332 = - 2,0 & \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6272 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,5382 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 919 & A_2 &= - 721 & A_3 &= - 356 & A_4 &= - 277 & A_5 &= \begin{pmatrix} -115 \\ -80 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -19 \\ -8 \end{pmatrix} & A_7 &= - 49 & " & A_8 &= - 12 \\ H_1 &= - 71,6 & H_2 &= - 80,8 & H_3 &= - 53,6 & H_4 &= - 43,0 & H_5 &= \begin{pmatrix} -23,7 \\ -18,0 \end{pmatrix} \\ H_6 &= \begin{pmatrix} -3,6 \\ -1,7 \end{pmatrix} & H_7 &= - 7,9 & " & H_8 &= - 2,0 \end{aligned}$$

2º mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 499000 & E_2 &= 492000 & E_3 &= 498000 & E_4 &= 488000 \\ E_7 &= 484000 & E_8 &= 430000 \\ E_1 S_1 &= 212 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 244 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 488 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 371 \times 10^4 \\ E_7 S_7 &= 401 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 439 \times 10^4 & E_A S_A (1) &= 32 & E_A S_A &= 14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_1 (170-200) &= - 0,014 \text{ mm/m} \\ \delta_7 (57-87) &= - 0,004 \\ \delta_8 (30-60) &= - 0,001 \end{aligned} \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,014 \times 212 - 0,004 \times 401 - 0,001}{212 + 401 + 439 + 32} = - 0,0046 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 (150-180) &= - 0,021 \\ \delta_3 (130-160) &= - 0,012 \\ \delta_4 (110-140) &= - 0,011 \end{aligned} \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,021 \times 244 - 0,012 \times 488 - 0,011 \times 371}{244 + 488 + 371 + 14} = - 0,0135 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 9$$

$$\Delta A_2 = - 27$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0094 \times 499 = + 4,7 & \Delta H_2 &= + 0,0075 \times 492 = + 3,7 \\ \Delta H_3 &= - 0,0015 \times 498 = - 1,0 & \Delta H_4 &= - 0,0025 \times 488 = - 1,2 \\ \Delta H_7 &= - 0,0006 \times 484 = - 0,3 & \Delta H_8 &= - 0,0036 \times 430 = - 1,5 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6318 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,5517 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 928 & A_2 &= - 748 & A_3 &= - 383 & A_4 &= - 304 & A_5 &= \begin{pmatrix} -115 \\ -90 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -19 \\ -8 \end{pmatrix} & A_7 &= - 58 & A_8 &= - 21 \\ H_1 &= - 66,9 & H_2 &= - 77,1 & H_3 &= - 54,6 & H_4 &= - 44,2 & H_5 &= \begin{pmatrix} -23,7 \\ -18,0 \end{pmatrix} \\ H_6 &= \begin{pmatrix} -3,5 \\ -1,7 \end{pmatrix} & H_7 &= - 8,2 & H_8 &= - 3,5 \end{aligned}$$

3<sup>er</sup> mes:

$$S_1 = 4260 \quad S_2 = 4970 \quad S_3 = 9800 \quad S_4 = 7600 \quad S_7 = 8300$$

$$S_8 = 10200$$

$$E_1 = 506000 \quad E_2 = 501000 \quad E_3 = 509000 \quad E_4 = 503000$$

$$E_7 = 502000 \quad E_8 = 485000$$

$$E_1 S_1 = 216 \times 10^4 \quad " \quad E_2 S_2 = 249 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 499 \times 10^4 \quad E_4 S_4 = 382 \times 10^4$$

$$E_7 S_7 = 416 \times 10^4 \quad " \quad E_8 S_8 = 495 \times 10^4 \quad E_A S_A^{(1)} = 32 \quad E_A S_A^{(2)} = 14$$

$$\delta_1 (200-230) = - 0,013$$

$$\delta_7 (187-117) = - 0,003$$

$$\delta_8 (60-90) = - 0,001$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,013 \times 216 - 0,003 \times 416 - 0,001 \times 495}{216 + 416 + 495 + 32} = - 0,0041 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 (180-210) = - 0,015$$

$$\delta_3 (160-190) = - 0,010$$

$$\delta_4 (140-170) = - 0,009$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,015 \times 249 - 0,010 \times 499 - 0,009 \times 382}{249 + 499 + 382 + 14}$$



$$\begin{aligned} \Delta A_2 &= - 8 & \Delta A_2 &= - 21 \\ \Delta H_1 &= + 0,0089 \times 506 = + 4,5 & \Delta H_2 &= + 0,0044 \times 501 = + 2,2 \\ \Delta H_3 &= - 0,0006 \times 509 = - 0,3 & \Delta H_4 &= - 0,0016 \times 503 = - 0,8 \\ \Delta H_7 &= - 0,0011 \times 502 = - 0,5 & \Delta H_8 &= - 0,0031 \times 485 = - 1,5 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,6359 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,5623 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 976 & A_2 &= - 769 & A_3 &= - 404 & A_4 &= - 325 & A_5 &= \begin{pmatrix} -115 \\ -90 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -19 \\ -8 \end{pmatrix} & A_7 &= - 64 & A_8 &= - 29 \\ H_1 &= - 62,4 & H_2 &= - 74,9 & H_3 &= - 54,9 & H_4 &= - 45,0 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -23,7 \\ -18,0 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -3,6 \\ -1,7 \end{pmatrix} & H_7 &= - 8,7 & H_8 &= - 5,0 \end{aligned}$$

k) Tablero

$$\begin{aligned} E_1 &= 513000 & E_2 &= 507000 & E_3 &= 509000 & E_4 &= 510000 \\ E_5 &= 527000 & E_6 &= 510000 & E_7 &= 507000 & E_8 &= 497000 \\ E_1 S_1 &= 245 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 261 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 501 \times 10^4 \\ E_4 S_4 &= 389 \times 10^4 & E_5 S_5 &= 921 \times 10^4 & E_6 S_6 &= 1238 \times 10^4 & E_7 S_7 &= \\ &= 423 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 510 \times 10^4 \\ ES &= 1178 \times 10^4 + 2159 \times 10^4 + 1151 \times 10^4 = 4488 \times 10^4 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$d = \frac{3,82 \times 1178 + 1,91 \times 2159}{4488} = 1,91$$

$$\begin{aligned} E_1 I_1 &= 0,0179 \times 513 \times 10^4 = 9,2 \times 10^4 & E_2 I_2 &= 0,0209 \times 507 \times 10^4 = 10,6 \times 10^4 \\ E_3 I_3 &= 0,0552 \times 509 \times 10^4 = 28,1 \times 10^4 & E_4 I_4 &= 0,0420 \times 510 \times 10^4 = \\ &= 21,4 \times 10^4 & E_7 I_7 &= 0,0435 \times 507 \times 10^4 = 22,1 \times 10^4 & \\ E_8 I_8 &= 0,0566 \times 510 \times 10^4 = 28,9 \times 10^4 & E_5 I_5 &= 2,483 \times 527 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 = \\ &= 1342 \times 10^4 & E_6 I_6 &= 3,336 \times 510 \times 10^4 + 12,9 \times 10^4 = 1714 \times 10^4 \end{aligned}$$



$$EI = 3176 \times 10^4 + 1,91^2 \times 2329 \times 10^4 = 11676 \times 10^4 \text{ m}^2\text{Ton.}$$

$$\Delta N = - 556 \text{ Ton.} \quad \Delta M = - 115 \text{ mTon.}$$

$$\delta_N = \frac{-556 \times 1000}{4488 \times 10^4} = - 0,0125 \text{ mm/m} \quad \delta_M = \frac{-115 \times 1000}{11676 \times 10^4} = - 0,00099$$

$$\delta_{01} = - 0,0125 + 0,0019 = - 0,0106 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = - 0,0125 - 0,0019 = - 0,0144 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 24 \quad \Delta A_2 = - 32$$

$$\Delta H_1 = - 6,2 \quad \Delta H_2 = - 8,0 \quad \Delta H_3 = - 8,1 \quad \Delta H_4 = - 8,1$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -6,3 \\ -8,3 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} -6,1 \\ -8,1 \end{pmatrix} \quad \Delta H_7 = - 6,1 \quad H_8 = - 6,0$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,6479 \text{ mm/m} \quad \delta_{02} = - 0,5781 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 1000 \quad A_2 = - 801 \quad A_3 = - 436 \quad A_4 = - 357$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -139 \\ -122 \end{pmatrix} \quad A_6 = \begin{pmatrix} -43 \\ -40 \end{pmatrix} \quad A_7 = - 88 \quad A_8 = - 53$$

$$H_1 = - 68,6 \quad " \quad H_2 = - 82,9 \quad " \quad H_3 = - 63,0 \quad " \quad H_4 = - 53,1$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -30,0 \\ -26,9 \end{pmatrix} \quad H_7 = - 14,8 \quad H_8 = - 11$$

1) 4<sup>o</sup> mes:

$$S_1 = 4260 \quad S_2 = 4970 \quad S_3 = 9800 \quad S_4 = 7600 \quad S_7 = 8300$$

$$S_8 = 102000$$

$$E_1 = 518000 \quad E_2 = 510000 \quad E_3 = 518000 \quad E_4 = 515000$$

$$E_7 = 521000 \quad E_8 = 515000.$$



$$\begin{aligned}
 E_1 S_1 &= 220 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 253 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 507 \times 10^4 & \\
 E_4 S_4 &= 392 \times 10^4 & E_7 S_7 &= 432 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 526 \times 10^4 & \\
 E_A S_A (1) &= 32 & E_A S_A (2) &= 14 & & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_1 (230-200) &= -0,011 \\
 \delta_7 (117-147) &= -0,005 \\
 \delta_8 (90-120) &= -0,003
 \end{aligned}
 \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,011 \times 220 - 0,005 \times 432 - 0,003 \times 526}{220 + 432 + 526 + 32} =$$

$$= -0,0051 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_2 (200-240) &= -0,012 \\
 \delta_3 (190-220) &= -0,012 \\
 \delta_4 (170-200) &= -0,009
 \end{aligned}
 \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,012 \times 253 - 0,012 \times 507 - 0,009 \times 392}{253 + 507 + 392 + 14} =$$

$$= -0,0109 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = -10$$

$$\Delta A_2 = -22$$

$$\Delta H_1 = +0,0059 \times 518 = +3,1$$

$$\Delta H_2 = +0,0011 \times 510 = +0,6$$

$$\Delta H_3 = +0,0011 \times 518 = +0,6$$

$$\Delta H_4 = -0,0019 \times 515 = -1,0$$

$$\Delta H_7 = -0,0001 \times 521 = -0,1$$

$$\Delta H_8 = -0,0021 \times 515 = -1,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,6530 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = -0,5890 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1010$$

$$A_2 = -823$$

$$A_3 = -458$$

$$A_4 = -379$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -139 \\ -122 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -43 \\ -40 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -110$$

$$A_8 = -75$$

$$H_1 = -66,5$$

$$H_2 = -82,3$$

$$H_3 = -62,4$$

$$H_4 = -54,1$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -30,0 \\ -26,9 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -9,7 \\ -9,8 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = -14,9$$

$$H_8 = -12,0$$



5º mes

$$E_1 = 519000 \quad E_2 = 510000 \quad E_3 = 518000 \quad E_4 = 515000$$

$$E_7 = 521000 \quad E_8 = 515000$$

$$E_1 S_1 = 221 \times 10^4 \quad E_2 S_2 = 253 \times 10^4 \quad E_3 S_3 = 507 \times 10^4 \quad E_4 S_4 = 392 \times 10^4$$

$$E_7 S_7 = 432 \times 10^4 \quad E_8 S_8 = 526 \times 10^4 \quad E_A S_A^{(1)} = 32 \quad E_A S_A^{(2)} = 14$$

$$\delta_1 (260-290) = -0,008$$

$$\delta_7 (147-177) = -0,005$$

$$\delta_8 (120-150) = -0,004$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,008 \times 221 - 0,005 \times 432 - 0,004 \times 526}{221 + 432 + 526 + 32} = -0,0050$$

$$\delta_2 (240-270) = -0,010$$

$$\delta_3 (220-250) = -0,010$$

$$\delta_4 (200-230) = -0,009$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,010 \times 253 - 0,010 \times 507 - 0,009 \times 392}{253 + 507 + 392 + 14} = -0,0096$$

$$\Delta A_1 = -10$$

$$\Delta A_2 = -19$$

$$\Delta H_1 = +0,003 \times 519 = +1,5$$

$$\Delta H_2 = +0,0004 \times 510 = +0,2$$

$$\Delta H_3 = +0,0004 \times 507 = +0,2$$

$$\Delta H_4 = -0,0006 \times 515 = -0,3$$

$$\Delta H_7 = -0$$

$$\Delta H_8 = -0,001 \times 515 = -0,5$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,6580 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = -0,5986 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1027$$

$$A_2 = -842$$

$$A_3 = -477$$

$$A_4 = -390$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -139 \\ -122 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -43 \\ -40 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -120$$

$$A_8 = -85$$

$$H_1 = -64,0$$

$$H_2 = -82,1$$

$$H_3 = -62,2$$

$$H_4 = -54,4$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -30,0 \\ -26,9 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -9,7 \\ -9,8 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = -14,9$$

$$H_8 = -12,5$$



6º mes

$$E_1 = 524000 \quad E_2 = 518000 \quad E_3 = 523000 \quad E_4 = 528000$$

$$E_7 = 528000 \quad E_8 = 521000$$

$$S_1 E_1 = 223 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 257 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 512 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 397 \times 10^4$$

$$S_7 E_7 = 438 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 532 \times 10^4 \quad E_{AA}^{(1)} = 32 \quad E_{AA}^{(2)} = 14$$

$$\delta_1 (290-320) = -0,009$$

$$\delta_7 (177-207) = -0,004$$

$$\delta_8 (150-180) = -0,004$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,009 \times 223 - 0,004 \times 438 - 0,004 \times 532}{223 + 438 + 532 + 32} =$$

$$= -0,0048$$

$$\delta_2 (270-300) = -0,009$$

$$\delta_3 (250-280) = -0,009$$

$$\delta_4 (230-260) = -0,009$$

$$\Delta \delta_2 = -0,0090$$

$$\Delta A_1 = -10$$

$$\Delta A_2 = -18$$

$$\Delta H_1 = +0,0042 \times 524 = +2,2 \quad \Delta H_7 = -0,0008 \times 528 = -0,4$$

$$\Delta H_8 = -0,008 \times 521 = -0,4$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,6628 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = -0,6076 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -1030$$

$$A_2 = -860$$

$$A_3 = -495$$

$$A_4 = -116$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -139 \\ -122 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -43 \\ -40 \end{pmatrix}$$

$$A_7 = -130$$

$$A_8 = -95$$

$$H_1 = -61,8$$

$$H_2 = -82,1$$

$$H_3 = -62,2$$

$$H_4 = -54,4$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -30,0 \\ -26,9 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} -9,7 \\ -9,8 \end{pmatrix}$$

$$H_7 = -153$$

$$H_8 = -12,9$$

Fuerza en la cabeza superior:

$$F = 4260 \times 61,8 + 8300 \times 15,3 + 10200 \times 12,9 + 135 \times 1030 + 1219 \times 130 + 1536 \times 95 =$$

$$= 682 \text{ Ton}$$

Fuerza en la cabeza inferior:

$$F = 4970 \times 82,1 + 9800 \times 62,2 + 7600 \times 54,4 + 46,2 \times 860 + 14,44 \times 495 + 10,27 \times 416 =$$

$$= 1373 \text{ Ton}$$



DEFORMACIONES PRODUCIDAS EN LA SECCION 5

a) Peso propio y del núcleo.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S_H = 0 \quad S_A = 106,8 \quad A = 0$$

$$\text{Rosca 2: } S_H = 0 \quad S_A = 36,6 \quad A = 0$$

$$\Delta P_1 = - 46 \text{ Ton} \quad \Delta P_2 = 0$$

$$\delta_1 = \frac{-46 \times 1000}{106,8 \times 2000} = - 0,215 \text{ mm/m} \quad A_{o1} = - 430$$

$$\delta_2 = 0 \quad A_{o2} = 0$$

b) Hormigonado de la rosca 1.-

Parte resistente.

$$\text{Rosca 1: } S^H = 780 \quad S_A = 135 \quad e = 1 \text{ mes} \quad o_1 = - 430$$

$$\text{Rosca 2: } S^H = 0 \quad S_A = 36,6 \quad o_2 = 0$$

$$\Delta P_1 = - 103 \quad \Delta P_2 = 0 \quad E_o = 391000$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 103 \times 1000}{780 \times 391 + 135 \times 2000} = - 0,1794 \quad \Delta \delta_2 = 0$$

$$\Delta A_{o1} = - 359 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta A_{o2} = 0 \quad \Delta H_o = - 70,2 \text{ kg/cm}^2$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,3944 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = 0$$

$$A_{o1} = - 789 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_1 = - 359$$

$$H_o = - 70,2 \text{ kg/cm}^2$$



c) Hormigonado de la rosca 2.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\begin{array}{l} \text{Rosca 1: } S_H = 4200 \quad S_A = 135 \quad H = 0 \quad A = - 359 \quad e = 20 \text{ dias} \\ \text{Rosca 2: } S_H = 0 \quad S_A = 46,2 \quad H = 0 \quad A = 0 \quad e = 0 \\ E_1 = 360000 \quad \Delta P_1 = - 153 \quad \Delta P_2 = 0 \end{array}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{- 153 \times 1000}{4200 \times 360 + 135 \times 2000} = - 0,0860 \text{ mm/m} \quad \Delta \delta_2 = 0$$

$$\begin{array}{l} \Delta A_1 = - 172 \quad \Delta A_2 = 0 \\ \Delta H_1 = - 30,9 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

Estado final:

$$\begin{array}{l} \delta_{o1} = - 0,4804 \quad \delta_{o2} = 0 \\ A_1 = - 531 \text{ kg/cm}^2 \quad A_2 = 0 \\ H_1 = - 30,9 \text{ kg/cm}^2 \quad H_2 = 0 \end{array}$$

Deformaciones lentas hasta el enclavamiento.-

$$\delta_1(20-35) = - 0,014 \text{ mm/m} \quad \Delta \delta = \frac{- 0,014 \times 4200 \times 360}{4200 \times 360 + 135 \times 2000} = - 0,0119 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 24 \quad \Delta H_1 = + 0,0021 \times 360 = + 0,8$$

Estado final:

$$\begin{array}{l} \delta_{o1} = - 0,4923 \quad \delta_{o2} = 0 \\ A_1 = - 555 \quad A_2 = 0 \\ H_1 = - 30,1 \quad H_2 = 0 \end{array}$$



d) Enclavamiento de articulaciones.-

Estado inicial de la parte resistente:

Rosca 1:	$S_H = 4200$	$S_A = 135$	$H = - 30,1$	$A = - 555$	$e = 35$
Rosca 2:	$S_H = 4900$	$S_A = 46,2$	$H = 0$	$A = 0$	$e = 15$
		$E_1 = 394000$		$E_2 = 332000$	
	$\Delta P_1 = + 152 \text{ Ton}$		$\Delta P_2 = - 150 \text{ Ton.}$		

$$\Delta \delta_1 = \frac{+152 \times 100}{4200 \times 394 + 135 \times 2000} = + 0,0792$$

$$\Delta \delta_2 = - \frac{150 \times 100}{4900 \times 332 + 46,2 \times 2000} = - 0,0875$$

$$\Delta A_1 = + 158$$

$$\Delta A_2 = - 175$$

$$\Delta H_1 = + 31,2$$

$$\Delta H_2 = - 29,0$$

Estado final:

$$\delta_{01} = - 0,4131 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{02} = - 0,0875 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 397 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_2 = - 175 \text{ kg/cm}^2.$$

$$H_1 = + 1,1$$

$$H_2 = - 29,0$$

Deformaciones lentas:

$$\delta_1 (35-40) = 0,00$$

$$\Delta \delta_1 = 0$$

$$\delta_2 (15-20) = 0,007$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,007 \times 1625}{1717} = - 0,0067 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = 0$$

$$\Delta A_2 = - 13$$

$$\Delta H_2 = + 0,0003 \times 332 = 0,0$$



Estado final:

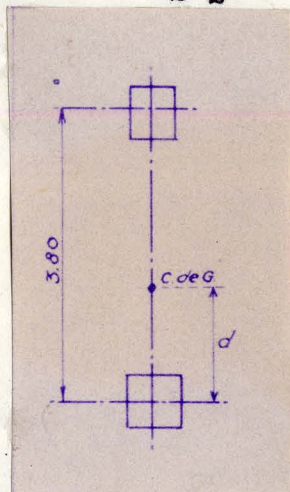
$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,4131 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,0942 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 397 & A_2 &= - 188 \\ H_1 &= + 1,1 & H_2 &= - 29,0 \end{aligned}$$

e) Hormigonado de la rosca 3.-

Estado inicial de la parte resistente.

$$\begin{aligned} \text{Rosca 1: } S_H &= 4200 & S_A &= 135 & H &= + 1,1 & A &= - 397 & e &= 40 \\ \text{Rosca 2: } S_H &= 4900 & S_A &= 46,2 & H &= - 29,0 & A &= - 188 & e &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= 418000 & E_2 &= 348000 \\ E_1 S_1 &= 202 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 180 \times 10^4 & ES &= 382 \times 10^4 \text{ Ton} \end{aligned}$$



$$d = \frac{3,80 \times 2,02}{382} = 2,00 \text{ m}$$

$$E_1 I_1 = 0,0171 \times 418 \times 10^4 = 7,15 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0200 \times 348 \times 10^4 = 6,96 \times 10^4$$

$$EI = 14,1 \times 10^4 + 2^2 \times 180 \times 10^4 + 1,8^2 \times 202 \times 10^4 = 1389 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$\Delta N = - 263 \text{ Ton} \quad \Delta M = + 13 \text{ Ton}$$

$$\delta_N = \frac{-263 \times 1000}{382 \times 10^4} = - 0,0690 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+14 \times 1000}{1389 \times 10^4} = + 0,00094 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o1} = - 0,0690 - 0,0017 = - 0,0707 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,0690 + 0,0019 = - 0,0671 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 141 \quad \Delta A_2 = - 134$$

$$\Delta H_1 = - 29,5 \quad \Delta H_2 = - 23,3$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,4838 \text{ mm/m} \qquad \delta_{o2} = - 0,1613 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 538 \text{ kg/cm}^2 \qquad A_2 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = - 28,4 \qquad H_2 = - 52,3 \text{ kg/cm}^2$$

Deformaciones plásticas:

$$\left. \begin{aligned} \delta_1(40-60) &= - 0,011 \\ \delta_2(20-40) &= - 0,025 \end{aligned} \right\} \Delta\delta_1 = \frac{-0,011 \times 175}{202} = - 0,0095$$

$$\Delta\delta_2 = \frac{-0,025 \times 171}{180 + 0,96 \times 332 + 0,0014 \times 2000} = - 0,0085$$

$$\Delta A_1 = - 19 \qquad \Delta A_2 = - 17$$

$$\Delta H_1 = + 0,0015 \times 418 = + 0,6 \qquad \Delta H_2 = + 0,0165 \times 348 = + 5,7$$

$$\Delta H_3 = - 0,0085 \times 332 = - 2,3$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,4933 \text{ mm/m} \qquad \delta_{o2} = - 0,1698 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 557 \qquad A_2 = - 339 \qquad A_3 = - 17$$

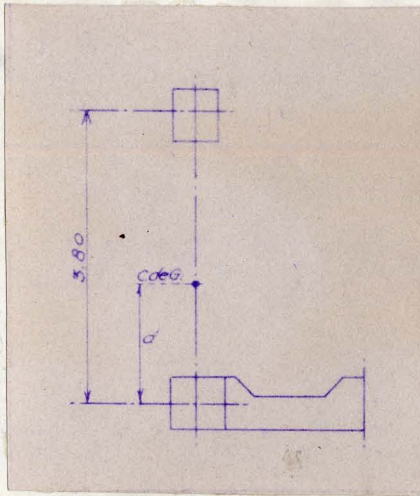
$$H_1 = - 27,8 \qquad H_2 = - 46,6 \qquad H_3 = - 2,3$$

f) Hormigonado de la rosca 4.-

Estado inicial:

Rosca 1:	$S_H = 4200$	$S_A = 135$	$H = - 27,8$	$e = 60$	$A = - 557$
Rosca 2:	$S_H = 4900$	$S_A = 46,2$	$H = - 46,6$	$e = 40$	$A = - 339$
Rosca 3:	$S_H = 9600$	$S_A = 14,4$	$H = - 2,3$	$e = 20$	$A = - 17$
	$E_1 = 453000$	$E_2 = 392000$	$E_3 = 348000$		
	$E_1 S_1 = 217 \times 10^4$	$E_2 S_2 = 202 \times 10^4$	$E_3 S_3 = 337 \times 10^4$		
	$ES = 756 \times 10^4 \text{ Ton.}$				





$$d = 3,80 \times \frac{217}{756} = 1,09 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0171 \times 453 \times 10^4 = 7,8 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0200 \times 392 \times 10^4 = 7,8 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0526 \times 348 \times 10^4 = 18,3 \times 10^4$$

$$EI = 34 \times 10^4 + 1,09^2 \times 539 \times 10^4 + 2,71^2 \times 217 \times 10^4 = 2267 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{Ton}$$

$$\Delta N = - 231 \quad \Delta M = - 20$$

$$\delta_N = \frac{- 231 \times 1000}{756 \times 10^4} = - 0,0305 \text{ mm/m}$$

$$\delta_N = \frac{- 20 \times 1000}{2267 \times 10^4} = - 0,00088 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0305 + 0,0024 = - 0,0281 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0305 - 0,0010 = - 0,0315 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 56 \quad \Delta A_2 = - 63$$

$$\Delta H_1 = - 12,7 \quad \Delta H_2 = - 13,3 \quad \Delta H_3 = - 11,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5214 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2013 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 613 \quad A_2 = - 402 \quad A_3 = - 80$$

$$H_1 = - 40,5 \quad H_2 = - 58,9 \quad H_3 = - 13,3$$

Deformaciones lentas:

$$\delta_1(60-83) = - 0,011 \quad \Delta \delta_1 = \frac{- 0,011 \times 190}{217} = - 0,0097$$

$$\delta_2(40-63) = - 0,022$$

$$\delta_3(20-43) = - 0,005$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{- 0,022 \times 193 - 0,005 \times 334}{509 + 0,75 \times 332 + 0,001 \times 2000} =$$

$$= - 0,0078 \text{ mm/m}$$



$$\Delta A_1 = - 19$$

$$\Delta A_2 = - 16$$

$$\Delta H_1 = + 0,0013 \times 453 = + 0,6$$

$$\Delta H_2 = + 0,0142 \times 392 = + 5,5 "$$

$$\Delta H_3 = - 0,0028 \times 348 = - 1,0$$

$$\Delta H_4 = - 0,0078 \times 332 = - 2,6$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5311 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2091 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 632$$

$$A_2 = - 418$$

$$A_3 = - 96$$

$$A_4 = - 16$$

$$H_1 = - 39,9$$

$$H_2 = - 53,4$$

$$H_3 = - 14,3$$

$$H_4 = - 2,6$$

g) Hormigonado de la rosca 5

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 4200$        $S_A = 135$        $H = - 40,6$        $A = - 635$        $e = 83$

Rosca 2:  $S_H = 4900$        $S_A = 46,2$        $H = - 54,0$        $A = - 421$        $e = 63$

Rosca 3:  $S_H = 9600$        $S_A = 14,4$        $H = - 14,8$        $A = - 99$        $e = 43$

Rosca 4:  $S_H = 7500$        $S_A = 10,27$        $H = - 2,6$        $A = - 16$        $e = 23$

$$E_1 = 165000$$

$$E_2 = 444000$$

$$E_3 = 432000$$

$$E_4 = 361000$$

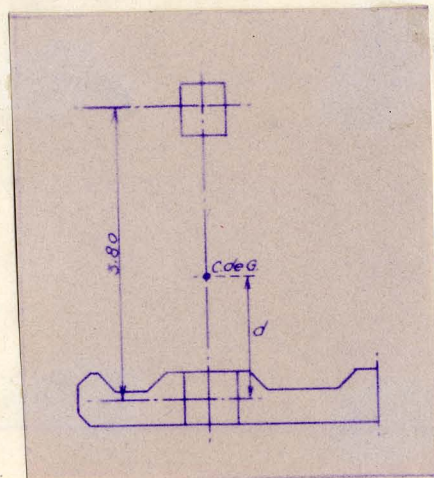
$$E_1 S_1 = 222 \times 10^4$$

$$E_2 S_2 = 227 \times 10^4$$

$$E_3 S_3 = 417 \times 10^4$$

$$E_4 S_4 = 273 \times 10^4$$

$$ES = 1139 \times 10^4 \text{ Ton}$$



$$d = 3,80 \times \frac{222}{1139} = 0,74 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0171 \times 465 \times 10^4 = 8,0 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0200 \times 444 \times 10^4 = 8,9 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0526 \times 432 \times 10^4 = 22,7 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0403 \times 361 \times 10^4 = 14,5 \times 10^4$$

$$EI = 54 \times 10^4 + 0,74^2 \times 917 \times 10^4 +$$

$$+ 3,06^2 \times 222 \times 10^4 = 2635 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton}$$



$$\Delta N = - 459$$

$$\Delta M = + 156$$

$$\delta_N = \frac{-459 \times 1000}{1139 \times 10^4} = - 0,0403 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+156 \times 1000}{2635 \times 10^4} = + 0,00594$$

$$\delta_{o1} = - 0,0403 - 0,0181 = - 0,0584 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,0403 + 0,0044 = - 0,0359 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 117 \quad \Delta A_2 = - 72$$

$$\Delta H_1 = - 27,1 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta H_2 = - 15,9 \quad \Delta H_3 = - 15,5$$

$$\Delta H_4 = - 13,0$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,5895 \text{ mm/m}$$

$$\delta_{o2} = - 0,2450 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 749$$

$$A_2 = - 490$$

$$A_3 = - 168$$

$$A_4 = - 88$$

$$H_1 = - 67,0$$

$$H_2 = - 69,3$$

$$H_3 = 29,8$$

$$H_4 = - 15,6$$

Deformaciones plásticas lentas.

$$\delta_1(83-113) = - 0,026$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,026 \times 195}{222} = - 0,0228 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(63-93) = - 0,026$$

$$\delta_3(43-73) = - 0,015$$

$$\delta_4(23-53) = - 0,009$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,026 \times 218 - 0,015 \times 414 - 0,009 \times 271}{917}$$

$$= - 0,0156 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 45$$

$$\Delta A_2 = - 31$$

$$\Delta H_1 = +0,0032 \times 465 = +1,5$$

$$\Delta H_2 = +0,0104 \times 444 = + 4,6$$

$$\Delta H_3 = - 0,0006 \times 432 = - 0,2 \quad \Delta H_4 = - 0,0066 \times 361 = - 2,4$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6123 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2606$$

$$A_1 = - 794 \quad A_2 = - 521 \quad A_3 = - 199 \quad A_4 = - 119$$

$$H_1 = - 65,5 \quad H_2 = - 64,7 \quad H_3 = - 30,0 \quad H_4 = - 18,0$$

h) Hormigonado de las roscas 6-7

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 4200$      $S_A = 135$      $H = - 67,4$      $A = - 802$   
 $e = 113 \text{ dias.}$

Rosca 2:  $S_H = 4900$      $S_A = 46,2$      $H = - 63,1$      $A = - 514$   
 $e = 93 \text{ dias.}$

Rosca 3:  $S_H = 9600$      $S_A = 14,4$      $H = - 28,3$      $A = - 192$   
 $e = - 73 \text{ dias.}$

Rosca 4:  $S_H = 7500$      $S_A = 10,3$      $H = - 16,1$      $A = - 109$   
 $e = 53$

Rosca 5:  $S_H = 16700$      $S_A = 199,8$      $H = 0,0$      $A = 0,0$      $e = 30 \text{ dias}$

$$E_1 = 474000 \quad E_2 = 462000 \quad E_3 = 466000 \quad E_4 = 441000$$

$$E_5 = 392000$$

$$S_1 E_1 = 226 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 235 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 450 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 333 \times 10^4$$

$$S_5 E_5 = 695 \times 10^4$$

$$SE = 1939 \times 10^4 \text{ Ton}$$

$$d = \frac{3,80 \times 226 + 1,90 \times 695}{1939} = 1,12 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0171 \times 474 \times 10^4 = 8,1 \times 10^4$$

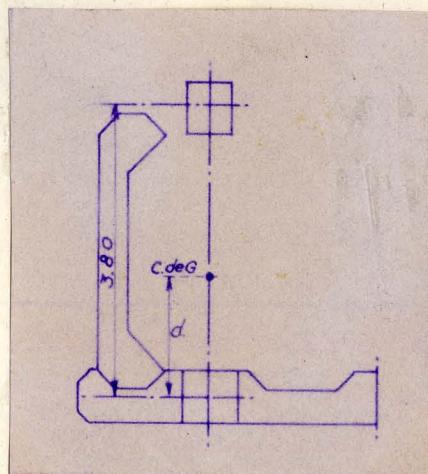
$$E_2 I_2 = 0,0200 \times 462 \times 10^4 = 9,2 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0526 \times 466 \times 10^4 = 24,5 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0403 \times 441 \times 10^4 = 17,8 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2,457 \times 392 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 =$$

$$= 995,4 \times 10^4$$





$$EL = 1055 \times 10^4 + 1,12^2 \times 1018 \times 10^4 + 2,68^2 \times 226 \times 10^4 + 0,78^2 \times 695 \times 10^4 =$$

$$= 4376 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$$

$$\Delta N = - 812 \quad \Delta M = + 81$$

$$\delta_N = \frac{-824 \times 1000}{1939 \times 10^4} = - 0,0424 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+220 \times 1000}{4376 \times 10^4} = + 0,00505$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0424 - 0,0135 = 0,0559 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0424 + 0,0056 = - 0,0368 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 112 \quad \Delta A_2 = - 74$$

$$\Delta H_1 = - 26,4 \quad \Delta H_2 = - 17,0 \quad \Delta H_3 = - 17,2 \quad \Delta H_4 = - 16,2$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -21,8 \\ -14,4 \end{pmatrix}$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = - 0,6682 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = - 0,2974 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = - 906 \quad A_2 = - 595 \quad A_3 = 273 \quad A_4 = - 193 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -112 \\ -74 \end{pmatrix}$$

$$H_1 = - 91,9 \quad H_2 = - 81,7 \quad H_3 = - 47,2 \quad H_4 = - 34,2$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -21,8 \\ -14,4 \end{pmatrix}$$

Deformaciones lentas.

$$\left. \begin{aligned} \delta_1(113-140) &= 0,026 \\ \delta_7(0-27) &= 0,10 \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,026 \times 199}{226 + 0,81 \times 332 + 0,0012 \times 2000} =$$

$$= - 0,0104 \text{ mm/m}$$



$$\left. \begin{aligned} \delta_2(93-120) &= -0,026 \\ \delta_3(73-100) &= -0,014 \\ \delta_4(53-80) &= -0,012 \end{aligned} \right\} \Delta \delta_2 = \frac{-0,026 \times 226 - 0,014 \times 447 - 0,012 \times 331}{1018} =$$

$$\Delta A_1 = -21$$

$$\Delta A_2 = -52$$

$$\Delta H_1 = +0,0156 \times 474 = +7,3 \quad \Delta H_2 = +0,0102 \times 462 = +4,7$$

$$\Delta H_3 = -0,0018 \times 466 = -0,8 \quad \Delta H_4 = -0,0038 \times 441 = -1,7$$

$$\Delta H_7 = -0,0104 \times 332 = -3,5$$

Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,6786$$

$$\delta_{o2} = 0,3132 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -927$$

$$A_2 = -627$$

$$A_3 = -305$$

$$A_4 = -225$$

$$A_5 \begin{pmatrix} -114 \\ -74 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = 0 \quad A_7 = -21$$

$$H_1 = -83,6$$

$$H_2 = -77,0$$

$$H_3 = -48,0$$

$$H_4 = -35,9$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -21,8 \\ -14,4 \end{pmatrix}$$

$$H_6 = 0$$

$$H_7 = -3,5$$

i) Hormigonado de las roscas 8.-

Estado inicial de la parte resistente.

Rosca 1:  $S_H = 4200$      $S_A = 135$      $H = -82,3$      $A = -917$      $e = 140$

Rosca 2:  $S_H = 4900$      $S_A = 46,2$      $H = -76,8$      $A = -626$      $e = 120$

Rosca 3:  $S_H = 9600$      $S_A = 14,4$      $H = -47,7$      $A = -304$      $e = 100$

Rosca 4:  $S_H = 7500$      $S_A = 10,3$      $H = -35,4$      $A = -221$      $e = 80$

Rosca 5:  $S_H = 16700$      $S_A = 199,8$      $H = -$      $A =$      $e = 57$

Rosca 6:  $S_H = 24000$      $S_A = 80,3$      $H = 0$      $A = 0$      $e = 27$

Rosca 7:  $S_H = 8100$      $S_A = 12,2$      $H = -3,5$      $A = -21$      $e = 27$

$E_1 = 482000$      $E_2 = 474000$      $E_3 = 475000$      $E_4 = 472000$

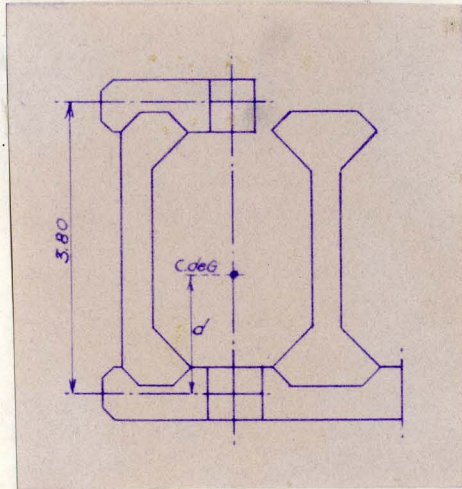
$E_5 = 454000$      $E_6 = 382000$      $E_7 = 379000$



$$S_1 E_1 = 229 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 241 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 459 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 356 \times 10^4$$

$$E_5 E_5 = 798 \times 10^4 \quad S_6 E_6 = 932 \times 10^4 \quad S_7 E_7 = 309 \times 10^4$$

$$SE = 538 \times 10^4 + 1730 \times 10^4 + 1056 \times 10^4 = 3324 \times 10^4 \text{ Ton.}$$



$$d = \frac{3,80 \times 538 + 1,90 \times 1730}{3324} = 1,60 \text{ m.}$$

$$E_1 I_1 = 0,0171 \times 482 \times 10^4 = 8,2 \times 10^4$$

$$E_4 I_4 = 0,0403 \times 472 \times 10^4 = 19,0 \times 10^4$$

$$E_2 I_2 = 0,0200 \times 474 \times 10^4 = 9,5 \times 10^4$$

$$E_7 I_7 = 0,0417 \times 379 \times 10^4 = 15,8 \times 10^4$$

$$E_3 I_3 = 0,0526 \times 475 \times 10^4 = 24,9 \times 10^4$$

$$E_5 I_5 = 2457 \times 454 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 =$$

$$= 1148 \times 10^4 \quad E_6 I_6 = 3,300 \times 382 \times 10^4 + 12,9 \times 10^4 = 1272 \times 10^4$$

$$EI = 2497 \times 10^4 + 1,60^2 \times 1056 \times 10^4 + 2,20^2 \times 538 \times 10^4 + 0,302 \times 1730 \times 10^4 =$$

$$= 7957 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.}$$

$$\Delta N = - 204 \quad \Delta M = + 621$$

$$\delta_N = \frac{-204 \times 100}{3324 \times 10^4} = - 0,0061 \text{ mm/m}$$

$$\delta_M = \frac{+621 \times 1000}{7957 \times 10^4} = + 0,00781$$

$$\Delta \delta_1 = - 0,0061 - 0,172 = - 0,0233 \text{ mm/m}$$

$$\Delta \delta_2 = - 0,0052 + 0,0125 = + 0,0073 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 47 \quad \Delta A_2 = + 15$$

$$\Delta H_1 = - 11,2 \quad \Delta H_2 = + 3,4 \quad \Delta H_3 = + 3,5 \quad \Delta H_4 = + 3,4$$

$$\Delta H_5 = \begin{pmatrix} -10,6 \\ + 3,3 \end{pmatrix} \quad \Delta H_6 = \begin{pmatrix} -9,0 \\ +2,9 \end{pmatrix} \quad \Delta H_7 = - 9,1$$



Estado final:

$$\delta_{o1} = -0,7019 \text{ mm/m} \quad \delta_{o2} = -0,3059 \text{ mm/m}$$

$$A_1 = -974 \quad A_2 = -612 \quad A_3 = -290 \quad A_4 = -210 \quad A_5 = \begin{pmatrix} -161 \\ -59 \end{pmatrix}$$

$$A_6 = \begin{pmatrix} -47 \\ -15 \end{pmatrix} \quad A_7 = -68$$

$$H_1 = -94,8 \quad H_2 = -73,6 \quad H_3 = -44,5 \quad H_4 = -32,5$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} -32,4 \\ -11,1 \end{pmatrix} \quad H_6 = \begin{pmatrix} -9,0 \\ +2,9 \end{pmatrix} \quad H_7 = -9,1$$

j) Deformaciones lentas

1er mes:

$$S_1 = 4200 \quad S_2 = 4900 \quad S_3 = 9600 \quad S_4 = 7500 \quad S_7 = 8100$$

$$S_8 = 9900$$

$$S_A^{(1)} = 135 + 12,2 + 15,3 = 162,5 \quad S_A^{(2)} = 46,2 + 14,4 + 10,3 = 70,9$$

$$E_1 = 482000 \quad E_2 = 465000 \quad E_3 = 489000 \quad E_4 = 476000 \quad E_7 = 420000$$

$$E_8 = 332000$$

$$S_1 E_1 = 202 \times 10^4 \quad S_2 E_2 = 228 \times 10^4 \quad S_3 E_3 = 470 \times 10^4 \quad S_4 E_4 = 357 \times 10^4$$

$$S_7 E_7 = 340 \times 10^4 \quad S_8 E_8 = 328 \times 10^4$$

$$S_A E_A^{(1)} = 32 \times 10^4 \quad S_A E_A^{(2)} = 14 \times 10^4$$

$$\delta_1(140-170) = -0,021$$

$$\delta_7(27-57) = -0,005$$

$$\delta_8(0-30) = 0,000$$

$$\Delta \delta_1 = \frac{-0,021 \times 202 - 0,005 \times 340}{202 + 340 + 328 + 32} = -0,0066 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2(120-150) = -0,019$$

$$\delta_3(100-130) = -0,015$$

$$\delta_4(80-110) = -0,008$$

$$\Delta \delta_2 = \frac{-0,019 \times 228 - 0,015 \times 470 - 0,008 \times 357}{228 + 470 + 357 + 14} =$$

$$= -0,0133 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_2 = -13$$

$$\Delta A_2 = -27$$



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0144 \times 482 = + 6,9 & \Delta H_2 &= + 0,0057 \times 465 = + 2,6 \\ \Delta H_3 &= + 0,0017 \times 489 = + 0,8 & \Delta H_4 &= - 0,0053 \times 476 = - 2,5 \\ \Delta H_7 &= - 0,0016 \times 420 = - 0,7 & \Delta H_8 &= - 0,0066 \times 332 = - 2,2 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,7085 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,3192 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 987 & A_2 &= - 639 & A_3 &= - 317 & A_4 &= - 237 & A_5 &= \begin{pmatrix} -161 \\ -59 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -47 \\ +15 \end{pmatrix} & A_7 &= - 81 & A_8 &= - 13. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= - 87,9 & H_2 &= - 71,0 & H_3 &= - 43,7 & H_4 &= - 35,0 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -32,4 \\ -11,1 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -9,0 \\ +2,9 \end{pmatrix} & H_7 &= - 6,5 & H_8 &= - 2,2 \end{aligned}$$

2ª mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 496000 & E_2 &= 493000 & E_3 &= 499000 & E_4 &= 488000 \\ E_7 &= 483000 & E_8 &= 430000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 S_1 &= 208 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 242 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 479 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 366 \times 10^4 \\ E_7 S_7 &= 392 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 425 \times 10^4 & E_A S_A &= 32 \times 10^4 \\ E_A S_A^{(2)} &= 14 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_1 (170-200) &= - 0,015 \\ \delta_7 (57-87) &= - 0,005 \\ \delta_8 (30-60) &= - 0,001 \end{aligned} \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,015 \times 208 - 0,005 \times 392 - 0,001 \times 425}{208 + 392 + 425 + 32} = - 0,0052 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 (150-180) &= - 0,022 \\ \delta_3 (150-160) &= - 0,013 \\ \delta_4 (110-140) &= - 0,011 \end{aligned} \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,022 \times 242 - 0,013 \times 479 - 0,011 \times 366}{242 + 479 + 366 + 14} = - 0,0141 \text{ mm/m}$$

$$\Delta A_1 = - 10 \quad \Delta A_2 = - 28$$

$$\Delta H_1 = + 0,0098 \times 496 = + 4,9 \quad \Delta H_2 = + 0,0079 \times 493 = + 3,6$$



$$\begin{aligned} \Delta H_3 &= - 0,0002 \times 499 = - 0,1 & \Delta H_4 &= - 0,0042 \times 488 = - 2,0 \\ \Delta H_7 &= - 0,0011 \times 483 = - 0,5 & \Delta H_8 &= - 0,0031 \times 430 = - 1,3 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,7137 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,3333 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 997 & A_2 &= - 667 & A_3 &= - 345 & A_4 &= - 265 & A_5 &= \begin{pmatrix} -161 \\ -59 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -47 \\ -15 \end{pmatrix} & A_7 &= - 81 & A_8 &= - 23. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= - 83,0 & H_2 &= - 67,4 & H_3 &= - 43,8 & H_4 &= - 37,0 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -32,4 \\ -11,1 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -9,0 \\ +2,9 \end{pmatrix} & H_7 &= - 7,0 & H_8 &= - 3,5 \end{aligned}$$

3er mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 503000 & E_2 &= 502000 & E_3 &= 511000 & E_4 &= 503000 \\ E_7 &= 501000 & E_8 &= 485000 \\ E_1 S_1 &= 211 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 246 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 491 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 377 \times 10^4 \\ E_7 S_7 &= 406 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 480 \times 10^4 & E_A S_A^{(1)} & & E_A S_A^{(2)} &= 14 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_1(200-230) &= - 0,015 \\ \delta_7(87-117) &= - 0,003 \\ \delta_8(60-90) &= - 0,001 \end{aligned} \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,015 \times 211 - 0,003 \times 406 - 0,001 \times 480}{211 + 406 + 480 + 32} = - 0,0043 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \delta_2(180-210) &= - 0,014 \\ \delta_3(160-190) &= - 0,010 \\ \delta_4(140-170) &= - 0,009 \end{aligned} \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,014 \times 246 - 0,010 \times 491 - 0,009 \times 377}{246 + 491 + 377 + 14} = - 0,0104 \text{ mm/m}$$

$$\begin{aligned} \Delta A_1 &= - 9 & \Delta A_2 &= - 21 \\ \Delta H_1 &= + 0,0107 \times 503 = + 5,4 & \Delta H_2 &= + 0,0036 \times 502 = + 1,8 \\ \Delta H_3 &= - 0,0004 \times 511 = - 0,2 & \Delta H_4 &= - 0,0014 \times 503 = - 0,7 \\ \Delta H_7 &= - 0,0013 \times 501 = - 0,7 & \Delta H_8 &= - 0,0033 \times 485 = - 1,6 \end{aligned}$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= -0,7180 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= -0,3437 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -10006 & A_2 &= -688 & A_3 &= -366 & A_4 &= -286 & A_5 &= \begin{pmatrix} -161 \\ -59 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -47 \\ +15 \end{pmatrix} & A_7 &= -90 & A_8 &= -32. \\ H_1 &= -77,6 & H_2 &= -65,6 & H_3 &= -44,0 & H_4 &= -37,7 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -32,4 \\ -11,1 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -9,0 \\ +2,9 \end{pmatrix} & H_7 &= -7,7 & H_8 &= -5,1 \end{aligned}$$

k) Tablero

$$\begin{aligned} E_1 &= 509000 & E_2 &= 507000 & E_3 &= 511000 & E_4 &= 510000 \\ E_5 &= 526000 & E_6 &= 510000 & E_7 &= 506000 & E_8 &= 497000 \\ E_1 S_1 &= 241 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 257 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 493 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 384 \times 10^4 \\ E_5 S_5 &= 920 \times 10^4 & E_6 S_6 &= 1238 \times 10^4 & E_7 S_7 &= 412 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 495 \times 10^4 \\ ES &= 1148 \times 10^4 + 2158 \times 10^4 + 1134 \times 10^4 = 4440 \times 10^4 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

$$d = \frac{3,80 \times 1148 + 1,90 \times 2158}{4440} = 1,90$$

$$\begin{aligned} E_1 I_1 &= 0,0171 \times 509 \times 10^4 = 8,7 \times 10^4 & E_4 I_4 &= 0,0403 \times 510 \times 10^4 = 20,6 \times 10^4 \\ E_2 I_2 &= 0,0200 \times 507 \times 10^4 = 10,1 \times 10^4 & E_7 I_7 &= 0,0417 \times 506 \times 10^4 = 21,1 \times 10^4 \\ E_3 I_3 &= 0,0526 \times 511 \times 10^4 = 26,9 \times 10^4 & E_8 I_8 &= 0,0510 \times 497 \times 10^4 = 21,4 \times 10^4 \\ E_5 I_5 &= 2,457 \times 526 \times 10^4 + 32,4 \times 10^4 = 1321 \times 10^4 \\ E_6 I_6 &= 3,300 \times 510 + 12,9 \times 10^4 = 1693 \times 10^4 \\ EI &= 3123 \times 10^4 + 1,90^2 \times 2282 \times 10^4 = 11373 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

$$\Delta N = -557 \quad \Delta M = -934$$

$$\delta_N = \frac{-557 \times 100}{440 \times 10^4} = -0,0127 \quad \delta_M = \frac{-943 \times 1000}{11373 \times 10^4} \times \infty = -0,0083$$

$$\delta_1 = -0,0127 + 0,0158 = +0,0031 \text{ mm/m}$$

$$\delta_2 = -0,0127 - 0,0158 = -0,0285 \text{ mm/m}$$







$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= + 0,0063 \times 518 = + 3,3 & \Delta H_2 &= + 0,0052 \times 507 = + 2,6 \\ \Delta H_3 &= + 0,0012 \times 517 = + 0,6 & \Delta H_4 &= - 0,0018 \times 512 = - 1,0 \\ \Delta H_7 &= + 0,0003 \times 523 = + 0,2 & \Delta H_8 &= - 0,0027 \times 518 = - 1,4 \end{aligned}$$

Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= - 0,7200 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= - 0,3844 \text{ mm/m} \\ A_1 &= - 1010 & A_2 &= - 770 & A_3 &= - 448 & A_4 &= - 368 & A_5 &= \begin{pmatrix} -158 \\ -119 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -44 \\ -45 \end{pmatrix} & A_7 &= - 94 & A_8 &= - 36 \\ H_1 &= - 73,2 & H_2 &= - 78,2 & H_3 &= - 58,6 & H_4 &= - 53,9 & H_5 &= \begin{pmatrix} -320 \\ -26,8 \end{pmatrix} \\ H_6 &= \begin{pmatrix} -8,1 \\ -12,3 \end{pmatrix} & H_7 &= - 6,6 & H_8 &= - 5,7 \end{aligned}$$

5<sup>o</sup>mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 518000 & E_2 &= 508000 & E_3 &= 516000 & E_4 &= 512000 \\ E_7 &= 523000 & E_8 &= 518000 \\ E_1 S_1 &= 217 \times 10^4 & E_2 S_2 &= 248 \times 10^4 & E_3 S_3 &= 497 \times 10^4 & E_4 S_4 &= 384 \times 10^4 \\ E_7 S_7 &= 423 \times 10^4 & E_8 S_8 &= 512 \times 10^4 & E S_{AA}^{(1)} &= 32 \times 10^4 & E S_{AA}^{(2)} &= 14 \times 10^4 \\ \delta_1 (260-290) &= - 0,008 \\ \delta_7 (147-177) &= - 0,003 \\ \delta_8 (120-150) &= - 0,002 \\ \Delta \delta_1 &= \frac{-0,008 \times 217 - 0,003 \times 423 - 0,002 \times 512}{217 + 423 + 512 + 32} = - 0,0034 \\ \delta_2 (240-270) &= - 0,010 \\ \delta_3 (220-250) &= - 0,010 \\ \delta_4 (200-230) &= - 0,010 \\ \Delta \delta_2 &= 0,0100 \\ \Delta A_1 &= - 7 & \Delta A_2 &= - 20 \\ \Delta H_1 &= + 0,0046 \times 518 = + 2,4 & \Delta H_7 &= - 0,0004 \times 523 = - 0,2 \\ \Delta H_8 &= - 0,0014 \times 518 = - 0,7 \end{aligned}$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= -0,7234 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= -0,3944 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -1017 & A_2 &= -790 & A_3 &= -468 & A_4 &= -388 & A_5 &= \begin{pmatrix} -158 \\ -119 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -44 \\ -45 \end{pmatrix} & A_7 &= -101 & A_8 &= -43 \\ H_1 &= -70,8 & H_2 &= -78,2 & H_3 &= -58,6 & H_4 &= -53,9 & H_5 &= \begin{pmatrix} -32,0 \\ -26,8 \end{pmatrix} \\ H_6 &= \begin{pmatrix} -8,1 \\ -12,3 \end{pmatrix} & H_7 &= -6,4 & H_8 &= -6,4 \end{aligned}$$

6º mes:

$$\begin{aligned} E_1 &= 525000 & E_2 &= 516000 & E_3 &= 521000 & E_4 &= 520000 \\ E_7 &= 530000 & E_8 &= 523000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 E_1 &= 221 \times 10^4 & S_2 E_2 &= 253 \times 10^4 & S_3 E_3 &= 500 \times 10^4 \\ S_4 E_4 &= 390 \times 10^4 & S_7 E_7 &= 430 \times 10^4 & S_8 E_8 &= 517 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_1 (290-320) &= -0,008 \\ \delta_7 (177-207) &= -0,003 \\ \delta_8 (150-180) &= -0,002 \end{aligned} \quad \Delta \delta_1 = \frac{-0,008 \times 221 - 0,003 \times 430 - 0,002 \times 517}{221 + 430 + 517 + 32} = -0,0034$$

$$\begin{aligned} \delta_2 (270-300) &= -0,010 \\ \delta_3 (250-290) &= -0,010 \\ \delta_4 (230-260) &= -0,009 \end{aligned} \quad \Delta \delta_2 = \frac{-0,010 \times 253 - 0,010 \times 500 - 0,009 \times 390}{253 + 500 + 390 + 14} = -0,0096$$

$$\Delta A_1 = -7 \quad \Delta A_2 = -19$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= +0,0046 \times 525 = +2,4 & \Delta H_2 &= +0,0004 \times 516 = +0,2 & " \\ \Delta H_3 &= +0,004 \times 521 = +0,2 & \Delta H_4 &= -0,006 \times 520 = -0,3 \\ \Delta H_7 &= -0,0004 \times 530 = -0,2 & \Delta H_8 &= -0,0014 \times 523 = -0,8 \end{aligned}$$



Estado final:

$$\begin{aligned} \delta_{o1} &= -0,7268 \text{ mm/m} & \delta_{o2} &= -0,4040 \text{ mm/m} \\ A_1 &= -1024 & A_2 &= -809 & A_3 &= -487 & A_4 &= -407 & A_5 &= \begin{pmatrix} -158 \\ -119 \end{pmatrix} \\ A_6 &= \begin{pmatrix} -44 \\ -45 \end{pmatrix} & A_7 &= -108 & A_8 &= -50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= -68,4 & H_2 &= -78,0 & H_3 &= -58,4 & H_4 &= -54,2 \\ H_5 &= \begin{pmatrix} -33,0 \\ -26,8 \end{pmatrix} & H_6 &= \begin{pmatrix} -8,1 \\ -12,3 \end{pmatrix} & H_7 &= -16,6 & H_8 &= -7,2 \end{aligned}$$

Esfuerzo en la cabeza superior

$$F = 4200 \times 68,4 + 8100 \times 6,6 + 9900 \times 7,2 + 135 \times 1024 + 12,2 \times 108 + 15,4 \times 50 = \underline{\underline{553 \text{ Ton}}}$$

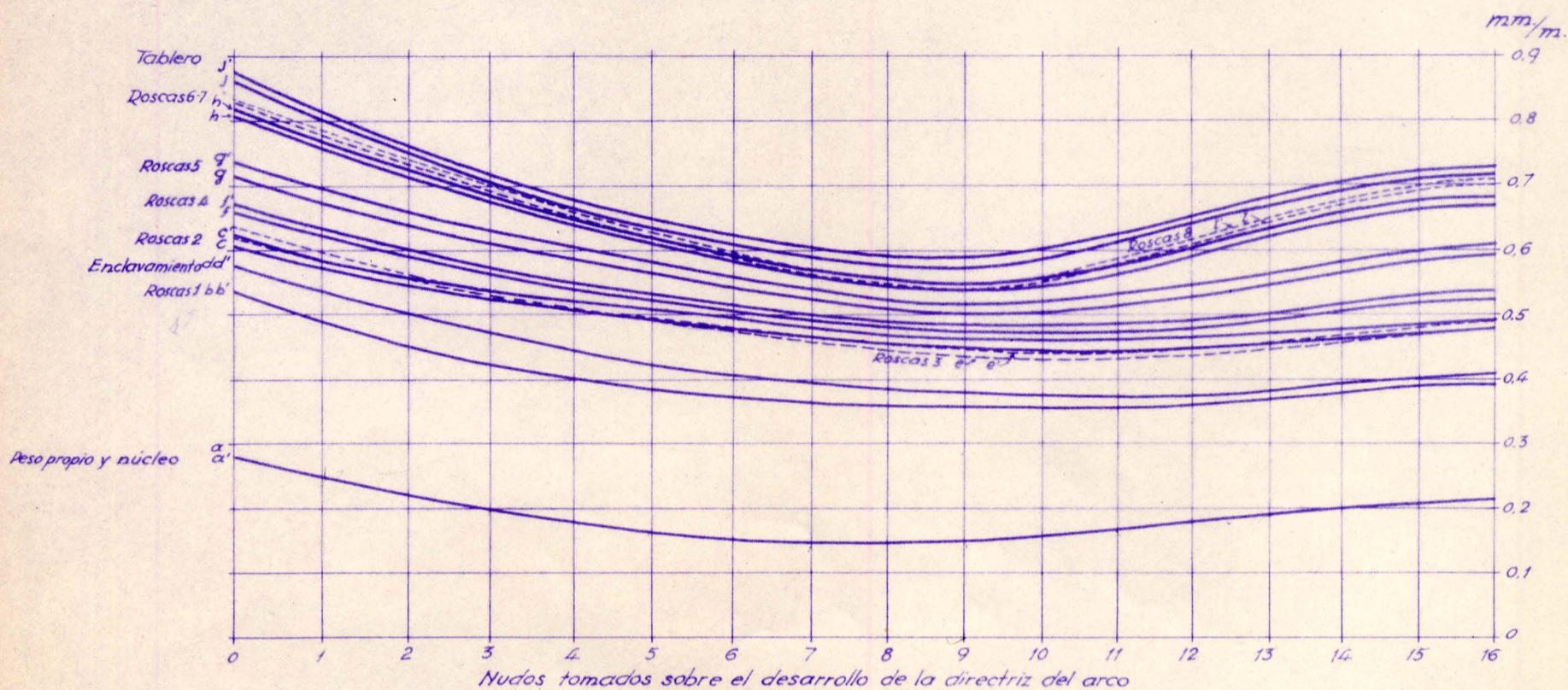
Esfuerzo en la cabeza inferior

$$F = 4900 \times 78,0 + 9600 \times 58,4 + 7500 \times 54,2 + 46,2 \times 809 + 14,4 \times 487 + 10,3 \times 407 = \underline{\underline{1449 \text{ Ton}}}$$



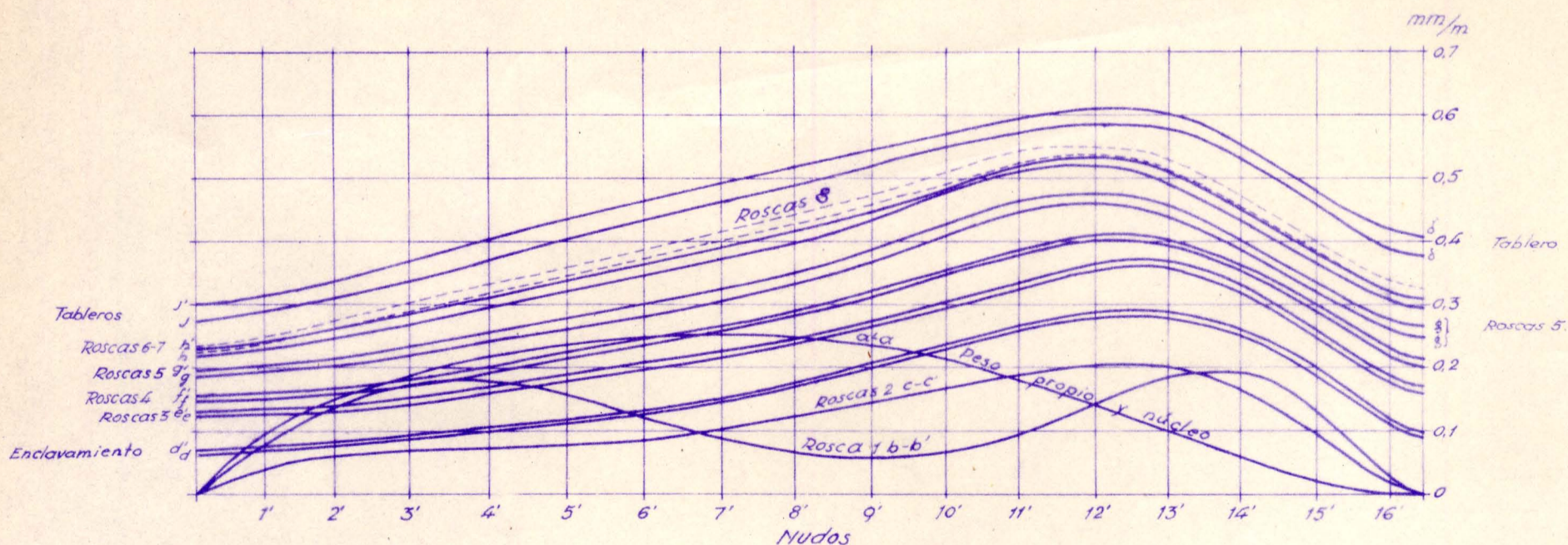
RESUMEN DE ACORTAMIENTOS NORMALES EN LAS CABEZAS DE LA CIMBRA

Cabeza superior de la cimbra



Escala de abscisas 1:500

Cabeza inferior de la cimbra



Por una letra sin exponente se indica el estado que corresponde al final del hormigonado de la rosca correspondiente, sin tener en cuenta las deformaciones lentas, y por la misma letra con exponente se indica el estado final teniendo en cuenta estas.

Observación - Los estados aa', bb', cc' tienen lugar cuando el arco está articulado, los dd' al enclavar y el resto con el arco empotrado



Como resumen del estudio precedente podemos formar el siguiente cuadro de las cargas de trabajo que resultan en las cinco secciones consideradas, por las causas de peso propio del arco, palizadas y tablero y deformaciones del hormigón.

Secciones	Cabeza superior			cabeza inferior			en kg/cm <sup>2</sup>
	H1	H7	H <sub>a</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	
1	65,10	16	10,40	62,70	50,80	45,60	
2	58,50	12,30	12,20	77,30	62,20	54,40	
3	36,70	15,00	15,80	86,70	50,30	59,70	
4	61,80	15,30	12,90	82,10	62,20	54,40	
5	68,40	16,60	7,20	78,00	58,40	54,20	

Apertura de clave: Dada la poca variación que experimenta ya el hormigón en la última época, consideraremos un coeficiente de elasticidad constante de ahora en adelante.

Las cargas de trabajo que producen los esfuerzos  $M = 2250$  m.ton. y  $F = 45$  ton. en clave, son para las diferentes secciones:

$$t = \pm \frac{Mv}{I} + \frac{N}{\omega} \quad (+ \text{compresión, } - \text{tracción}).$$

Arranque:

$$t = \pm \frac{4000 \times 2,223}{109,8} + \frac{45}{25,93} = \pm 81 + 1,1 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior:} & + 8,2 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cabeza inferior:} & - 8,0 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$



$$\text{Sección } 1/8 \ell : t = \pm \frac{3123 \times 2,04}{69} + \frac{37}{21,1} = \pm 92 +$$

$$+ 1,75 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 9,4 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: - 9,0 " } \end{cases}$$

$$\text{Sección } 1/4 \ell : t = \pm \frac{2610 \times 1,95}{53} + \frac{42}{18,77} = \pm 95 +$$

$$+ 2,2 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 9,7 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: - 9,3 " } \end{cases}$$

$$\text{Sección } 3/8 \ell : t = \pm \frac{2331 \times 1,91}{49} + \frac{44}{17,8} = \pm 90,6 +$$

$$+ 2,5 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 9,3 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: - 8,8 " } \end{cases}$$

$$\text{Clave: } t = \pm \frac{2250 \times 1,9}{47,73} + \frac{45}{17,43} = \pm 89,0 + 2,6 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 9,2 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: - 8,6 " } \end{cases}$$

Carga de balasto. - Por el peso del balasto aparecen las siguientes cargas de trabajo en las mismas secciones consideradas:

$$\text{Arranque: } t = \pm \frac{1164 \times 2,223}{109,8} + \frac{565}{25,93} = \pm 23,6 +$$

$$+ 21,8 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 4,5 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: - 0,2 kg/cm}^2 \end{cases}$$



$$\text{Sección } 1/8 \ell : t = \bar{+} \frac{300 \times 2,04}{69} + \frac{525}{21,10} = \bar{+} 8,8 +$$

$$+ 24,90 \text{ ton.m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 1,6 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: + 3,4 kg/cm}^2. \end{cases}$$

$$\text{Sección } 1/4 \ell : t = \bar{+} \frac{365 \times 1,95}{53} + \frac{485}{18,77} = \bar{+} 13,4 +$$

$$+ 25,8 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 1,2 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: + 3,9 kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$\text{Sección } 3/8 \ell : t = \pm \frac{120 \times 1,91}{49} + \frac{445}{17,8} = \pm 3,9 +$$

$$+ 2,50 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 2,9 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: + 2,1 kg/cm}^2. \end{cases}$$

$$\text{Clave: } t = \pm \frac{749 \times 1,9}{47,73} + \frac{435}{17,43} = \pm 29,8 +$$

$$+ 24,9 \text{ ton/m}^2 = \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 5,5 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: - 0,5 kg/cm}^2. \end{cases}$$

Estas cargas son en los centros de las cabezas, o sea las cargas medias. En trasdós e intradós las cargas debidas a los momentos vendrían multiplicadas por  $\frac{2,75}{2,223} = 1,24$  en arranques, y por  $\frac{2,25}{1,9} = 1,18$  en clave, ó sea por las dos últimas causas consideradas aumentarían en  $\pm 2,40 \text{ kg/cm}^2$  en arranques y  $\pm 2,10 \text{ kg/cm}^2$  en clave. (trasdós +, intradós -).

Sumando los valores de los últimos cuadros ohte-



nidos, tendremos los siguientes resultados de trabajos por cargas fijas, después de la corrección por apertura de clave.

Secciones.	Cabeza superior		Cabeza inferior			
	H <sub>1</sub>	H <sub>7</sub>	H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
Kg/cm <sup>2</sup>						
Arranque.	77,80	28,70	23,10	54,50	42,60	37,4
1/8	69,50	23,30	23,20	71,70	56,60	48,8
1/4	47,60	25,90	26,70	81,30	44,90	54,3
3/8	74,00	27,50	25,10	75,40	55,50	47,7
Clave	83,10	31,30	21,90	68,90	49,30	44,9

Sobrecarga móvil.- Análogamente, por los momentos y compresiones normales ya calculados en el Capítulo III tendremos:

Arranque: Posición de máximo momento positivo:

$$t = + \frac{11640 \times 2,223}{109,8} + \frac{1,081}{25,93} - + 236 + 41,7 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } + 27,8 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } - 19,4 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Posición de máximo momento negativo

$$t = - \frac{8104 \times 2,223}{109,8} + \frac{976}{25,93} = - 164 + 38,5 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } - 12,5 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } + 20,3 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$



Sección a 1/8 de l : Posición de máximo momento positivo:

$$t = \pm \frac{1765 \times 2,04}{69} + \frac{724,4}{21,10} = \pm 52 + 34 \text{ ton/m}^2. =$$

$$= \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 8,6 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: - 1,8 kg/cm}^2. \end{cases}$$

Posición de máximo momento negativo,

$$t = \mp \frac{2790 \times 2,04}{69} + \frac{1159}{21,10} = \mp 82 + 55 \text{ ton/m}^2. =$$

$$= \begin{cases} \text{(Cabeza superior: - 2,7 kg/cm}^2. \\ \text{(Cabeza inferior: + 13,7 kg/cm}^2. \end{cases}$$

Sección a 1/4 de l : Posición de máximo momento positivo.

$$t = \pm \frac{3640 \times 1,95}{53} + \frac{531}{18,77} = \pm 134 + 28 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{(Cabeza superior: + 16,2 kg/cm}^2 \\ \text{(Cabeza inferior: - 10,6} \end{cases}$$

Posición de máximo momento negativo.

$$t = \mp \frac{4520 \times 1,95}{53} + \frac{1087}{18,77} = \mp 166 + 58 \text{ ton/m}^2. =$$

$$= \begin{cases} \text{(Cabeza superior: - 10,8} \\ \text{(Cabeza inferior: + 22,4} \end{cases}$$



Sección a 3/8 de l: Posición de máximo momento negativo.

$$t = \pm \frac{3680 \times 1,91}{49} + \frac{754}{17,8} = \pm 143 + 42,5 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } + 18,5 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } - 10,0 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Posición de máximo momento negativo.

$$t = \mp \frac{3265 \times 1,91}{49} + \frac{821,4}{17,8} = \mp 127 + 46 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } - 8,1 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } + 17,3 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Sección de clave: Posición de máximo momento negativo.

$$t = \pm \frac{3340 \times 1,90}{47,73} + \frac{847}{17,43} = \pm 133 + 48,5 \text{ ton/m}^2. =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } + 18,1 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } - 8,5 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Posición de máximo momento negativo.

$$t = \mp \frac{2065 \times 1,90}{47,73} + \frac{687}{17,43} = \mp 82 + 39,5 \text{ ton/m}^2. =$$

$$= \begin{cases} \text{Cabeza superior: } - 4,3 \text{ kg/cm}^2. \\ \text{Cabeza inferior: } + 12,1 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Estas son las cargas medias en las cabezas. En trasdós e intradós se aumentarán las cargas: en arranques en  $\pm 6,70 \text{ kg/cm}^2$  para el momento positivo y  $\mp 4 \text{ kg/cm}^2$ .



para el negativo; y en clave  $\pm 2,40$  kg/cm<sup>2</sup> para el positivo y  $\bar{+} 1,40$  kg/cm<sup>2</sup>. para el negativo (signos superiores trasdós, inferiores intradós).

Agregando los efectos de la sobrecarga a los de las cargas fijas y corrección por apertura de clave, tendremos el siguiente cuadro:

CARGAS DE TRABAJO DEBIDAS AL CONJUNTO  
DE CARGAS NORMALES

Secciones	Cabeza superior		Cabeza inferior			
	H <sub>1</sub>	H <sub>7</sub>	H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
	Kg/cm <sup>2</sup> .					
Arranque	(máxima 105,6	56,5	50,9	74,8	62,9	57,7
	(mínima 65,3	16,2	10,6	35,1	23,2	18,0
1/8 de l	(máxima 78,1	31,9	31,8	85,4	70,3	62,5
	(mínima 66,8	20,6	20,5	69,9	54,8	47,0
1/4 de l	(máxima 63,8	42,1	42,9	103,7	67,3	76,7
	(mínima 36,8	15,1	15,9	70,7	34,3	43,7
3/8 de l	(máxima 92,5	46,0	43,6	92,7	72,8	65,0
	(mínima 65,9	19,4	17,0	65,4	45,5	37,7
Clave	(máxima 101,2	49,4	40,0	81,0	61,4	57,0
	(mínima 78,8	27,0	17,6	60,4	40,8	36,4