

DNC
TP12

Cátedra: **ESTRUCTURAS - NIVEL III**

Taller Vertical I: DELALOYE - NICO - CLIVIO (DNC)

Trabajo Práctico 12: Estructuras de cables-Pesadas

Curso 2019

Elaboró: JTP Ing. Angel Maydana

Revisión: Ing. Delaloye

Fecha: set 2019

ESTRUCTURA DE TRACCIÓN - PESADA

Predimensionar una cubierta pesada, de losetas premoldeadas colocadas sobre cables de tracción.

La planta cubre las siguientes dimensiones: 30,00 x 54,00 m (1620 m²) con bajo factor de ocupación.

Los cables se colocarán en el sentido de la luz menor y serán anclados a tierra.

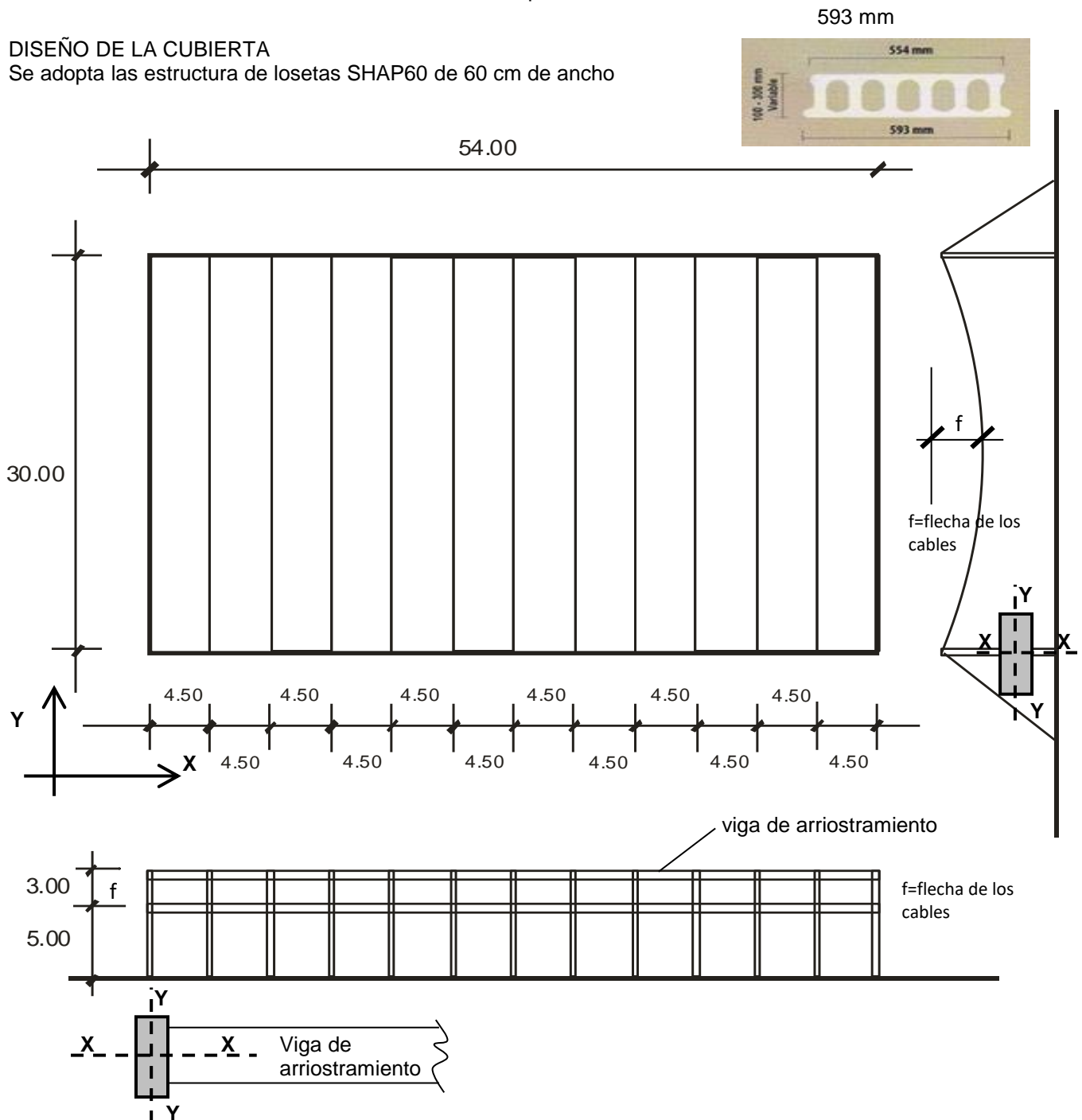
La aislación hidráulica de la cubierta se resolverá con una capa de hormigón alivianado, que con un espesor de 0,26 m en el centro permitirá lograr una pendiente transversal (en el sentido de los 54,00 m) del 1%.

Las columnas serán de hormigón armado, de una altura de 8,00.

Deberá considerarse la acción del viento, en una zona poco construida.

DISEÑO DE LA CUBIERTA

Se adopta las estructura de losetas SHAP60 de 60 cm de ancho



ACCIÓN DEL VIENTO

Ver apuntes del Ing. Horacio Delaloye, en la página web del taller DNC

Ubicación: La Plata Velocidad de referencia: $\beta = 28$ m/s (Tabla N°1)

Coef. de seguridad: $C_p = 1,45$ (corresponde a bajo factor de ocupación)

Velocidad básica de diseño: $V_o = \beta \times C_p = 28 \times 1,45 = 40,6$ m/s

Presión dinámica básica: $Q_o = 0,0613 \times (V_o)^2$ en $kg/m^2 = 0,0613 \times (40,6)^2 = 101$ kg/m^2

Coeficiente de altura y rugosidad del entorno: $C_z = 0,673$ (para $z \leq 10$ m y rugosidad tipo II) Tabla N° 4

Coeficiente de reducción dimensional: $C_d = 0,75$ (para $b/h=54/8=6,75$; Rugosidad II, $h/V_o < 0,5$) Tabla 5

Presión dinámica de cálculo: $Q_z = C_d \times C_z \times Q_o = 0,75 \times 0,673 \times 101 = 51$ kg/m^2

Coeficiente de forma: $C = -0,8 - 0,4 = -1,2$ (considerando grandes aberturas laterales)

Acción unitaria del viento sobre la estructura: $W = C \times Q_z = -1,2 \times 51 = -61,2$ kg/m^2 (succión)

PESO PROPIO

Por razones de seguridad, el peso propio debe superar en 2,5 veces la succión del viento.

$PP > 2,5 \times 61,2 = 153$ kg/m^2 Adoptamos la loseta SHAP60-12, que pesa 175 kg/m^2

El peso propio del hormigón alivianado es de 1200 kg/m^3 y el espesor promedio de la capa de nivelación puede tomarse como 0,15 m (entre 0,26 y 0,04 m)

El peso propio ($180+175$ $kg/m^2 = 355$ kg/m^2) supera el mínimo exigido por seguridad de 153 kg/m^2

Capa de hormigón alivianado: $0,15 \times 1.200$ $kg/m^3 = 180$ kg/m^2

Peso propio losa hueca: 175 kg/m^2

Peso propio total: 355 kg/m^2

Sobrecarga inaccesible: 100 kg/m^2

Sobrecarga para la losa hueca= 280 kg/m^2

Tomamos el caso de $L = 4,50$ m



$M_{m\acute{a}x} = q \times L^2 / 8 = 1630$ kgm/m

$M_{m\acute{a}x} = 455 \times 4,50^2 / 8$

$M_{m\acute{a}x} = 1152$ kgm/m

Losa Hueca Pretensada SHAP 60/120. Luces libres máximas para apoyo simple (m)																			
Tipo	Espesor cm	Serie	Peso kg/m ²	Momento Flector admissible kgm/m	Sobrecarga Total (de uso más permanente de contrapisos, ciellorrasos, etc.) kg/m ²														
					100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Luces Libres Máximas (m)																			
LH60-10	10	1	160	394	3,38	2,86	2,52	2,27	2,09	1,94	1,81	1,71	1,62	1,55	1,48	1,42	1,37	1,32	1,28
		2		590	4,16	3,52	3,10	2,80	2,57	2,39	2,24	2,12	2,01	1,92	1,84	1,76	1,70	1,64	1,59
		3		869	5,07	4,29	3,79	3,42	3,15	2,92	2,74	2,59	2,46	2,35	2,25	2,16	2,08	2,01	1,95
		4		1174	5,91	5,01	4,42	4,00	3,67	3,42	3,20	3,03	2,88	2,75	2,63	2,53	2,44	2,35	2,28
LH60-12	12	1	175	971	5,21	4,45	3,94	3,58	3,29	3,07	2,88	2,72	2,59	2,47	2,37	2,28	2,19	2,12	2,05
		2		1424	6,24	5,34	4,80	4,35	4,01	3,73	3,51	3,32	3,16	3,01	2,89	2,78	2,68	2,59	2,51
		3		1750	7,04	6,01	5,33	4,84	4,46	4,15	3,90	3,69	3,51	3,35	3,21	3,09	2,98	2,88	2,79
		4		2175	7,86	6,71	5,95	5,40	4,98	4,64	4,36	4,12	3,92	3,75	3,60	3,46	3,34	3,22	3,12
LH60-16 LH120-16	16	1	210	2484	7,91	6,86	6,14	5,61	5,19	4,85	4,57	4,34	4,13	3,95	3,79	3,65	3,53	3,41	3,31
		2		3136	8,90	7,72	6,91	6,31	5,84	5,46	5,15	4,88	4,65	4,45	4,28	4,12	3,98	3,85	3,73
		3		4418	10,58	9,18	8,22	7,51	6,96	6,51	6,13	5,82	5,54	5,30	5,09	4,91	4,74	4,59	4,45
LH60-20 LH120-20	20	1	250	5049	10,64	9,37	8,47	7,78	7,24	6,79	6,42	6,10	5,83	5,58	5,37	5,18	5,00	4,85	4,70
		2		5845	11,46	10,09	9,12	8,38	7,80	7,32	6,92	6,57	6,28	6,02	5,79	5,58	5,39	5,22	5,07
		3		6564	12,15	10,70	9,67	8,89	8,27	7,76	7,33	6,97	6,66	6,38	6,14	5,92	5,72	5,54	5,38
LH60-24 LH120-24	24	1	300	7358	12,03	10,75	9,80	9,07	8,48	7,99	7,57	7,22	6,90	6,63	6,38	6,16	5,97	5,78	5,62
		2		8346	12,82	11,46	10,45	9,67	9,04	8,51	8,07	7,69	7,36	7,07	6,81	6,57	6,36	6,17	5,99
		3		9369	13,59	12,14	11,08	10,25	9,58	9,03	8,56	8,15	7,80	7,49	7,22	6,97	6,74	6,54	6,35
LH60-26	26	1	345	10438	13,60	12,28	11,28	10,49	9,84	9,30	8,84	8,44	8,09	7,78	7,50	7,25	7,02	6,82	6,63
		2		12329	14,79	13,35	12,27	11,41	10,70	10,12	9,62	9,18	8,80	8,46	8,16	7,89	7,64	7,42	7,21
LH60-30	30	1	410	14800	15,14	13,83	12,81	11,99	11,31	10,73	10,23	9,79	9,41	9,06	8,75	8,48	8,22	7,99	7,77
		2		16910	16,19	14,79	13,70	12,82	12,09	11,47	10,94	10,47	10,06	9,70	9,37	9,07	8,79	8,55	8,32

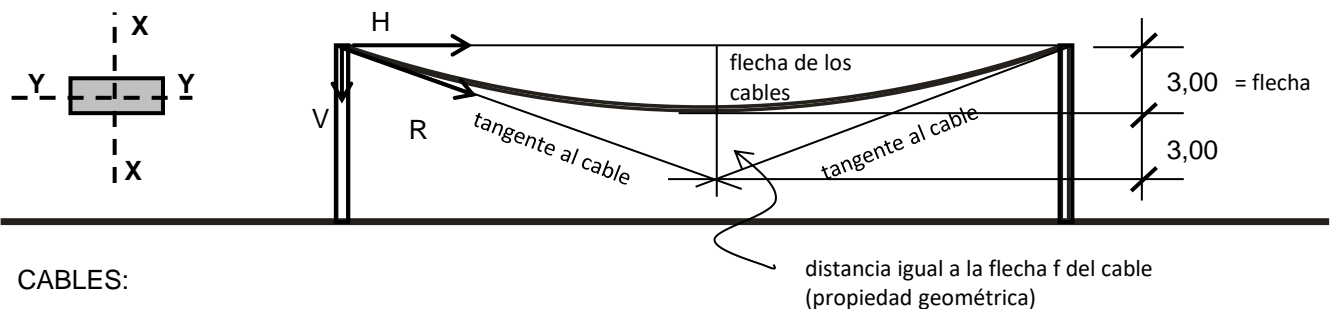
La tabla indica la sobrecarga que admite la losa hueca, ya descontado el peso propio.

En nuestro caso tenemos que considerar como sobrecarga a la parte de la capa de nivelación (180 kg/m^2), que si bien es una carga permanente, es sobrecarga para el fabricante de la losa; más la sobrecarga accidental que la evaluamos en 100 kg/m^2 . Total 280 kg/m^2 , y el momento flector de toda la carga incluido el peso propio de 1152 kgm/m . El fabricante dice que con estas condiciones la luz máxima libre entre apoyos es de 4,80, lo cual verifica nuestro requerimiento.

La cantidad de losas huecas que entren en la dimensión en que van colocadas (en nuestro caso 54,00 m) se correspondan con un número entero de losas, por eso elegimos 4,50 m de longitud:
 $54,00/4,50 = 12$ losetas.

ESTADOS DE CARGAS:			
1°	Peso propio	355 kg/m ²	↓
	Sobrecarga	100 kg/m ²	↓
	Total estado I	455 kg/m ²	↓
2°	Peso propio	355 kg/m ²	↓
	Viento	-61,2 kg/m ²	↑
	Total estado II	293,8 kg/m ²	↓

Resolvemos solamente con el peso propio (caso más desfavorable por ser el de mayor sollicitación), dado que el viento no afecta el sentido de las cargas.



CABLES:

Separación entre cables: 4,40 m (la losa hueca tiene 4,50 m y dejamos 5 cm a cada lado para apoyarla)

Carga en los cables: $Q_{\text{cables}} = 455 \times 4,50 = 2047,5 \text{ kg/m}$

Sollicitación horizontal: $H_{\text{cables}} = 2047,5 \times 30^2 / 8 \times 3 = 76.781 \text{ kg}$

$$H = \frac{q \times L^2}{8 \times f} \quad \text{Reacción horizontal en un arco sometido a carga repartida}$$

Sollicitación vertical: $V = 2047,5 \times 30 / 2 = 30.712 \text{ kg}$

Sollicitación en el cable: $R = \sqrt{(76.781)^2 + (30.712)^2} = 82.695 \text{ kg}$ Carga solicitante

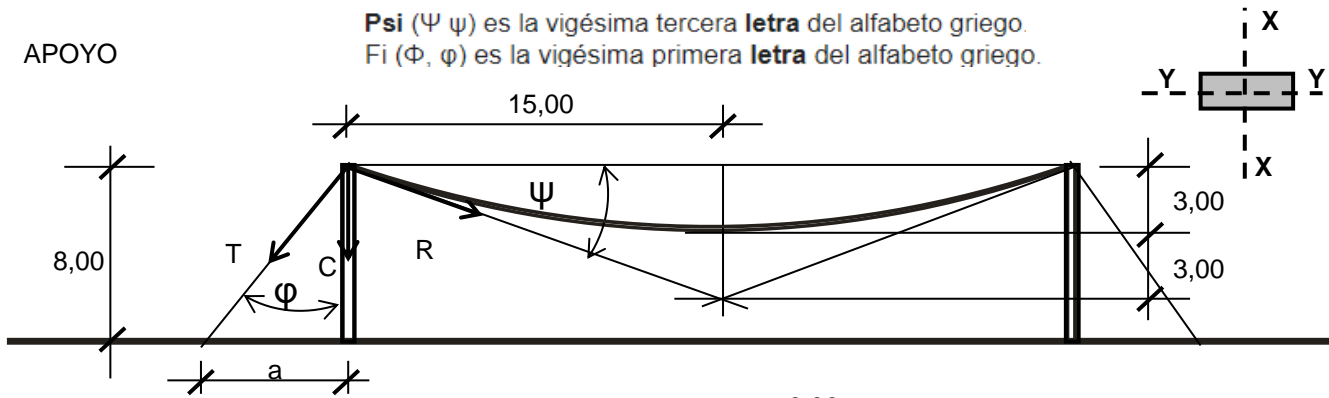
DIMENSIONADO DE LOS CABLES:

Considerando un coeficiente de seguridad de 2: $R_{\text{máx}} = 82.695 \text{ kg} \times 2 = 165.390 \text{ kg}$

$R_{\text{máx}} = 165.390 \text{ kg}$	Resistencia rotura 180 kg/mm ²	
	2 Cables 6 x 36 de 38 mm alma textil	Carga rot.: 172.000 kg

El coeficiente de seguridad resulta finalmente : $\frac{\text{Carga rot.: } 172.000 \text{ kg}}{\text{Carga sol.: } 82.695 \text{ kg}} = 2,08$

Psi ($\Psi \psi$) es la vigésima tercera **letra** del alfabeto griego.
Phi (Φ, ϕ) es la vigésima primera **letra** del alfabeto griego.



Solicitud en el cable: $R = 82.695 \text{ kg}$

$$\Psi = \text{arc tg} \frac{6,00}{15,00} = 21,8^\circ \quad \cos 21,8^\circ = 0,9285$$

$$\sin 21,8^\circ = 0,3714$$

Definimos $a = 5,00 \text{ m}$

$$\phi = \text{arc tg} \frac{5,00}{8,00} = 32^\circ \quad \cos 32,0^\circ = 0,8480$$

$$\sin 32,0^\circ = 0,5300$$

Ecuación de equilibrio en sentido horizontal:

Tensor: $T \times \sin 32,0^\circ = R \times \cos 21,8^\circ$

$$T = 82.695 \times \frac{0,9285}{0,5300} = 144.872 \text{ kg}$$

Ecuación de equilibrio en sentido vertical:

Columna: $C = T \times \cos 32,0^\circ + R \times \sin 21,8^\circ = 144.872 \times 0,848 + 82.695 \times 0,3714 = 122.854 + 30.713 = 153.567 \text{ kg}$

Dimensionamos el tensor:

$$T = 144.872 \text{ kg} \times 2 = 289.744 \text{ kg}$$

Resistencia rotura 180 kg/mm^2

Alma Textil AT

4 Cables 6 x 36 de 36 mm alma textil

Carga rot. = $4 \times 77.000 \text{ kg} = 308.000 \text{ kg}$

El coeficiente de seguridad resulta finalmente :

$$\frac{\text{Carga rot.: } 308.000 \text{ kg}}{\text{Carga sol.: } 144.872 \text{ kg}} = 2,126$$

DIMENSIONADO DE LA COLUMNA:

Estructuras N2 P6 – T V III – DNC – Guía de estudio nro. 4 – Columnas de Hormigón Armado

$$N' \cdot \gamma \cdot \omega = \sigma'_{bk} \cdot B + \sigma'_{ecol} \cdot A \quad (2)$$

N' : Carga de compresión
 γ : Coeficiente de seguridad
 ω : Coeficiente de pandeo
 σ'_{bk} : Tensión del hormigón
 B : Área del hormigón
 σ'_{ecol} : Tensión del acero
 A : Área del acero

$A_{mín} = 0.008 B$ o sea que $A_{mín}/B = 0,8\%$
 $A_{máx} = 0.03 B$ o sea que $A_{máx}/B = 3\%$

σ_{bk} : Tensión del hormigón H21 según el reglamento: 175 kg/cm^2

Sin considerar el pandeo:

Nos permite aproximarnos a una sección de columna por defecto. Del valor hallado con esta ecuación (sin considerar el pandeo) debemos elegir una sección que la supere. Luego verificamos considerando el pandeo

Ecuación de valores de rotura. Carga de rotura (valor mayorado con el coeficiente de seguridad 2,5) y tensiones de rotura de los materiales

$$F_b \text{ (cm}^2\text{)} = s \times b = \frac{153.567 \text{ (kg)} \times 2,5}{[175 \text{ (kg/cm}^2\text{)} + 0,01 \times 4200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}]} = 1769 \text{ (cm}^2\text{)}$$

sección necesaria

$$F_e \text{ (cm}^2\text{)} = 0,01 \times 35 \times 70 = 24,5 \text{ cm}^2 \qquad 12 \text{ } \varnothing 20 = 24,12 \text{ cm}^2$$

Adopto:

$$s = 35 \text{ cm}$$

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$F_b = 2450 \text{ cm}^2$$

Dimensionamos la columna:

$$\gamma \geq 2,5 \text{ Coef. de seguridad}$$

$$A = \text{sección del acero} \qquad \mu_0 = A/B \text{ cuantía geométrica}$$

$$B = \text{sección del hormigón} \qquad \mu_0 = 1\%$$

$$B = \text{suponemos una sección de } 35 \times 70 \text{ cm} \qquad B = 2450 \text{ cm}^2$$

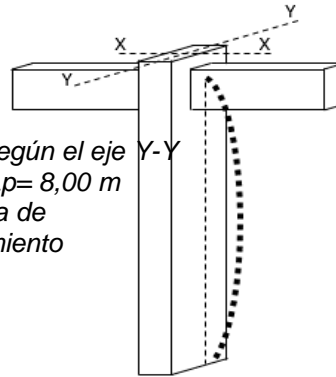
luego verificamos si anda

$$\lambda = \text{esbeltez} \quad \lambda = h(\text{altura})/b(\text{lado menor}) \quad \lambda = 8,00/0,35 = 23$$

Lc/bmin	ω
15	1.00
20	1.08
25	1.32
30	1.72
35	2.28
40	3.00

para valores intermedios deberá interpolarse

pandeo según el eje Y-Y
longitud $L_p = 8,00 \text{ m}$
por la viga de arriostramiento



pandeo según el eje X-X
longitud $L_p = 2 \times 8,00 \text{ m}$
sin viga de arriostramiento en esa dirección

Pandeo:	s/x-x long.pandeo: $L_p = 8,00 \text{ m}$ (viga de arriostramiento)	$\lambda = 800/35 = 23$	$\omega = 1,2$
	s/y-y long.pandeo: $L_p = 2 \times L = 16,00 \text{ m}$ (sin arriostram.)	$\lambda = 1600/70 = 23$	$\omega = 1,2$

Considerando el pandeo:

$$\sigma_b = \frac{C \text{ (col)} \times \omega}{F_b \text{ (cm}^2\text{)}} < 80 \text{ kg/cm}^2 = \sigma_{b_{adm}} \qquad \sigma_b = \frac{153.567 \text{ (kg)} \times 1,2}{F_b = 2450 \text{ cm}^2} = 75 \text{ kg/cm}^2$$

VERIFICA

Porqué aquí no consideramos el coeficiente de seguridad ($\gamma=2,5$)? Porque estamos comparando carga de servicio con tensiones admisibles. Si hubiéramos comparado con tensión de rotura, entonces debemos ir a la carga de rotura ($C \times \gamma$)

Los cables de acero se identifican mediante la nomenclatura que hace referencia a:

- 1.- la cantidad de cordones.
- 2.- la cantidad (exacta o nominal) de alambres en cada cordón.
- 3.- una letra o palabra descriptiva indicando el tipo de construcción.
- 4.- una designación de alma, cualitativa o cuantitativa.

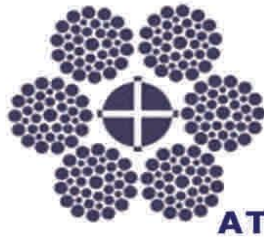
Esta nomenclatura simple es sumamente práctica y está internacionalmente normalizada para los cables convencionales.

6x7+1 AT (6 cordones por 7 alambres por cordón más un alma textil)

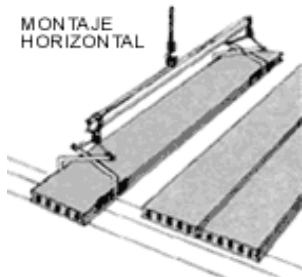
CABLE DE CONSTRUCCION
PARA USO GENERAL:
6 x 36WS

6 x 36WS
Construcción
del cordón:
1+7+7/7+14

AT alma textil
AA alma de acero



Diám. nom. mm	Peso		180 kg/mm ²				200 kg/mm ²			
	AT	AA	AT	AA		AT	AA			
	kg/100m	kg/100m	kN	kgf	kN	kgf	kN	kgf	kN	kgf
9,5	34,3	37,7	52,6	5370	56,3	5700	64,6	6600	69,8	7100
11	45,9	50,6	70,6	7200	75,5	7700	77,9	7900	86,5	8800
13	64,3	70,7	98,3	10000	106	10800	109	11100	118	12000
14	74,5	82	114	11600	124	12600	127	12900	137	13900
16	97,3	107	149	15200	161	16400	166	16900	179	18200
18	123	135	189	19200	204	20800	209	21300	226	23000
19	137	150	211	21500	227	23100	233	23800	252	25700
20	152	167	234	23800	252	25600	259	26400	279	28400
22	184	202	282	28700	304	31000	313	31900	338	34500
24	219	241	336	34200	363	36900	372	37900	402	41000
26	257	283	395	40100	425	43300	437	44600	472	48100
28	298	328	458	46600	493	50300	507	51700	547	55800
30	342	376	526	53600	566	57700	544	55500	587	59900
32	389	428	598	60800	644	65700	662	67500	715	72900
35	466	512	715	72900	771	78600	792	80800	852	86900
36	493	542	757	77000	816	83100	838	85500	907	92500
38	549	604	843	86000	887	90500	934	95300	1010	103000



DETALLES CONSTRUCTIVOS

