



FORMA97®

FORMACIONES MICROPILOTES Y ANCLAJES97,S.L

C/ Roquetes,20 ,22 y 24 Nave.38
Pol. Ind. Can Magre
08187 Sta. Eulalia de Ronçana (Barcelona)
Tel. +34 93 844 79 70 – Fax. +34 93 844 83 12
e-mail: forma97@forma97.es



OBRA CÉLULA FOTOVOLTAICA FORUM DE BARCELONA 2004

ÍNDICE

Página

0- Postensado FORMA97.	1
1- Distribución nº de tendones	5
2- Características cordones de tensar	8
3- Características mecánicas gatos de tesado.	9
4- Características mecánicas centrales hidráulicas	10
5- Bomba de inyectado	11
6- Lanzadora de cable	12
7- Placas activas	13
8- Placas pasivas	14
9- Conectores ANFOR SYSTEM	16
10- Vaina corrugada	17
11- Respiradero	18
12- Trompeta (cono+placa reparto+tubo inyección)	19
12.1- Placa de clavado	20
12.2- Cono	21
12.3- Tubo acero inyección	22

13- Placa de reparto monotendón	23
14- Tubo respiradero	25
15- Tubo PEAD	26
16- Cuña de clavado/reparto	27
17- Casquillo.	28
18- Placa de clavado	29
19- Placa de arrastre	30
20- Placa de apoyo	31
21- Lechada	32
22- Grasas	32
23- Espuma	33
24- Procedimiento de tesado	34

ESTACIÓN DE AUTOBUSES DE PAMPLONA



La ventaja del postensado consiste en comprimir el hormigón antes de su puesta en servicio, de modo que las tracciones que aparecen al flectar la pieza se traducen en una pérdida de la compresión previa, evitando en mayor o menor medida que el hormigón trabaje a tracción, esfuerzo para el que no es un material adecuado.



El hormigón postensado funciona cuando se emplea combinado con algunos elementos que le permiten resistir los esfuerzos. Uno de los más importantes es la zona de anclaje, se emplean en vigas con tendones postensados, las cuales deben utilizarse bloques extremos a fin de distribuir las fuerzas concentradas del preesfuerzo en el anclaje.

Además de la aplicación del sistema de postensado en puentes, existe una gran variedad de aplicaciones entre las cuales se podría mencionar:

- Postensado en viaductos.
- Postensado en la construcción de losas.
- Postensado de depósitos y cisternas.

La aplicación del sistema KIT ANFOR SYSTEM se puede enumerar en:

- Construcción de puentes.
- Avance de dovelas prefabricadas
- En voladizos sucesivos
- Vigas y arcos prefabricados
- Puentes atirantados
- Puentes colgantes

Las ventajas del uso de este sistema en puentes pueden resumirse en:

- Permite construir luces más largas sin apoyos intermedios.
- Permite optimizar los diseños en base al tensado por etapas.
- Permite la construcción de puentes de grandes luces en lugares poco accesibles.
- Disminuye la necesidad del uso de grúas y sistemas de izado.

A continuación se da una serie de recomendaciones para llevar a cabo, en forma completa, un trabajo de postensado multitorón, desde las previsiones hasta la recepción final de los trabajos.

Un diseño correcto debe incluir como mínimo, en planos y especificaciones:

- Definición geométrica de cada uno de los cables: Trazo del eje y posición de los anclajes y acopladores.
- Características del acero de preesfuerzo: Resistencia a la tensión y área o diámetro nominal.

Función de los anclajes: Activos o Pasivos

- Definición del refuerzo local en las proximidades de los anclajes: Refuerzo de revestimiento.
- Secuencia del tensado e Inyectado.
- Fuerza de gateo (máximo) y de acuíado (mínimo) para cada extremo de tensado.
- Variación esperada de fuerza de tensado a lo largo de cada cable, por fricción, en el instante del tensado y en tiempo infinito. De la primera se deduce el alargamiento esperado del cable.
- Características del concreto: Consistencia y resistencia a la compresión, requerida para poder tensar.
- Definición de la Inyección de ductos.
- Proporcionamiento y tipo de cemento y agua.
- Propiedades exigibles a los aditivos en su caso.
- Presión de Inyección.
- Deformaciones esperadas de la estructura presforzada.



En FORMA97 contamos con una nave industrial para la fabricación de los elementos de nuestro KIT ANFOR SYSTEM de postensado.

Dispone de tornos CNC para la fabricación de placas, equipos de soldadura, puentes grúa, maquina de vaina, amplio espacio para la entrada de vehículos para una carga rápida y fácil y un largo etcétera.

Con todo esto, y un equipo de trabajo cualificado y eficaz, conseguimos la fabricación y la entrega de los elementos d con el resultado de la fabricación de los componentes del KIT ANFOR SYSTEM en un tiempo reducido y una calidad que satisface al cliente gratamente.



1- Distribución tendones.

FORMA97 suministra y monta en función de las exigencias del cliente. Dichas exigencias entran dentro de lo que llamamos en nuestra empresa, familia de tendones.

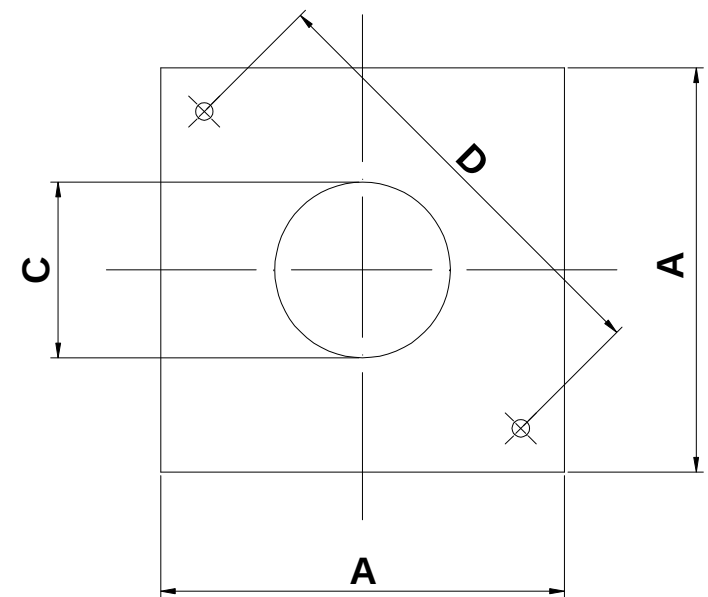
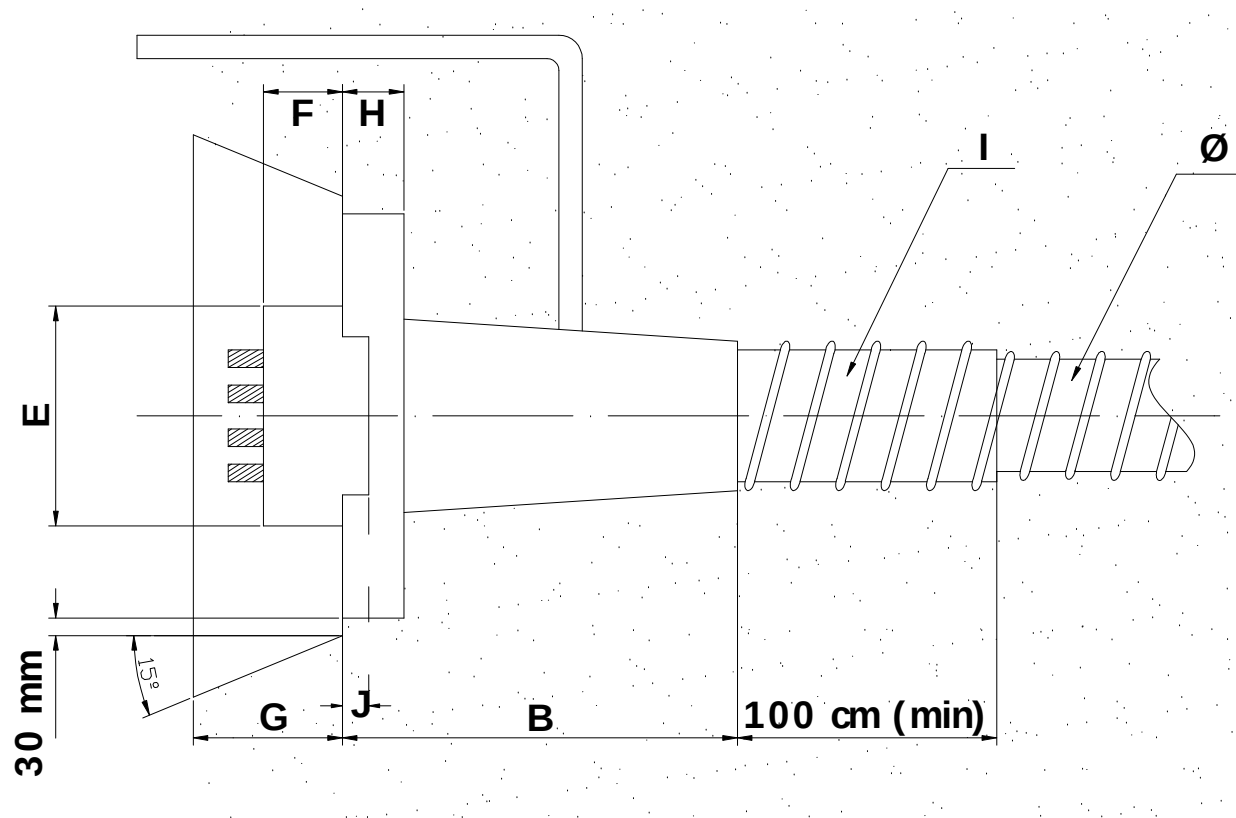
Para facilitar el trabajo, hemos dividido e rango de 4 a 37 tendones en familia.

Con esta distribución conseguimos unificar elementos, estandarizando y consiguiendo entregas más rápidas y eficaces.

Por separado, suministramos también monocordones, tendones de 2 o 3 cordones, y bajo estudio y diseño previo, adaptarnos a tendones superiores.



FORMA97®



FAMILIA DE TENDONES

4 / 06"	7 / 0,6"	9 / 0,6"	12 / 0,6"	15 / 0,6"	19 / 0,6"	25 / 0,6"	31 / 0,6"	37 / 0,6"	
185	225	255	295	325	365	415	475	510	A
125	165	185	235	315	415	455	560	590	B
91	101	124	140	154	164	204	224	250	C
190	235	280	335	360	420	490	575	550	D
110	125	150	170	190	210	240	270	290	E
45	45	50	50	60	70	80	90	105	F
105	105	110	110	120	125	135	150	165	G
30	35	40	45	55	55	65	75	75	H
51	63	75	81	90	100	110	120	130	I
51	51	63	75	90	100	110	120	130	Ø
5	5	5	5	5	5	5	5	5	J

FAMILIA DE TENDONES

2- Características cordones de tensar.

En **FORMA97** ofrecemos el servicio de suministro de cable, que es el elemento principal del tendón y es capaz de almacenar la fuerza que le ha aplicado un gato hidráulico y aplicarla a la estructura, de las siguientes características:

Diámetro	Norma	Tipo cordón	Diámetro nominal	Sección	Masa	Carga máxima rotura	Limite elástico Al 1%	Relajación a 1000h. a 0.7-0.8 f _{pk}	
			mm	mmq	g/m	kN	kN	(0.7) %	(0.8) %
0.5” (T13)	BS 5896/80	Normal	12.5	93	730	164	139	2.5	4.5
		Super	12.9	100	785	186	158	2.5	4.5
	ASTM A416/98	Calidad 270	12.7	98.7	775	183.7	156	2.5	4.5
0.6” (T15)	Standard Francese e er EN 10138	Normal	15.2	140	1095	260	230	2.5	4.5
		Super	15.7	150	1170	279	248	2.5	4.5
0.6” (T15)	BS 58986/80	Normal	15.2	139	1090	232	197	2.5	4.5
		Super	15.7	150	1180	265	225	2.5	
0.6” (T15)	ASTM A416/98	Calidad 270	15.24	140	1102	260.7	221	2.5	4.5
0.6” (T15)	ASTM A416/98	Compacto	15.2	165	1290	300	264	2.5	4.5

Conjunto formado por seis alambres de igual diámetro nominal d, enrollados helicoidalmente, con igual paso y en el mismo sentido de torsión, alrededor de un alambre central recto cuyo diámetro estará comprendido entre 1,02 d y 1,05 d (según UNE 36094:97).

Se emplea el cordón de 15,2 mm (0,6”), dispuesto de 7 cables o hilos de acero de acuerdo con la norma prEN10138-3.

Su suministro es en bobinas de aproximadamente 2,5 a 3 toneladas de peso y diferenciamos entre cordón de acero desnudo para tendones adherentes y cordón de acero unbonded, engrasado y plastificado, para tendones no adherentes.

3- Características mecánicas gatos de tensar.

Tenemos los servicios que ofrecen los gatos que tiene **FORMA97** para la realización de los trabajos de tesado. El rango de tesado va desde 240 kN, con un cable tensado, hasta la realización del trabajo de tesado del gato de 9750 kN, que es capaz de tesar la cantidad de 37 cables.

	Presion maxima (Bar)	Fuerza inyectar (KN)	Fuerza retroceso (KN)	Medidas (ØXLong)	Superficie embolo de tensar (cm2)	Peso (kg)
240 KN Unifilar	520	48.4	58.9	188X688	47,13	25

Fuerza de tensar (KN)	1090	1500	2100	3000	4800	6800	9750
Con presión aprox. (Bar)	600	550	550	550	550	550	550
Superficie embolo de tensar (cm2)	182,21	278,02	388,77	549,78	876,51	1237,01	1772,45
Carrera de tensar/acuñar (mm)	200/60	250/40	250/60	250/60 250/160 460/60	200/60 300/60	120/60 300/60	300/60
Medidas prin. (ØXlong) (mm)	226X750	280X850	328X840	375X880 375X980 375X1090	470X1040 470X1140	560X1020 560X1200	680X1200
Paso (mm)	85	120	140	150	185	225	260
Max. Cables trenzados	5X0.6"	7X0.6"	10X0.6"	15X0.6"	24X0.6"	31X0.6"	37X0.6"
Sobresaliente min. De trenzado (mm)	650	750	800	800 900 1000	950 1050	970 1150	1200
Peso con/sin pieza intercambiable (Kg)	80/60	195/165	260/218	320/255 340/275 420/335	680/540 750/600	1030/720 1185/875	1770/1390
Nº de referencia	76-040.00	76-038.00	76-014.00	76-043.00 76-029.00 76-044.00	76-036.00 76-019.00	76-042.00 76-025.00	76-022.00



4- Características centrales hidráulicas.

FORMA97 puede proporcionar para el proceso de tesado de las obras, los dos modelos de central hidráulica que tenemos a nuestra disposición. Estas son las abajo reflejadas en la tabla, con sus correspondientes características. La fuerza de tesado que aplica el gato, es directamente proporcional a la presión hidráulica que le transmite la central.

Si realizamos la comparación, podemos ver como el gato de 1090kN es el que necesita mayor presión (600bar) y las centrales son capaces de proporcionar hasta 700bar de presión, con lo cual, las centrales son compatibles con los gatos de que disponemos.

Tipo (nº de ref.)	77-193.00	77-227.32
Bomba (l/min.)	3,0	3,7 / 7,4
Presión máx. (bar)	700	700
Mando	manual	manual
Potencia motor (kW)	3,0	5,5
Tensión (V/Hz) 3 fases (estándar)	400 / 50	400 / 50
Depósito aceite (l) NG/Cantidad útil	15 / 10	50 / 30
Peso (Kg.) sin aceite	57	120



5- Bomba de inyectado.

La bomba de inyección tipo “T” esta diseñada para garantizar una flexibilidad máxima en todo tipo de terrenos y bajo condiciones severas. Puede ser remolcado y esta equipado con todos los dispositivos de seguridad necesarios para el uso diario.

Está diseñado con dos tanques, uno para la mezcla y otro donde se realiza dicho proceso. Este mezclador es accionado con una turbina capaz de girar a 1500 rpm.



6- Lanzadora de cable.

Máquina concebida para la introducción de cables de acero trenzado de la medida necesaria para el pretensado. Dispone de dos rodillos de arrastre cementados de larga duración para el arrastre de los cables. Estos se fabrican con la ranura necesaria.

La máquina dispone de un armario de control para el funcionamiento del motor que compone la máquina.

Dichas lanzadoras son almacenadas en los estantes de la sala de gatos de la nave.

Para su posterior transporte a la obra, se montan en palés y correctamente retractorizadas. Una vez llegamos a la obra en cuestión colocaremos la lanzadora con una grúa si es posible, en su defecto, ésta será correctamente ubicada mediante 4 o 5 operarios.

Datos técnicos

Transporte de cable	Ø 4 – 16 mm
Velocidad máx. lanzado cable	0,25-1,0 m/sec
Motor	1,5 kW
Peso	45 kg



7- Placas activas.

Placa de acero circular con taladros cónicos para el alojamiento de las cuñas, que se apoya a la placa de reparto al aplicar tensión a los cables.

Las dimensiones vienen definidas según número de cordones y la distribución de agujeros es la adecuada para el perfecto funcionamiento de las placas activas.



Nº Cordones 0.6"	Espesor placa	Ø exterior placa
4 Ø 0.6"	50	110
5,6,7 Ø 0.6"	50	125
8,9 Ø 0.6"	55	150
10,11,12 Ø 0.6"	55	170
13,14,15 Ø 0.6"	65	190
16,17,18,19 Ø 0.6"	75	210
20,21,22,23,24,25 Ø 0.6"	85	240
26,27,28,29,30,31 Ø 0.6"	95	270
32,33,34,35,36,37 Ø 0.6"	110	290

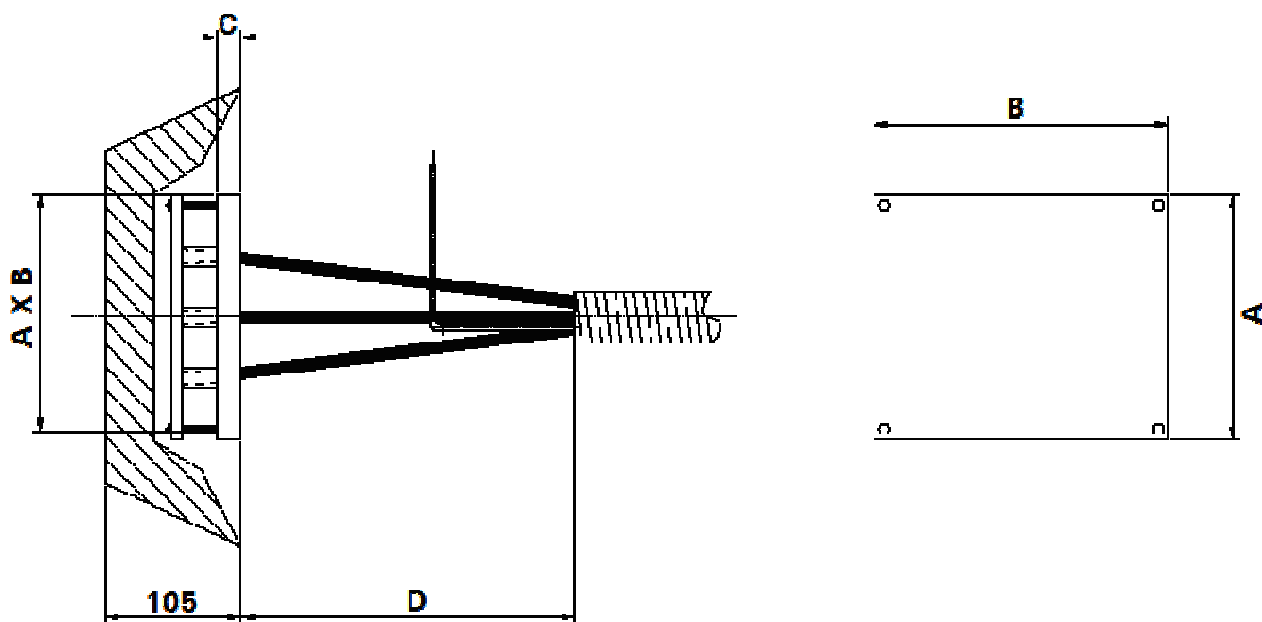
8- Placas pasivas.

Placa de acero, normalmente cuadrada, embebida en el hormigón situada en el extremo de donde se realizará la tensión de los cordones. Ésta soportará la tensión apoyándose en el hormigón. Las placas de retención, serán de las mismas medidas que la placa pasiva, haciendo la función de retener los casquillos alojados entre esta y la placa pasiva.

La distribución de agujeros queda dispuesta en los planos y va en función de la cantidad de cordones.



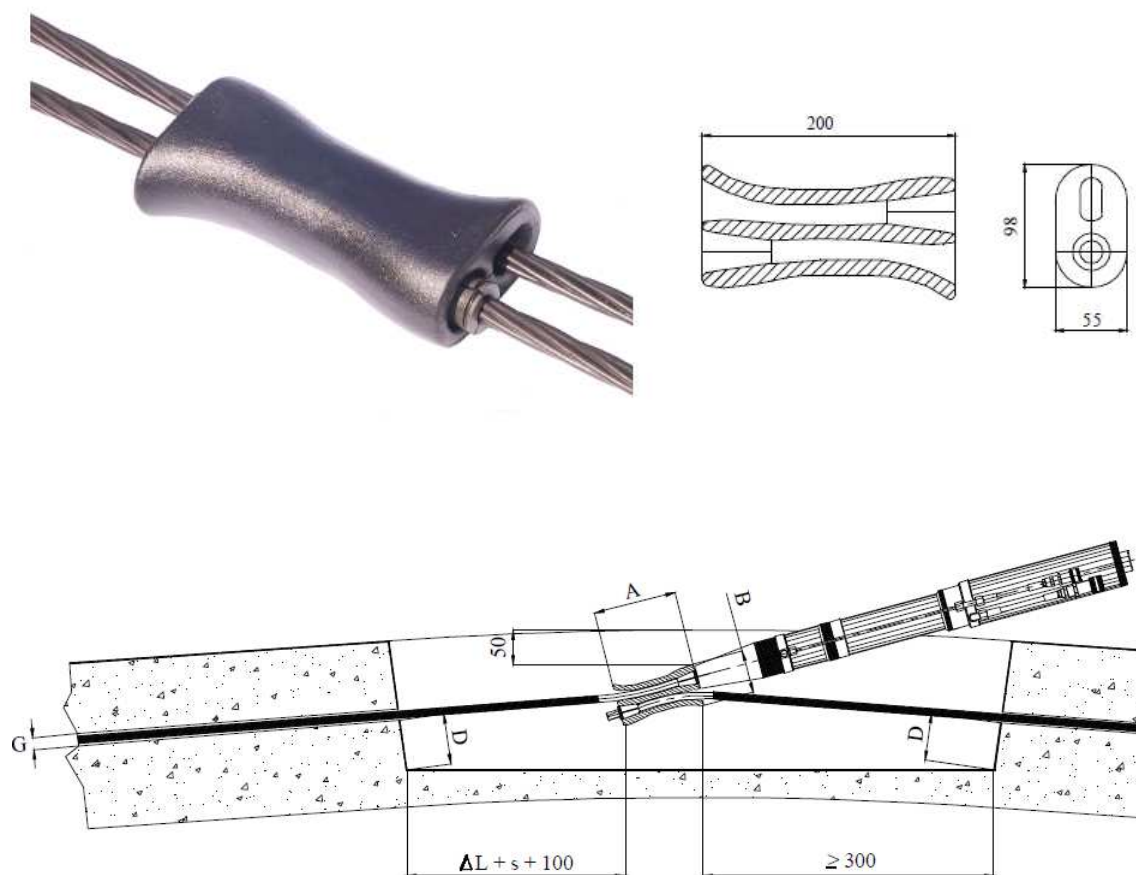
Medidas placas pasivas / placas retención.



Núm. cordones 0,6"	4	5-7	8-9	10-12	13-19	20-24	25-31
A (mm.)	225	255	305	335	405	435	570
B (mm.)	145	165	185	225	265	265	275
C (mm.)	20	20	20	30	30	40	40
D (mm.)	600	700	800	800	850	850	900

9- Conector ANFOR SYSTEM.

Conector para depósitos circulares.



<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
200	98	55	60	(*)	180	20

(*) $E = 45 + n \times B$

10- Vaina corrugada.

Es el conducto que se embebe en el hormigón de la losa, por el interior del cual discurren y deslizan los cordones.

La vaina en los cordones unbonded es su propia funda de plástico. Funda que no se adhiere al cordón debido a la grasa que cubre su hueco interior y que tiene una adherencia pobre contra el hormigón debido a su superficie lisa.

En los tendones para losas postesadas de edificación, la vaina es corrugada. Corrugada para garantizar una buena adherencia al hormigón de la losa y al cordón.

Su colocación es manual, se apoya en las sillas que materializan el trazado y se amarra a ellas con alambre.

Número de cordones 0.6"	Ø Vaina
4,5,6 y 7	51
8 y 9	63
10, 11 y 12	75
13, 14 y 15	90
16, 17, 18 y 19	100
20, 21, 22, 23 y 24	110
25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31	120
32, 33, 34, 35, 36 y 37	130

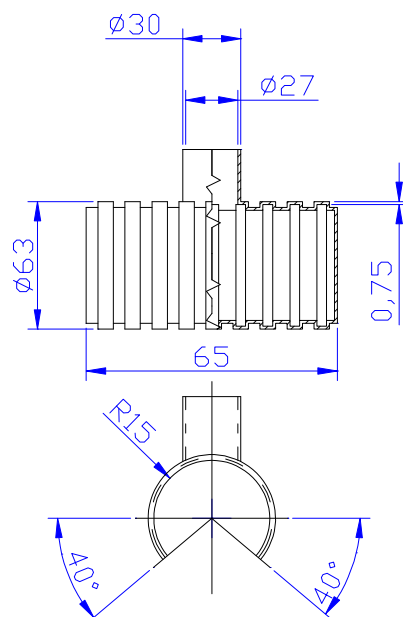
11- Respiradero.

Abrazadera de polietileno de baja densidad que abraza a la vaina exteriormente y sobresale de ella un tubo cilíndrico por donde se le empalmará un tubo PEAD para que a través de él se pueda extraer el aire interior.

Se colocan a cada “cresta” (punto más próximo a la superficie superior) de la vaina interior cuando el recorrido es parabólico.

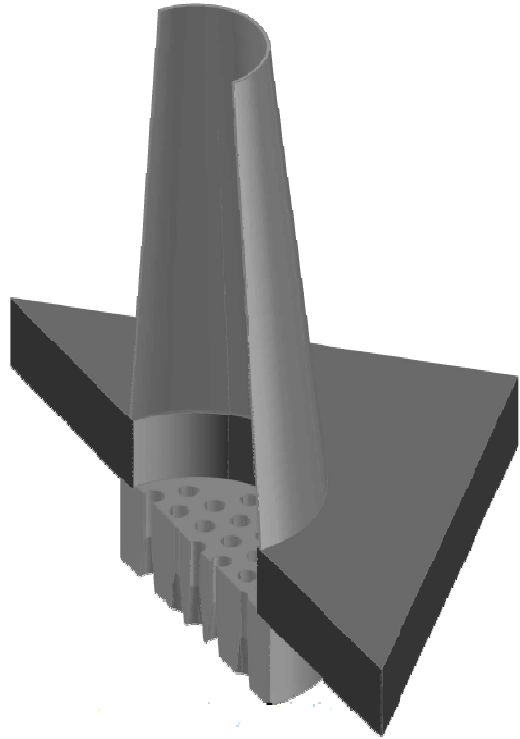
Queda fijado a la vaina por la propia elasticidad del material y por la forma del perfil de la vaina.

Se usa un único modelo que se adapta al diámetro de la vaina

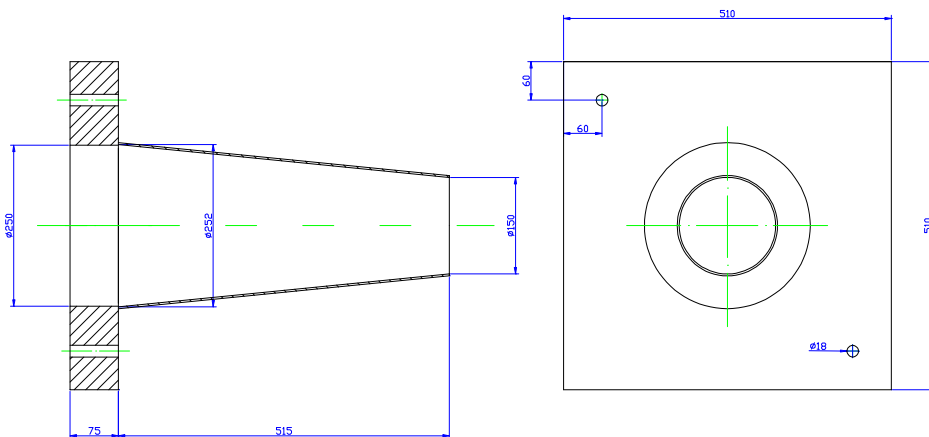


12- Trompeta.

Transición entre el diámetro que el tendón ocupa en la placa activa y la vaina.



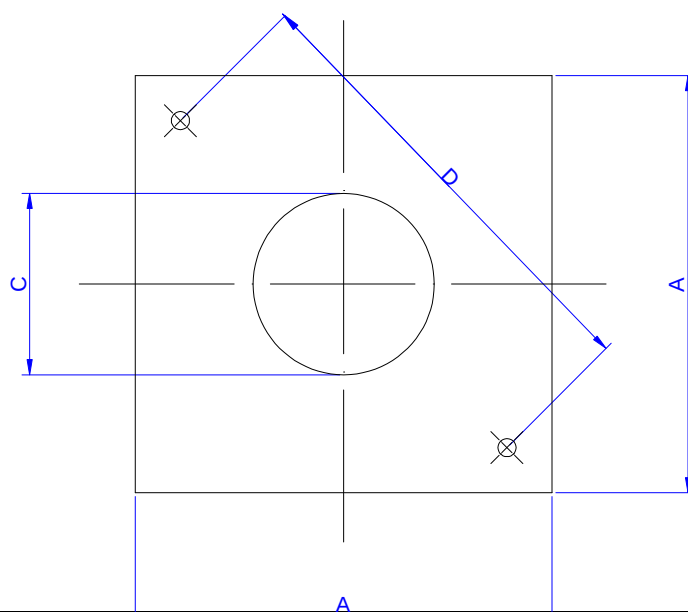
Se compone por 3 piezas soldadas: **cono, placa reparto y tubo acero inyección**



Ejemplo: Conjunto Placa-Cono para 37Ø0.6"

12.1- Placa de reparto.

Placa rectangular o cuadrada con agujero interior pasante cilíndrico, de acero. Transmite la fuerza de pretensado al hormigón.



4 / 06"	7 / 0,6"	9 / 0,6"	12/0,6"	15/0,6"	19/0,6"	25/0,6"	31/0,6"	37/0,6"	
185	225	255	295	325	365	415	475	510	A
91	101	124	140	154	164	204	224	250	C
190	235	280	335	360	420	490	575	550	D
30	35	40	45	55	55	65	75	75	e

e= espesor

Tabla con medidas según n° de cordones:

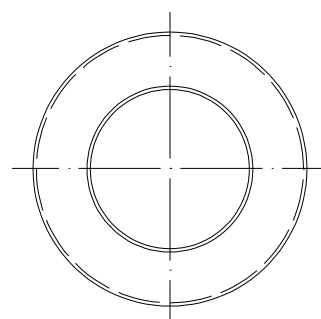
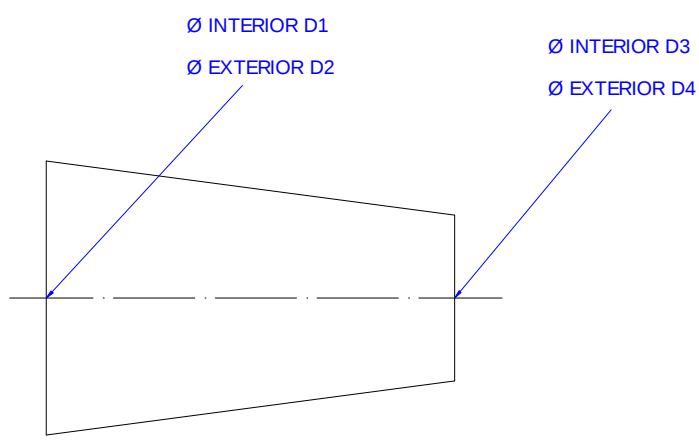


12.2- Cono.

Cono de chapa que queda embebido dentro del hormigón, situado entre la placa de reparto y la vaina. Nos sirve para guiar y proteger la salida de los cordones de la placa activa hacia el interior

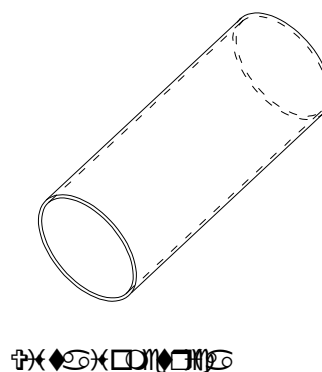
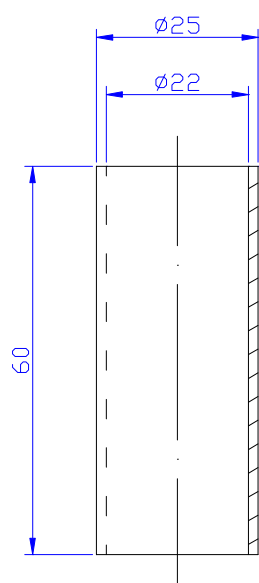
Tabla con medidas según n ° de cordones:

PLACA	D1	D2	D3	D4	Longitud
4	101	105	61	65	95
5,6,7	111	115	73	77	130
8,9	134	138	73	77	145
10,11,12	150	154	85	89	190
13,14,15	164	168	100	104	260
16,17,18,19	174	178	110	114	360
20,21,22,23,24,25	214	218	120	124	390
26,27,28,29,30,31	234	238	130	134	485
32,33,34,35,36,37	246	252	144	150	515



12.3- Tubo acero inyección.

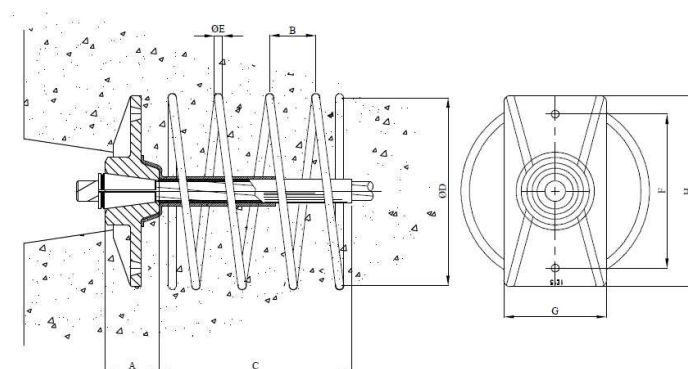
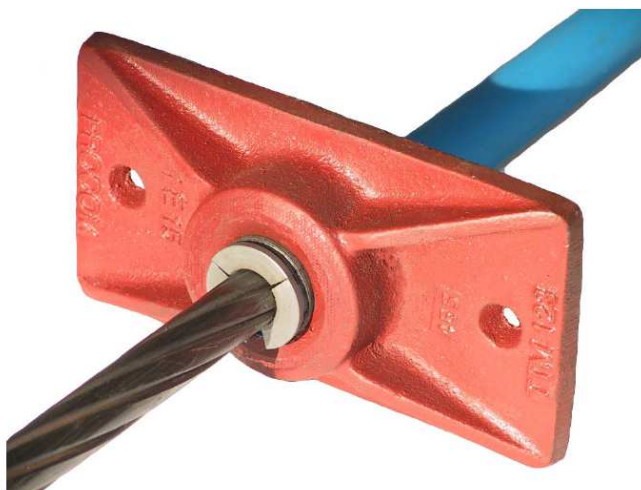
Tubo de acero por el cual se inyecta a presión la lechada en el interior de la vaina.



13- Placa de reparto monotendón.

Placa rectangular con agujero interior pasante cilíndrico, de acero.

Transmite la fuerza de pretensado al hormigón.



<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
42	50	175	100	6	114	79	150

FORMA97®



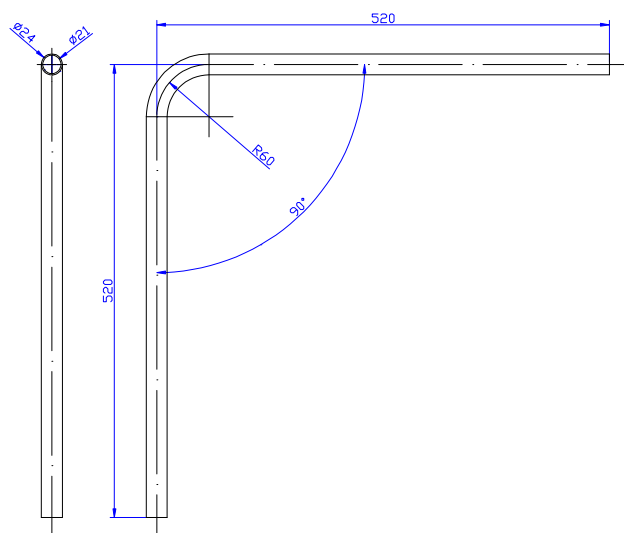
ANFOR®SYSTEM

14- Tubo respiradero.

Tubo de acero montado al extremo interior de la vaina (donde se encuentra la placa pasiva no-accesible) para, una vez finalizada el post-tensado, poder extraer, a través de él, el aire interior de la vaina, aplicando lechada a presión en su interior.

Se introduce a presión y queda fijado a la vaina con la espuma que se aplica al extremo de la vaina.

Se monta un único modelo de tubo.



15- Tubo PEAD.

Tubo de PE (polietileno) de alta densidad que canaliza el aire hacia el exterior de la obra. Sirve para saber, cuando se inyecta la lechada en el interior de la vaina, por donde va circulando ésta, y para extraer de aire del interior.

Tubo de $\varnothing_{\text{ext}} = 20\text{mm}$ i espesor pared de 2,5mm, de longitud la necesaria para que pueda sobresalir de la obra (más o menos 1m).

Queda fijado al tubo respiradero a presión.



16- Cuña clavado/arrastre.

Elemento metálico de forma tronco-cónica dividida en tres segmentos con un mecanizado interior cilíndrico labiado para la sujeción de los cordones en la placa activa y pasiva (cuñas de clavado) y para el desplazamiento de la placa de arrastre (cuña de arrastre).

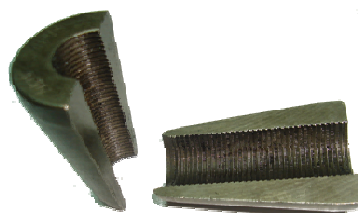


Clavado:

- $R_m = \text{min. } 1860 \text{ N/mm}^2$
- Carga rotura= min. 260 kN
- Material C15pb K +
tratamientos térmicos +
tratamientos superficiales

Arrastre:

- $R_m = \text{min. } 1994 \text{ N/mm}^2$
- Carga rotura= min. 286 kN
- Material ST 52-3 Estirado
redondo 34 + tratamiento
térmico+tratamiento
superficial.



17- Casquillo.

Cilindro con agujero cónico para clavar en su interior las cuñas en la parte pasiva del postensado.

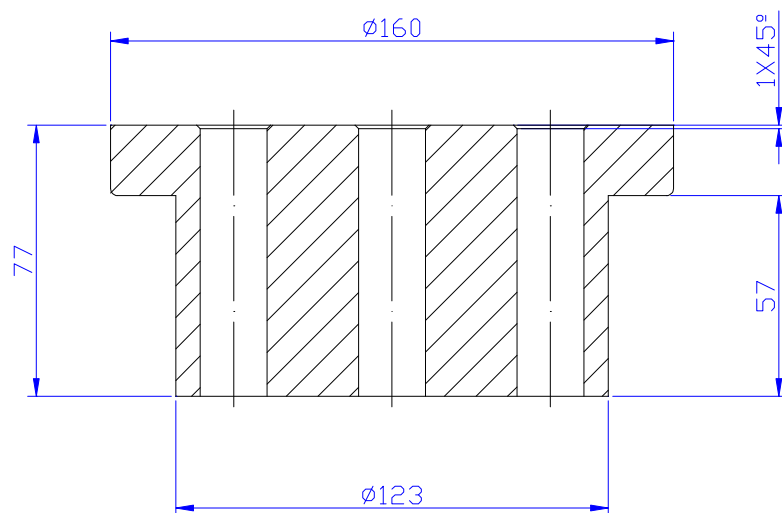


- **Carga útil máxima (kN):** 160
- **Carga limite (kN):** 240



18- Placa de clavado.

Placa de acero F-1252 situada en la parte interior frontal del gato que clava las cuñas en la placa activa.



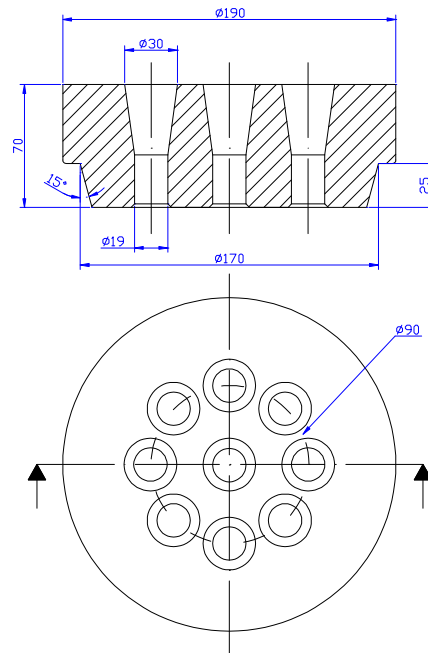
Ejemplo placa gato 2100kN



El diámetro de cada placa dependerá del gato en que se usa y de la placa activa. La distribución de los agujeros para pasar los cables por el interior del gato sigue la misma que la de la placa activa usada en ese momento.

19- Placa de arrastre.

Placa con agujeros cónicos (donde se apoyaran las cuñas de arrastre) situada en la parte posterior del gato encargada de tensar los cordones.



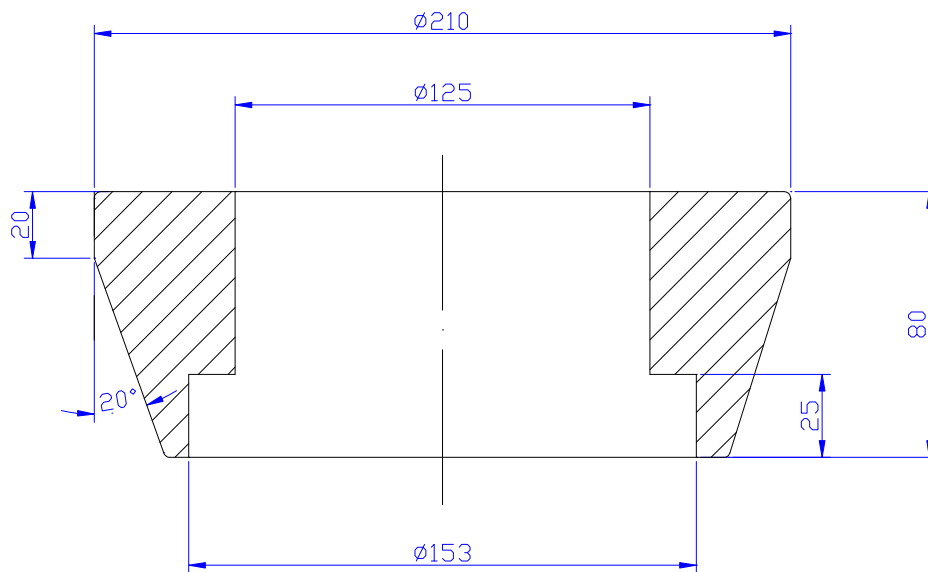
Ejemplo placa gato 2100kN



Sus dimensiones externas dependerán del gato que usemos y del diámetro de placa activa utilizada.

20- Placa de apoyo.

Placa que sirve de apoyo entre el gato y la placa de reparto antes de iniciar el tensado de los cordones.



Ejemplo placa gato 2100kN



Sus dimensiones externas dependerán del gato que usemos y del diámetro de placa activa utilizada

21- Lechada.

Mezcla de cemento con agua, a una proporción de 5 sacos de hormigón (de 35kg cada uno) para cada 50L de agua.

Se hace la mezcla “in situ” con los materiales facilitados por la propia obra. Posteriormente a la inyección se toman muestras en probetas para ser analizadas

22- Grasas.

Se llena el interior de la vaina con grasa para evitar la corrosión de los cordones interiores, cuando por algún motivo necesitamos que el cordón pueda tener un poco de movimiento dentro de la vaina.

KRAFFT KL-2

Características técnicas:

Temperaturas de utilización (°C):	-30 a 130°C
Color:	Marrón
Naturaleza del espesante:	Jabón de Litio
Naturaleza del aceite:	Mineral
Punto de Gota (ASTM-D-566) (°C):	>190
Consistencia:	NLGI 2
Penetración a 60 golpes (ASTM-D-217):	265 – 295
Variación penetración 105 golpes (ASTM-D-217):	35 máx.
Resistencia al agua (ASTM-D-1264):	5%
Corrosión cobre (ASTM-D-4048):	1b máx.
Separación aceite (ASTM-D-1742) (%):	4
Cargas y metales pesados:	Exenta

Se nos suministra en bidones de 50kg.

23- Espuma.

Se usa para evitar la entrada de hormigón en la vaina en el momento de hormigonar, tapándola.

KRAFFT P-45



Características técnicas:

Color:	Amarillo
Contenido:	750 ml.
Volumen Expandido:	aprox. 45 lt/envase
Densidad (ASTM D 1475):	17 kgs/m3
Resistencia a tracción (DIN 53430):	16 N/cm2
Alargamiento a rotura (DIN 53430):	23 %
Resistencia a flexión (DIN 53423):	15 N/cm2
Resistencia al cizallamiento (DIN 53422):	45 N/cm2
Absorción al agua (DIN 53421):	0,3%
Permeabilidad al vapor de agua (DIN 53429):	70 gr/m2 día
Conductividad térmica (DIN 52612):	0,04 W/nK
Formación de piel (20°C y 60% HR):	10 min.
Velocidad de curado (a 20°C):	2 cm/ 30 min.

24- Procedimiento de instalación.

Descripción del proceso de montaje de postensado de la empresa FORMA97
Las vainas deben colocarse en formas precisas y sujetarse al acero de refuerzo, que para entonces ya debe haberse puesto sobre la mesa que contiene los moldes.

Las vainas tienen una longitud máxima de 5m, y cuando la longitud de la losa requiera una mayor longitud de vaina, éstas se empalman usando como empalme 20cm de vaina del siguiente diámetro mayor, y se enrosca a las dos vainas, unos 10 centímetros a la que llega, y los 10 centímetros restantes a la que sigue.



En el caso que el recorrido del tendón fuera parabólico (no es decisión de FORMA97) colocaremos respiraderos en cada cresta de recorrido para que nos fuera “informando” que esa zona de la vaina está llena de lechada.

La lanzadora de cable lo que hace es ir desenroscando el cordón del rodillo y el operario lo va dirigiendo dentro de la vaina.



Si el cordón fuera de tipo no-adherente se aplica la misma operación.

En el otro extremo del cordón se encuentra otro operario quien recibe el cordón, y va avisando al primer operario cuando el cordón llega a su fin de recorrido. Se van acumulando ahí los cordones hasta que se han lanzado el número de cordones necesarios que van a formar el tendón.

Aquí se puede ver 3 vainas, en una de las cuales ya se han introducido los cordones que forman el tendón.



El operario de la lanzadora de cable, una vez que el otro operario le ha avisado que el cordón ha llegado a su destino, corta el cordón dejando una longitud libre de éste para la posterior colocación del gato, puesto que hay que tener en cuenta que el cordón debe atravesar el gato por su interior para que éste pueda tensarlo.

Una vez se han lanzado el número de cordones que forman el tendón, se procede a la colocación de la placa pasiva que, en este caso, quedará embebida en el hormigón.



El siguiente paso será el fijar los cordones a la placa pasiva, ya que ésta quedará embebida en el hormigón y, por lo tanto, la tensión a la que serán sometidos los cordones acabará transmitiéndose al hormigón.



Se introducen los casquillos (cilindros de acero con agujero cónico para las cuñas) en cada uno de los cordones...



Y a continuación introduciremos también las cuñas en el interior de los casquillos con la ayuda de los denominados *gatos de extrusión* a una tensión de, como se puede apreciar en el manómetro de la central hidráulica, 350bar, asegurándonos así que la cuña va a morder bien el cordón y éste no deslizará al aplicar la tensión en el otro extremo.



Una vez clavadas las cuñas en los casquillos, el siguiente paso será montar las placas de retención. Como su nombre indica, la función de estas placas de acero de 4mm de espesor es la de retener y mantener a las cuñas en los casquillos.

Unimos las placas de retención con las placas pasivas mediante espárragos roscados y se fijarán con tuercas.



Cuando la placa pasiva se apoya en el otro extremo de la viga y, por lo tanto, no va embebida en el hormigón, montaremos una placa activa y todo su conjunto (placa de reparto, cono,...) igual al montado en la zona activa.

Una vez montada las placas pasivas (en el caso de placa activa-placa pasiva) sólo falta introducir el tubo respiradero (tubo hueco en forma de "L"), que su función será la de expulsar el aire del interior de la vaina e informarnos del camino que llevará la lechada al inyectarse por el otro extremo.



Se sellará la entrada de la vaina con espuma de poliuretano para que al hormigonar no nos entrara hormigón dentro de la vaina.

Cuando el hormigón tenga ya la suficiente dureza para poderse llevar a cabo el tensado y la dirección de obra lo autorice, los operarios de la empresa FORMA97 volverán a la obra para continuar con el postensado.

Antes del tesado habrá que montar las placas activas y las placas interiores del gato necesarias para poder tensar y clavar las cuñas.

Se recorta el sobresaliente de la vaina para que al montar la placa activa, ésta se pueda apoyar bien en la *placa de reparto* (placa que transmitirá el esfuerzo del postensado al hormigón)

Ésta será la placa que se usarán en obra. Sus dimensiones y números de agujeros dependerán de la tensión a aplicar y del número de cordones a tesar.



Se coloca la placa activa, haciendo pasar cada cordón por un agujero, sin forzar la dirección de los cordones, no fuera el caso que nos quedara un “nudo” en el interior de la vaina y que al tesar se nos pudiera romper un cordón.



El siguiente paso será introducir las cuñas de clavado y posicionarlas con la ayuda de un tubo hueco como se puede observar en la siguiente fotografía.



Se coloca el gato (con ayuda de una grúa) delante de la zona activa para proceder al tesado de los cordones.

El orden de tesado debe haberse preestablecido con el proyectista. Por lo general se intenta poner en carga la losa de una forma centrada alternando cordones y laterales.



Se conectan todas las mangueras necesarias a la central hidráulica para que ésta pueda transmitir fuerza al gato.

Se usarán dos manómetros, ya que de la central hidráulica al gato hay pérdidas (mangueras, racores,..). La tensión válida será la que marca el manómetro colocado en el gato, que es el de la siguiente fotografía.

Una vez posicionadas las cuñas colocamos las placas que después del tesado se retirarán, pero que ahora nos servirán para el apoyo del gato y el clavado de cuñas respectivamente.

Se coloca la placa de apoyo, placa que queda entre el gato y la placa activa.



Aquí vemos el montaje de la placa de apoyo y de clavado.



Con una grúa se amarra el gato para ser levantado, atravesado por los cordones y finalmente apoyándolo en las placas posicionadas



Una vez el gato se ha posicionado, se coloca la última placa que debemos montar: la placa de arrastre.

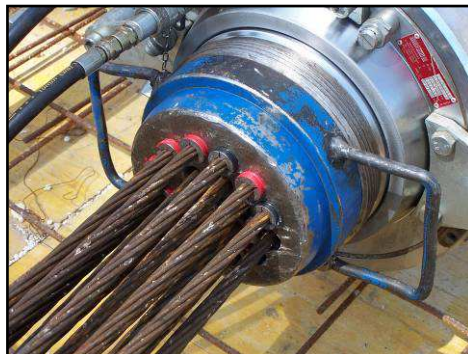


Una vez colocada la placa de arrastre, se procede a posicionar las cuñas de arrastre. Éstas en este caso (dependiendo de la fuerza de tesado) serán del mismo tipo que las usadas en la zona pasiva.

Para su colocación usaran de nuevo el tubo hueco que usaron para el posicionamiento de las cuñas en la placa activa

Aquí se puede ver ya todas las cuñas de arrastre en su posición.

El conjunto ya está preparado para empezar a tesar.





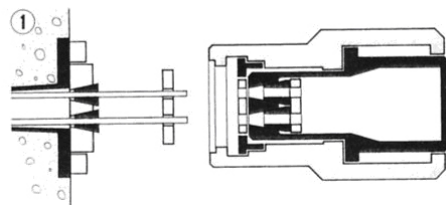
Tensando con Prensa 4.800 kN, 18 cables de 0,6" en la obra de la *AUTOVÍA PAMPLONA – IRUN* en condiciones climáticas muy desfavorables. (19-01-2009)

Aquí se puede apreciar una vista más general de todo el conjunto preparado para iniciar el tesado, con el manómetro ya colocado en el gato.

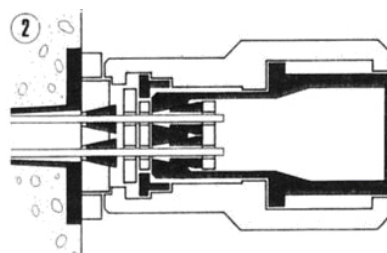


El procedimiento en cada tesado en el interior del gato será el siguiente:

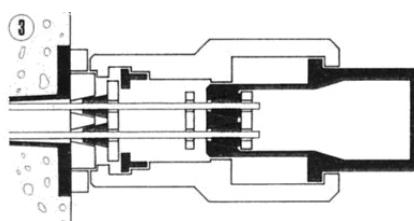
Paso 1: La placa de apoyo del gato se apoya en la placa de reparto, y la placa de clavado se coloca entre las cuñas y el gato.



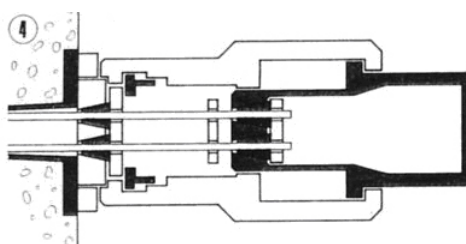
Paso 2: El gato se apoya en la placa de apoyo. Los cordones se han colocado en su interior.



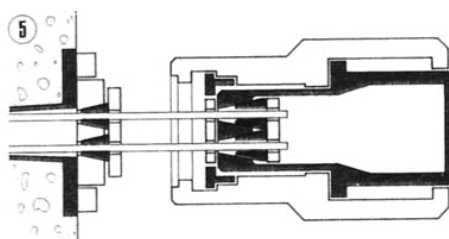
Paso 3: El pistón interior de tesado retrocede y empuja la placa de arrastre, donde van alojadas las cuñas de arrastre que se encargan de tirar del cordón. En la figura, la placa de arrastre se encuentra en el interior del gato. El gato de las fotos de la obra tiene la placa de arrastre en la parte posterior.



Paso 4. Una vez los cordones están en tensión, el pistón de clavado empuja a la placa de clavado retrocediendo, y ésta empuja a las cuñas hacia su alojamiento cónico de la placa activa, mordiendo así el cordón y evitando que se escape.



Paso 5. El pistón de clavado avanza y deja de tensar. En ese momento ya se pueden quitar las cuñas de arrastre que los cordones ya están mordidos por las cuñas de la placa activa.



Escalones tesado:

1er escalón -> 0% de la carga	punto de inicio (50 Bars)
2° escalón -> 33% de la carga	Medir
3° escalón -> 66% de la carga	Medir y hacer una pausa
4° escalón -> 100% de la carga	Medir
5° clavado	

La primera tesada que se va a realizar aún no va a causar elongación al cordón. Se hace únicamente para ajustar todas las piezas.

Al terminar esta primera tesada, se mide la carrera del pistón (los milímetros que se ha desplazado).

Se tesa poco a poco (en 3 fases) para permitir unos segundos de relajación de los cordones. Al hacerlo en fases permite ir controlando que todo vaya correcto.

En el manómetro de la central hidráulica se puede ver que no coincide su lectura con la lectura del manómetro situado en el gato. Eso sucede por lo dicho anteriormente, por las pérdidas que hay entre la central hidráulica y el gato (mangueras hidráulicas, racores, enchufes rápidos...)



Todos los datos de tensión y desplazamiento del pistón de arrastre del gato se van apuntando en la libreta.

En cuanto se haya alcanzado la carga de diseño, se registrará la extensión y, si ésta ha alcanzado el valor calculado podrá anclarse el tendón.

Si se rompiera un cordón en la fase de tesado, recurrimos a la norma EHE. La rotura de cordón se traduce a una pérdida parcial de tensión instantánea (apreciable en el manómetro) y también se detecta por el ruido de la rotura.

En caso que norma EHE nos permita aumentar la tensión del conjunto de cordones para suplir la pérdida de tensión causada por la rotura de un cordón/nes, aumentaremos la tensión antes de clavar las cuñas.

En caso que la rotura de ese tendón suponga una pérdida de tensión mayor a la que nos dice la Norma EHE y ésta misma norma no nos deje aumentar la tensión de los otros cordones restantes, tendremos que destensar, extraer el cordón roto y sustituirlo por otro y volver a repetir el proceso de tesado.

Una vez se ha terminado el tesado se procede a sacar las cuñas de arrastre de la placa de arrastre, y luego la placa.

Y ahora ya solo queda colocar, antes de la inyección de la lechada, el tubo respiradero, por el que se va a inyectar la lechada.

Ahora ya podremos proceder al llenado de las vainas de una lechada coloidal de cemento introducida a presión.

El objeto principal de la lechada endurecida es el de evitar que la corrosión de los tendones, así como proporcionar adherencia entre los tendones y el hormigón.

En los extremos de las unidades postensadas, los tendones transmiten una gran fuerza al anclaje en cual es de un área relativamente pequeña. El efecto que se produce es similar al de introducir una cuña en un bloque de madera y, a menos de que pueda contenerse esta fuerza de estallamiento hasta que se disperse la sección en el extremo de la unidad se presentará fractura.



La inyección de los tendones garantiza la durabilidad del tendón y la adherencia del cordón con el resto de la estructura, y es por tanto una operación de indudable importancia. Ésta se ejecuta mediante máquinas que mezclan el agua, con el cemento y aditivos hasta formar una mezcla homogénea, que es bombeada desde los puntos bajos del tendón.

Conectamos las válvulas en la máquina de inyectar. Una de ellas, la que sale paralelamente a la máquina, dará paso a la lechada que se enviará mediante una manguera hacia el tubo respiradero y será la lechada que entrará en el interior de la vaina. La otra válvula dirigirá la lechada a través de otra manguera hacia el interior del agitador para que cuando se pare de inyectar en las vainas, la máquina no pare de bombear y a consecuencia de esto, seque la lechada en su interior

Antes de inyectar comprobaremos con aire a presión que la vaina no esté tapada. Conectaremos en un extremo el compresor de aire y por el otro comprobaremos su paso.

Cuando la lechada ha llegado al otro extremo de la estructura, se dobla el tubo y se ata con un alambre.

Y aquí finaliza el periodo de instalación de los componentes del KIT ANFOR SYSTEM en dicha obra.





**OBRA CHIMENEA DE EQUILIBRIO
LA SÉNIA (TARRAGONA)
2008**