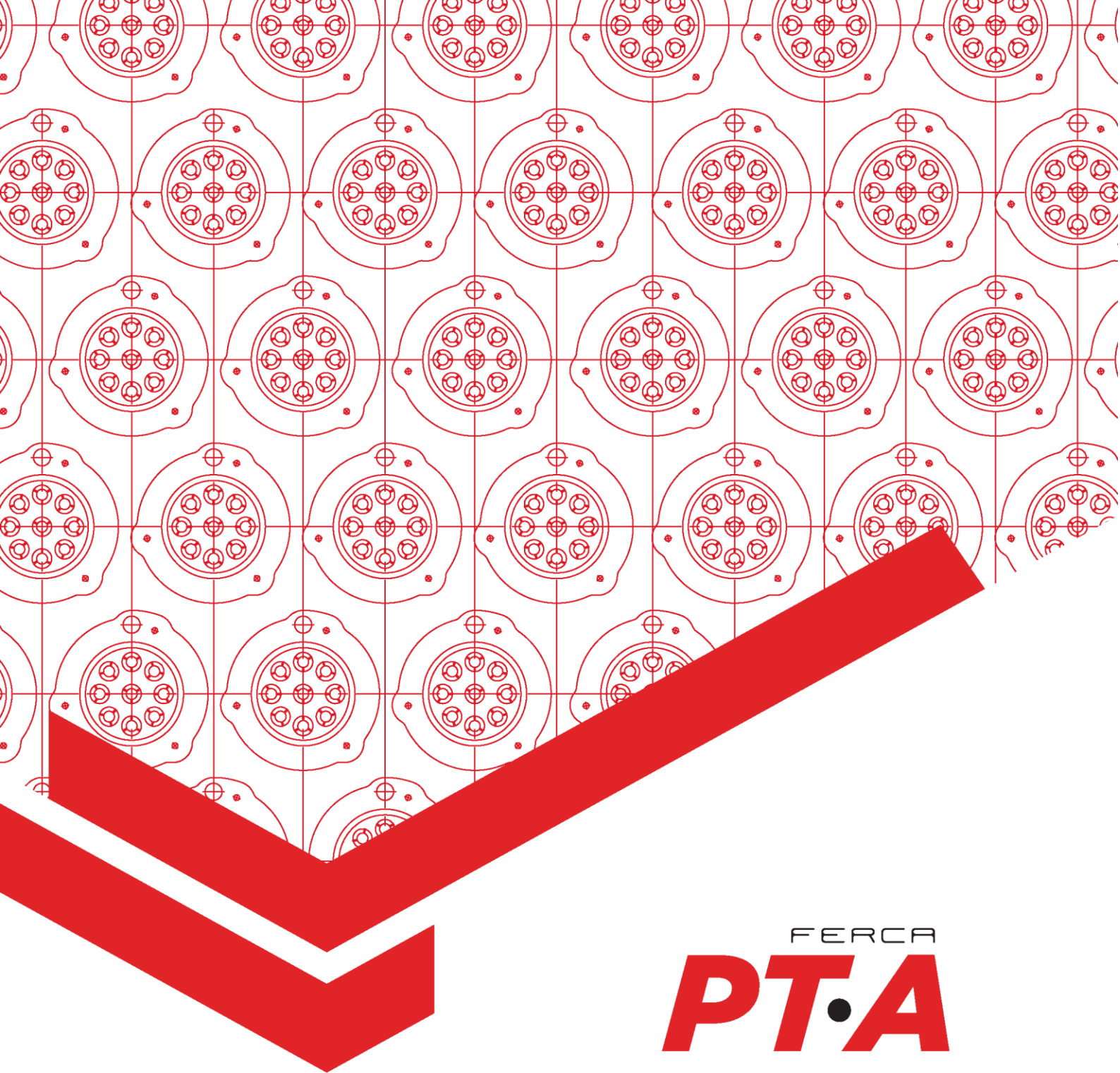


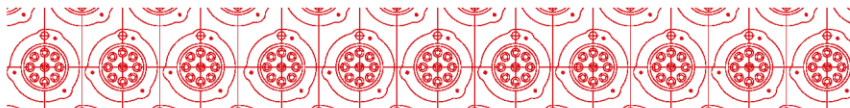


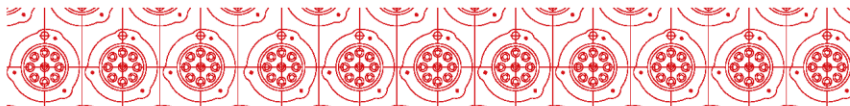
FERCA
PT•A

MANUAL TÉCNICO *PTA*

RSF – Sistema de Multitorón



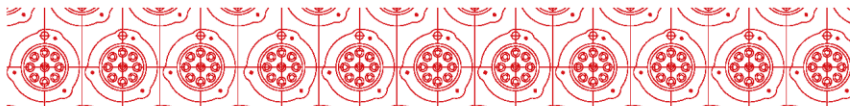




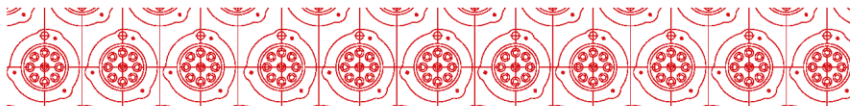
Manual Técnico – Sistema PTA – Sistema de Postesado Multitorón RSF

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PTA - RSF	4
¿QUIÉN ES RSF?.....	5
SISTEMAS RSF	5
CALIDAD RSF	7
POR QUÉ UTILIZAR POSTESADO.....	8
PRINCIPIOS.....	9
SISTEMAS.....	9
VENTAJAS	10
ACERO	12
SISTEMAS RSF-AN/CO/PS – ANCLAJES PARA MULTITORÓN.....	13
PROTECCIÓN ANTICORROSIÓN.....	17
CONFIGURACIÓN DE LOS ANCLAJES - SISTEMA AN.....	18
DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA AN.....	19
REFUERZOS DE ANCLAJES Y DISTANCIAS - SISTEMA AN.....	20
SISTEMA PS – ANCLAJES PASIVOS POR ADHERENCIA.....	23
SISTEMA CO – ACOPLADORES	25
VAINAS Y ACCESORIOS	27
VAINAS METÁLICAS CIRCULARES.....	27
VAINAS DE POLIETILENO “SP”.....	29
BASE DE PURGA	29
MESA DE DESTESADO.....	30
EQUIPO.....	31



GATOS HIDRÁULICOS	31
BOMBAS HIDRÁULICAS	34
BOMBA DE INYECCIÓN	35



INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PTA - RSF

El sistema *RSF Rudloff Strongforce International* se desarrolló en el marco de la creación de un concepto integrado de soluciones en el ámbito del pretensado, con aplicación en puentes y estructuras, geotecnia y edificación, que permiten afianzar el sistema como actor en un mercado internacional de extrema exigencia técnica y competitiva. Partiendo de una intensa investigación y experiencia en la producción de anclajes y equipos específicos para su uso en construcción, y perteneciendo a un grupo del sector del acero, *RSF Rudloff Strongforce International* opera hoy en áreas como:

- Pretensado en puentes y estructuras;
- Pretensado en edificación;
- Sistemas de consolidación geotécnica;
- Equipos hidráulicos de tiro, empuje, inyección o líneas de producción;
- Aparatos de apoyo y juntas de dilatación para puentes;
- Pavimentos industriales.

Los tendones del Sistema de *Postesado Multitorón RSF* están compuestos por haces de torones de acero de alta resistencia y por anclajes colocados en sus extremos.

Los torones se envuelven habitualmente con una vaina, funda o tubo. El hueco entre los torones y la envolvente puede rellenarse con un material que inhibe la corrosión y (en el caso de tendones adherentes) que solidariza los torones con la estructura.

El *Sistema Multitorón RSF* es compatible con torones desnudos y también con torones enfundados y protegidos individualmente. Habitualmente, todos los torones de un tendón se tesan simultáneamente, fijándose cada torón de forma individual mediante una cuña en el interior de un orificio cónico de anclaje. Las cuñas sujetan los torones y permiten transferir la fuerza de tesado del gato hidráulico al anclaje.

La fuerza de pretensado de proyecto define el tipo y el número de torones. El tipo de anclaje viene definido por los requisitos del proyecto y por la categoría de uso. El *Sistema Multitorón RSF* incluye anclajes de 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 y 37 torones. Pueden crearse unidades intermedias dejando libres algunos orificios cónicos del anclaje. En ese caso, los torones deben disponerse de modo que se centre la carga aplicada en la cabeza de anclaje.

El Sistema Multitorón RSF está certificado por la European Organization for Technical Assessment (EOTA); véanse los certificados ETA 22/0119 (European Technical Assessment - RSF Multistrand Post-tensioning System), lo que avala su calidad y adecuación para su uso en las más diversas situaciones y configuraciones.

La elaboración de este "Manual de Procedimientos", responsabilidad de FERCA, tiene por objeto complementar la información recogida en las certificaciones del sistema, con el fin de esclarecer mejor a los agentes en fase de proyecto u obra en cuanto a la constitución del sistema, los procedimientos asociados a cada fase de aplicación, la definición de la estructura de producción y la identificación de los riesgos asociados a cada actividad, permitiendo asimismo un mayor control por parte de la dirección facultativa de todo el proceso productivo, desde el proyecto de aplicación hasta los informes finales de nuestra actividad.



¿QUIÉN ES RSF?

RSF (Rudloff StrongForce International) es el resultado de una joint venture estratégica entre la brasileña Rudloff Industrial y la australiana StrongForce; la sociedad resultante opera bajo la denominación Rudloff StrongForce International LLC, con sede en Dubái, Emiratos Árabes Unidos. Rudloff Industrial se fundó en São Paulo, Brasil, en 1960, si bien ya en 1954 su fundador había producido la primera viga pretensada de Brasil; a lo largo de más de seis décadas se especializó en postesado y en la fabricación de sistemas y componentes estructurales. StrongForce, por su parte, se fundó en 1989 en Queensland, Australia, y se dedica desde hace más de treinta años al diseño y la construcción de soluciones de postesado y al refuerzo estructural. De esta unión nace RSF, una empresa especialista en el estudio, diseño y producción de sistemas de anclaje y equipos para su implantación en obra, que ha ampliado su base de conocimiento mediante la inversión continua en este sector. Al servicio de sus clientes desde 1965, RSF está presente en más de 60 países y en los seis continentes, con más de 600 estructuras de ingeniería civil, más de 850 torres eólicas y más de 26 millones de metros cuadrados de edificación ejecutados, y se encuentra fuertemente implantada tanto en sus mercados de origen como a nivel internacional.



SISTEMAS RSF

Los sistemas de postesado multitorón de RSF, destinados a puentes, viaductos y grandes estructuras, obtuvieron la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0119, en virtud de la cual ostentan el marcado CE de acuerdo con la guía ETAG 013 y su correspondiente EAD. El sistema RSF Multistrand es un sistema de postesado interno adherente, no adherente o externo, de 4 a 37 torones, disponible en torón de 0,5" y de 0,6", que comprende anclajes activos (AN), anclajes pasivos (PS) y acopladores (CO). Está orientado a cajones y vigas de puentes (prefabricadas u hormigonadas in situ), pilas y mesas de transición, vigas de edificación, así como estructuras de contención como depósitos, tanques y silos.

Los sistemas de postesado para losas y pavimentos de RSF —el sistema RSF Slab— están destinados al uso de monotorón en sistemas adherentes o no adherentes y disponen de la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0120, que abarca configuraciones de 1 a 5 torones. RSF ofrece monotorón no adherente de 0,5" y 0,6" y, en especial, anclajes de monotorón encapsulados, que introducen en el mercado una protección total contra la corrosión.

En resumen, ha sido objetivo de la empresa ofrecer a sus clientes productos más eficaces, duraderos y sostenibles, respaldados por sistemas con certificación europea (EOTA) y conformes con los principales códigos y normas internacionales, aplicables a proyectos de edificación, infraestructura civil y geotecnia.



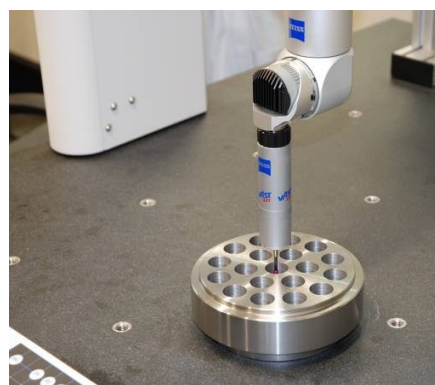
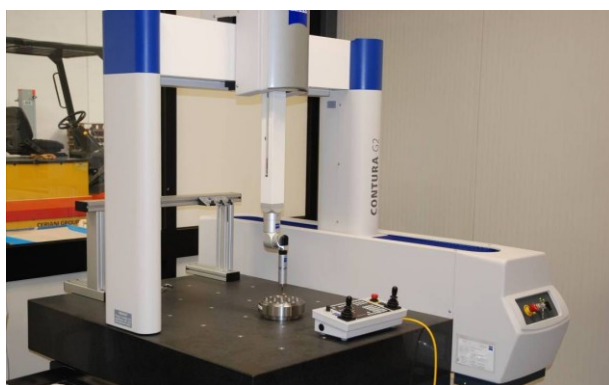
En el ámbito de los sistemas para aplicaciones en obras de geotecnia, RSF ofrece sistemas de anclaje por torón y por barra, para aplicaciones temporales y permanentes, destinados a la estabilización de infraestructuras y a la mejora del terreno. Los sistemas de anclaje al terreno de RSF cumplen la norma europea EN 1537 ("Ejecución de trabajos geotécnicos especiales – Anclajes"). La empresa distingue entre anclajes en suelo y anclajes en roca, y abarca aplicaciones que van desde la contención de excavaciones (pantallas de tablestacas, tablestacas con muros pantalla, muros de contención de hormigón) hasta la resistencia a fuerzas de levantamiento por subpresión, pasando por la estabilización de cimentaciones excéntricas, de taludes naturales o excavados, de presas y de cimentaciones de puentes, así como por el anclaje de torres eólicas. En los anclajes en roca, la longitud libre puede permanecer no adherente, lo que permite comprobar y reapretar el anclaje en cualquier momento, siempre que se asegure una adecuada protección contra la corrosión de la cabeza de anclaje y de la longitud libre.



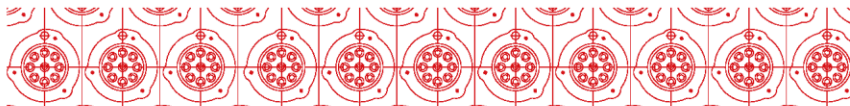
CALIDAD RSF

Entendiendo un producto como la suma de los procesos, recursos y conocimiento que le dan origen, su nivel de calidad está pues intrínsecamente ligado a la excelencia de la organización en sus distintos aspectos y a la orientación de las inversiones necesarias en la búsqueda abnegada de tales objetivos.

Siendo hoy absolutamente central en la estrategia de la empresa alcanzar un elevado nivel de calidad en sus productos y servicios, RSF opera al amparo de las certificaciones ISO 9001 (calidad), ISO 14001 (medio ambiente) e ISO 45001 (seguridad y salud en el trabajo), y Rudloff ha implantado un Sistema de Gestión Integrado certificado según la ISO 9001. La empresa adopta procedimientos rigurosos de control de calidad (QA/QC) y mantiene un compromiso permanente con prácticas de fabricación de alto nivel.



Además, siempre que es necesario, RSF presta servicios OEM, fabricando productos conforme a las especificaciones exactas de los clientes, y pone a disposición un equipo técnico cualificado de ingenieros y especialistas que garantiza el soporte a lo largo de toda la cadena de suministro, incluido el mantenimiento de equipos y el soporte técnico posventa, con el fin de garantizar el nivel de calidad exigido a cualquier pieza producida.

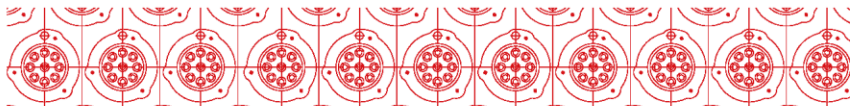


POR QUÉ UTILIZAR POSTESADO

En la última década, la arquitectura ha asumido un papel central en el proceso de inversión inmobiliaria, siendo responsable de muchos de los factores distintivos de los proyectos y representando, por tanto, un valor añadido esencial para su éxito. Esta evolución tiene raíces en la propia sociedad, que hoy valora no solo el confort y las funcionalidades de los espacios, sino también la imagen y la proyección social que estos proporcionan. Con este cambio de paradigma se produjo una profunda alteración en los conceptos de dimensionamiento de las estructuras, valorándose hoy más el hecho de que la solución estructural viabilice la creatividad del arquitecto que los criterios estrictamente técnico-económicos. El pretensado, al permitir la ejecución de estructuras esbeltas y atrevidas, encaja en las exigencias actuales, por lo que su aplicación en edificación es cada vez más frecuente y debería seguir registrando una implantación creciente.

El uso de sistemas de pretensado contribuye asimismo a un aumento significativo de los distintos parámetros de calidad de una estructura, no solo a nivel de los procesos, sino también de la durabilidad y del rendimiento de la misma.

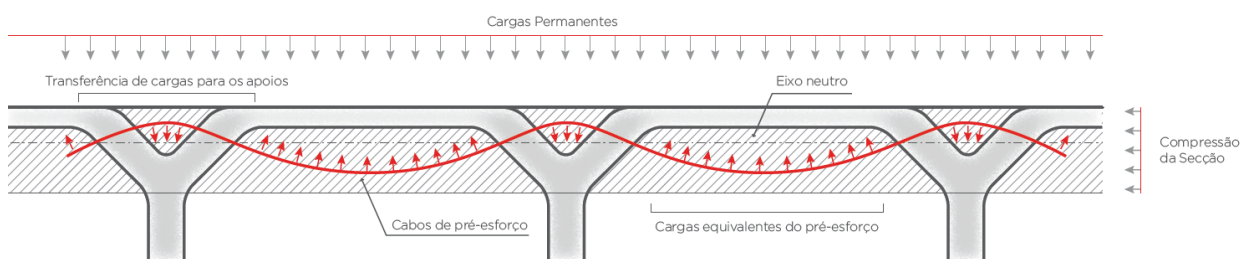




PRINCIPIOS

Con origen en la resolución de la necesidad de garantizar luces de gran dimensión en los puentes y estructuras, los sistemas de pretensado, aplicados posteriormente a edificación, representan una innovación en la concepción de estructuras al introducir un elemento activo en los elementos estructurales.

Compuestos por torones de acero de alta resistencia, los tendones de pretensado se instalan en el interior de la losa y se fijan en sus extremos a anclajes, tesándose posteriormente con equipos hidráulicos desarrollados a tal efecto. Gracias a su curvatura en alzado y planta, la aplicación de fuerzas en los tendones permite transmitir a la sección de la losa acciones contrarias a los efectos de las cargas gravitatorias. Las cargas equivalentes así generadas aseguran el equilibrio parcial de las solicitaciones de cálculo y crean una compresión generalizada de la sección de la losa que permite reducir las armaduras pasivas, eliminar juntas y aumentar la contribución de la sección de hormigón a la resistencia global de la losa.



SISTEMAS

Los sistemas de pretensado se dividen esencialmente en función de su adherencia al hormigón, denominándose por ello sistema adherente y no adherente, y dentro de estos podemos aún identificar el uso de monotorón o multitorón.

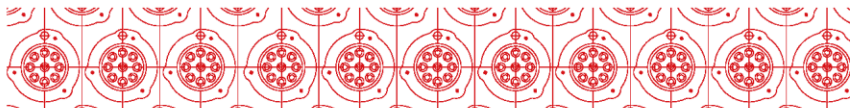
En el caso de los sistemas no adherentes, el acero se suministra en el interior de una vaina de plástico sin inyección posterior, mientras que en los sistemas adherentes el acero se suministra en forma de torón y se introduce en una vaina que posteriormente se inyecta con lechada de cemento, la cual le confiere total adherencia a la sección de hormigón circundante.

También en cuanto al uso, es posible identificar los sistemas de monotorón no adherentes como los más frecuentemente aplicados en elementos esbeltos, como las losas en la construcción de edificios, y el multitorón adherente en puentes y estructuras y, en general, en elementos estructurales de mayores dimensiones.

El monotorón autoenfundado es un **sistema no adherente** utilizado habitualmente en edificación, donde los tendones de pretensado están constituidos por un único torón revestido por una vaina de polietileno rellena de un producto lubricante. Este sistema permite mayores excentricidades, menores pérdidas por rozamiento y mayor flexibilidad de los trazados.

El multitorón en vaina plana o circular es un **sistema adherente** donde los tendones de pretensado están constituidos por varios torones no revestidos e introducidos en una vaina metálica, posteriormente inyectada con una lechada de cemento apropiada a tal efecto. Este sistema permite movilizar, en el Estado Límite Último, la resistencia máxima del acero de pretensado.

Para el sistema PTA-RSF **Multitorón PT** se utiliza el sistema adherente.



VENTAJAS

Las ventajas de la aplicación de sistemas de pretensado se extienden a consideraciones de orden estructural —en cuanto a luces, esbeltez y rendimiento—, económico y ambiental.

Comportamiento

- Aumento de las luces libres,
- Reducción del número de pilares;
- Reducción del peso propio de la estructura;
- Reducción del espesor de las losas;
- Mayor control de la deformabilidad;
- Mejora de la resistencia al punzonamiento;
- Reducción o eliminación de juntas;
- Mejora del comportamiento sísmico;
- Mejora del comportamiento frente a la retracción;

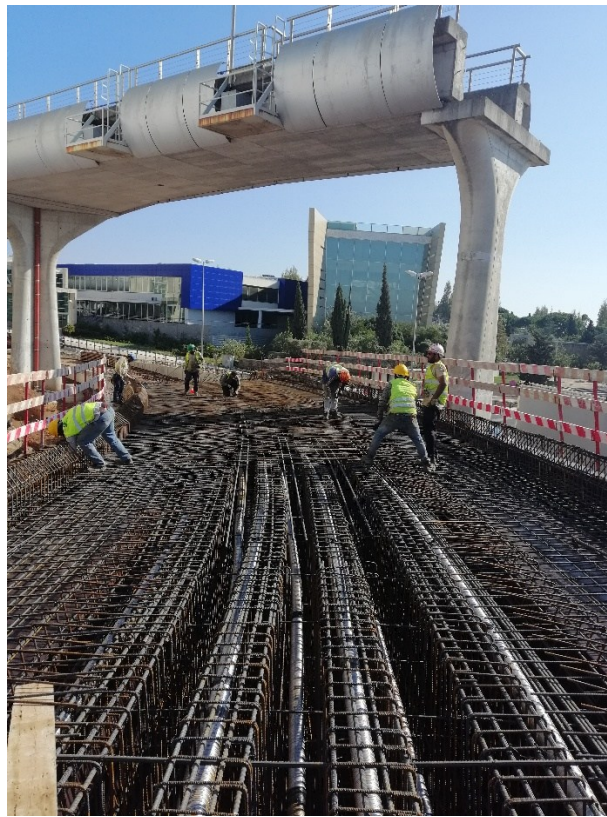
Economía

- Reducción del consumo de hormigón y acero;
- Ahorros en los elementos verticales y las cimentaciones;
- Valorización comercial de los amplios espacios creados;
- Aumento del nº de plazas de aparcamiento por m²;

Sostenibilidad

- Reducción de la emisión de CO₂;
- Mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales.





ACERO

Las armaduras de pretensado están constituidas por torones de 7 alambres y se caracterizan por elevados valores de resistencia y bajos coeficientes de relajación; en general, los aceros de pretensado se denominan normal (T15), super (T15S) y compacto (T15C), a los que corresponden secciones de 140, 150 y 165 mm² respectivamente. Para más información, consulte la norma europea EN10138.

Todos los sistemas de anclaje producidos por *RSF RUDLOFF STRONGFORCE* están certificados mediante Evaluación Técnica Europea (ETA) para los tres tipos de acero presentes en el mercado.



Diámetro	Norma	Tipo de acero	Diámetro nominal	Área nominal	Masa	Fuerza de rotura P _{tk}	Límite elástico a 1% P _{0,1k}	Relajación 1000 h	
			mm	mm ²	g/m	kN	kN	%	%
0.6" / T15	EN 10138	Normal	15.2	140	1095	260	230	2.5	4.5
0.6" / T15S	EN 10138	Super	15.7	150	1170	279	248	2.5	4.5
0.6" / T15C	EN 10138	Compacto	15.2	165	1290	300	264	2.5	4.5

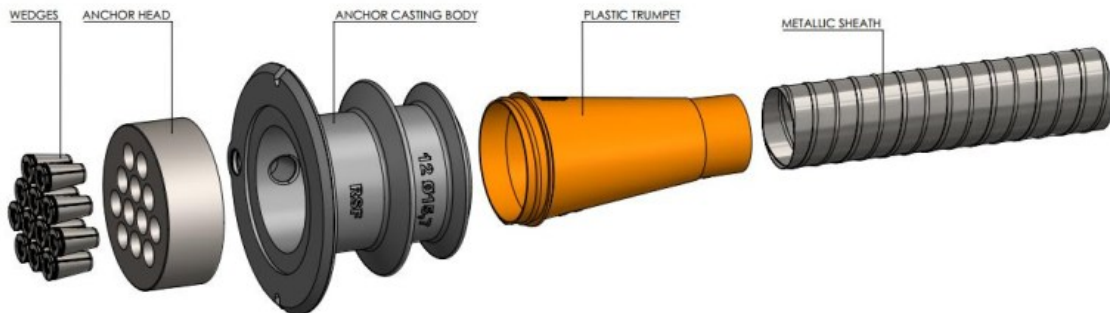
Módulo de elasticidad = 195 +/- 10 kN/mm²



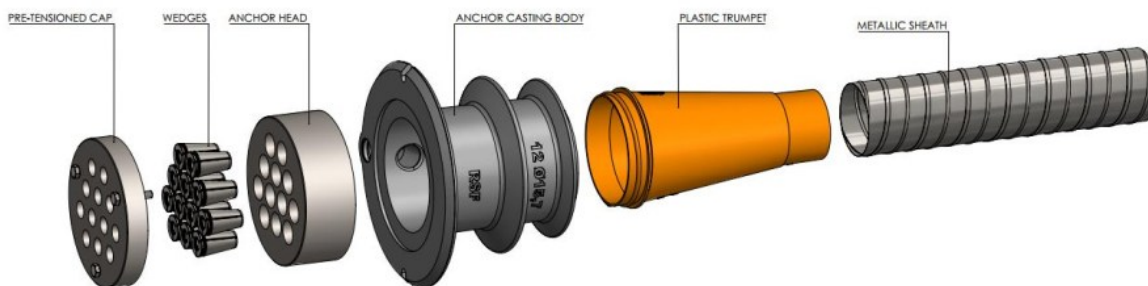
SISTEMAS RSF-AN/CO/PS – ANCLAJES PARA MULTITORÓN

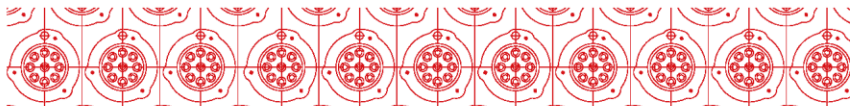
El sistema multitorón de RSF —RSF Multistrand Post-tensioning System— se concibió para cumplir íntegramente el documento de evaluación europeo EAD 160004-00-0301 (en el marco de la guía ETAG 013) y cuenta con la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0119, emitida por el ITeC. Se trata de un sistema de postesado interno adherente, de 4 a 37 torones, que cubre torón de 0,5" (12,7 mm), 0,6" (15,2 mm) y 0,62" (15,7 mm), con fuerzas máximas de pretensado ($0,9F_{p0,1}$) que van de 743 kN (5Ø12,7) hasta 8.192 kN (37Ø15,7). El anclaje activo (AN) está constituido por una cabeza de anclaje, un cuerpo de anclaje fundido y cuñas; el sistema dispone además de anclajes pasivos (PS) y de acopladores (CO). El diseño se validó mediante ensayos que, en el marco de esta ETA, verifican la resistencia a cargas estáticas, la resistencia a la fatiga, la capacidad de transferencia de carga a la estructura, las pérdidas por rozamiento, la resistencia a la corrosión y el comportamiento frente al fuego.

- Anclaje RSF NA Activo

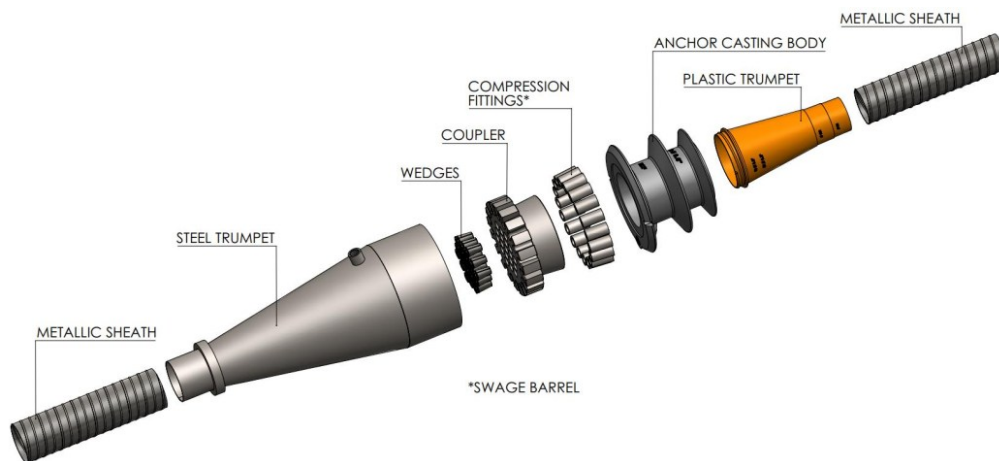


- Anclaje RSF NA Pasivo

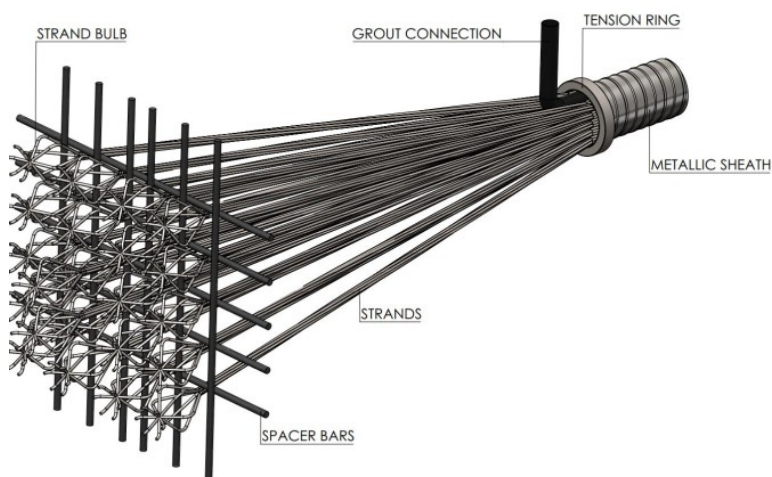




- Andaje RSF CO



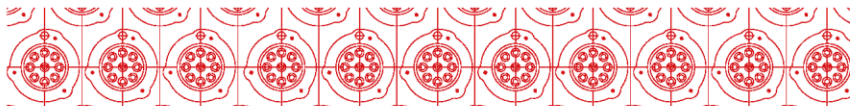
- Andaje RSF PS



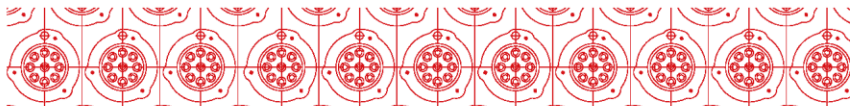
La unión entre el anclaje y las vainas se realiza mediante un cono de plástico H.D.P.E. que garantiza el correcto desvío de los torones y la minimización de las pérdidas. Todas las trompetas metálicas disponen de orificios roscados para permitir la fijación al encofrado mediante varilla roscada o tornillos.

El cuerpo de anclaje fundido aloja la cabeza de anclaje y asegura la transferencia de la fuerza de pretensado al hormigón. Los torones se acúan en la cabeza de anclaje, provista de orificios cónicos con la forma de las cuñas de retención, que sujetan cada torón. La transición entre el anclaje y las vainas de plástico y los conductos (metálicos o plásticos) se asegura mediante elementos que garantizan el correcto desvío de los torones y el sellado de la zona de anclaje. Para su aplicación en obra, el sistema integra además tapas de anclaje, respiraderos y uniones de conducto, sellado de la trompeta (cinta adhesiva y manguitos termorretráctiles), así como negativos (de metal, plástico o madera) que crean el espacio del gato para el pretensado. Para garantizar el correcto confinamiento del hormigón en la zona de introducción de las cargas, se prevé además una armadura de zunchado que asegura la transferencia segura de las fuerzas de pretensado de los anclajes a los elementos o estructuras de hormigón. Las designaciones exactas de los aceros y de la fundición de la cabeza de anclaje, del cuerpo fundido y de las cuñas se especifican en los anexos de la ETA 22/0119.

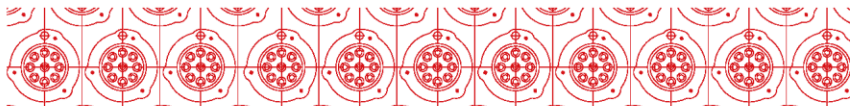
En las tablas siguientes se representan, por número de torones, las distintas características de los tendones:



Resistencia a Tracción Característica y Fuerza de Pretensado del Sistema de Postesado <i>Multitorón RSF</i> para Torones Ø15,2							
Designación	Número de torones	Área de la sección transversal nominal	Masa nominal	Valor característico de la fuerza máxima	Fuerza en el límite elástico al 0,1%	Fuerza máxima de pretensado	Fuerza máxima de sobretesado
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p\ 0,1}$	$0,9 \cdot F_{p\ 0,1}$	$0,95 \cdot F_{p\ 0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,2	4	572	4.50	1,064	956	860	908
5 Ø15,2	5	715	5.63	1,330	1,195	1,076	1,135
6 Ø15,2	6	858	6.76	1,596	1,434	1,291	1,362
7 Ø15,2	7	1,001	7.88	1,862	1,673	1,506	1,589
8 Ø15,2	8	1,144	9.01	2,128	1,912	1,721	1,816
9 Ø15,2	9	1,287	10.13	2,394	2,151	1,936	2,043
10 Ø15,2	10	1,430	11.26	2,660	2,390	2,151	2,271
11 Ø15,2	11	1,573	12.39	2,926	2,629	2,366	2,498
12 Ø15,2	12	1,716	13.51	3,192	2,868	2,581	2,725
13 Ø15,2	13	1,859	14.64	3,458	3,107	2,796	2,952
14 Ø15,2	14	2,002	15.76	3,724	3,346	3,011	3,179
15 Ø15,2	15	2,145	16.89	3,990	3,585	3,227	3,406
16 Ø15,2	16	2,288	18.02	4,256	3,824	3,442	3,633
17 Ø15,2	17	2,431	19.14	4,522	4,063	3,657	3,860
18 Ø15,2	18	2,574	20.27	4,788	4,302	3,872	4,087
19 Ø15,2	19	2,717	21.39	5,054	4,541	4,087	4,314
20 Ø15,2	20	2,860	22.52	5,320	4,780	4,302	4,541
21 Ø15,2	21	3,003	23.65	5,586	5,019	4,517	4,768
22 Ø15,2	22	3,146	24.77	5,852	5,258	4,732	4,995
23 Ø15,2	23	3,289	25.90	6,118	5,497	4,947	5,222
24 Ø15,2	24	3,432	27.02	6,384	5,736	5,162	5,449
25 Ø15,2	25	3,575	28.15	6,650	5,975	5,378	5,676
26 Ø15,2	26	3,718	29.28	6,916	6,214	5,593	5,903
27 Ø15,2	27	3,861	30.40	7,182	6,453	5,808	6,130
28 Ø15,2	28	4,004	31.53	7,448	6,692	6,023	6,357
29 Ø15,2	29	4,147	32.65	7,714	6,931	6,238	6,584
30 Ø15,2	30	4,290	33.78	7,980	7,170	6,453	6,812
31 Ø15,2	31	4,433	34.91	8,246	7,409	6,668	7,039
32 Ø15,2	32	4,576	36.03	8,512	7,648	6,883	7,266
33 Ø15,2	33	4,719	37.16	8,778	7,887	7,098	7,493
34 Ø15,2	34	4,862	38.28	9,044	8,126	7,313	7,720
35 Ø15,2	35	5,005	39.41	9,310	8,365	7,529	7,947
36 Ø15,2	36	5,148	40.54	9,576	8,604	7,744	8,174
37 Ø15,2	37	5,291	41.66	9,842	8,843	7,959	8,401



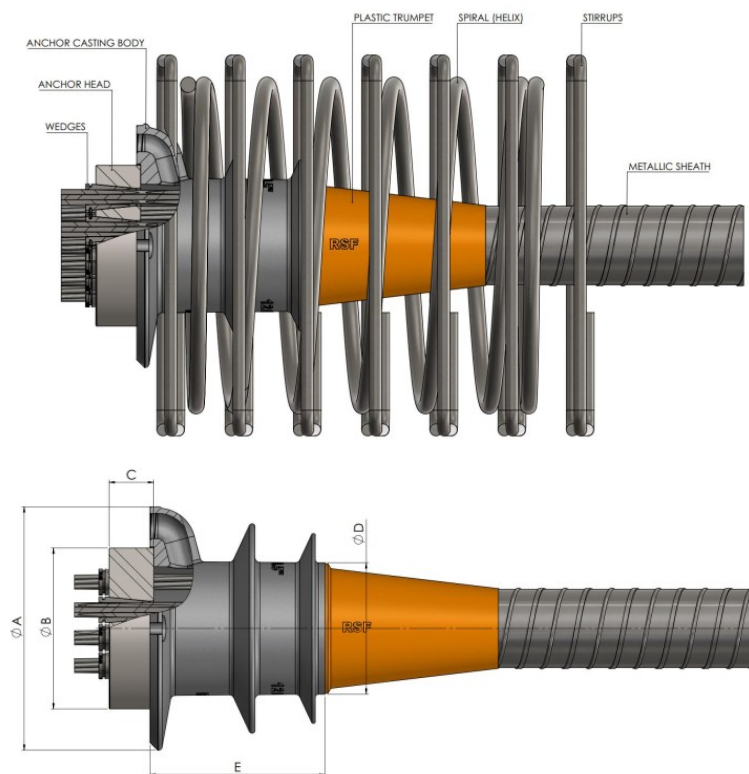
Resistencia a Tracción Característica y Fuerza de Pretensado del Sistema de Postesado <i>Multitorón RSF</i> para Torones Ø15,7							
Designación	Número de torones	Área de la sección transversal nominal	Masa nominal	Valor característico de la fuerza máxima	Fuerza en el límite elástico al 0,1%	Fuerza máxima de pretensado	Fuerza máxima de sobretesado
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p\ 0,1}$	$0,9 \cdot F_{p\ 0,1}$	$0,95 \cdot F_{p\ 0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,7	4	600	4.69	1,116	984	886	935
5 Ø15,7	5	750	5.86	1,395	1,230	1,107	1,169
6 Ø15,7	6	900	7.03	1,674	1,476	1,328	1,402
7 Ø15,7	7	1,050	8.20	1,953	1,722	1,550	1,636
8 Ø15,7	8	1,200	9.38	2,232	1,968	1,771	1,870
9 Ø15,7	9	1,350	10.55	2,511	2,214	1,993	2,103
10 Ø15,7	10	1,500	11.72	2,790	2,460	2,214	2,337
11 Ø15,7	11	1,650	12.89	3,069	2,706	2,435	2,571
12 Ø15,7	12	1,800	14.06	3,348	2,952	2,657	2,804
13 Ø15,7	13	1,950	15.24	3,627	3,198	2,878	3,038
14 Ø15,7	14	2,100	16.41	3,906	3,444	3,100	3,272
15 Ø15,7	15	2,250	17.58	4,185	3,690	3,321	3,506
16 Ø15,7	16	2,400	18.75	4,464	3,936	3,542	3,739
17 Ø15,7	17	2,550	19.92	4,743	4,182	3,764	3,973
18 Ø15,7	18	2,700	21.10	5,022	4,428	3,985	4,207
19 Ø15,7	19	2,850	22.27	5,301	4,674	4,207	4,440
20 Ø15,7	20	3,000	23.44	5,580	4,920	4,428	4,674
21 Ø15,7	21	3,150	24.61	5,859	5,166	4,649	4,908
22 Ø15,7	22	3,300	25.78	6,138	5,412	4,871	5,141
23 Ø15,7	23	3,450	26.96	6,417	5,658	5,092	5,375
24 Ø15,7	24	3,600	28.13	6,696	5,904	5,314	5,609
25 Ø15,7	25	3,750	29.30	6,975	6,150	5,535	5,843
26 Ø15,7	26	3,900	30.47	7,254	6,396	5,756	6,076
27 Ø15,7	27	4,050	31.64	7,533	6,642	5,978	6,310
28 Ø15,7	28	4,200	32.82	7,812	6,888	6,199	6,544
29 Ø15,7	29	4,350	33.99	8,091	7,134	6,421	6,777
30 Ø15,7	30	4,500	35.16	8,370	7,380	6,642	7,011
31 Ø15,7	31	4,650	36.33	8,649	7,626	6,863	7,245
32 Ø15,7	32	4,800	37.50	8,928	7,872	7,085	7,478
33 Ø15,7	33	4,950	38.68	9,207	8,118	7,306	7,712
34 Ø15,7	34	5,100	39.85	9,486	8,364	7,528	7,946
35 Ø15,7	35	5,250	41.02	9,765	8,610	7,749	8,180
36 Ø15,7	36	5,400	42.19	10,044	8,856	7,970	8,413
37 Ø15,7	37	5,550	43.36	10,323	9,102	8,192	8,647



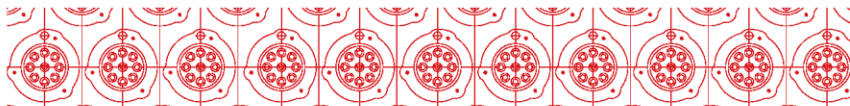
PROTECCIÓN ANTICORROSIÓN

Asumiendo la protección anticorrosión como factor determinante en el desempeño a largo plazo de los sistemas de pretensado, *RSF* dispone de un conjunto de medidas integradas con varios niveles de protección que permiten garantizar la durabilidad y la fiabilidad de los sistemas en situaciones de alta exposición. A tal efecto, el sistema recurre a vainas de plástico y a conductos metálicos o plásticos, a tapas/cápsulas de anclaje, al sellado de la zona de anclaje mediante cinta adhesiva y manguitos termorretráctiles, y a la inyección de productos de protección —lechada de cemento conforme a la EN 447 para tendones adherentes, o grasa lubricante / cera conforme al EAD 160027-00-0301 para tendones no adherentes—. *RSF* ofrece, asimismo, en su gama de monotorón, anclajes de monotorón encapsulados para una protección total contra la corrosión.

CONFIGURACIÓN DE LOS ANCLAJES - SISTEMA AN



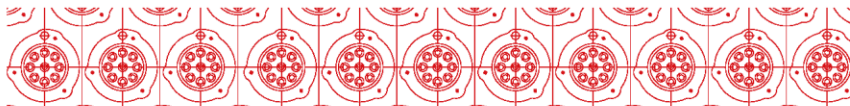
Tendones		Dimensiones (mm)				
Ø15,2	Ø15,7	ØA	ØB	C	ØD	E
4		160	114,3	45	82	100
7		200	127	45	100	125
9		235	146,05	46	117	160
12		250	165,1	46	135	180
15		275	190,5	53	153	195
19		300	203,2	76	164	215
22		330	228,6	67	184	250
27		360	254	71	203	270
31		380	270	82	209	280
37		420	279,4	104	233	340



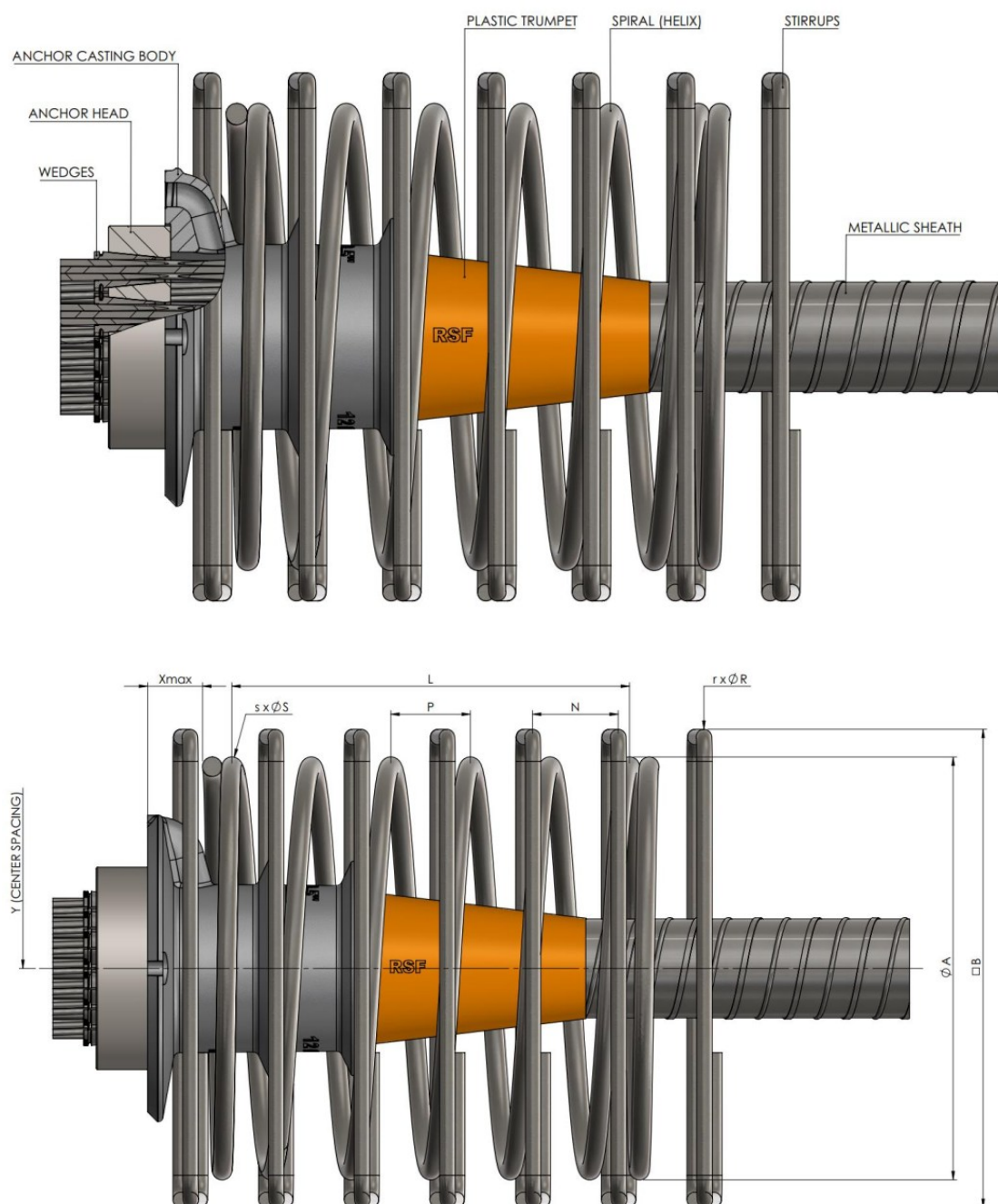
DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA AN

Las tablas siguientes presentan las distancias mínimas entre ejes de anclajes ($X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$) y las distancias al borde del hormigón ($X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$) para el Sistema AN, en función de la clase de resistencia del hormigón y de la configuración del tendón. Los valores se indican para tendones de 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 y 37 torones de Ø15,2 mm y Ø15,7 mm, para las clases de hormigón C25/30, C30/37, C35/45 y C40/50.

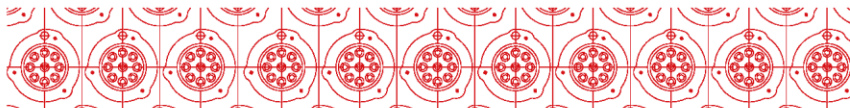
Distancia entre ejes y al borde para clase de hormigón											
Resistencia media del hormigón en el momento del pretensado [N/mm²]	f _{cm,0}	C25/30					C30/37				
Tendones		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7
Distancia entre ejes [mm]	X _{centre} / Y _{centre}	240/240	315/315	410/410	435/435	455/455	230/230	285/285	370/370	400/400	420/420
Distancias al borde en el hormigón [mm]	X _{edge} / Y _{edge}	135/135	170/170	220/220	230/230	240/240	130/130	155/155	200/200	215/215	225/225
Tendones		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7
Distancia entre ejes [mm]	X _{centre} / Y _{centre}	515/515	555/555	615/615	655/655	715/715	470/470	505/505	560/560	600/600	655/655
Distancias al borde en el hormigón [mm]	X _{edge} / Y _{edge}	270/270	290/290	320/320	340/340	370/370	250/250	265/265	295/295	315/315	340/340
Distancia entre ejes y al borde para clase de hormigón											
Resistencia media del hormigón en el momento del pretensado [N/mm²]	f _{cm,0}	C35/45					C40/50				
Tendones		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7
Distancia entre ejes [mm]	X _{centre} / Y _{centre}	210/210	250/250	325/325	350/350	375/375	200/200	240/240	315/315	340/340	360/360
Distancias al borde en el hormigón [mm]	X _{edge} / Y _{edge}	120/120	140/140	175/175	190/190	200/200	115/115	135/135	170/170	185/185	195/195
Tendones		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7
Distancia entre ejes [mm]	X _{centre} / Y _{centre}	420/420	445/445	490/490	525/525	575/575	400/400	425/425	470/470	505/505	550/550
Distancias al borde en el hormigón [mm]	X _{edge} / Y _{edge}	225/225	235/235	260/260	275/275	300/300	215/215	225/225	250/250	265/265	290/290



REFUERZOS DE ANCLAJES Y DISTANCIAS - SISTEMA AN

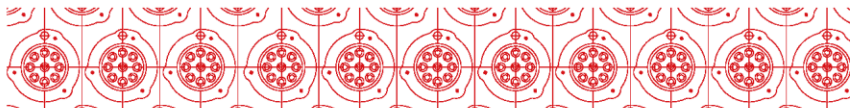


En las tablas siguientes se muestran los diámetros, pasos, separaciones y distancias que deben cumplir los refuerzos en las zonas de anclaje para los hormigones C25/30, C30/37, C35/45 y C40/50.



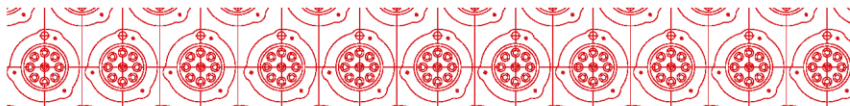
Ø15,2 / Ø15,7	Combinación Hélice + Estribo										C25/30	
	Hélice					Estribo						
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y	
4	12	6	50	220	200	-	-	-	-	35	240	
7	12	6	60	260	240	12	4	75	295	35	315	
9	16	7	65	345	325	12	7	70	390	40	410	
12	16	7	65	370	325	12	7	70	415	45	435	
15	16	7	75	390	375	16	6	75	435	50	455	
19	16	9	60	450	420	16	6	90	495	50	515	
22	16	10	60	490	480	16	7	75	535	50	555	
27	16	11	55	545	495	16	8	70	595	50	615	
31	16	12	55	585	550	16	10	60	635	55	655	
37	20	11	65	645	585	16	9	75	695	55	715	

Ø15,2 / Ø15,7	Combinación Hélice + Estribo										C30/37	
	Hélice					Estribo						
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y	
4	12	6	50	210	200	-	-	-	-	35	230	
7	12	6	50	230	200	12	5	75	265	35	285	
9	16	7	65	315	325	12	6	75	350	40	370	
12	16	7	65	345	325	12	6	75	380	45	400	
15	16	7	65	355	325	16	6	75	400	50	420	
19	16	8	60	405	360	16	7	75	450	50	470	
22	16	10	50	440	400	16	7	75	485	50	505	
27	16	11	50	495	450	16	9	65	540	50	560	
31	16	11	50	535	450	16	10	60	580	55	600	
37	20	11	60	590	540	16	9	75	635	55	655	



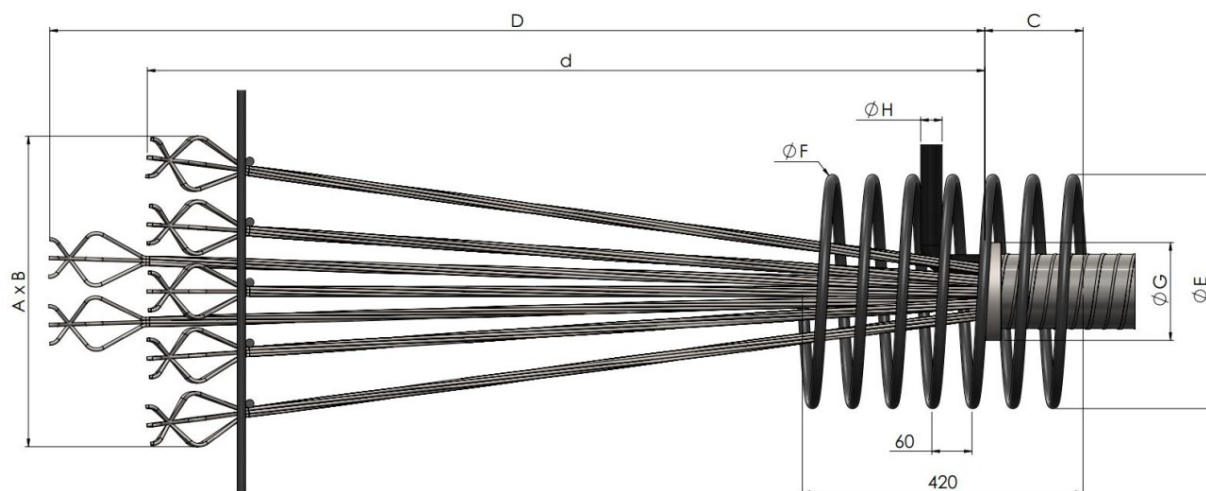
Ø15,2 / Ø15,7	Combinación Hélice + Estribo									C35/45	
	Hélice					Estribo					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y
4	12	6	45	190	180	-	-	-	-	35	210
7	16	6	65	195	260	12	4	80	230	35	250
9	16	7	50	270	250	12	5	70	305	40	325
12	16	7	50	295	250	12	5	70	330	45	350
15	16	8	50	310	300	16	6	70	355	50	375
19	16	8	50	355	300	16	7	60	400	50	420
22	16	10	45	380	360	16	8	55	425	50	445
27	16	11	45	425	405	16	10	50	470	50	490
31	16	11	45	460	405	16	12	45	505	55	525
37	20	11	50	510	450	16	10	60	555	55	575

Ø15,2 / Ø15,7	Combinación Hélice + Estribo									C40/50	
	Hélice					Estribo					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	X _{máx}	Y
4	16	5	70	180	210	-	-	-	-	35	200
7	16	6	55	220	220	-	-	-	-	35	240
9	16	7	50	260	250	12	7	50	295	40	315
12	16	7	50	285	250	12	7	50	320	45	340
15	16	7	50	290	250	16	7	50	340	50	360
19	20	7	60	330	300	16	6	75	380	50	400
22	20	8	60	355	360	16	9	50	405	50	425
27	20	8	60	395	360	20	8	65	450	50	470
31	20	9	60	435	420	20	8	65	485	55	505
37	20	10	55	480	440	20	9	60	530	55	550

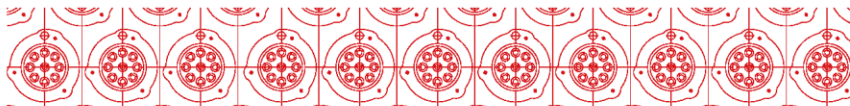


SISTEMA PS – ANCLAJES PASIVOS POR ADHERENCIA

Los anclajes pasivos de la serie PS se fabrican en total conformidad con las normas reglamentarias aplicables. En este tipo de anclaje, los torones se abren en su extremo final para aumentar la adherencia al hormigón.

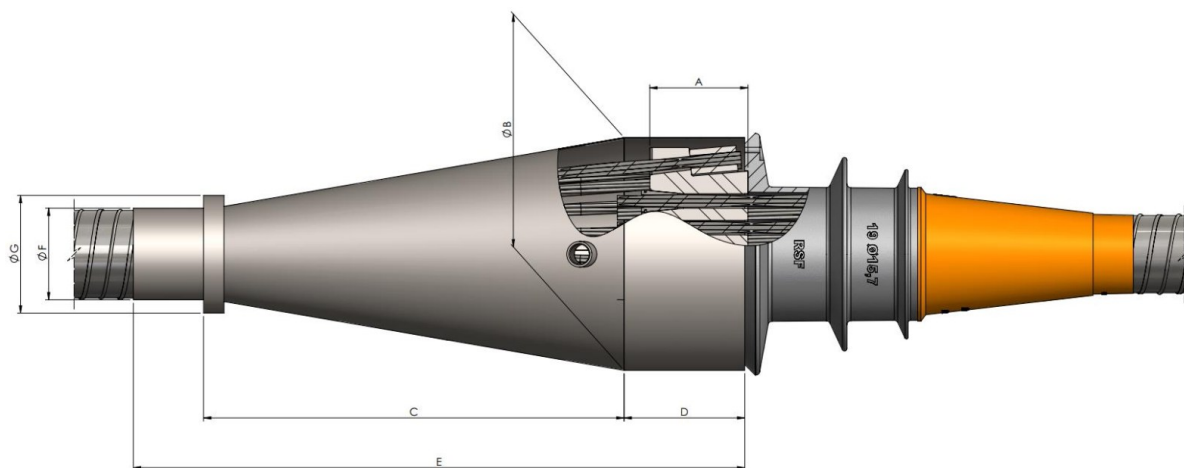


Tendones		Disposición 1			Disposición 2			Dimensiones en [mm]						
Ø15,2	Ø15,7	A	B	*	A	B	*	C	d	D	ØE	ØF	ØG	ØH
1		90	90	1	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
2		190	90	2	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
3		290	90	3	-	-	-	-	-	1350	-	-	64	21/25
		210	90	2	-	-	-	-	1150	1350	-	-	64	21/25
4		390	90	4	210	190	4	-	-	1350	-	-	70	28/32
		310	90	2	-	-	-	155	1150	1350	-	-	70	28/32
5		330	90	3	-	-	-	155	-	1350	-	-	80	28/32
7		450	90	4	230	210	5	155	1150	1300	200	16	83	28/32
9		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
12		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
15		450	230	9	370	370	9	155	1150	1300	300	16	130	28/32
19		570	230	10	470	390	16	155	1150	1300	300	16	140	28/32
22		690	230	12	-	-	-	155	1450	1600	350	16	146	28/32
		-	-	-	490	470	20	155	1250	1400	350	16	146	28/32
27		690	260	17	-	-	-	155	1500	1650	350	16	171	28/32
		-	-	-	530	510	20	155	1450	1600	350	16	171	28/32
31		810	260	14	-	-	-	165	1750	1900	400	20	171	28/32
		-	-	-	570	510	20	165	1550	1700	400	20	171	28/32
37		1050	370	18	-	-	-	175	2400	2550	400	20	178	28/32
		-	-	-	690	510	24	175	1850	2000	400	20	178	28/32



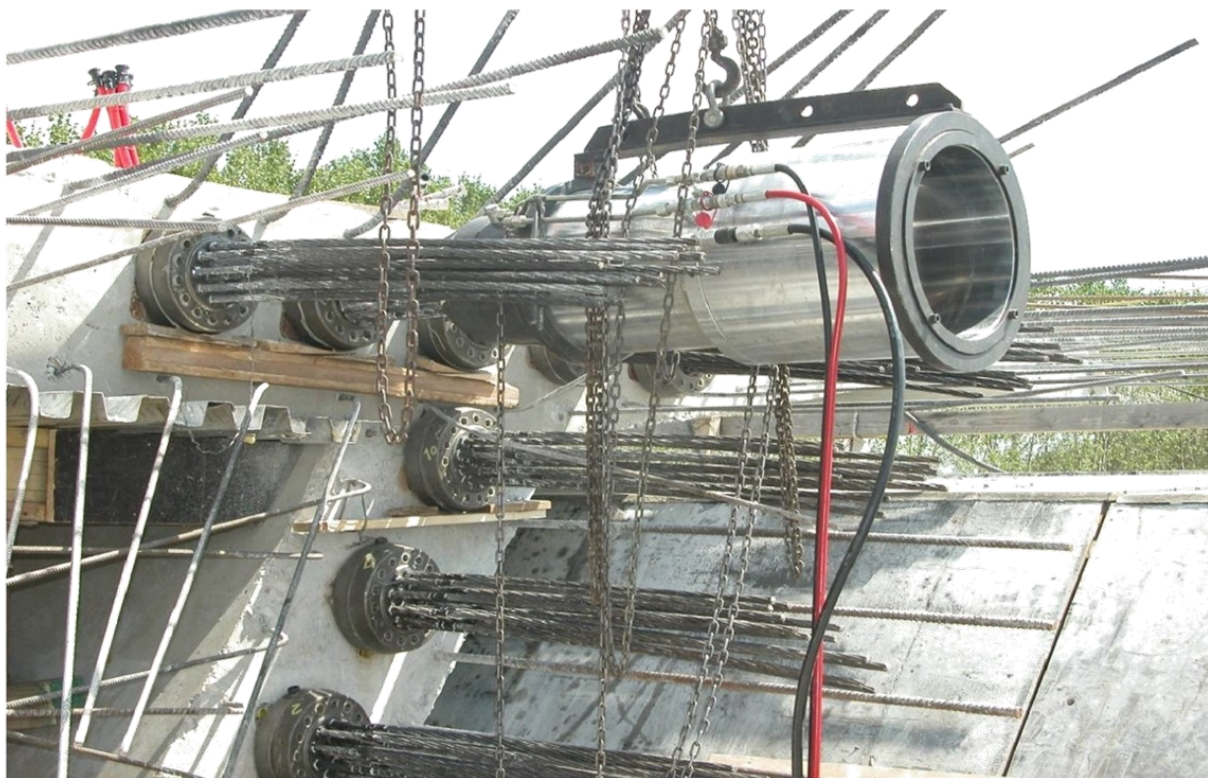
Referencia	Disposición	Referencia	Disposición	Referencia	Disposición	Referencia	Disposición
1/2 Torones	1	3 Torones	1	4 Torones	1	4 Torones	2
5 Torones	1	7 Torones	1/2	9/12 Torones	1	9/12 Torones	2
15 Torones	1	15 Torones	2	19 Torones	1	19 Torones	2
22 Torones	1	22 Torones	2	27 Torones	1	27 Torones	2
31 Torones	1	31 Torones	2	37 Torones	1	37 Torones	2
Punto blanco – Representa D Punto negro – Representa d							

SISTEMA CO – ACOPLADORES



Dimensiones (mm)							
$\varnothing 15,2 / \varnothing 15,7$	$\varnothing A$	$\varnothing B$	C	$\varnothing D$	E	$\varnothing F$	$\varnothing G$
4	110	160	210	150	440	65	83
7	122	190	300	150	550	70	95
9	122	220	360	150	610	80	105
12	122	240	400	150	650	90	121
15	122	260	510	150	760	95	133
19	122	280	510	150	760	105	146
22	122	310	610	150	860	120	159
27	150	340	660	170	940	130	168
31	150	360	660	170	940	140	178
37	160	400	840	190	1140	150	203

El acoplador CO está constituido por una cabeza mecanizada en la que se disponen puntos de fijación para los torones de tesado y retesado (activos/pasivos). La fijación de los torones pasivos se asegura mediante un mecanismo de muelles que mantiene la cuña en posición desde la operación de enhebrado hasta la aplicación de la carga. El sistema de cuñas y muelles queda protegido mediante una tapa metálica.



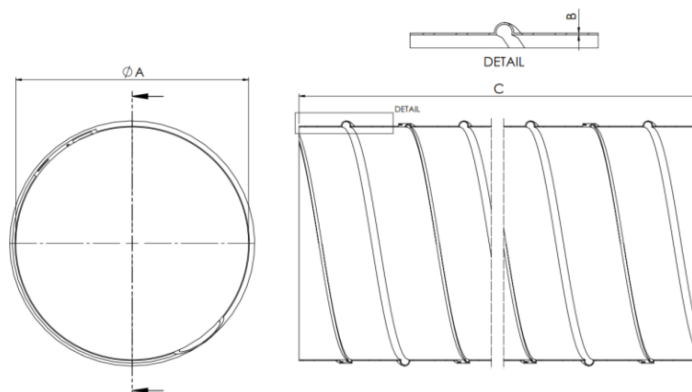
VAINAS Y ACCESORIOS

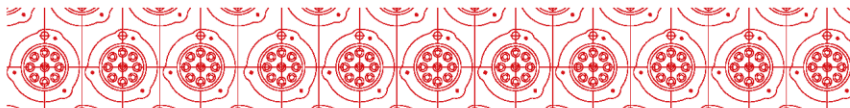
Las vainas metálicas o de polietileno representan la forma más económica de crear huecos en piezas postesadas, proporcionando una buena protección secundaria contra la corrosión y la adherencia exigida entre los tendones y el hormigón. La protección primaria contra la corrosión la asegura la alcalinidad de la lechada de inyección y el propio hormigón; la secundaria, la vaina y la barrera protectora que esta representa para el tendón.



VAINAS METÁLICAS CIRCULARES

Las vainas metálicas están disponibles en distintas versiones. Están fabricadas con chapa de acero prensada EN 10139 – 1999 y pueden ser galvanizadas. Los tramos de vaina metálica tienen una longitud de 5,8 metros y se suministran todos con una unión roscada en cada tramo. Las vainas metálicas pueden ser de los siguientes tipos:





ØA (mm)	B (mm)	C (mm)	Número de torones
			Ø15,2 / Ø15,7
Ø45	0,25	0 - 6.000	4
Ø50	0,30		5
Ø55			6 / 7
Ø60			8
Ø65			9
Ø70			10 / 11
Ø75	0,35		12 / 13
Ø80			14
Ø85			15 / 16 / 17
Ø90			18 / 19
Ø95	0,40		20 / 21
Ø100			22 / 23
Ø105			24 / 25
Ø110			26 / 27 / 28
Ø115			29 / 30
Ø120	≥0,40		31 / 32 / 33
Ø125			34 / 35
Ø130			36 / 37

- El diámetro de vaina recomendado en la tabla anterior puede reducirse en casos especiales, garantizando el mantenimiento de una tasa de llenado (sección transversal de acero / vaina) $\leq 0,5$. Para casos especiales (tendones largos, muchas curvaturas, etc.) se recomienda una vaina de mayor dimensión.
- Espesor mínimo del fleje de acero.
- La longitud de la vaina depende de las exigencias del proyecto. Para longitudes de vaina superiores a 6 metros, se utiliza un acoplador de vaina conforme a la norma EN 523.

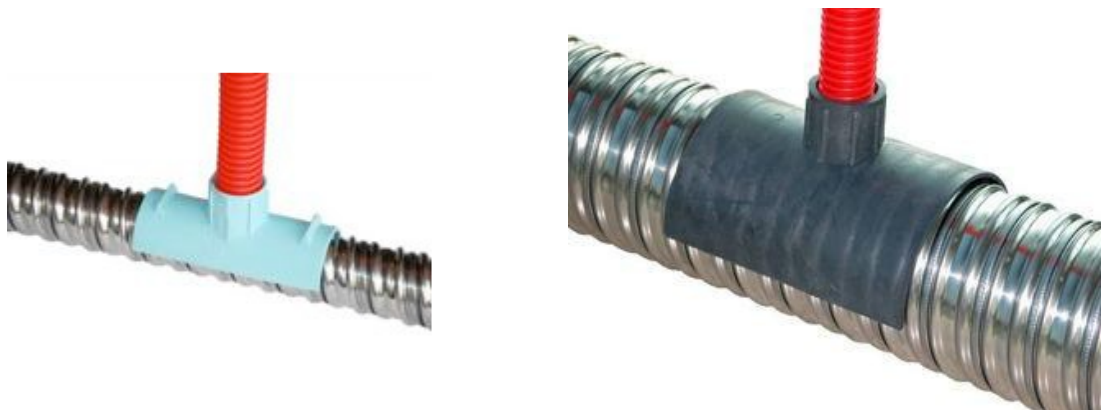
VAINAS DE POLIETILENO “SP”



Las vainas de polietileno SP están disponibles en distintas formas. Se fabrican en H.D.P.E., conforme a las especificaciones FIB, en tramos de longitud variable entre 5,8 m y 11,8 m. Son de color azul y llevan una unión termorretráctil en cada conexión. Las vainas SP pueden suministrarse en los siguientes tipos:

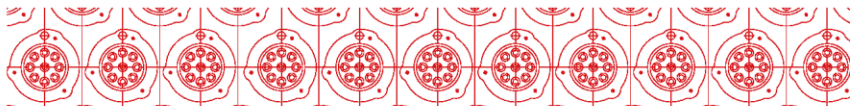
- SPA corrugada con un espesor de 2,00 mm.
- SPB corrugada con un espesor de 2,50 mm.
- SPC corrugada con un espesor de 3,00 mm.
- SPD corrugada con un espesor de 3,50 mm.

BASE DE PURGA



El posicionamiento de purgas en vainas corrugadas garantiza la correcta evacuación del aire interior durante la operación de inyección. Deben instalarse en todos los puntos del tendón donde potencialmente puedan formarse bolsas de aire. La purga DD-1001 está fabricada en material flexible, para permitir su uso con vainas de todos los diámetros.

Tubos corrugados y rígidos para inyección y todo tipo de conexiones y válvulas necesarias para la realización de la inyección

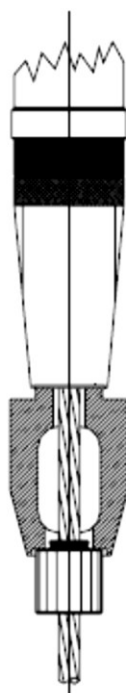


MESA DE DESTESADO

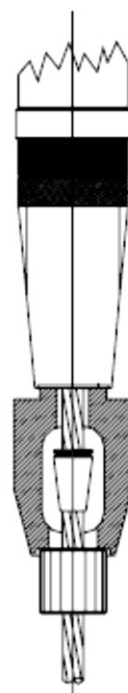
Las mesas de destesado permiten retirar la tensión de los tendones con vistas a su sustitución o a la sustitución de las cuñas en todos los anclajes de la gama RSF, siendo compatibles con el equipo de tesado de multitorón.



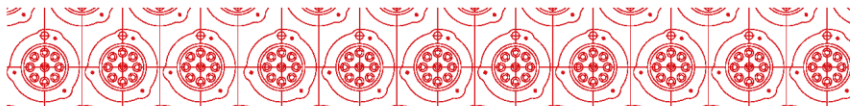
A



B



C

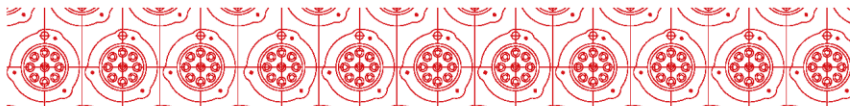


EQUIPO

GATOS HIDRÁULICOS

FERCA emplea gatos hidráulicos multitorón de fabricantes de referencia —PAUL (Alemania) y DSI/DYWIDAG—, seleccionados en función de la fuerza de tesado y de la dimensión del tendón a tesar. El parque de equipos abarca diversos modelos, cubriendo fuerzas de tesado desde cerca de 850 kN hasta cerca de 4800 kN. Son equipos de accionamiento hidráulico, con acuñado de cuñas asistido hidráulicamente que reduce al mínimo las pérdidas por penetración de cuña, y con émbolo hueco que guía los torones por el interior del gato, asegurando una operación fiable y segura. Permiten además el sobretesado y la liberación controlada para compensar las pérdidas por rozamiento, así como el registro electrónico de la fuerza y del alargamiento a efectos de control de calidad. Las distintas configuraciones, incluidas las versiones de agarre frontal para espacios confinados, y la carrera del émbolo permiten una operación rápida y con esfuerzo reducido durante el tesado.

Características	Un.	PAUL M850 kN	DSI 1700 kN	PAUL M 3000 kN	PAUL M 4800 kN
Capacidad	kN	850	1700	3000	4800
Intervalo de torones	No.	1-4	4-7	9-12	15-19
Émbolo de acuñado	mm	250	250	250	300
Peso	kg	92	203	280	680
Área del émbolo	cm ²	173.77	298.45	527.79	860.01
Presión de tesado	Bar (máx.)	500	585	600	600
Presión de retorno	Bar (máx.)	420	200	200	200
Presión de acuñado	Bar (máx.)	420	365	420	420
Extensión del émbolo	mm	210	350	400	500
Diámetro máximo	mm	290	330	250	320
Longitud	mm	950	1050	1000	1340



Paul Tensa M850



DSI 1700



Paul Tensa M3000

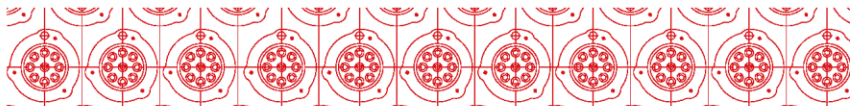


Paul Tensa M4800

Todos los gatos se suministran completos, con los accesorios necesarios para la ejecución del tesado. Cada gato se identifica por su fuerza de tesado —por ejemplo, M4800 (PAUL TENSA M, 4800 kN)—, configurándose el núcleo (piezas interiores intercambiables) en función del número de torones; cuando difiere del estándar de fábrica, la designación pasa a incluirlo (p. ej., M4800-22, para 22 torones). Los gatos se accionan desde las bombas hidráulicas, mediante mangueras, asegurando las siguientes funciones independientes:

- Tesado,
- Retorno,
- Acuñado de las cuñas (power seating).

Para la introducción de los torones en el gato se recurre a un dispositivo de guiado/separación de los torones. En el tesado de anclajes activos, el gato se apoya en su cabeza mediante un anillo de apoyo; solo en determinados tipos de anclaje el gato se apoya directamente sobre el propio anclaje.

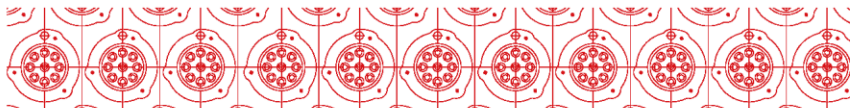


Las principales características de los gatos de la serie “M” son las siguientes:

- Rotación de 350° sobre un eje,
- Extensión de cable necesaria reducida,
- Acuñado automático mediante circuito hidráulico
- Dimensiones reducidas,
- Front grip,
- Facilidad de manejo y mantenimiento,
- Facilidad de inspección/limpieza de las cuñas de arrastre

Los gatos se identifican mediante un número de serie y se acompañan del correspondiente certificado de calibración.





BOMBAS HIDRÁULICAS

Paul NG50 (PT)

La NG50 es una central hidráulica (grupo de bombeo) de PAUL, el fabricante alemán de referencia en equipos para pretensado y postesado. Está destinada a suministrar la potencia hidráulica que acciona gatos de tesado, cilindros y equipos afines utilizados en la producción de elementos de hormigón pretensado. Es una unidad compacta y de manejo sencillo, que puede trabajar con mando manual o eléctrico, a una presión de servicio de 420 bar.

En líneas generales, el accionamiento se realiza normalmente mediante motor eléctrico trifásico, existiendo también versiones de corriente alterna, neumáticas o de gasolina; el mando se efectúa mediante válvula hidráulica manual, con posibilidad de mandos eléctricos adicionales para las funciones de montaje. La bomba es de pistones radiales montada en la brida del motor, con filtro de retorno para la purificación del aceite, y la estación completa integra la unidad base, el grupo de potencia, manómetro, uniones hidráulicas y cable de interconexión.

A continuación se resumen las características de esta bomba hidráulica:

- Potencia: 5,5 kW
- Peso: 110 kg
- Control: botonera
- Funciones: tesado-acuñado-retorno
- Máx. presión de tesado: 620 bar.
- Máx. presión de acuñado: 150 bar.
- Máx. presión de retorno: 150 bar.
- Dimensiones: 1350x740x1060 mm
- Mangueras hidráulicas: tres

BOMBA DE INYECCIÓN

Para la inyección, FERCA dispone de la **Häny IC 310**. Este equipo es una central compacta de inyección (grouting) del fabricante suizo Häny AG, que integra en un único conjunto mezcladora, agitador y bomba —preparando y bombeando lechadas de cemento (o suspensiones de bentonita) para la inyección de anclajes, bulones, tendones de pretensado y aplicaciones afines—, alcanzando hasta 100 bar de presión y cerca de 2 m³/h de caudal.



Características	UN.	Modelo Häny IC310E
Peso	kg	625
Dimensiones	mm	1600x780x1600
Mezcladora	l	100
Tiempo de mezcla	seg	40"
Agitador	l	150
Máx. presión de inyección	Bar	100
Capacidad máx. de inyección	m³/h	2.0
Potencia mezcladora	kW	10.5

