



SAH
Stahlwerk Annahütte

**SAS 670 / 800 Fundamentos del sistema de armadura
de alta resistencia para elementos de hormigón**
SAS 670 / 800 Basics of high strength reinforcement

SAS SYSTEMS



Soluciones SAS para cada desafío

SAS solutions for individual challenges

Los sistemas SAS de barras roscadas han sido empleados con indiscutible éxito en múltiples proyectos de construcción y han contribuido de forma decisiva a cambiar el paisaje que los rascacielos componen en las principales ciudades del mundo. Nuestros sistemas de barras roscadas presentan diversas aplicaciones en distintos campos:

- ✓ Edificación y superestructuras
- ✓ Cimentación y geotecnia
- ✓ Infraestructuras
- ✓ Minería y túneles

A lo largo de los años, los sistemas SAS han demostrado ser la alternativa más rentable tanto en las aplicaciones más habituales como en las más novedosas y desafiantes, gracias a su contrastada calidad y funcionalidad.

Nuestro sistema de unión de barras roscadas para el armado de elementos de hormigón es mundialmente conocido por su facilidad de aplicación y por cumplimentar y en muchos casos superar todos los requisitos técnicos y especificaciones aplicables. Pese a la dificultad del proyecto, SAH puede ofrecer la solución óptima al combinar la creatividad desde el punto de vista técnico con la fabricación de productos de excelente calidad.

The SAS thread bar system has been used successfully in multiple construction projects, changing the skyline landscape throughout major cities around the world. Our thread bar systems are also available for use in several different applications:

- ✓ super structures
- ✓ foundation and geotechnic
- ✓ road or tunnel construction
- ✓ mining and tunneling

Over time, the SAS systems have proven to be the most cost efficient alternative in both typical and more challenging applications, due to their functionality and high level of quality.

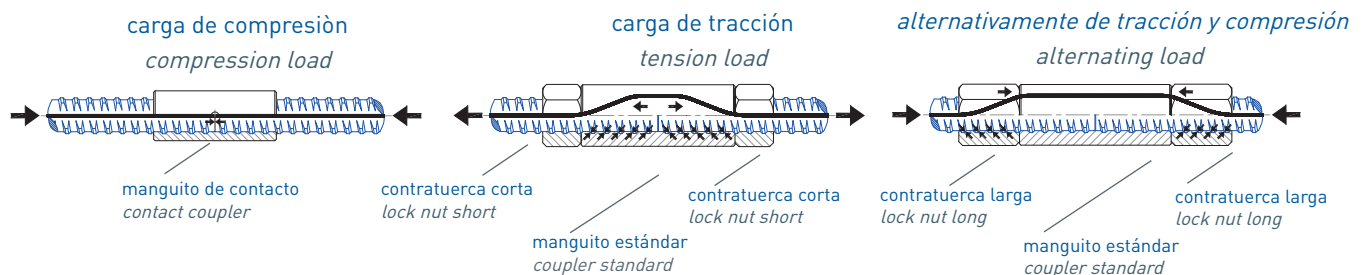
Our reinforcing coupling system is known world-wide for its ease of application, while meeting and in many occasions exceeding all applicable technical requirements and specifications. Despite the difficulty of a project, SAH aims to provide the optimal solution by combining technical creativity with excellent quality products.



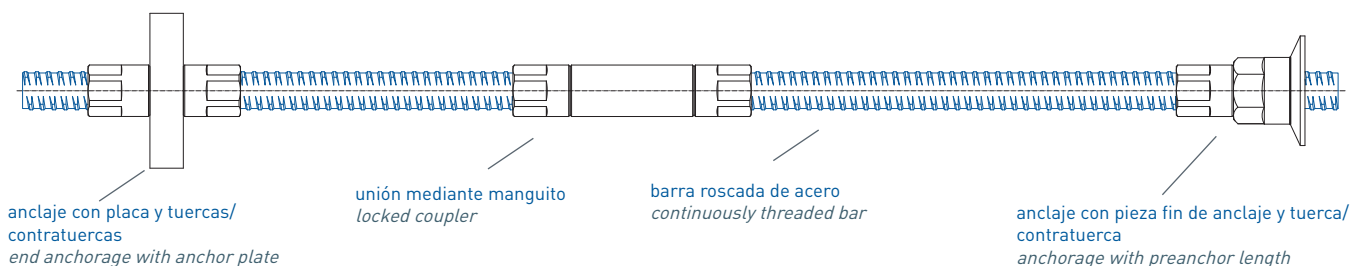
Principales ventajas del sistema de barras roscadas SAS para armadura *main advantages SAS thread bar system for reinforcement*

Las barras roscadas de acero de Stahlwerk Annahütte (SAH) indicadas para la aplicación como acero de armado de elementos de hormigón, son las de calidad SAS 450/520, 500/550, 550/620 y 670/800. Presentan las siguientes ventajas:

- Rosca gruesa, robusta, adecuada al rudo trato en obra y dispuesta a lo largo de toda la barra.
 - Posibilidad de cortar las barras en cualquier punto de las mismas y de unir las posteriormente mediante manguitos (lo que permite modificar el diseño, subsanar errores, etc.).
 - El uso de manguitos para la unión de barras permite evitar de una forma sencilla y económica la necesidad de solapes.
- *Continuously threadable, robust and site-proven thread.*
 - *Cutting or extension with coupler possible at any position of the bar (for example with changing of design, mistakes, etc.).*
 - *Lap splices can be avoided easily and cheaply by using couplers.*



- Las longitudes de anclaje pueden ser reducidas mediante el uso de piezas de fin de anclaje.
 - Red de distribuidores densa y tiempos de entrega reducidos.
 - Disponibilidad de soluciones especiales (p. ej. galvanizado o protección epoxi para barras y accesorios).
 - Posibilidad de suministro de barras en longitudes de hasta 32 m.
- *Anchorage length can be reduced by end bearing anchorages.*
 - *Dense dealer network and short delivery time.*
 - *Special solutions are available (for example: galvanized or epoxy coated bars and accessories).*
 - *Length up to 30 m.*



SAS 670 / 800 Desarrollo de la armadura de alta resistencia

SAS 670 / 800 development of high strength reinforcement

SAS proyecto: Nuevo World Trade Center, NY, EE.UU.
SAS project: New World Trade Center, NY, USA

Desde 1999 SAH, situada en Hammerau (Alemania), fabrica barras roscadas de acero de calidad SAS 670/800. Inicialmente este acero fue desarrollado para aplicaciones geotécnicas y ha sido predominantemente usado con éxito como para la ejecución de anclajes, bulones y micropilotes.

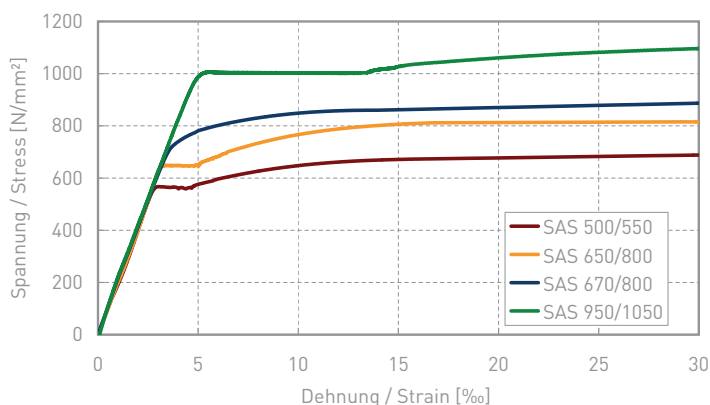
El límite elástico ($f_y = 670 \text{ N/mm}^2$) de las barras SAS 670/800 se encuentra entre el propio del acero de armadura convencional ($f_y < 550 \text{ N/mm}^2$) y el del acero de pretensado ($f_y > 835 \text{ N/mm}^2$). Las propiedades del material son similares al acero de armadura convencional:

- ✓ Acero templado al agua
- ✓ Límite elástico definido
- ✓ Soldable y apto para el doblado (en función del diámetro)
- ✓ Mismas propiedades para tracción y compresión (sin efecto Bauschinger)
- ✓ Alta ductilidad
- ✓ Alta resistencia a la corrosión bajo tensión

Since 1999 SAH, located in Hammerau (Germany), has been producing continuously threaded bars grade 97 (SAS 670/800). Primarily, this steel was developed for geotechnical applications and mainly used for anchors, soil- and rock nails and micro piles.

The yield strength of thread bar SAS 670/800 ($f_y = 670 \text{ N/mm}^2$) is settled between typical reinforcement ($f_y < 550 \text{ N/mm}^2$) and pre-stressing steel ($f_y > 835 \text{ N/mm}^2$). The material characteristics are similar to typical reinforcement steel:

- ✓ Water tempered steel
- ✓ Weldable and bendable (depending on the diameter)
- ✓ Similar characteristics for tension and compression (no Bauschinger-effect)
- ✓ High ductility
- ✓ High resistance against stress corrosion



El acero SAS 670/800 presenta un límite elástico intermedio entre el acero típico de armadura y el acero de pretensado. Los aceros SAS 670/800 (grado 97) y SAS 500 (grado 75) ofrecen las mismas propiedades a tracción y compresión.

SAS 670/800 has a yield strength between typical reinforcement steel and prestressing steel. SAS 670/800 (grade 97) and SAS 500 (grade 75) have the same characteristics for tension and compression.

SAS 670 / 800 Aplicación de armadura de alta resistencia

SAS 670 / 800 application of high strength reinforcement

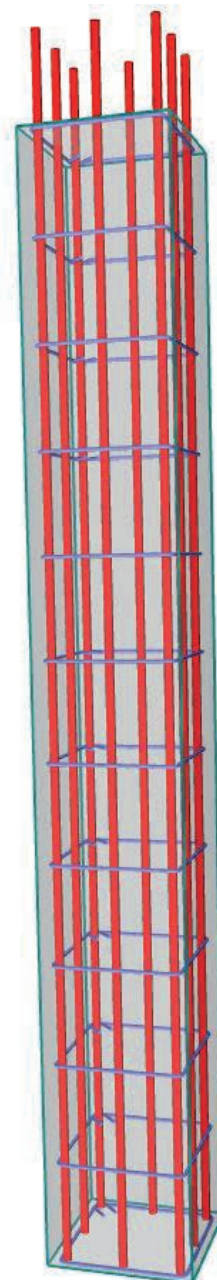
Proyecto SAS: Torres danzantes, Hamburgo, Alemania
SAS project: Dancing Towers, Hamburg, Germany

Las barras SAS 670/800 pueden ser utilizadas en edificación como armadura de alta resistencia, en los siguientes ámbitos:

- ✓ Ductilidad clase B según EN 1992-1-1 (EC 2)
- ✓ Columnas y paredes con esfuerzo de compresión predominante
- ✓ Elementos que presentan una alta densidad de armadura
- ✓ Armadura de compresión para cualquier elemento de hormigón
- ✓ Armadura dual (estados de carga normales: cálculo como armadura convencional, estados de carga accidentales: cálculo como armadura de alta resistencia)
- ✓ Armadura longitudinal, gracias a las elevadas propiedades resistentes de las barras y a la adaptación de códigos y normas específicas a cada proyecto

SAS 670/800 can be used in buildings as high strength reinforcement, covering the following applications:

- ✓ *Ductility class B according to EN 1992-1-1 (EC 2)*
- ✓ *Columns and walls preliminary stressed to compression*
- ✓ *Building members with high reinforcement ratio, such as frame corners etc.*
- ✓ *Compressive reinforcement for all building members*
- ✓ *Dual reinforcement (load cases normal: used as typical reinforcement, load cases accidental: used as high strength reinforcement)*
- ✓ *Longitudinal reinforcement, by using the high strength steel characteristics of the bars and by adaption of the mandatory code regulations specific to the projects.*



SAS 670 / 800 Armadura de alta resistencia para elementos de hormigón

SAS 670 / 800 high strength reinforcement



El armado de elementos de hormigón con barras SAS 670/ 800 presenta varias ventajas respecto del refuerzo habitual con barras 500/ 550 (grado 75):

- ✓ Para una misma carga se requiere aproximadamente un 25% menos de acero en comparación con el usado habitualmente (25 % de ahorro en peso)
- ✓ Reducción de los costes de material y mano de obra.
- ✓ Configuración simple de la armadura.
- ✓ Posibilidad de sustituir el sistema conformado por hormigón de alta resistencia y armadura convencional por hormigón convencional y armadura de alta resistencia. ersetzt werden.

High strength reinforcement grade 97 (SAS 670/800) has advantages as followed in comparison to typical reinforcement grade 75:

- ✓ *About 25 % less required reinforcement for the same bearing capacity compared to typical reinforcement (25 % saving of reinforcement weight).*
- ✓ *Lower costs for material and labor.*
- ✓ *Simple configuration of reinforcement.*
- ✓ *Complexive, high strength concrete with typical reinforcement can be substituted by normal strength concrete and high*

Ejemplo de ahorro de costes gracias al uso de armadura de alta resistencia en pilares/ columnas de hormigón

Example for cost advantages by using high strength reinforcement in columns

Hormigón / Concrete		C45/55	C45/55
Acero / Steel		BSt 500 S	SAS 670
Ratio de armadura / Reinforcement ratio	[%]	6	18
Dimensiones del pilar / Column cross section a x a	[cm]	66 x 66	40 x 40
Sección del pilar / Cross section area	[m²] [%]	0,44 100	0,16 37
Costes de ejecución por pilar / Building costs per column *	[€]	1.030	1.100
Ingresos obtenidos por el alquiler de la superficie extra obtenida al reducir la sección de los pilares / Rental income by floor space increase per column (10 €/m² Renta mensual / rent per month, 5% Tasa de interés / interest rate, 30 Años / years: 2.500 €/m²)	[m²] [€]	0 0	0,28 > 700
Coste total / Total costs	[€]	1.030	< 400

* Según costes laborales en europeos, longitud de pilares 3,5 m / based on European labor costs, length of column 3,5 m

SAS 670 / 800 SAS 670/ 800 Pilares de alta resistencia- Ejemplos prácticos

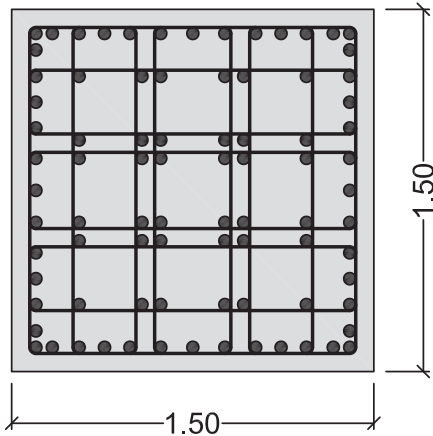
SAS 670 / 800 high capacity columns - Practical examples

Pilares de 115 MN / 115 MN columns

[C50/60 / 7500 PSI Hormigón]

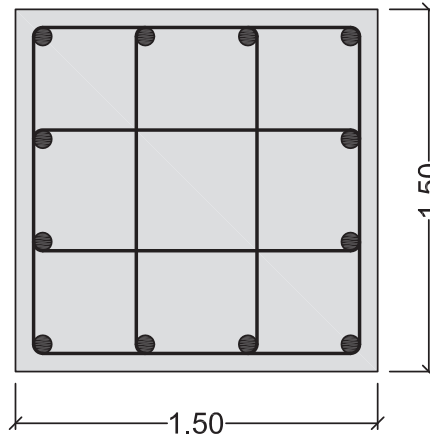
BSt 500

diseño convencional
 $1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ m}^2$
 70 Ø40mm + 36 Ø32mm



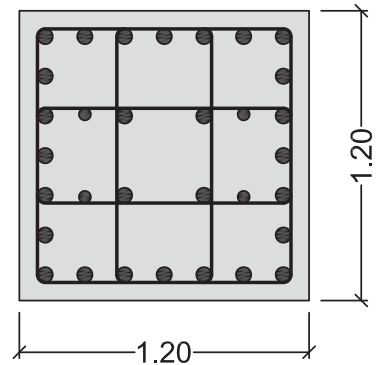
SAS 670 / 800

diseño alternativo
 conservando la sección
 $1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ m}^2$
 12 Ø75mm



SAS 670 / 800

diseño optimizado
 reduciendo la sección
 $1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$
 28 Ø75mm + 4 Ø57,5mm

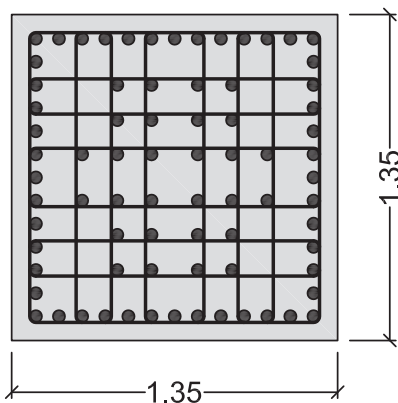


Pilares de 95 MN / 95 MN columns

[C50/60 / 7500 PSI Hormigón]

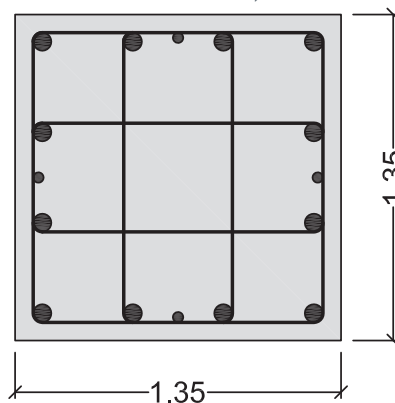
BSt 500

diseño convencional
 $1,35 \times 1,35 = 1,82 \text{ m}^2$
 48 Ø40mm + 44 Ø32mm



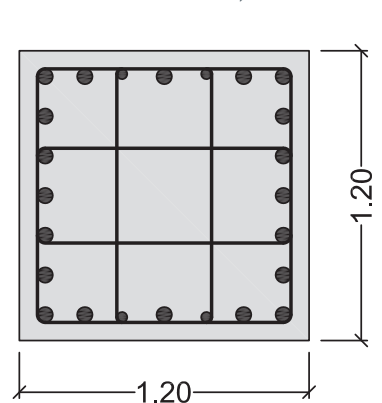
SAS 670 / 800

diseño alternativo
 conservando la sección
 $1,35 \times 1,35 = 1,82 \text{ m}^2$
 12 Ø75mm + 4 Ø63,5mm



SAS 670 / 800

diseño optimizado
 reduciendo la sección
 $1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$
 16 Ø75mm + 8 Ø57,5mm

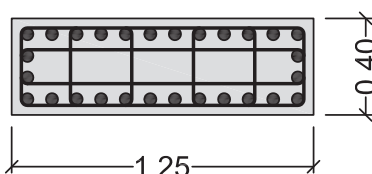


Pilares de 34 MN / 34 MN columns

[C50/60 / 7500 PSI Hormigón]

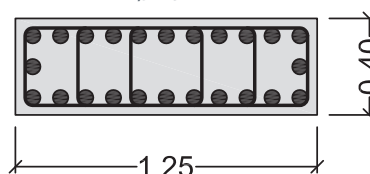
BSt 500

diseño convencional
 $1,25 \times 0,4 = 0,5 \text{ m}^2$
 38 Ø40mm



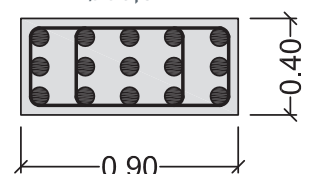
SAS 670 / 800

diseño alternativo
 conservando la sección
 $1,25 \times 0,4 = 0,5 \text{ m}^2$
 24 Ø43mm



SAS 670 / 800

diseño optimizado
 reduciendo la sección
 $0,9 \times 0,4 = 0,36 \text{ m}^2$
 14 Ø63,5mm



Diseño con SAS 670/ 800 de elementos de hormigón sometidos a grandes cargas de compresión / *Design of compression members with SAS 670/800*

Las normas para el diseño de pilares con el acero de armado habitual (500/ 500: grado 60 ó 75) están fundamentadas en homologaciones a nivel nacional. Las especificaciones para el diseño de la armadura de alta resistencia SAS 670 están definidas por la Homologación Técnica Europea (European Technical Approval) ETA- 13/ 0840. Sobre la base del Eurocódigo 2, existen algunas divergencias para el diseño de elementos sometidos a grandes cargas de compresión:

- ✓ Aumento de la deformación concéntrica permitida del hormigón al considerar la totalidad de la deformación elástica de la armadura al tener en cuenta efectos debidos a fluencia y contracción
- ✓ Incremento del ratio de armado hasta $\rho = 20\%$.
- ✓ Reducción del diámetro mínimo de estribo de 1/4 a 1/6 del diámetro de la armadura longitudinal para diámetros grandes.
- ✓ Distancia mínima entre manguitos > 30 mm.

Recomendaciones adicionales para la construcción, tablas de diseño, diagramas así como otras herramientas para el diseño pilares están disponibles en Stahlwerk Annahütte. Las herramientas de diseño toman en consideración histórico de cargas, imperfecciones y efectos de segundo orden.

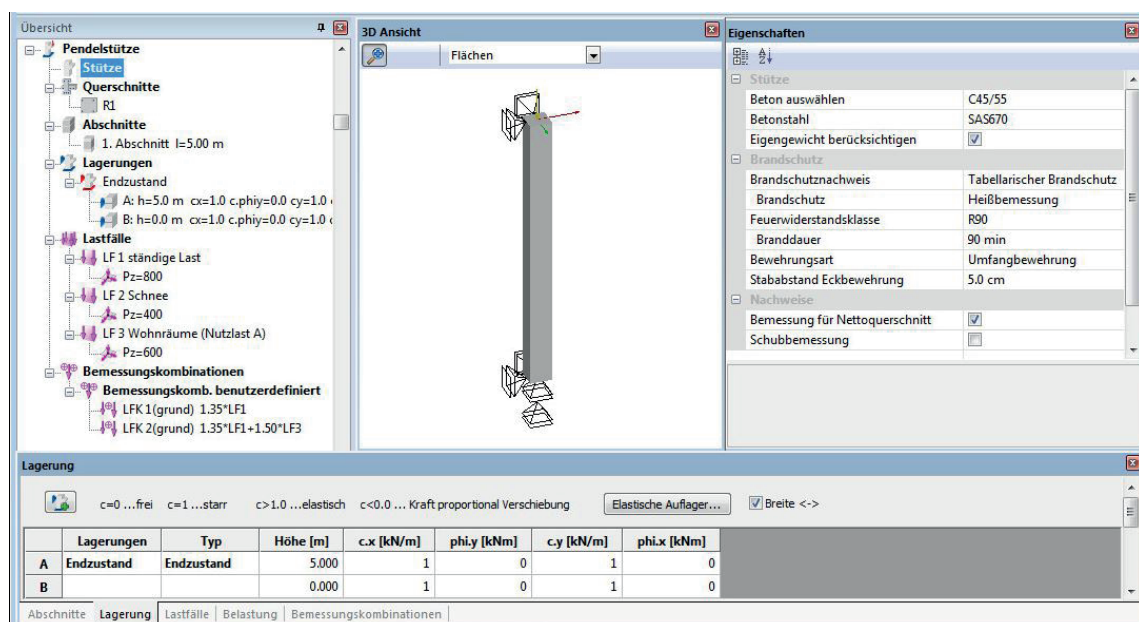
SAH colabora con las compañías líderes en el diseño de software de cálculo de estructuras para implementar el sistema SAS 670 de armadura de alta resistencia en sus programas, considerando asimismo los efectos del tiempo y la consecuente redistribución de cargas. Estas actualizaciones estarán pronto disponibles para su uso. den Lastumlagerungen. Diese Programmupdates werden in Kürze zur Verfügung stehen.

The rules for the design of columns with typical reinforcement (grade 60/75) are based on the national standard. The design specifications for the SAS 670 high strength reinforcement are given in the European technical approval ETA-13/ 0840. Based on Eurocode 2 there are some divergences for high performance compression members:

- ✓ *Increase of the permitted concentric concrete strain to fully utilize the yield strain of the reinforcement by considering effects due to creep and shrinkage.*
- ✓ *Increase of the maximum reinforcement ratio to $\mu \leq 20\%$.*
- ✓ *Reduction of the minimum diameter for stirrups from 1/4 to 1/6 of the diameter of the main reinforcement for large diameters.*
- ✓ *Minimum distance between couplers ≥ 30 mm or maximum grain size.*

Further recommendations for construction, design tables and diagrams as well as a design tool for columns are available at Stahlwerk Annahütte. The design tool takes into consideration the load history, imperfections and second order theory effects.

SAH cooperates with leading design software manufacturers to implement the SAS 670 high-strength reinforcement in their assessment programs. It is all about the consideration of time effects and the associated load redistribution. These program updates will soon be available for use.



SAS 670/800 – Armadura de alta resistencia para elementos de hormigón sometidos a flexión (vigas) / SAS 670/800 – high strength reinforcement for beams

El uso de la armadura de alta resistencia SAS 670 en elementos sometidos a esfuerzos de flexión queda cubierto por homologaciones nacionales de acuerdo a los siguientes principios de diseño:

- ✓ En Estados Límites Últimos (ULS) puede ser considerada la resistencia total de la armadura ($f_{yk} = 670 \text{ N/mm}^2$).
- ✓ El diseño para Estados Límites de Servicio (SLS) habrá de ser realizado de acuerdo a las respectivas homologaciones.
- ✓ Las normas de construcción son las especificadas en las homologaciones nacionales.
- ✓ Las longitudes de anclaje, distancias entre ejes y al borde, son igualmente las consideradas en las homologaciones nacionales.

Las barras SAS 670 presentan una adherencia superior a la ofrecida por la armadura convencional BSt 500 tal y como ha sido corroborado en un proyecto de investigación realizado por RWTH Aachen (Alemania). Por esta razón resulta posible realizar un análisis considerando cálculos con valores de la abertura de fisura adaptados (aún no incluido en las homologaciones).

El mayor límite de elasticidad permite optimizar la armadura, haciendo de esta forma posible, la reducción de la sección de los elementos estructurales y mejorando el flujo de hormigón gracias a la menor concentración de acero. Las barras SAS 670 pueden ser utilizadas en vigas y viguetas, cimentaciones y ros tales como viguetas, vigas profundas, fundaciones y otras muchas aplicaciones.

Algunos programas de elementos finitos pueden ser utilizados para el diseño de armadura de alta resistencia (los parámetros de los materiales deben ser ajustados en consecuencia). Asimismo y al igual que ocurre con los programas para el diseño de pilares y columnas, SAH está colaborando estrechamente con diversos proveedores de software para implementar de una manera sencilla e intuitiva, el uso de la armadura de alta resistencia SAS 670, en el diseño de elementos sometidos a flexión.

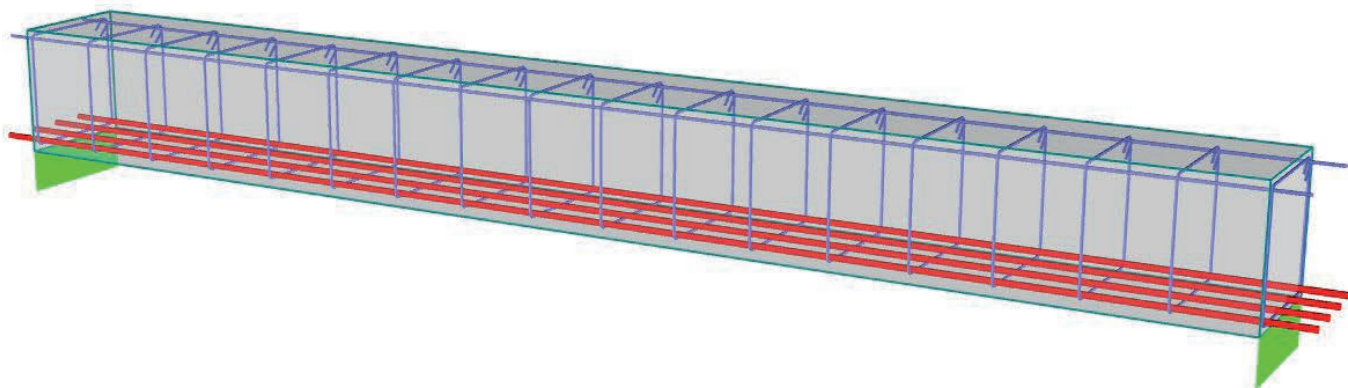
The use of high-strength reinforcement SAS 670 as reinforcement for flexural members is covered by national approvals with the following design principles:

- ✓ *The reinforcement can be fully activated at ULS ($f_{yk} = 670 \text{ N/mm}^2$).*
- ✓ *The design for SLS has to be performed in accordance with the respective standards.*
- ✓ *Constructive rules are given in the national approvals or standards.*
- ✓ *anchorage lengths, axial and edge distances, Are given in the national approvals.*

Superior bond behavior of SAS 670 bars was observed and confirmed in a research project conducted by RWTH Aachen (Germany), compared to BSt 500 reinforcement. For this reason, it is possible to perform an analysis considering adapted crack width calculations. (This is not yet included in the approvals.)

The higher yield strength leads to reinforcement optimization, allowing for size reduction in structural members and better concrete flow due to lower reinforcement concentration. SAS 670 can be utilized for members such as joists, deep beams, foundations and multiple other applications.

Some FEA programs can be used to design with high-strength reinforcement (the material parameters must be adjusted accordingly). Additionally, as with the column design tool, SAH is also working closely with various software providers to implement the design of flexural members using high strength reinforcement in a user friendly way.



SAS 670/800 – Referencias / Detalles

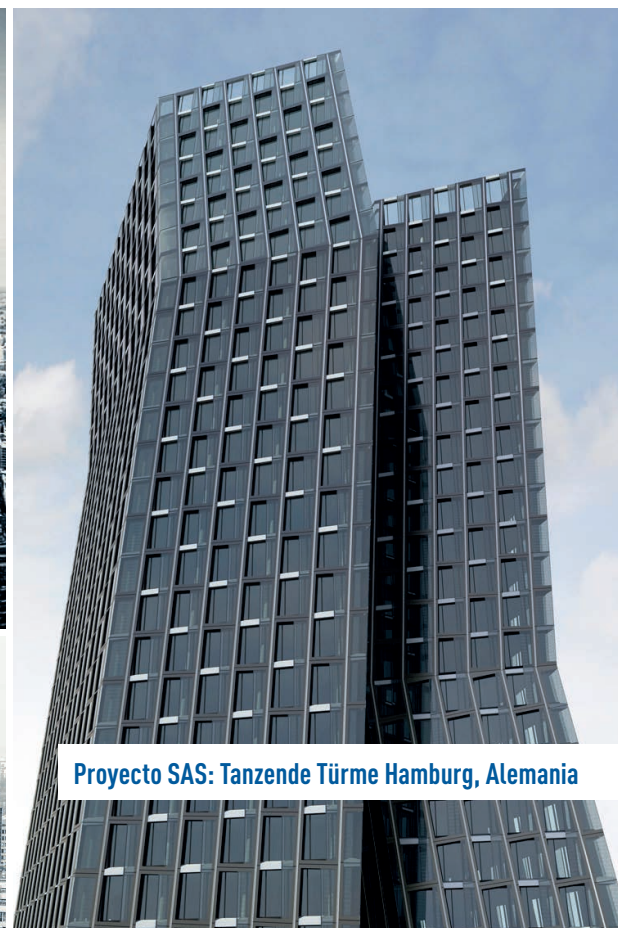
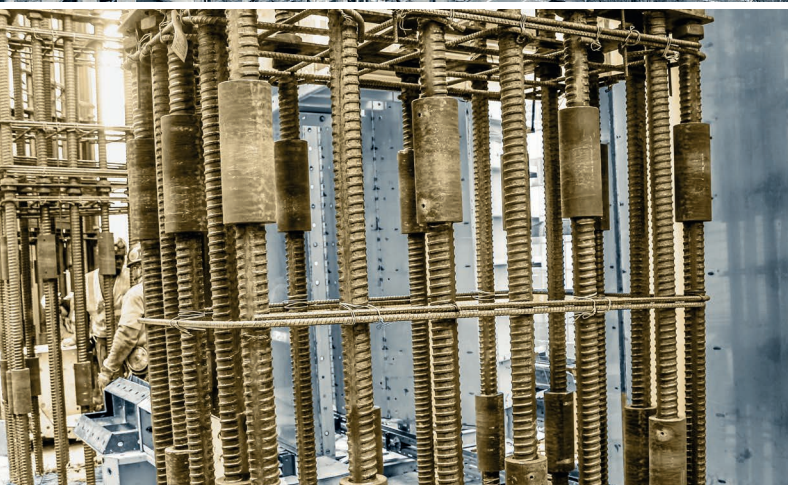
SAS 670/800 – References / Details



Proyecto SAS: 432 Park Avenue, New York



Proyecto SAS: OpernTurm Frankfurt, Alemania



Proyecto SAS: Tanzende Türme Hamburg, Alemania



Proyecto SAS: Q22 Warszawa, Polonia

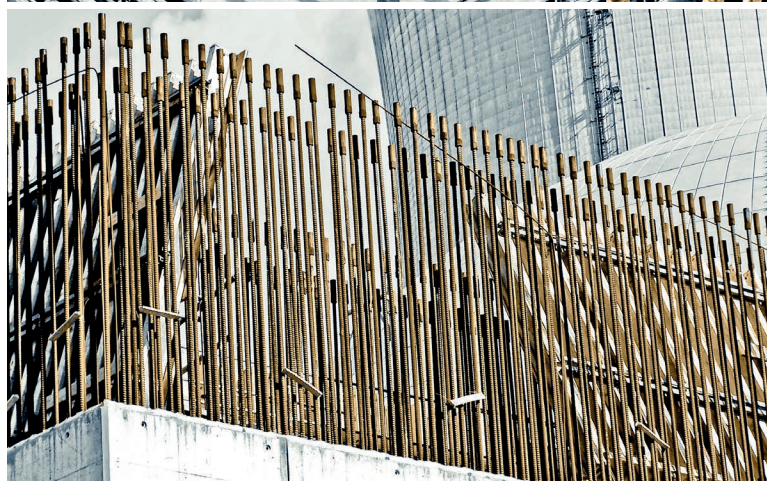
SAS 670/800 – Parámetros del material

SAS 670/800 – material parameters

límite elástico <i>characteristic yield strength</i>		f_{yk}	=	670 97	N/mm ² ksi
Tensión última <i>characteristic ultimate strength</i>		f_{uk}	=	800 116	N/mm ² ksi
elongación uniforme <i>uniform elongation</i>		A_{gt}	=	5,0	%
elongación en rotura <i>elongation at fracture</i>		A_{10}	=	10,0	%
superficie relativa de la rosca <i>relative rib area</i>		f_r	≥	7,5	%
Módulo de elasticidad E <i>E-modulus</i>		E	=	200.000 29.000	N/mm ² ksi
resistencia a la fatiga <i>fatigue strength</i> $\sigma_{max} = 0,7 \cdot f_{yk}$; N = 2·10 ⁶ Ciclos/cycles	$\varnothing_s \leq 43,0$ mm	$2\sigma_A$	=	150 22	N/mm ² ksi
	$\varnothing_s \geq 57,5$ mm	$2\sigma_A$	=	120 17	N/mm ² ksi

La barra robusta y templada al agua S 670 cumple las normas DIN 488 y EN 10080 y, por tanto, los requisitos del Eurocódigo para barras de armadura. La gama de diámetros disponible abarca desde Ø18 a 75 mm.

The robust, tempcorised, water-quenched rebar S 670 corresponds to DIN 488 and EN 10080 and therefore referred to Eurocode requirements for rebar. The diameter range from Ø18 to 63.5 mm.



Límite elástico / Tensión última yield stress / ultimate stress Áreas de aplicación / areas of application		Ø-nominal nom.-Ø	Carga en límite elástico yield load	Carga última ultimate load	Sección cross section area	Peso weight	Elongación elongation				
		[mm]	[kN]	[kN]	[mm²]	[m/to]	[kg/m]	A _{gt} [%]	A ₁₀ [%]		
SAS 500 / 550 - grade 75											
	Sistemas de armadura de hormigón / reinforcing systems	12	57	62	113	1123,6	0,89	6	10		
		14	77	85	154	826,4	1,21				
		16	100	110	201	632,9	1,58				
		20	160	175	314	404,9	2,47				
		25	245	270	491	259,7	3,85				
	Sistemas geotécnicos / geotechnical systems	28	310	340	616	207,0	4,83				
		32	405	440	804	158,5	6,31				
		36	510	560	1020	125,2	7,99				
		40	630	690	1260	101,3	9,87				
		43	726	799	1452	87,7	11,40				
		50	980	1080	1960	64,9	15,40				
SAS 555 / 700 - grade 80		57,5	1441	1818	2597	49,1	20,38	5	10		
SAS 555 / 700 - grade 80		63,5	1760	2215	3167	40,2	24,86	5	---		
SAS 500 / 550 - grade 75		75	2209	2430	4418	28,8	34,68	5	---		
Disponible también SAS 500/550 / alternative SAS 550 grade 75											
SAS 450 / 700 - grade 60											
	Minería / mining	16	93	145	207	617,3	1,62		(A ₅) 15		
		25	220	345	491	259,7	3,85		(A ₅) 20		
SAS 650 / 800 - grade 90											
	Minería / mining	22	247	304	380	335,6	2,98		(A ₅) 18		
		25	319	393	491	259,7	3,85				
		28	400	493	616	207,0	4,83				
		30	460	565	707	180,2	5,55				
SAS 670 / 800 - grade 97											
	Sistemas geotécnicos / geotechnical systems	18	170	204	254	500,0	2,00	5	10		
		22	255	304	380	335,6	2,98				
		25	329	393	491	259,7	3,85				
		28	413	493	616	207,0	4,83				
	Túneles y minería / tunneling & mining	30	474	565	707	180,2	5,55				
		35	645	770	962	132,5	7,55				
		43	973	1162	1452	87,7	11,40				
		50	1315	1570	1963	64,9	15,40				
	Sistemas de armadura de hormigón de alta resistencia / high-strength reinforcement	57,5	1740	2077	2597	49,1	20,38				---
		63,5	2122	2534	3167	40,2	24,86				---
		75	2960	3535	4418	28,8	34,68				---
SAS 950 / 1050 - grade 150											
	Sistemas de postesado / post-tensioning systems	18	230	255	241	510,2	1,96			5	7
		26,5	525	580	551	223,2	4,48				
		32	760	845	804	153,1	6,53				
	Sistemas geotécnicos / geotechnical systems	36	960	1070	1020	120,9	8,27				
		40	1190	1320	1257	97,9	10,21				
		47	1650	1820	1735	70,9	14,10				
SAS 835 / 1035 - grade 150											
	Sistemas geotécnicos / geotechnical systems	57	2155	2671	2581	47,7	20,95	4	---		
		65	2780	3447	3331	36,9	27,10		---		
		75	3690	4572	4418	27,9	35,90		---		
SAS 900 / 1100 FA - grade 160 FA											
soldable / weldable											
	Sistemas de encofrado / formwork ties	15	159	195	177	694,4	1,44	3	7		
		20	283	345	314	390,6	2,56				
		26,5	495	606	551	223,2	4,48	2			
SAS 900 / 1050 FC - grade 150 FC											
	Sistemas de encofrado / formwork ties	15	159	186	177	694,4	1,44	3	7		
		20	283	330	314	390,6	2,56				
SAS 950 / 1050 E - grade 150		26,5	525	580	551	223,2	4,48	5	7		
SAS 750 / 875 FS - kaltgerollt / cold rolled - grade 120 FS											
soldable / weldable											
	Sistemas de encofrado / formwork ties	12,5	90	120	132,5	961,5	1,04	2	5,5		
		15	142	165	189	675,7	1,48				
		20	245	285	326	390,6	2,56				

Accesorios disponibles para todas las aplicaciones y diámetros / *accessories for all dimensions and applications available*