

Los prensacables como sistema de amarre de cables

Ana Patricia Garzón Fuentes* - Gustavo Adolfo Barreto Hernández**

RESUMEN

En Colombia, uno de los elementos más comúnmente usados en el amarre y sujeción de cables de acero dentro de sus diferentes aplicaciones, son los prensacables o grapas, los cuales se conocen más corrientemente como perros. A pesar de ser tan conocidos y utilizados, es poca la información técnica que se tiene acerca de estos elementos, debido a que no ha existido la suficiente investigación pertinente. Esto hace que exista una gran incertidumbre respecto a la colocación, montaje, resistencia y comportamiento de los prensacables. En recientes ensayos se ha demostrado que los prensacables usados para asegurar los cables de acero en diferentes tipos de estructuras se deslizan a una carga menor que la carga de rotura de los cables que amarran. Actualmente, los diseños se realizan según la carga de rotura de los cables, por lo cual es importante estimar la carga de deslizamiento de los prensacables para que los diseños sean adecuados.

Preocupada por esta situación, la Unidad de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia realizó un estudio tendiente a minimizar la incertidumbre existente en el empleo de esos elementos de sujeción. Para tal efecto, se efectuaron una serie de ensayos de tensión sobre probetas de cable de 1/2" y 3/4" de diámetro, amarradas con diferentes números de prensacables de diámetros respectivos. Se utilizaron prensacables de tres marcas, dos nacionales y una importada.

Con base en estos ensayos se encontró que el torque aplicado a la tuerca del prensacable cuando se realiza el montaje de éste sobre un cable, es el parámetro fundamental para un adecuado comportamiento del mismo. Además, debe colocarse una cantidad mínima de prensacables del mismo diámetro del cable que se va a amarrar para que haya una

adecuada sujeción. Otro parámetro que se encontró importante fue la orientación de los prensacables en el montaje respecto a la punta muerta (lado corto) del cable.

I. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

- Cable de construcción 6x19 alma de acero.
- Prensacable o perro.

Los tipos de conexión en que normalmente se realiza amarre con prensacables son:

Eslingas o lazos, los cuales suelen emplearse en los pendolones de puentes colgantes, en tensores para torres y postes de servicios públicos, entre otros usos. Un montaje de este tipo es el que se observa en la figura 1.

Uniones o empalmes de secciones de cables. No se realizaron ensayos con este tipo de amarre, pues requería mordazas en los extremos, factor que hubiera afectado los resultados de los ensayos.

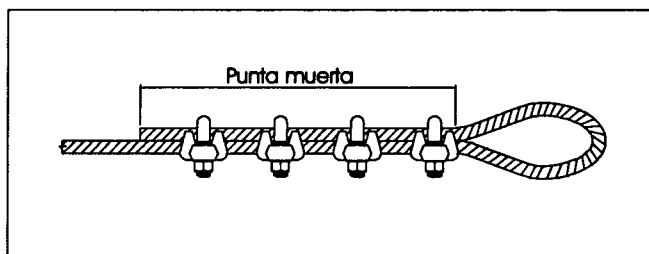


Figura 1. Eslinga o lazo formado al colocar prensacables.

La resistencia de rotura del cable utilizado fue dada por el fabricante:

- Cable 6x19 de 1/2" : 24.200 lb.
- Cable 6x19 de 3/4" : 53.400 lb.

*.Ingeniera Civil Universidad Nacional de Colombia

**Ingeniero Civil Universidad Nacional de Colombia

- Torcómetro de aguja.
- Máquina universal Alfredo J. Amsler.
- Máquina universal electromecánica Riehle.

II. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó un estudio de mercado para buscar las marcas de prensacables más utilizadas en el país y qué tipo de recomendaciones daban para la utilización de sus productos. Las tres principales marcas utilizadas son:

- Fabricante A: son prensacables fabricados con acero moldeado, fundido al carbono. El fabricante proporciona las resistencias máximas de sus productos con base en los resultados obtenidos en ensayos realizados a los mismos en el laboratorio de metalurgia de la Universidad Nacional. No dan recomendaciones de colocación o montaje de los prensacables.
- Fabricante B: elaboran prensacables de acero fundido. Proporcionan también la resistencia de sus productos según ensayos realizados en la Universidad Nacional y algunas recomendaciones según un catálogo de productos americanos. Dan recomendaciones para número de prensacables y torque requerido hasta un diámetro de 5/8".
- Fabricante C: son productos de origen americano. Son grapas de acero forjado y los distribuidores proporcionan amplia información técnica sobre el uso de sus productos.

Para los ensayos de carga - descarga, las probetas se llevan hasta un valor de carga menor que el límite de fluencia del cable, con el fin de que no se produzcan deformaciones permanentes que puedan alterar el resultado de los ensayos. El valor del límite de fluencia se tomó como el 85% de la carga de rotura del cable¹.

Los montajes de las probetas, debido a que no existe en Colombia un ensayo normalizado para prensacables, se hicieron siguiendo las recomendaciones dadas por el fabricante americano en su catálogo de productos. En el cuadro 1 se encuentran los valores de las distancias que se dejaron sobre el cable para la colocación de los prensacables, al igual que el torque empleado en el montaje de las probetas.

Cuadro 1. Recomendaciones dadas por el fabricante americano para el montaje de prensacables².

Diámetro del cable (mm)	No. mínimo de prensacables	Distancia entre prensacables (mm)	Longitud de cable para doblar desde la eslinga (mm)	Torque N - m
12,7 (1/2")	3	76,2	228,6	88,13
19,05 (3/4")	4	114,3	457,2	176,26

Se elaboraron en el laboratorio un determinado número de probetas de cada diámetro según el número de ensayos para realizar. Cada probeta está formada por un cable doblado en sus dos extremos para formar un lazo o eslinga, el cual se encuentra amarrado con prensacables. El montaje se puede apreciar en la figura 2, donde se muestra también la numeración dada a los prensacables y su colocación. Esta manera de colocación no es al azar, pues las tuercas deben siempre quedar del lado vivo del cable y cumplir con la separación recomendada.

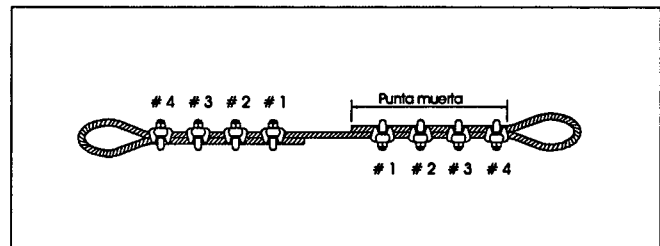


Figura 2. Colocación de los prensacables en la probeta y numeración dada para los ensayos.³

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tanto los prensacables nacionales como los importados cumplen cabalmente sus objetivos si se siguen las recomendaciones que se dan en el cuadro 1 para su colocación, cantidad de elementos y montaje. Al colocar cuatro prensacables en un cable de 3/4" y tres prensacables en un cable de 1/2", en un ensayo de un solo ciclo, se logra llevar el cable hasta la falla sin que se presente deslizamiento en los elementos de sujeción.

Se pudo comprobar a lo largo de los ensayos, como se podrá observar en los cuadros 2 a 5, que si no se realiza un montaje adecuado de los prensacables, se presenta un deslizamiento de esos elementos de sujeción.

Las cargas de rotura y de deslizamiento promedio para las probetas armadas con las cantidades de prensacables mencionadas se observan en los cuadros 2, 3 y 4 para las diferentes marcas empleadas. Así mismo, se dan los valores típicos de deslizamiento para cada caso.

¹ GILBERT, R.J. Design of Prestressed Concrete. N.C. Micklebuoronge 1990. Pág. 50.

² CATÁLOGO GENERAL CROSBY. Advertencias e instrucciones de aplicación. p.36.

³ Para los montajes con un número de prensacables menor se numera siempre de adentro hacia afuera.

Los prensacables como sistema de amarre de cables

Cuadro 2. Resultados promedio obtenidos para los ensayos de carga en probetas con prensacables fabricados por el fabricante A.

Diámetro del cable ⁴ (mm)	Diámetro del prensacable (mm)	Número de prensacables a cada lado	Carga de deslizamiento (N)	Deslizamiento (mm)	Carga de rotura (N)
19,06 (3/4")	19,06 (3/4")	4	-	0	201282
		3	188382	20	204618
		2	177929	-	-
		1	86749	-	-
12,7 (1/2")	12,7 (1/2")	3	-	0	98306
		2	62275	10	88964
		1	34474	-	-

Cuadro 3. Resultados promedio obtenidos para los ensayos de carga en probetas con prensacables del fabricante B.

Diámetro del cable (mm)	Diámetro del prensacable (mm)	Número de prensacables a cada lado	Carga de deslizamiento (N)	Deslizamiento (mm)	Carga de rotura (N)
19,06 (3/4")	19,06 (3/4")	4	-	0	204418
		3	180153	15	200170
		2	155888	-	-
		1	77844	-	-
19,06 (1/2")	19,06 (1/2")	3	-	0	101864
		2	71172	10	88964
		1	23131	-	-

Cuadro 4. Resultados promedio obtenidos para los ensayos de carga en probetas con prensacables del fabricante americano.

Diámetro del cable (mm)	Diámetro del prensacable (mm)	Número de pernos a cada lado	Carga de deslizamiento (N)	Deslizamiento (mm)	Carga de rotura (N)
19,06 (3/4")	19,06 (3/4")	4	-	0	211291
		3	197946	5	-
		2	180695	-	-
		1	80068	-	-
12,7 (1/2")	12,7 (1/2")	3	-	0	22400
		2	34474	10	21800
		1	35586	-	-

Aunque las probetas de 1/2" amarradas con tres prensacables a cada lado no muestran deslizamiento cuando se les lleva hasta la rotura del cable en un solo ciclo de carga, al aplicar varios ciclos de carga y descarga, hasta un valor de carga menor que el de fluencia del cable, en la mayoría de casos se presentaron pequeños deslizamientos de los elementos de sujeción.

Cuando se colocan dos prensacables a cada lado en el cable de 1/2" y tres prensacables en el cable de 3/4", se puede ver que cuando la carga aplicada sobre el cable es cíclica, los prensacables comienzan a deslizar a una carga menor que cuando la probeta se lleva hasta la falla en un solo ciclo. En la práctica se observó, además, que el deslizamiento va aumentando a medida que van aplicándose más ciclos de carga.

Cuando una probeta de 3/4" con dos o un prensacable a cada lado o una probeta de 1/2" con un prensacable a cada lado se intenta llevar hasta la falla en un ciclo de carga, se observa que al llegar a la carga de deslizamiento, los prensacables comienzan a desplazarse lentamente y la probeta recibe más carga. El deslizamiento continúa para la misma carga hasta el punto en que el elemento de sujeción se sale por la punta muerta del cable. La eficiencia obtenida para el amarre de cables con prensacables puede observarse en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores de eficiencia encontrados a partir de los ensayos para todas las marcas de prensacable.

Marca	Diámetro del cable	Carga de rotura del cable (N)	Resistencia del cable (N) ⁴	Índice de eficiencia (%)
A	1/2	98306	107647	91
	3/4	201282	237635	85
B	1/2	101864	107645	95
	3/4	204418	237635	86
C	1/2	9840	107645	93
	3/4	211291	237635	89

Estos valores superan la recomendación dada por el fabricante americano en su catálogo general en cuanto a que para diámetros desde 1/8" hasta 7/8", la eficiencia de este tipo de amarre es del 80%.

CONCLUSIONES

- Una eslinga hecha en un cable de 3/4" de diámetro debe tener como mínimo cuatro (4) prensacables para proporcionar una adecuada capacidad de sujeción y asegurar que la falla se presente en el cable sin que haya deslizamiento previo de los elementos. Al hacer una eslinga en un cable de 1/2" de diámetro deben colocarse como mínimo tres (3) prensacables para proporcionar una adecuada capacidad de sujeción y asegurar que la falla se presente en el cable sin que haya deslizamiento previo de los elementos.
- Aunque en los resultados se ve que cuando se coloca un prensacable menos que el especificado en las recomendaciones, las probetas pueden soportar carga hasta la rotura, no se recomiendan estos montajes ya que los grandes valores de deslizamiento pueden afectar la estabilidad de determinadas estructuras.
- Las tuercas de los prensacables deben ser apretadas alternativamente hasta alcanzar el torque requerido, para que estos queden correctamente colocados. No se le debe dar primero todo el torque a una tuerca para después apretar la otra; cuando esto ocurre, el aditamento del prensacable queda desnivelado y afecta negativamente la capacidad de sujeción del mismo. Además, el torque alcanzado siempre debe ser verificado, pues durante la realización de los montajes se pudo notar que cuando una tuerca es apretada, la otra tiende a aflojarse.

⁴En los ensayos con dos y un prensacables a cada lado para probetas de 3/4" y en los de un prensacable a cada lado para probetas de 1/2", no aparece carga de rotura debido a que el deslizamiento de los prensacables no permitió llevar el cable hasta la falla. Para estos mismos ensayos el deslizamiento continúa hasta que el cable se sale, por lo que no se coloca en el cuadro un valor exacto de deslizamiento.

⁵Valores tomados del catálogo de productos de Emcocables.

•Deben emplearse procedimientos de montaje que garanticen que las tuercas son apretadas al torque que se ha recomendado. De forma ideal, siempre que se pueda, el montaje debe realizarse con un torcómetro⁶.

•Los diseños de estructuras que se basen en montajes de tipo eslinga deben hacerse para el 80% de la resistencia de rotura del cable, como máximo, siempre y cuando ese montaje se realice de acuerdo con las recomendaciones dadas en el cuadro 1. Este valor proporciona un límite teórico adecuado al realizar un diseño.

RECOMENDACIONES

Aunque no se realizaron ensayos específicos sobre los siguientes puntos, a continuación se presentan algunas recomendaciones basadas en observaciones realizadas durante la ejecución de los ensayos:

Al colocar prensacables en eslingas de cables debe cuidarse que los extremos de la U queden siempre orientados hacia el lado largo o extremo vivo del cable; de esta manera se obtiene un mejor comportamiento del montaje.

Siempre deben emplearse prensacables que tengan el mismo diámetro que el del cable que se va a amarrar. Colocar prensacables de diámetro mayor disminuye notablemente la capacidad de sujeción y aumenta el riesgo de deslizamiento de los mismos.

La figura 3 muestra un esquema de la orientación correcta de los prensacables en un montaje y la manera como no deben colocarse.

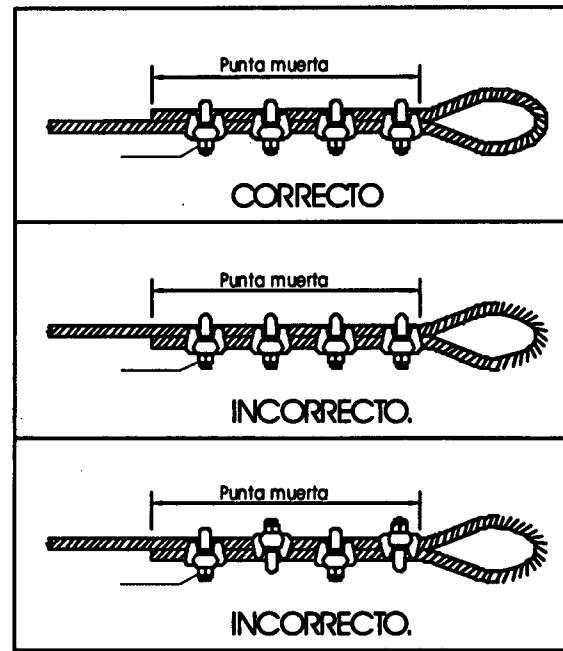


Figura 3. Orientación correcta de los prensacables en un montaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRETO H, Gustavo Adolfo y GARZÓN F., Ana Patricia. Estudio de sistemas de amarre de cables. Proyecto de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 1998.
2. CATÁLOGO GENERAL DE CROSBY. The Crosby Group Inc. 1996
3. CATÁLOGO DE PRODUCTOS DE EMCOCABLES.
4. GILBERT. R.J. Design of Prestressed Concrete. N.C. Mickleburong, 1990.
5. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.. Archivos de los ensayos de Laboratorio de Metalurgia

⁶ Un torcómetro es un aparato que permite medir el momento de torsión que va aplicándose sobre una tuerca a medida que esta se aprieta. El utilizado para la realización de los montajes fue un torcómetro de aguja, el cual posee una aguja que marca sobre una escala el torque aplicado (en este caso en lb-pie).